İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONU İLE TUZ GÖLÜ VE YAKIN ÇEVRESİNİN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİM ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Semih EKERCIN

Anabilim Dalı : JEODEZİ VE FOTOGAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : JEODEZİ VE FOTOGAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

NİSAN 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONU İLE TUZ GÖLÜ VE YAKIN ÇEVRESİNİN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİM ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Semih EKERCIN
(501002305)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Ocak 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Nisan 2007

Tez Danışmanı :	**Prof.Dr. Cankut ÖRMECİ**
Diğer Jüri Üyeleri	**Prof.Dr. Doğan KANTARCI (İ.Ü.)**
	Prof.Dr. Ertuğrul DOĞAN (İ.Ü.)
	Prof.Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İ.T.Ü.)
	Yrd.Doç.Dr. Şinasi KAYA (İ.T.Ü.)

NİSAN 2007

ÖNSÖZ

İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği programında gerçekleştirdiğim bu doktora tez çalışmasının, varlığı birkaç kuşak sonra belki de sadece hatırlanabilecek olmasından endişe duyduğumuz, mucizevî Tuz Gölü'nün öncelikle kurtarılması daha sonra da korunması amacıyla yapılacak çalışmalara bir damla da olsa katkı sağlamasını ümit ediyorum.

Öncelikle, yüksek lisans çalışmalarımdan sonra doktora tez yürütücülüğümü de üstlenen, engin bilgi ve deneyimi ile beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Cankut ÖRMECİ'YE müteşekkirim. Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan hocam Prof. Dr. Doğan KANTARCI' YA, pozitif enerjisi ile her zaman destek olan hocam Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU'NA, Prof. Dr. Cumali KINACI ve Prof. Dr. Ertuğrul DOĞAN'A minnettarım. Küçük odasını benimle paylaşan arkadaşım Arş. Gör. Berk ÜSTÜN'E, yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç. Dr. Şinasi KAYA'YA çok teşekkür ederim. Ayrıca, Doç.Dr. Doğanay TOLUNAY'A (İ.Ü. Orman Fakültesi), Yrd. Doç. Dr. Nuray BALKIS ve Arş. Gör. Abdullah AKSU'YA (İ.Ü. Deniz Bilimleri Enstitüsü), Yük. Müh. Dilek TEZEL'E (ÖÇKKB), Yük. Müh. Erol BİRCAN'A (KOSKİ) yardımlarından ve gösterdikleri yakın ilgiden dolayı teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük emekleri olan başta annem Hatice EKERCİN ve babam Yük. Mak. Tek. Kemal EKERCİN olmak üzere her iki ailemin tüm fertlerine teşekkürler ederim. Ayrıca, desteğini her zaman yanımda hissettiğim kayınpederim Prof. Dr. Şerafeddin GÖLCÜK'E, ufkumu ufkuna benzetmeye çalıştığım değerli ağabeyim Dr. İsmail EKERCİN'E, renkli kişiliği ile en yakın arkadaşım olan dedem Abdullah KARAERKEK'E, varlığından güç aldığım oğlum Selman'a, ilgi ve anlayışıyla her zaman yanımda olan ve çok şey borçlu olduğum eşim Sosyolog Hatice Büşra EKERCİN'E müteşekkirim.

Ocak, 2007 Semih EKERCİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ..... ii
KISALTMALAR..... v
TABLO LİSTESİ..... vi
ŞEKİL LİSTESİ..... ix
SEMBOL LİSTESİ..... xii
ÖZET..... xiii
SUMMARY..... xvii

1. GİRİŞ VE AMAÇ…….. 1

2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL PRENSİPLERİ……. 3
2.1. Elektromanyetik Spektrum ve Spektral Etkileşim……... 3
2.2. Cisimlerin Spektral Yansıtma Özellikleri..... 5
2.2.1. Bitkilerin Spektral Yansıtması..... 5
2.2.2. Zeminlerin Spektral Yansıtması..... 6
2.2.3. Suyun Spektral Yansıtması..... 7
2.3. Yüzey Cisimlerinin Spektral Işıması..... 8

3. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ..... 9
3.1. Sayısal Görüntü..... 9
3.2. Uydu Görüntülerinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi..... 11
3.3. Uydu Görüntülerinin Radyometrik Olarak Düzeltilmesi..... 12
3.4. Görüntü Zenginleştirme..... 14
3.4.1. Kontrast Artırımı..... 14
3.4.2. Filtreleme..... 14
3.4.3. Çok Kanallı Uydu Verilerinin Zenginleştirilmesi..... 15
3.6.3.1. Ana Bileşenler Dönüşümü..... 15
3.6.3.2. Oran Görüntüleri..... 16
3.5. Sınıflandırma..... 17
3.5.1. Kontrolsüz Sınıflandırma..... 17
3.5.2. Kontrollü Sınıflandırma..... 18
3.5.3. Sınıflandırma Sonuçlarının Kontrolü..... 19
3.6. Veri Türleri ve Entegrasyonları..... 20
3.6.1. Grafik ve Grafik Olmayan Veriler ve Entegrasyonları..... 20
3.6.2. Farklı Yapıya Sahip Olan Grafik Veriler ve Entegrasyonları..... 20
3.6.3. Aynı Yapıya Sahip Olan Grafik Veriler ve Entegrasyonları..... 20
3.6.3.1. Farklı Algılayıcılar Tarafından Algılanan Veriler..... 20
3.6.3.2. Farklı Tarihlerde Algılanan Veriler..... 21
3.7. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu..... 23

4. BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANİLAN VERİLER…..... 26
4.1. Çalışma Alanı……..... 26
4.2. Tuz İşletmeleri..... 27
4.3. Bitki Örtüsü ve İklim Koşulları..... 29
4.4. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler..... 29
4.5. Kullanılan Haritalar..... 31

4.6. Uzaktan Algılama Verileri..... 32
4.6.1. Spektroradyometre Ölçmeleri..... 32
4.6.2. TERRA Aster Uydu Sistemi..... 33
4.6.3. Landsat Uydu Sistemi..... 33
4.6.4. Spot Uydu Sistemi..... 35
4.7. Meteorolojik Veriler..... 36
4.8. Kullanılan Yazılım..... 36
4.9. Yersel Çalışmalar..... 37
4.9.1. Arazi Çalışması-1 (7-10.Ağustos.2004)..... 37
4.9.2. Arazi Çalışması-2 (13-18.Mayıs.2005)..... 37
4.9.3. Arazi Çalışması-3 (10-22.Haziran.2006)..... 41

5. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ENTEGRASYONU İLE TUZ GÖLÜ VE YAKIN ÇEVRESİNİN ANALİZİ..... 43
5.1. Uydu Görüntülerinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi..... 48
5.2. Teknik Analizler..... 51
5.2.1. Tuz Gölü ve Çevresine Ait Uydu Görüntülerinin Yorumlanması..... 51
5.2.2. Tuz Gölüne Ait Uydu Görüntüleri için Uygun Spektral Aralığın Belirlenmesi..... 52
5.2.3. Işığın Nüfus Etme (Penetrasyon) Seviyesinin Araştırılması..... 58
5.2.4. Tuzlu Topraklarda Tuzluluk Derecesinin Uydu Görüntüsü Kullanılarak Tahmin Edilmesi Amaçlı Modelleme..... 64
5.3. Tuz Gölü ve Yakın Çevresinde Zamana Bağlı Kuraklık Analizi..... 71
5.3.1. Tuz Gölü ve Çevresindeki Su Kaynaklarının Analizi-Durum Tespiti.. 71
5.3.2. Kuraklığın Tuz Gölü'ne Etkisini Konu Alan Çalışmalarda Uydu Görüntüsü Kullanımının Önemi ve Gerekliliği..... 75
5.3.3. Meteorolojik Veriler ile Zamana Bağlı Değişim Analizi..... 77
5.3.4. Uzaktan Algılama ile Zamana Bağlı Değişim Analizi..... 82
5.3.4.1. Çok Zamanlı Landsat Uydu Verilerinin Değerlendirilmesi..... 82
5.3.4.2. Çok Zamanlı SPOT Uydu Verilerinin Değerlendirilmesi..... 88
5.4. Tuz Gölü ve Yakın Çevresinde Görülen Kuraklığın Tuz Oluşumuna Etkisinin Belirlenmesi..... 91
5.4.1. Çok Zamanlı Uydu Verileri ile Analiz..... 91
5.4.2. Spektral Profil Analizi..... 93
5.5. Tuz Gölü Çevresindeki Kentsel Gelişimin Uydu Görüntüleri Yardımıyla Analizi..... 95
5.6. Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Tuz Gölü ve Yakın Çevresindeki Noktasal ve Noktasal Olmayan Kirletici Kaynakların Analizi..... 100
5.6.1. Kirletici Kaynakların Belirlenmesi..... 101
5.6.2. Su Örneklerinin Alınma Tarihleri, Analizi ve Sonuçların Değerlendirilmesi..... 106

6. SONUÇ ve ÖNERİLER..... 110

KAYNAKLAR..... 120

EKLER..... 129

ÖZGEÇMİŞ..... 172

KISALTMALAR

HRV : Hıgh Resolution Visible
LANDSAT : Land Satellite
MSS : Multispectral Scanner System
NASA : National Aeronautics and Space Administration
GPS : Global Positioning System
RADAR : Radio Detection and Ranging
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi
SAR : Synthetic Aperture Radar
RADAR : Radio Detection and Ranging
SPOT : Systeme Probatoire de L'observation de la Terre
TM : Thematic Mapper
SAM : Sayısal Arazi Modeli

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1 : Hata matrisi……..... 19
Tablo 4.1 : Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri..... 34
Tablo 4.2 : Çalışmada kullanılan meteorolojik parametreler..... 36
Tablo 5.1 : Rektifikasyon işlemi uygulanan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri……..... 49
Tablo 5.2 : Farklı toprak derinliklerinde yapılan Landsat-5 TM verisi ve eş-zamanlı spektroradyometre ölçmeleri arasındaki korelasyon katsayıları……..... 61
Tablo 5.3 : Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre tuzluluk dereceleri……..... 64
Tablo 5.4 : Toprak numunelerinin analizi ile elde edilen elektriksel iletkenlik-EC (tuzluluk) değerleri..... 66
Tablo 5.5 : Topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsünden tahmin edilmesi amacıyla model oluşturulması aşamasında kullanılan veriler (EC: elektriksel iletkenlik)..... 69
Tablo 5.6 : Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin alındığı tarihlerde Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlarda kaydedilen günlük toplam yağış miktarları..... 83
Tablo 5.7 : Tuz Gölü çevresinde bulunan, gölü doğrudan/dolaylı olarak etkileyen (il ve ilçe) yerleşim alanlarında 1990-2000 yılları arasında meydana gelen kentsel nüfus ve alan değişimleri..... 98
Tablo 5.8 : Tuz Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin analiz sonuçları.. 107
Tablo A.1 : 16/05/2005 tarihli Landsat-5 TM verisi için radyometrik düzeltme işlemi (piksel parlaklık değerlerinin spektral yansıtım değerlerine dönüştürülmesi……..... 129
Tablo A.2 : 16.Mayıs.2005 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışması esnasında elde edilen spektroradyometre ölçmeleri..... 130
Tablo A.3 : SPOT4 (HRVIR2 - 17/05/2005) uydu verisi için radyometrik düzeltme işlemi……..... 131
Tablo A.4 : Her bir noktada 10 tekrarlı ölçme işlemi gerçekleştirilerek 17.Mayıs.2005 tarihinde spektroradyometre ile elde edilen spektral ölçmeler……..... 132
Tablo B.1 : Farklı toprak derinliklerinde gerçekleştirilen yersel spektroradyometre ölçmeleri…… 133
Tablo B.2 : 16/05/2005 tarihli Landsat-5 TM verisi için radyometrik düzeltme işlemi…..... 135
Tablo C.1 : Farklı toprak derinliklerinde gerçekleştirilen yersel spektroradyometre ölçmeleri…..... 136
Tablo C.2 : 20.06.2006 tarihli Landsat-5 TM verisi için radyometrik düzeltme işlemi……..... 138
Tablo C.3 : Elektriksel iletkenlik değerleri ölçülen toprak numunelerinin alındığı noktalara ait parlaklık değerlerinin yansıma değerlerine dönüştürülmesi (20.06.2006 tarihli Landsat-5 TM verisi için

radyometrik düzeltme işlemi)…..... 139
Tablo D.1 : Konya Havzasında ortalama sıcaklıkların değişimi..... 141
Tablo D.2 : Konya'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 142
Tablo D.3 : Çumra'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 143
Tablo D.4 : Karaman'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 144
Tablo D.5 : Karapınar'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 145
Tablo D.6 : Ereğli'de 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 146
Tablo D.7 : Tuz Gölü Havzası'nda ortalama sıcaklıkların değişimi..... 147
Tablo D.8 : Kulu'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 148
Tablo D.9 : Şereflikoçhisar'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 149
Tablo D.10 : Cihanbeyli'de 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 150
Tablo D.11 : Aksaray'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri..... 151
Tablo E.1 : Tuz Gölü Havzası'nda 1970-2005 yılları arasında Ocak Ayı toplam yağış değerleri..... 152
Tablo F.1 : Tuz Gölü Havzası'nda 1970-2005 yılları arasında yıllık toplam yağış değerleri..... 153
Tablo G.1 : Tuz Gölü Havzası'nda 1970-2005 yılları arasında 5-Yaz Ayı toplam yağış değerleri 156
Tablo H.1 : Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon (AKSARAY, 02/07/1987)..... 157
Tablo H.2 : Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler..... 157
Tablo H.3 : Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant…..... 157
Tablo I.1 : Landsat ETM (termal olmayan)bantları arasındaki korelasyon (AKSARAY, 22/05/2001)..... 158
Tablo I.2 : Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler…… 158
Tablo I.3 : Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 158
Tablo J.1 : Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon (CİHANBEYLİ, 02/07/1987)……... 159
Tablo J.2 : Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler…… 159
Tablo J.3 : Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 159
Tablo K.1 : Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon (CİHANBEYLİ, 16/05/2005)……... 160
Tablo K.2 : Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler…… 160
Tablo K.3 : Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 160
Tablo L.1 : Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon (KONYA, 02/07/1987)…… 161
Tablo L.2 : Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler…… 161
Tablo L.3 : Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 161
Tablo M.1 : Landsat ETM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon (KONYA, 10/05/2000)…… 162
Tablo M.2 : Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler…… 162
Tablo M.3 : Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant.....162
Tablo N.1 : Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon (KULU, 02/07/1987)…… 163
Tablo N.2 : Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler…… 163
Tablo N.3 : Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 163

Tablo O.1 **:** Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon (KULU, 16/05/2005)…… 164
Tablo O.2 **:** Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler……. 164
Tablo O.3 **:** Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 164
Tablo P.1 **:** Spot-4 XS bantları arasındaki korelasyon (ŞEREFLİKOÇHİSAR, 17/05/1987)…….. 165
Tablo P.2 **:** Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler……. 165
Tablo P.3 **:** Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 165
Tablo R.1 **:** Spot-4 XS bantları arasındaki korelasyon (ŞEREFLİKOÇHİSAR, 17/05/2005)…….. 166
Tablo R.2 **:** Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler……. 166
Tablo R.3 **:** Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant……... 166

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar……... 4
Şekil 2.2 : Elektromanyetik enerji, spektral etkileşim ve uzaktan algılama sistemi……..... 5
Şekil 2.3 : Bitki örtüsü, toprak ve suyun spektral yansıtım eğrileri..... 6
Şekil 2.4 : Su ile örtülü bir bölge üzerinde, bir uzaktan algılama sistemi tarafından kaydedilen elektromanyetik enerjinin..... 7
Şekil 3.1 : Farklı uzaysal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri……..... 9
Şekil 3.2 : Sayısal uydu görüntüsü yapısının Konya ili Kulu ilçesi ve Kulu (Düden) Gölü'nü kapsayan Spot-5 pankromatik uydu verisi ile gösterimi……..... 10
Şekil 3.3 : Yeniden örnekleme işleminde, orijinal görüntü ile çıktı görüntüsü arasındaki dönüşüm..... 12
Şekil 3.4 : (a) Ana bileşenler dönüşümü. (b) Birinci ana bileşen ekseninin, x1,x2 ve x3 eksenlerine göre veriyi temsil etme aralığı..... 15
Şekil 3.5 : IHS dönüşümü işleminin akış şeması…..... 21
Şekil 3.6 : Farklı algılayıcılar tarafından algılanan görüntülerin kaynaştırılması……..... 22
Şekil 3.7 : Sayısal yükseklik modeli (Aster-DEM) kullanılarak oluşturulan 3-boyutlu Landsat-5, TM görüntüsü üzerinde vektör verilerin gösterimi..... 24
Şekil 3.8 : Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama entegrasyonu..... 24
Şekil 4.1 : Çalışma alanının yerleşimi……..... 26
Şekil 4.2 : Tuz Gölü'nde bulunan özel tuz işletmelerinin uzaydan görünümü 27
Şekil 4.3 : Tuz oluşumu ve işletmeler..... 28
Şekil 4.4 : Tuz Gölü ve Havzası…..... 30
Şekil 4.5 : Çalışmanın farklı aşamalarında kullanılan haritalar..... 32
Şekil 4.6 : Spot-4 ve Landsat-5 uyduları ve tarama alanları…… 35
Şekil 4.7 : 7-10.Ağustos.2004 tarihleri arasında yapılan, Tuz Gölü ve çevresindeki noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynakların belirlenmesini amaçlayan ön arazi çalışması..... 37
Şekil 4.8 : Tuz Gölü ve çevresinde Landsat (üst geçişi 16.05.2005, saat 10:31) ve Spot (üst geçişi 17.05.2005, saat 08:25) uyduları ile eş-zamanlı olarak yapılan yersel çalışma..... 38
Şekil 4.9 : Spektroradyometre ölçmeleri için seçilen pilot bölgenin yerleşimi ve araziden görünüm…..... 39
Şekil 4.10 : 13-18.Mayıs.2005 tarihleri arasında yapılan arazi çalışması sırasında, konumları el tipi GPS ile belirlenerek numune alınan toplam 11 noktanın göl üzerinde ve çevresindeki dağılımı..... 40
Şekil 4.11 : 10-22.Haziran.2006 tarihleri arasında gerçekleştirilen arazi çalışması ve numunelerin analizinden görünüm..... 42
Şekil 5.1 : Tuz Gölü ve yakın çevresinin uzaydan görünümü…..... 44

Şekil 5.2 : Geometrik olarak düzeltilmiş iki tam çerçeve görüntünün birleştirilmesi ile elde edilen Terra ASTER mozaik görüntüsü……. 50
Şekil 5.3 : Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde algılanan spektral bantların karşılaştırılması……..... 52
Şekil 5.4 : Landsat-5 TM (16.Mayıs.2005) uydu verisinin (termal dışındaki) bantlarına karılık gelen spektral aralıklar için eş-zamanlı yer ve uydu verileri ile elde edilen reflektans değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları..... 54
Şekil 5.5 : Spot-4 (17.Mayıs.2005) uydu verisinin bantlarına karılık gelen spektral aralıklar için eş-zamanlı yer ve uydu verileri ile elde edilen reflektans değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları 55
Şekil 5.6 : Tuz Gölü'ndeki su dengesi ve buharlaşma sonucu tuz oluşumu... 56
Şekil 5.7 : Spektroradyometre ölçmeleri ile tuz-su ayrımı ve uydu görüntülerinin yorumlanması..... 57
Şekil 5.8 : Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanların tespiti (tuz-su ayrımı) ve Terra ASTER uydu görüntülerinin yorumlanması……..……... 58
Şekil 5.9 : Işığın nüfus etme (penetrasyon) seviyesinin araştırılması amacıyla yapılan uygulamanın gerçekleştirildiği bölgenin yerleşimi……..... 59
Şekil 5.10 : Toprak numunelerinin alınması ve spektroradyometre ölçmelerinin gerçekleştirildiği farklı derinlikler……. 60
Şekil 5.11 : Toprak suyunun buhar halindeki hareketi sonucunda toprakta çökelek zonunun oluşması..... 62
Şekil 5.12 : Tuz kabuğu oluşmuş (BT) ve oluşmamış (ST) toprak yapısına sahip olan zeminlerde, farklı derinliklerde elde edilen spektral yansıtma eğrileri..... 63
Şekil 5.13 : Farklı derinliklerden toprak numunelerinin alınması..... 65
Şekil 5.14 : Landsat-5 uydusunun 20.06.2006 (Saat: 1032) tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak, toplam 40 noktada gerçekleştirilen yersel spektroradyometre ölçmeleri ve Landsat-5 uydu verisinden elde edilen yansıma değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları……..... 67
Şekil 5.15 : Tuzlu topraklarda tuzluluk miktarının uydu görüntüsü kullanılarak tahmin edilmesi amacıyla oluşturulan modele ait katsayılar ve sonuçların geçerliliğinin analizi..... 70
Şekil 5.16 : Tuz Gölü'ndeki doğal su dengesi..... 71
Şekil 5.17 : Şekil 5.17: Tuz Gölü'nün boğaz kısmında oluşturulan seddeden görünümler……..... 72
Şekil 5.18 : Tuz Gölü'nün kış mevsimine ait uydu görüntüleri ve Peçeneközü Deresini ve dolaylı olarak gölün kuzey bölümünü besleyen karla kaplı (camgöbeği rengi) Ekecek Dağının (2133m) uzaydan görünümü……..... 73
Şekil 5.19 : Tuz Gölü çevresindeki su kaynaklarının zamansal değişiminin Landsat-5 TM uydu verileri ile gösterimi…..... 74
Şekil 5.20 : Tuz Gölü'nün dip topografyasından kaynaklanan su seviyesi farklılıklarının uzaydan görünümü 76
Şekil 5.21 : Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen Yıllık Ortalama Sıcaklık değerlerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla 1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması..... 78
Şekil 5.22 : Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen Ocak Ayı Toplam Yağış değerlerinin değişimi……..... 79
Şekil 5.23 : Tuz Gölü Havzası'ndaki sıcaklık ve yağış değişimleri (1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması……..... 81

Şekil 5.24 : Landsat-5 TM uydu verilerine ait termal bantların karşılaştırılması……..... 84
Şekil 5.25 : Landsat-5 TM uydu verilerine ait yakın kızılötesi bantların karşılaştırılması ile su ile örtülü alanlardaki zamansal değişimin tespiti……..... 85
Şekil 5.26 : Yaz kuraklığı ve su kaynaklarının kontrolsüz kullanımı nedeniyle Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen zamansal değişimin tespiti……..... 86
Şekil 5.27 : Tuz Gölü çevresinde (Özel Koruma Alanı içerisinde) bulunan göllerde kuraklık nedeniyle oluşan kıyı çizgisi değişimleri…… 87
Şekil 5.28 : Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanlarda medya gelen azalmanın SPOT uydu verileri yardımıyla tespiti…… 89
Şekil 5.29 : Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlardaki zamansal değişimin çok zamanlı Spot uydu verileri ile tespiti..... 90
Şekil 5.30 : 1987-2005 yılları arasında Tuz Gölü'ndeki su rezervi değişimine bağlı olarak ortaya çıkan, tuz oluşumundaki azalmanın çok zamanlı ve üç boyutlu Spot uydu görüntüleri yardımıyla tespiti….. 91
Şekil 5.31 : Tuz oluşumundaki azalmanın çok zamanlı uydu verileri ile analizi…..……..... 92
Şekil 5.32 : Spektral profil çizilen noktaların Spot-5 (17/05/2005) ve Landsat-5 verileri ile gösterimi…..... 94
Şekil 5.33 : Çok zamanlı Landsat uydu görüntüleri ile spektral profil analizi… 95
Şekil 5.34 : Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim merkezlerinden bazılarının 1976 yılından günümüze gelişimi..…….. 96
Şekil 5.35 : Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim alanlarına ait demografik veriler ve nüfus artış yüzdelerine göre karşılaştırılması..... 97
Şekil 5.36 : Yerleşim alanlarının nüfus artış yüzdelerine göre karşılaştırılması..... 98
Şekil 5.37 : Uzaktan Algılama-CBS entegrasyonu ile grafik ve grafik olmayan (öznitelik) verilerin birlikte analizi..... 100
Şekil 5.38 : Konya Ana Tahliye kanalıyla gelen atık sular..... 102
Şekil 5.39 : : Tuz Gölü'ne Konya'dan ve eklenen diğer kaynaklardan (arıtılmadan) gelen ve kirliliğe sebep olan atık suların uydu görüntüleri ile belirlenmesi..... 103
Şekil 5.40 : Aksaray'dan boşaltma kanalı ile gelen atık suların (kanalın) görünümü..... 104
Şekil 5.41 : Şereflikoçhisar'dan gelen atık sular..... 105
Şekil D.1 : Tuz Gölü Havzası'nda ortalama sıcaklıkların Yıllık, 5-Yaz Ayı, Temmuz ve Ocak ayındaki değişimi..... 140
Şekil F.1 : Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen yıllık toplam yağış değerlerinin değişimi..... 153
Şekil G.1 : Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen 5-Yaz Ayı toplam yağış değerlerinin değişimi. 155
Şekil S.1 : 1990-2000 yılları arasında Konya il merkezinde meydana gelen alan değişimi……..... 167
Şekil S.2 : 1990-2000 yılları arasında Konya ili Cihanbeyli ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi…… 168
Şekil S.3 : 1990-2000 yılları arasında Konya ili Kulu ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi…… 169
Şekil S.4 : 1990-2000 yılları arasında Şereflikoçhisar ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi…… 170
Şekil S.5 : 1990-2000 yılları arasında Aksaray ili Eskil ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi …… 171

SEMBOL LİSTESİ

KOH	**:** Karesel ortalama hata
μm	**:** Dalga uzunluğu birimi
n	**:** Yer kontrol noktası sayısı
R^2	**:** Belirlilik katsayısı
$Cov_{Q, R}$	**:** Q ve R bantları arasındaki kovaryans katsayısı
ρ	**:** Korelasyon katsayısı
k	**:** piksel sayısı
DN	**:** piksel parlaklık değeri
δ_i	**:** i bandının standart sapması
δ_j	**:** j bandının standart sapması

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONU İLE TUZ GÖLÜ VE YAKIN ÇEVRESİNİN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİM ANALİZİ

ÖZET

Göl ve barajlarda bulunan su rezervleri yıllardır, yerel ve küresel ölçekte en önemli konulardan biri olmuştur. Bu stokların önemi, küresel ısınma, kuraklık ve artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği artan insan gereksinimleri nedeniyle, çok muhtemelen, gelecekte daha da artacaktır. İnsan gereksinimleri için (içme suyu gibi) kaynak sağlaması dışında bir göldeki su rezervi, Türkiye örneğinde olduğu gibi, bir ülkenin ekonomisine katkı sağlayan önemli bir kaynak da olabilmektedir.

İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Tuz Gölü, çok büyük tuz rezervi ile önemli bir doğal kaynak ve kendine özgü ekosistemi ile uluslararası değerde bir doğal koruma alanıdır. Son 20 yıldır, kuraklık ve yeraltı sularının tarımsal amaçlı olarak dikkatsizce kullanılmasından dolayı göldeki su rezervi çok önemli miktarda azalmıştır. Tuz Gölü, ince tuz tabakası (1-10cm) ile kaplı batak tabanı ve çok sığ olan su derinliği ile kuruduğu yaz ayları dışında (güneyden ulaşan drenaj kanalının göle döküldüğü bölge dışında) girilemez bölgedir. Girilebilen Temmuz ve Ağustos aylarında ise bahar ayları başında başlayan buharlaşma etkisiyle gölün önemli bölümünde su bulunmaz. Bundan dolayı, göl suyunun (biriken suyun) değişimi ve kuraklık etkileri konusunda (özellikle de gölün kıyıdan uzak olan orta bölgesine ait) herhangi bir veri mevcut değildir. Bu noktada, su kaynaklarının daha iyi yönetimi için hem girilen hem de ulaşılamayan bölgeler hakkında hızlı, güvenilir ve tutarlı verilerin toplanması işleminde kullanılabilecek teknik bir yöntem tanımlamak gereklidir. Ulaşılamayan bölgeler hakkında bilgi edinme konusundaki üstün kabiliyeti sayesinde uzaktan algılama, bu konuda ideal bir teknik yöntemdir.

Uzaktan algılamanın, Tuz Gölü ve yakın çevresinde ilk kez uygulandığı bu çalışmada, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegre edilmiş olup Tuz Gölü ve yakın çevresinde, eş-zamanlı yer ölçmeleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında, kullanılan tüm uydu görüntüleri UTM (Universal Transform Mercator) koordinat sistemine dönüştürülerek (WGS 84, Dilim 36), çalışmada kullanılan tüm raster ve vektör verilerin aynı veri tabanı içerisinde

birleştirilmesine imkân sağlanmıştır. Çalışmada, 1:25 000 ölçekli standart topografik haritalar ve el-tipi GPS kullanılarak yer koordinatları belirlenen kontrol noktaları altlık veri olarak kullanılmıştır. Dönüşüm işlemlerinde, düz arazi yapısına sahip olan küçük alanlara ait (5x5 km^2 gibi) görüntülerin düzeltilmesinde 1. derece, tam çerçeve uydu görüntüleri için 2. derece polinomlar kullanılmıştır. Yeniden örnekleme aşamasında, görüntü kaynaştırma (image merging) işleminde kullanılacak görüntüler için kübik katlama (16 pikselin ağırlıklı ortalaması), diğer görüntüler için en yakın komşuluk yöntemleri kullanılmıştır. Geometrik düzeltme işlemi esnasında karesel ortalama hatası ±0,5 pikselden yüksek olan kontrol noktaları elimine edilmiştir.

Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesi işleminden sonra, uygulamalar dört ana başlık altında gerçekleştirilmiştir:

İlk olarak eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile yapılan teknik analizler sonucunda, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin yorumlanmasında farklı bir durumun olduğu tespit edilmiştir. Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanların uydu görüntüsü ile belirlenmesi işleminde sağlıklı bir hesaplamanın yapılabilmesi için uygun spektral aralığın sadece yakın kızıl ötesi bölge olduğu tespit edilmiştir. Uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan uydu verilerine ait orta kızılötesi bant kullanılarak su ile örtülü alanların belirlenmesi yönteminin, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanması aşamalarında kullanılamayacağı, kullanılması durumunda hatalı sonuçlara ulaşılacağı sonucuna varılmıştır. Yansıyan ve uydu tarafından algılanan ışınımın tuzlu topraklarda yüzeyden itibaren düşey olarak ilerlediği (nüfuz ettiği) mesafe ile uydu tarafından algılanan farklı dalga boylarındaki yansıma değerleri arasındaki ilişki ve buna paralel olarak topraktaki tuz konsantrasyonunun yansıtmaya etkisi araştırılmış ve yüzeydeki tuz miktarı ile orta kızılötesi bölgede algılanan yansıma değerlerinin ters orantılı olduğu belirlenmiştir. Bu bilginin ışığında, topraklarda tuzluluk derecesinin (Elektriksel İletkenlik-EC) uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacına yönelik olarak model oluşturulmuş ve sonuçların geçerliliği sınanmıştır. Tasarlanan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve çok tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

İkinci aşamada, meteorolojik veriler ve çok zamanlı uydu görüntüleri ile kuraklığın Tuz Gölü ve çevresine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, Tuz Gölü'nü besleyen yeraltı sularının tarımsal sulama amaçlı olarak kontrolsüz şekilde kullanılması sonucunda, göldeki suyla kaplı alanların kurumasına sebep olduğunu göstermiştir. Tuz Gölü'nü boğaz kısmından ikiye bölen seddenin, gölün batı kıyılarında çoraklaşmanın başlamasına sebep olduğu da belirlenmiştir. Ayrıca, Tuz Gölü Havzası'nda bulunan

9 adet meteorolojik istasyona ait veriler ile 1970-1992 ve 1993-2005 dönemlerindeki ortalama sıcaklık ve toplam yağış değişimleri incelenmiştir. 1993 ve 2005 yılları arasında ölçülen toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik verilerin değerlendirilmesi sonucunda 12 yıllık süre içerisinde, yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde (1970-1992 dönemine göre) 0,2°C ile 1,3°C arasında değişen miktarlarda ortalama sıcaklık artışı olduğu ve yaz kuraklığının oluştuğu da belirlenmiştir. Aynı dönemlerde, Ocak ayı toplam yağış değerlerinde (1970-1992 dönemine göre) 1,2mm ile 11,6mm arasında değişen miktarlarda azalma olduğu hesaplanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık artışı ve yıllık toplam yağış miktarlarındaki azalmanın bölgeye etkilerinin belirlenmesi amacıyla Tuz Gölü ve çevresinde bulunan göllerdeki suyla kaplı alanlarda 1970'li yıllardan günümüze kadar meydana gelen değişimi çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri ile analiz edilmiş ve Tuz Gölü'nün su yüzeyi alanlarının (Mayıs) 1987-2005 yılları arasında 1/3 oranında azaldığını saptanmıştır. Çalışmada ayrıca, yaz kuraklığının göle etkisini araştırmak amacıyla, Ağustos ayında algılanmış çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri irdelenmiş, 1975 yılında gölün özellikle güney bölümünün tamamına yakın kısmı suyla kaplı iken 2006 yılında, Konya Ana Tahliye Kanalının göle ulaştığı bölge dışında gölde hiç su bulunmadığı tespit edilmiştir. Tuz Gölü çevresinde (Özel Koruma Alanı içerisinde) bulunan Düden (Kulu), Tersakan ve Bolluk Göllerinin 1975-2005 yılları arasında kuraklıktan çok ciddi derecede etkilendiği, Düden ve Bolluk Göllerinde kıyı çizgisi değişimlerinin 1km'yi geçtiği ve kuruma tehlikesiyle karşı karşıya kaldığı belirlenmiştir.

Üçüncü aşamada, Tuz Gölü'ndeki su ile kaplı alanlardaki azalmanın tuzla kaplı alanlara etkisi irdelenmiştir. Gölü ikiye bölen seddenin hemen alt kısmındaki göl alanında tuz oluşumu açısından 1987-2005 yılları arasında çok belirgin bir azalma olduğu belirlenmiştir. 2005 yılına ait Landat ve Spot uydu görüntüleri ve yerinde yapılan ayrıntılı incelemeler, gölün kuruyan güney bölümünde tuzun hiç oluşmadığını ve göl tabanının tamamen çatlamış kara toprak haline dönüştüğünü göstermiştir. Daha sonra, Tuz Gölü çevresinde bulunan ve gölü doğrudan ya da dolaylı şekilde etkileyen yerleşim merkezlerinde 1990-2000 yılları arasında meydana gelen alan artışı ile Devlet İstatistik Enstitüsü'nden alınan aynı yıllara ait nüfus verileri arasındaki ilişki incelenmiştir, 1990-2000 yılları arasında oluşan kentsel nüfus ve alan artış oranları arasında çok belirgin ilişki olduğu belirlenmiştir.

Dördüncü ve son aşamada, Uzaktan algılama tekniği ve CBS Entegrasyonu ile Tuz Gölü çevresindeki kirletici kaynakların tespit edilmesi amacıyla, bölgeye ait grafik (raster-vektör) ve grafik olmayan (öznitelik) bilgiler aynı veri tabanı içerisinde birleştirilmiştir. Tuz Gölü'ne Konya, Şereflikoçhisar ve Aksaray'dan gelen evsel,

endüstriyel ve tarımsal atık suların arıtılmadan doğrudan göl ve havzasına döküldüğü, bu durumun bölgeyi kirlettiği tespit edilmiştir. Alınan su numunelerindeki analiz sonuçları, ağır metal değerlerinin standartlardaki sınır değerlerin altında olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte kurşun (Pb) değerlerinin karayoluna yakın 5, 7 ve 8 nolu istasyonlarda diğerlerinden yaklaşık 1,5-2.0 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 11 nolu istasyon Peçenek deresi üzerinde bulunmaktadır. Bu dere tarımsal alanlardan kaynaklanan gübre, tarım koruma ilaçları ile Şereflikoçhisar'ın evsel atık sularını Tuz Gölü'ne taşımaktadır. Bu nedenle bazı ağır metallerin değerleri diğer istasyonlara göre nispeten daha yüksek ölçülmüştür. Drenaj kanallarındaki su örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları ile gölden alınan su örneklerinde ölçülen değerler arasında belirgin bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Bunun kısmen evsel atık sulara karışan endüstriyel atıkların ön arıtma ile ağır metal konsantrasyonlarının düşürülmesinden, kısmen toprak kanallarda ağır metallerin taban ve yanlardaki yüzeylerde tutulmuş (adsorbe edilmiş) olmasından, kısmen de endüstriyel atık su miktarının evsel atık su miktarından çok daha düşük olması sonucu ortaya çıkan seyrelmeden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan Landsat görüntüleri İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ, Proje No: 30873) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK, Proje No: 105Y283), SPOT uydu görüntüleri Fransız Ulusal Hava Dairesi (CNES-Centre National d'Etudes Spatiales, Proje No: OASIS-82), Aster uydu görüntüleri ise Amerikan Ulusal Hava ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından sağlanmıştır.

MULTITEMPORAL CHANGE DETECTION ON THE SALT LAKE AND ITS VICINITY BY INTEGRATING REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

SUMMARY

Water reserve in lakes and reservoirs has been one of the most important issues for many years at local and global scale. The significance of these stocks, most likely, will increase in the future due to global warming, drought and human requirements depending on growing world population. Apart from serving as supply for human needs such as drinking water, a water reserve in a lake can also be an important resource contributing country's revenue as it is the case became in Turkey.

The Salt Lake is an essential natural supply with a huge salt reserve and an international protected area with a special and fascinating ecosystem in Central Anatolia, Turkey. In the last two decades, water reserve in the lake has impressively decreased due to drought and the careless use of underground waters for agricultural purposes. The lake is an inaccessible area except summers with a marshy bottom covered by thick salt layer (1-10 cm) and very low water depth (1-50 cm) except a small area in the south where a drainage channel reaches the lake. When it is accessible (in July and August), there is no water in the lake because of the evaporation that starts at the beginning of spring. Therefore, there are not any records or current studies concerning water reserve changes or drought appearing especially in the central part of the lake faraway from the coast. Here, it is necessary to define a technique which can be used to collect rapid and dependable data about both reachable and inaccessible areas for a better management of water resources. Due to its great capability on data acquiring about unreachable areas, remote sensing is an ideal technique in such settings.

This paper focuses mainly on the multitemporal analysis of the Salt Lake, Turkey by integrating geographic information system and remote sensing data. This study is the first one involving real-time ground and remote sensing data in this area and gives valuable information to interpret satellite images acquired by remote-sensing platforms.

At the beginning of the study, all satellite data used were georeferenced to UTM (Universal Transverse Mercator) projection using a total of 50 control points both extracted from 1:25 000 scale topographic maps and recorded by GPS during the fieldwork to integrate all raster and vector data in a database. A first order polynomial transformation method was performed to create the output images. The root-mean-square error of the polynomial transformation is less than half a pixel for all the data set. In order to preserve radiometric integrity, a nearest neighbour resampling method was used. Checkpoints were measured on the geometrically corrected image set and compared with the topographic sheets to evaluate the quality of the geometric correction. After the geometric correction, radiometric correction process was performed for all satellite data to minimize the atmospheric effects and to convert remotely sensed digital numbers (DNs) to ground surface reflectance in order to make the data spectrally comparable.

After preprocessing of the satellite images, the applications were conducted in the following four steps:

In the first step, real-time ground and satellite remote sensing data were analyzed together to examine correlation between them. This procedure show that simultaneous ground and satellite remote-sensing data are highly correlated ($0.84 > R^2 > 0.97$) and the near-infrared region (for this study Landsat-5 TM, band 4) is the best spectral range to distinguish salt and water on the satellite data for the multi-temporal analysis of the water reserve in Salt Lake. It also shows that the use of shortwave infrared band(s) will result in confusion for the determination of the water reserve in this water-covered study area. Taking account these, the water reserve change in the lake is examined using multi-temporal Landsat imagery collected in 1990, 2001 and 2005. The remotely sensed, sampled and treated data show that the water reserve in the lake has markedly decreased between 1990 and 2005 due to drought and uncontrolled water usage. Then, soil samples were collected and analyzed for producing a new model to predict soil salinity by using satellite image data. Electrical conductivity (EC) was used as indicator of salinity for developing model by using multiple regression technique. The results show that real-time ground and satellite remote sensing data are in good agreement with R^2 values of between 0.87 and 0.96. The developed model gives acceptable and meaningful results with a correlation coefficient value of 0.95. Finally, the model was tested at a number of individual sample points and the test results indicate the validation of the developed model with a R^2 value of 0.90.

In the second step, the effects of climate change to the Salt Lake and its vicinity was investigated by using multitemporal climatic and satellite data for a 35 year period (1970-2005). For this purpose, 9 meteorological stations located in Salt Lake Basin with records collected over long-term were selected. Temperatures and precipitations were compared for 1970-1992 and 1993-2005 periods. The results show an annual increase of 0,2-1,3°C between 1993 and 2005 compared to 1970-1992. The results also show a simultaneous decrease in precipitation of 1,2-11,6mm. Taking account these, the Salt Lake and its vicinity was analyzed by using muıltitemporal Landsat and Spot image data for determining the effects of drought to the area. The results of this process show that the water surface area in the Salt Lake decreased with a ratio of 1/3 between 1987 and 2005.

In the third step, the effects of climate change to salt formation in the Salt Lake were investigated. The results show that the salt reserve has significantly decreased since 1987. The obtained results were verified during simultaneously performed field work with the overpass of Landsat-5. In this step, additionally, correlation between the change on surface area and demographic data (obtained DIE) of urban areas located around the Salt Lake was examined. It is detected that there is very high correlation (R^2=0.97) between increase in urban population and surface area.

In the four and last step, in order to detect pollutant source around the Salt Lake by integrating geographic information system and remote sensing data, graphic and non-graphic data were combined in a database and interpreted together. The results show that domestic, industrial and agricultural wastewaters have polluted the lake for years.

The satellite images used in this study were provided by Istanbul Technical University (ITU, Project Grant: 30873), The Scientific and Technological Research Council of Turkey-TUBITAK (Grant Number: 105Y283), Centre National d'Etudes Spatiales-CNES (European Commission, Grant Number: OASIS-82) and National Aeronautics and Space Administration (NASA, Educational user including NASA-sponsored-ASTER).

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bilgisayar teknolojisinin hayatımızın her alanında ve çok boyutlu olarak yer aldığı günümüzde, ülkelerin gelişmesi için gerekli olan doğal kaynakların zenginliği ile birlikte, bu kaynakların etkin bir biçimde kullanılması da gerekli ve önemli olmuştur. Gelişmiş ülkeler kaynaklarını en iyi biçimde kullanırken, gelişmekte olan ülkeler kendi öz kaynakları hakkında geniş kapsamlı ve yeni teknolojik bilgilere ihtiyaç duymaktadırlar.

Uzaktan algılama, yeryüzündeki kaynakların yönetimi, doğal ve kültürel çevrenin gözlenmesi ve haritalanması amacına yönelik olarak kullanılan bir teknik olup, 1970'li yıllarda uzaya fırlatılan uydular aracılığıyla 20. yüzyılın son çeyreğinde gelişmeye başlamıştır. "Cisimler ile fiziksel bir temasta bulunmaksızın onlar hakkında bilgi edinilmesi, onların tanınması, çevrelerinden ayırt edilmesi ve bu bilgilerin görüntü şeklinde oluşturulması bilimi" olarak tanımlanan "uzaktan algılama bilimi", ülke kaynaklarının kolay, güvenilir, çabuk ve ekonomik olarak tespit edilmesini ve yönlendirilmesini sağlamakla ülkenin kalkınmasını hızlandırmakta ve halkın refahının artmasına yardımcı olmaktadır.

Uygulamada uzaktan algılama, çoğunlukla, uydu görüntüleri ile Dünya ve çevresi hakkında bilgi edinilmesi ve yeryüzünün incelenmesi anlamında kullanılmaktadır. Uydular tarafından algılanmış uzaktan algılama verilerinin kullanımı, yeryüzünde bulunan ve diğer ölçme teknikleri ile bilgi edinilmesi mümkün olmayan çok geniş alanları kaplama kapasitesi nedeniyle son derece önemlidir. Örneğin 180x170 km^2'lik alan kaplayan bir Landsat–5 TM uydu görüntüsü, Tuz Gölü (yaklaşık 70x100km^2) üzerine yapılacak çalışmalar için çok büyük imkânlar sunmaktadır. Bunlara ilave olarak Landsat-1,2,3,4,5,7 gibi uydu serileri, 1972 yılından günümüze kadar kaydedilmiş çok zamanlı verilerin kullanımı ile zamansal değişimin belirlenmesi açısından avantaj sağlamaktadır. Uzaktan algılama ile uzaydan elde edilen görüntülerin yorumlanması sonucu bilgi üretimi artırılmış ve dinamik nitelikli olan doğal çevrenin davranışlarını da gözleyebilme imkânı sağlanmıştır. Uzaktan algılama ile jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar, hava ve deniz kirliliğinin belirlenmesi, orman haritaları, ürün zararlarının ve bitki hastalıklarının zamanında belirlenmesi, ürün rekolte tahmini, kuru ve nemli toprakların tespit edilmesi mümkün olmaktadır.

Göller ve barajlardaki su rezervleri, yerel ve küresel ölçekte yıllardır en önemli konulardan biri olmuştur. Bu su miktarlarını önemi, küresel ısınma, kuraklık ve artan dünya nüfusuna paralel olarak yükselen gereksinimler nedeniyle gelecekte daha da artacaktır. Ayrıca bir gölde biriken su miktarı, insanın gereksinimleri için su kaynağı olduğu gibi, ülkelerin gelirlerine katkı sağlayan önemli bir doğal kaynak da olabilmektedir. Tuz Gölü de bu değerli ekonomik kaynaklarımızdan biridir.

Bu çalışmada uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresi, eş-zamanlı ölçmeler ve çok zamanlı uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan kapsamlı literatür taraması ve araştırmalar (Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ile yapılan görüşmeler) sonucunda Tuz Gölü ve çevresinde görülen kuraklık ve kirlilik konularında yapılmış güncel ve bilimsel bir çalışmanın bulunmadığı tespit edilmiştir. Tuz Gölü ve yakın çevresini konu alan bu tez çalışması, bu ihtiyacı karşılamak üzere planlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Tuz Gölü ve çevresinde uzaktan algılamanın ilk kez uygulandığı bu çalışmada ele alınan konular dört ana başlık altında toplanabilir:

1. Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri kullanılarak gerçekleştirilen teknik analizler,
2. Meteorolojik veriler ve uydu görüntüleri ile zamana bağlı kuraklık analizi,
3. Uydu görüntüleri ve yer ölçmeleri/laboratuar ölçmeleri yardımı ile kuraklığın tuz oluşumuna etkisinin belirlenmesi,
4. Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ve su örneklerinin analiz sonuçları ile noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynakların etkili olduğu alanların ve kirlenmenin tespiti ve sonuçların analizi.

2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL PRENSİPLERİ

Uzaktan algılama, cisimler ile fiziksel bir temasta bulunmaksızın onlar hakkında bilgi edinilmesi, onların tanınması, çevrelerinden ayırt edilmesi ve bu bilgilerin görüntü şeklinde oluşturulması bilimidir. Çalışmanın bu bölümde, uzaktan algılamanın temel ilkeleri ve sistem bileşenleri başlıklar altında özetlenmektedir.

2.1. Elektromanyetik Spektrum ve Spektral Etkileşim

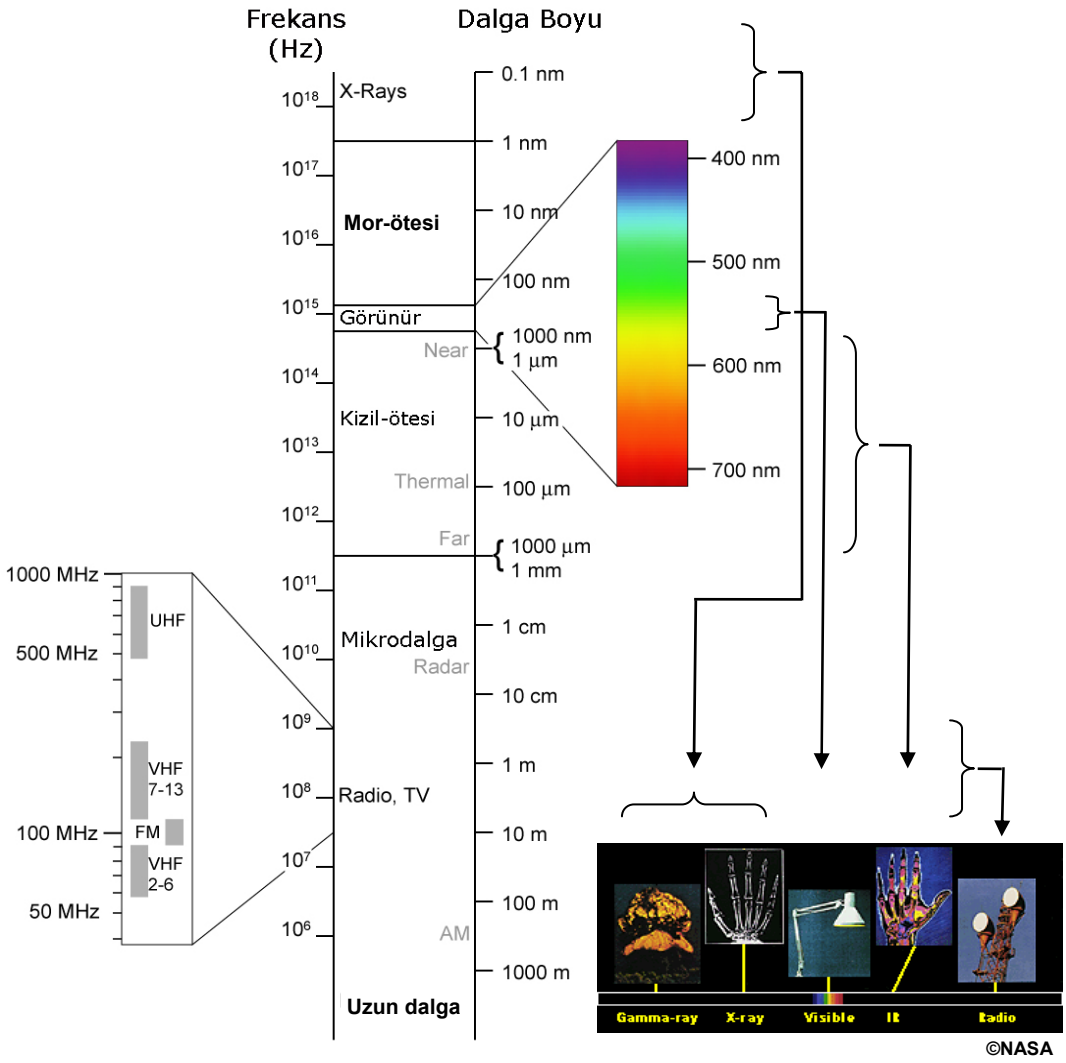
Elektromanyetik spektrum ışık hızıyla ($3x10^8$ m/sn) hareket eden, dalga uzunluğu nanometrelerden kilometrelere uzanan sürekli enerji ortamıdır. Elektromanyetik spektrum kolaylık olması bakımından çeşitli bölgelere bölünmüşse de kesin bir sınır hiçbir zaman söz konusu değildir. Ayırım esasında her tip ışınım, algılamadaki değişik yöntemlerden ortaya çıkmıştır. İnsan gözü bu spektrumda 0,4-0,7 μm arasındaki çok küçük bir kısmı görür (Şekil 2.1).

Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde algılama yapan algılayıcılar kullanılarak yeryüzü hakkında birçok farklı özellikler elde edilir. Uzaktan algılamada çoğunlukla kullanılan dalga boyları görünür (0,4–0,7 μm), kızılötesi (0,7–14 μm) ve mikrodalga (1–100 mm) ışınımlarıdır (Lillesand ve diğ., 2004). Bunlardan görünür ve kızılötesi bölgelerdeki ışınımların algılanması için çok spektrumlu optik (Aster ve Landsat gibi) algılayıcılar kullanılırken, daha uzun dalga boylarında aktif ya da pasif mikrodalga algılayıcılar yardımıyla veri elde edilir.

Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halindeki cisimle temasta şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz gibi bakımlardan birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu değişiklikler belirlenir ve kaydedilir. Bu işlem sonucu ortaya çıkan görüntü ve veriler, kayıt edilen elektromanyetik ışınımda değişikliğe neden olan cismin özelliklerinin uzaktan belirlenmesi için yorumlanır (Şekil 2.2) (Örmeci, 1987).

Elektromanyetik ışınımın kullanıldığı bir uzaktan algılama sistemi dört ana bileşenden oluşur (Curran, 1985):

a) **Kaynak:** Güneş ışığı, yeryüzünün neşrettiği ısı gibi doğal ışınımlar ile aktif uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan yapay elektromanyetik ışınımlar, uzaktan algılamada ışınım kaynağını oluştururlar.



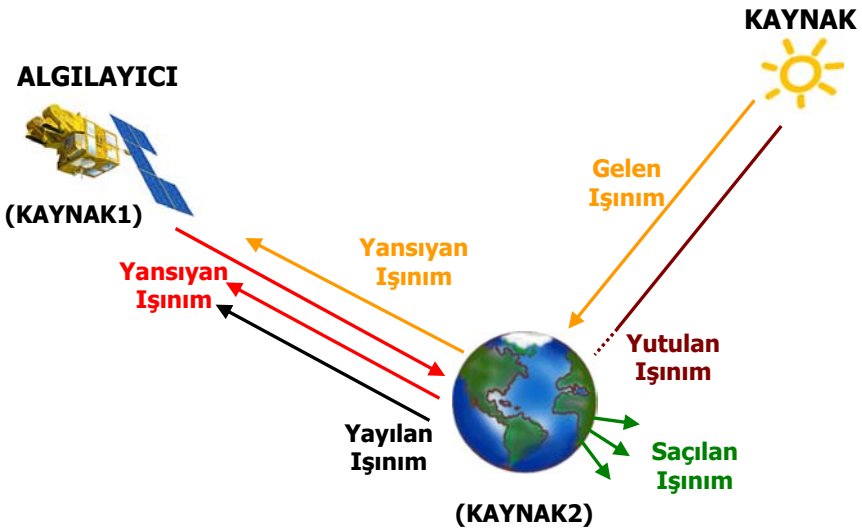
Şekil 2.1: Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar

b) **Yeryüzü ile karşılıklı etkileşim:** Yeryüzünden yansıyan veya neşredilen ışınım miktarı ve ışınımın özellikleri, yeryüzündeki objenin özelliklerine bağlıdır.

c) **Atmosfer ile karşılıklı etkileşim:** Elektromanyetik enerji atmosferden geçerken, çeşitli etkilerle saçılmaya ve bozulmaya uğrar.

d) **Algılayıcı:** Yeryüzü ile karşılıklı etkileşime uğrayan elektromanyetik ışınım, bir algılayıcı tarafından kaydedilir.

Elektromanyetik spektrumun farklı aralıklarında, farklı yeryüzü özellikleri kaydedilir. Algılayıcıların tasarımında ve yapılacak bir çalışmada kullanılacak uydu görüntüsünün seçiminde, elektromanyetik spektrumun algılama aralıkları büyük önem taşır (Musaoğlu, 1999).



Şekil 2.2: Elektromanyetik enerji, spektral etkileşim ve uzaktan algılama sistemi.

2.2. Cisimlerin Spektral Yansıtma Özellikleri

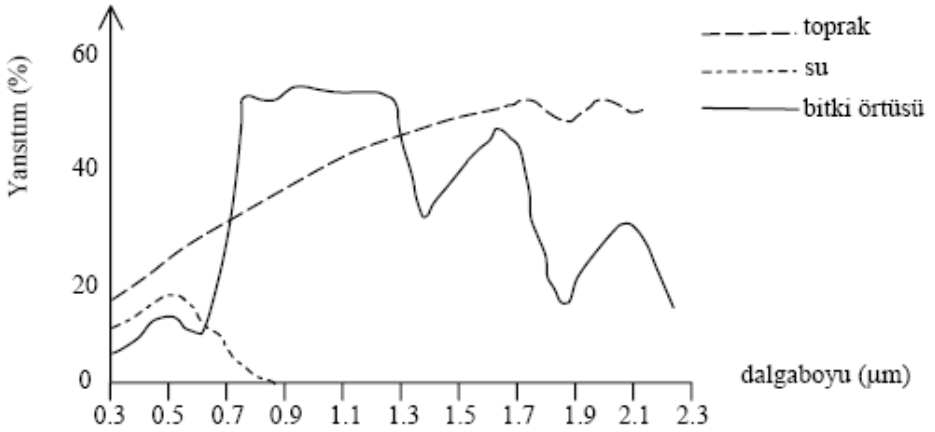
Bir cisme ulaşan ışınım yansıtılır, yutulur ve geçirilir (Şekil 2.2). Enerjinin kaybolmayacağı, ancak şekil değiştireceği göz önüne alınarak cisme gelen toplam enerji, cisim yüzeyi tarafından yansıtılan, cisim tarafından geçirilen ve yutulan enerjilerin toplamına eşittir (Paine ve Kiser, 2003).

Cisimlerin spektral özelliklerinin farklı olması, uzaktan algılamada ifade edilebilmelerinin temel nedeni olarak kendisini göstermiştir. Cisimlerin yansıtmadaki farklı davranışları spektral yansıtma eğrileri ile gösterilir (Şekil 2.3). Her spektral bant elektromanyetik spektrumun bir bölümünde duyarlıdır.

Spektral yansıtma özellikleri belirli spektral bölgelerde açık bir şekilde farklılık gösteren cisimler bu bölgelere duyarlı uzaktan algılama görüntülerinde farklı gri renk tonu ve renklerde gözükürler. Bu bakımdan cisimlere ait spektral yansıtma özelliklerinin bilinmesi, spektral bant seçiminde önemli rol oynar.

2.2.1. Bitkilerin Spektral Yansıtması

Bitkilerin spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve orta kızılötesi bölgelerindeki yansıtımında büyük farklar vardır. *Görünür* dalga boylarında yaprakların pigmentasyonu hakim etmendir. Gelen enerjinin çoğu yutulur ve geri kalanı yansıtılır. Yaprakların iç strüktürü *yakın kızıl ötesinin* yansıtım derecesini kontrol eder ki burada gelen enerjinin yaklaşık yarısı yaprak tarafından yansıtılır, yaklaşık yarısı geçirilir ve çok azı da yutulur. Bitki örtüsünün toplam nem muhtevası, gelen



Şekil 2.3: Bitki örtüsü, toprak ve suyun spektral yansıtım eğrileri (Akça ve Doğan, 2002)

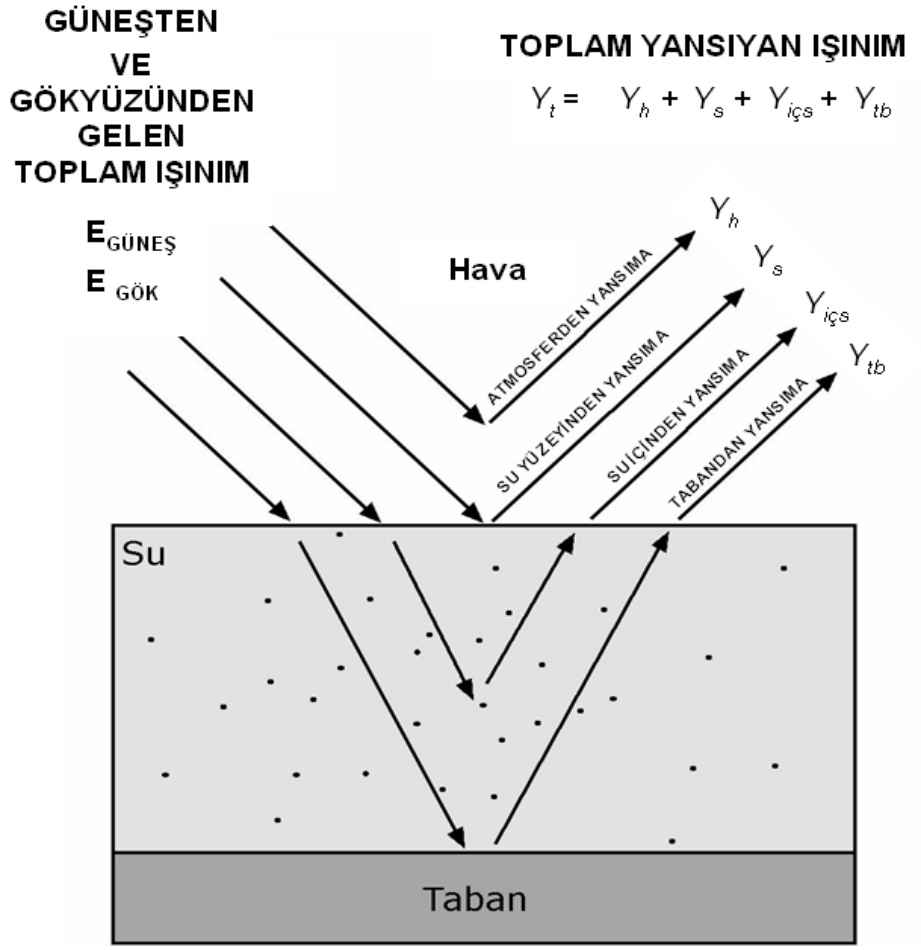
enerjinin çoğu yapraktaki su tarafından yutulacak ve geri kalanı yansıtılacak şekilde *orta kızıl ötesi* yansıtımı kontrol eder. 0,98–1,20 µm dalga uzunlukları arasında çalışan algılayıcılarla hücre yapısında değişikliğe neden olan bitki hastalıklarını belirlemek mümkündür (Örmeci, 1987).

Özet olarak, bitkilerin spektral yansıtması görünür bölgede klorofil pigmentlerinin yansıtma ve yutmasına, yakın kızılötesi bölgede hücre yapısına, orta kızılötesi bölgede ise nem içeriğine bağlıdır.

2.2.2. Zeminlerin Spektral Yansıtması

Zeminlerin spektral özelliği, yansımanın artan dalga uzunluğu ile artması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Zemine ulaşan bir ışınım ya yutulur ya da yansıtılır. Ayrıca zeminlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklı olmasından dolayı, yutma ve yansıtma özellikleri de farklıdır. Zeminlerin yansıtma özellikleri zeminin su muhtevası, zeminin organik madde muhtevası, zeminin doku ve yüzey pürüzlülüğü, zemini oluşturan minerallerin miktarı gibi faktörlere bağlıdır.

Bir zemindeki su muhtevası, yansıtma özelliğini olumsuz olarak etkiler. Elektromanyetik spektrumun görünür, yakın ve orta kızılötesi (ısıl ve yansıtıcı) bölgelerinde çok nemli toprak buharlaşmayla soğuyacağından koyu renk tonunda görünürken, kuru toprak açık tonlu görünür. Spektrumun görünür bölgesinde koyu, ısıl bölgesinde ise açık tonlu görünen bir toprak alanı yüksek oranda organik madde içeren çok kuru bir toprağı belirtir. Toprağın dokusunda, tanecik boyutunun küçük olması yansıtımı artırır. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünün azalması, yansımanın artmasına etki eden önemli bir etkendir.



Şekil 2.4: Su ile örtülü bir bölge üzerinde, bir uzaktan algılama sistemi tarafından kaydedilen elektromanyetik enerjinin bileşenleri (Jensen, 2000).

2.2.3. Suyun Spektral Yansıtması

Suyun spektral duyarlılığı gelen ışınımın dalga boyuna bağlıdır. Su ışınımı yansıtır, soğurur, kırarak geçirir veya saçar. Işınım su yüzeyinden, su içindeki askıdaki maddelerden ve su tabanından yansıyabilir. Işınımın soğurulması ve geçirilmesi, su içindeki organik ve inorganik maddelere bağlıdır. Saçılma ise mavi dalga boylarında olduğu için derin ve temiz suların rengi mavidir. Berrak bir suyun geçirim özellikleri saf suyun geçirim özelliğine benzemesine rağmen, bulanıklık derecesinin artması suyun geçirgenliğini azaltır. Bulanık su içerisinde askıda bulunan maddeler suyun spektral özelliğini etkilemektedir. Bulanık su, berrak sudan daha yüksek bir yansıtma özelliği gösterir. Su ile örtülü bir bölge üzerinde, bir uzaktan algılama sistemi tarafından kaydedilen elektromanyetik enerjinin bileşenleri Şekil 2.4'de gösterilmektedir.

Bütün su kitleleri çok sığ olsalar da yakın ve orta kızılötesi dalga boylarında gelen ışınımın hemen hemen tümünü soğurur, çok azını yansıtır. Bu durum, görüntülerde çevrelerine göre çok koyu renk tonlarında beliren su alanlarının karalardan kolaylıkla ayırt edilebilmesini mümkün kılar.

2.3. Yüzey Cisimlerinin Spektral Işıması

Yüzey cisimleri bünyelerinde depo ettikleri enerjiyi, özelliklerine bağlı olarak farklı oranlarda öz ışınım şeklinde neşrederler. Yeryüzü ve güneşin ısı enerjilerinin algılandığı bölgelere kızılötesi pencereler adı verilir ve 3,0-4,0 μm, 4,4-5,0 μm ve 8,0–14,0 μm arasında ısıl algılayıcılarla algılama yapılır. Yeryüzü ışınımının %9 u 8,0–14,0 μm arasındaki kızılötesi pencereden uzaya ulaşır. Bu sayede ışık olmaksızın atmosferden yeryüzünü gözlemek, algılamak mümkün olur. Isıl (Termal) görüntülerde sıcak yüzeyler açık, kısmen daha soğuk yüzeyler koyu renk tonunda görülür (Musaoğlu, 1999; Örmeci, 1987; Rubio ve diğ., 2003).

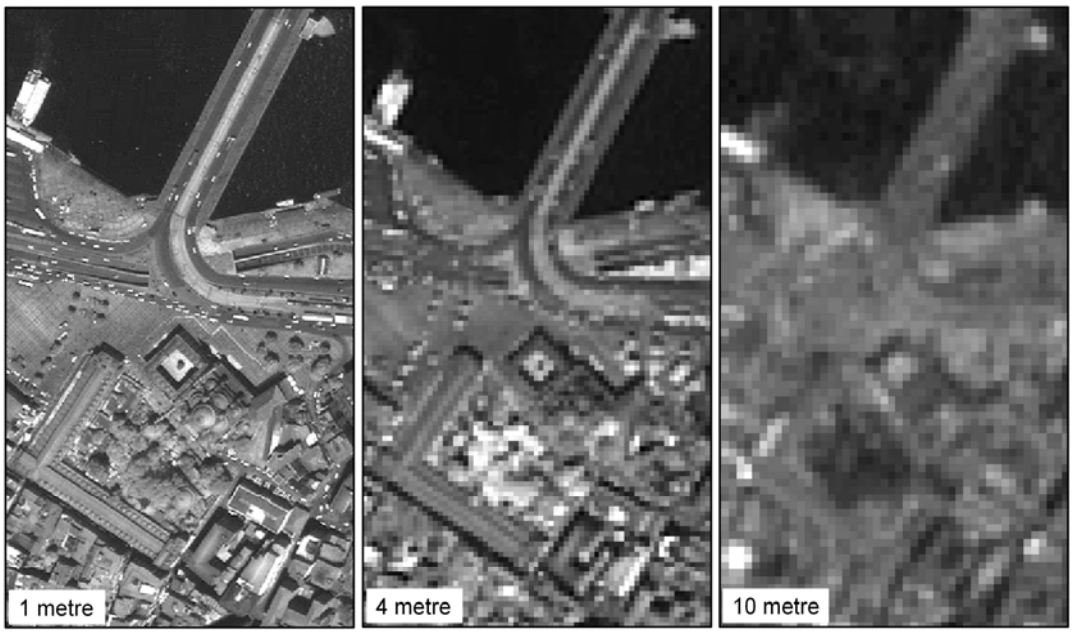
3. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ YÖNTEMLERİ

3.1. Sayısal Görüntü

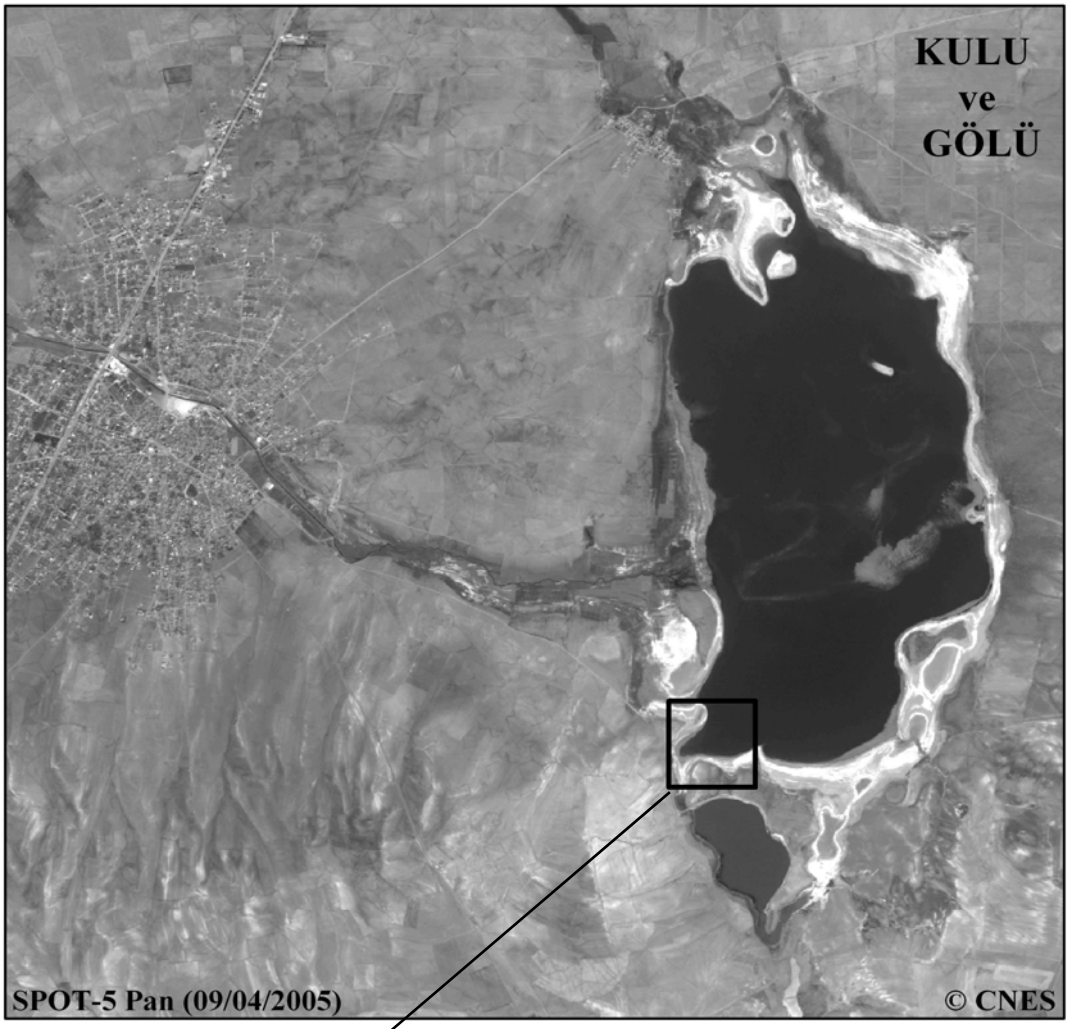
Bir sayısal görüntüyü oluşturan en küçük görüntü elemanı pikseldir. Sayısal görüntü, değişik dalga boyundaki ışınım vektörlerinin sayısal ifadesidir. Yeryüzünde küçük bir alana karşılık gelen bölgenin ortalama parlaklık değeri, bir piksele karşılık gelen sayısal değerdir. Sayısal görüntüdeki gri tonları ayırmak amacıyla yeryüzünün sürekli ışınımı sayısal hale dönüştürüldükten sonra bantlara kaydedilmektedir. Görüntüdeki detayların belirlenmesi görüntünün en küçük elemanı olan pikselin boyutuna (uzaysal çözünürlüğe) bağlıdır (Şekil 3.1).

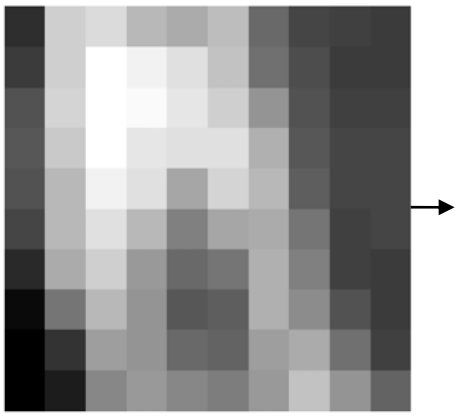
Sayısal görüntüler, bir pikselin konumunun gösterildiği satır ve sütundan oluşan grid koordinat sistemine, kanal sayısı doğrultusunun eklenmesiyle elde edilen üç boyutlu bir eksen sisteminde gösterilir (Erdas, 1991; Mather,1987). Bir sayısal görüntünün yapısı Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

İki farklı sayısal görüntü elde etme yöntemi kullanılmaktadır. İlk yöntemde, uzaktan algılama sistemi tarafından elektromanyetik spektrumun çeşitli bölgelerinde



Şekil 3.1: Farklı uzaysal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri (Eminönü, İstanbul).





79	106	108	102	100	103	89	83	82	81
81	106	114	112	109	104	90	84	81	81
85	107	114	113	110	106	96	85	82	82
86	105	114	110	109	109	101	86	83	83
85	102	112	109	99	107	102	87	83	83
83	102	109	102	93	99	100	91	82	83
78	100	106	97	89	91	101	93	82	81
73	91	102	96	86	87	101	95	85	81
70	80	98	96	89	88	98	100	90	82
67	76	94	97	94	92	97	104	96	88

Şekil 3.2: Sayısal uydu görüntüsü yapısının Konya ili Kulu ilçesi ve Kulu (Düden) Gölü'nü kapsayan Spot-5 pankromatik uydu verisi ile gösterilmesi.

algılanan ışınımın manyetik banda kaydedilmesi ile görüntüler elde edilir. Diğer yöntemde ise, fotoğraflar taranarak siyah-beyaz resimde bir (örneğin CORONA uydu verisi), renkli resimlerde üç kanalda (RGB) veri elde edilir.

3.2. Uydu Görüntülerinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi

İşlenmemiş, ham (orijinal) uydu görüntüleri uydunun bulunduğu yükseklikteki, konumdaki ve algılayıcı platformun hızındaki değişimler, atmosferik kırılma gibi etkenlerle oluşan sistematik veya sistematik olmayan geometrik distorsiyonlar içerdikleri için harita olarak kullanılmazlar (Campbell, 1987; Kaya ve diğ., 2004; Sabins, 1996; Toutin 2004). Ayrıca, değişim belirleme çalışmaları, aynı birime ölçeklendirilmiş ve uyumlu hale getirilmiş uydu görüntülerinin kullanımını gerektirmektedir (Jensen, 2000; Lillesand ve diğ., 2004). Bu nedenle, sistematik olan distorsiyonlar matematiksel modeller kullanılarak düzeltilirken, sistematik olmayan distorsiyonlar hem görüntü koordinatları hem de yer koordinatları bilinen (haritadan ölçülmüş veya GPS ile belirlenmiş veya enlem/boylam değerleri belirlenmiş) noktalardan elde edilen iki farklı koordinat sistemindeki verilerin (En Küçük Kareler yöntemi uygulanarak) dönüşümleri yardımıyla giderilir. Bu hataların giderilmesinde görüntüden haritaya dönüşüm yapılabileceği gibi, görüntüden görüntüye de dönüşüm yapılabilir (Musaoğlu, 1999). Ayrıca, yeterli kontrol noktasının bulunmadığı durumlarda birden çok uydu görüntüsü, hava fotoğraflarının düzeltilmesinde uygulanan yöntem kullanılarak blok şeklinde düzeltilebilir (Toutin, 2003).

Görüntü ve yer koordinat sistemleri, polinom denklemleri kullanılarak ilişkilendirilebilir. Polinomların derecesi görüntünün özelliklerine ve harita projeksiyon tipine bağlıdır. Küçük alanlı görüntüler için 1. derece polinomlar kullanılabilir. Bir tam Landsat TM görüntüsü için 2. derece veya daha yüksek mertebeden polinomlar kullanılmalıdır (Mather,1987). İki koordinat sistemini ilişkilendirmek için oluşturulan dönüşüm modelinde kullanılan t. dereceden bir polinom (genel olarak) şöyle ifade edilir:

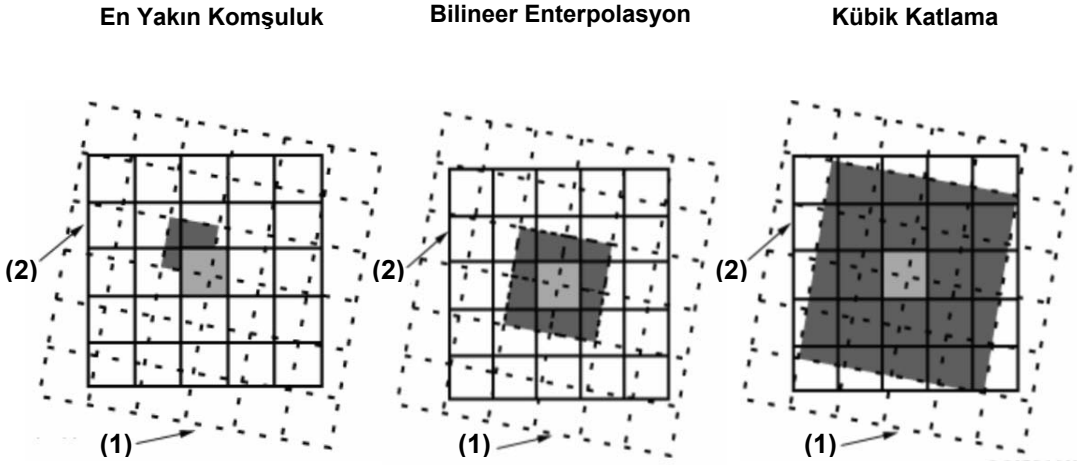
$$X= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + \ldots\ldots\ldots + a_ny^t \qquad \textbf{(3.1)}$$

$$Y= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + \ldots\ldots\ldots + b_ny^t \qquad \textbf{(3.2)}$$

Dönüşüm öncesi ve sonrası koordinat değerleri arasındaki fark olan karesel ortalama hata (KOH) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır;

$$KOH= \sqrt{(X - x)^2+(Y - y)^2} \qquad \textbf{(3.3)}$$

Dönüşüm işleminden sonra geometrik düzeltmesi yapılmış görüntü için piksel değerlerinin yeniden hesaplanması, yani yeniden örnekleme işlemi ise, görüntünün seçilen referans koordinat sisteminin x ve y eksenlerine karşılık gelen yeni bir



(1): orijinal (ham) görüntü **(2):** geometrik olarak düzeltilmiş görüntü

Şekil 3.3: Yeniden örnekleme işleminde orjinal görüntü ile çıktı görüntüsü arasındaki dönüşüm.

kareler ağı içerisine yeniden örneklenmesidir. En Yakın Komşuluk, Bilineer Enterpolasyon ve Kübik Katlama Yöntemi olmak üzere üç farklı yeniden örnekleme yöntemi vardır.

Geometrik olarak düzeltilmiş görüntünün piksel parlaklık değerleri, En Yakın Komşuluk Yönteminde orijinal görüntüdeki en yakın pikselin atanmasıyla; Bilineer Enterpolasyon Yönteminde en yakın dört pikselin ağırlıklı ortalamasının atanmasıyla; Kübik Katlama Yönteminde en yakın on altı pikselin ağırlıklı ortalamasının atanmasıyla elde edilir. “Kübik Katlama Yöntemi”, diğer yöntemlere göre hesaplama zamanının uzun olması ve karmaşıklığı gibi olumsuz yanları olmakla birlikte en yüksek doğruluğun elde edildiği yöntemdir. Özellikle farklı algılayıcılar tarafından algılanan uydu görüntülerinin birleştirilmesi (image merging) işleminde, iyi sonuç vermesi nedeniyle bu yöntem kullanılmaktadır (Üstün ve diğ., 2003).

3.3. Uydu Görüntülerinin Radyometrik Olarak Düzeltilmesi

Radyometrik düzeltmenin amacı uydu görüntülerinin algılanması sırasında ortaya çıkan atmosferik etkileri azaltmak ve uydu görüntüsüne ait piksel parlaklık değerlerini (digital numbers) yersel spektral yansıtma değerleri ile spektral olarak karşılaştırılabilir birime dönüştürmektir (Lu ve diğ., 2002; Yang ve Lo, 2000). Bu işlem iki aşamada gerçekleştirilir (Chavez, 1996; Chander ve Markham, 2003):

1-) Piksel Parlaklık Değeri-Spektral Parlaklık Değeri dönüşümü (Digital Numbers-Spectral Radiance).

2-) Spektral Parlaklık Değeri-Spektral Yansıtma Değeri dönüşümü (Spectral Radiance- Ground Surface Reflectance).

İlk aşamada, piksel parlaklık değerlerinin spektral parlaklık değerlerine dönüştürülmesi işlemi aşağıdaki eşitlikler ile gerçekleştirilir. $Gain_\lambda$ ($W/(m^2.sr.\mu m)/DN$ biriminde) ve $Bias_\lambda$ ($W/(m^2.sr.\mu m)$ biriminde) uydu verisinin bilgi dosyasında (header file) verilen, spektral banda ait yeniden ölçeklendirme katsayıları; λ spektral band numarası; L_λ algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri olmak üzere;

Landsat-5 için:

$$L_\lambda = Gain_\lambda * DN_\lambda + Bias_\lambda \quad \textbf{(3.4)}$$

Spot-4 için:

$$L_\lambda = DN_\lambda / Gain_\lambda \quad \textbf{(3.5)}$$

eşitlikleri ile spektral parlaklık değerlerini hesaplama işlemi, bir görüntüyü ortak bir radyometrik ölçeğe dönüştürmek için ilk ve en önemli aşamadır.

İkinci aşamada ise uydu verileri, yer ölçmeleri ile karşılaştırılabilir hale dönüştürülür (Örmeci ve Ekercin, 2006). Bu amaçla, ilk aşamada elde edilen spektral parlaklık değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla spektral yansıtım değerlerine dönüştürülür.

$$R=(\pi * L_\lambda * d^2) / (ESUN_\lambda * Cos\theta_s) \quad \textbf{(3.6)}$$

burada;

- R birimsiz spektral yansıtma değeri (yer yüzeyindeki)
- π sabit pi sayısı (3,141592654)
- L_λ algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri
- d astronomik birimde, dünya ile ay arasındaki mesafe
- $ESUN_\lambda$ algılayıcılar için belirlenen ve uyduyu işleten kurum tarafından verilen sabit
- θ_s derece biriminde Güneş zenit açısı (90°- Güneş yükseklik açısı)'dır.

3.4. Görüntü Zenginleştirme

Görüntü zenginleştirmenin amacı bir görüntüdeki özellikler arasındaki ayırt edilebilirliği artırarak görüntünün görsel yorumlanabilirliğini artırmaktır. Görüntü zenginleştirme işlemleri üç ana başlık altında toplanabilir (Lillesand ve diğ., 2004).

1-) Kontrast Artırımı: Yoğunluk dilimleme, kontrast yayma

2-) Uzaysal Özelliklerin İşlenmesi: Uzaysal filtreleme, kenar zenginleştirmesi, Fourier analizi

3-) Çok Kanallı Uydu Verilerinin Zenginleştirilmesi: Çok spektrumlu bant oranlama ve fark alma, ana bileşenler dönüşümü, IHS (Intensity-Hue-Saturation) dönüşümü.

Bu çalışmada kullanılan görüntü zenginleştirme teknikleri aşağıda açıklanmaktadır.

3.4.1. Kontrast Artırılması

Kontrast artırmanın amacı, bir görüntü üzerindeki gri renk tonlarını daha belirgin hale getirmek ve görüntünün görsel yorumlanabilirliğini artırmaktır. Tek ve çok kanallı görüntülere uygulanabilen bu yöntem, görüntü yorumlamayı içeren birçok bilim dalında yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen ve Tyler, 2002; Galvao ve diğ., 2000; Motrena ve Rebordao, 1998; Sabins, 1996; Tripathi ve diğ., 2002; Yang ve diğ., 2000; Warren, 1998). Bu çalışmada orijinal uydu görüntülerine lineer kontrast artırımı uygulanarak, verilerin görsel yorumlanabilirliği artırılmıştır.

3.4.2. Filtreleme

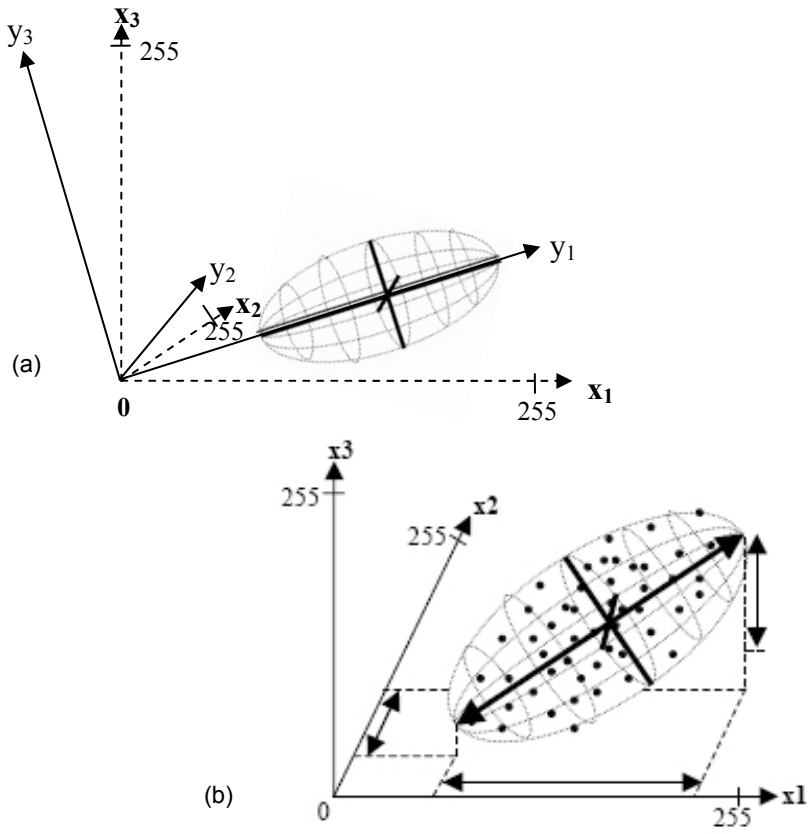
Filtreleme işleminin amacı görüntü üzerindeki gürültü ve parazitleri gidermek ve cisimlerin ayırt edilebilirliğini artırmaktır. Görüntü işleme tekniklerinde görüntülerin zenginleştirilmesi amacıyla, alçak geçirgen ve yüksek geçirgen olmak üzere iki tür filtre kullanılmaktadır. Alçak geçirgen filtre ile görüntü kalitesini bozan gürültü ve parazitler giderilirken, yüksek geçirgen filtre kullanımı ile parazitsiz görüntülerde algılayıcı sistemin çözebilirlik sınırında veya altında kalan küçük cisimlerin ayırt edilebilmesini sağlamaktır. Bir çalışmada kullanılacak filtrenin tipi ilgili problemin çözümü için gerekli olan işlemlere bağlıdır. Yüksek geçirgen filtre yüksek frekansları geçirir ve kenarları ve ayrıntıları vurgular. Alçak geçirgen filtre, yüksek frekansları bastırır ve bir görüntüyü yumuşatma (image smoothing) işleminde yararlıdır. Gürültüyü azaltarak ya da tamamen gidererek görüntüyü genelleştirir (Finkl ve diğ., 2004). Çalışmanın amacına göre, geometrik çözünürlük kaybının önemli olmadığı işlerde büyük filtre boyutları, çözünürlüğün arttırılmasının amaçlandığı çalışmalarda ise küçük filtre boyutları kullanılmaktadır (Musaoğlu, 1999).

Bu çalışmada, uydu görüntülerinin zenginleştirilmesi ve kara-su sınırlarının belirlenmesi amacıyla alçak geçirgen filtre ve kenar belirleme amaçlı filtreleme işlemleri uygulanmıştır. Yapılan uygulama sonuçları, öncelikle 3x3 boyutlu alçak geçirgen filtre daha sonra kenar belirleme amaçlı filtreleme işlemleri uygulanmasının (özellikle tarihi görüntüler için; MSS, 1975 gibi) en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

3.4.3. Çok Kanallı Uydu Verilerinin Zenginleştirilmesi

3.4.3.1. Ana Bileşenler Dönüşümü

Ana bileşenler dönüşümü, çok değişkenli (çok boyutlu) veriler arasında bulunan korelasyonu gidermek amacıyla verileri yeni bir koordinat sistemine dönüştüren bir veri dönüşümü yöntemidir. Bir tür veri sıkıştırma işlemi olan ana bileşenler dönüşümü uzaktan algılamada, çok kanallı veri gruplarında benzer kanalları bastırmak ve daha çok bilgi veren yeni bir veri grubu oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Ana bileşenler dönüşümü sonucunda elde edilen yeni veri grubundaki ilk üç kanal (en fazla bilgiyi içermesi nedeniyle) kullanılır (Kaya, 1999).



Şekil 3.4: (a) Ana bileşenler dönüşümü. (b) Birinci ana bileşen ekseninin, x1,x2 ve x3 eksenlerine göre veriyi temsil etme aralığı (Akça ve Doğan, 2002).

Ana bileşenler dönüşümü, fotogrametri ve uzaktan algılama çalışmalarında; sınıflandırma öncesinde korelasyonsuz veri sağlama yoluyla görüntü zenginleştirmede, değişim belirleme çalışmalarında, üçten fazla bantla algılanmış görüntülerin ekranda gösterilmesinde (RGB), yapay sinir ağlarında özellik çıkarımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Akça ve Doğan, 2002; Almeida-Filho ve Shimabukuro, 2002; Chang ve Du, 1999; Faust, 1989; Novak ve Soulakellis, 2000; Örmeci ve Ekercin, 2005a; Örmeci ve Ekercin, 2005b; Yuan ve diğ., 1998).

Bu çalışmada, sınıflandırma işlemi öncesinde uydu görüntülerinin zenginleştirilmesi amacıyla ana bileşenler dönüşümü uygulanmıştır (Bkz. EK A-J).

3.4.3.2. Oran Görüntüleri

Çok spektrumlu görüntülerin birden çok kanalı üzerinde yapılan işlemlerle görüntülerin zenginleştirilmesi amacıyla oran görüntüleri oluşturulur. Bant oranlama, yeni bir görüntü oluşturmak amacıyla bir banttaki piksel parlaklık değerlerinin ikinci bir banttaki karşılığı olan piksel parlaklık değerlerine oranlanması işlemidir. Bu oranlar, seçilen iki ya da daha fazla bandın her birindeki spektral özelliklere bağlı olarak, görüntüde bulunan özellikleri baskın hale getirir ya da zenginleştirir. Bu işlem ile elde edilen görüntülere oran görüntüsü denir ve spektral bantlar arasındaki aritmetik işlemler ile elde edildikleri için bu görüntülerin uygulama alanlarını sınırlamak mümkün değildir. Yapılan çalışmanın amacına yönelik olarak farklı oranlama teknikleri ile oluşturulan oran görüntüleri kullanılabilir.

Oran görüntülerinin avantajları, değişik yeryüzü kabuk tiplerinin spektral yansıtma eğrilerinin durumunun ortaya çıkarılabilmesi, topoğrafik düzensizlikten kaynaklanan ve değişik aydınlanmaya neden olan gölge faktörünün etkisinin azaltılabilmesi, bitkilerin sağlık durumlarının belirlenebilmesidir. Dezavantajları ise farklı yansıtma özelliğine fakat benzer spektral yansıtma eğrisi eğimine sahip farklı cisimlerin benzer cisim olarak görünmeleri ve ayırt edilememeleridir.

Uzaktan algılama çalışmalarında zamana bağlı fark ve oran görüntüleri (Temporal Ratio-Differencing Image), bitki indeksi ve normalleştirilmiş bitki indeksi teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Armenakis ve diğ., 2003; Fassnacht ve diğ., 1997; Hall-Beyer, 2003; Lillesand ve diğ., 2004; Lotsch ve diğ., 2003; Pease ve diğ., 1999; Ricotta ve diğ., 1999; Thenkabail ve diğ., 2000). Uygulamada, bazılarının uygulama alanı sınırlı olmakla birlikte, kullanılan 10'dan fazla bitki indeksi tekniği vardır (Meza Diaz ve Blackburn, 2003).

3.5. Sınıflandırma

Sayısal görüntü sınıflandırma, bir görüntüdeki tüm piksellerin sınırlı sayıdaki sınıflar içerisinde gruplandırılması işlemidir. Spektral sınıflandırma, desen tanıma (pattern recognition), doku analizi (textural analysis), değişim belirleme (change detection) işlemleri sınıflandırmanın farklı türleridir. Bu işlemler üç temel konu üzerine odaklanmaktadır:

(1) Bir görüntüdeki farklı özelliklerin belirlenmesi,
(2) Ayırt edilebilir şekillerin ve uzaysal desenlerin ayrımı,
(3) Bir görüntüdeki zamana bağlı değişimlerin tanımlanması.

Sınıflandırma işleminde, edilmek istenen bilgiye göre yapılmış spektral sınıflar, bir görüntüdeki tanımlanmış özelliklerle ilişkilendirilebilir (kontrollü sınıflandırma) ya da statiksel olarak belirlenebilir (kontrolsüz sınıflandırma) (Lillesand ve diğ., 2004).

Sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi aşamasında, kullanılacak dalga boyunun, yeterli doğruluk ve sayıda kontrol alanlarının, sınıflandırma algoritmasının belirlenmesi ve doğruluk analizlerinin yapılması, yapılacak çalışmanın doğruluğu açısından son derece önemlidir.

Uzaktan algılama çalışmalarında, En Çok Benzerlik, Euklid Uzaklığı ve Mahalanobis Uzaklığı gibi sınıflandırma algoritmalarının yanında Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Fuzzy C-Means, Neuro-Fuzzy gibi farklı sınıflandırma teknikleri de kullanılmaktadır (Laba ve diğ., 2002; Metternicht, 1999; Okeke ve Karnieli, 2006; Zhang ve Kirby, 1997; Zhang ve Foody, 2001). Aşağıda, bu çalışmada kullanılan kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma teknikleri açıklanmaktadır.

3.5.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Görüntü dijital değerlerinde var olan doğal gruplaşmalara veya kümelere dayalı olarak bu elemanları sınıflandıran algoritmalar kullanılır. Doğal gruplaşmaların sınıflandırılması söz konusu oluğu için kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar, işlemden önce tanımlanmamış spektral sınıflardır. Oluşturulan sınıflar sınıflandırma işleminden sonra, hava fotoğrafları, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, topoğrafik ve jeolojik haritalar gibi ek bilgilerle tanımlanır.

Kontrolsüz sınıflandırmada küme merkezleri geçici olarak hesaplanarak, piksellerin dâhil olacağı sınıflar belirlenir ve bu işlem, küme merkezlerinin konumlarında değişim olmayana kadar devam eder. Sınıflandırma işleminde spektral uzunluğun belirlenmesinde, Euklid ve Mahalanobis gibi uzaklıklar kullanılır (Erdas Field Guide,1991). Sıralı kümeleme (Sequential Clustering), statiksel kümeleme

(Statistical Clustering), tekrarlı ardışık kümeleme (ISODATA Clustering- Iterative Self Organising Data Analysis Techniques) ve RGB kümeleme (RGB Clustering) gibi farklı kontrolsüz sınıflandırma türleri vardır. Bunlardan ISODATA algoritması uygulamada, iyi sonuç vermesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Armenakis ve diğ., 2003; Ekercin ve diğ., 2003; Musaoğlu ve diğ., 2005; O'Hara ve diğ., 2003; Xiao ve diğ., 2002).

Bu çalışmada, Tuz Gölü çevresinde bulunan kentsel gelişimin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda, öncelikle ISODATA sınıflandırma yöntemi uygulanmış, elde edilen kümelerden alınan örnek alanlar yardımıyla kontrollü (Maksimum Likelihood) sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinden göl kıyı çizgisinin (vektör verilerin) çıkarılması aşamasında, sadece ISODATA sınıflandırma algoritması kullanılmış, elde edilen kümeler su-kara olarak iki sınıf altında birleştirilmiş (recode), raster-vektör dönüşümü ile vektör veriler elde edilmiştir.

3.5.2. Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada yeryüzünü temsil eden örnek bölgeler (test alanları) esas alınarak, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı, özellik dosyaları oluşturulur. Test alanlarının örneklendiği özellik dosyası, görüntü verileri üzerine tatbik edilerek her bir görüntü verisi en çok benzer olduğu sınıfa atanır.

Kontrol aşamasında temsil edici nitelikteki kontrol bölgeleri ve her bir arazi örtü tipine ait spektral özellikler belirlenir. Bu aşamada, mevcut referans verileri ile bu verilerin uygulanacağı coğrafi bölgeye ait bilgilerden yararlanılır. Bütün veriler sınıflandırıldıktan sonra sonuçlar çıktı aşamasında farklı sunulur. Çıktı ürünleri genellikle tematik haritalar, çeşitli arazi örtü sınıfları için tüm görüntüye veya belirlenmiş alt görüntüye ait olan istatiksel tablolar veya coğrafi bilgi sistemlerine dâhil edilecek nitelikteki veri dosyaları olarak oluşturulabilir. Günümüzde kabul gören yöntem bir pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığına dayanan En Çok Benzerlik (Maximum Likelihood) yöntemidir. Bu olasılığın tüm sınıflar için eşit olduğu ve sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın Gauss normal dağılımı olduğu kabul edilir. Bu kabulün ışığı altında normal dağılımın ortalama vektörü ve kovaryans matrisi ile tanımlanır. Belirli sınıfa ait olan görüntü elemanları için istatiksel olasılık hesaplanır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları sınıfı belirlenmemiş aday pikselin belirlenmesinde kullanılır (Kaya, 1999).

Bölüm 3.5.1'de belirtildiği gibi bu çalışmada, Tuz Gölü çevresinde bulunan kentsel gelişimin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, öncelikle ISODATA

sınıflandırma yöntemi uygulanmış, elde edilen kümelerden alınan örnek alanlar yardımıyla kontrollü (Maksimum Likelihood) sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.5.3. Sınıflandırma Sonuçlarının Kontrolü

Sınıflandırılmış uydu görüntülerinin doğruluklarının belirlenmesi amacıyla iki farklı yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır:

⇒ Chi-Kare (X^2) testi ile hatalı sınıflandırılan piksellerin belirlenmesi (Huang, 2002; Musaoğlu, 1999; Tripathi ve Rao, 2002),

⇒ Hata matrisi (Tablo 3.1) ve Kappa katsayısı (3.7) ile doğruluk analizi (Aplin ve Atkinson, 2004; Carleer ve Wolff, 2004; Foody, 2002; Musaoğlu ve diğ., 2005; Peddlea, 2004; Zhang, 1999).

Aşağıda, hata matrisi (Tablo 3.1) ve Kappa katsayısı hesabına ait (Denklem 3.7) örnekler verilmektedir. Hata matrisinin oluşturulması ile referans veriler (sütunlar) kullanılarak sınıflandırılmış piksellerin (satırlar) atanma doğrulukları elde edilmektedir. İstatiksel analiz amacıyla kullanılan Kappa katsayısı, hata matrisinin satır-sütun toplamları ve köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak elde edilir, 0 ile 1 arasındadır (Richards ve Jia, 1999).

Tablo 3.1: Hata matrisi (Jensen, 2000)

Sınıflandırma	Referans Veri					Satır Toplamı	**Kullanıcı Doğruluğu**		Atlama Hatası
	Yerleşim	Endüstri	Çamur	Orman	Su				
Yerleşim	70	5	0	13	0	88	70/88	0,80	0,20
Endüstri	3	55	0	0	0	58	55/58	0,95	0,05
Çamur	0	0	99	0	0	99	99/99	1,00	0,00
Orman	0	0	4	37	0	41	37/41	0,90	0,10
Su	0	0	0	0	121	121	121/121	1,00	0,00
Sütun Toplamı	73	60	103	50	121	407			
						Toplam Doğruluk: 382/407: 0,94			
İşlem Doğruluğu	70/73	55/60	99/103	37/50	121/121				
	0,96	0,92	0,96	0,74	1,00				
Atlama Hatası	0,04	0,08	0,04	0,26	0,00				

$$\text{Kappa} = (N \Sigma x_{ii} - \Sigma (x_{i+} * x_{+i})) / ((N^2 - \Sigma (x_{i+} * x_{+i})) \quad \textbf{(3.7)}$$

$$= (407 (70 + 55 + \ldots + 121) - (88*73 + 58*60 + \ldots + 121*121)) / (407^2 - (88*73 + 58*60 + \ldots + 121*121))$$

Kappa = 0,921

3.6. Veri Türleri ve Entegrasyonları

3.6.1. Grafik ve Grafik Olmayan Veriler ve Entegrasyonları

Grafik veriler, yeryüzü özelliklerini grafik olarak ifade eden, şekil tanımlayan verilerdir. Uydular tarafından elde edilen görüntüler veya sayısallaştırma ile elde edilen kıyı çizgisine ait vektör veriler, grafik verilere birer örnektirler. Grafik olmayan veriler ise öznitelik bilgilerini içeren sözel verilerdir. Demografik ve meteorolojik veriler, bu tip verilere örnek gösterilebilir.

Bu çalışmada grafik ve grafik olmayan sonuç veriler, bir veritabanı içerisinde birleştirilerek birlikte analiz edilmiştir. Bu amaca yönelik olarak kullanılan CBS ve uzaktan algılama entegrasyonu, Bölüm 3.7'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

3.6.2. Farklı Yapıya Sahip Olan Grafik Veriler ve Entegrasyonları

Farklı yapıya sahip olan grafik veriler, vektör ve raster verilerdir. Vektör veri herhangi bir fiziksel özelliği, nokta, çizgi veya poligon şeklinde belirli bir koordinat sisteminde tanımlarken, raster veri yeryüzü özelliklerini yine belirli bir koordinat sisteminde ancak piksel olarak ifade eder.

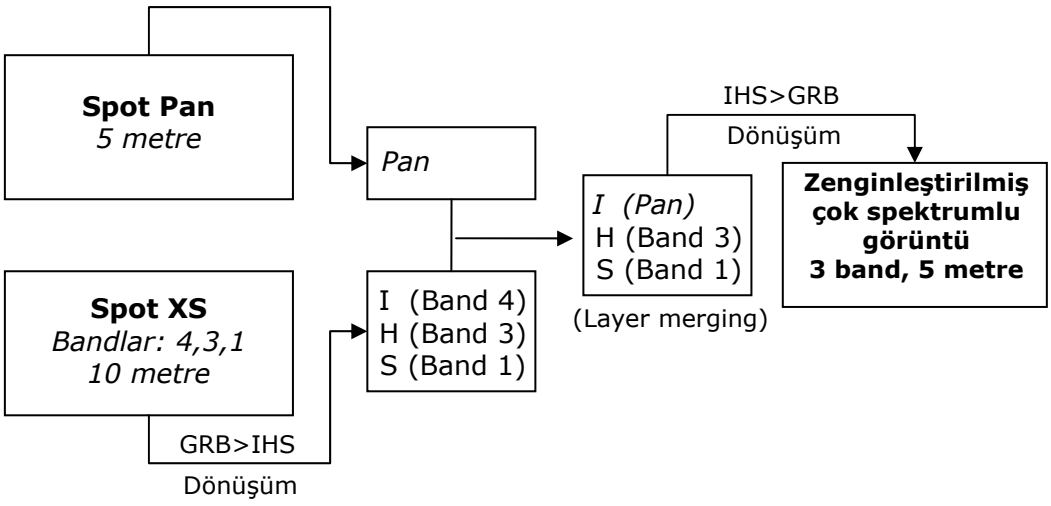
Vektör ve raster verilerin birleştirilmesiyle, amaca yönelik olarak çalışma alanı hakkında birçok bilgi çıkarılabilir. Ayrıca raster veriler kendi aralarında çeşitli algoritmalarla yeniden oluşturularak (Bkz. Bölüm 3.6.3) veya grafik verilerle bir arada da değerlendirilebilir (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Veri gruplarının birbirlerine entegre edilmelerinde en önemli parametre, tüm verilerin aynı koordinat sisteminde tanımlanmış olmasıdır (Musaoğlu, 1999).

3.6.3. Aynı Yapıya Sahip Olan Grafik Veriler ve Entegrasyonları*

3.6.3.1. Birden Fazla Algılayıcı Tarafından Algılanan Veriler

Birden fazla algılayıcı tarafından algılanan görüntü verilerinin birleştirilmesiyle çalışmanın amacına yönelik olarak birçok bilgi elde edilebilir. Literatürde "*Multisensor Image Merging*" olarak adlandırılan bu yaklaşımda, IHS (Intensity-Hue-Saturation) dönüşümü, Wavelength dönüşümü, Brovey dönüşümü, Ana Bileşenler Dönüşümü (PCA-Pricipal Component Analysis) gibi farklı teknikler kullanılmaktadır. Yöntemin amacı, yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip olan pankromatik görüntüler ile düşük çözünürlüğe sahip çok spektrumlu görüntü verileri kullanarak, yüksek çözünürlüklü ve çok spektrumlu görüntü verisi elde etmektir (Şekil 3.5). Ayrıca mikrodalga (radar) ve optik (çok spektrumlu) algılayıcılar tarafından algılanan verilerin birlikte kullanımı, bilgi çıkarımı açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

* Aynı yapıya sahip olan grafik veriler konusunda sadece uydu görüntüleri ele alınmıştır.



Şekil 3.5: IHS dönüşümü işleminin akış şeması.

Bu tür birleşimler, çok spektrumlu tarayıcıya ait verinin optik dalga boyundaki spektral çözünürlüğünü ve radar verisinin radyometrik özelliklerini kullanarak avantaj sağlar (Lillesand ve diğ., 2004).

Uzaktan algılama konusunda yapılan uygulama ve araştırma çalışmalarında karşılaşılabilecek algılayıcı birleşimlerinden bazıları,

- IRS Pan/LISS, IKONOS Pan/MS ya da Spot Pan/XS (Şekil 3.6) gibi aynı uyduya ait farklı algılayıcılar tarafından algılanan verilerin ve
- Spot-Pan/Landsat TM, ERS-2 SAR/Landsat TM ya da Hava Fotoğrafı/IKONOS (MS) gibi farklı uydulara ait farklı algılayıcılar tarafından algılanan verilerin

kullanımıdır (Balzter ve diğ., 2003; Benediktsson ve Sveinsson, 2003; Michelson ve diğ., 2000; Rembold ve Maselli, 2004; Vani ve diğ., 2001; Zhang ve diğ., 2003). Uygulamada birleştirilecek algılayıcının türü, yapılacak çalışmanın amacına yönelik olarak belirlenir.

3.6.3.2. Farklı Zamanlarda Algılanan Veriler

Farklı zamanlarda algılanan veriler, uzaktan algılama çalışmalarında farklı amaçlarla ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, aynı bölgeye ait farklı zamanlarda algılanmış görüntülerin, görsel yorumlama amacıyla basitçe birleştirilmesi tekniğidir. Bu şekilde oluşturulan birleştirilmiş görüntüde oluşan renk farklılıkları, zamansal değişimin belirlenmesi açısından önemli bilgiler içerir (Lillesand ve diğ., 2004; Musaoğlu, 1999). Yapılan çalışmalarda, bu tekniğin uygulanmasında kullanılan





Şekil 3.6: Farklı algılayıcılar tarafından algılanan görüntülerin kaynaştırılması; Spot-4 (20m), Spot-5 (pan-5m) (09/04/2005) (©**CNES**) ve Aster DEM (10m-düşey, 30m-yatay).
(a) Pan/XS3/XS1 (b) Aster DEM ile 3-boyutlu görünüm (Abartma faktörü=4).

verilerin (radar-optik veri gibi) farklı algılayıcılara ait olması, çalışma sonuçlarını olumlu yönde etkilemektedir (Musaoğlu, 1999).

Diğer yandan farklı zamanlarda algılanan verilerin en çok kullanıldığı uygulama, değişim analizi "change detection" prosedürüdür. Literatürde "*Seasonal Change Detection*" ve "*Multitemporal Change Detection*" olarak adlandırılan iki tür değişim belirleme yöntemi karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntemler yardımıyla, aynı yıla ait farklı mevsimlerde algılanan görüntüler ile mevsimsel değişimin belirlenmesi (*Seasonal Change Detection*) ve farklı yıllarda algılanan görüntüler ile zamansal değişimin belirlenmesi (*Multitemporal Change Detection*) işlemleri gerçekleştirilmektedir (Chakraborty ve Panigrahy, 2000; DeFries ve Eshleman, 2004; Gupta ve diğ., 2002; Lawrence ve Ripple, 1999; Lunetta ve diğ., 2004; Mayer ve diğ., 2003; Song ve diğ., 2002).

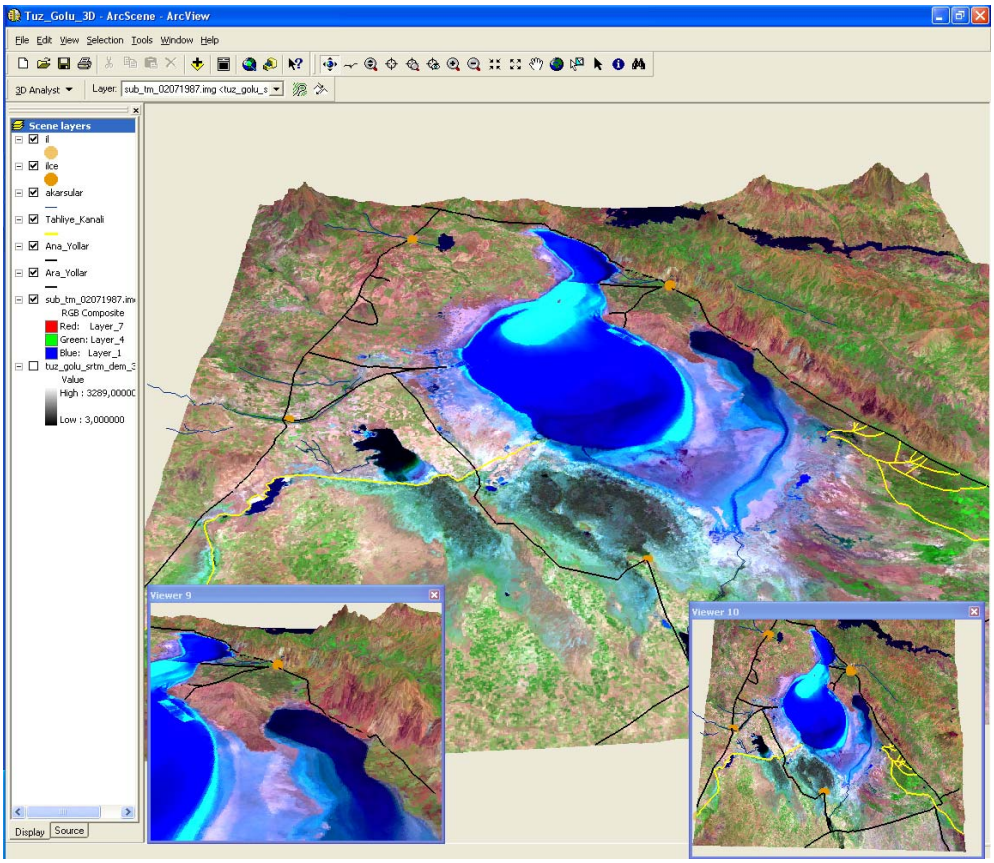
Yukarıda söz edilen iki farklı değişim belirleme yöntemlerinde uygulanan tekniklerden bazıları aşağıda özetlenmektedir:

- Sınıflandırılmış görüntülerin karşılaştırılması (*postclassification comparison*),
- Çok zamanlı verilerin birleştirilerek birlikte sınıflandırılması (*classification of multitemporal datasets*),
- Ana bileşenler dönüşümü (*principal component analysis*),
- Çok zamanlı fark görüntülerinin oluşturulması (*temporal image differencing*),
- Çok zamanlı oran görüntülerinin oluşturulması (*temporal image ratioing*),
- Değişim vektör analizi (*change vector analysis*).

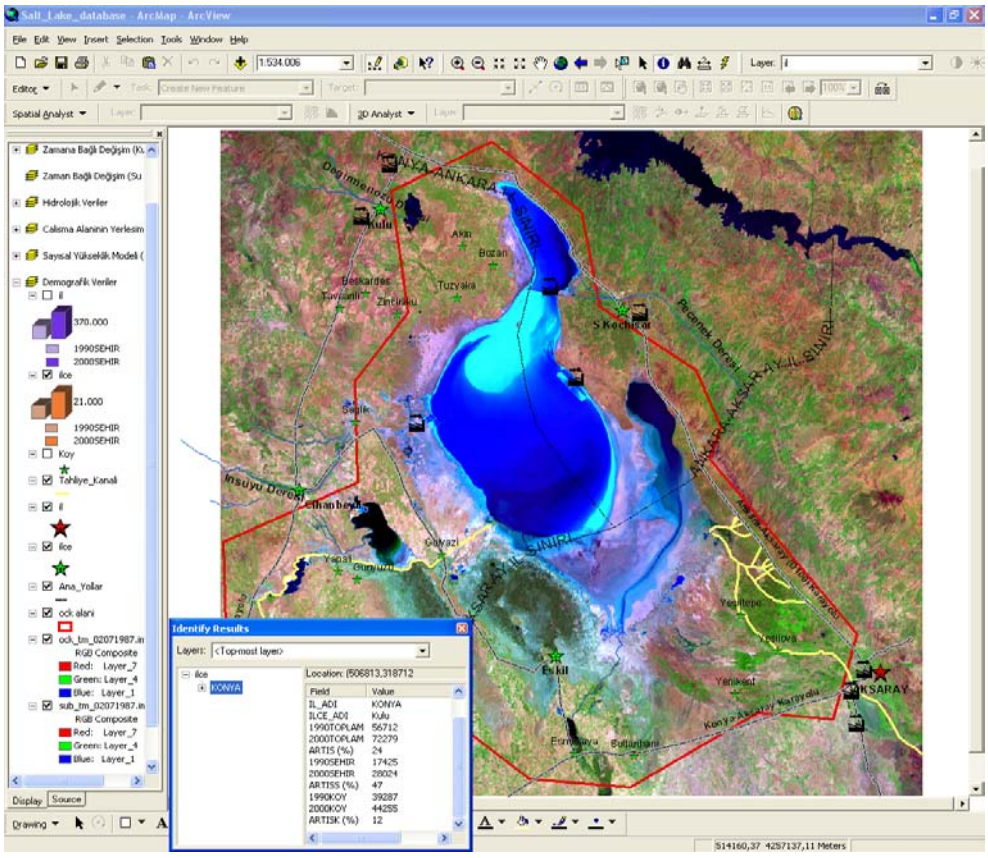
3.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Entegrasyonu

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yeryüzündeki fiziki ve beşeri olayları konu olarak, çok geniş anlamda karmaşık bir bilgi yoğunluğu ile uğraşmaktadır. Bütün bu bilgilere sahip olup, onlardan daha fazla yararlanmak ve coğrafi olaylar arasındaki ilişkileri anlayıp yorumlamak için mutlak suretle organize edilmiş düzeneğe diğer bir deyişle bilgi sistemine ihtiyaç duyulur. Gelişen bilgi teknolojisi ile bir anlamda bu ihtiyaç giderilmiş, "coğrafya", "bilgi" ve "sistem" kelimelerinden oluşan ve coğrafyayı konu alan CBS kavramı ortaya çıkmıştır (Yomralıoğlu, 2000).

Çok çeşitli tanımları olmasına rağmen CBS'yi, coğrafyayı meydana getiren fiziki ve beşeri olaylara ait bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya



Şekil 3.7: Sayısal yükseklik modeli (Aster-DEM) kullanılarak oluşturulan 3-boyutlu Landsat-5, TM görüntüsü üzerinde vektör verilerin gösterimi.



Şekil 3.8: Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama entegrasyonu.

sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemi olarak tanımlamak mümkündür (Yıldırım ve diğ., 2004; Üstün ve Ekercin, 2004).

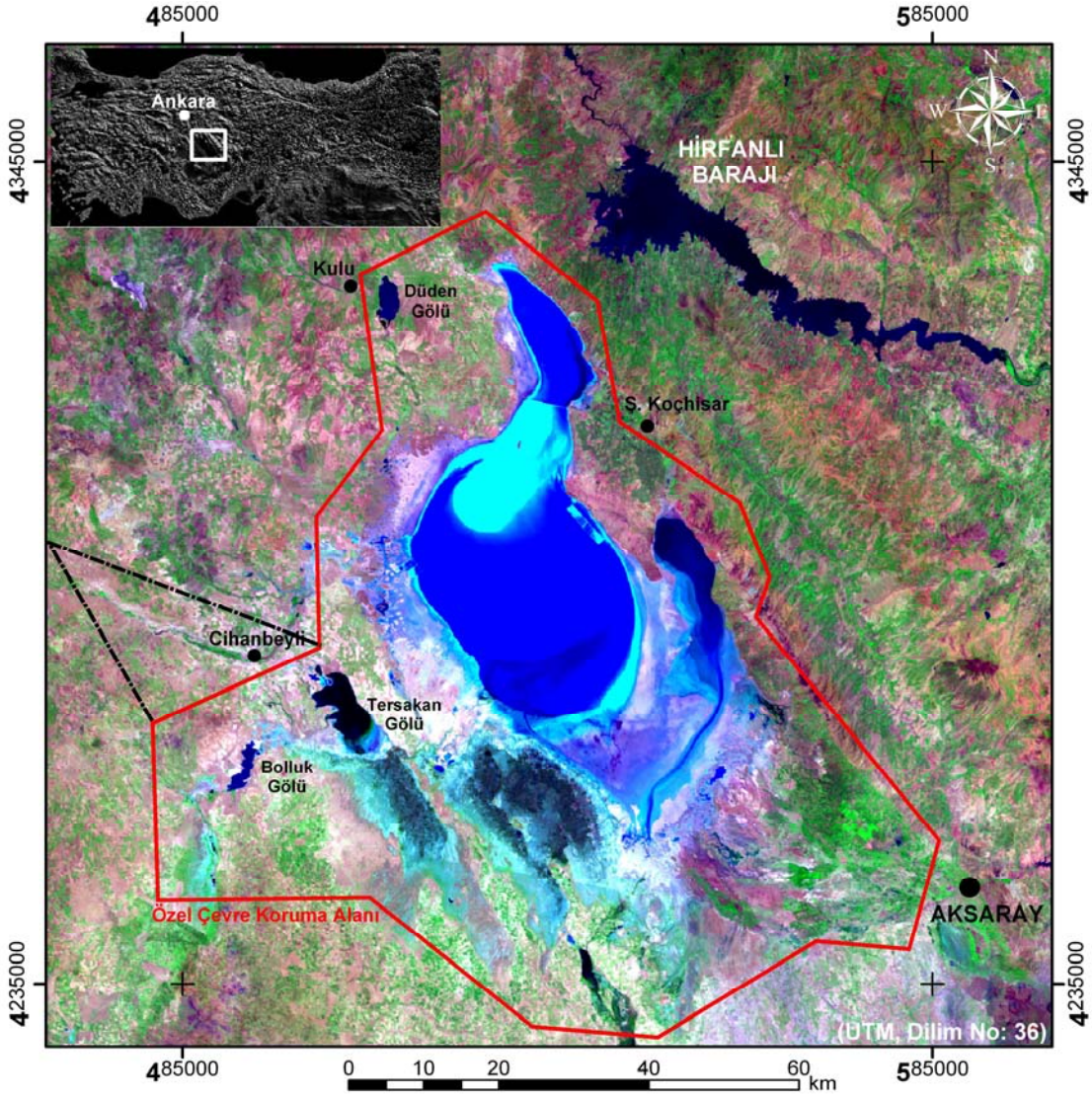
CBS beş ana bileşenden meydana gelmektedir. Bunlar; donanım, yazılım, veri, insan ve metottur. CBS'nin çalışmasını mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Yazılım coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere yüksek düzeyli programlama dilleri ile gerçekleştirilen algoritmalardır. Coğrafi varlıkların sahip oldukları özellikler ile coğrafi olayların karakterleri veri olarak adlandırılır. CBS'nin en son bileşeni olan metot ise, kurum içi veya kurumlar arasında coğrafi verilerin toplanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulmasındaki standart yöntemlerdir. Kısacası verinin bilgiye dönüştürülmesinde kullanılan yöntemlerin bütünüdür (Bausmith and Leinhardt, 1998).

Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama entegrasyonu (Şekil 3.8) ise uzaktan algılamanın üstün tekniğiyle elde edilen (özellikle Tuz gölü gibi girilemeyen ya da riskli bölgelere ait) verilerin, diğer (grafik veya grafik olmayan) verilerle birlikte ya da ayrı olarak, aynı veritabanı içerisinde değerlendirilmesi imkanını sunmaktadır (Goodchild, 2001;Jaiswal ve diğ., 2002).

4. BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANILAN VERİLER

4.1. Çalışma Alanı

İç Anadolu Bölgesinde yer alan Tuz Gölü, Türkiye'nin ikinci büyük gölüdür. Göl içinde suyun tuz konsantrasyonu çok yüksek (%32,4) olduğu için suda yaşayan bitkilere rastlanmaz. Tuz Gölü'nü besleyen sular doğuda Şereflikoçhisar'dan geçen Peçenek Suyu, güneyde Eskil'den göle giren Bağlıca ve Kırkdelik suları ile Eşmekaya kaynakları, güneybatıda Tersakan ayağı ile batıda Cihanbeyli'den gelen



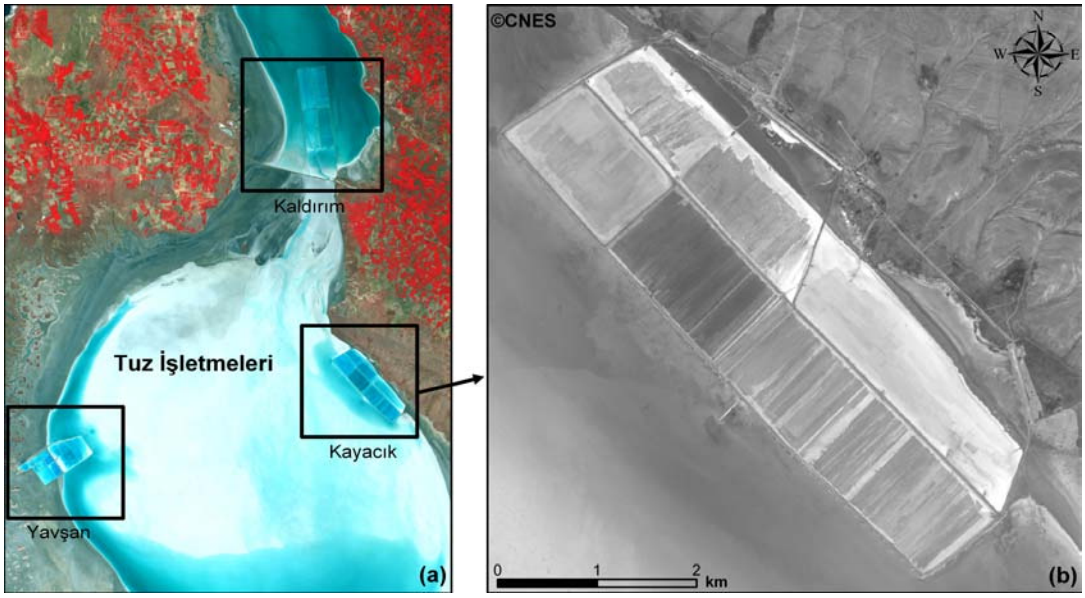
Şekil 4.1: Çalışma alanının yerleşimi.

İnsuyu'dur. Tuz Gölü ile yakın ilişkide olan göller Tuz Gölü ile bir ekosistem bütünlüğü arz etmektedir. Yakın çevresindeki göller Tersakan Gölü, Bolluk Gölü ve Kulu Gölleridir. Tuz gölü kışın kapladığı geniş su alanı ile su kuşları için önemli bir kışlama bölgesidir. Uluslararası kriterlere göre A sınıfına giren bir sulak alandır. Tuz Gölü Havzası 14.09.2000 tarih ve 2000/1381 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Bakanlar Kurulu Kararıyla Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak tespit ve ilan edilmiştir. Gölün ornitolojik önemi yurdumuzda en büyük flamingo kolonisinin kuluçka alanı oluşudur. Buğday, arpa, şeker pancarı türü ürünler yörenin tarım varlığını oluşturmaktadır (www.ockkb.gov.tr).

Uygulama alanı, Konya ilinin kuzeydoğusunda, 33° 03' ve 33° 45' doğu boylamları ile 38°20' ve 39°10' kuzey enlemleri arasında (7414 km^2) bulunmakta olup Türkiye'nin en büyük ikinci gölü olan Tuz Gölü ve özel çevre koruma alanını kapsamaktadır (Şekil 4.1).

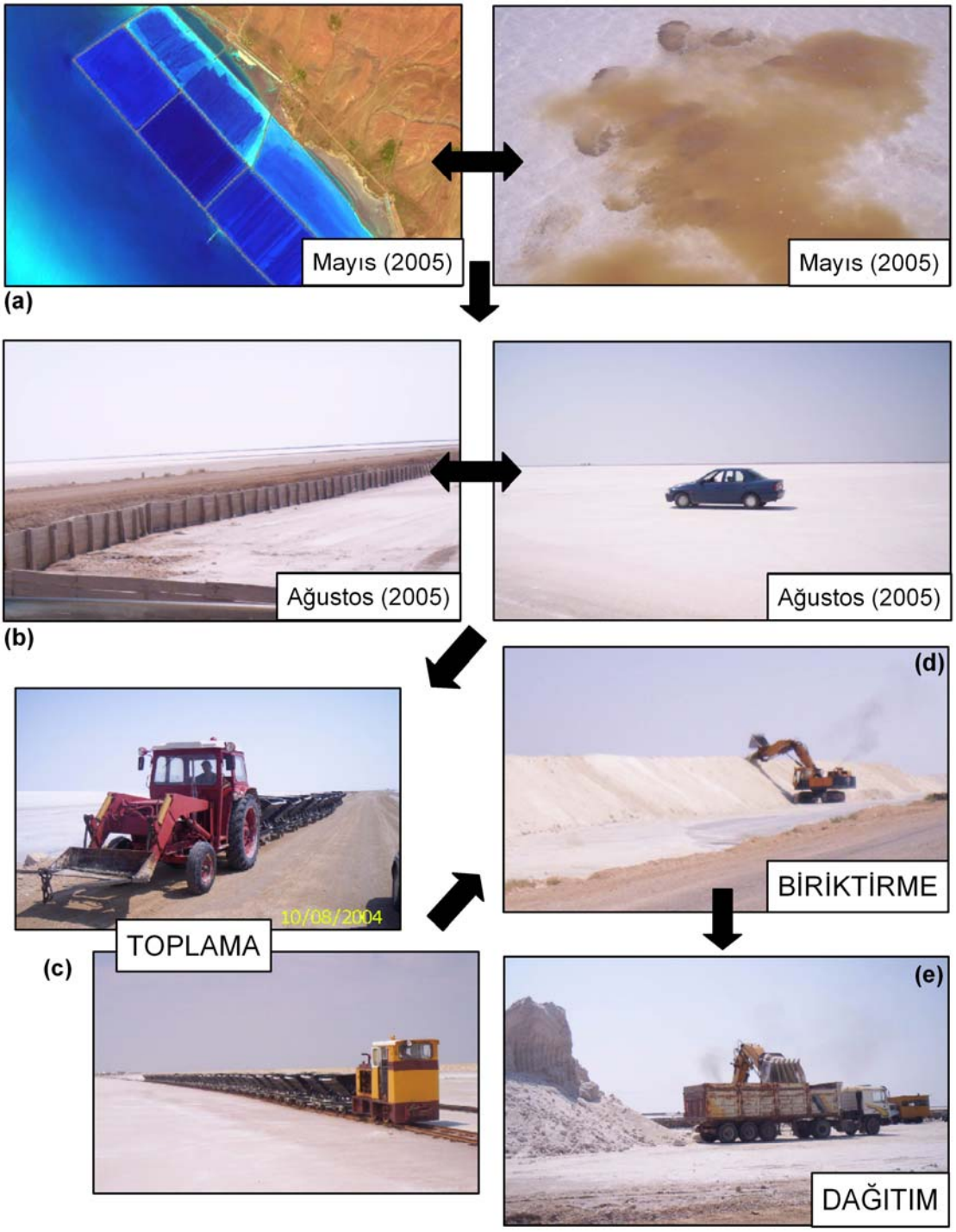
4.2. Tuz İşletmeleri

Tuz Gölü'ndeki su derinliği, göle güneyden ulaşan Konya ana tahliye kanalının deşarj olduğu bölge dışında, 1-50 cm arasında değişmektedir ve göl tabanı 1-30 cm arasında ince tuz tabakası ile kaplıdır. Tuz Gölü'nde bulunan T.C. TEKEL Genel Müdürlüğü tarafından kurulan (ve 2005 yılında tamamı özelleştirilen) 3 adet tuz işletmesinden (Şekil 4.2) yılda yaklaşık 750.000-1.000.000 ton arasında tuz elde



Şekil 4.2: Tuz Gölü'nde bulunan özel tuz işletmelerinin uzaydan görünümü.
(a) SPOT-4, 09.04.2005 (XS3/XS2/XS1, 20m). (b) SPOT-5, 09.04.2005 (Pan, 5m).

edilmektedir ki bu miktar Türkiye'nin tuz ihtiyacının büyük bir bölümüne karşılık gelmektedir. Bu konuda %30, 55, 64 gibi farklı oranlar çeşitli kaynaklarda zikredilmektedir (Örmeci ve Ekercin, 2005b). Tuzun oluşumu ve işlenmesi aşamaları Şekil 4.3'de özetlenmektedir.



Şekil 4.3: Tuz oluşumu ve işletmeler (a) Tabanı ince tuz tabakası ile kaplı gölde 1-50cm arasında su mevcuttur (Mayıs ayı-batak zemin) (b) Buharlaşma sonucunda, Temmuz ayı (Tuz Bayramı) başında başlayan tuz oluşumu (Ağustos ayı-sert zemin) (c) Oluşan tuzun toplanması ve farklı taşıtlarla, istiflenmek üzere nakli (d) Toplanan tuzun yığılması (e) Dağıtım.

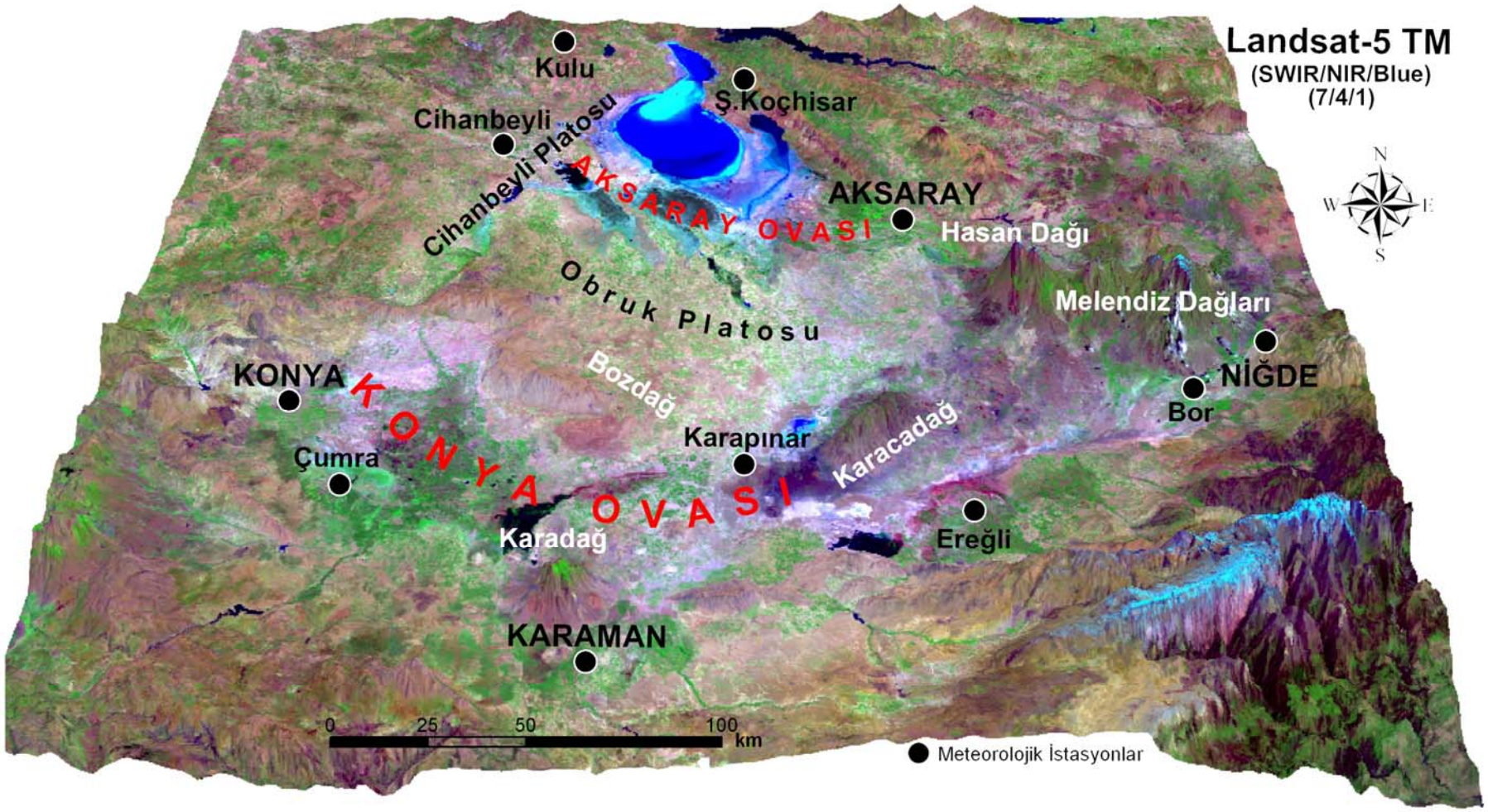
4.3. Bitki Örtüsü ve İklim Koşulları

Bölgenin çevresi yüksek dağlarla çevrili olduğundan, denizlerin nemli ılıman havası bölgeye sokulamaz. Bu nedenle Tuz Gölü ve Havzasında, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı karasal iklim hâkimdir. Bölgede, doğuya doğru gidildikçe yüksekliğin artmasına bağlı olarak karasallık derecesi artar ve kış sıcaklıkları çok düşük değerlere ulaşır. İç Anadolu, ülkemizin en az yağış alan bölgesidir. Ortalama yağış 400 mm civarındadır. Bölge, en fazla yağışı ilkbahar aylarında sağanak halinde alır. En kurak mevsim yazdır. Yazların kurak olması ve yaz kuraklığının erken başlaması sebze türü bitkiler üzerinde olumsuz etki yapar. Bölgenin ve ülkemizin en az yağış alan bölgesi Tuz Gölü çevresidir (320 mm).

Yağışların azlığı bölgenin deniz etkisine kapalı olmasından kaynaklanmaktadır. Denizden gelen nemli hava kütlesi, nemini, dağların denize bakan yamaçlarında yağış halinde bırakır. İç Anadolu Bölgesi'ne doğru eserken artık kurudur. Bölgede görülen yağışlar konvansiyonel ve cephesel kökenlidir. Kırkikindi adı da verilen konvansiyonel yağışlar İlkbaharda yaygındır. Bölgenin tabii bitki örtüsü bozkırdır. Bozkır, ilkbahar yağmurlarıyla yeşeren, bir kaç ay yeşil kalan, yaz sıcaklığı ile sararan ot topluluğudur.

4.4. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler

Tuz Gölü Havzası; kuzeyden Galatya volkanitleri, kuzeydoğudan Çankırı - Çorum Havzası, doğudan “Kırşehir Kristalin Kütlesi”; güney ve güneybatıdan “Bolkar Dağları Kütlesi”, kuzeybatıdan ise Sakarya kıtasına ait birimlerle sınırlanır. Tuz Gölü Havzası'nın kuzey ve kuzeydoğusunda temel kayaç birimlerini; Temirözü, Mollaresul formasyonları ve Ankara Karmaşığı ile “Kırşehir Kristalin Kütlesi”’ne ait birimler; batı ve güneybatıda ise düşük dereceli metamorfitler oluşturmaktadır. Üst Kretaseden günümüze kadar geçen zaman aralığında havzanın derin kısımlarında fliş karakterli birimler çökelirken, kenar kısımlarında ise karasal ve sığ denizel birimlerin çökeldiği ve birbirleriyle yanal ve düşey yönde ilişkide bulundukları gözlenmiştir. Sığ denizel ve karasal ortamlarda yüksek enerji ürünü olan konglomera ve kumtaşları çökelmiş olup sakin dönemlerde şeyl, kireçtaşı, jips ve anhidritler oluşmuştur. Üst Kretaseden Miyosen’e kadar olan zaman aralığında havzanın farklı yerlerinde farklı jeolojik çökelme koşullarının etkisi ile oluşan tortullara göre oluşan havza üç ayrı stratigrafik kesite ayrılarak incelenmiştir (Sonel ve diğ., 1996). Bunlar; (1) Polatlı-Haymana Bölgesi, (2) Bala - Kırıkkale Bölgesi ve (3) Şereflikoçhisar - Aksaray Bölgesi. Polatlı-Haymana bölgesinde yaşlıdan gence doğru Haymana, Kartal, Çaldağ, Kırkkavak,



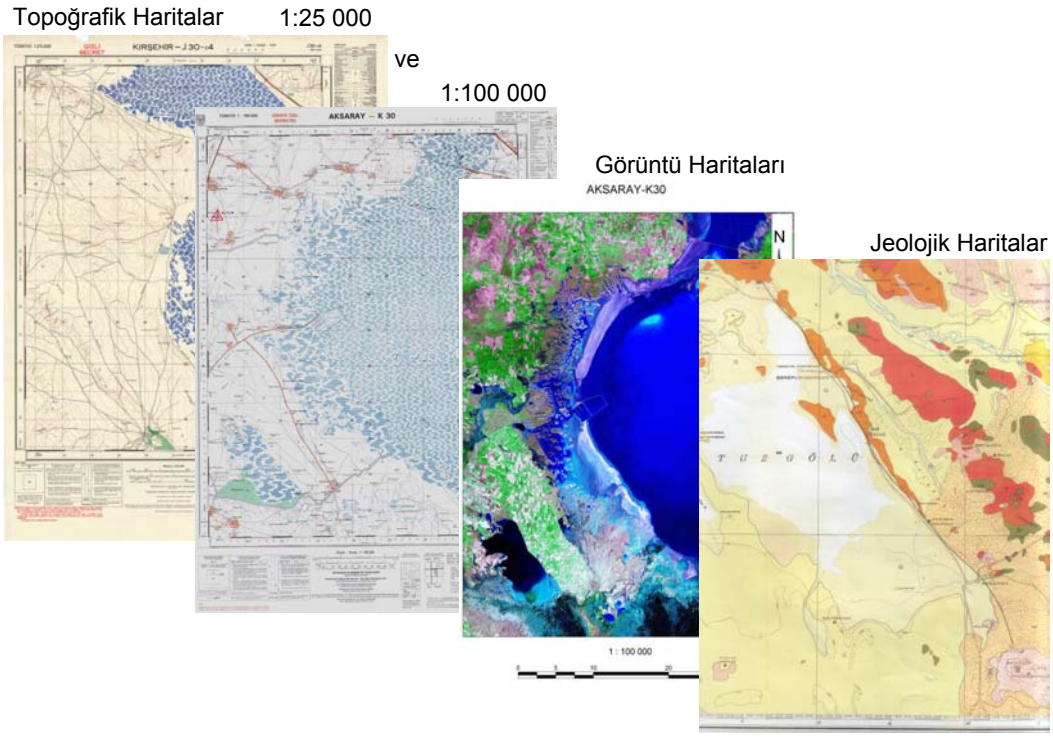
Şekil 4.4: Tuz Gölü ve Havzası.

Çayraz ve Cihanbeyli Formasyonları; Bala-Kırıkkale ve Şereflikoçhisar-Aksaray bölgelerinde ise; Kartal, Haymana, Çaldağ, Karapınar yaylası, Mezgit ve Cihanbeyli formasyonları çökelmiştir. Miyo-Pliyosen döneminde ise Tuz Gölü Havzası'nın tamamı Cihanbeyli Formasyonu ile örtülmüştür (Görür ve diğ., 1985; Sonel ve diğ., 2003).

Bazı kaynaklarda ise bölgenin özellikleri şu şekilde verilmiştir: Tuz gölü havzası, çaprazvari yapısal bir çukurluğu içinde yer alan KB-GD yönlü bir havzadır. Kuzeyinde Ankara kütlesi, doğusunda Kırşehir kütlesi, güneyinde Toros dağları ve batısında Sivrihisar-Bozdağ masifi ile çevrelenmiştir. Petrolün jeolojik temeli, genellikle ofiyolitlerden, bunların aşındığı yerlerde Mesozoyik kireçtaşlarından veya Paleozoyik metamorfiklerinden oluşmuştur. Tuz Gölü Havzası Üst Senoniyen-Oligosen süresince gelişmiştir. Tam bir tortullaşmayı temsil eden 10 000 metreden fazla kalınlıktaki tortul materyaller havzanın en derin yerinde birikmiştir. Subsidans Üst Senoniyen-Alt Orta Eosen süresince meydana gelmiş ve bunu Üst-Orta Eosende başlayan ve Oligosen sonlarına kadar devam eden regresyon takip etmiştir. Üst Senoniyen-Alt Orta Eosen süresince Tuz Gölü Havzası Haymana mıntıkasıyla kuzeybatıya doğru tek ve devamlı bir çukurluk oluşturmuştur. Orta Eosen Nummulitik kireçtaşlarının oluşumundan sonra Tuz Gölü Havzası, yükselen Haymana havzasından Karacadağ kütlesinin doğu kenarı boyunca uzanan bir fay hattı ile ayrılmıştır. Kuzey-kuzeydoğuya doğru Çankırı havzasıyla bağlantısı Paleosen devrinde meydana gelmiş ve Tuz gölü havzasının KB-GD yönlü fay hatlarıyla sınırlanmış bir çöküntü halini aldığı Orta Eosen-Oligosen boyunca devam etmiştir. Oligosen sonlarında veya Miyosen döneminde meydana gelen esas şekil değişikliğinden sonra, Neojen esnasında yer yer depolanma havzaları oluşmuş ve bu havzalarda değişik kalınlıkta volkaniklerle göl kireçtaşları dâhil karasal tortul materyaller birikmiştir. Tuz gölü havzası Pliyosendeki son Alpin kompresyonel hareketlerden hafif etkilenmiştir. Neojende meydana gelen ve Pleistosene kadar devam eden gerilimlere bağlı tektonik hareketler tarihî devirlere kadar uzanan volkanik faaliyetlere de sebep olmuşlardır (Arıkan, 1975; Erol, 1978; Güldalı ve Şaroğlu, 1983; Uğurtaş, 1975).

4.5. Kullanılan Haritalar

Çalışmanın, uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesi, sınıflandırma işleminde örnek alanların seçimi ve sonuçların kontrol edilmesi; bölgenin jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin incelenmesi aşamalarında Şekil 4.5'de örnekleri verilen haritalardan yararlanılmıştır. Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen toplam 38



Şekil 4.5: Çalışmanın farklı aşamalarında kullanılan haritalar.

adet 1:25 000 ölçekli, 8 adet 1:100 000 ölçekli topoğrafik harita, çalışmada altlık harita olarak kullanılmıştır.

4.6. Uzaktan Algılama Verileri

Uzaktan algılama verileri ile Tuz Gölü ve çevresinde, su kirliliği ve kuraklık analizini konu alan bu çalışmada, yersel spektroradyometre (spektral yansıtma) ölçmeleri ile TERRA Aster, Spot, Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır (Tablo 4.1). Takip eden bölümlerde bu kaynaklar ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

4.6.1. Spektroradyometre Ölçmeleri

Bu çalışmada, spektral ölçme işlemleri ASD FieldSpec®Pro marka taşınabilir olan ve bir dizüstü bilgisayara fiber kablo ile bağlı olan hedefleme tabancasını içeren arazi spektroradyometresi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8 (a)). Spektral çözünürlüğü 350-1000nm aralığında 3nm, 1000-2500 nm aralığında 10nm olan bu aletin spektral algılama aralığı toplamda 350-2500 nm'dir. Bu uygulamada çalışma aralığı, elektromanyetik spektrumun Spot ve Landsat TM (termal bant hariç) bantlarına karşılık gelen belirli bir bölümü ile sınırlandırılmıştır (450-2350 nm). Ölçme işlemleri esnasında algılayıcı (tabanca) 1,6 m yükseklikten, ölçme yapılacak noktaya ayakucu doğrultusunda hedeflenmiş, her 5 noktada bir kez referans panel ölçmesi yapılarak

işlem doğruluğu kontrol edilmiştir. Yapılan ölçme işlemleri hakkında daha ayrıntılı bilgi takip eden bölümlerde verilmektedir (Bkz. Bölüm 4.9.2).

4.6.2. TERRA Aster Uydu Sistemi

Aster uydu görüntüleri, Amerikan-Japon işbirliği ile 18 Aralık 1999 tarihinde uzaya başarıyla fırlatılan ve üzerinde 5 ayrı modül (ASTER, MODIS, CERES, MOPITT, MISR) bulunduran TERRA Uydusunun Aster modülü tarafından algılanmaktadır. Steroskopik görüş (Tarama Doğrultusu Boyunca-Along Track) imkânı vardır.

Algılayıcı 14 adet spektral banda sahiptir. 15 m uzaysal çözünürlüklü 3 bant görünür-yakın kızıl ötesi (VNIR, 0.52-0.86 μm) bölgede, 30 m uzaysal çözünürlüklü 6 bant orta kızıl ötesi (SWIR, 1.60-2.43 μm) bölgede ve 90m uzaysal çözünürlüklü 5 bant termal kızıl ötesi (TIR, 8.125-11.65 μm) bölgede algılama yapmaktadır (Abrams, 2000; Crosta ve diğ., 2003). Su kalitesi çalışmaları gibi kısa dalga boyu kullanımının zorunlu olduğu uygulamalar için gerekli olan, mavi (0.40-0.50 μm) bölgede algılama yapan spektral bandının bulunmaması sistemin dezavantajıdır. Aster uydu verisi kullanımının en önemli avantajı ise uzaysal ve spektral çözünürlüğü oldukça yüksek olan görüntü ve sayısal yükseklik modelinin (SYM) çok ekonomik şekilde elde edilebilmesidir (Yamaguchi ve Naito, 2003; Zhu ve Blumberg, 2002).

Bu çalışmada kullanılan TERRA Aster uydu görüntüleri, “NASA Destekli Eğitimsel Kullanım Programı (Educational User Including NASA-Sponsored) kapsamında Amerikan Ulusal Hava ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından sağlanmıştır.

4.6.3. Landsat Uydu Sistemi

Yeryüzündeki doğal kaynakların araştırılması amacıyla NASA (National Aeronautical Space Administration-Ulusal Havacılık Dairesi) tarafından uzaya fırlatılan LANDSAT uyduları dizisinden ilki 23.Temmuz.1972 yılında uzaya fırlatılmıştır. Başlangıçta adı ERTS (Earth Resources Technology Satellite-Yeryüzü Kaynakları Teknoloji Uydusu) olan bu uydunun adı 01.Ocak.1975 tarihinde Landsat-1 olarak değiştirilmiştir. 1975’de Landsat 2, 1978’de Landsat 3, 1982’de Landsat 4, 1984’de Landsat 5 ve 1999’de Landsat 7 uyduları fırlatılmıştır. Halen Landsat 4, Landsat 5 ve (Mayıs, 2003’te kısmen arızalanan) Landsat 7 uyduları işlevlerini sürdürmektedirler.

Birinci nesil uydular adını alan ilk 3 uydu, dönen ışınlı vidikon kamera (RBV) ve çok spektrumlu tarayıcı (MSS) sistemleri taşımaktaydı. İkinci nesil uydular ise RBV kameralardaki teknik problemler nedeniyle, MSS ve sonradan geliştirilen tematik haritalayıcı (TM) sistemlerini taşımaktadırlar. Landsat 1, Landsat 2 ve Landsat 3

Tablo 4.1: Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri.

Algılayıcı	Algılama Aralığı (μm)	Uzaysal Çözünürlük (m)	Yeryüzünde Kapladığı Alan (km^2)	Algılanan Tarih
Landsat MSS	4: 0.50-0.60 5: 0.60-0.70 6: 0.70-0.80 7: 0.80-1.10	80	185x185	07.08.1975 28.05.1975
Landsat-5 TM* Landsat-7 ETM**	1: 0.45-0.52 2: 0.52-0.60 3: 0.63-0.69 4: 0.76-0.90 5: 1.55-1.75 7: 2.08-2.35 6: 10.1-12.50 6: 10.1-12.50 pan: 0.52-0.90	30 120* 60** 15**	185x170	02.07.1987* 16.05.2005* 10.05.2000** 22.05.2001** 18.09.2001**
TERRA Aster	1: 0.52-0.60 2: 0.63-0.69 3N: 0.78-0.86 3B: 0.78-0.86 4: 1.60-1.70 5: 2.145-2.185 6: 2.185-2.225 7: 2.235-2.285 8: 2.295-2.365 9: 2.360-2.430 10: 8.125-8.475 11: 8.475-8.825 12: 8.925-9.275 13: 10.25-10.95 14: 10.95-11.65	15 30 90 	60x60	27.04.2001 11.01.2002 12.04.2004 02.08.2004
Spot-1 Spot-4* Spot-5**	1: 0.50-0.59 2: 0.61-0.68 3: 0.78-0.89 4: 1.58-1.75 pan: 0.48-0.71	20 5**	60x60 (80) 60x60	17.05.1987 03.08.1987 17.05.2005* 09.04.2005* 09.04.2005**

uyduları yeryüzünden 705km yükseklikte algılama yapmaktaydı. Landsat 4 ve Landsat 5 ise yeryüzünden 900 km yükseklikte, yaklaşık kutupsal/güneşle senkronize algılama yaptığından, yeryüzünün görüntüsü 16 günde bir, aynı bölgelerde her zaman aynı saatte algılanır. MSS sisteminin uzaysal çözünürlüğü, 59*79m, anlık görüş alanı ise 79*79 m'dir. MSS görüntülerinin radyometrik çözünürlüğü 6 bittir fakat 8 bit olarak kaydedilirler. TM görüntülerinin radyometrik çözünürlüğü ise 8 bittir (Harris, 1987; Lillesand ve diğ., 2004; Musaoğlu, 1999).

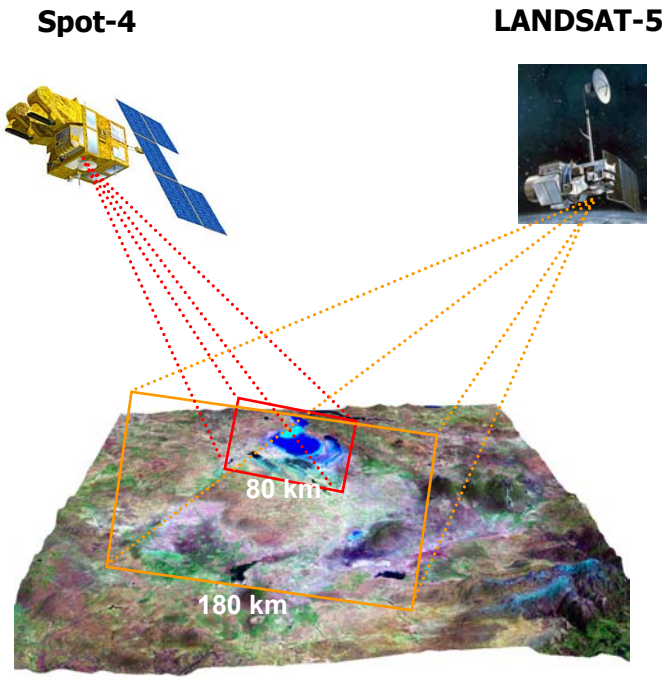
Çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntüleri İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ, Proje No: 30873) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK,

Proje No: 105Y283) tarafından sağlanmıştır. Kullanılan Landsat 2, Landsat 5 ve Landsat 7 uydu verileri ve teknik özellikleri Tablo 4.1'de özet olarak verilmektedir.

4.6.4. Spot Uydu Sistemi

Fransa tarafından Şubat 1986'da uzaya gönderilen Spot uydusu, doğal kaynakların araştırılmasına yönelik olarak halen faaliyetine devam etmektedir. Spot uydusu 26 günde bir, aynı yeri algılar ve normal olarak nadir doğrultusunda olmayan eğik konumda da algılama yapabilir ve bundan dolayı aynı bölgeyi daha sık tarayabilir. Steroskopik görüş ve değerlendirme imkânı vardır. Algılama genişliği nadir doğrultusunda 60km, nadir dışı doğrultuda 80km'dir (Şekil 4.6). Spot P bütün renklere duyarlı, 10 m (Spot-5, 5 m) uzaysal çözünürlüğe ve 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahip, tek bantlı, elektromanyetik spektrumun 0.50-0.73 μm (Spot-4, 0.61-0.68 μm ve Spot-5, 0.48-0.71 μm) aralığında algılama yapan bir algılayıcıdır (Kaya, 1999). Spot-4 ve Spot-5 uydularına öncekilerden farklı olarak orta kızılötesi (1.58-1.75 μm) bölgeye duyarlı bir adet spektral bant eklenmiştir. Ayrıca Spot-5 uydusu tarafından elde edilen 5 m uzaysal çözünürlüğe sahip pankromatik bant (Şekil 3.2) ve 10m uzaysal çözünürlüğe sahip çok spektrumlu bantlar kullanılarak 2.5m çözünürlüklü renkli görüntüler elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan Spot uydu görüntüleri (Tablo 4.1), Avrupa Birliği Komisyonu-OASIS Programı kapsamında, Fransız Ulusal Hava Dairesi (CNES-Centre National d'Etudes Spatiales) tarafından sağlanmıştır (Proje No: OASIS-82).



Şekil 4.6: Spot-4 ve Landsat-5 uyduları ve tarama alanları (temsili gösterim).

Tablo 4.2: Çalışmada kullanılan meteorolojik parametreler.

AYLIK	GÜNLÜK
✓ Ortalama Sıcaklık (ºC) ✓ Maksimum Sıcaklık (ºC) ✓ Minimum Sıcaklık (ºC) ✓ Maksimum Ortalama Sıcaklık (ºC) ✓ Minimum Ortalama Sıcaklık (ºC) ✓ Toplam Yağış(mm) ✓ Aylık Maksimum Yağış (mm) ✓ Ortalama Nem (%) ✓ Karla Örtülü Günler Sayısı	✓ Ortalama Sıcaklık (ºC) ✓ Maksimum Sıcaklık (ºC) ✓ Minimum Sıcaklık (ºC) ✓ Toplam Yağış (mm) ✓ Ortalama Nem (%)

4.7. Meteorolojik Veriler

Bu çalışmada, 1929 yılından günümüze kadar (2005), meteoroloji istasyonlarının mevcut ölçmeleri kullanılarak Tuz Gölü ve Havzasında kuraklık analizi yapılmıştır. Bu aşamada, Tuz Gölü ve Havzasında bulunan (Konya, Kulu, Cihanbeyli, Aksaray, Ereğli, Karapınar, Karaman, Çumra, Şereflikoçhisar) toplam 9 adet istasyondan elde edilen meteorolojik veriler kullanılmıştır (Şekil 4.4). Meteoroloji istasyonlarının 1970 yılına kadar olan mevcut ölçmeleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1974 yılında Ankara'da yayınlanan Meteoroloji Bülteni'nden alınmıştır (Meteoroloji Bülteni, 1974). 1970–2005 yılları arasında meteorolojik istasyonlar tarafından kayıt edilen veriler ise Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır. Bu istasyonlardan elde edilen ve çalışmada kullanılan meteorolojik parametreler (toplam 14 adet) Tablo 4.2'de özetlenmektedir. Tuz Gölü havzasında bulunan (1959 yılında Karapınar'da kurulan meteoroloji istasyonu gibi) bazı istasyonların daha yakın tarihte tesis edilmeleri nedeniyle çalışmada, tesisin kuruluş tarihinden itibaren elde edilen veriler kullanılmıştır (1945–2005 ve 1959–2005 gibi).

4.8. Kullanılan Yazılım

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamalar, İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Uzaktan Algılama Laboratuarı'nda gerçekleştirilmiştir. Verilerin işlenmesi, birleştirilmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında farklı yazılımlar kullanılmıştır. Bunlardan bazıları ERDAS Imagine 8.5, ArcGIS 8.3, ER Mapper, ASD ViewSpec Pro, AutoCAD olarak sıralanabilir.

4.9. Yersel Çalışmalar

Çalışmanın uygulama kısmında yapılan kapsamlı arazi çalışmaları 2004, 2005 ve 2006 yıllarında olmak üzere üç kez yapılmıştır.

4.9.1. Arazi Çalışması-1 (7-10.Ağustos.2004)

Ağustos-2004'te yapılan ilk çalışmada, sıcak yaz mevsiminde Tuz Gölü'ne boşaltılan noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynaklar yerinde incelenmiştir. Aynı zamanda Mayıs-2005'te yapılan ikinci çalışma için bir ön arazi çalışması olma özelliği de taşıyan bu çalışma sırasında, çalışma alanı ayrıntılı olarak incelenmiş ve Mayıs-2005'te yapılan çalışmanın verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla planlama yapılmıştır. Kirletici kaynakların belirlenmesi amacına yönelik olarak, numune alınacak noktaların (ve bu noktalara ulaşılamaması durumunda kullanılacak alternatif noktaların) koordinatları el-tipi GPS ile belirlenmiştir (Şekil 4.7).

4.9.2. Arazi Çalışması-2 (13-18.Mayıs.2005)

13-18.Mayıs.2005 tarihleri arasında yapılan ikinci çalışma ise kapsamlı olarak gerçekleştirilen spektroradyometre ölçmelerini ve numune alma işlemlerini içermektedir. 16-17.Mayıs.2005 tarihlerinde Landsat ve Spot uydularının üst geçişleriyle eş-zamanlı olarak yersel spektroradyometre ölçmeleri yapılmıştır. Çalışmanın diğer günlerinde ise numuneler toplanmıştır.

Yapılan yersel spektroradyometre ölçmeleri, iki farklı amaca yöneliktir. Bunlar:



(a) (b)

Şekil 4.7: 7-10.Ağustos.2004 tarihleri arasında yapılan, Tuz Gölü ve çevresindeki noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynakların belirlenmesini amaçlayan ön arazi çalışması. (Konya İli'nden drenaj kanalı yoluyla taşınan evsel ve endüstriyel atıklar, Gölyazı Mevkii).

- Aynı gün ve saatlerde (hatta dakikalarda) elde edilen eş-zamanlı uydu görüntüleri ve yersel spektroradyometre ölçmeleri arasındaki korelâsyonu araştırmak ve
- Tuz Gölü ve çevresinde yapılan (Arazi örtü tiplerine ait spektral yansıtma eğrilerinin belirlenmesi, kuraklık analizi için uygun spektral aralığın belirlenmesi gibi) çalışmalarda, yer ve uydu verileri arasındaki korelâsyonu sağlamaktır.

Ölçme işlemleri, Tuz Gölü'nün kuzey bölümünde seçilen bir örnek bölgede, 16.May.2005 ve 17.May.2005 tarihlerinde 09:00-12:30 saatleri arasında, Landsat (üst geçiş: 16.05.2005, saat 10:31) ve Spot (üst geçiş: 17.05.2005, saat 08:25) uyduları ile eş-zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9).

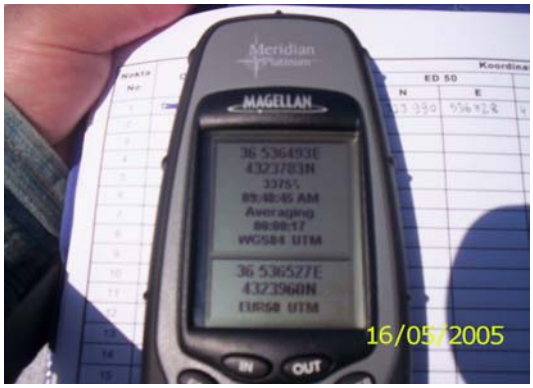
Gölün kuzey kıyısında seçilen pilot bölgede, toplam 20 adet noktada spektral yansıtma değerleri ölçülmüştür. Bu noktalar, doğal yapıları gereği kıyı boyunca düzenli şekilde uzanan başlıca 4 arazi örtü tipini temsil eden (göl suyu, tuz, çamur, kuru toprak), 4 paralel güzergâh üzerinde seçilmiştir (Şekil 4.9). Noktalar arasındaki yatay mesafe yaklaşık 300 m olup, noktaların konumları el-tipi GPS ile kaydedilmiştir.



(a) Spektoradyometre



(b) Basit ölçme düzeneği



(c) El-tipi GPS

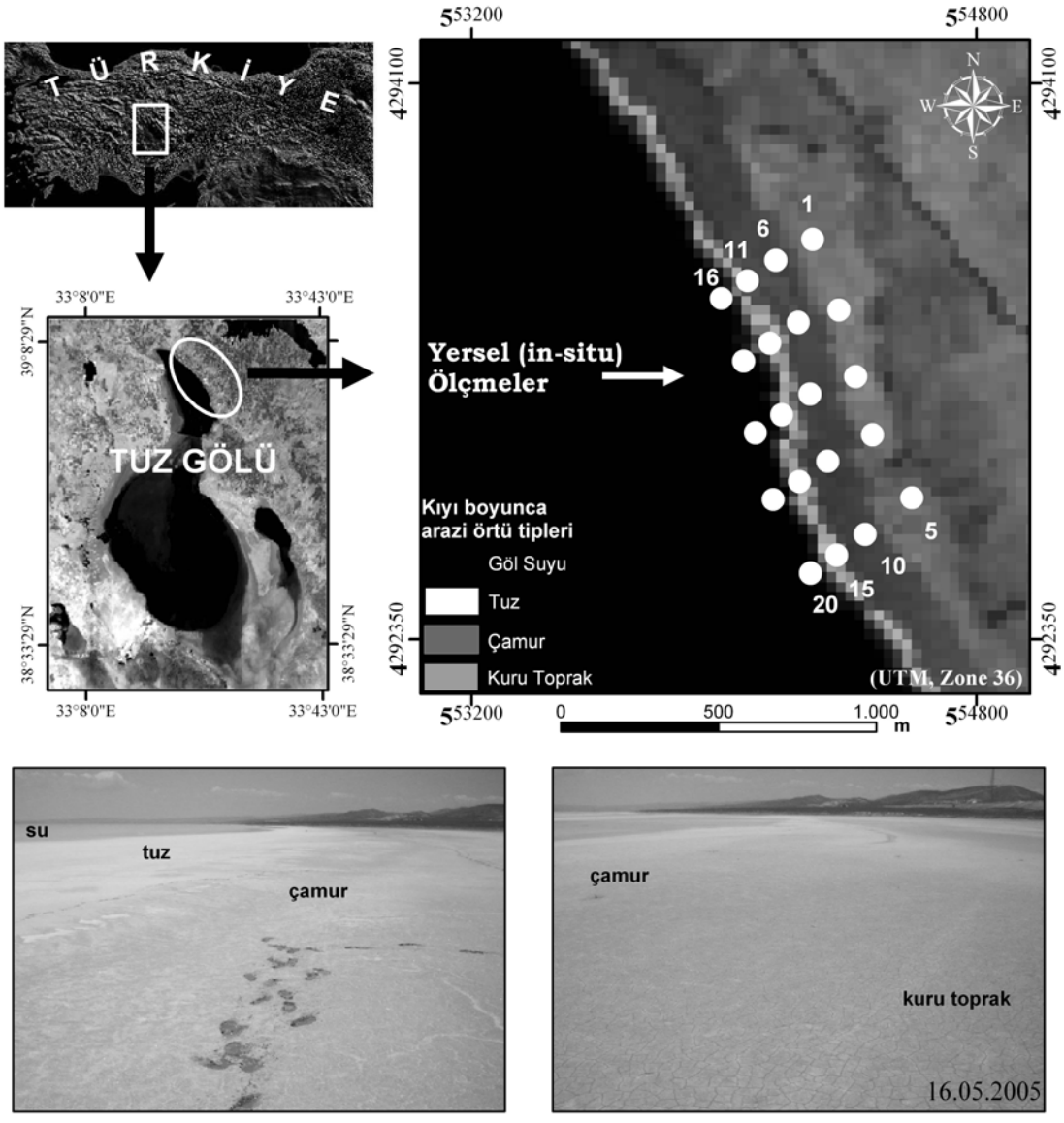


(d) Gevşek (batak) göl zemini

Şekil 4.8: Tuz Gölü ve çevresinde Landsat (üst geçişi 16.05.2005, saat 10:31) ve Spot (üst geçişi 17.05.2005, saat 08:25) uyduları ile eş-zamanlı olarak yapılan yersel çalışma (Yersel çalışmalar, 16.05.2005 ve 17.05.2005 günlerinde 09:00-12:30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir).

Toplam 20 noktada yapılan spektral ölçme işlemleri esnasında, her bir noktada 10 adet tekrarlı olmak üzere toplamda 500'den fazla ölçme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ölçme işlemi sonucunda elde edilen spektral yansıtma eğrileri incelenerek önce her nokta için ortalama, daha sonra her obje için bu noktalardaki ölçmelerin ortalaması alınarak, arazi örtü tiplerine ait spektral yansıtma eğrileri elde edilmiştir. Bu işlem esnasında standart sapması fazla olan ölçme sonuçları işlem dışı bırakılmıştır. 16.05.2005 günü (saat 09:00-12:30 arasında) uygulanan bu yöntem ve ölçme alanı muhafaza edilerek, aynı işlemler ertesi gün (17.05.2005) yinelenmiştir.

Tuz Gölü ve yakın çevresindeki kirletici kaynakların belirlenmesini hedefleyen, numune örneklerinin toplanması işlemi sırasında gölden ve yakın çevresindeki

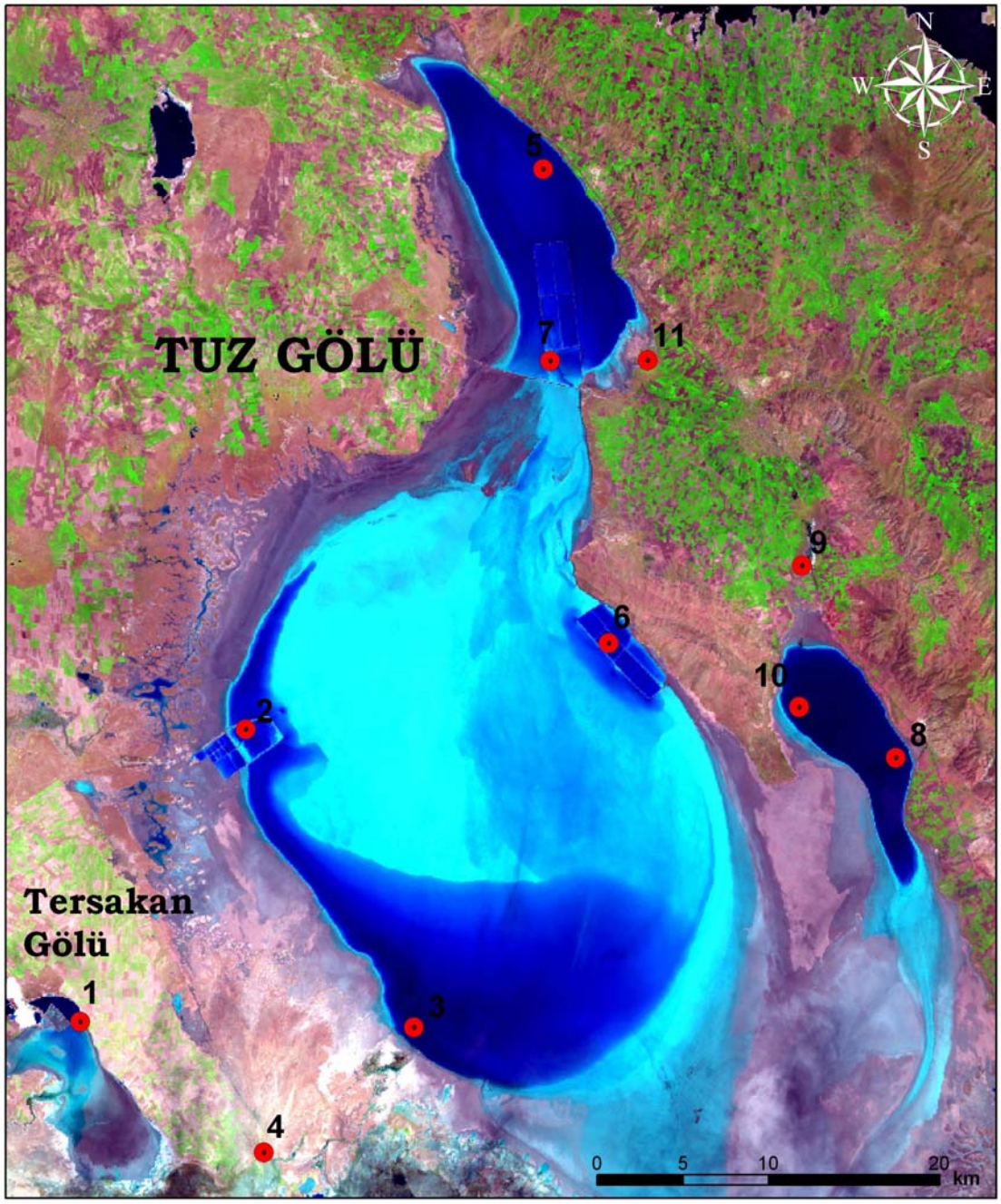


Şekil 4.9: Spektroradyometre ölçmeleri için seçilen örnek bölgenin yerleşimi ve araziden görünümü.

kanal/derelerden toplam 11 adet noktadan numune alınmıştır. Noktalar Şekil 4.10'da, 16.05.2005 tarihli Landsat-5 TM uydu görüntüsü üzerinde gösterilmektedir.

Numune alınan noktalar;

- Göl suyu (Nokta No: 3, 5, 8, 10),
- Tuz işletmeleri (Nokta No: 2, 6, 7),



Şekil 4.10: 13-18.Mayıs.2005 tarihleri arasında yapılan arazi çalışması sırasında, konumları el tipi GPS ile belirlenerek numune alınan toplam 11 noktanın göl üzerinde ve çevresindeki dağılımı (Uydu görüntüsü: Landsat-5 TM, yakın kızılötesi band, 16.Mayıs.2005 ©TÜBİTAK).

- Konya Ana Tahliye Kanalı-Gölyazı mevkii (Nokta No: 4) ve bu kanalın göle ulaştığı bölge (Nokta No: 3),
- Tersakan Gölü (Nokta No: 1),
- Şereflikoçhisar ilçesi boşaltma noktası (Nokta No: 9) ve
- Peçeneközü Deresi'nin göle döküldüğü yerde (Nokta No: 11) yer almaktadır.

Numune alma işlemi, 7.Ocak.1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan, *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'*nde belirtilen hususlara uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu hususlardan bazıları özetle şu şekildedir:

- Numunenin testten önceki bileşimi bozulmayacak şekilde laboratuara getirilir.
- Mevcut koşullarda alınan numuneyi gerçekçi bir şekilde temsil eden numunelerin, laboratuara ulaşmadan önce taşıdığı özellikleri kaybetmemesine ve alınıp taşınması esnasında kirletilmemesine özen gösterilmelidir.
- Numunelerin alındığı ve saklandığı kapların seçimine dikkat edilmelidir (numuneyi cam veya plastik kaplarda taşıyıp saklamak).
- Alınacak numune ile numune kabının 2-3 defa çalkalanıp dökülmelidir.
- Numune alma noktaları, numune alma bölgesinde su kalitesini ve bu kalitenin bölge içerisinde değişimini karakterize edecek şekilde ve sayıda belirlenir. Akarsularda numune alma bölgesi; yan kol, atık su deşarjı, sulamadan dönen drenaj suları gibi, sürekliliği bozan iki nokta arasıdır. Eğer bölge uzunluğu 5 km.yi geçerse ara numune alma noktaları seçilir. Akarsularda yan kol veya atık su deşarjından sonra tam karışımın sağlandığı belirlenen kesit üzerinde, yüzeyden 30-40 cm. aşağıdan numune alınır.
- Numunelerin bekletilmesi sırasında numunede fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler meydana gelir. Koruma teknikleri numune kaynaktan uzaklaştırıldıktan sonra doğal olarak devam eden kimyasal ve biyolojik değişimleri sadece geciktirir. Numunelerin tam olarak korunması güçtür. Numuneler eğer bir gün içerisinde analiz edilecekse, düşük sıcaklıklarda (+4°C) saklama en iyi yöntemdir.

Toplanan su numuneleri, her çalışma günü sonunda kargo ile İstanbul'a ulaştırılmış, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Laboratuarı ve İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü Laboratuarında analiz edilmiştir.

4.9.3. Arazi Çalışması-3 (10-22.Haziran.2006)

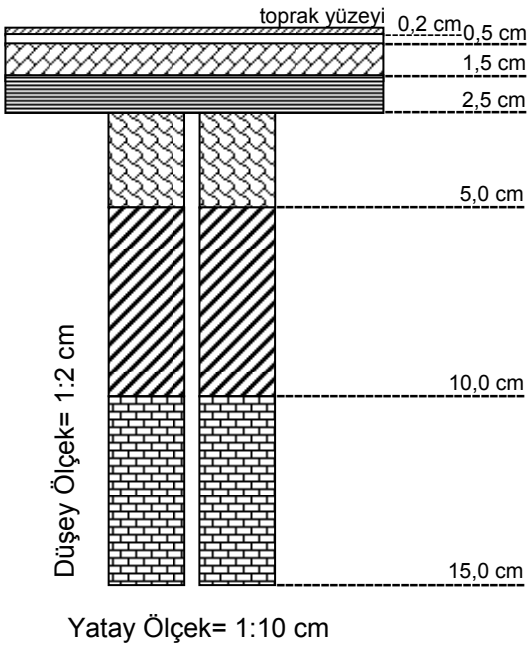
10-22.Haziran.2006 tarihleri arasında, Tuz Gölü ve çevresinde yapılan üçüncü arazi çalışmasında ise 20.Haziran.2006 tarihindeki Landsat-5 uydusunun üst geçişiyle eş-zamanlı olarak, sıcaklık ölçmeleri ve spektroradyometre ölçmeleri yapılmıştır (Şekil 4.11). Çalışmanın diğer günlerinde ise toprak numuneleri alınmış olup alınan



(a) Toprak numunelerinin alınması.



(b) Sıcaklık ölçmeleri.



(c) Toprak numunelerinin alındığı farklı derinlikler.



(d) 20x50 cm^2'lik yüzey alanından numunelerin alınması.



(e) Toprak numunelerinin laboratuar analizi.

Şekil 4.11: 10-22.Haziran.2006 tarihleri arasında yapılan arazi çalışması ve numunelerin analizinden görünüm.

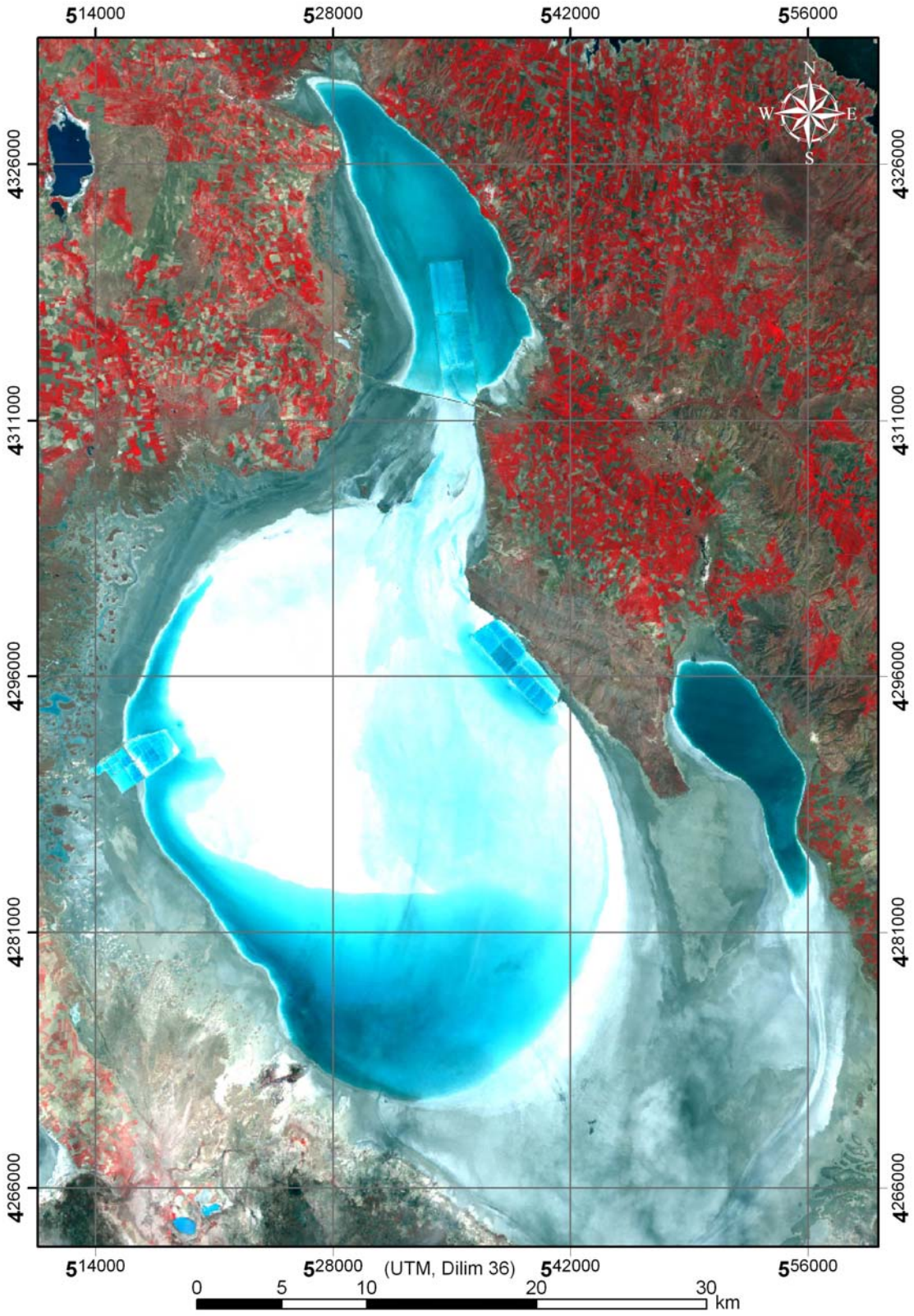
toprak numuneleri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı Laboratuarı'nda analiz edilmiştir.

5. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ENTEGRASYONU İLE TUZ GÖLÜ VE YAKIN ÇEVRESİNİN ANALİZİ

Göller ve barajlardaki su rezervleri, yerel ve küresel ölçekte yıllardır en önemli konulardan biri olmuştur. Su üretimi ile suyun depolanmasının önemi, küresel ısınma, kuraklık ve artan dünya nüfusuna paralel olarak yükselen insan gereksinimleri nedeniyle gelecekte daha da artacaktır. Ayrıca bir göldeki su rezervi, insan gereksinimleri için kaynak olmaya ilave olarak (ülkemizdeki Tuz Gölü örneğinde olduğu gibi), ülkelerin gelirlerine katkı sağlayan önemli bir doğal kaynak da olabilmektedir.

İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan ve Türkiye'nin ikinci büyük gölü olan Tuz Gölü, uluslararası ölçütlere göre A sınıfına giren bir sulak alandır. 14.09.2000 tarih ve 2000/1381 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Bakanlar Kurulu Kararı ile tespit ve ilan edilmiştir. Göldeki su derinliği (Beyşehir Gölü'nden Tuz Gölüne ulaşan aktarma kanalının deşarj olduğu bölge dışında) sadece 1 ile 50 cm arasında değişmekte olup göl tabanı 1 ile 30 cm arasında ince tuz tabakası ile kaplıdır (Şekil 5.1). Tuz Gölü'nden yılda yaklaşık 750.000-1.000.000 ton arasında tuz elde edilmektedir ki bu miktar Türkiye'nin tuz ihtiyacının büyük bir bölümüne karşılık gelmektedir (ÖÇKKB, 2001). Bu konuda %30, 55, 64 gibi farklı oranlar çeşitli kaynaklarda zikredilmektedir.

Kapalı bir havza olan Konya Ovası'nda biriken ve tuzlanmaya neden olan fazla sular, 1960-1970 yılları arasında inşa edilen drenaj kanalı ile Tuz Gölü'ne akıtılmıştır. Su boşaltmak amacı ile açılan bu kanala ilk olarak 1974 yılında, yerleşim alanlarının kanalizasyonları başta olmak üzere çevredeki tüm fabrikaların ve küçük sanayi sitelerinin atık kanalları da bağlanmıştır. Böylece Tuz Gölü'ne dökülen Konya gibi büyük bir şehre ait evsel atık suları ile çevredeki tarım alanlarından gelen tarımsal kirli suların zaman içerisinde kontrol altına alınmaması, gölü kirlilik açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Daha sonraki yıllarda göle verilen, Şerefli Koçhisar ve Aksaray'dan gelen evsel, endüstriyel ve tarımsal kirli sular da halen arıtılmadan doğrudan göl ve havzasına dökülmektedir (Örmeci ve Ekercin, 2005b). Tuz Gölü'nde, 2005 yılına kadar Tekel Genel Müdürlüğü'ne bağlı olarak çalıştıktan sonra tamamı özelleştirilen üç farklı işletmede tuz üretimi yapılmaktadır. Bu işletmelerden elde edilen tuz ise (endüstriyel amaçlı kullanımlar yanında) sofralık tuz olarak tüm Türkiye'de yaygın olarak tüketilmektedir. Bu durum göz önünde



Şekil 5.1: Tuz Gölü ve yakın çevresinin uzaydan görünümü.
(Landsat-5 TM, 4/3/2, 16/05/2005, ©TÜBİTAK).

bulundurularak göl suyunun özellikle endüstriyel faaliyetlerden gelen ağır metallerle kirletildiği düşünülürse problemin boyutları daha da iyi anlaşılacaktır. Bu çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmaları, uydu görüntüsü analizleri, Tuz Gölü ve çevresinden alınan su numunelere ait analiz sonuçları, kirliliğin boyutlarını çarpıcı biçimde ortaya koymaktadır (bkz. Bölüm 5.7).

Öte yandan, Tuz Gölü ve çevresinde özellikle 90'lı yıllardan sonra etkisini gösteren kuraklık ile bölgedeki (Eşmekaya Sazlıkları gibi) su kaynaklarının kuruduğu ve su varlığının çok ciddi oranda azaldığı görülmektedir. Özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerdeki tarım alanlarını sulamanın, bilinçsiz şekilde kullanılan yeraltı sularına ilave olarak, mevcut su birikimlerinin de kullanılması sonucunda, Tuz Gölü çevresinde bulunan sulak alanlar kuruma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Örneğin, 2005 ve 2006 yıllarında peş peşe yapılan uydu görüntü analizleri, arazi çalışmaları ve incelemeler, Tersakan Gölü'nde daha Mayıs ayında hiç su kalmadığını göstermiştir (Örmeci ve Ekercin, 2006b). Bölgede oluşan bu durum, Tuz Gölü'nü doğrudan etkilemekte ve göldeki su miktarında ve dolaylı olarak tuz oluşumunda azalmaya neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, Tuz Gölü'nü besleyen su kaynakları arasında en büyük bileşen olan yeraltı sularının (ÖÇKKB, 2001), ürün-ekim tipleri ve sulama sistemleri planlanmadan yıllardır kullanılması sonucunda yeraltı suyu seviyesi düşmüştür (Nas ve Berktay, 2001; Nas ve Berktay, 2002). Yağış miktarlarındaki azalma ve sıcaklık miktarlarındaki artışın da etkisiyle Tuz Gölü'ndeki su miktarı, 1987 ile 2005 yılları arasında üçte bir seviyesine düşmüştür (Örmeci ve Ekercin, 2006b) (bkz. Bölüm 5.4). Buna bağlı olarak, özellikle gölün orta kısmı ve batı kıyısı boyunca, tuz oluşumunda azalmanın olduğu ve çölleşmenin başladığı görülmüştür. Diğer yandan, Eşmekaya Sazlıklarının kuruması, İnsuyu (Cihanbeyli) ve Değirmenözü (Kulu) Derelerinde gölet yapılması ile bu derelerin sularının Tuz Gölü'ne ulaşmasının önlenmesi, Peçeneközü Deresi üzerinde baraj inşa edilmesinin planlanması, Tuz Gölü'ndeki su birikimini etkileyen ya da etkileyecek olan diğer olumsuz etkenlerdir.

Bu olumsuz duruma ek olarak, yapılan kapsamlı literatür taraması ve araştırmalar (Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ile yapılan görüşmeler) sonucunda kuraklık ve Tuz Gölü'ndeki kirliliği konu alan su kalitesini belirleme amacına yönelik olarak yapılmış güncel ve bilimsel bir çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Sadece, Konya Büyükşehir Belediyesi ve Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı tarafından 1998-2001 yılları arasında bir çalışma yapılmış ve bu çalışmada Tuz Gölü'nden (arazi çalışması tarihinin uygun seçilmemiş olması nedeniyle) numune alınamamış, sadece çevresindeki dereler ve boşaltma kanallarından 1998 yılında alınan toplam 4

adet su numunesinin analiz sonuçlarına göre değerlendirmeler yapılmıştır (ÖÇKKB, 2001). Bu nedenle, uzaktan algılamanın Tuz Gölü ve yakın çevresinde ilk kez uygulandığı bu tez çalışmasının bilimsel alanda görevini yerine getireceği düşünülmektedir.

Kuraklık ve kirlilik konuları dışında, Tuz Gölü ve Havzasını içeren biyolojik, ekolojik ve jeolojik amaçlı çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmektedir:

- Çevre ve Orman Bakanlığı ve Türkiye Tabiatını Koruma Derneği işbirliği ile 2003 yılında tamamlanan "Tehdit Altındaki Bitki Türlerinin ve Ekosistemlerinin Korunması ve Yönetim Projesi" isimli çalışma sonucunda Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak, Tuz Gölü'nün güney ve güneybatısındaki özel bitki alanlarına ait bir veri tabanı oluşturulmuştur.
- Çevre Bakanlığı, Çevre Koruma Genel Müdürlüğü adına, Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü tarafından 1999 yılında tamamlanan "Uluslararası Önemi Olan Sulak Alanların Biyolojik ve Ekolojik Yönden Araştırılması (Tuz Gölü Havzası)" isimli çalışma sonucunda Tuz Gölü ve çevresinde yer alan toplam 10 adet uluslararası öneme sahip sulak alanın biyolojik ve ekolojik özellikleri belirlenmiştir.
- Doğa Derneği tarafından 2004 yılında tamamlanan "Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları 2004 Güncellemesi" isimli proje, özel kuş alanlarının (ÖKA) tespiti ve koruma önceliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmadır.
- Doğal Hayatı Koruma Derneği tarafından 1997 ve 1999 yıllarında tamamlanan iki farklı proje ile farklı kuşlar hakkında toplanan verilerin ve habitat verilerinin çözümlenmesi, bitki-kuş ve diğer fauna ilişkileri analiz edilerek sonuçları sunulmuştur.
- Çevre Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı adına, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü tarafından 2004 yılında tamamlanan "Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Bölgesi'nin toprak ve Arazi Kalite Sınıflaması ile Alternatif Tarımsal Uygulamaların Belirlenmesi Projesi" isimli çalışma ile bölge topraklarının her bir verimlilik özelliği için toprak haritaları çıkarılmış, çevre kirliliği açısından en fazla risk taşıyan gübre ve tarım ilacı miktarları belirlenmiştir.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 1982 yılında tamamlanan "Tuz Gölü Havzası Jeoloji Raporu" isimli proje kapsamında Tuz Gölü Havzası'nın 1/100.000 ölçekli jeolojik etüdü elde edilmiştir.

- Doğal Hayatı Koruma Vakfı tarafından 2003 yılında başlanan “Konya Kapalı Havzasının Akılcı Kullanımına Doğru” projesinin amacı bölgedeki doğal kaynakların akılcı ve sürdürülebilir kullanımı amacıyla Entegre Havza Yönetimi için altyapı oluşturulmasıdır.
- Bunlara ilave olarak, biyolojik çeşitlilik, ekoloji ve jeoloji konularında hazırlanmış yüksek lisans tezleri, makaleler ve Tuz Gölü çevresinde olabilecek muhtemel petrol yataklarını araştırmak amacıyla yapılmış olan çalışmalar ile de karşılaşılmaktadır (Afşin, 2000; Çamur ve Mutlu, 1996; Sonel ve diğ., 1996; Sonel ve diğ., 2003; Taşdemiroğlu, 1987).

Çok büyük tuz miktarı ile ülkemiz için önemli bir doğal kaynak olan Tuz Gölü, doğal yapısı, etkileyici ve çok özel ekosistemi ile uluslararası kriterlere göre A sınıfı bir sulak alandır. İnce tuz tabakası (1-10cm) ile kaplı batak zemini ve çok düşük su derinliği (1-50cm) nedeniyle göl, yaz ayları dışında tehlikeli ya da girilemez bölgedir. Ulaşılabilir olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında ise ilkbahar aylarında başlayan buharlaşma sonucunda gölde su bulunmaz. Bu nedenle, özellikle gölün kıyıdan uzak (ilkbahar aylarında yer ölçmelerinin yapılmasının mümkün olmadığı) orta bölgesinde başlayan su rezervi değişimi ya da kuraklık konusunda bir envanter ya da güncel bir çalışma bulunmamaktadır. Bu eksikliğin giderilebilmesi ve su kaynaklarının daha iyi yönetilebilmesi için hem ulaşılabilir hem de tehlikeli bölgeler hakkında hızlı, ekonomik ve güvenilir veri sağlayabilecek bir teknik belirlemek gereklidir. Bu bağlamda, tehlikeli bölgelere ait bilgilerin elde edilmesi konusunda olağanüstü kabiliyeti nedeniyle uzaktan algılama biliminden söz edilebilir. 7414 km^2'lik alanı ile Tuz Gölü, adeta uzaktan algılamanın farklı uygulamaları için oluşturulmuş örnek bir bölge gibidir.

Uygulamada uzaktan algılama, çoğunlukla, uydu görüntüleri ile Dünya ve çevresi hakkında bilgi edinilmesi ve yeryüzünün incelenmesi amacı ile kullanılmaktadır (Teillet, 2001). Uydular tarafından algılanmış uzaktan algılama verilerinin kullanımı (yeryüzünde bulunan ve diğer tekniklerle bilgi edinilmesi mümkün olmayan) çok geniş alanları kaplama kapasitesi sağladığı için anlamlıdır (Melesse ve Jordan, 2002; Pax-Lenney ve diğ., 2001; Sannier ve diğ., 2002). Örneğin 180x170 km^2'lik alan kaplayan bir Landsat-5 TM uydu görüntüsü, Tuz Gölü (yaklaşık 70x100km^2) üzerine yapılacak çalışmalar için çok büyük imkanlar sunmaktadır. Bunlara ilave olarak, (Landsat-1,2,3,4,5,7 gibi) uydu serileri 1972 yılından günümüze kadar olan zamansal verilerin kullanım avantajı sağlamaktadır (Bilge et al., 2003).

Uydu verileri, güneş ışığının geliş açısı, atmosferik etkiler, güneşin ufuktan yüksekliği gibi parametrelerden etkilenir. Uydu görüntüleri kullanılırken bu etkilerin giderilmesi amacıyla radyometrik olarak düzeltilir. Bu işlem sonucunda bir uydu görüntüsü diğer uydu görüntüleri ile zamansal ve uzaysal olarak karşılaştırılabilmektedir. Bu işlem ayrıca, uzaktan algılanmış uydu görüntülerinin yersel (spektral ölçmeler gibi) veriler ile karşılaştırmalı olarak kullanılmasına imkân sağlamaktadır (Almeida-Filho and Shimabukuro, 2002; Danaher, 2002; Green et al. 2000; Thenkabail, 2003).

Optik algılayıcılarla yapılan toprak nemi belirleme çalışmalarında elektromanyetik spektrumun orta kızılötesi (1.55-1.75μm, Landsat-5 TM'in 5. kanalı) bölgesinde algılanan spektral bantların kullanılması önerilmektedir. Toprağın yapısı ve içerdiği su miktarı, yansıtım değerinde farklılık ortaya çıkarmaktadır. Isıl bölgede algılanan görüntülerde, su ile kaplı alanlar ile suya doygun topraklar radyometrik olarak soğuk olduklarından koyu renkte, su içermeyen yerler ise radyometrik olarak sıcak olduklarından açık renkte gözükürler. Bu özellikler nedeniyle, ısıl bölgelerde algılanan görüntüler de toprak nemi belirlemede kullanılmaktadır (Lillesand ve diğ., 2004; Musaoğlu, 1999; Örmeci, 1987).

Tuz Gölü ve özel çevre koruma alanını (Şekil 4.1) kapsayan bu tez çalışmasında ele alınan konular dört ana başlık altında toplanabilir:

1. Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri kullanılarak gerçekleştirilen teknik analizler,
2. Meteorolojik veriler ve uydu görüntüleri ile zamana bağlı kuraklık analizi,
3. Kuraklığın tuz oluşumuna etkisinin uydu görüntüleri ile belirlenmesi,
4. Uzaktan algılama-CBS entegrasyonu ile noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynakların tespiti ve sonuçların analizi.

5.1. Uydu Görüntülerinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi

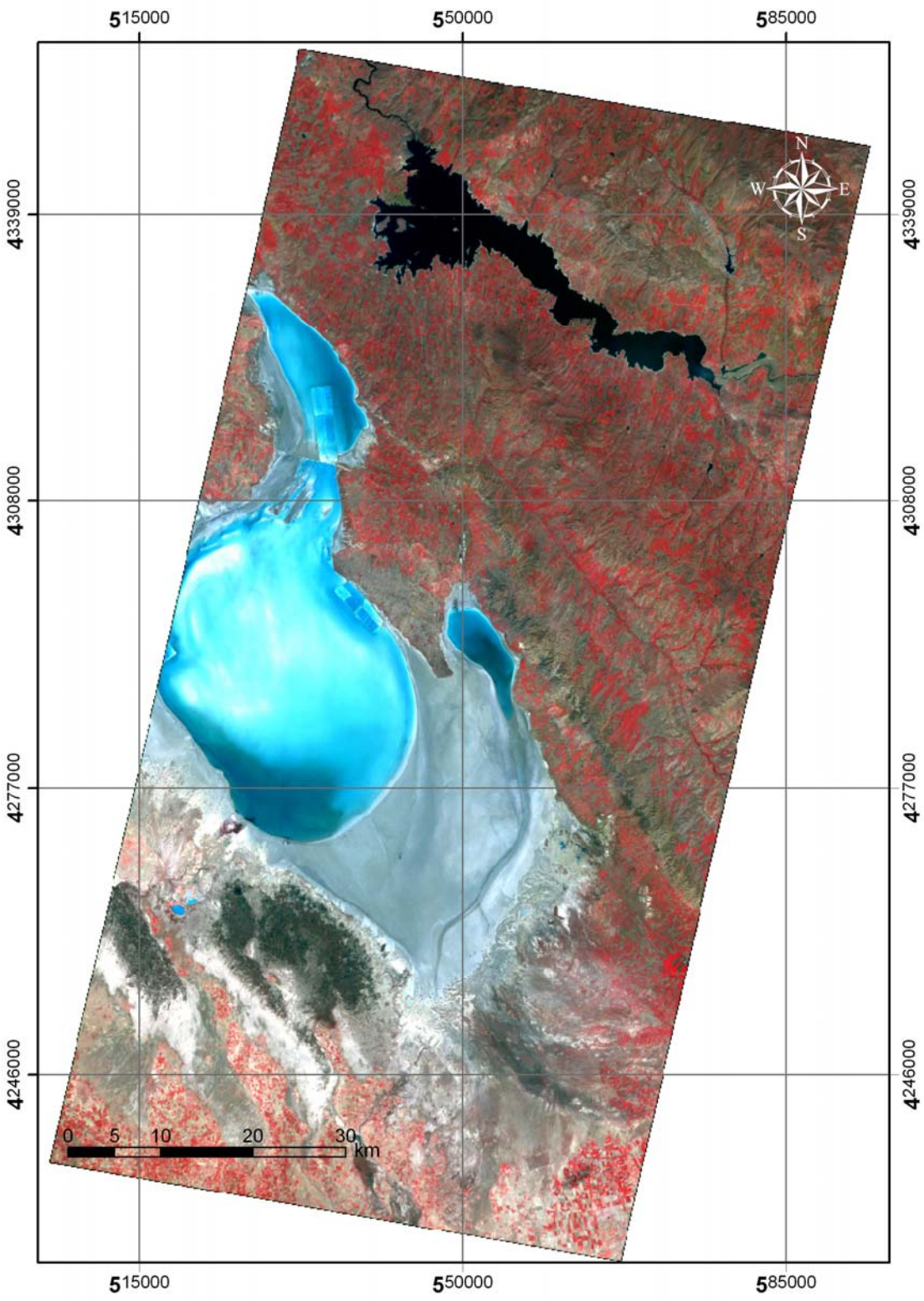
Çalışmada gerçekleştirilen görüntü işleme tekniklerinin ilk aşaması olarak, uydu görüntüleri geometrik olarak düzeltilmiştir. Kullanılan tüm uydu görüntüleri, UTM (Universal Transform Mercator) koordinat sistemine dönüştürülmüştür (WGS 84, Dilim 36). UTM sistemi, NATO üyesi ülkeler bünyesinde ulusal haritaların üretilmesinde ortak bir standart getirilmesi amacıyla kabul edilmiş bir haritalama sistemidir. UTM sisteminin dayandığı izdüşüm, açı koruyan (konform), transversal (ekvator konumlu), elipsoidal, silindirik bir projeksiyondur (Kaya, 1999; Örmeci ve

Tablo 5.1: Rektifikasyon işlemi uygulanan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri.

Algılayıcı	Algılama Tarihi	Spektral Bant	Uzaysal Çözünürlük (m)	Kontrol Nokta Sayısı	KOH (piksel)
Landsat-2 MSS	28.05.1975	4 (VNIR-SWIR)	80	39	0.28
	07.08.1975			43	0.42
Landsat-5 TM	15.05.1987	7 (VNIR-SWIR, TIR)	30, 120	45	0.40
(©TÜBİTAK)	02.07.1987			40	0.39
	16.05.2005			39	0.44
	20.06.2006			41	0.46
Landsat-7 ETM	10.05.2000	8 (PAN, VNIR-SWIR, TIR)	15, 30, 60	42	0.42
	22.05.2001			49	0.39
	18.09.2001			39	0.44
ASTER L1B	27.04.2001	10 (VNIR-SWIR)	15	32	0.48
(©NASA)	11.01.2002			35	0.49
	12.04.2004			52	0.49
	02.08.2004			49	0.45
	27.04.2001	5 (TIR)	90	35	0.42
	11.01.2002			30	0.43
	12.04.2004			53	0.48
	02.08.2004			30	0.40
Spot-1	17.05.1987	3 (VNIR)	20	34	0.45
(©CNES)	03.08.1987			30	0.48
Spot-5	09.04.2005	1 (PAN)	5	Referans görüntü	
Spot-4	09.04.2005	4 (VNIR-SWIR)	20	41	0.41
Spot-4	17.05.2005			40	0.44
Spot-2	30.07.2005	3 (VNIR)	20	38	0.46

PAN: pankromatik bant. VNIR-SWIR: görünür, yakın ve orta kızılötesi bant. TIR: termal kızılötesi bant.

Ekercin, 2007). UTM koordinat sistemine dönüştürme işlemi ile çalışmada kullanılan tüm raster ve vektör verilerin aynı veri tabanı içerisinde birleştirilmesine imkân sağlanmıştır. Çalışmada, 1:25 000 ölçekli standart topoğrafik haritalar kullanılarak yer koordinatları belirlenen kontrol noktaları altlık veri olarak kullanılmıştır. Tuz Gölü ve yakın çevresini kapsayan uygulama bölgesinin yaklaşık 6000 km^2'lik geniş bir alanı kaplaması nedeniyle, haritası mevcut olmayan bölgelerdeki kontrol noktalarının seçimi, yüksek çözünürlüklü (5 metre) Spot pankromatik uydu görüntüsü yardımıyla, görüntüden görüntüye dönüşüm (image-to-image registration) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yer kontrol noktalarının seçiminde, kontrol noktalarının görüntü üzerinde homojen olarak dağılmış ve kolaylıkla ayırt edilebilir olmasına dikkat edilmiştir. Dönüşüm işlemlerinde, düz arazi yapısına sahip olan



Şekil 5.2: Geometrik olarak düzeltilmiş iki tam çerçeve görüntünün birleştirilmesi ile elde edilen Terra ASTER mozaik görüntüsü (15m, 12/04/2004, 3/2/1 bant kombinasyonu, ©NASA).

küçük alanlara ait (5x5 km^2 gibi) görüntülerin düzeltilmesinde 1. derece, tam çerçeve uydu görüntülerinin (örneğin; ASTER (Şekil 5.2) ve Spot görüntüsü için 60x60km^2)

düzeltilmesinde ise arazinin engebeli yapıya sahip olması da göz önünde bulundurularak 2. derece polinomlar kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin geometrik dönüşümü işlemi içerisinde gerçekleştirilen yeniden örnekleme aşamasında, görüntü kaynaştırma (image merging) işleminde kullanılacak görüntüler için kübik katlama (16 pikselin ağırlıklı ortalaması), diğer görüntüler için en yakın komşuluk yöntemleri kullanılmıştır. Geometrik düzeltme işlemi esnasında karesel ortalama hatası ±0,5 pikselden yüksek olan kontrol noktaları elimine edilmiştir. Geometrik düzeltme işlemleri aşamasında, görüntüler için elde edilen karesel ortalama hata (KOH)'lar ile ilgili özet bilgi Tablo 5.1'de verilmektedir.

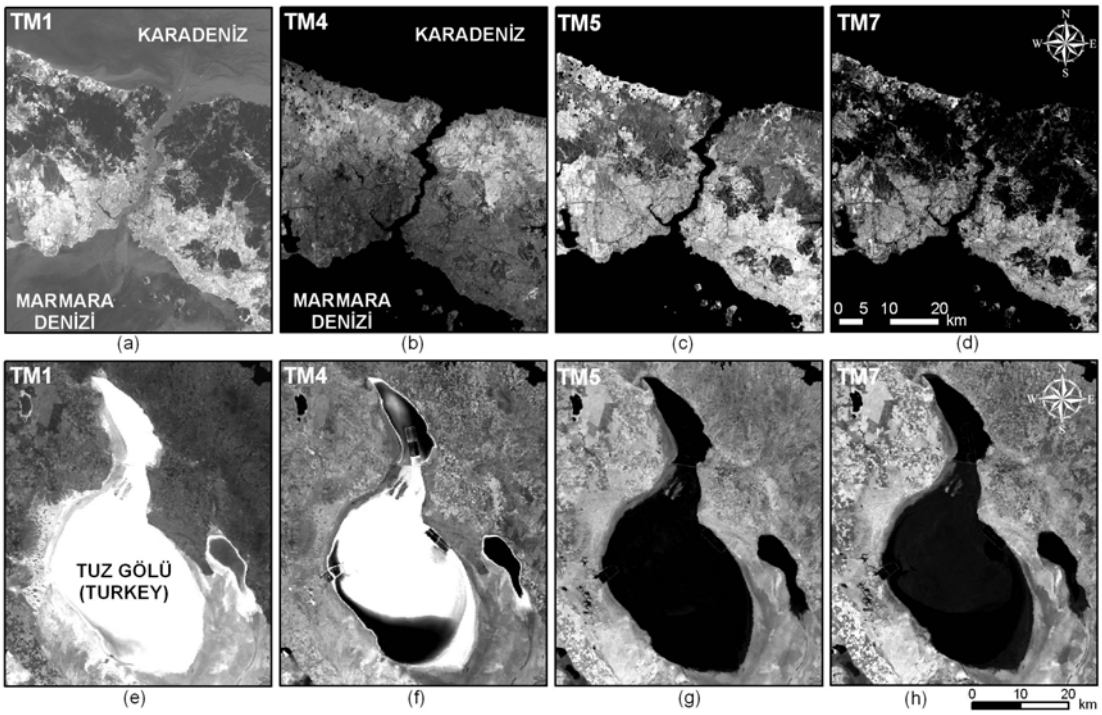
5.2. Teknik Analizler

Çalışmanın bu aşamasında, eş-zamanlı uzaktan algılama verileri kullanılarak gerçekleştirilen araştırma amaçlı teknik analizler şunlardır:

- Tuz Gölü ve çevresine ait uydu görüntülerinin yorumlanması-ön analiz,
- Tuz Gölü'ne ait uydu görüntüleri için uygun spektral aralığın belirlenmesi,
- Işığın nüfus etme (penetrasyon) seviyesinin araştırılması,
- Tuzlu topraklarda tuzluluk (elektriksel iletkenlik) miktarının uydu görüntüsünden tahmin edilmesi amacıyla model oluşturulmasıdır.

5.2.1. Tuz Gölü ve Çevresine Ait Uydu Görüntülerinin Yorumlanması-Ön Analiz

Uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen uzaktan algılama çalışmalarında, su ile örtülü alanların uydu görüntüsü kullanılarak tespit edilmesi işleminde çoğunlukla, elektromanyetik spektrumun görünür (0,4-0,7μm) bölgesinden mümkün olduğunca uzak olan yakın ve orta kızılötesi bölgelerinde algılanmış spektral bantlar kullanılır. Kısa dalga boylarında (örneğin görünür bölge) ışınımın su içerisine nüfus edebilme (penetrasyon) özelliği nedeniyle kara ile su arasındaki ayrımı belirlemek güçleşir (Şekil 5.3 (a)). Kızılötesi bölgede ise ışınımın su tarafından yutulması nedeniyle yansıyan ışınımın çok az ya da hiç olmadığı, uydu görüntüsü üzerinde çok koyu renk tonunda görülen bölgeler su ile örtülü alanları temsil eder (Şekil 5.3 (b)(c)(d)). Örneğin, Landsat-7 ETM uydu görüntüsü üzerinde su ile örtülü alanların tespit edilmesi işleminde, elektromanyetik spektrumun 2,08-2,35μm aralığında yer alan orta kızılötesi bölgede algılanan 7. (yedinci) bandın kullanılması önerilmektedir (Frouin ve diğ., 1996; Wilson, 1997).



Şekil 5.3: Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde algılanan spektral bantların karşılaştırılması. (a)(b)(c)(d) İstanbul ve çevresine ait Landsat-5 TM görüntüsü. (e)(f)(g)(h) Tuz Gölü ve çevresine ait Landsat-5 TM görüntüsü (TM1: Landsat-5 TM band1, TM2: Landsat-5 TM band2 vb).

Ancak, Tuz Gölü'ne ait Landsat uydu görüntüleri üzerinde yapılan ön analizler sonucunda, bölgeye ait uydu görüntülerinin yorumlanmasında farklı bir durumun olduğu tespit edilmiştir. Landsat uydusuna ait yakın ve orta kızılötesi bantlar üzerinde su ile örtülü alanlar (ışınımın yutulması nedeniyle) tamamen koyu renk tonunda olması gerekirken (Şekil 5.3 (b)(c)(d)), Tuz Gölü'ne ait yakın ve orta kızılötesi bantlar üzerinde göl, tamamen farklı iki yapıda görülmektedir (Şekil 5.3 (f) ve (g)(h)). Tuz Gölü'ne ait uydu görüntüleri üzerinde su ve tuz ile örtülü alanların sağlıklı şekilde tespit edilmesi, göldeki su ve tuz rezervinin zamansal değişiminin belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Bu nedenle, söz konusu bu farklı durumun aydınlatılması amacına yönelik olarak, eş-zamanlı yer ve uydu verilerinin elde edilmesi ve değerlendirilmesini içeren bir arazi çalışması gerçekleştirilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Bu konuda detaylı bilgi bir sonraki bölümde verilmektedir.

5.2.2. Tuz Gölüne Ait Uydu Görüntüleri için Uygun Spektral Aralığın Belirlenmesi

Tuz Gölü'nün doğal ve farklı yapısı nedeniyle uydu görüntülerinde görünen farklılıkların aydınlatılması, su ve tuz ile örtülü alanların uydu görüntüleri kullanılarak sağlıklı şekilde tespit edilebilmesi için uygun spektral aralığın belirlenmesi amacıyla,

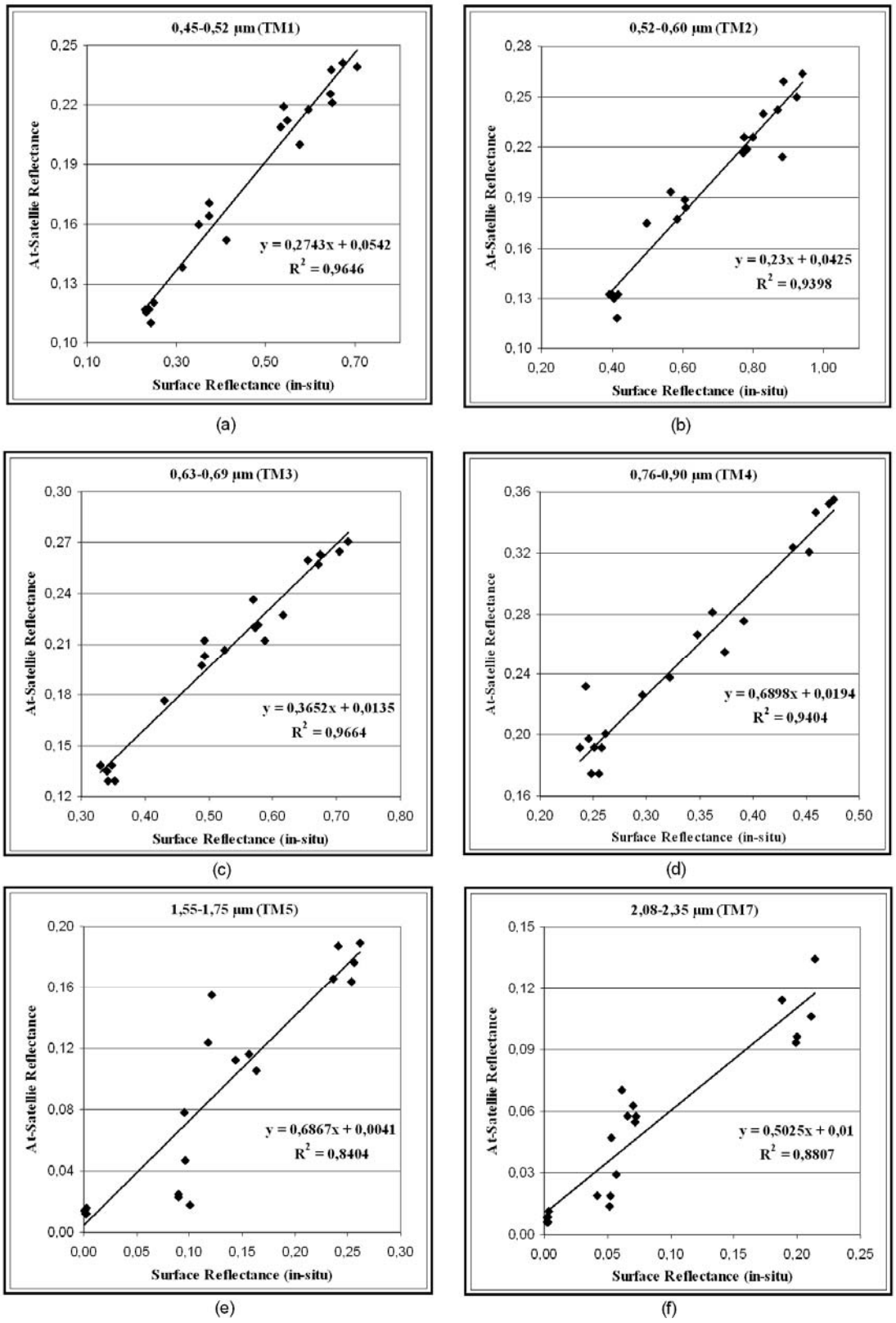
13-18.Mayıs.2005 tarihleri arasında kapsamlı bir arazi çalışması yapılmıştır (bkz. Bölüm 4.9.2, Şekil 4.8). Bu arazi çalışmasında, 16.Mayıs.2005 tarihinde Landsat-5, 17.Mayıs.2005 tarihinde Spot-4 (XS) uydularının üst geçişleriyle eş-zamanlı olarak yer ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Göl suyu, tuz, çamur ve kuru toprak olmak üzere dört örtü tipi üzerinde (Şekil 4.9), konumları el-tipi GPS ile belirlenen toplam 20 noktada gerçekleştirilen spektroradyometre ölçme sonuçları (yansıma değerleri) ile Landsat ve Spot uydu verileri arasındaki korelasyon analiz edilmiştir.

İlk aşamada, 16.Mayıs.2005 tarihli (üst geçiş saati: 10^{31}) Landsat-5 uydu verisi radyometrik olarak düzeltilmiş ve yer ölçmeleri ile karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Uydu görüntü verisine ait (piksel) parlaklık değerlerinin önce radyansa, daha sonra da reflektans değerlerine dönüştürülmesi şeklinde yapılan bu işlem Tablo A.1 (bkz. Ekler)'de özetlenmektedir. Landsat-5 uydusunun üst geçişiyle eş-zamanlı olarak 16.Mayıs.2005 günü saat 09^{00}-12^{30} arasında, her bir noktada on (10) tekrarlı ölçme yapılarak elde edilen spektroradyometre ölçmeleri Tablo A.2 (bkz. Ekler)'de verilmektedir.

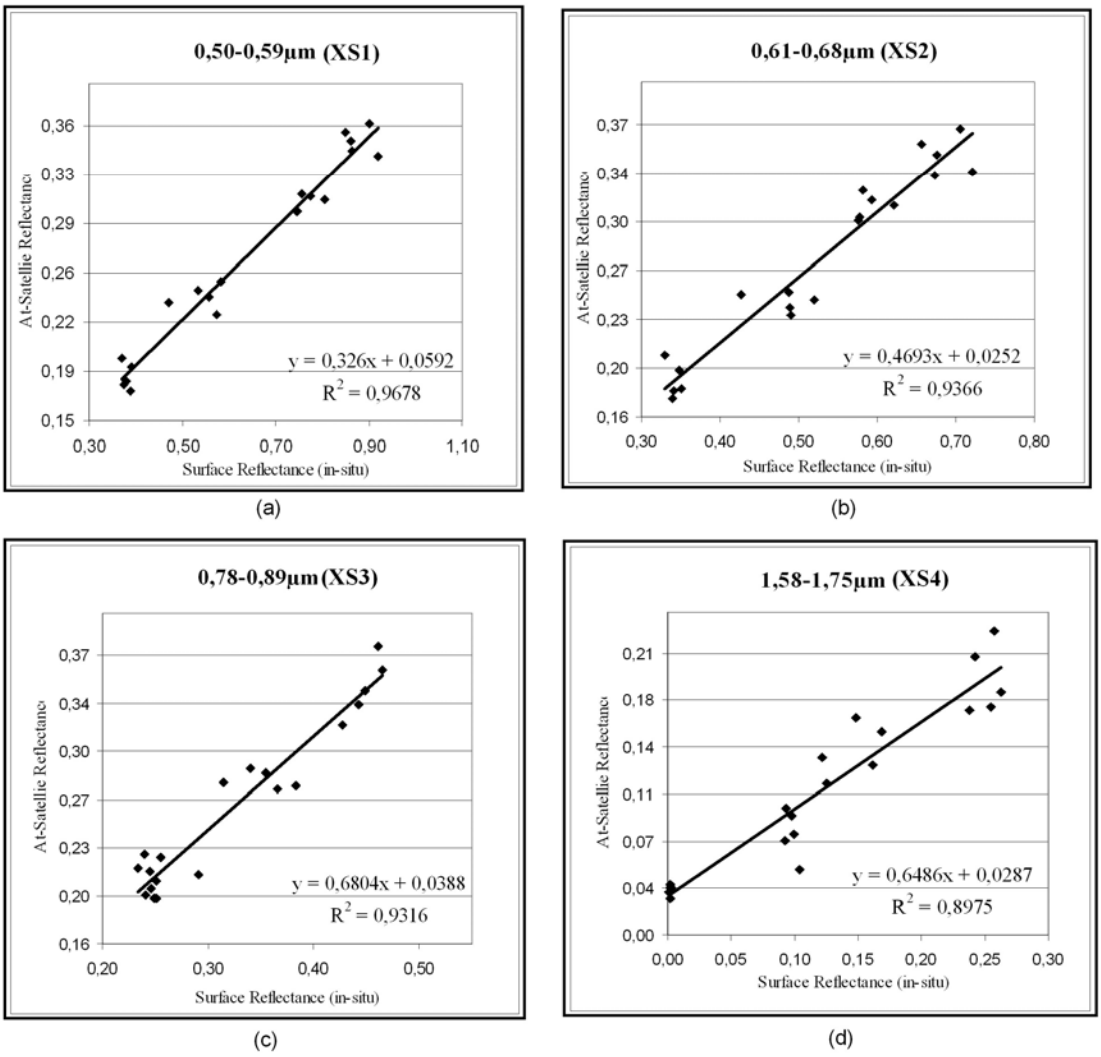
İkinci aşamada, radyometrik düzeltme işlemi ile Landsat-5 TM uydu verisinden elde edilen yansıtma değerleri ile spektroradyometre ölçmeleri arasında korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Landsat-5 TM bantlarına karşılık gelen her bir spektral aralık için yapılan korelasyon analizi sonuçları (Şekil 5.4), ölçülen ve uydu verisinden dönüştürülen yansıtma değerlerinin yüksek derecede uyumlu olduğunu göstermektedir ($0.84<R^2<0.97$). Eş-zamanlı olarak (aynı gün ve saatlerde) elde edilen veri kullanımı, çalışma sonuçlarının tutarlılığını artırmıştır.

Üçüncü aşamada, Landsat-5 TM uydu verisi için uygulanan radyometrik düzeltme işleminin benzeri, Spot-4 uydu verisi için uygulanarak yersel veriler ile karşılaştırılabilme imkanı sağlanmıştır (bkz. Ekler, Tablo A.3). Spot-4 (XS) uydusunun üst geçişiyle eş-zamanlı olarak 17.Mayıs.2005 günü saat 09^{00}-12^{30} arasında yapılan spektroradyometre ölçmeleri Tablo A.4 (bkz. Ekler)'de verilmektedir.

Dördüncü aşamada, Spot-4 uydu verisinden elde edilen yansıtma değerleri ile spektroradyometre ölçmeleri arasında korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Korelasyon analizi sonuçları, yersel verilerin ve Spot-4 uydu görüntü verisinden dönüştürülen yansıtma değerlerinin yüksek derecede uyumlu olduğunu göstermektedir ($0.89<R^2<0.97$). Burada yine, eş-zamanlı olarak algılanan verilerin kullanımının çalışmanın tutarlılığını artırdığı rahatlıkla söylenebilir. Elde edilen



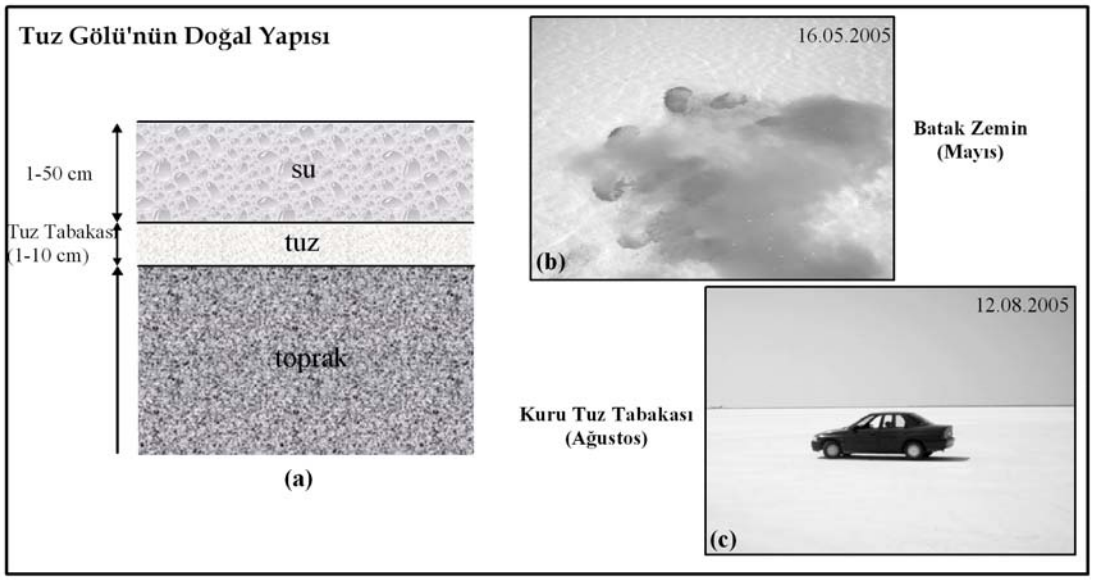
Şekil 5.4: Landsat-5 TM (16.Mayıs.2005) uydu verisinin (termal dışındaki) bantlarına karşılık gelen spektral aralıklar için eş-zamanlı yer ve uydu verileri ile elde edilen reflektans değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları.



Şekil 5.5: Spot-4 (17.Mayıs.2005) uydu verisinin bantlarına karşılık gelen spektral aralıklar için eş-zamanlı yer ve uydu verileri ile elde edilen reflektans değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları.

sonuçlar, Spot-4 (XS) bantlarına karşılık gelen her bir spektral aralık için Şekil 5.5'de gösterilmektedir.

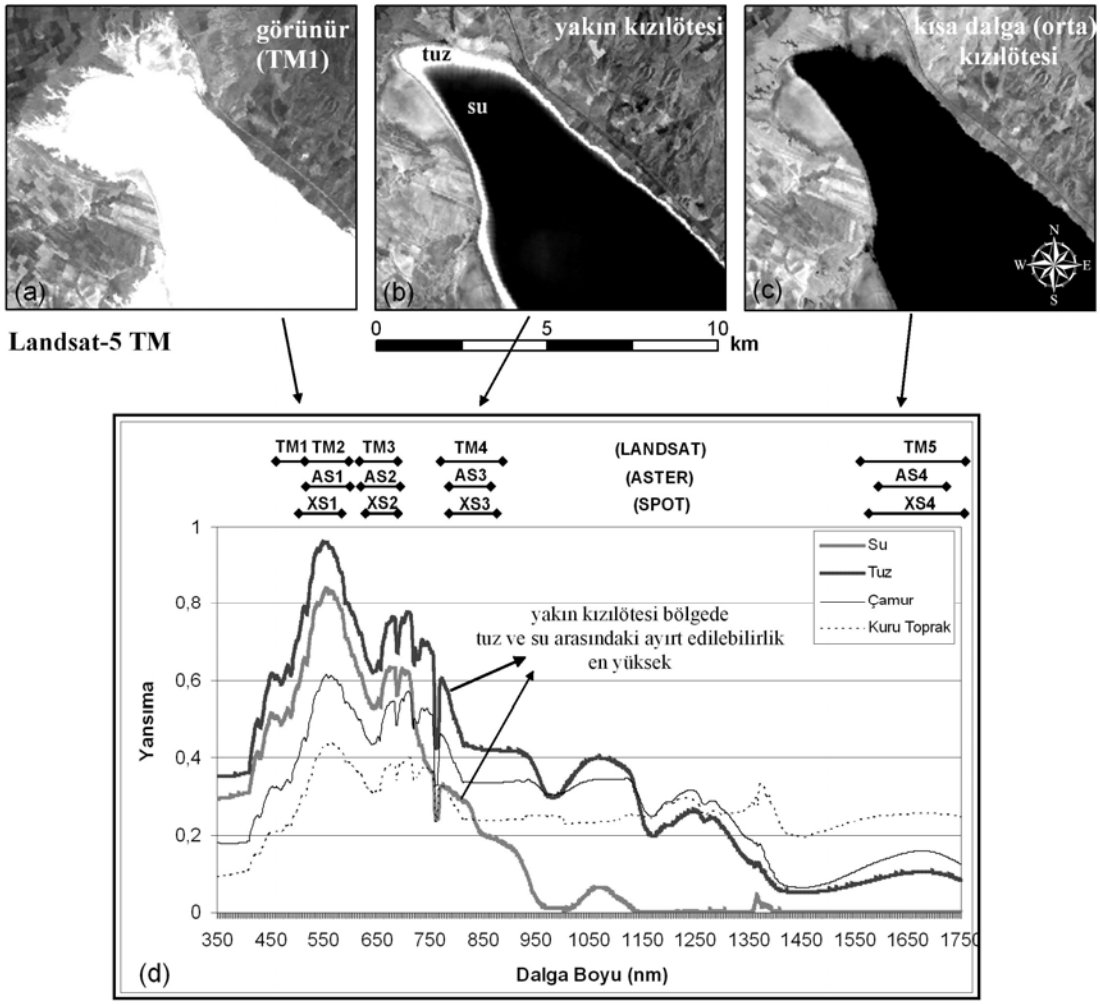
1-50 cm arasında değişen su derinliği, 1-10 cm arasında ince tuz tabakası ile kaplı göl tabanı ile Tuz Gölü'nün doğal yapısı, bilinen göl alanlarından çok farklıdır. Bahar aylarındaki bataklık zemininin üzerinde güçlükle yürünebilen göl, yaz aylarında (Konya drenaj kanalının göle ulaştığı güney bölge dışında, göl suyunun tamamen buharlaşmasından dolayı) üzerinde araçlarla gezilen sert (alt kısmı nemli) bir zemine sahiptir (Şekil 5.6). Bu durumun bilinmesi, göle ait uydu görüntülerinin yorumlanması açısından son derece önemlidir. Ayrıca, göl çevresi bazı bölgelerde genişliği 1km'yi bulan tuz kristali ile kaplıdır (Şekil 5.7 (b)).



Şekil 5.6: Tuz Gölü'ndeki su dengesi ve buharlaşma sonucu tuz oluşumu. (a) Tuz Gölü'nün doğal yapısı. (b) Mayıs ayında, üzerinde zorlukla yürünebilen batak zemin. (c) Ağustos ayında kuru ve kalın tuz tabakası.

Uzaktan algılama çalışmalarında (bir önceki bölümde belirtildiği gibi), su ile örtülü alanlara ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanmasında su-kara ayrımının en belirgin olduğu spektral aralığın, orta kızıl ötesi bölge olduğu bilinmektedir. Örneğin, uydu görüntüsü kullanılarak kıyı çizgisi belirlenmesi çalışmalarında Landsat (TM veya ETM) uydusuna ait 5. ve 7. bantlar kullanılabilir. Tuz Gölü'nün yukarıda bahsedilen doğal yapısı nedeniyle, göle ait uydu görüntülerinin yorumlanması ve işlenmesi açısından farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla (yer ve uydu verilerinin yüksek oranda korelâsyona sahip olduğunun belirlenmesinden sonra), spektroradyometre ölçmelerinin gerçekleştirildiği örtü tiplerine (göl suyu, tuz, çamur ve kuru toprağa) ait spektral yansıtma eğrileri birlikte analiz edilmiştir (Şekil 5.7 (d)).

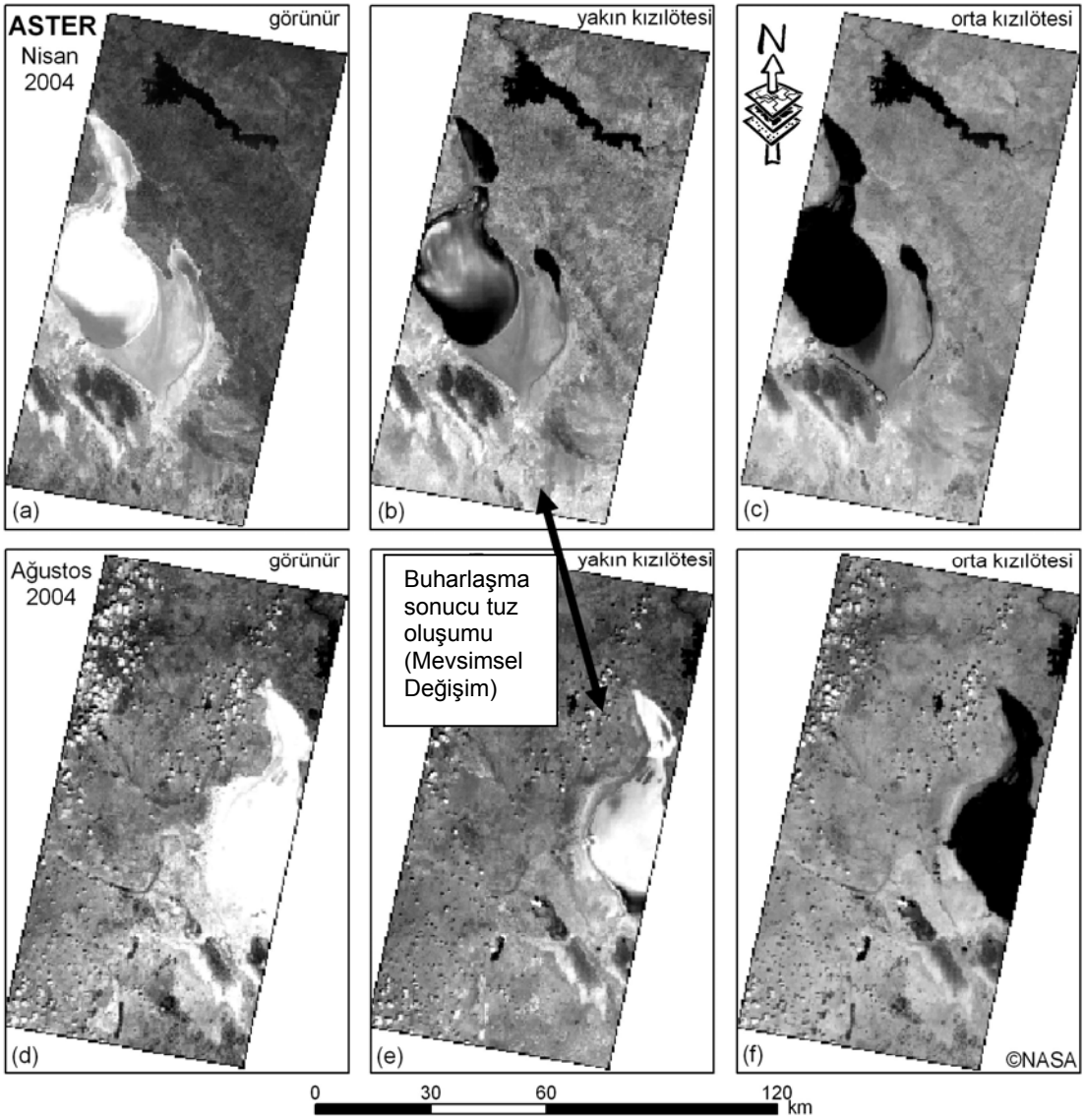
Landsat-5 TM uydu verisine ait görünür bölgede algılanan spektral bantlarda, nüfus etme (penetrasyon) nedeniyle su içerisinden geçerek tuz kaplı göl tabanından yansıyan ışınımın uydu tarafından algılanması nedeniyle göl, tamamen tuz ile kaplıymış gibi görünmektedir (Şekil 5.7 (a)). Orta kızıl ötesi bölgede algılanan spektral bantlarda ise göl kıyısında bulunan ve gölü çevreleyen (bazı bölgelerde genişliği 1km ye ulaşan) nemli tuz kristalinden oluşan tabaka, nem içeriği nedeniyle su ile örtülü bölge olarak görünmektedir (Şekil 5.7 (c)). Yani su ile örtülü alanların uydu verisi ile belirlenmesi işleminde orta kızıl ötesi bant kullanılması durumunda (Tuz Gölü için) hesaplanan alan, gerçekte olduğundan çok daha fazla bulunacak dolayısıyla sağlıksız bilgi elde edilecektir. Sonuçlar, su ile örtülü alanların uydu verisi



Şekil 5.7: Spektroradyometre ölçmeleri sonucunda elde edilen spektral yansıtma eğrileri, tuz-su ayrımı ve uydu görüntülerinin yorumlanması.

ile belirlenmesi işleminde sağlıklı bir hesaplamanın yapılabilmesi için uygun spektral aralığın ***sadece*** yakın kızıl ötesi bölge olduğunu göstermektedir. Bu istisnai durum, tamamen Tuz Gölü'nün doğal yapısından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.7 (b) ve Şekil 5.7 (d)'de görüldüğü gibi tuz ile su ayrımı, yakın kızıl ötesi bölgede (Landsat TM bant 4) en fazladır. Sonuçlar ayrıca, tuz ile örtülü alanların belirlenmesi işleminde, görünür ve yakın kızılötesi bölgede algılanan spektral bantlar kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasının en önemli sonuçlarından ilki, uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan uydu verilerine ait orta kızılötesi bant kullanılarak su ile örtülü alanların belirlenmesi yönteminin, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanması aşamalarında kullanılamayacağı, kullanılması durumunda ise hatalı sonuçlar vereceğinin ispatlanmasıdır. Nitekim Şekil 5.8 (f)'de görülen (ASTER) orta kızılötesi bandın su rezervinin belirlenmesi için kullanılması

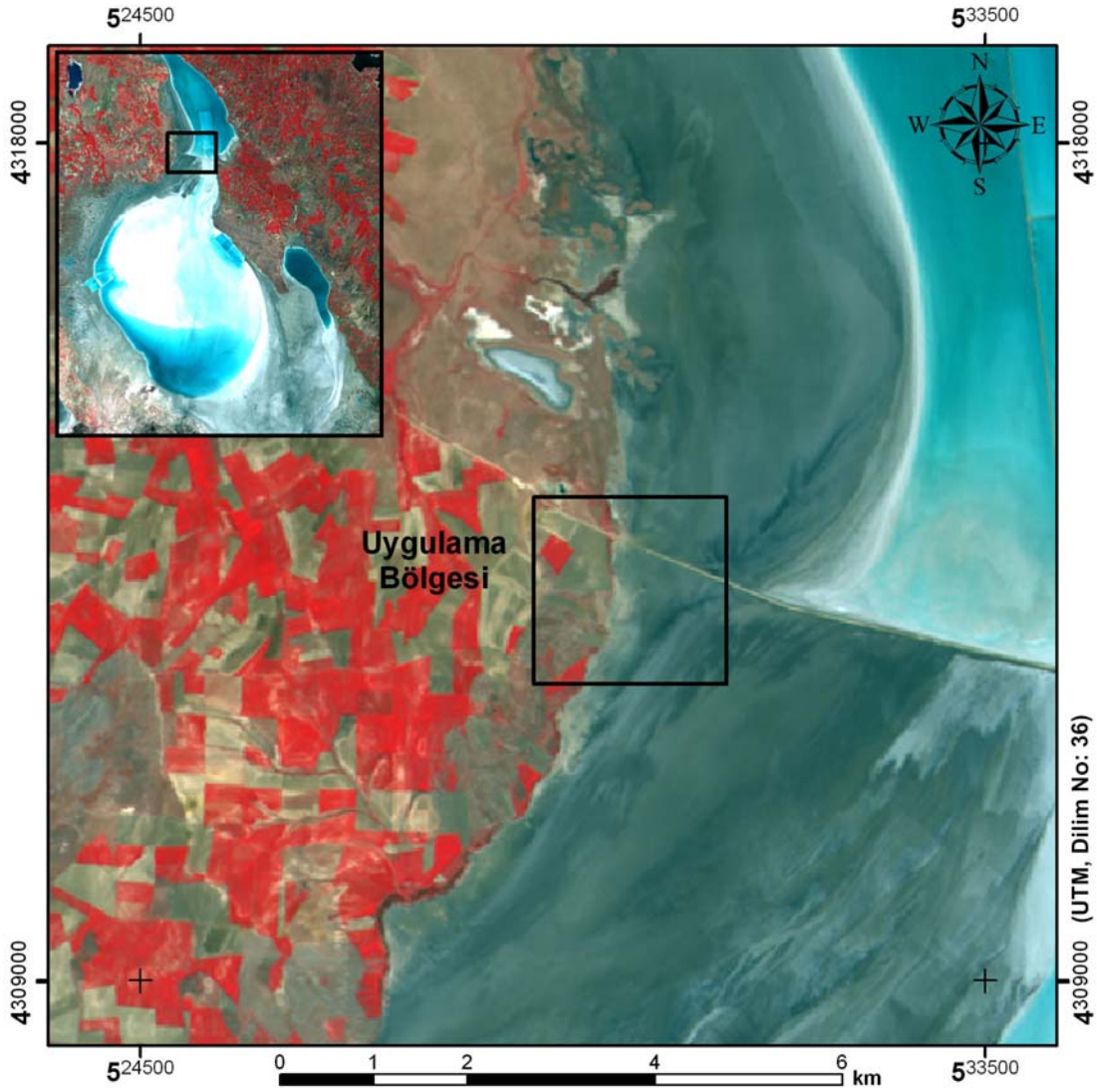


Şekil 5.8: Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanların tespiti (tuz-su ayrımı) ve Terra ASTER uydu görüntülerinin yorumlanması. (a)(b)(c) 12/04/2004. (d)(e)(f) 02/08/2004 (©NASA).

durumunda, Ağustos ayında tamamen tuzla kaplanan gölün (Şekil 5.8 (e)), tamamen su ile dolu olduğu (hatalı) sonucuna varılacaktır.

5.2.3. Işınımın Nüfuz Etme (Penetrasyon) Seviyesinin Araştırılması

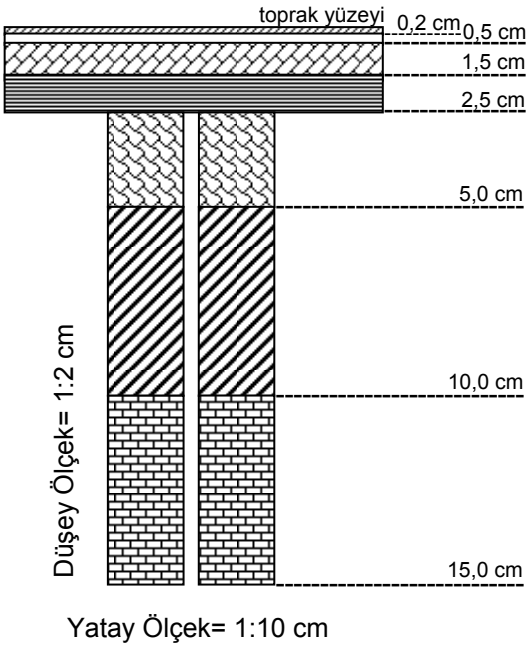
Çalışmanın bu bölümünde, yansıyan ve uydu tarafından algılanan ışınımın tuzlu topraklarda yüzeyden itibaren düşey olarak ilerlediği (nüfus ettiği) mesafe ile uydu tarafından algılanan farklı dalga boylarındaki yansıma değerleri arasındaki ilişki ve buna paralel olarak topraktaki tuz konsantrasyonunun yansıtmaya etkisi araştırılmıştır.



Şekil 5.9: Işığın nüfuz etme (penetrasyon) seviyesinin araştırılması amacıyla yapılan uygulamanın gerçekleştirildiği bölgenin yerleşimi.

Bu amaca yönelik olarak, 10-22.Haziran.2006 tarihleri arasında, Tuz Gölünün kuzey bölgesinde kapsamlı bir arazi çalışması yapılmıştır (Şekil 5.9)(bkz. Bölüm 4.9.3). Landsat-5 uydusunun 20.Haziran.2006 tarihindeki üst geçişini de kapsayan söz konusu arazi çalışmasında, yüzeyde tuz kabuğu oluşmuş beyaz toprak-BT (Şekil 5.11 (b)) ve tuz kabuğu oluşmamış sarı toprak-ST (Şekil 5.11 (d)) yapısına sahip, konumları el-tipi GPS ile belirlenen toplam 8 adet pilot bölgede eş-zamanlı spektroradyometre ölçmeleri yapılmıştır. Her bir nokta için 8 farklı derinlikte (Şekil 5.10) olmak üzere toplam 64 noktada gerçekleştirilen ölçme sonuçları Tablo B.1 (bkz. Ekler)'de özetlenmektedir.

Ölçmelerin değerlendirilmesi aşamasında, elde edilen eş-zamanlı spektroradyometre ölçme sonuçları (yansıma değerleri) ile Landsat uydu verilerinin



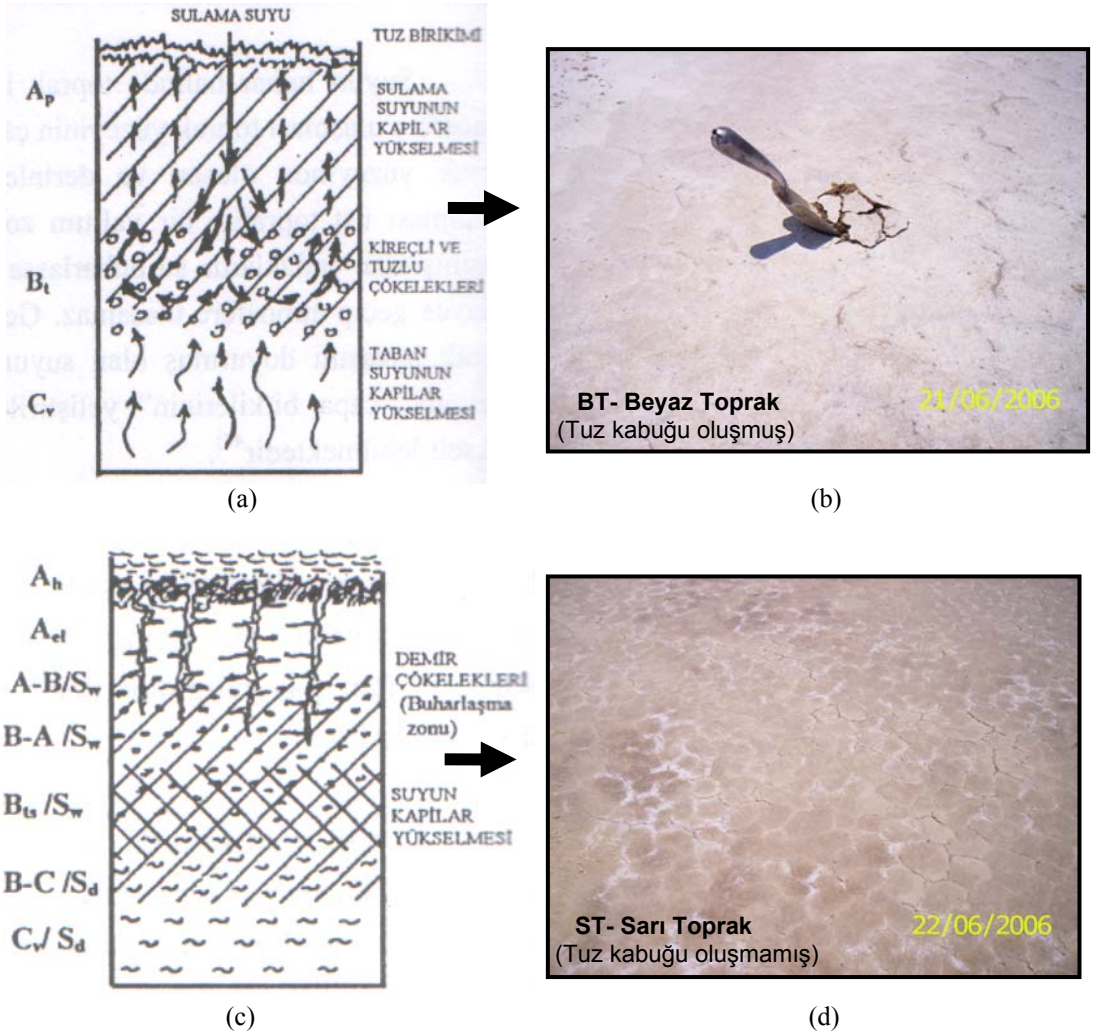
Şekil 5.10: Toprak numunelerinin alınması ve spektroradyometre ölçmelerinin gerçekleştirildiği farklı derinlikler. (a) (b) 20x50cm^{2}'lik yüzey alanından toprak numunelerinin alınması. (c) Düşey profil.

karşılaştırılabilmesi amacıyla, uydu görüntüsünden elde edilen parlaklık değerleri yansıma değerlerine dönüştürülmüştür (Tablo B.2, bkz. Ekler). Yüzeyden başlayarak her bir katmanda gerçekleştirilen spektroradyometre ölçmelerine ait yansıma değerleri ile uydu görüntüsünden elde edilen yansıma değerleri, Landsat-5 TM bantlarına karşılık gelen spektral aralıklar için karşılaştırılmış ve aralarındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Tablo 5.2'de verilen korelasyon katsayıları yorumlanarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Tuz kabuğu oluşan (alt katmanları ST'ye göre daha nemli) BT yapısına sahip olan noktalarda, ilk üç katmanda (0-5mm) elde edilen yansıma değerleri, uydu verisinden elde edilen değerler ile yüksek oranda korelasyona sahiptir.
- Tuz kabuğu oluşmamış (alt katmanları BT'ye göre daha kuru ve sert zeminli) ST yapısına sahip olan noktalarda (ST1-ST4), ilk altı katmanda (0-50mm) elde edilen yansıma değerleri, uydu verileri ile yüksek oranda korelasyona sahiptir. Özelikle uzun dalga boylarında (TM5 ve TM7), alt katmanlardaki yüksek korelasyon dikkat çekmektedir. Diğer bir ifade ile alt katmanları BT'ye göre daha kuru olan ST yapısına sahip zeminlerde ışınımın nüfuz etme (penetrasyon) özelliği, BT yapısına sahip zeminlere göre daha fazladır.

Tablo 5.2: Farklı toprak derinliklerinde yapılan Landsat-5 TM verisi ve eş-zamanlı spektroradyometre ölçmeleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	BEYAZ TOPRAK-BT (Tuz kabuğu oluşmuş)						**SARI TOPRAK-ST** (Tuz kabuğu oluşmamış)						
	TM1	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**	
Katman No	0,45-0,52µm	0,52-0,60µm	0,63-0,69µm	0,76-0,90µm	1,55-1,75µm	2,08-2,35µm	0,45-0,52µm	0,52-0,60µm	0,63-0,69µm	0,76-0,90µm	1,55-1,75µm	2,08-2,35µm	**Katman No**
1 (Yüzey)	**0,9789**	**0,9732**	**0,9966**	**0,8899**	**0,8684**	0,4609	**0,9903**	0,3632	0,4326	0,3356	0,0520	0,1490	**1** (Yüzey)
2 (Derinlik: 0,2cm)	**0,8798**	**0,8663**	**0,9319**	**0,9120**	**0,9683**	**0,8913**	**0,8461**	**0,9269**	**0,9566**	**0,9700**	0,3623	0,4733	**2** (Derinlik: 0,2cm)
3 (Derinlik: 0,5cm)	0,7928	0,2501	0,4089	**0,8302**	**0,8759**	**0,8451**	0,6361	**0,7872**	**0,7773**	**0,7923**	0,4231	0,4547	**3** (Derinlik: 0,5cm)
4 (Derinlik: 1,5cm)	0,5145	0,2621	0,3575	0,3641	0,5457	0,7334	0,6152	0,5466	0,5761	0,5598	**0,9712**	**0,8599**	**4** (Derinlik: 1,5cm)
5 (Derinlik: 2,5cm)	0,3649	0,1883	0,2243	0,2255	0,4697	0,6294	0,5897	0,2947	0,4756	0,6671	**0,9567**	**0,9798**	**5** (Derinlik: 2,5cm)
6 (Derinlik: 5,0cm)	0,4125	0,1002	0,3487	0,0196	0,2105	0,4566	0,5601	0,3138	0,1578	0,6334	**0,8437**	**0,8880**	**6** (Derinlik: 5,0cm)
7 (Derinlik: 10,0cm)	0,3571	0,0885	0,2305	0,1312	0,2072	0,5329	0,4103	0,1125	0,1517	0,1944	0,4196	0,3705	**7** (Derinlik: 10,0cm)
8 (Derinlik: 15,0cm)	0,2359	0,0492	0,0780	0,0328	0,1031	0,5097	0,2889	0,2785	0,1838	0,1873	0,1924	0,4308	**8** (Derinlik: 15,0cm)

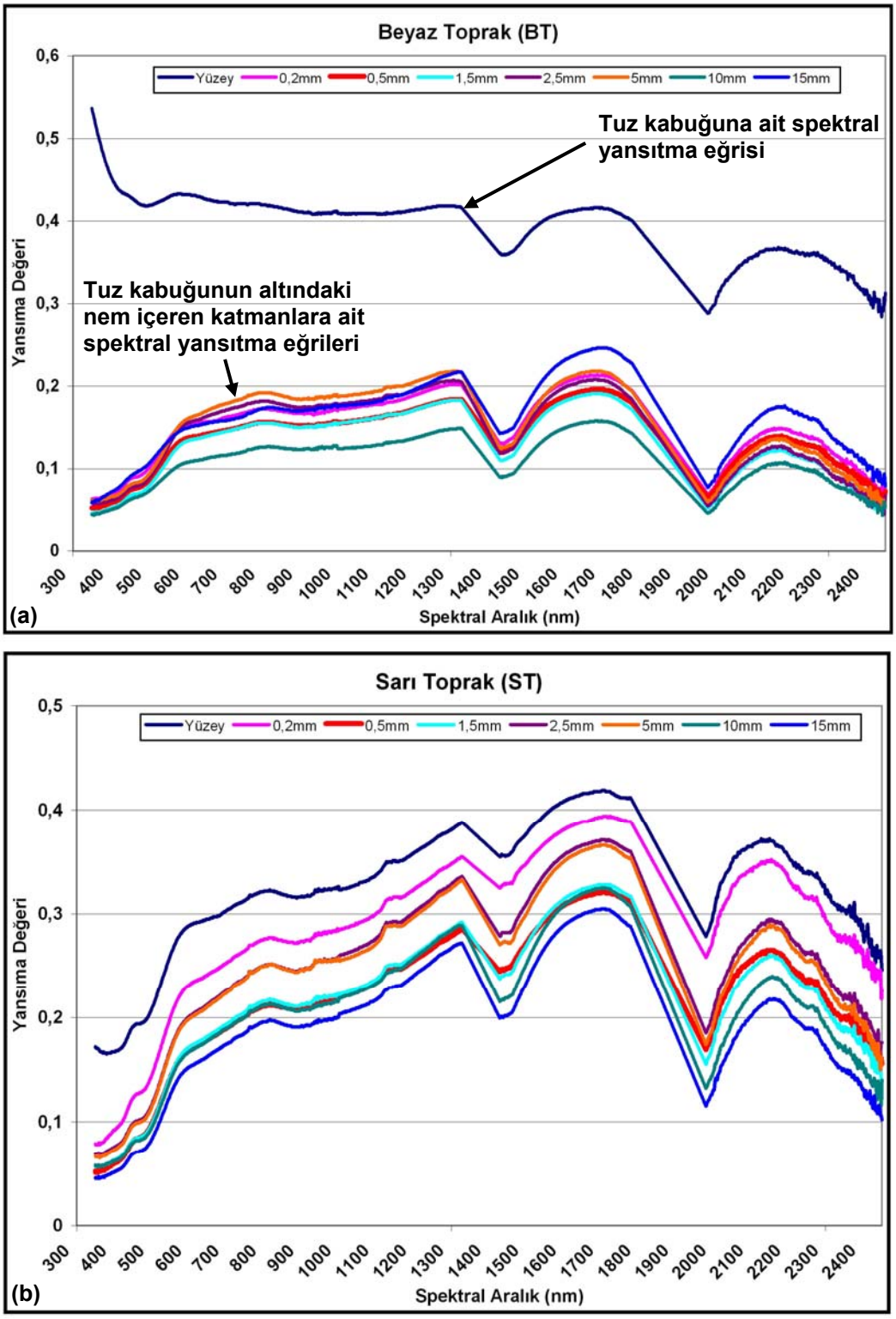


Şekil 5.11: Toprak suyunun buhar halindeki hareketi sonucunda toprakta çökelek zonunun oluşması. (a)(b) Toprak yüzeyinde başlayan buharlaşma ile oluşan tuz. (c)(d) Birikimi toprak içerisinde başlayan buharlaşma ve çatlak oluşumu (Kantarcı, 2000).

- BT yapısına sahip zeminlerde, uzun dalga boylarında elde edilen yansıma değerleri (nem içeren yüzeylerin daha soğuk olacakları bilgisine paralel olacak şekilde), ST yapısına sahip zeminlerdeki yansıma değerlerine göre çok daha düşüktür.

Nitekim Şekil 5.12 (a)'da görüldüğü gibi BT yapısına sahip olan zeminlerde, tuz kaplı yüzeye ait spektral yansıtma eğrisi yüksek değerlere sahipken, tuz kabuğunun altında nem miktarı artmakta ve daha düşük yansıma değerleri elde edilmektedir.

Elde edilen bu sonuçlar, toprak suyunun buhar halindeki hareketi sonucunda toprakta çökelek zonunun oluşması konusunda, Şekil 5.11'de açıklanan toprak yüzeyinde tuz birikimi ile paralellik arz etmektedir. Toprak yüzeyinde başlayan



Şekil 5.12: Tuz kabuğu oluşmuş (BT) ve oluşmamış (ST) toprak yapısına sahip olan zeminlerde, farklı derinliklerde elde edilen spektral yansıtma eğrileri.

buharlaşma ile yüzeyde tuz oluşmakta ve yüzeyin alt kısımları nem içermektedir (Kantarcı, 2000). Bu bölümde ulaşılan iki önemli sonuç özetle şunlardır:

- Yüzeyde tuz oluşan topraklarda tuz kabuğunun altı nemlidir. Bu nedenle uzun dalga boyunda (orta kızılötesi bant, örneğin, Landsat-5 TM 5. ve 7. bantlarda) bu soğuk yüzeyler için düşük yansıma değerleri elde edilir. *Diğer bir deyişle, yüzeydeki tuz miktarı ile orta kızılötesi bölgede algılanan yansıma değerleri ters orantılıdır.*
- Diğer önemli sonuç ise toprak yüzeyinde başlayan buharlaşma ile yüzeyde tuz oluşacağı bilgisine göre Tuz Gölü'ndeki su ile kaplı alanlarda meydana gelen azalmanın tuzla kaplı alanların azalmasına neden olduğu ve olacağıdır (bkz. 5.5). Kısaca *"ne kadar yüzey suyu, o kadar tuz!!!"* yorumu yapılabilir.

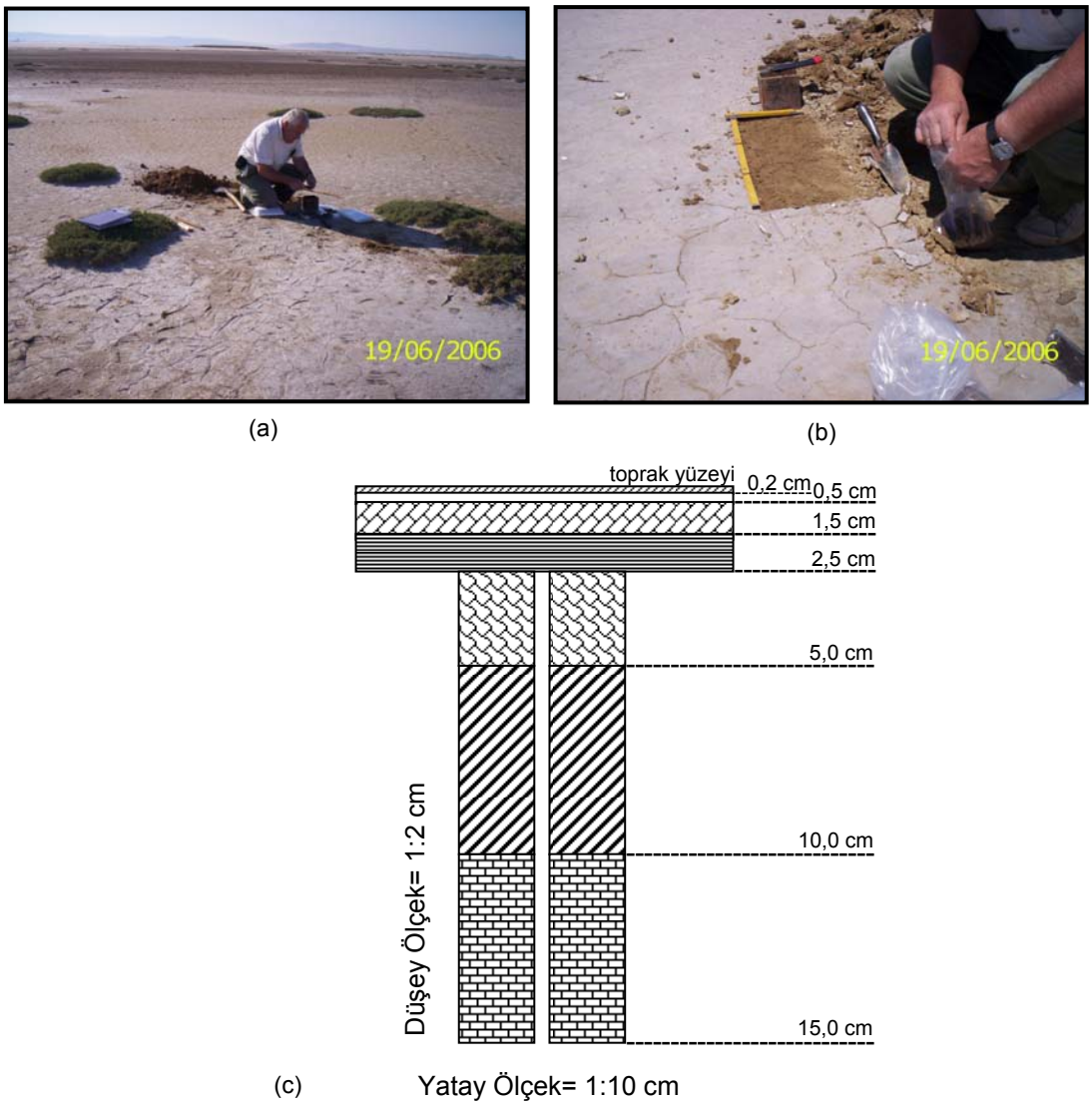
5.2.4. Tuzlu Topraklarda Tuzluluk Derecesinin Uydu Görüntüsü Kullanılarak Tahmin Edilmesi Amaçlı Modelleme

Topraklarda tuzluluk derecesinin belirlenmesi işlemi, elektriksel iletkenlik özelliğine göre gerçekleştirilir. Bu amaçla, laboratuar ortamında yapılan analizler sonucunda elde edilen, elektrik akımını taşıma kabiliyetinden (Elektriksel İletkenlik - EC) yararlanılarak toprak numunelerinin tuzluluk derecesi belirlenir (Tablo 5.3).

Çalışmanın bu bölümünde, topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacına yönelik olarak model oluşturulmuş ve sonuçların geçerliliği test edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak, 10-22.Haziran.2006 tarihleri arasında Tuz Gölünün kuzey bölgesinde gerçekleştirilen arazi çalışması esnasında (Şekil 5.9), konumları el-tipi GPS ile belirlenen toplam 13 adet noktada (her noktada 7

Tablo 5.3: Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre tuzluluk derecesi (www.khgm.gov.tr, 2006).

Elektriksel iletkenlik - EC (dS/m=mS/cm)	Tuzluluk derecesi
0-2	Tuzsuz
2-4	Çok hafif derecede tuzlu
4-8	Orta derecede tuzlu
8-15	Yüksek derecede tuzlu
>15	Çok fazla tuzlu



Şekil 5.13: Farklı derinliklerden toprak numunelerinin alınması.
(a)(b) Numunelerin alındığı 20x50cm^2'lik yüzey alanı ve (c) Düşey profil.

farklı derinlikte olmak üzere) toplam 91 adet toprak numunesi alınmıştır (bkz. Şekil 5.11). Araziden alınan toprak örneklerinin laboratuar analizleri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı Laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 5.4'de verilmektedir.

Numune alma işleminin üç gün sürdüğü, Landsat-5 uydusunun 20.Haziran.2006 tarihindeki üst geçişini de kapsayan söz konusu arazi çalışmasında, yer ve uydu verilerinin arasında korelasyon sağlamak amacıyla numune alınan noktalarda yapılan ölçmelere ilave olarak, 40 adet noktada uydu ile eş-zamanlı olarak (aynı saat ve dakikalarda) spektroradyometre ölçmeleri gerçekleştirilmiştir (Tablo C.1, bkz. Ekler). Yer ölçmelerinin Landsat-5 uydu verisi ile karşılaştırılabilmesi amacıyla, görüntü üzerinden 3x3 pencere boyutunda komşu piksellerin ortalaması alınarak,

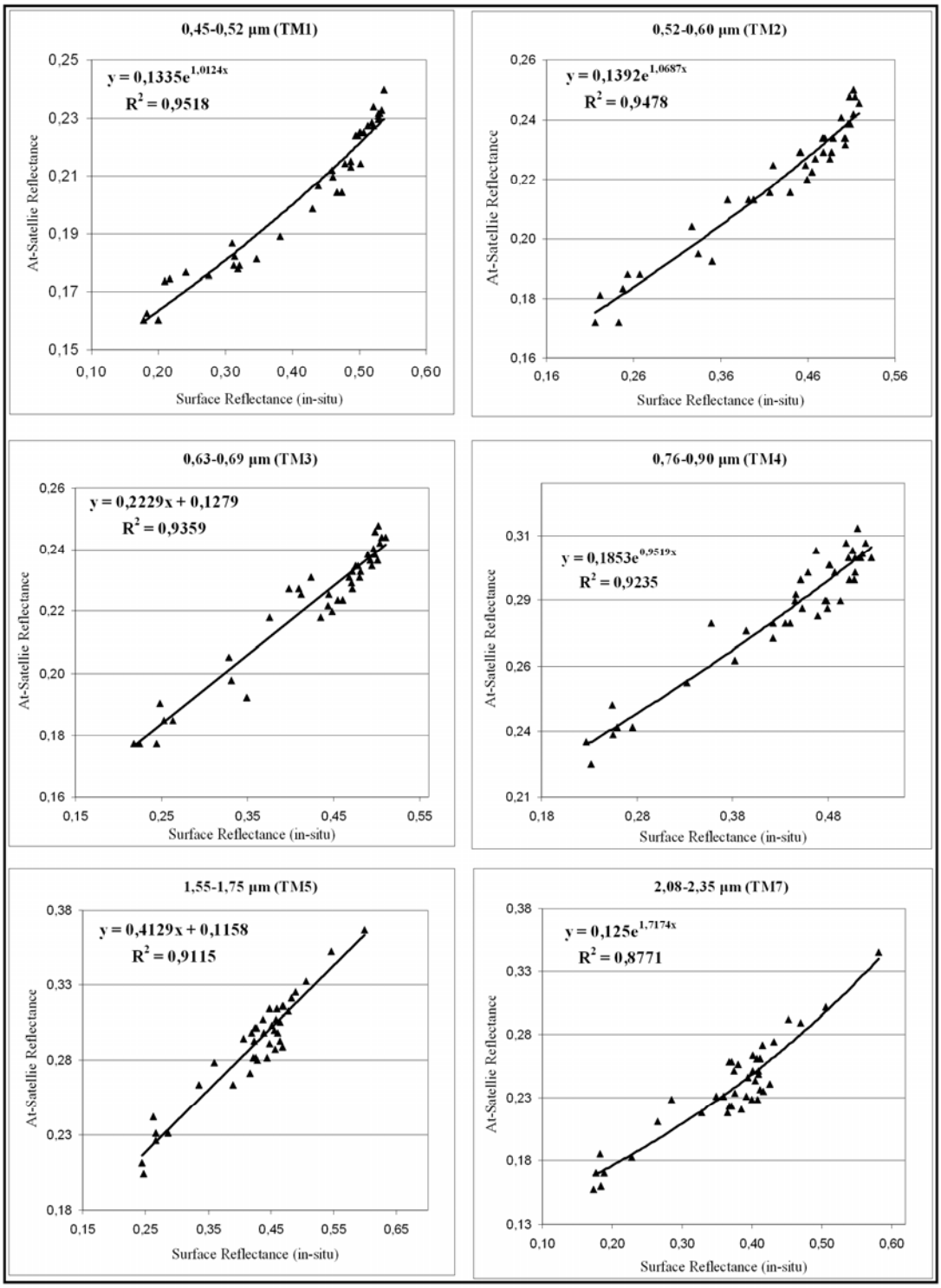
Tablo 5.4: Toprak numunelerinin analizi ile elde edilen elektriksel iletkenlik-EC (tuzluluk) değerleri.

Elektriksel İletkenlik-EC (mS/cm)								
		Numune Alınan Derinlik (cm)						
Nokta No	Numune No	0,0-0,2 (Yüzey)	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-5,0	5,0-10,0	10,0-15,0
1	1	21,00	20,60	15,76	13,65	12,27	9,70	9,61
	2	10,97	10,72	9,98	8,94	8,66	7,71	7,70
	3	16,81	14,29	13,18	10,92	10,22	6,96	6,07
2	1	25,10	24,60	21,80	16,00	15,56	11,51	11,69
	2	27,40	25,20	20,30	17,51	19,38	12,54	8,40
	3	23,70	23,50	21,20	19,18	16,56	10,39	7,14
3	1	27,40	26,10	27,30	22,10	19,76	18,09	12,10
	2	22,90	22,60	23,00	22,30	20,70	19,43	17,29
	3	28,40	28,50	23,15	22,70	22,00	19,06	13,38
4	1	23,10	20,80	13,43	6,78	4,60	2,48	2,11
5	1	16,46	15,57	13,61	11,73	7,59	5,99	7,24
	2	21,40	19,77	10,86	10,21	7,44	5,51	6,19
	3	21,22	19,89	12,02	11,31	8,96	6,51	7,09

(konumları el-tipi GPS ile belirlenen) toplam 40 adet noktada okunan parlaklık değerleri spektral radyans değerlerine dönüştürülmüştür (Tablo C.2, bkz. Ekler). Elde edilen yer ölçmeleri ve uydu görüntüsünden dönüştürülen yansıma değerleri analiz edilmiş ve yüksek oranda ($0.87<R^2<0.96$) korelasyona sahip oldukları tespit edilmiştir (Şekil 5.14).

Çalışmanın bir sonraki aşamasında ise toprak numunesi alınarak elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ölçülen noktalara ait parlaklık değerleri elde edilerek radyometrik düzeltme işlemi uygulanmıştır (Tablo C.3, bkz. Ekler).

Yer ve uydu verileri arasında korelasyon sağlanması ve aynı noktalara ait elektriksel iletkenlik ve parlaklık değerleri elde edilmesinden sonra modelleme işlemine geçilmiştir.



Şekil 5.14: Landsat-5 uydusunun 20.06.2006 (Saat: 10^{32}) tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak, toplam 40 noktada gerçekleştirilen yersel spektroradyometre ölçmeleri ve Landsat-5 uydu verisinden elde edilen yansıma değerleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları.

Bölüm 5.2.3'de yapılan uygulama sonucunda, yüzeydeki tuz miktarı ile orta kızılötesi bölgede algılanan yansıma değerlerinin ters orantılı olmasının eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile tespit edilmesi, tuz konsantrasyonunun yansıtmaya etkisinin bilinmesi ve tuzlu topraklarda tuzluluk miktarının uydu görüntüsü ile tahmin edilmesi amacıyla oluşturulacak bir modelin tasarımı açısından son derece önemlidir ki çalışmanın bu bölümünde oluşturulan model için bu bilgi temel alınmıştır. Tuzluluk derecesi (Elektriksel İletkenlik - EC) ile orta kızıl ötesi bölgede algılanan spektral (Landsat-5 TM, 5. ve 7.) bantlara ait yansıma değerlerinin ters orantılı olduğu bilgisinden yararlanılarak ve çoklu regresyon yöntemi kullanılarak aşağıdaki model oluşturulmuştur:

$$EC = a + b * \left(\frac{c * TM1 + d * TM2 + e * TM3 + f * TM4}{g * TM5 + h * TM7} \right) \tag{5.1}$$

bu eşitlikte;

- *EC* : (Tuzluluk) bağımlı değişken,
- *a, b, c, d, e, f, g, h* : model parametreleri,
- *TM1, TM2,…,TM7* : Landsat-5 TM (1., 2.,.....,7.) bantlarına ait yansıma değerlerine karşılık gelen bağımsız değişkenlerdir.

Kurulan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve test edilmiştir. Bu aşamada, uydu verisi ile yüksek korelasyona sahip olan (bkz.Tablo 5.2) ilk iki katmandan alınan toplam 26 adet numuneye ait değerler (20 tanesi modelin işletilmesinde, diğerleri ise test edilmesinde) kullanılmıştır. Modelin oluşturulması, çalıştırılması ve sonuçların test edilmesi aşamaları *Polymath©–6.0* programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlilik katsayısı R^2, regresyon denkleminin verilere olan uyumunun sağlanıp sağlanmadığının göstergesidir. Açıklanabilen değişimin toplam değişime oranı olan belirlilik katsayısı, bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkence açıklandığını gösterir. Örneğin bu çalışma için modelin ürettiği elektriksel iletkenlik–EC (tahmin) değerlerinin, hangi oranda yansıma değerlerinden elde edildiğini gösterir. Korelasyon katsayısının karesine eşit olan belirlilik katsayısının alabileceği en küçük ve en büyük değerler sıfır ve artı birdir ($0<R^2<1$).

Bu bilgiler ışığında, tasarlanan model Tablo 5.5'de verilen yansıma ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve çok tutarlı sonuçlar elde

Tablo 5.5: Topraklarda tuzluluk derecesinin uydu görüntüsünden tahmin edilmesi amacıyla model oluşturulması aşamasında kullanılan veriler (EC: elektriksel iletkenlik).

Nokta No	Landsat-5 TM						EC	EC (Model)
	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7		
1	68,98	71,22	66,50	78,32	15,95	4,30	21,00	19,440
2	78,02	64,17	64,88	83,01	14,44	3,67	10,97	9,874
3	64,76	65,34	60,05	81,58	15,63	3,67	16,81	15,299
4	78,62	92,37	87,45	83,21	15,95	4,41	25,10	24,250
5	105,73	97,07	89,87	69,36	13,68	4,07	27,40	24,914
6	91,27	87,67	79,39	64,47	12,49	3,84	23,70	24,765
7	89,46	94,19	81,00	79,14	16,39	4,64	27,40	25,661
8	93,68	95,07	85,84	80,76	21,89	5,89	22,90	23,816
9	108,74	107,64	91,48	76,69	15,30	4,58	28,40	27,338
10	74,40	82,14	74,97	75,88	19,20	5,89	21,40	21,333
11	85,00	85,32	78,58	79,14	18,87	5,66	21,22	20,954
12	68,98	71,22	66,50	78,32	15,95	4,30	20,60	19,440
13	78,02	64,17	64,88	83,01	14,44	3,67	10,72	9,874
14	64,76	65,34	60,05	81,58	15,63	3,67	14,29	15,299
15	78,62	92,37	87,45	83,21	15,95	4,41	24,60	24,250
16	105,73	97,07	89,87	69,36	13,68	4,07	25,20	24,914
17	91,27	87,67	79,39	64,47	12,49	3,84	23,50	24,765
18	89,46	94,19	81,00	79,14	16,39	4,64	26,10	25,661
19	93,68	95,07	85,84	80,76	21,89	5,89	22,60	23,816
20	108,74	107,64	91,48	76,69	15,30	4,58	28,50	27,338
1*	65,97	66,09	72,94	57,85	15,09	3,27	23,10	22,765
2*	75,00	59,63	78,58	51,14	18,87	5,66	16,46	15,453
3*	65,97	66,09	72,94	57,85	15,09	3,27	20,80	22,765
4*	75,00	59,63	78,58	51,14	18,87	5,66	15,57	15,453
5*	74,40	82,14	74,97	75,88	19,20	5,89	19,77	21,329
6*	85,00	85,32	78,58	79,14	18,87	5,66	19,89	20,948

* Model kontrol noktaları

$$EC = a + b*\left(\frac{c*TM1 + d*TM2 + e*TM3 + f*TM4}{g*TM5 + h*TM7}\right)$$

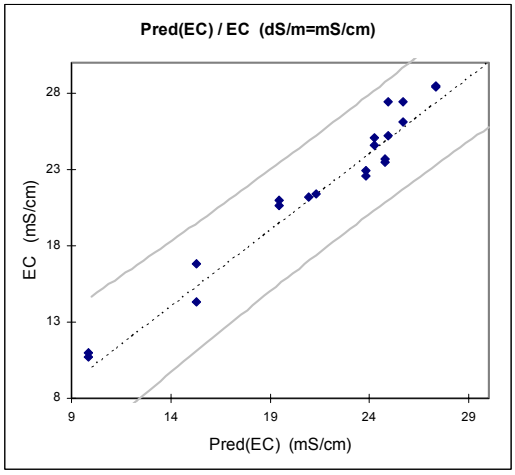
a =18,56646 e =-2,05966

b = 0,502981 f = -1,46565

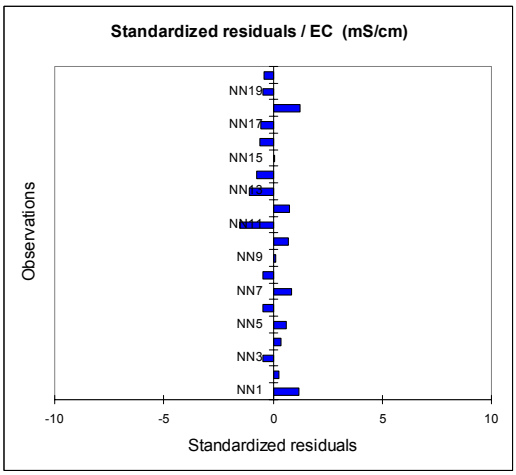
c = -0,92861 g = -0,7668

d = 4,515304 h = 3,616187

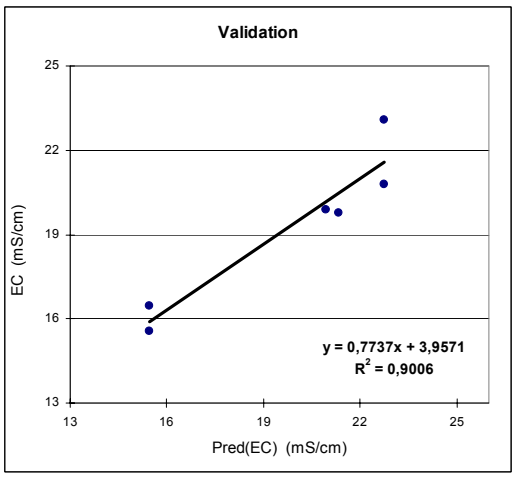
R^2 = 0,9537



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.15: Tuzlu topraklarda tuzluluk miktarının uydu görüntüsü kullanılarak tahmin edilmesi amacıyla oluşturulan modele ait katsayılar ve sonuçların geçerliliğinin analizi.

edilmiştir. Belirlilik katsayısı R^2=0,9537 olup model parametreleri, ölçülen ve tahmin edilen elektriksel iletkenlik-EC (model) değerleri Şekil 5.15'de özetlenmektedir. Sonuçların geçerliliğinin sağlanması amacına yönelik olarak modelin çalıştırılmasında işleme alınmayan dış (harici) noktalarda test edilmiştir. Bu şekilde yapılan kontrol ile sonuçların çok yüksek oranda (R^2=0,90) tutarlı oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.15 (c)).

Oluşturulan model ve sonuçları ayrıca, klasik çoklu regresyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

$$EC = a + b*TM1 + c*TM2 + d*TM3 + e*TM4 + f*TM5 + g*TM7 \qquad (5.2)$$

eşitliği ile ifade edilen klasik regresyon denklemi ile belirlilik katsayısı R^2=0,8827 olarak bulunmuştur. Sonuç veriler, çalışmada oluşturulan model ile daha yüksek doğruluklu (R^2=0,9537) değerler elde edildiğini ispatlamaktadır.

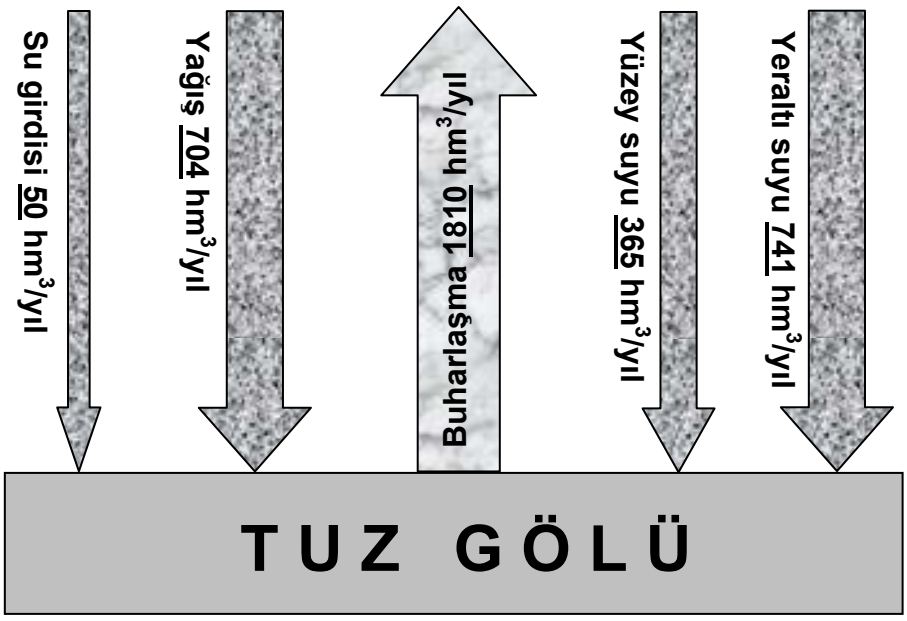
5.3. Tuz Gölü ve Yakın Çevresinde Zamana Bağlı Kuraklık Analizi

Meteorolojik veriler ve çok zamanlı uydu görüntüleri ile kuraklığın Tuz Gölü ve çevresine etkilerinin incelendiği bu bölümde, öncelikle göl çevresindeki su kaynaklarının mevcut durumu belirlenmiş ve uydu görüntüsü kullanımının gerekliliği açıklanmıştır. Daha sonraki aşamalarda ise meteorolojik veriler ile 1975-1992 ve 1993-2005 periyotları arasında meydana gelen ortalama sıcaklık ve toplam yağış değişimleri tespit edilmiş ve bu değişimlerin (kuraklığın) göle olan etkileri, çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak analiz edilmiştir.

5.3.1. Tuz Gölü ve Çevresindeki Su Kaynaklarının Analizi - Durum Tespiti

Özellikle 1980li yıllardan sonra Tuz Gölü ve çevresinde görülen kuraklık, son yıllarda etkisini daha da artırmıştır. Tuz Gölü'nde geniş bir bölümünde henüz Mayıs (2005) ayında tuz oluşumu tamamlanırken, yine Tersakan Gölü'nde (16.Mayıs.2005) numune alınacak kadar dahi su bulunamamıştır. Tuz Gölü ve çevresinin meteorolojik veriler ve çok zamanlı uydu verileri ile incelenmesi işlemlerine başlanmadan önce, göl ve çevresindeki kaynakların kullanımı ve yönetimi konusunda yapılan tespitler şu şekilde sıralanabilir:

- Tuz Gölü'nün doğal bir su dengesine sahip olduğu bilinmektedir (Şekil 5.16). Gölü besleyen su girişleri arasında en büyük paya sahip olan bileşen yeraltı sularıdır (741hm^3/yıl). Bu nedenle, Tuz Gölü'nü besleyen yeraltı sularının



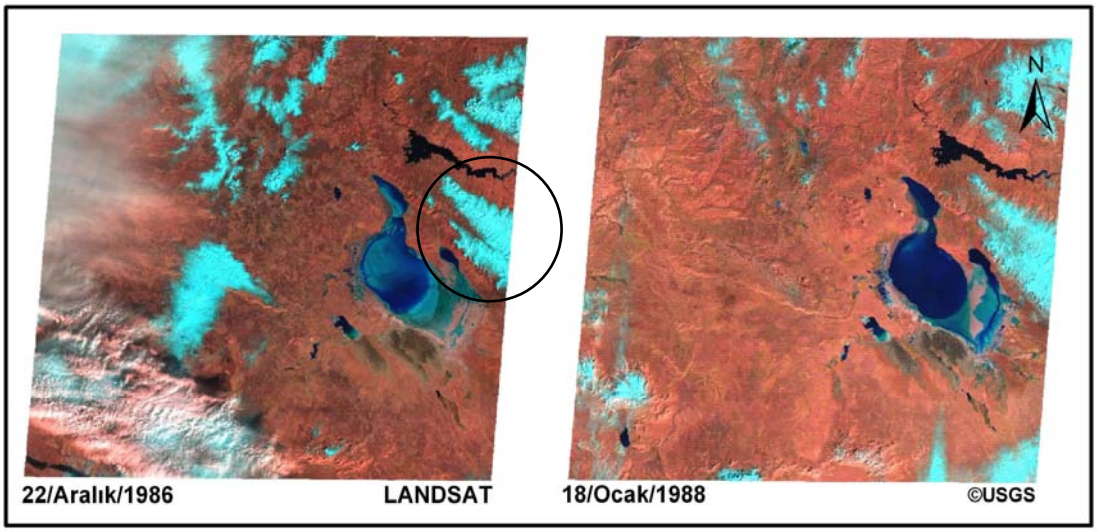
Şekil 5.16: Tuz Gölü'ndeki doğal su dengesi (ÖÇKKB, 2001).

tarımsal sulama amaçlı olarak kontrolsüz şekilde kullanımı, göldeki suyla kaplı alanlarda azalmaya neden olmuştur (Örmeci ve Ekercin, 2006). Yeraltı suları konusunda en önemli husus, meteorolojik olaylardan farklı olarak, kontrol edilebilir ya da kontrolsüz kullanımının önlenebilir olmasıdır.

- Yeraltı suyu kullanımı amaçlı olarak havzada, 6.000 adet kuyu ruhsatlı olarak açılmıştır. Bununla birlikte havzada yaklaşık 10.000 adet kuyunun da ruhsatsız olarak kaçak açıldığı bilinmektedir. Havzada bulunan ruhsatsız kuyulardan çekilen su yeraltı suyu seviyesinin aşırı düşmesine neden olmakla birlikte yeraltı suyu kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını engellemektedir.
- 1990'lı yılların başında, Tuz Gölü'nün (boğaz kısımdan yukarıda kalan) kuzey bölümünde kurulan tuz havuzlarında yeterli su seviyesinin sağlanması amacıyla göl, boğaz kısmında (Şereflikoçhisar-Kulu doğrultusunda) oluşturulan bir sedde ile ikiye bölünmüştür (Şekil 5.17). Bu uygulama sonucunda gölün daha çok su girişine sahip olan kuzey bölümünden güney bölümüne su geçişinin engellenmesi, zaman içerisinde denizden yükseklik seviyesi daha fazla olan, seddenin hemen altında kalan orta kısma göl sularının ulaşamamasına neden olmuştur.
- Peçeneközü Deresini besleyen, Tuz Gölü'nün doğusunda bulunan Ekecek Dağı (2133m) gölün kuzeyinin kuraklıktan etkilenmemesini sağlayan temel unsurdur (Şekil 5.18).

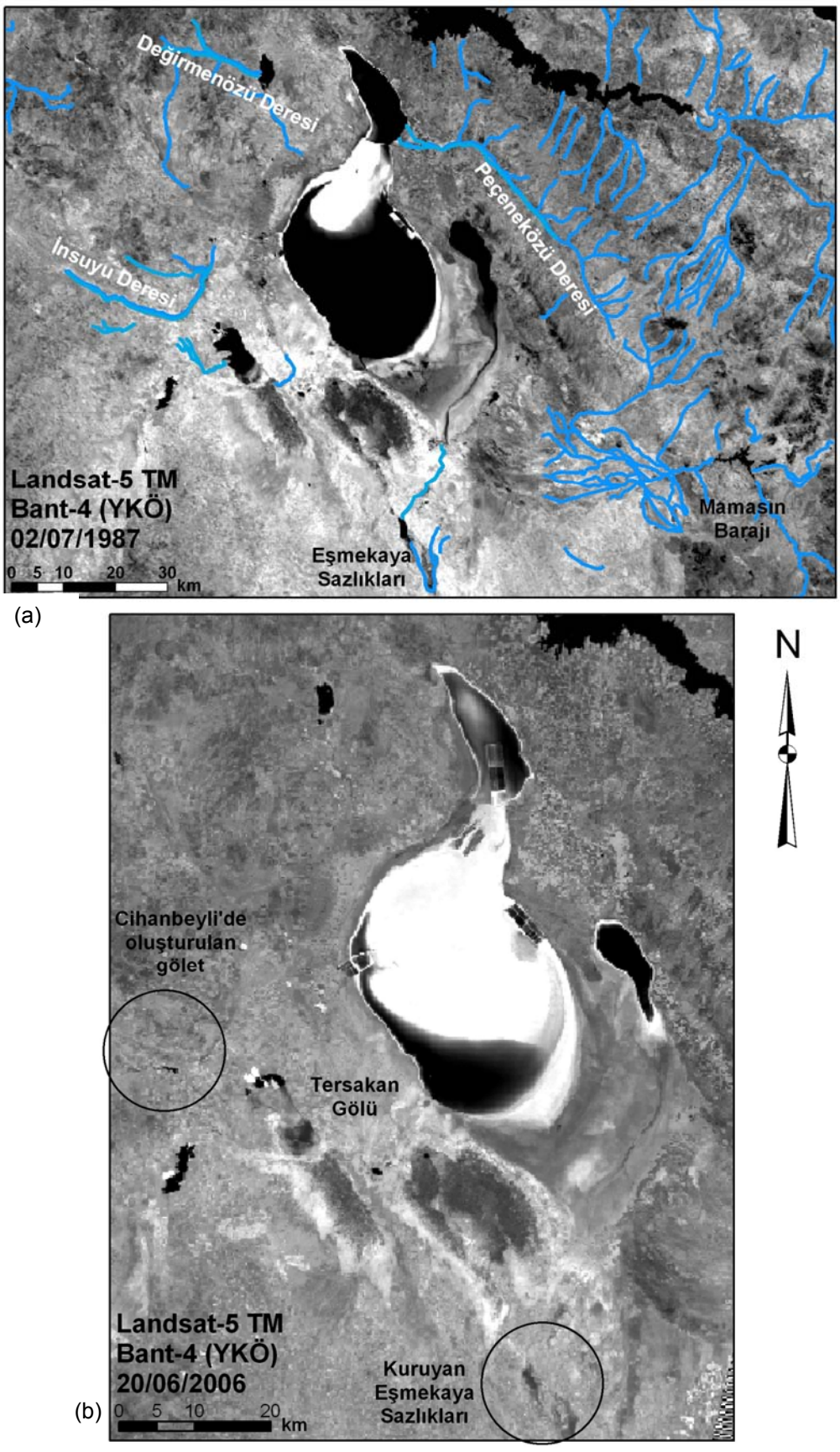


Şekil 5.17: Tuz Gölü'nün boğaz kısmında oluşturulan seddeden görünümler.
(a) Şereflikoçhisar-Kulu istikameti. (b) Kulu-Şereflikoçhisar istikameti.



Şekil 5.18: Tuz Gölü'nün kış mevsimine ait uydu görüntüleri ve Peçeneközü Deresini ve dolaylı olarak gölün kuzey bölümünü besleyen karla kaplı (camgöbeği rengi) Ekecek Dağının (2133m) uzaydan görünümü.

- Tuz Gölü'nün batı kıyılarından göle ulaşan iki temel kaynak, Cihanbeyli'den gelen İnsuyu Deresi ve Kulu'dan gelen Değirmenözü Dereleridir. Bu derelerin her ikisinin de yatakları değiştirilerek, İnsuyu Deresi Cihanbeylli'de oluşturulan gölete (1992), Değirmenözü Deresi de Düden Gölü'ne çevrilmiştir. Bu durum gölün batı kısmındaki (kıyılarındaki) çoraklığın artmasına neden olmaktadır.
- Gölü güneyden besleyen Eşmekaya Sazlıklarındaki (Bağlıca Kaynakları) su miktarının oldukça azaldığı tespit edilmiştir.
- Kirletici kaynakların belirlenmesi amacıyla yapılan arazi çalışması esnasında, henüz Mayıs ayında (16/05/2005), Tersakan Gölü'nden numune alınacak su bulunamamıştır.
- Melendiz suyu Çiftlik yöresinden doğar, Aksaray civarında Uluırmak adını alır. 1957 ila 1962 yılları arasında, Aksaray'ın kenarında bulunan Uluırmak Nehri üzerine Mamasın Barajı inşa edilmiş olup, sulama ve su temini amacıyla kullanılmaktadır. Melendiz çayının yıllık ortalama akımı 155 hm^3 olup bu miktarın baraj inşaatından önce yaklaşık 124 hm^3'ü göle ulaşmakta iken 1962 yılında Mamasın barajının işletmeye açılışından sonra Tuz Gölü'ne ulaşan miktar 21 hm^3 'e kadar düşmüştür.
- Gölü kuzeyden besleyen Peçeneközü Deresinin, özellikle yaz aylarında tarımsal sulama amacıyla (Şereflikoçhisar'a ulaşmadan önce ve hemen



Şekil 5.19: Tuz Gölü çevresindeki su kaynaklarının zamansal değişiminin Landsat-5 TM uydu verileri ile gösterimi (a)02/07/1987 (b) 20/06/2006.

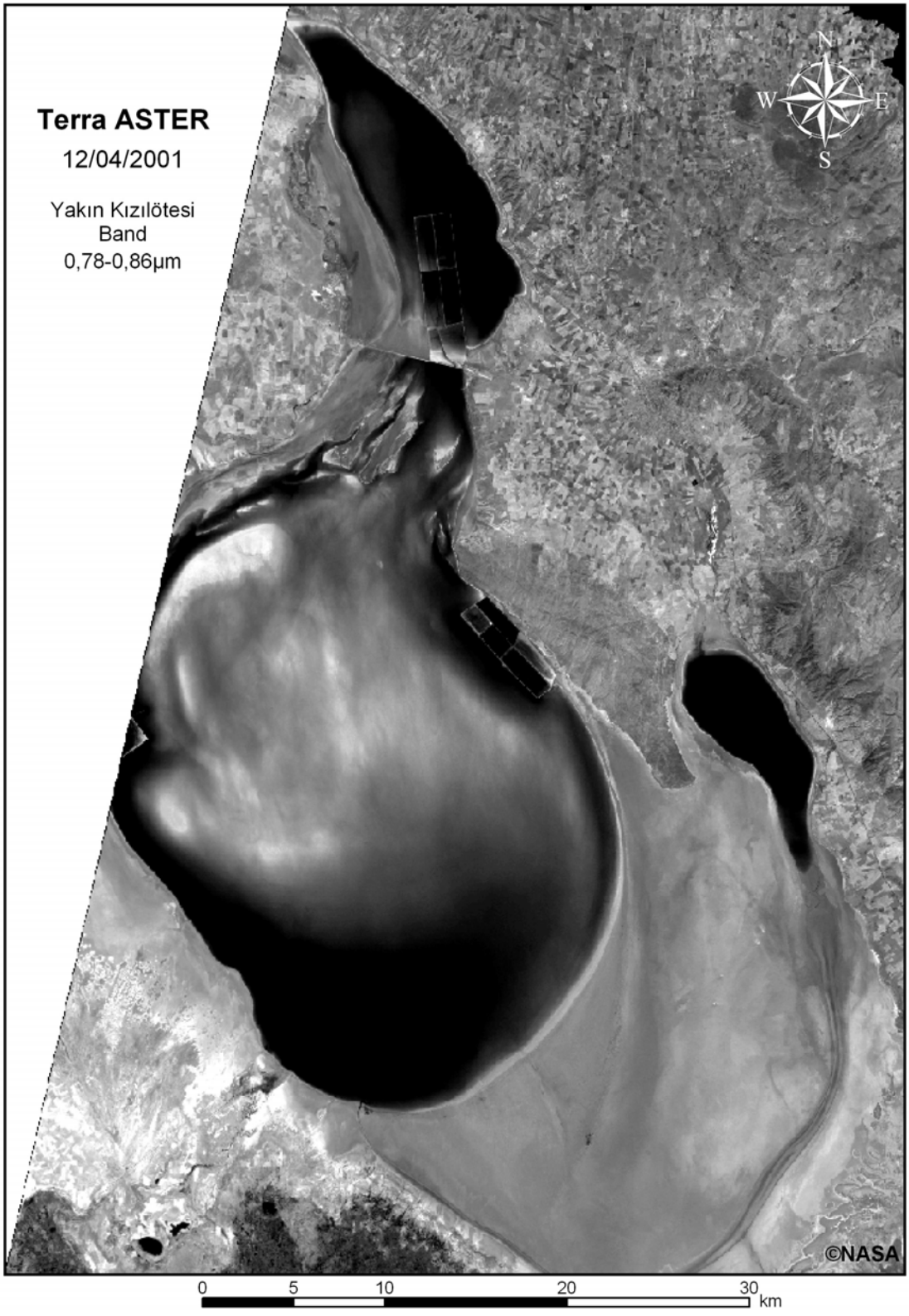
sonra) çevrildiği ve göle girişinin tamamen kesildiği yerinde gözlemlenmiştir. Bu derenin yıllık ortalama akımı 37 hm^3 civarındadır. Yaz aylarında deşarj az olmasına rağmen, dere devamlı bir akış gösterir. Nehri bazı mevsimlik kaynaklar besler ve yazın kururlar. Deşarj, 0,1-1 m3/s arasında değişmektedir. Dere üzerinde kurulması planlanan Peçenek Barajının Tuz Gölü'ne olabilecek çok muhtemel etkilerinin çok iyi irdelenmesi gerekmektedir.

5.3.2. Kuraklığın Tuz Gölü'ne Etkisini Konu Alan Çalışmalarda Uydu Görüntüsü Kullanımının Önemi ve Gerekliliği

Tuz Gölü, orta bölgeleri sığ, kıyı bölgeleri daha derin olan bir dip topografyasına sahiptir. Ayrıca, su ile kaplı olduğu bahar aylarında göl girilemez ya da riskli bölge iken girilebilen yaz aylarında gölde neredeyse hiç su kalmaz. Bu iki bilgi birleştirildiği zaman ortaya son derece önemli bir sonuç çıkmaktadır. Bu çalışmanın önemini de ortaya koyan bu sonuç, (tuz işletmelerindeki) kıyı noktalarda gerçekleştirilen su seviyesi ölçmelerinin, gölün orta bölgesindeki su seviyesini temsil edemeyeceği gerçeğidir. Bu durum, uzaktan algılanmış uydu görüntüsü kullanımının, girilemeyen ya da riskli bölgeler hakkında bilgi elde edilmesi konusundaki avantajı sayesinde tespit edilmiştir.

Nitekim Şekil 5.20'de 12.Nisan.2001 tarihli Terra ASTER uydu görüntüsü üzerinde görüldüğü gibi, kıyı boyunca (koyu renk tonunda görünen) su ile örtülü alanlarda su seviyesi ölçmeleri gerçekleştirilirken, gölün kıyıdan uzak olan orta bölgesinde (henüz nisan ayında) neredeyse hiç su kalmamıştır. Benzer şekilde, 2000, 2004, 2005 ve 2006 yıllarına (özellikle Nisan ve Mayıs aylarına) ait uydu görüntüleri de incelenmiş ve aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum, kuraklık nedeniyle göldeki su seviyesindeki azalma sonucunda ortaya çıkmıştır. Nitekim 1970li ve 1980li yıllarda algılanmış uydu görüntülerinde gölün orta kısımlarının tamamen suyla kaplı olduğu görülmüştür. Bu konuda gerçekleştirilen detaylı analiz sonuçları takip eden bölümde verilmektedir.

Çalışmada elde edilen bu sonuç, Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanlardaki değişimin izlenmesi ve kontrol edilmesi amacına yönelik olarak gerçekleştirilecek planlarda ve uygulama projelerinde uydu teknolojisi kullanımının önemini çarpıcı biçimde ortaya koymaktadır.



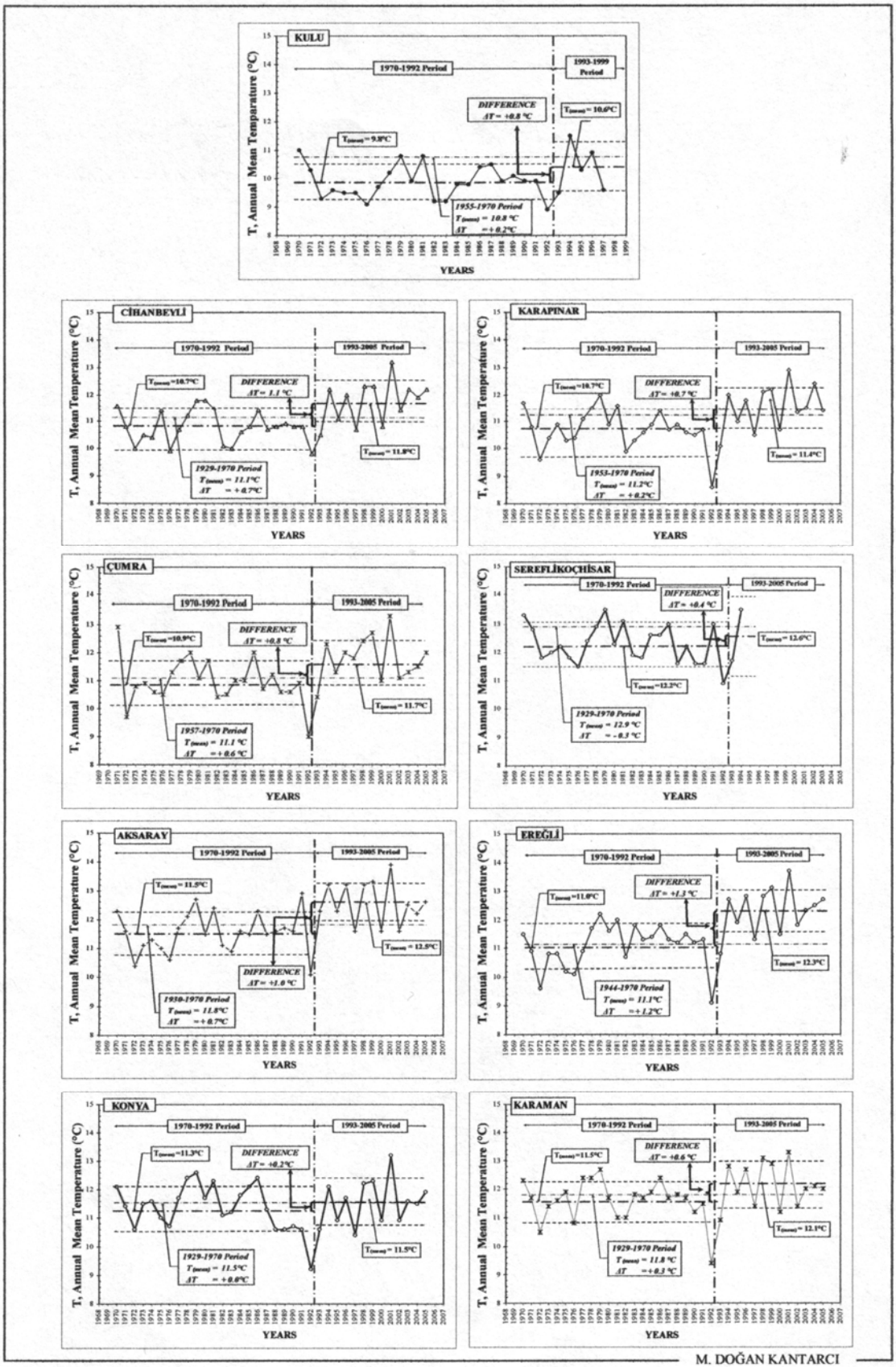
Şekil 5.20: Tuz Gölü'nün dip topografyasından kaynaklanan su seviyesi farklılıklarının uzaydan görünümü (Terra ASTER-Nisan, 2001).

5.3.3. Meteorolojik Veriler ile Zamana Bağlı Değişim Analizi

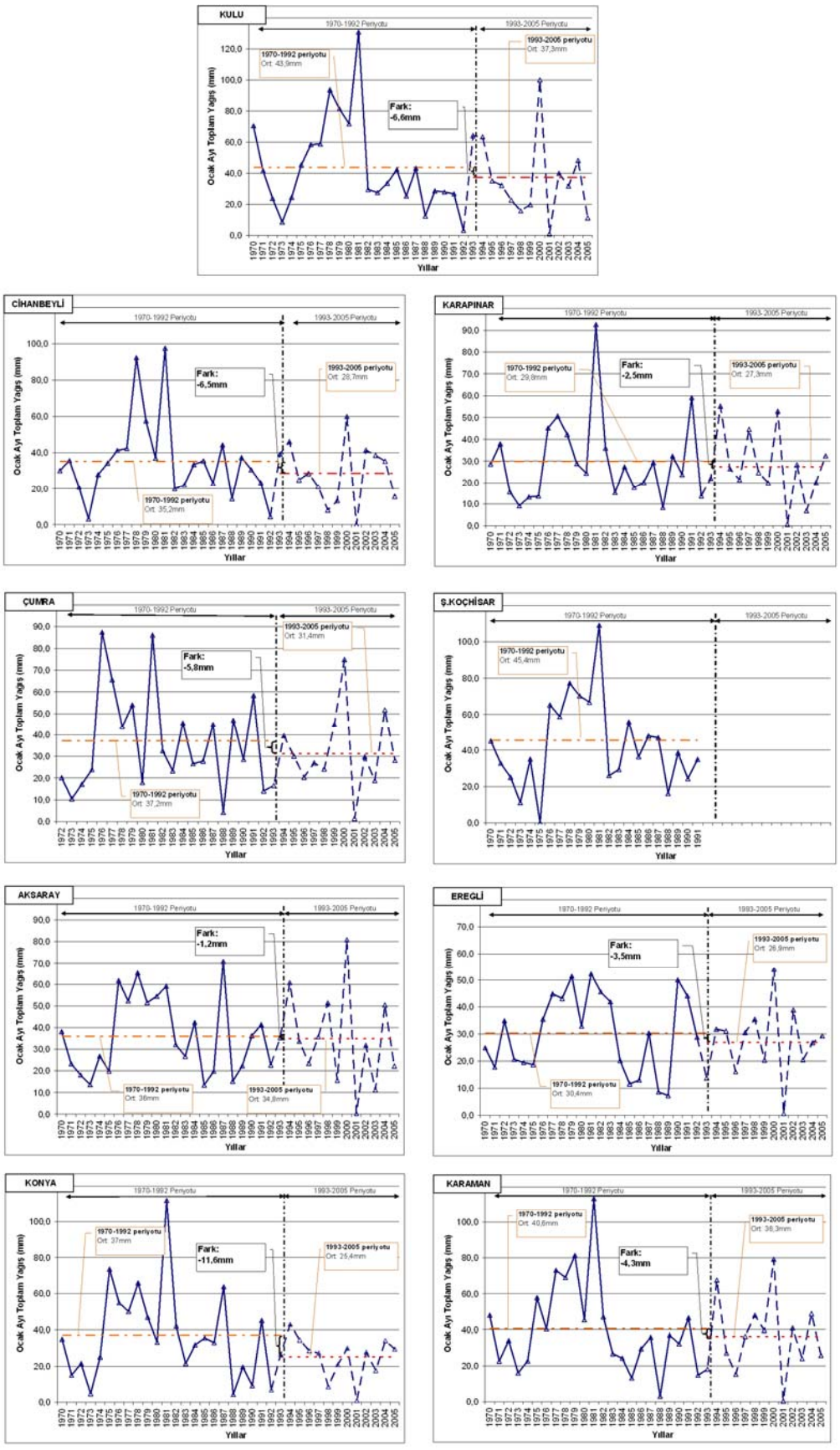
Atmosferin ısınması, özellikle değişimlerin daha ölçülebilir olduğu 1993 yılından sonra Türkiye'yi ciddi şekilde etkilemiştir. Bu ısınmanın açık sonuçları buzullarda, yüksek dağlarda ve deniz seviyesinden yüksekliği az olan kara parçalarında (özellikle sığ göllerde) görülebilmektedir. Buzullardaki erime uydu görüntüleri ile izlenebilirken, insanlar çıplak gözleriyle de bu değişimleri gözlemleyebilmektedirler. Deniz seviyesinden yüksekliği alçak olan bölgelerde bulunan göller ya kurudu (Akşehir Gölü, Eber Gölü ve Konya Ovası'ndaki küçük göller gibi) ya da küçülmektedir (Tuz Gölü ve Burdur Gölü gibi). Buna paralel olarak düşünülecek diğer önemli konu, hasar verici yoğun yağışların sıklığının son yıllarda artmasıdır. Dağlardaki ormanlık alanlarda meydana gelen azalma ve erozyon ise yok olmaya neden olan diğer önemli etkenlerdendir (Kantarcı, 2006).

Çalışmanın bu bölümünde, Tuz Gölü Havzası'nda bulunan 9 adet meteorolojik istasyona ait veriler ile 1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarındaki ortalama sıcaklık ve toplam yağış değişimleri analiz edilmiştir. Sıcaklık değişiminin belirlenmesi aşamasında Yıllık ortalama, Temmuz Ayı ortalama ve 5-Yaz Ayı (Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) ortalama sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi incelenmiştir. Yağış miktarlarındaki değişimin incelenmesi aşamasında ise Yıllık toplam, Ocak Ayı toplam ve 5-Yaz Ayı toplam yağış değerlerinin söz konusu periyotlardaki değişimleri değerlendirilmiştir. Bu işlemler için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden 35 yıllık periyot için sadece ham veriler (sıcaklık ve yağış değerleri) alınmış olup, yukarıda söz edilen parametreler için elde edilen değerlerin tamamı bu çalışmada hesaplanmıştır (bkz. Ek D ve Ek E).

Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen Yıllık Ortalama Sıcaklık değerlerinin 1970-1992 ve 1993-2005 periyotları için değişimi Şekil 5.21'de verilmektedir. 1993 ve 2005 yılları arasında ölçülen toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik verilerin değerlendirilmesi işlemi sonucunda 12 yıllık süre içerisinde, sıcaklık değerlerinde (1970-1992 periyotuna göre) 0,2°C ile 1,3°C arasında değişen miktarlarda ortalama artış olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.23). En yüksek miktarda değişim görülen merkez +1,3°C ile Ereğli iken en düşük artışın görüldüğü merkez 0,2°C ile Konya'dır. Tuz Gölü Havzası'nda bulunan diğer şehir merkezlerinde aynı periyot için görülen yıllık ortalama sıcaklık artış değerleri Kulu'da 0,8°C, Cihanbeyli'de 1,1°C, Çumra'da 0,8°C, Karaman'da 0,6°C, Karapınar'da 0,7°C, Aksaray'da 1,0°C'dir. Tuz Gölü açısından çok önemli olan Şereflikoçhisar'daki meteorolojik istasyonun 1994 yılında kapatılmış olmasından dolayı bu merkeze ait değerlendirme yapılamamıştır.



Şekil 5.21: Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen Yıllık Ortalama Sıcaklık değerlerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla 1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması (Kantarcı, 2006).



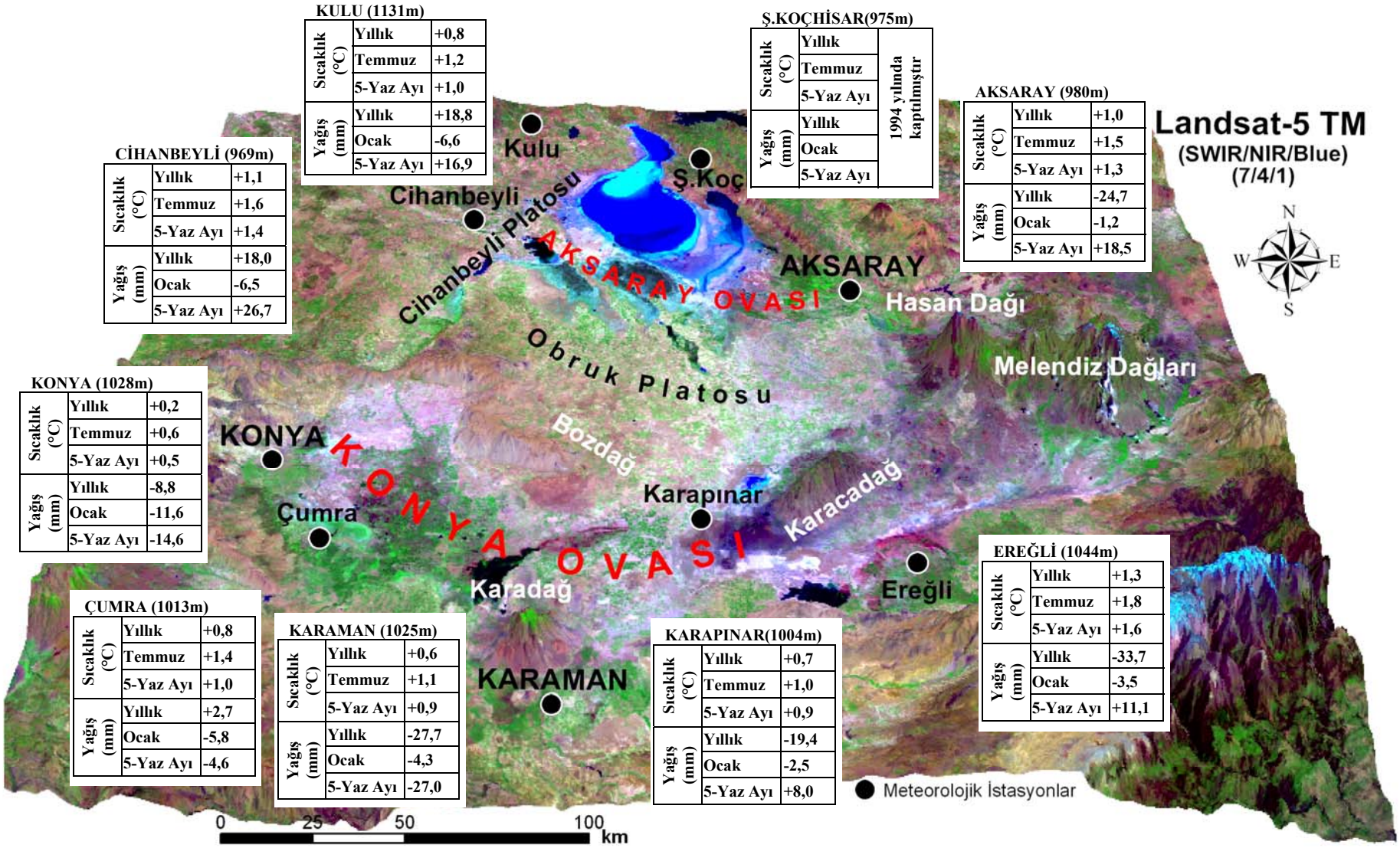
Şekil 5.22: Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen Ocak Ayı Toplam Yağış değerlerinin değişimi (1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması).

Sıcaklık değişimlerinin incelenmesi aşamasında karşılaşılan en dikkat çekici nokta, 5-Yaz ayı ve Temmuz ayı sıcaklık değerlerindeki artışın yıllık ortalama sıcaklık değerlerindeki artıştan daha da fazla olmasıdır. Bu durum tüm merkezler için aynı şekilde gerçekleşmektedir (Şekil 5.23). Örneğin, Ereğli için yıllık artış 1,3°C iken aynı periyot için elde edilen Temmuz ayı sıcaklık artışı 1,8°C olmaktadır. Diğer merkezlerde aynı periyot için Temmuz ayı sıcaklık değerlerde görülen ortalama artış Kulu'da 1,2°C, Cihanbeyli'de 1,6°C, Konya'da 0,6°C, Çumra'da 1,4°C, Karaman'da 1,1°C, Karapınar'da 1,0°C, Aksaray'da 1,5°C'dir. Bu noktada yaz kuraklığından söz edilebilir.

Çalışmanın diğer aşamasında ise sıcaklık değişimlerinin belirlendiği periyotta, toplam yağış miktarlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Tuz Gölü'nü besleyen kaynaklardan en büyük paya sahip olan yeraltı sularında son yıllarda görülen azalma dikkate alınarak, Ocak ayı yağış miktarlarındaki değişim öncelikli olarak incelenmiştir. Çünkü Ocak ayında (çoğunlukla kar olarak) meydana gelen yağışlar yeraltı sularını besleyen temel kaynaklardır.

Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen Ocak Ayı toplam yağış değerlerinin 1970-1992 ve 1993-2005 periyotları için değişimi Şekil 5.22'de verilmektedir.

Toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik verilerin değerlendirilmesi işlemi sonucunda 12 yıllık süre içerisinde, Ocak ayı toplam yağış değerlerinde (1970-1992 periyotuna göre) 1,2mm ile 11,6mm arasında değişen miktarlarda azalma olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.23). En yüksek miktarda azalmanın görüldüğü merkez 11,6mm ile Konya iken en düşük azalmanın görüldüğü merkez 1,2mm ile Aksaray'dır. Tuz Gölü Havzası'nda bulunan diğer şehir merkezlerinde aynı periyot için görülen, Ocak ayı toplam yağış miktarındaki azalma değerleri Kulu'da 6,6mm, Cihanbeyli'de 6,5mm, Çumra'da 5,8mm, Karaman'da 4,3mm, Karapınar'da 2,5mm, Ereğli'de 3,5mm'dir. Bazı merkezlerde görülen (Kulu ve Cihanbeyli gibi), yıllık toplam yağış miktarlarındaki artışın belirlenmesinde, özelikle 5-Yaz ayında meydana gelen yağışların hesaplamada etkili olduğu görülmüştür. Yaz aylarında meydana gelen yağışların sıcaklık ve buharlaşma nedeniyle (yaz kuraklığı da göz önünde bulundurularak) sadece yüzey suyu olarak kalacağı düşünülürse Ocak ayı yağışlarındaki azalmanın, yeraltı suyu seviyelerindeki düşmenin başlıca nedenlerinden olduğu kolaylıkla söylenebilir.



Şekil 5.23: Tuz Gölü Havzası'ndaki meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen sıcaklık ve yağış değişimleri;
(1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması).

Çalışmada özet olarak, toplam 9 adet istasyonda kayıt edilen meteorolojik verilerin değerlendirilmesi sonucunda (1970-1992 periyotuna göre) 1993 ve 2005 yılları arasında, yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde 0,2°C ile 1,3°C arasında artış, Ocak ayı toplam yağış değerlerinde 1,2mm ile 11,6mm arasında değişen miktarlarda azalma olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tüm merkezlerde (Konya hariç) Temmuz ayı sıcaklık değerlerinde 1,0°C'nin üzerinde artış belirlenmiştir. Dikkat çekici bir diğer husus ise Tuz Gölü'nü kuzey-güney doğrultusunda ikiye bölen bir çizgi çekildiğinde, bu çizginin batısında kalan istasyonlarda Ocak ayı toplam yağış değerlerinin daha çok düşmesidir.

5.3.4. Uzaktan Algılama ile Zamana Bağlı Değişim Analizi

Çalışmanın bu bölümünde, meteorolojik veriler ile belirlenen sıcaklık artışı ve yağış miktarlarındaki azalmanın bölgeye etkileri, çok zamanlı uydu verileri ile incelenmiştir. Bu amaçla Tuz Gölü ve çevresinde bulunan göllerdeki suyla kaplı alanlarda 1970li yıllardan günümüze kadar meydana gelen değişim Landsat ve Spot uydu verileri ile analiz edilmiştir.

5.3.4.1. Çok Zamanlı Landsat Uydu Verilerinin Değerlendirilmesi

Bölüm 5.2.2'de eş-zamanlı uzaktan algılama verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar, su ile örtülü alanların uydu verisi ile belirlenmesi işleminde sağlıklı bir hesaplamanın yapılabilmesi için en uygun spektral aralığın sadece yakın kızıl ötesi bölge olduğunu göstermiştir. Tuz Gölü ve çevresinde bulunan göllerdeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen değişimin, çok zamanlı uydu verileri ile analiz edildiği bu bölümde, Landsat-5 TM verileri kullanılarak 1987 ve 2006 yılları arasında Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanların değişimi incelenmiştir. Değişim analizi işlemlerine başlanmadan önce, çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin algılandığı tarihlerde yağış olup olmadığı kontrol edilmiştir (Tablo 5.6).

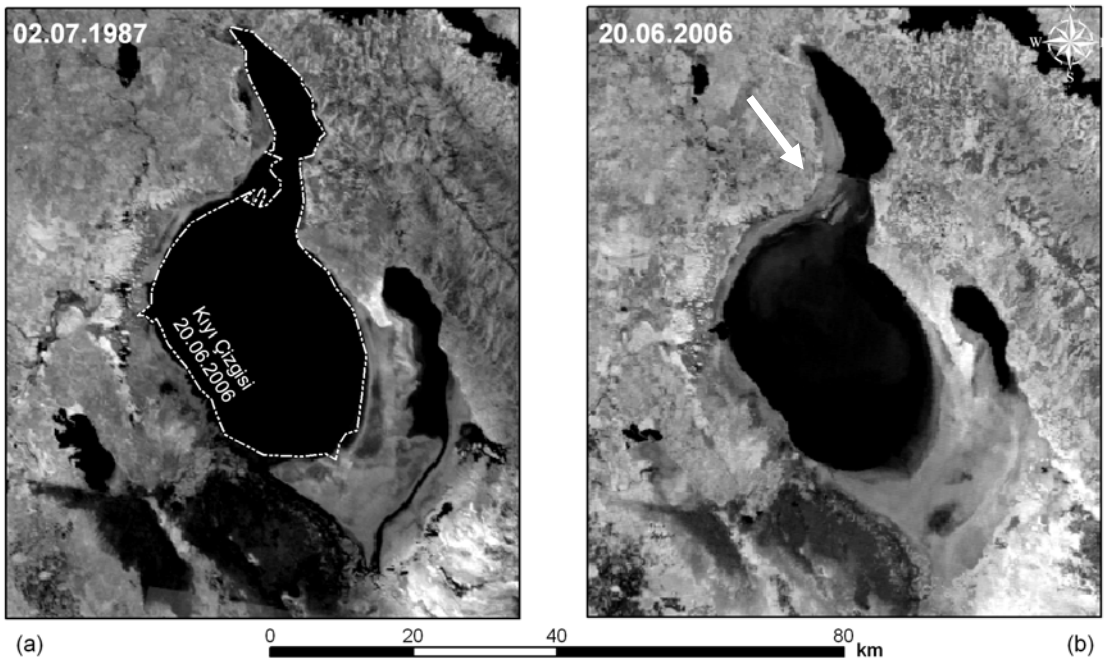
İlk olarak, 02.07.1987 ve 20.06.2006 tarihli Landsat-5 TM uydusuna ait termal bantlar kullanılarak, bölgedeki su ile örtülü alanlar ve göl çevresindeki yüzeyler nem içerikleri açısından genel olarak incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, özellikle gölün kuzeyine göre su girişinin daha az olduğu güney kısmında, sadece suyla kaplı alanlarda değil, nem içeren bölgeler dahi çok ciddi oranda azalma tespit edilmiştir (Şekil 5.24). Ayrıca gölün güney ve batısına ait kıyı çizgisinin çarpıcı şekilde değişerek gölün küçüldüğü belirlenmiştir. Özellikle, gölün kuzey kısmındaki tuz havuzlarında belirli bir su seviyesinin sağlanması amacıyla oluşturulan seddenin hemen altından başlayan gölün batı kıyısı boyunca (Şekil 5.24 (b)'de ok ile

Tablo 5.6: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin alındığı tarihlerde Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlarda kaydedilen günlük toplam yağış miktarları.

	GÜNLÜK TOPLAM YAĞIŞ (mm)								
	AKSARAY	CİHANBEYLİ	ÇUMRA	EREĞLİ	KARAMAN	KARAPINAR	KONYA	KULU	Ş.KOÇHİSAR
İstasyon No	**17192**	**17191**	**17900**	**17248**	**17246**	**17902**	**17244**	**17754**	**4982**
Tarih									
06.08.1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.08.1975*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
08.08.1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.05.1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.05.1987*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
16.05.1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.05.1987*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
18.05.1987	0	2	0	0	0	0	0	0	0
01.07.1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.07.1987*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
03.07.1987	1	0	0	0	0	0	0	0	2
02.08.1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.08.1987*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
04.08.1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.08.1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.08.1989*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
07.08.1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.08.1998	0	0	0	0	0	0	0	0	Kapalı
07.08.1998*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**-**
08.08.1998	0	0	0	0	0	0	0	0	**-**
21.05.2001	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22.05.2001*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**-**
23.05.2001	0	0	0	0	0	0	4	0	-
15.05.2005	0	0	1	0	0	0	1	0	-
16.05.2005*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**-**
17.05.2005*	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18.05.2005	0	2	0	0	0	0	0	2	-
29.07.2005	0	0	1	0	0	0	1	0	-
30.07.2005*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**-**
31.07.2005	0	2	0	0	0	0	0	2	-
06.08.2006	0	0	1	0	0	0	1	0	-
07.08.2006*	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**-**
08.08.2006	0	2	0	0	0	0	0	2	-

***** Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin algılanma tarihleri.

gösterilen bölge), kıyıdan göl içerisine doğru yer yer 5km'yi geçen çorak alanların ortaya çıktığı görülmüş ve 10-22.Haziran.2006 tarihleri arasında gerçekleştirilen arazi çalışması esnasında bölgedeki bu durum gözlemlenerek doğrulanmıştır. Suyun ulaşmadığı bu bölgede tuzun da artık oluşmadığı ve bölgenin tamamen

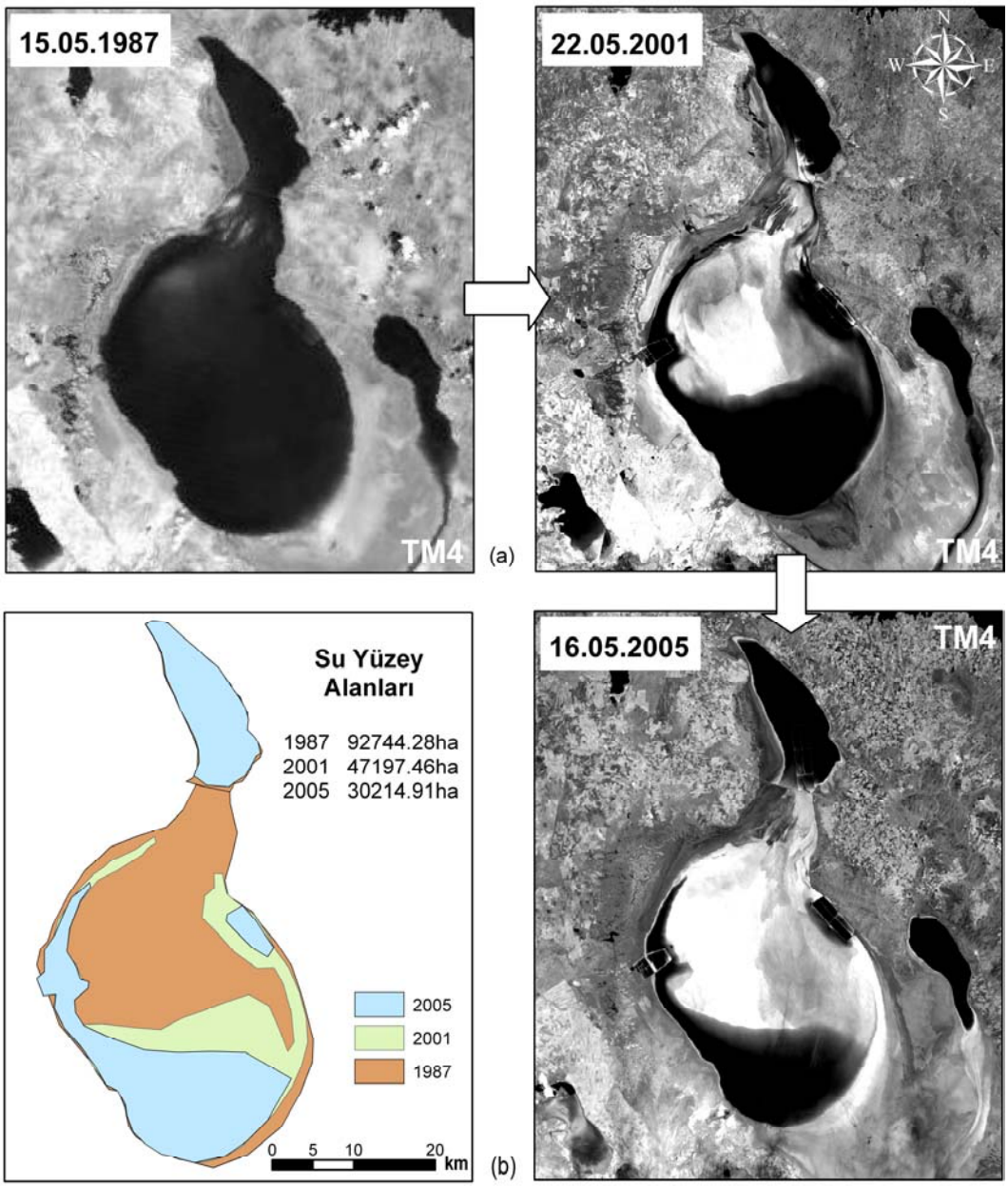


Şekil 5.24: Landsat-5 TM uydu verilerine ait termal bantların karşılaştırılması.
(a) 02.07.1987 (b) 20.06.2006.

çölleştiği yerinde tespit edilmiştir. Tuz oluşumundaki azalma hakkında ayrıntılı bilgi Bölüm 5.5'de verilmektedir.

İkinci aşamada da ise 1987-2001-2005 yılları arasında Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanlarda kuraklık nedeniyle meydana gelen değişimin miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Gölün batak zemininden dolayı dip topografyası hakkında halen mevcut bir bilgi olmaması nedeniyle, su rezervi miktarındaki değişim yerine, suyla kaplı alanlardaki değişim miktarı belirlenmiştir. Bu amaçla, 1987-2001-2005 (Mayıs) yıllarına ait Landsat-5 TM uydu görüntülerinin yakın kızılötesi bantları (ISODATA algoritması kullanılarak) sınıflandırılmış ve elde edilen toplam 20 adet sınıf "*kara ve su*" olmak üzere iki sınıf altında birleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda, su ile örtülü yüzey alanlar ayırt edilerek, miktarlarının belirlenmesine imkân sağlanmıştır.

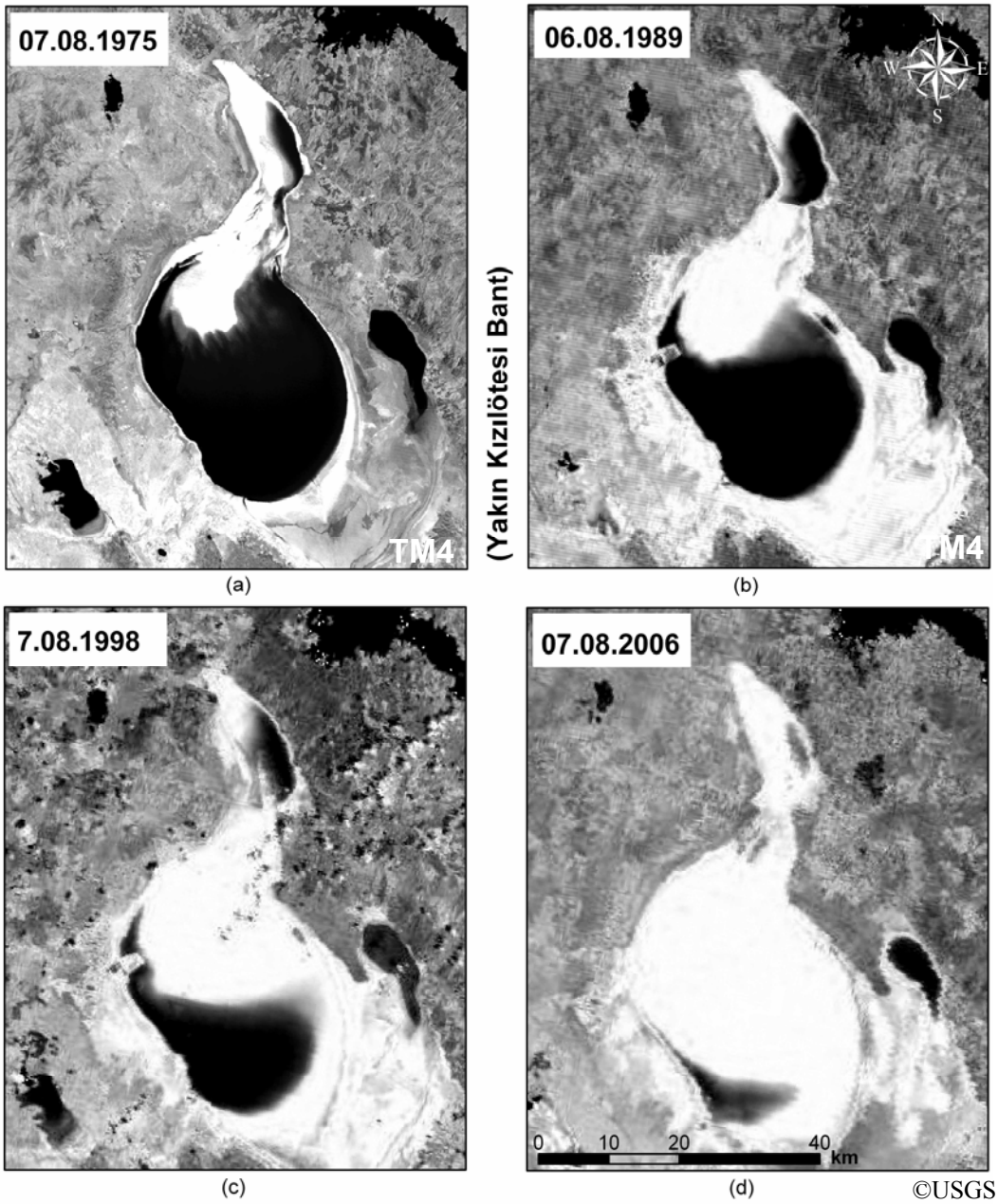
Landsat uydusuna ait yaklaşık aynı günlerde algılanmış görüntüler kullanılarak gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanların 1987 yılında 92744.28ha iken 2001 yılında 47197.46ha'a, 2005 yılında da 30214.91ha'a düştüğü belirlenmiştir. Nitekim bu azalma, Şekil 5.25 (a) ve (b)'de görülen söz konusu yıllara ait uydu görüntülerinin görsel olarak karşılaştırılması ile de kolaylıkla fark edilebilmektedir. Burada en dikkat çekici ve gölün geleceği açısından endişe verici olan husus, suyla kaplı alanlardaki azalmanın hızını artırmış olmasıdır. Yani, 1987-2001 ve 2001-2005 periyotları karşılaştırılırsa, 14 yıllık ilk



Şekil 5.25: Landsat-5 TM uydu verilerine ait yakın kızılötesi bantların karşılaştırılması ile su ile kaplı alanlardaki zamansal değişimin tespiti (Mayıs-1987, 2001 ve 2005).

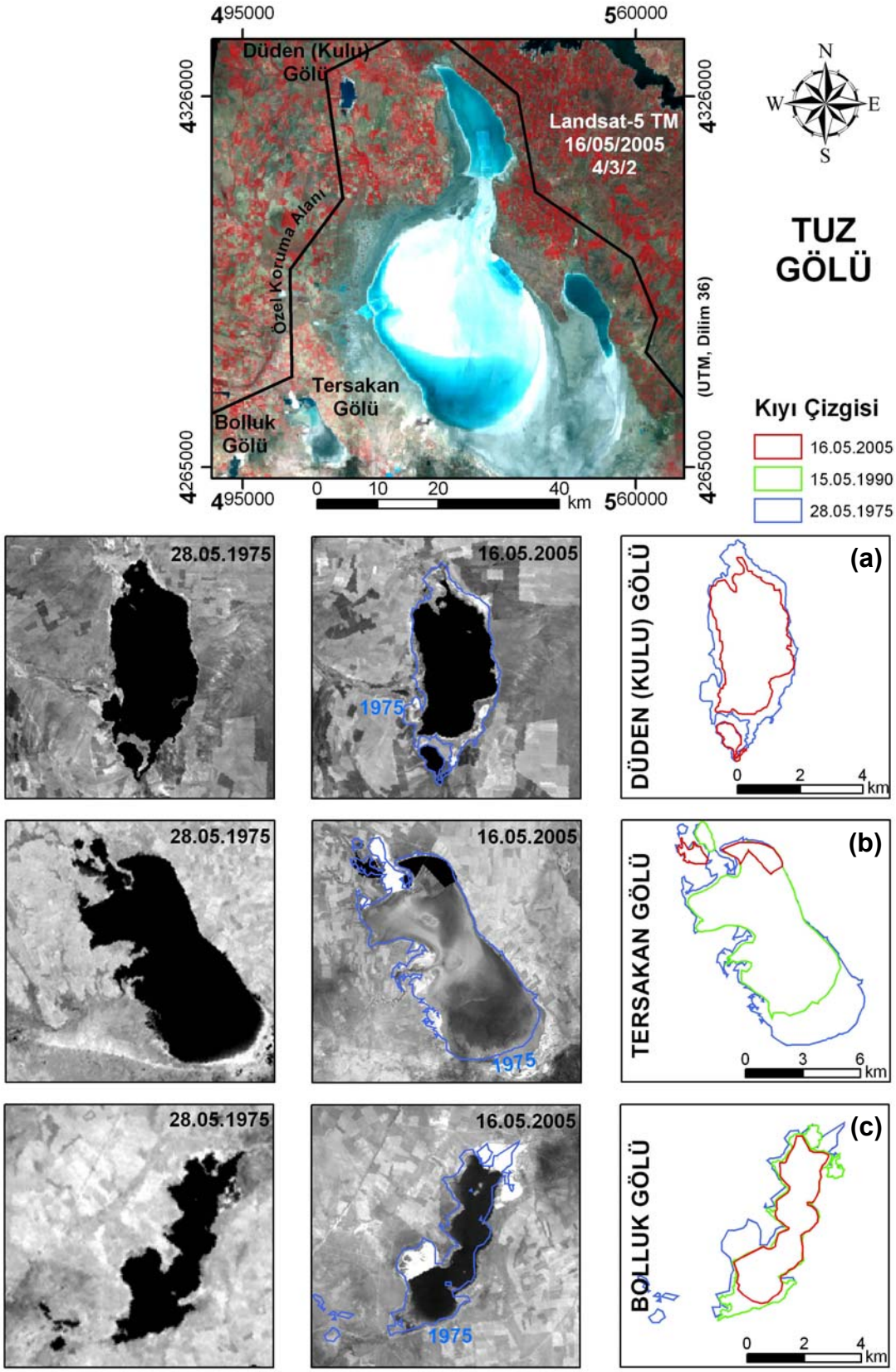
periyot için yaklaşık 45ha'lık bir azalma görülürken, 4 yıllık ikinci dönem için 17ha'lık alan küçülmesinin tespit edilmesidir.

Çalışmanın diğer aşamasında ise bölgede görülen yaz kuraklığının göldeki suyla kaplı alanlara etkisinin araştırılması amacıyla 1975, 1989, 1998 ve 2006 yıllarının Ağustos aylarında algılanmış uydu görüntüleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Şekil 5.26, çok zamanlı uydu görüntülerinin görsel olarak karşılaştırılmasına ve



Şekil 5.26: Yaz kuraklığı ve su kaynaklarının kontrolsüz kullanımı nedeniyle Tuz Gölü'ndeki su ile kaplı alanlarda meydana gelen zamansal değişimin tespiti.
(a) Landsat-2 MSS, 1975. (b) (c) (d) Landsat-5 TM, 1989, 1998 ve 2006.

yorumlanmasına imkân sağlamaktadır. Şekil 5.26 (a) ve (d)'de verilen 07.081975 ve 07.08.2006 tarihli (aynı gün algılanmış) görüntülerin karşılaştırılması ile meydana gelen değişim boyutları açıkça görülebilmektedir. 1975 yılında gölün özellikle güney bölümünün tamamına yakın kısmı suyla kaplı iken 2006 yılında, Konya Ana Tahliye Kanalının göle ulaştığı bölge dışında gölde hiç su bulunmamaktadır. Dikkat çeken bir diğer husus ise 1989 ve 2006 yılları arasında suyla alanlarda meydana gelen azalmanın, 1975-1989 periyotuna göre çok daha fazla olmasıdır.



Şekil 5.27: Tuz Gölü çevresinde (Özel Koruma Alanı içerisinde) bulunan göllerde kuraklık nedeniyle oluşan kıyı çizgisi değişimleri (1975-1990-2005).

Bu bölümde gerçekleştirilen çalışmaların son aşamasında ise Tuz Gölü çevresinde (Özel Koruma Alanı içerisinde) bulunan Düden (Kulu), Tersakan ve Bolluk Göllerine ait kıyı çizgisi değişimleri irdelenmiştir. 1975, 1990 ve 2005 yıllarına ait Landsat MSS ve TM uydu verileri kullanıldığı bu uygulamada ilk olarak, farklı uzaysal çözünürlüğe sahip Landsat MSS (80m) ve Landsat TM (30m) görüntüleri (karşılaştırılma yapılabilmesi amacıyla) 80m piksel boyutuyla yeniden örneklenmiştir. Bu işlem sonrasında, bir önceki uygulamada yapılan işlemler tekrarlanmış ve elde edilen suyla kaplı alanlara ait (raster) sınıflar, vektörlere dönüştürülerek (raster-vector conversion) kıyı çizgileri elde edilmiştir.

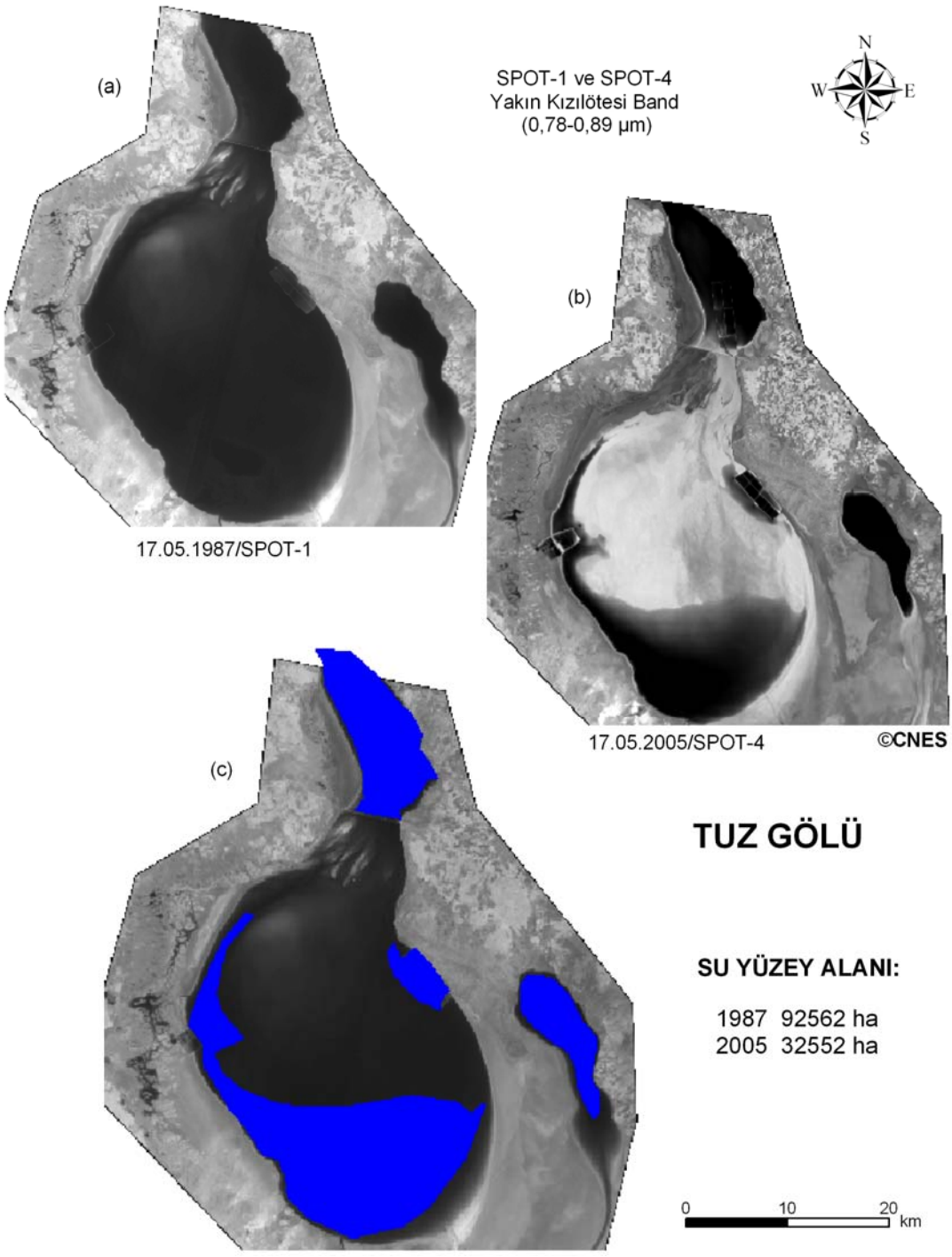
Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Alanı içerisinde bulunan söz konusu göllerin 30 yıllık periyot içerisinde kuraklıktan çok ciddi derecede etkilendiği Şekil 5.27'de açıkça görülmektedir. Düden ve Bolluk Göllerinde kıyı çizgisi değişimlerinin 1km'yi geçtiği belirlenmiştir. Tersakan Gölü'nde ise 16.05.2005 tarihinde yapılan arazi çalışması esnasında (göl kenarında görülen işletme tarafından oluşturulan su havuzu dışında), su numunesi alınacak bölge dahi bulunamamıştır (Şekil 5.27 (b)).

Bu noktada, Tersakan Gölü'nün tarımsal alanların en yoğun olduğu bölgede bulunduğunu hatırlamakta yarar vardır. Nitekim kuraklığın göle olan etkisine ilave olarak (Tersakan) göl suyunun da sulama amaçlı kullanımı sonucunda, henüz mayıs ayında göl tamamen kurumuştur.

5.3.4.2. Çok Zamanlı SPOT Uydu Verilerinin Değerlendirilmesi

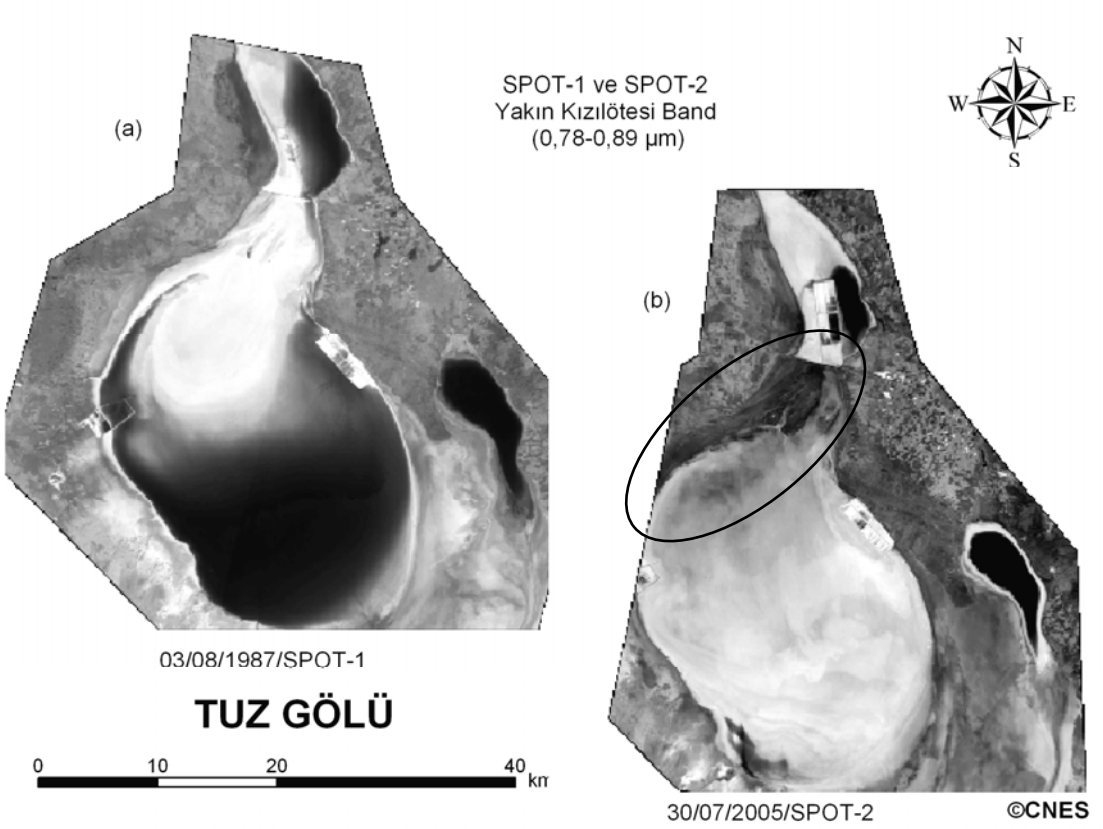
Bir önceki bölümde çok zamanlı Landsat uydu verileri ile yapılan suyla kaplı alanlardaki değişim analizi işlemi, bu bölümde çok zamanlı Spot uydu verileri ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Bölüm 5.3.4.1'de uygulanan, ISODATA algoritması ve sonuç sınıfların birleştirilmesi ile suyla kaplı alanların elde edilmesi yöntemi, bu bölümde Spot uydu verileri için uygulanmıştır. Çalışmada, 17.05.1987 ve 17.05.2005 tarihlerinde (aynı gün ve saatte) algılanan çok zamanlı Spot-1 ve Spot-4 (©CNES) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanların uydu verisi kullanılarak belirlenmesi işleminde, uygun spektral aralığın sadece yakın kızıl ötesi bölge olması nedeniyle (bkz. Bölüm 5.2.2 ve Şekil 5.7), görüntülerdeki su yüzey alanlarının belirlenmesi aşamasında sadece yakın kızılötesi bantlar kullanılmıştır.

Çok zamanlı uydu verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar, 18 yıllık periyot içerisinde su yüzey alanlarının %30'luk bir oranla 92 562ha (1987)'dan 32 552ha (2005)'a düştüğünü göstermektedir. Şekil 5.28 (a) ve (b)'de görülen 1987 ve 2005 yıllarında (aynı gün ve saatte) algılanmış Spot uydu görüntülerine ait yakın kızılötesi



Şekil 5.28: Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanlarda medya gelen azalmanın SPOT uydu verileri yardımıyla tespiti (Görüntüler, 1987 ve 2005 yıllarında aynı gün ve saatte kaydedilmiştir; 08:[25] GMT).

bantlar ile elde edilen yüzey alanları Şekil 5.28 (c)'de karşılaştırılmaktadır. Bu şekilde, suyla kaplı alanlardaki azalmanın boyutları çok çarpıcı biçimde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.29: Tuz Gölü'ndeki su ile kaplı alanlardaki zamansal değişimin çok zamanlı Spot uydu verileri ile tespiti (1987-2005 yılları yaz aylarının karşılaştırılması - Yaz Kuraklığı).

Çalışmanın diğer aşamasında ise bölgede görülen yaz kuraklığının göldeki suyla kaplı alanlara etkisinin araştırılması amacıyla, yaz aylarında algılanmış çok zamanlı Spot uydu verileri incelenmiştir. 03.Ağustos.1987 ve 30.Temmuz.2005 tarihli Spot uydu görüntülerinin karşılaştırılması ile elde edilen sonuçlar, (bir önceki bölümde Landsat uydu görüntüleriyle de belirlendiği gibi) gölün kuraklıktan çok ciddi şekilde etkilendiğini göstermektedir. 1987 yılında gölün büyük bölümünün suyla kaplı olduğu görülürken 2005 yılında, Konya Ana Tahliye Kanalının göle ulaştığı bölge dışında gölün güneyinde hiç su bulunmamaktadır (Şekil 5.29).

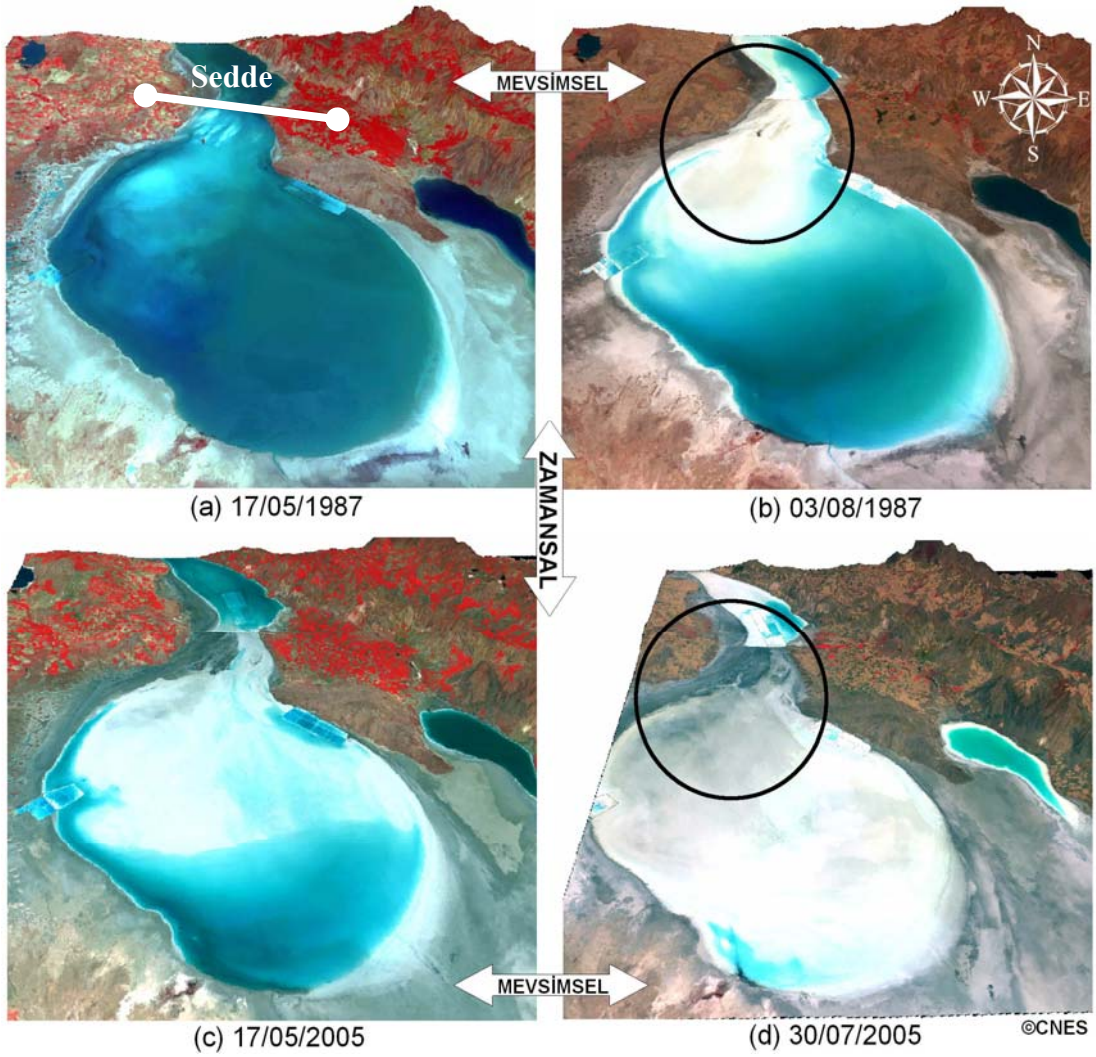
Tuz Gölü'nü ikiye bölen seddenin hemen altından itibaren gölün batı kıyısında başlayan çölleşme (Şekil 5.29 (b)'de daire içine alınan bölge), bu bölümde kullanılan Spot görüntülerinde de açıkça görülmektedir.

5.4. Tuz Gölü ve Yakın Çevresinde Görülen Kuraklığın Tuz Oluşumuna Etkisinin Belirlenmesi

Toprak yüzeyinde başlayan buharlaşma ile yüzeyde tuz oluşumu meydana gelmektedir. Toprak yüzeyinde buharlaşma ise yüzeyde bulunan suyun miktarına bağlıdır (bkz. Bölüm 5.2.3). Bu bilgiler ışığında, bu bölümde, Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen azalmanın, tuzla kaplı alanlara etkisi irdelenmiştir.

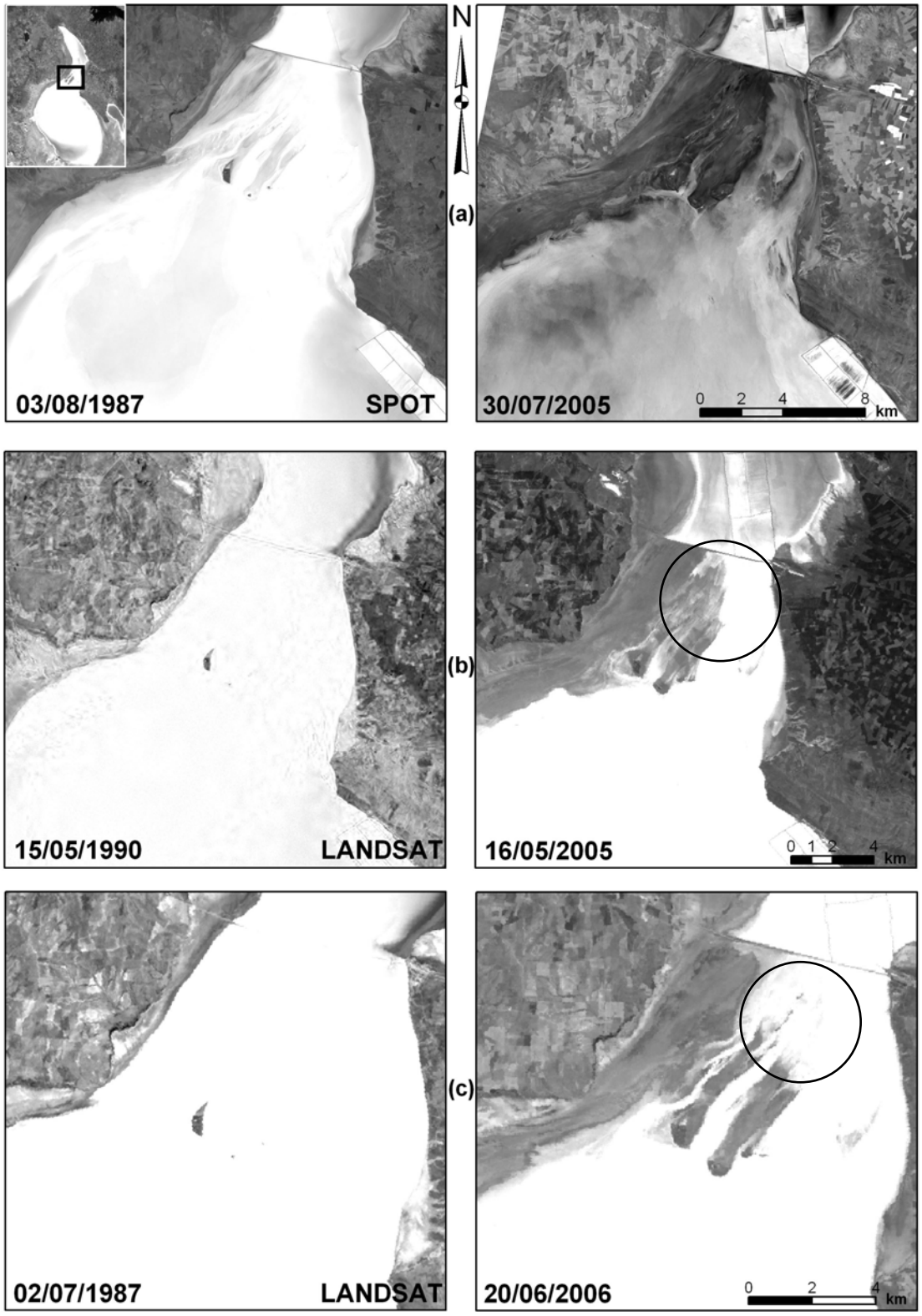
5.4.1. Çok Zamanlı Uydu Verileri ile Analiz

Çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri kullanılarak gerçekleştirilen bu uygulamada (Şekil 5.30), özellikle 1990lı yıllardan sonra gölün, oluşturulan seddenin hemen altında ve batı kıyılarında kuraklık nedeniyle baş gösteren



Şekil 5.30: 1987-2005 yılları arasında Tuz Gölü'ndeki su rezervi değişimine bağlı olarak ortaya çıkan, tuz oluşumundaki azalmanın çok zamanlı ve üç boyutlu Spot uydu görüntüleri yardımıyla tespiti.

tuz oluşumundaki azalma, uydu görüntüleri kullanılarak tespit edilmiş ve nedenleri araştırılmıştır. Suyla kaplı alanlardaki azalmaya bağlı olarak ortaya çıkan, tuz oluşumundaki azalmanın tespitinde kullanılan uydu görüntülerinin karşılaştırılması



Şekil 5.31: Tuz oluşumundaki azalmanın çok zamanlı uydu verileri ile analizi.

aşamasında, tuzun en yüksek spektral yansıtma özelliği gösterdiği, elektromanyetik spektrumun yeşil bölgesinde (0,5-0,6µm) algılanmış bantlar kullanılmıştır.

Şekil 5.31'de görüldüğü gibi gölü ikiye bölen seddenin hemen alt kısmındaki bölgede tuz oluşumu açısından 1987-2005 yılları arasında çok ciddi oranda azalma meydana gelmiştir. 2005 yılına ait Landat ve Spot uydu görüntüleri ve yerinde yapılan detaylı incelemeler, bu bölgede tuzun hiç oluşmadığını ve göl zeminin tamamen çatlamış toprak şekline dönüştüğünü göstermiştir.

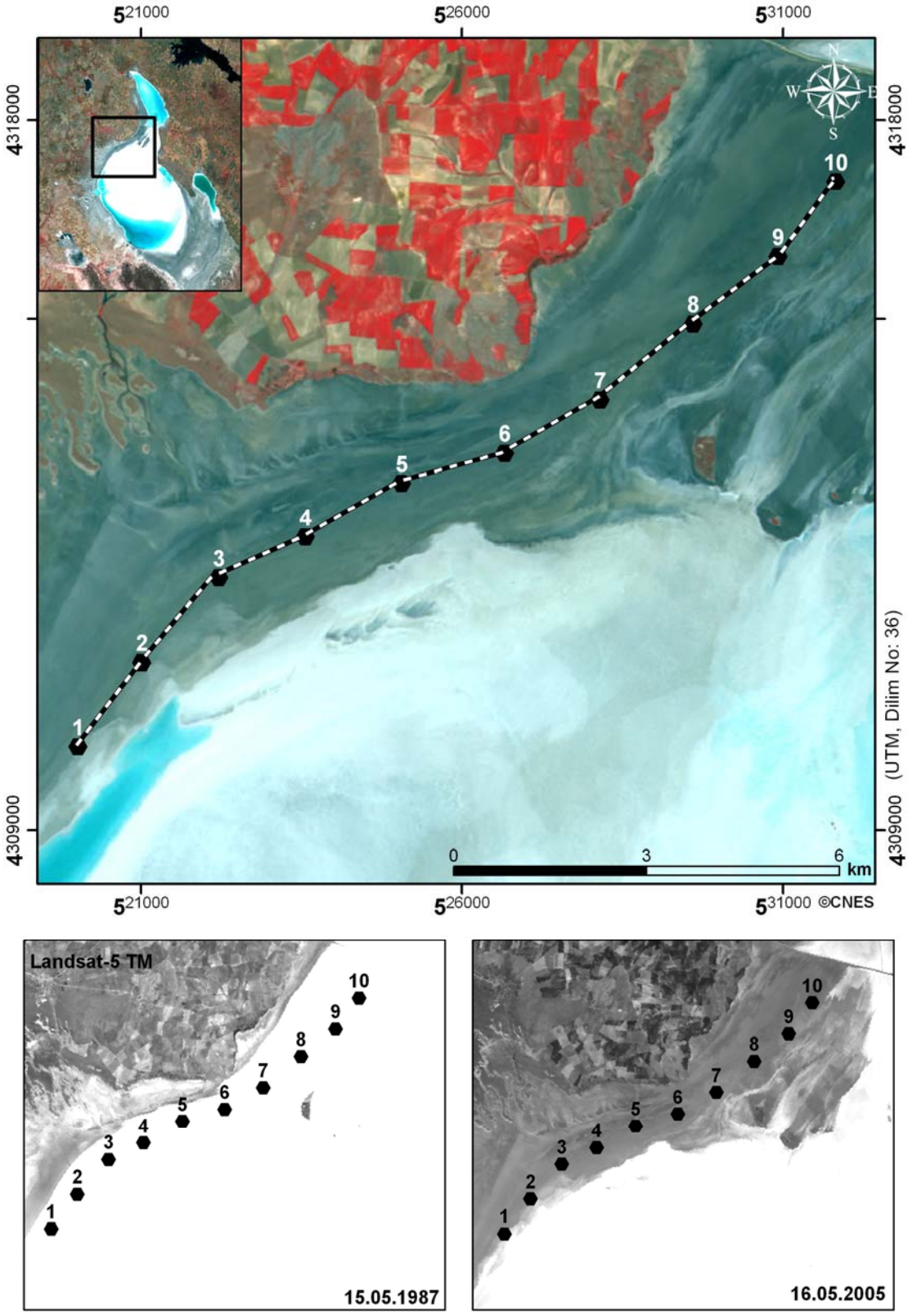
Yapılan analizler ile elde edilen bir diğer önemli husus, 2005 yılına göre daha yağışlı geçen 2006 yılında, bazı bölgelerde tuz oluşumunda artış görülmesidir. Bu durum 2005 Mayıs ve 2006 Haziran aylarında yapılan detaylı arazi çalışmalarında gözlemlenmiş ve toprak neminde ve tuz oluşumundaki artış yerinde tespit edilmiştir. Nitekim Şekil 5.31 (b) ve (c)'de görülen 16.05.2005 ve 20.06.2006 tarihli Landsat-5 TM uydu görüntüleri görsel olarak karşılaştırıldığında, seddenin hemen altında kalan çoraklaşmış bölgedeki değişim (tuz oluşumundaki artış) kolaylıkla fark edilebilmektedir. Bu durum, gölün kuzey bölümünden güneye su geçişinin sağlanması halinde gölün doğal yapısına kavuşabileceği ve iyileştirmenin amacına ulaşacağı noktasında son derece önemlidir. Bir iyileştirme projesinin uygulanması söz konusu olursa bir hususa çok dikkat edilmelidir. Bu da, kuzeyden güneye su geçişinin (uygun inşa edilen yapılarla) birden fazla noktadan sağlanması gerektiğidir. Aksi takdirde, deniz seviyesinden yüksekliği daha fazla olan (ve şu anda çoraklaşan) bölgeye yine suyun ulaşmaması çok muhtemeldir.

5.4.2. Spektral Profil Analizi

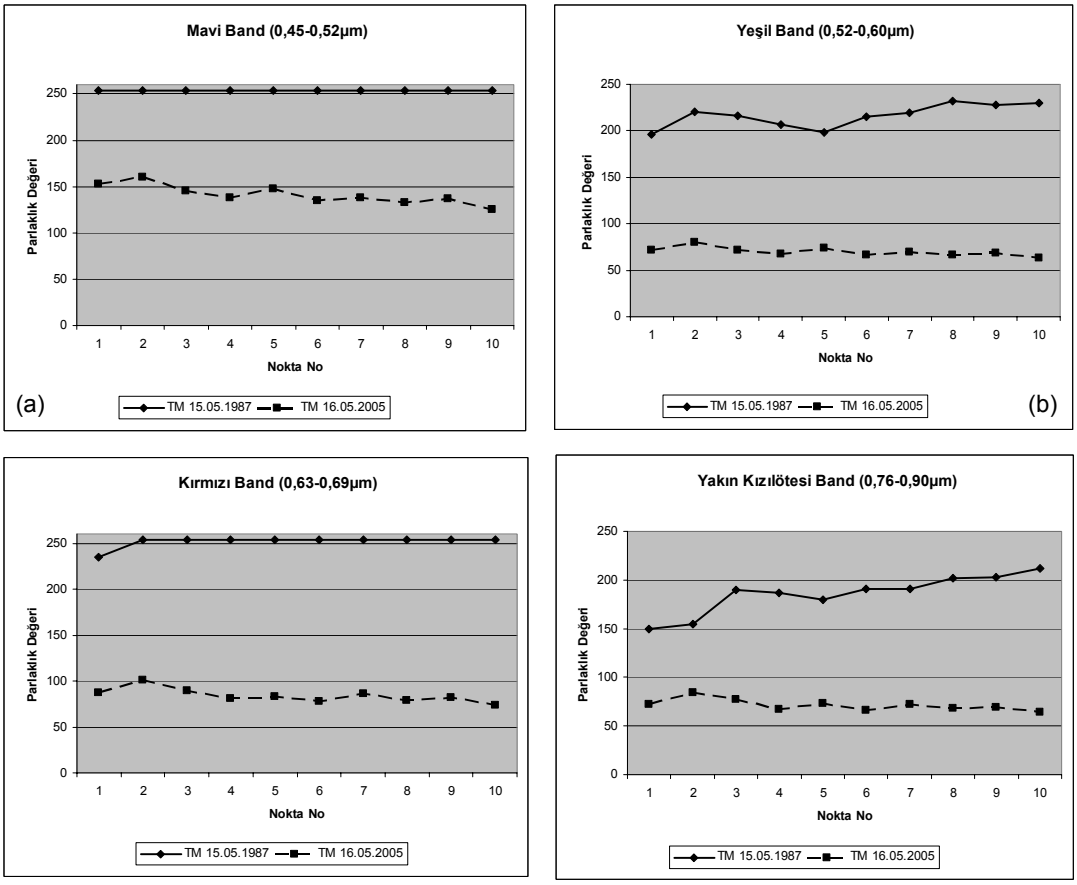
Tuz oluşumunda çok ciddi azalmanın tespit edildiği bölgede, belirlenen güzergah üzerindeki 10 nokta için spektral profillerin çizildiği bu bölümde, tuzun görünür ve yakın kızılötesi bölgedeki yüksek yansıtma özelliği nedeniyle, elektromanyetik spektrumun 0,45-1,0µm aralığında algılanan spektral bantlar kullanılmıştır.

1987 ve 2005 yılları arasında arazi örtü tipindeki değişimin spektral yansıtma değerlerine etkisini görmek amacıyla, tuz oluşumundaki azalmanın görüldüğü bölge test alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada 15.05.1987 ve 16.05.2005 tarihli Landsat-5 TM uydu verileri kullanılmıştır (Şekil 5.32).

Seçilen test alanı içerisinde belirlenen güzergâh üzerindeki 10 noktada, Landsat-5 TM uydusuna ait görüntünün ilk 4 kanalında spektral profiller çizilmiştir (Şekil 5.33).



Şekil 5.32: Spektral profil çizilen noktaların Spot-5 (17/05/2005) ve Landsat-5 verileri ile gösterilmesi.

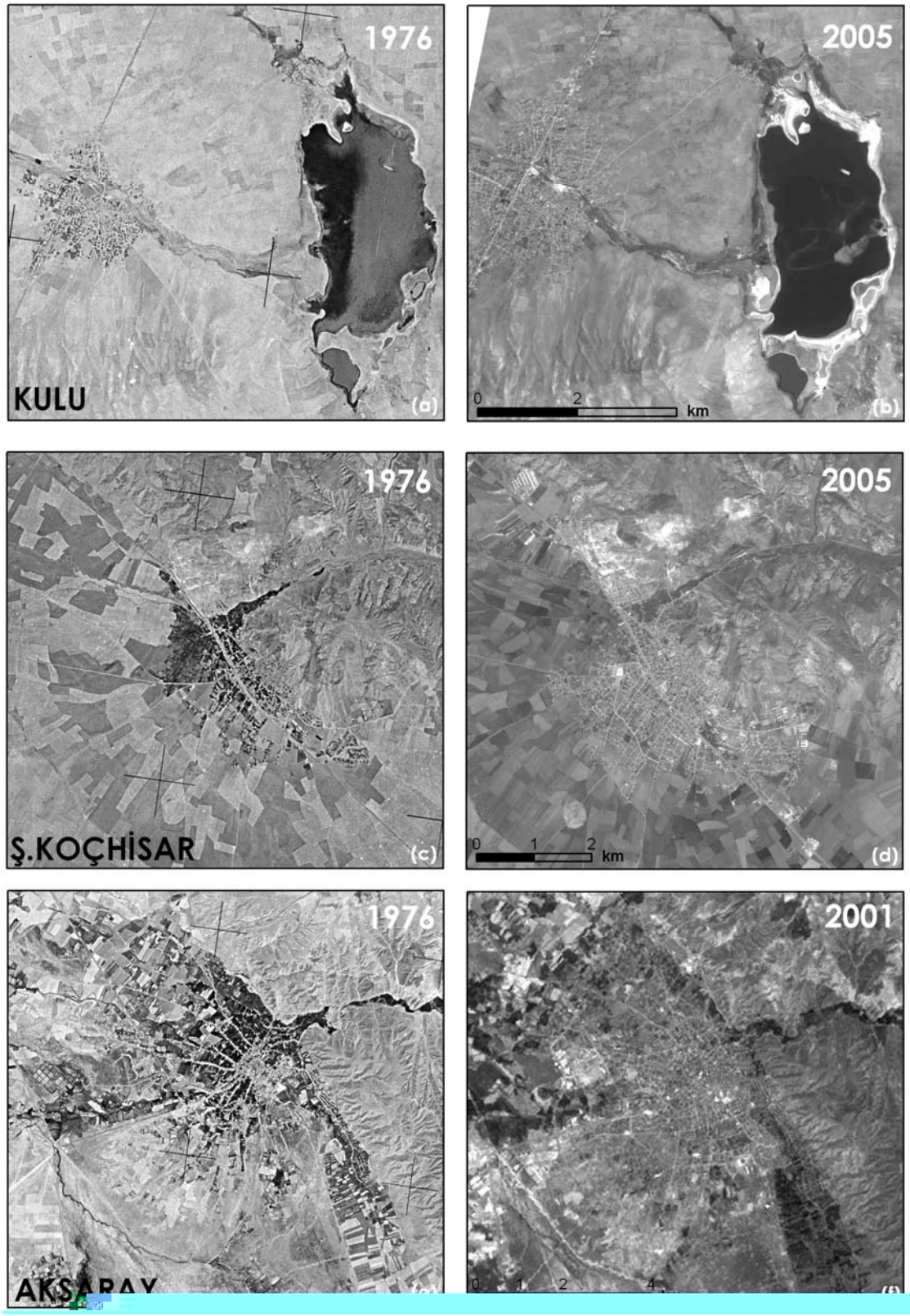


Şekil 5.33: Çok zamanlı Landsat uydu görüntüleri ile spektral profil analizi (1987-2005).

Elde edilen sonuçlar, tuzun 0,45-1,0µm aralığındaki yüksek yansıtma özelliği göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. 1987 yılında yüksek yansıtım değerleri gösteren tuz oluşumunun yoğun olduğu bölgenin 2005 yılında, tuz oluşumundaki azalmaya bağlı olarak çok düşük yansıtma değerleri gösterdiği görülmektedir (Şekil 5.33). Nitekim profillerin çizildiği noktaların bulunduğu bölge, Landsat-5 uydusunun 16.05.2005.tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak gerçekleştirilen detaylı arazi çalışmasında incelenmiş ve bölgedeki (tuz oluşumu açısından) çoraklaşma yerinde gözlemlenmiştir.

5.5. Tuz Gölü Çevresindeki Kentsel Gelişimin Uydu Görüntüleri Yardımıyla Analizi

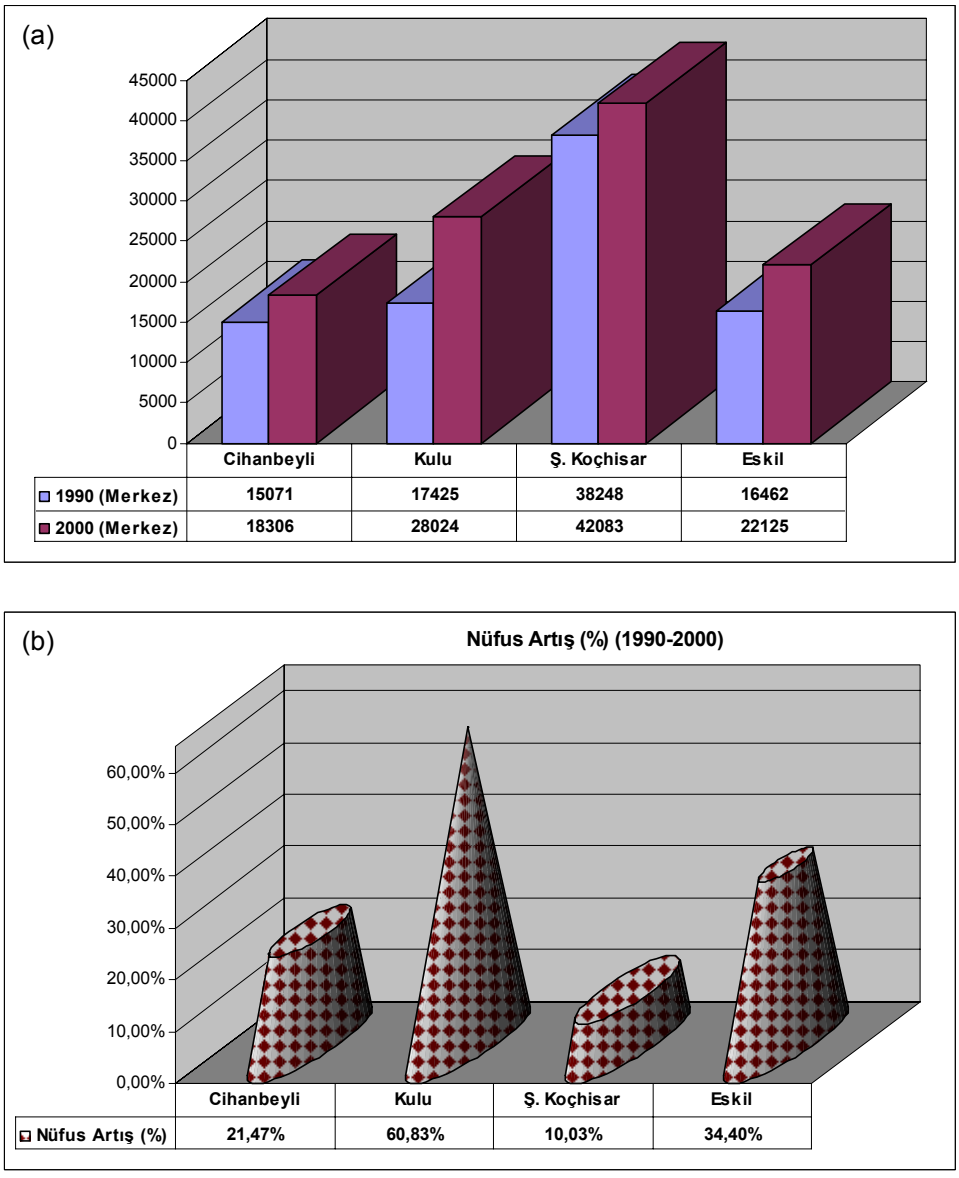
Bu bölümde yapılan çalışmalar, Tuz Gölü çevresinde bulunan ve gölü doğrudan ya da dolaylı şekilde etkileyen yerleşim merkezlerinde 1990-2000 yılları arasında meydana gelen alansal artışın belirlenmesini ve buradan elde edilen sonuçlar ile Devlet İstatistik Enstitüsü'nden alınan aynı yıllara ait demografik veriler arasındaki korelasyonun incelenmesini amaçlamaktadır.



Şekil 5.34: Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim merkezlerinden bazılarının 1976 yılından günümüze gelişimi. (Corona,1976; Landsat-7 ETM, 2001 (©İTÜ) ve Spot-4 Pan, 2005 (©CNES).

Çalışmada, Tuz Gölü 1990 ve 2000 yıllarına ait Landsat-5 TM uydu görüntüsü mevcut olan Konya il merkezi ve Cihanbeyli (Konya), Kulu (Konya), Şereflikoçhisar (Ankara), Eskil (Aksaray) ilçe merkezleri test alanı olarak seçilmiştir. Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim merkezlerinden bazılarının 1976 yılından günümüze gelişimi Şekil 5.34'de gösterilmektedir.

Çalışmanın başlangıcında ilk olarak, seçilen yerleşim merkezlerinin nüfus artış yüzdelerine göre karşılaştırılması amacıyla, Devlet İstatistik Enstitüsü'nden elde edilen demografik veriler analiz edilmiş ve Şekil 5.35'de gösterilen grafikler elde edilmiştir.



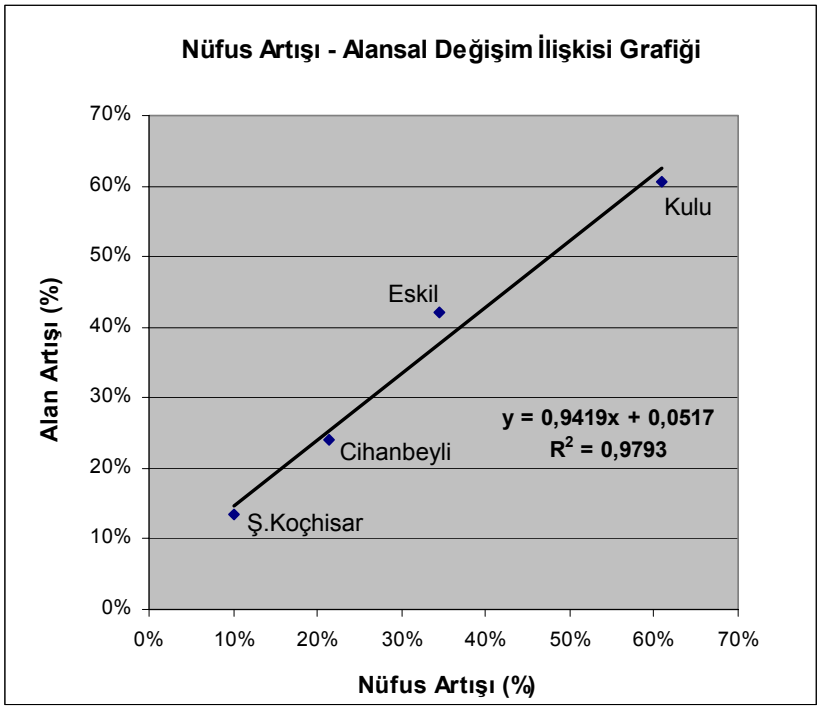
Şekil 5.35: Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim alanlarına ait nüfus değişimi ve değişimin nüfus artış yüzdelerine göre karşılaştırılması (1990-2000).

Tablo 5.7: Tuz Gölü çevresinde bulunan, gölü doğrudan/dolaylı olarak etkileyen (il ve ilçe) yerleşim alanlarında 1990-2000 yılları arasında meydana gelen kentsel nüfus ve alan değişimleri.

Yerleşim Merkezi	Kentsel Nüfus (Merkez)				Kentsel Alan (hektar)			
	1990	2000	Artış (%)		1990	2000	Artış (%)	
KONYA	513346	742690	0,447	***44,68%***	3311,23	4172,76	0,260	***26,02%***
Cihanbeyli	15071	18306	0,215	**21,47%**	191,19	236,98	0,240	**23,95%**
Kulu	17425	28024	0,608	**60,83%**	469,78	754,68	0,606	**60,64%**
Ş. Koçhisar	38248	42083	0,100	**10,03%**	510,37	578,78	0,134	**13,40%**
Eskil	16462	22125	0,344	**34,40%**	114,20	162,21	0,420	**42,04%**

Daha sonra, söz konusu il ve ilçe merkezlerine ait yerleşim alanları, 1990 ve 2000 tarihli Landsat TM uydu görüntüleri üzerinden manüel olarak sayısallaştırılmış ve her yıl için alanlar hesaplanmıştır (Şekil S.1-Şekil S.7, bkz. Ekler). İl ve ilçeler için nüfus yoğunluğunun (hektar başına düşen kişi sayısının) farklı olacağı bilgisi göz önünde bulundurularak öncelikle ilçe merkezlerine ait sonuçlar irdelenmiştir. Diğer aşamada ise (elde edilen tutarlı sonuçların aynı zamanda, sayısallaştırma işleminin kontrolünü de sağlayacağı düşünülerek) Konya ili için kentsel nüfus ve kentsel alan değişim değerleri arasındaki korelasyon analiz edilmiş ve nüfus yoğunluğu belirlenmiştir.

1990-2000 yılları arasında Cihanbeyli, Kulu, Şereflikoçhisar, Eskil ilçe merkezlerinde meydana gelen kentsel nüfus ve alan artış (Tablo 5.7) yüzdeleri arasındaki



Şekil 5.36: Yerleşim alanlarının nüfus artış yüzdelerine göre karşılaştırılması (1990-2000).

korelasyon analizi sonuç grafiği Şekil 5.36'de verilmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi söz konusu ilçeler için bulunan belirlilik katsayısı (R^2=0,9793) kentsel nüfus ve alan artış miktarları arasında çok yüksek korelasyon olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, Tablo 5.7'de verilen Konya iline ait kentsel nüfus ve kentsel alan artış oranlarının (sırasıyla %44,68 ve %26,02) çok farklı olması anlamlıdır. Bu sonuç, il merkezlerinde yerleşim alanlarının (çoğunlukla) çok katlı yapılardan oluşması ile izah edilebilir. Diğer bir deyişle, il merkezlerinde hektar başına düşen kişi sayısı (nüfus yoğunluğu), ilçelere göre daha fazladır.

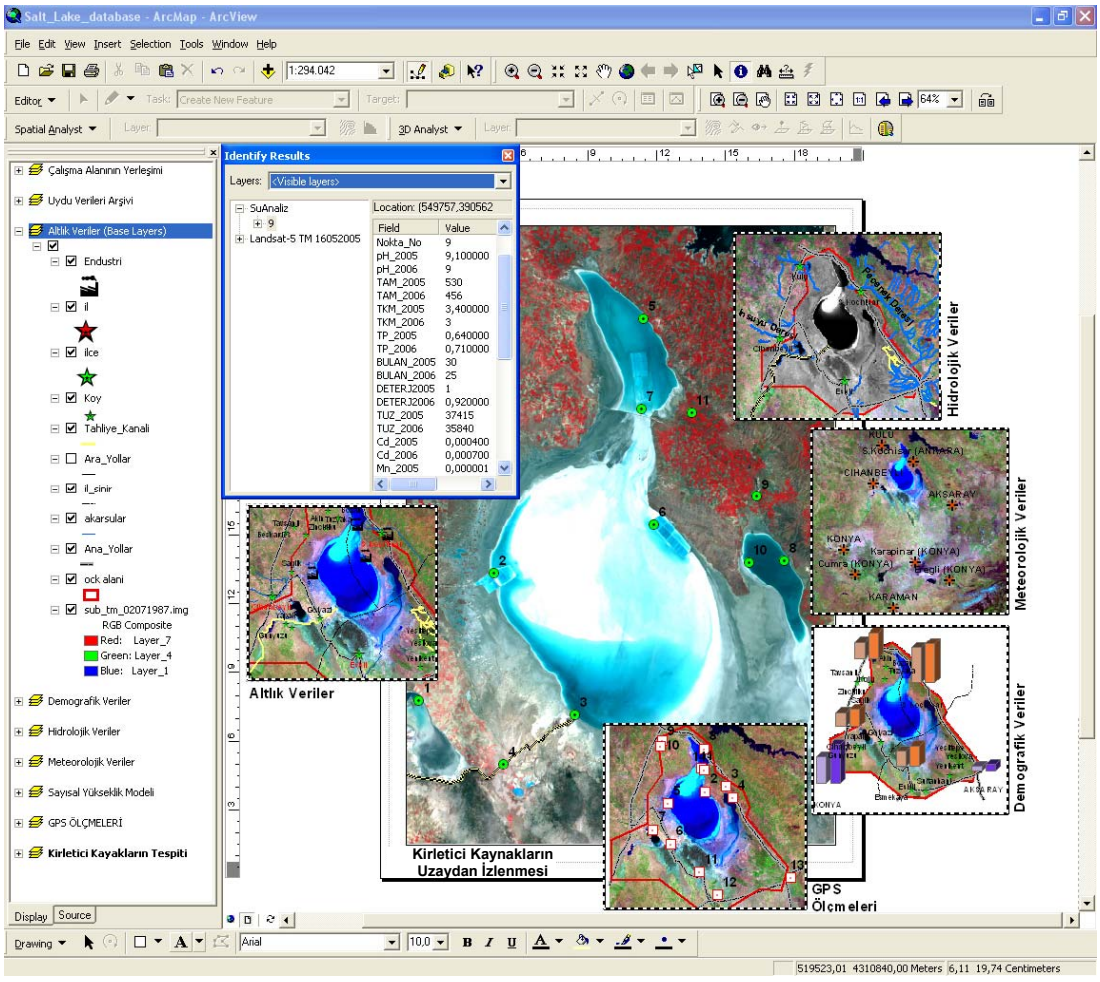
Bu bilgiler ışığında, ilçelerden ayrı olarak değerlendirilen Konya ili için, kentsel nüfus ve alan artış (Tablo 5.7) değerleri (kişi/hektar) kullanılarak 1990 ve 2000 yıllarına ait nüfus yoğunluğu değerleri sırasıyla 155,03 ve 177,98 kişi/hektar olarak hesaplanmıştır. Uygulamada il merkezleri için nüfus yoğunluğu (kent yapısına bağlı olarak) 150-200 kişi/hektar olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, uydu görüntüleri kullanılarak kentsel alanların hesaplandığı bu uygulamada kabul edilebilir sonuçların ucuz, hızlı ve güvenilir şekilde elde edildiği rahatlıkla söylenebilir.

Bu bölümde gerçekleştirilen çalışmalar ile ulaşılan bir diğer önemli sonuç, Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim alanlarında görülen hızlı nüfus artışlarıdır. Bu durum, gölün geleceği bakımından göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur. Çünkü bölgedeki nüfus artışına paralel olarak (su ve çevre kirliliği gibi etkilerinin yanında) nüfusun büyük çoğunluğunun geçimini tarımdan sağladığı bölgede, sulama ihtiyacının daha da artması çok muhtemeldir. Bu, Tuz Gölü'nü besleyen kaynaklardan en önemlisi olan yeraltı sularının daha da azalmasına ve dolayısıyla bölgedeki kuraklığın gölü daha çok etkilemesine (uzun vadede gölün tamamen kurumasına) neden olabilecektir. Bu nedenlerden dolayı yeraltı suyu kullanımının olumlu sosyo-ekonomik etkileri yanında, göle olabilecek olumsuz etkileri değerlendirilmeli ve dikkatlice planlanan önlemlerin (en kısa sürede) titizlikle uygulanması gerekmektedir. Örneğin, ürün deseni belirlenerek yöre halkının su ihtiyacı daha az olan ürünlerin üretimine teşvik edilmesi örnek uygulamalardan birisi olabilir. Böylesi bir projenin ilk uygulanmaya başladığı dönemde gelir farkı incelenmeli ve yöre halkı, oluşabilecek gelir kayıplarına karşın devlet tarafından desteklenmelidir. Bu tür projeler Tuz Gölünün doğal yapısına kavuşabilmesi bakımından son derece önemlidir. Ancak düzenleme, kaynak bulma ve uygulama aşamaları çok uzun süre alması muhtemel bu ve benzeri uygulamalar için çalışmaların acilen başlatılması gerekmektedir. Olası projeler için kaynak bulunması konusunda Avrupa Birliği desteği araştırılmalıdır. Tuz Gölü ve Havzası, reform yapılması gereken ve planlanan öncelikli konular arasında yer almalıdır.

5.6. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Entegrasyonu ile Tuz Gölü ve Yakın Çevresindeki Noktasal ve Noktasal Olmayan Kirletici Kaynakların Analizi

Uzaktan algılama ve CBS Entegrasyonu ile Tuz Gölü çevresindeki kirletici kaynakların tespit edilmesi ve gerekli önerilerin hazırlanmasını amaçlayan bu bölümde ilk olarak, grafik (raster-vektör) ve grafik olmayan (öznitelik) bilgiler aynı veri tabanı içerisinde birleştirilmiştir. Bu şekilde, farklı özelliklere sahip verilerin aynı ortamda alt katmanlar halinde birlikte analiz edilmesine imkân sağlanmıştır (Şekil 5.37). Bu amaçla oluşturulan sınıflar ve alt katmanlar şu şekilde özetlenebilir:

- Altlık Olarak Kullanılan Veriler: Yerleşim alanları, yollar, il sınırları, endüstriyel alanlar vb.
- Uydu Verileri Arşivi: Çalışmada kullanılan tüm uydu verileri.



Şekil 5.37: Uzaktan Algılama-CBS entegrasyonu ile grafik ve grafik olmayan (öznitelik) verilerin birlikte analizi.

- Demografik Veriler: Göl çevresindeki yerleşim alanlarına ait nüfus bilgileri.
- Hidrolojik Veriler: Akarsular, kıyı çizgileri, tahliye kanalları vb.
- İklim Verileri: Tuz Gölü Havzası'nda bulunan toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik ölçmeler ve iklim değişikliğine ait veriler.
- Sayısal Yükseklik Modeli (SYM): Göl ve çevresinin 3-boyutlu uydu görüntüleri.
- GPS Ölçmeleri: Arazide (X, Y) koordinatları belirlenen ölçme ve örnek alma noktalarına ait bilgiler.
- Kirletici Kaynakların Belirlenmesi ve Kirlenme Analizleri: Tespit edilen kirlilik yerlerine ait görüntü arşivi ve su analiz sonuçlarının özeti.

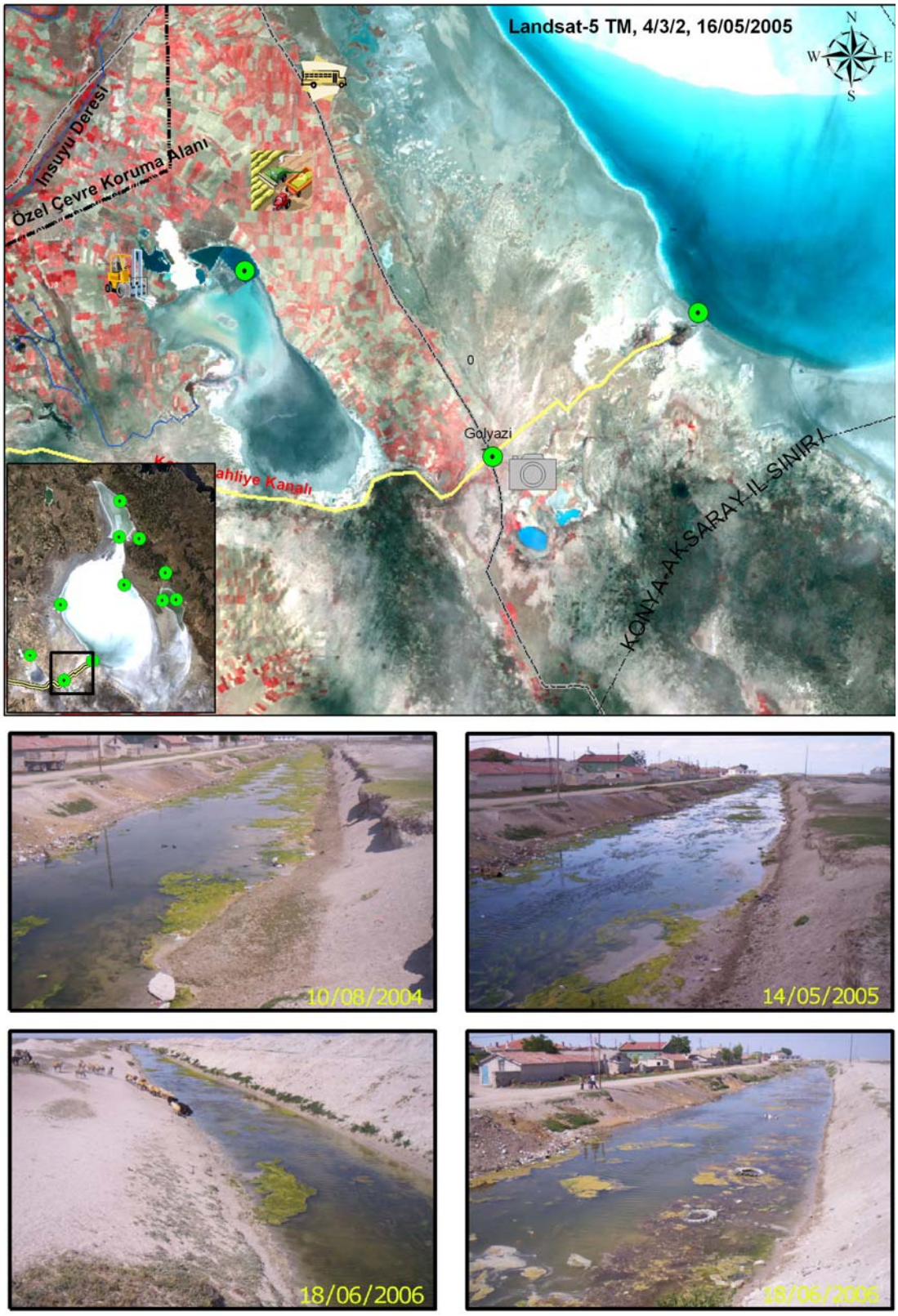
İzleyen bölümlerde öncelikle arazi çalışmaları esnasında belirlenen kirletici kaynaklar açıklanmış, daha sonra kirleticilerden ve kirlenen yerlerden alınan su örneklerine ait analiz sonuçları yorumlanmıştır.

5.6.1. Kirletici Kaynakların Belirlenmesi

Konya Ovası'nda biriken ve tuzlanmaya sebep atık veya fazla sular, 1960-1970 yılları arasında inşa edilen drenaj kanalı ile Tuz Gölü'ne akıtılmıştır. Fazla suların akıtılması amacı ile açılan bu kanala 1974 yılından itibaren yerleşim alanlarının kanalizasyonları ile çevredeki tüm fabrikaların ve küçük sanayi sitelerinin atık suları da bağlanmıştır. Böylece Tuz Gölü'ne aktarılan Konya gibi büyük bir şehre ait evsel atık sular ile tarımsal atık sular, zaman içerisinde kontrol altına alınmamış ve gölü kirletmiştir. Daha sonra, yıllarda göle verilen, Şerefli Koçhisar ve Aksaray'dan göle aktarılan evsel, endüstriyel ve tarımsal atık sular da arıtılmadan göle aktarılmaya devam edilmektedir.

Bu durumun yerinde incelenmesi ve Tuz Gölü'ndeki kirliliğe sebep olan kirletici kaynakların belirlenmesi amacıyla Ağustos-2004, Mayıs-2005 ve Haziran-2006 tarihlerinde yapılan arazi çalışmaları ile Konya, Şereflikoçhisar ve Aksaray'dan arıtılmadan gönderilen ve göle dökülen atık sular yerinde tespit edilmiş ve örnekler alınmıştır.

İlk olarak Konya'dan gelen boşaltma kanalının geçtiği Gölyazı beldesinden su örnekleri alınmıştır. Arazi çalışmaları sürecinde, 10-15 yıl önce Beyşehir Gölü'nden gelen ve 5-10 kilogramlık iri sazan balıklarının tutulduğu su kanalının, tamamen kanalizasyona dönüştüğü gözlenmiştir. Aynı mevkide yapılan çalışmalar, 2004-2005-2006 yıllarında üç kez tekrarlanmış ve atık su kalitesinde herhangi bir iyileşme

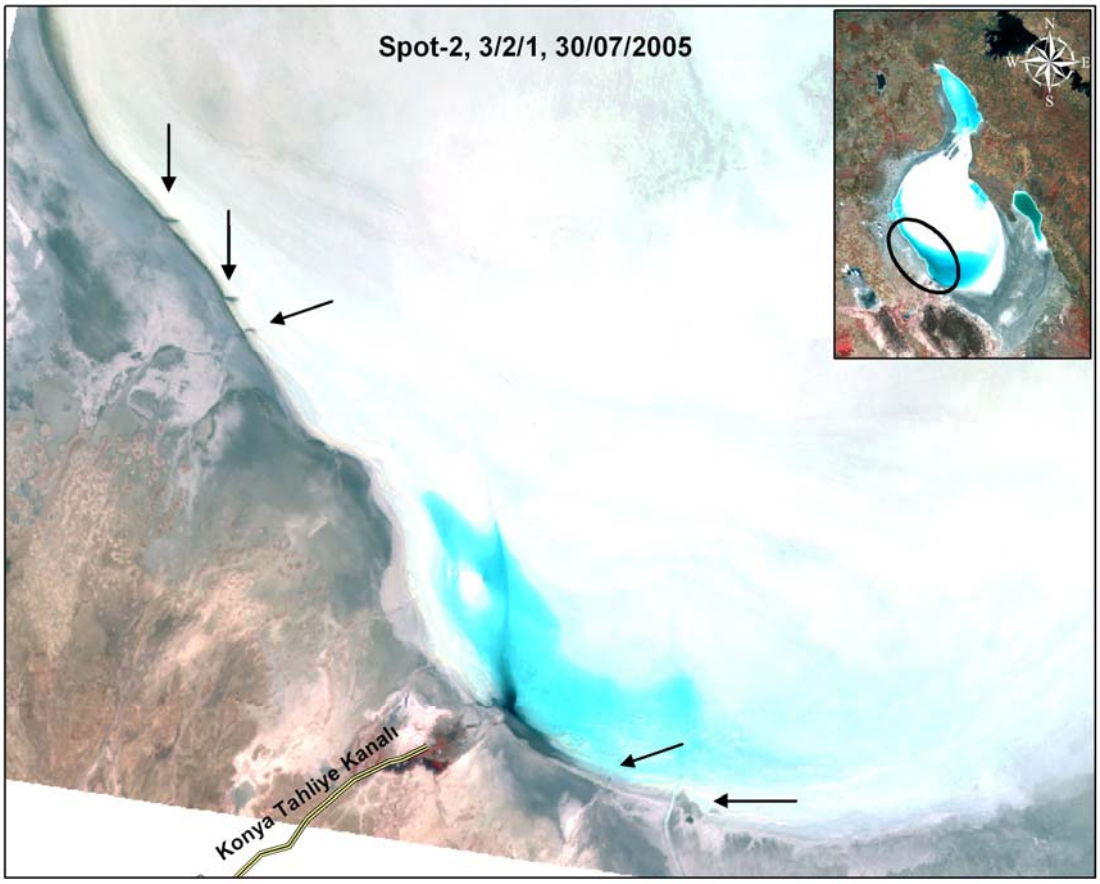


Şekil 5.38: Konya Ana Tahliye kanalıyla gelen atık sular.

görülmemiştir (Şekil 5.38). Ayrıca söz konusu kanala, farklı bölgelerden de atık su kanallarının veya girişlerinin bağlandığı yerinde tespit edilmiştir. Şekil 5.37 ve Şekil 5.39'de Konya'dan gelen atık suların Tuz Gölünde oluşturduğu delta uydu görüntüleri üzerinde açık şekilde görülmektedir.

Yapılan arazi çalışmaları sırasında dikkatimizi çeken bir diğer önemli (ve endişe verici) gözlem, evsel ve endüstriyel atıkları içeren kanal suyunun özellikle sıcak yaz aylarında büyük ve küçükbaş hayvanlar için içme suyu olarak kullanılmasıdır (Şekil 5.38). Ayrıca mevcut kirli atık su özellikleri ile bu kanal, çevresindeki halkı son derece sağlıksız ve kısıtlayıcı koşullarda yaşamaya zorlamaktadır.

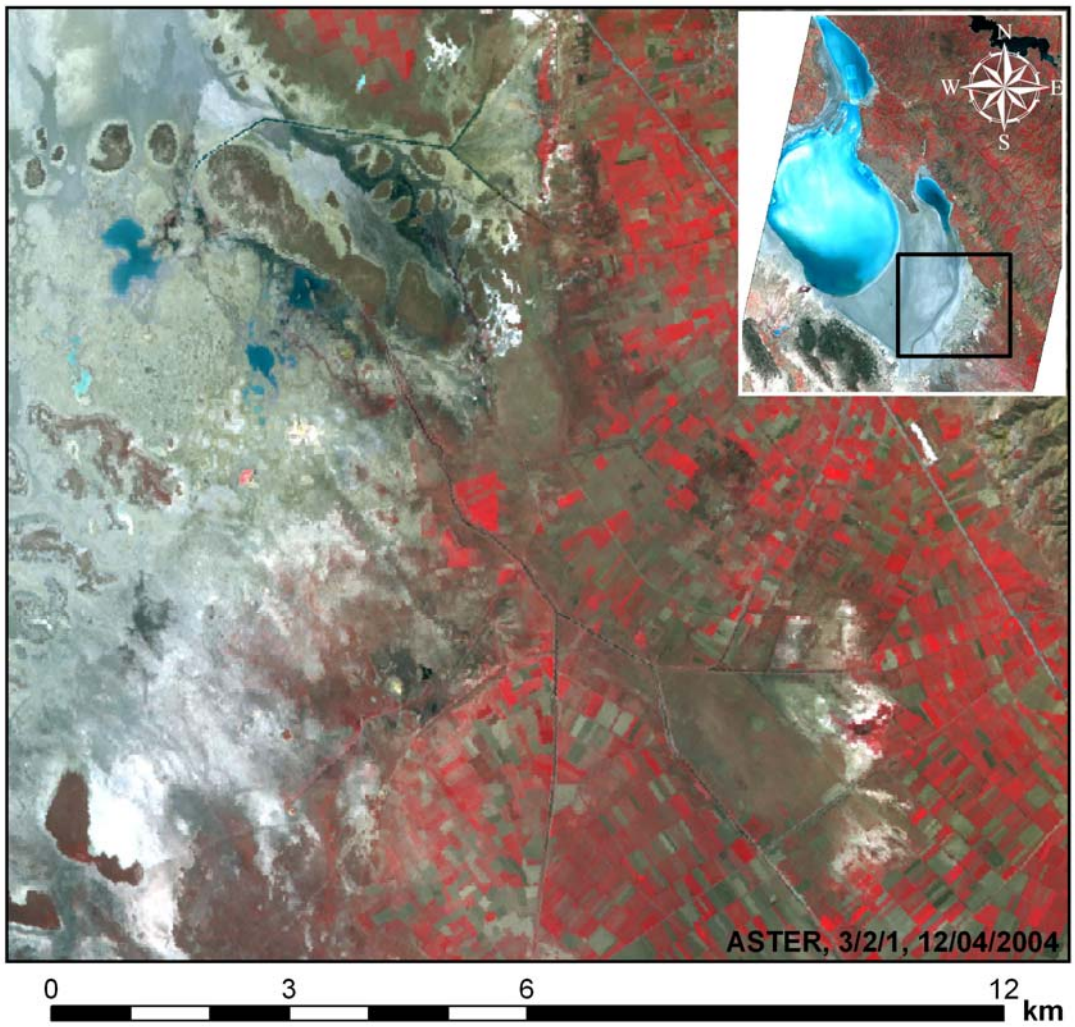
Konya il çıkışında 2005 yılında inşaatına başlanan arıtma tesisi, 30 yıl sonra kirliliğin önlenmesi bakımından atılan önemli bir adımdır. Ancak, Tuz Gölü'nün yakın çevresinde bulunan birçok yerleşim yerinden (20.000 nüfuslu Eskil gibi) ve endüstriyel alanlardan (Konya Cihanbeyli Sodyum Sülfat Tesisleri gibi) gelen atık sular arıtılmadan Göle verilmeye devam ederse, Konya'da inşa edilen arıtma tesisi



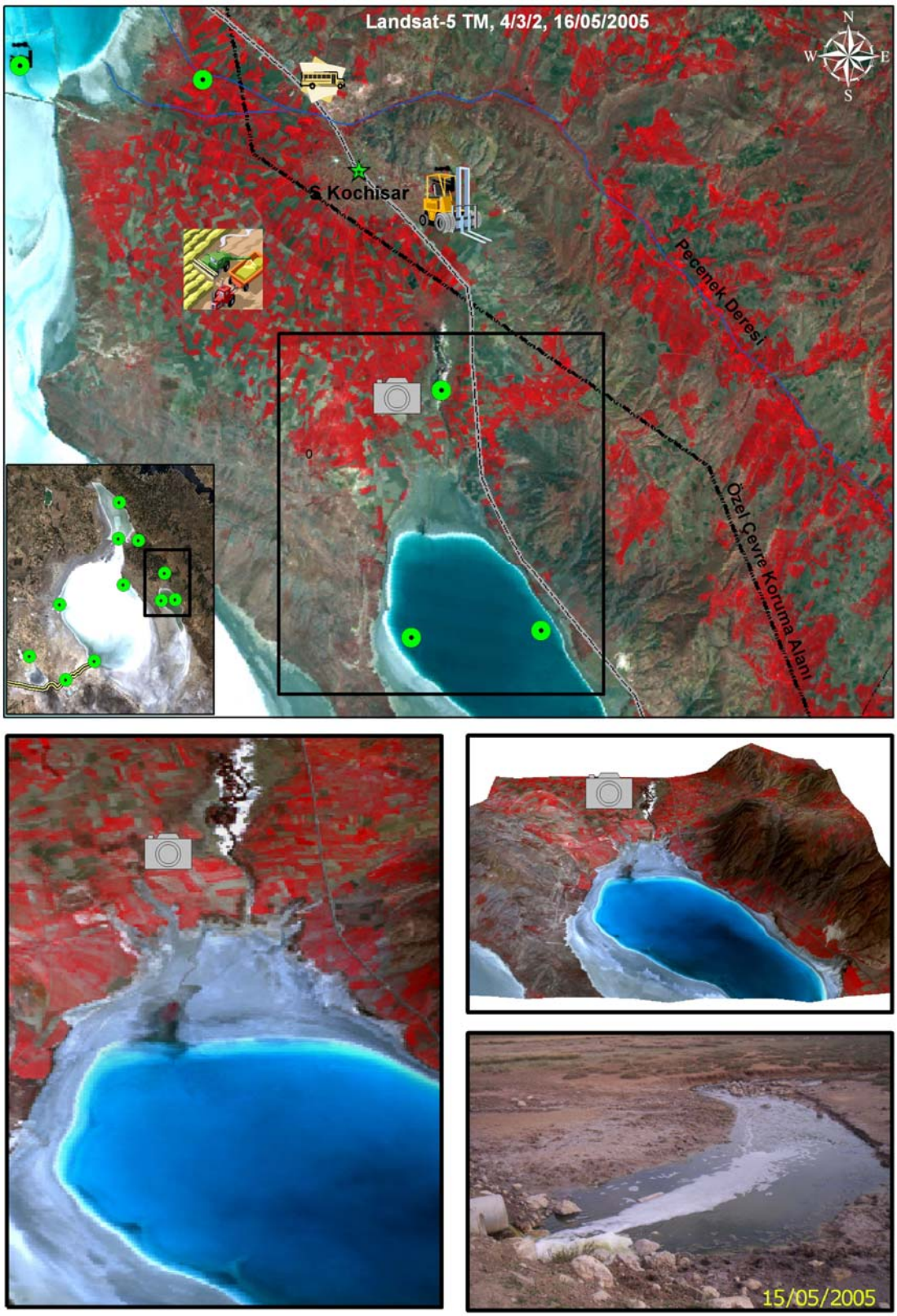
Şekil 5.39: Tuz Gölü'ne Konya'dan ve eklenen diğer kaynaklardan (arıtılmadan) gelen ve kirliliğe sebep olan atık suların uydu görüntüleri ile belirlenmesi. Kurumuş beyaz tuz görüntüsüne atık su kanalından gelen su mavi rengi ile belirmektedir.

ile Gölde beklenen (kirlilik açısından) iyileşme gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle Göl çevresindeki yerleşim alanları için de arıtma tesislerinin inşası zorunludur. Bu noktada belirtilmesi gereken önemli bir husus, böyle bir uygulamada uzaktan algılama ile uydu teknolojisinden de yaralanmanın çok önemli bir destek ve öngörüş sağlayacak olmasıdır (Şekil 5.39).

Tuz Gölü'ne güneyden ulaşan ve kirlenmeye sebep olan etki incelendikten sonra, Aksaray'dan gelen ve boşaltma kanalı ile göle ulaşmadan yayılan olan atık sular yerinde tespit edilmiştir. Aksaray'da bulunan ve tam kapasite çalışmayan arıtma tesislerinin atık suları şehirden Uluırmak Deresi vasıtasıyla boşaltma kanalına, buradan da Tuz Gölü'ne ulaşmakta ve Göl'de kirliliğe yol açmaktadırlar (Şekil 5.40). Ayrıca bu atık suların yeraltı suyu kirliliğine yol açması ihtimaline karşı Maden ve



Şekil 5.40: Aksaray'dan boşaltma kanalı ile gelen atık suların (kanalın) görünümü.



Şekil 5.41: Şereflikoçhisar'dan gelen atık sular.

Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 2004 yılında başlatılan çalışmalar halen devam etmektedir.

Çalışmanın diğer aşamasında, uydu görüntüleri üzerinde yapılan ön analizler sonucunda göle kuzeyden ulaştığı belirlenen Şereflikoçhisar İlçesi atık sularının Göl'e boşaldığı yerde incelenmiş ve örnekler alınmıştır (Şekil 5.41). Kirletici kaynakların belirlenmesi açısından bir diğer önemli bölge olan Şereflikoçhisar boşaltma kanalının Göl'e ulaştığı yerde, Gölyazı beldesindeki duruma benzer bir durumla karşılaşılmıştır. Kanalizasyon, tarımsal sulama suları ve endüstriyel atık sular burada da açık şekilde ve arıtılmadan göle verilmektedir. Söz konusu atık sular ve deşarj noktası Şekil 5.41'de 16/05/2005 tarihli Landsat-5 TM uydu verisi üzerinde açıkça görülmektedir.

5.6.2. Su Örneklerinin Alınma Tarihleri, Analizi ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Tuz Gölü'nden 2005 ve 2006 yılında Mayıs-Haziran aylarında alınan su numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçları Tablo 5.8'de özetlenmiştir. Tabloda ilk dikkati çeken husus pH değerlerinin örnek alma noktalarına bağlı olarak 7.0 ile 9.1 arasında değişmesidir. En yüksek pH değerlerinin ölçüldüğü 9 ve11 numaralı noktalar (bkz. Şekil 5.37) Şereflikoçhisar atık sularının Tuz Gölü'ne aktığı kanallar üzerinde bulunmaktadır Bu kanallar aynı zamanda tuz işletmelerinin atık sularını da Tuz Gölü'ne iletmektedir. Mevcut pH değerleri ile değerlendirme yapıldığında; pH açısından su kalitesi standartlarına göre pH değerleri kabul edilebilir sınırların üstünde bulunmaktadır. Bununla birlikte pH değerinin 7.0-9.1 arasında değişmesi havzadan atık su girişi ile de ilişkilendirilebilir. Şereflikoçhisar ve Konya boşaltma kanallarından alınan su örneklerinde pH değerleri 8.5-9.0 arasında çıkmıştır. Tuz Gölü üzerindeki örnek alma noktalarında ise pH 7.0-7.5 arasında ölçülmüştür.

Dikkati çeken en karakteristik değerler tuzluluk parametrelerinde görülmüştür. Tatlı su girişinin olmadığı veya sınırlı olduğu örnek alma noktalarında tuzluluk değeri 190.000-222.000 mg/L arasında ölçülmüştür. Bu değer, denizlerin ortalama tuzluluk değerleri esas alındığında; Akdeniz'deki tuzluluk değerinin 5, Karadeniz'deki tuzluluk değerinin 10 katı civarındadır. Aynı şekilde tuz işletmelerinin atık sularının döküldüğü 9 nolu örnek alma noktasındaki tuzluluk değerleri Akdeniz ile aynıdır. Tuz işletmelerinin atık sularının dökülmediği, yerleşim merkezlerinden gelen evsel atık suları taşıyan kanallarda tuzluluk değerleri 1000 mg/L'nin altında görülmüştür (3, 4 ve 11 nolu noktalar gibi).

Tablo 5.8: Tuz Gölü ve çevresinden alınan su örneklerinin analiz sonuçları. (Örnekler 13-18.Mayıs.2005 ve 21-23.Haziran.2006 tarihlerinde alınmıştır.)
(* Göl çevresindeki noktalardan alınan tatlı su örnekleri).

Nokta No	Yıl	pH	TKM	TAM	Pt	Bulanık	Deterjan	Sülfat	Salinite	Cd (mg/L)	Mn (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	Cr (mg/L)	Fe (mg/L)	Hg (mg/L)	As (mg/L)
1*	2005	8,2	680	2,3	0,03	33	0,55	27.000	49.000	0,0001	< 0,1	0,0018	0,0043	0,0452	0,0002	0,0010	0,0001	0,0091
	2006	Tersakan Gölü'nün tamamen kuruması nedeniyle 2006 yılında 1 nolu noktada numune alınamamıştır.																
2	2005	7,0	830	girişim	girişim	19	girişim	9.925	217.310	0,0001	< 0,1	0,0014	0,0110	0,0687	0,0016	0,0028	0,0001	0,0043
	2006	7,2	910	girişim	girişim	24	girişim	10.197	208.625	0,0007	< 0,1	0,0011	0,0108	0,0029	0,0025	0,0022	0,0002	0,0010
3*	2005	8,5	110	2,5	0,08	60	0,04	858	905	0,0002	< 0,1	0,0015	0,0062	0,0787	0,0021	0,0125	0,0001	0,0006
	2006	8,1	76	2,1	0,07	46	0,05	691	850	0,0005	< 0,1	0,0034	0,0011	0,0128	0,0038	0,0112	0,0001	0,0003
4*	2005	8,4	52	1,7	0,03	55	0,03	760	640	0,0003	< 0,1	0,0014	0,0056	0,0479	0,0011	0,0017	0,0001	0,0002
	2006	8,5	64	1,8	0,02	59	0,02	825	590	0,0005	< 0,1	0,0013	0,0075	0,0022	0,0027	0,0070	0,0001	0,0005
5	2005	7,2	1.265	girişim	girişim	25	girişim	10.535	228.030	0,0001	< 0,1	0,0013	0,0144	0,0375	0,0072	0,0015	0,0001	0,0008
	2006	7,4	1.389	girişim	girişim	30	girişim	11.254	212.560	0,0009	< 0,1	0,0020	0,0144	0,0278	0,0013	0,0013	0,0003	0,0011
6	2005	7,2	750	girişim	girişim	10	girişim	15.310	241.310	0,0004	< 0,1	0,0016	0,0140	0,0380	0,0030	0,0003	0,0001	0,0013
	2006	7,0	638	girişim	girişim	9	girişim	13.880	221.430	0,0009	< 0,1	0,0017	0,0072	0,0020	< 0,1	0,0010	0,0005	0,0040
7	2005	7,1	1.100	girişim	girişim	23	girişim	15.370	206.475	0,0002	< 0,1	0,0027	0,0115	0,0579	0,0077	0,0015	0,0001	0,0008
	2006	7,0	1.299	girişim	girişim	18	girişim	13.640	211.813	0,0013	< 0,1	0,0029	0,0217	0,0065	0,0069	0,0031	0,0008	0,0032
8	2005	7,1	3.230	girişim	girişim	58	girişim	8.759	242.145	0,0003	< 0,1	0,0017	0,0168	0,0182	0,0077	0,0018	0,0001	0,0022
	2006	7,0	2.986	girişim	girişim	47	girişim	7.620	210.910	0,0008	< 0,1	0,0008	0,0115	0,0025	0,0150	0,0013	0,0002	0,0018
9*	2005	9,1	530	3,4	0,64	30	1,00	2.652	37.415	0,0004	< 0,1	0,0021	0,0110	0,0262	0,0034	0,0029	0,0001	0,0070
	2006	9,0	456	3,0	0,71	25	0,92	2.321	35.840	0,0007	< 0,1	0,0012	0,0108	0,0247	0,0150	0,0017	0,0003	0,0104
10	2005	7,2	1.360	girişim	girişim	75	girişim	9.800	227.650	0,0005	< 0,1	0,0013	0,0051	0,0209	0,0005	0,0070	0,0001	0,0118
	2006	7,5	1.564	girişim	girişim	87	girişim	10.269	190.122	0,0004	< 0,1	0,0015	0,0039	0,0088	0,0163	0,0244	0,0001	0,0057
11*	2005	8,5	70	1,6	0,15	20	0,04	764	821	0,0022	< 0,1	0,0024	0,0074	0,0402	0,0110	0,0354	0,0002	0,0203
	2006	8,7	86	2,0	0,21	26	0,08	929	917	0,0005	< 0,1	0,0037	0,0051	0,0021	0,0168	0,0162	0,0001	0,0013

Toplam Katı madde (TKM) değerleri açısından sonuçlar değerlendirildiğinde; genellikle boşaltma kanallarındaki su değerlerinin göldeki suyun değerlerinden çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bu değerlerin göl suyunda yüksek çıkmasında buharlaşmanın, dolayısı ile tuzun etkisi olduğu açıkça görülmektedir. 6 nolu istasyonda TAM değerinin TKM değerinden daha düşük çıkmasının tuz üretim işlemi esnasında tatlı su ile yapılan seyreltmeden kaynaklandığı, drenaj kanalı üzerindeki 9 nolu istasyonda TKM değerinin yüksek çıkmasının ise bu drenaj kanalına tuz işletmelerinden verilen yıkama sularından ileri geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

Toplam Askıda madde (TAM) değerleri boşaltma kanallarındaki su hızının düşük, gölün ise durgun olması sonucu küçük boyutlu tanecikler ile daha iri maddelerin çökelmesi sebebi ile oldukça düşük çıkmıştır. Toplam fosfor (Pt), bulanıklık ve deterjan değerleri standartlarda verilen sınırların altında ölçülmüş olup, genel bir kirlenme eğilimi göstermemektedir. Sülfat değerlerinin beklendiği üzere drenaj kanallarında düşük, göl içerisinde ise Akdeniz ve Karadeniz sularından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Beton drenaj kanalları açısından tuz yıkama sularını alan 9 nolu istasyonun bulunduğu kanal hariç sülfat değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.

Ağır metal miktarları standartlardaki sınır değerlerin altında ölçülmüştür. Bununla birlikte kurşun (Pb) değerlerinin karayoluna yakın 5, 7 ve 8 nolu istasyonlarda diğerlerinden yaklaşık 1,5-2.0 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çinko (Zn) değerlerinin gerek boşaltma gerekse göldeki istasyonda 16.05.2005 tarihinde 20.06.2006 tarihine göre yaklaşık 1-20 kat daha yüksek ölçüldüğü görülmektedir. Bu sonucun Mayıs ayındaki dönemde havzadan yağmur sularıyla göle çinko taşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

11 nolu istasyon Peçenek deresi üzerinde bulunmaktadır. Bu dere tarım alanlarından kaynaklanan gübre, tarım koruma ilaçları ile Şereflikoçhisar'ın evsel atık sularını Tuz Gölü'ne taşımaktadır. Bu sebeple bazı ağır metal bulguları diğer istasyonlara göre nispeten daha yüksek ölçülmüştür.

Boşaltma kanallarında ölçülen ağır metal yoğunlukları Göl'deki örnekleme noktalarında ölçülen değerler arasında belirgin bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Bu durumun; kısmen evsel atık sulara karışan endüstriyel atıkların ön arıtma ile ağır metal yoğunluklarının düşürülmesinden, kısmen toprak kanallarda ağır metallerin pek az dahi olsa adsorbe (yüzeyde tutma) olmasından, kısmen de endüstriyel atık su debisinin evsel atık su debisine göre çok daha düşük debide olması sonucu ortaya çıkan seyrelmeden kaynaklandığı görülmektedir.

Çalışmanın başlangıç aşamasında, Tuz Gölü'nden alınan su örneklerinin analizleri ile elde edilen değerler ile (toplam askıda madde-TAM gibi) göl yüzeyindeki suyun kalitesinin belirlenmesi ve haritalanması öngörülmüştür. Ancak, elektromanyetik spektrumun görünür (0,40-0,70µm) bölgesinde algılanan ve uydu görüntüleri ile su kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında büyük öneme sahip olan spektral bantlar, Tuz Gölü'ndeki su kalitesinin belirlenmesinde kullanılamamaktadır. Çünkü Tuz Gölü'nün doğal yapısına (su derinliğinin az olması ve göl tabanının tuzla kaplı olmasına) bağlı olarak elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde algılanan uydu görüntülerinde göl suyu tespit edilememektedir (bkz. Bölüm 5.2.1 ve 5.2.2). Tuz Gölü'nün doğal yapısından kaynaklanan bu durumdan dolayı, su kalitesinin göl yüzeyindeki dağılımını gösteren (uydu) görüntü haritalarının oluşturulması mümkün olamamıştır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tuz Gölü ve yakın çevresinde uzaktan algılamanın ilk kez uygulandığı bu çalışmada, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresi, eş-zamanlı ölçmeler ve çok zamanlı uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir.

Yapılan kapsamlı literatür taraması ve araştırmalar (Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ile yapılan görüşmeler) sonucunda, Tuz Gölü ve çevresinde görülen kuraklık ve kirliliği konu alan güncel ve bilimsel bir çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Sadece, Konya Büyükşehir Belediyesi ve Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı tarafından 1998-2001 yılları arasında bir çalışma yapılmış ve bu çalışmada Tuz Gölü'nden (arazi çalışması tarihinin uygun seçilmemiş olması nedeniyle) numune alınamamış, sadece çevresindeki dereler ve drenaj kanallarından 1998 yılında alınan toplam 4 adet su numunesinin analiz sonuçlarına göre değerlendirmeler yapılmıştır. Bu nedenle, uzaktan algılama ile Tuz Gölü ve yakın çevresinin incelendiği bu tez çalışmanın bilimsel alanda görevini yerine getireceği düşünülmektedir. Tuz Gölü ve özel çevre koruma alanını kapsayan bu tez çalışmasında ulaşılan sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

Teknik analizler ile elde edilen sonuçlar:

- Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile yapılan teknik analizler sonucunda, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin yorumlanmasında farklı bir durumun olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanların uydu görüntüsü ile belirlenmesi işleminde sağlıklı bir hesaplamanın yapılabilmesi için uygun spektral aralığın sadece yakın kızıl ötesi bölge olduğunu göstermektedir. Bu istisnai durum, tamamen Tuz Gölü'nün (su derinliğinin az olması ve göl tabanının tuzla kaplı olması gibi) doğal yapısından kaynaklanmaktadır. Uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan uydu verilerine ait orta kızılötesi bant kullanılarak su ile örtülü alanların belirlenmesi yönteminin, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanması aşamalarında kullanılamayacağı, kullanılması durumunda hatalı sonuçlara ulaşılacağı tespit edilmiştir.

- Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile ışınımın nüfus etme (penetrasyon) seviyesinin araştırılması amacıyla bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Yansıyan ve uydu tarafından algılanan ışınımın tuzlu topraklarda yüzeyden itibaren düşey olarak ilerlediği (nüfus ettiği) mesafe ile uydu tarafından algılanan farklı dalga boylarındaki yansıma değerleri arasındaki ilişki ve buna paralel olarak topraktaki tuz konsantrasyonunun yansıtmaya etkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Yüzeyde tuz oluşan topraklarda tuz kabuğunun altı nemlidir. Bu nedenle uzun dalga boyunda (orta kızılötesi bant, örneğin, Landsat-5 TM 5. ve 7. bantlarda) bu soğuk yüzeyler için düşük yansıma değerleri elde edilir. Diğer bir deyişle, yüzeydeki tuz miktarı ile orta kızılötesi bölgede algılanan yansıma değerleri ters orantılıdır. Diğer önemli sonuç ise toprak yüzeyinde başlayan buharlaşma ile yüzeyde tuz oluşacağı bilgisine göre Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen azalmanın tuzla kaplı alanların azalmasına neden olduğu ve olacağıdır. Kısaca "ne kadar yüzey suyu, o kadar tuz!" yorumu yapılabilir.

- Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile ayrıca, topraklarda tuzluluk derecesinin (Elektriksel İletkenlik-EC) uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacına yönelik olarak model oluşturulmuş ve sonuçların geçerliliği test edilmiştir. Tasarlanan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve çok tutarlı sonuçlar elde edilmiştir (Belirlilik katsayısı R^2=0,9537). Sonuçların geçerliliğinin sağlanması amacına yönelik olarak modelin çalıştırılmasında işleme alınmayan dış (harici) noktalarda test edilmiştir. Bu şekilde yapılan kontrol ile sonuçların çok yüksek oranda (R^2=0,90) tutarlı oldukları belirlenmiştir. Oluşturulan model ve sonuçları ayrıca, klasik çoklu regresyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmış ve belirlilik katsayısı R^2=0,8827 olarak bulunmuştur. Sonuç veriler, çalışmada oluşturulan model ile daha yüksek doğruluklu (R^2=0,9537) değerler elde edildiğini göstermektedir. Tasarlanan modelin, göl üzerinde temsil edici nokta sıklığı artırıldıktan sonra, tüm göl yüzeyini temsil edici tuz haritalarının uydu görüntüleri ile elde edilmesi çalışmalarında kullanılması önemli bir kazanım olacaktır. Bu şekilde elde edilen görüntü haritalarının kullanımının, göldeki tuz rezervinin belirlenmesi, incelenmesi ve tahmin edilmesi açısından son derece yararlı (işlevsel) olacağı düşünülmektedir.

Bölge hakkında yapılan ön araştırmalar ve kuraklık analizi ile elde edilen sonuçlar:

- Meteorolojik veriler ve çok zamanlı uydu görüntüleri ile kuraklığın Tuz Gölü ve çevresine etkileri incelenmiş, öncelikle göl çevresindeki su kaynaklarının mevcut

durumu belirlenmiş ve uydu görüntüsü kullanımının gerekliliği açıklanmıştır. Bu amaçla yapılan araştırmalar, Tuz Gölü'nü besleyen yeraltı sularının tarımsal sulama amaçlı olarak kontrolsüz şekilde kullanımı sonucunda, göldeki suyla kaplı alanlarda azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Yeraltı suları konusunda en önemli husus, meteorolojik olaylardan farklı olarak, kontrol edilebilir ya da kontrolsüz kullanımının önlenebilir olmasıdır.

- Tuz Gölü'nün (boğaz kısmından yukarıda kalan) kuzey bölümünde kurulan tuz havuzlarında yeterli su seviyesinin sağlanması amacıyla göl, boğaz kısmında (Şereflikoçhisar-Kulu doğrultusunda) oluşturulan bir sedde ile ikiye bölünmüştür. Bu uygulama sonucunda gölün daha çok su girişine sahip olan kuzey bölümünden güney bölümüne su geçişinin engellenmesi, zaman içerisinde denizden yükseklik seviyesi daha fazla olan, seddenin hemen altında kalan orta kısma göl sularının ulaşamamasına neden olmuştur.
- Tuz Gölü'nün batı kıyılarından göle ulaşan iki temel kaynak, Cihanbeyli'den gelen İnsuyu Deresi ve Kulu'dan gelen Değirmenözü Dereleridir. Bu derelerin her ikisinin de yatakları değiştirilerek, İnsuyu Deresi Cihanbeylli'de oluşturulan gölete (1992), Değirmenözü Deresi de Düden Gölü'ne çevrilmiştir. Bu durum gölün batı kısmındaki (kıyılarındaki) çoraklığın artmasına neden olmaktadır.
- Gölü güneyden besleyen Eşmekaya Sazlıklarındaki (Bağlıca Kaynakları) su miktarının oldukça azaldığı tespit edilmiştir.
- Aksaray'ın kenarında bulunan Uluırmak Nehri üzerine 1957 ila 1962 yılları arasında inşa edilen Mamasın Barajı, Tuz Gölünün güneydoğu kıyılarından itibaren küçülmesine neden olmuştur. Bu konuda, 1915 yılında üretilmiş (tarihi) askeri haritalar ve (3-boyutlu) güncel uydu görüntüleri üzerinde yapılan ön incelemeler, Tuz Gölü'nün jeomorfolojik gelişimi açısından son derece önemli ve çarpıcı ipuçları vermektedir. Bu nedenle bölge, güncel, yüksek çözünürlüklü ve 3-boyutlu uydu verileri ile konusunda uzman aştırmacılar tarafından detaylı olarak incelenmelidir.
- Tuz Gölü'nü kuzeyden besleyen Peçeneközü Deresi üzerinde kurulması planlanan Peçenek Barajının Tuz Gölü'ne olabilecek çok muhtemel etkilerinin çok iyi irdelenmesi gerekmektedir.
- Tuz Gölü, orta bölgeleri sığ, kıyı bölgeleri daha derin olan bir dip topografyasına sahiptir. Ayrıca, su ile kaplı olduğu bahar aylarında göl girilemez ya da riskli bölge iken girilebilen yaz aylarında gölde neredeyse hiç su kalmaz. Bu iki bilgi birleştirildiği zaman ortaya son derece önemli bir sonuç çıkmaktadır. Bu

çalışmanın önemini de ortaya koyan bu sonuç, (tuz işletmelerindeki) kıyı noktalarda gerçekleştirilen su seviyesi ölçmelerinin, gölün orta bölgesindeki su seviyesini temsil edemeyeceği gerçeğidir. Bu durum, uzaktan algılanmış uydu görüntüsü kullanımının, girilemeyen ya da riskli bölgeler hakkında bilgi elde edilmesi konusundaki avantajı sayesinde tespit edilmiştir.

- Tuz Gölü Havzası'nda bulunan 9 adet meteorolojik istasyona ait veriler ile 1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarındaki ortalama sıcaklık ve toplam yağış değişimleri analiz edilmiştir. 1993 ve 2005 yılları arasında ölçülen toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik verilerin değerlendirilmesi işlemi sonucunda 12 yıllık süre içerisinde, sıcaklık değerlerinde (1970-1992 periyotuna göre) 0,2°C ile 1,3°C arasında değişen miktarlarda ortalama artış olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık değişimlerinin incelenmesi aşamasında karşılaşılan en dikkat çekici nokta, 5-Yaz ayı (Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) ve Temmuz ayı sıcaklık değerlerindeki artışın yıllık ortalama sıcaklık değerlerindeki artıştan daha da fazla olmasıdır. Bu durum tüm merkezler için aynı şekilde gerçekleşmektedir. Bu noktada yaz kuraklığından söz edilebilir.

- Çalışmanın diğer aşamasında ise sıcaklık değişimlerinin belirlendiği periyotta, toplam yağış miktarlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Tuz Gölü'nü besleyen kaynaklardan en büyük paya sahip olan yeraltı sularında son yıllarda görülen azalma dikkate alınarak, Ocak ayı yağış miktarlarındaki değişim öncelikli olarak incelenmiştir. Toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik verilerin değerlendirilmesi işlemi sonucunda 12 yıllık süre içerisinde, Ocak ayı toplam yağış değerlerinde (1970-1992 periyotuna göre) 1,2mm ile 11,6mm arasında değişen miktarlarda azalma olduğu tespit edilmiştir. Bazı merkezlerde görülen (Kulu ve Cihanbeyli gibi), yıllık toplam yağış miktarlarındaki artışın belirlenmesinde, özelikle 5-Yaz ayında meydana gelen yağışların hesaplamada etkili olduğu görülmüştür. Yaz aylarında meydana gelen yağışların sıcaklık ve buharlaşma nedeniyle (yaz kuraklığı da göz önünde bulundurularak) sadece yüzey suyu olarak kalacağı düşünülürse Ocak ayı yağışlarındaki azalmanın, yeraltı suyu seviyelerindeki düşmenin başlıca nedenlerinden olduğu kolaylıkla söylenebilir. Ocak ayı yağışlarındaki azalma ve yaz kuraklığı da dikkate alınarak, yeraltı suyu kullanımının kontrol altına alınması ve ruhsatsız kuyu kullanımının acil olarak önlenmesi, göl ve havzası için hayati önem taşımaktadır.

- Meteorolojik veriler ile belirlenen sıcaklık artışı ve yağış miktarlarındaki azalmanın bölgeye etkilerinin belirlenmesi amacıyla Tuz Gölü ve çevresinde bulunan göllerdeki suyla kaplı alanlarda 1970li yıllardan günümüze kadar

meydana gelen değişim çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri ile analiz edilmiştir.

- Landsat-5 TM uydusuna ait termal bantlar kullanılarak, bölgedeki su ile örtülü alanlar ve göl çevresindeki yüzeyler nem içerikleri açısından genel olarak incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, özellikle gölün kuzeyine göre su girişinin daha az olduğu güney kısmında, sadece suyla kaplı alanlarda değil, nem içeren bölgelerde dahi çok ciddi oranda azalma tespit edilmiştir. Ayrıca gölün güney ve batısına ait kıyı çizgisinin çarpıcı şekilde değişerek gölün küçüldüğü belirlenmiştir. Özellikle, gölün kuzey kısmındaki tuz havuzlarında belirli bir su seviyesinin sağlanması amacıyla oluşturulan seddenin hemen altından başlayan gölün batı kıyısı boyunca, kıyıdan göl içerisine doğru yer yer 5km'yi geçen çorak alanların ortaya çıktığı görülmüş ve yapılan eş-zamanlı arazi çalışması esnasında bölgedeki bu durum gözlemlenerek doğrulanmıştır. Suyun ulaşmadığı bu bölgede tuzun da artık oluşmadığı ve bölgenin tamamen çölleştiği yerinde tespit edilmiştir.

- Mayıs ayında algılanan çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri kullanılarak yapılan analizler, Tuz Gölü'ndeki su yüzey alanlarının 1987-2005 yılları arasında 1/3 oranında azaldığını göstermektedir. Tuz Gölü'nü ikiye bölen seddenin hemen altından itibaren gölün batı kıyısında başlayan çölleşme, burada elde edilen sonuç görüntülerinde de dikkat çekmektedir.

- Çalışmada ayrıca, yaz kuraklığının göle etkisini araştırmak amacıyla, Ağustos ayında algılanmış çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri irdelenmiştir. 07.081975 ve 07.08.2006 tarihli (aynı gün algılanmış) Landsat görüntülerinin karşılaştırılması sonucunda, 1975 yılında gölün özellikle güney bölümünün tamamına yakın kısmı suyla kaplı iken 2006 yılında, Konya Ana Tahliye Kanalının göle ulaştığı bölge dışında gölde hiç su bulunmadığı tespit edilmiştir. Dikkat çeken bir diğer husus ise 1989 ve 2006 yılları arasında suyla alanlarda meydana gelen azalmanın, 1975-1989 periyotuna göre çok daha fazla olmasıdır.

- Tuz Gölü çevresinde (Özel Koruma Alanı içerisinde) bulunan Düden (Kulu), Tersakan ve Bolluk Göllerine ait kıyı çizgisi değişimleri incelenmiştir. Söz konusu göllerin 30 yıllık periyot içerisinde kuraklıktan çok ciddi derecede etkilendiği, Düden ve Bolluk Göllerinde kıyı çizgisi değişimlerinin 1km'yi geçtiği belirlenmiştir. Tersakan Gölü'nde ise 16.05.2005 tarihinde yapılan arazi çalışması esnasında (göl kenarında görülen işletme tarafından oluşturulan su havuzu dışında), su numunesi alınacak bölge dahi bulunamamıştır.

Kuraklığın tuz oluşumuna etkisinin belirlenmesi konusunda elde edilen sonuçlar:

- Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen azalmanın, tuzla kaplı alanlara etkisi irdelenmiştir. Gölü ikiye bölen seddenin hemen alt kısmındaki bölgede tuz oluşumu açısından 1987-2005 yılları arasında çok ciddi oranda azalma meydana geldiği belirlenmiştir. 2005 yılına ait Landat ve Spot uydu görüntüleri ve yerinde yapılan detaylı incelemeler, bu bölgede tuzun hiç oluşmadığını ve göl zeminin tamamen çatlamış toprak şekline dönüştüğünü göstermiştir.
- Yapılan analizler ile elde edilen bir diğer önemli husus, 2005 yılına göre daha yağışlı geçen 2006 yılında, bazı bölgelerde tuz oluşumunda artış görülmesidir. Bu durum 2005 Mayıs ve 2006 Haziran aylarında yapılan detaylı arazi çalışmalarında gözlemlenmiş ve toprak neminde ve tuz oluşumundaki artış yerinde tespit edilmiştir. Bu durum, gölün kuzey bölümünden güneye su geçişinin sağlanması halinde gölün doğal yapısına kavuşabileceği ve iyileştirmenin amacına ulaşacağı noktasında son derece önemlidir. Bir iyileştirme projesinin uygulanması söz konusu olursa bir hususa çok dikkat edilmelidir. Bu da, kuzeyden güneye su geçişinin (uygun inşa edilen yapılarla) birden fazla noktadan sağlanması gerektiğidir. Aksi takdirde, deniz seviyesinden yüksekliği daha fazla olan (ve şu anda çoraklaşan) bölgeye yine suyun ulaşmaması çok muhtemeldir.
- Spektral profil analizi ile elde edilen sonuçlar, tuzun 0,45-1,0μm aralığındaki yüksek yansıtma özelliği göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. 1987 yılında yüksek yansıtım değerleri gösteren tuz oluşumunun yoğun olduğu bölgenin 2005 yılında, tuz oluşumundaki azalmaya bağlı olarak çok düşük yansıtma değerleri gösterdiği görülmüştür. Nitekim profillerin çizildiği noktaların bulunduğu bölge, Landsat-5 uydusunun 16.05.2005.tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak gerçekleştirilen detaylı arazi çalışmasında incelenmiş ve bölgedeki (tuz oluşumu açısından) çoraklaşma yerinde gözlemlenmiştir.

Kentsel gelişimin zamansal analizi ile elde edilen sonuçlar:

- Tuz Gölü çevresinde bulunan ve gölü doğrudan ya da dolaylı şekilde etkileyen yerleşim merkezlerinde 1990-2000 yılları arasında meydana gelen alansal artış ile Devlet İstatistik Enstitüsü'nden alınan aynı yıllara ait demografik veriler arasındaki korelasyon incelenmiştir.

- 1990-2000 yılları arasında Cihanbeyli, Kulu, Şereflikoçhisar, Eskil ilçe merkezlerinde meydana gelen kentsel nüfus ve alan artış yüzdeleri arasında çok yüksek korelasyon (R^2=0,9793) olduğu belirlenmiştir. Konya iline ait kentsel nüfus ve kentsel alan artış oranlarının (sırasıyla %44,68 ve %26,02) çok farklı olması anlamlıdır. Bu sonuç, il merkezlerinde yerleşim alanlarının (çoğunlukla) çok katlı yapılardan oluşması ile izah edilebilir. Diğer bir deyişle, il merkezlerinde hektar başına düşen kişi sayısı (nüfus yoğunluğu) ilçelere göre daha fazladır. Bu bilgiler ışığında, ilçelerden ayrı olarak değerlendirilen Konya ili için, kentsel nüfus ve alan artış değerleri (kişi/hektar) kullanılarak 1990 ve 2000 yıllarına ait nüfus yoğunluğu değerleri sırasıyla 155,03 ve 177,98 kişi/hektar olarak hesaplanmıştır. Uygulamada il merkezleri için nüfus yoğunluğu (kent yapısına bağlı olarak) 150-200 kişi/hektar olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, uydu görüntüleri kullanılarak kentsel alanların hesaplandığı bu uygulamada kabul edilebilir sonuçların ucuz, hızlı ve güvenilir şekilde elde edildiği rahatlıkla söylenebilir.

- Ulaşılan bir diğer önemli sonuç, Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim alanlarında görülen hızlı nüfus artışlarıdır. Bu durum, gölün geleceği bakımından göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur. Çünkü bölgedeki nüfus artışına paralel olarak (su ve çevre kirliliği gibi etkilerinin yanında) nüfusun büyük çoğunluğunun geçimini tarımdan sağladığı bölgede, sulama ihtiyacının daha da artması anlamına gelmektedir. Bu, Tuz Gölü'nü besleyen kaynaklardan en önemlisi olan yeraltı sularının daha da azalmasına ve dolayısıyla bölgedeki kuraklığın gölü daha çok etkilemesine (uzun vadede gölün tamamen kurumasına) neden olabilecektir. Bu nedenlerden dolayı yeraltı suyu kullanımının olumlu sosyo-ekonomik etkileri yanında, göle olabilecek olumsuz etkileri değerlendirilmeli ve dikkatlice planlanan önlemlerin (en kısa sürede) titizlikle uygulanması gerekmektedir. Örneğin, ürün deseni belirlenerek yöre halkının su ihtiyacı daha az olan ürünlerin üretimine teşvik edilmesi örnek uygulamalardan birisi olabilir. Böylesi bir projenin ilk uygulanmaya başladığı dönemde gelir farkı incelenmeli ve yöre halkı, oluşabilecek gelir kayıplarına karşın devlet tarafından desteklenmelidir. Bu tür projeler Tuz Gölünün doğal yapısına kavuşabilmesi bakımından son derece önemlidir. Ancak, düzenleme-kaynak bulma-uygulama aşamaları çok uzun süre alması muhtemel bu ve benzeri uygulamalar için çalışmaların acilen başlatılması gerekmektedir. Olası projeler için kaynak bulunması konusunda Avrupa Birliği desteği araştırılmalıdır. Tuz Gölü ve Havzası, reform yapılması gereken ve planlanan öncelikli konular arasında yer almalıdır.

Kirletici kaynakların tespiti ve sonuçların analizi ile ulaşılan sonuçlar:

- Uzaktan algılama ve CBS Entegrasyonu ile Tuz Gölü çevresindeki kirletici kaynakların tespit edilmesi amacıyla, bölgeye ait grafik (raster-vektör) ve grafik olmayan (öznitelik) bilgiler aynı veri tabanı içerisinde birleştirilmiştir.

- Tuz Gölü'ne dökülen Konya gibi büyük bir şehre ait evsel, bunun dışında çevrede yapılan tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan tarımsal atıkların zaman içerisinde kontrol altına alınmaması, bölgeyi kirlilik açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Daha sonraki yıllarda göle verilen, Şerefli Koçhisar ve Aksaray'dan gelen evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar da halen arıtılmadan doğrudan göl ve havzasına dökülmektedir.

- Konya'dan gelen tahliye kanalının geçtiği Gölyazı beldesinden numuneler alınmıştır. Yapılan arazi çalışmaları esnasında, sadece 10-15 yıl önce Beyşehir Gölü'nden gelen 5-10 kilogramlık iri sazan balıklarının tutulduğu su kanalının, tamamen kanalizasyona dönüştüğü yerinde gözlemlenmiştir. Aynı mevkide yapılan çalışmalar, 2004-2005-2006 yıllarında üç kez tekrarlanmış ve herhangi bir iyileşme görülmemiştir. Yapılan detaylı arazi çalışmaları esnasında karşılaşılan bir diğer önemli (ve endişe verici) husus, evsel ve endüstriyel atıkları içeren kanal suyunun, özellikle sıcak yaz aylarında büyük ve küçükbaş hayvanlar için içme suyu olarak kullanılmasıdır. Ayrıca mevcut durumu ile kanal, bölge halkını son derece sağlıksız ve kısıtlayıcı koşullarda yaşamaya zorlamaktadır. Konya il çıkışında 2005 yılında inşaatına başlanan arıtma tesisi, 30 yıl sonra kirliliğin önlenmesi bakımından atılan önemli bir adımdır. Ancak, Tuz Gölü'nün yakın çevresinde bulunan birçok yerleşim yerinden (20.000 nüfuslu Eskil gibi) ve endüstriyel alanlardan (Konya Cihanbeyli Sodyum Sülfat Tesisleri gibi) gelen atık sular arıtılmadan göle verilmeye devam ederse, Konya'da inşa edilen arıtma tesisi ile gölde beklenen (kirlilik açısından) iyileşme gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle göl çevresindeki yerleşim alanları için de arıtma tesislerinin inşası zorunludur. Bu noktada belirtilmesi gereken önemli bir husus, arıtma tesislerinin yerlerinin belirlenmesinde, uzaktan algılama ile uydu teknolojisinden yaralanmanın çok büyük avantaj sağlayacak olmasıdır.

Aksaray'dan gelen ve drenaj kanalı ile göle ulaşmadan deşarj olan atık sular yerinde tespit edilmiştir. Aksaray'da bulunan ve tam kapasite çalışmayan arıtma tesisleri nedeniyle kirliliğe neden olan ve şehirden Uluır Tuz Gölü ve yakın çevresinde uzaktan algılamanın ilk kez uygulandığı bu çalışmada, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresi, eş-zamanlı ölçmeler ve çok zamanlı uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir.

Yapılan kapsamlı literatür taraması ve araştırmalar (Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ile yapılan görüşmeler) sonucunda, Tuz Gölü ve çevresinde görülen kuraklık ve kirliliği konu alan güncel ve bilimsel bir çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Sadece, Konya Büyükşehir Belediyesi ve Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı tarafından 1998-2001 yılları arasında bir çalışma yapılmış ve bu çalışmada Tuz Gölü'nden (arazi çalışması tarihinin uygun seçilmemiş olması nedeniyle) numune alınamamış, sadece çevresindeki dereler ve drenaj kanallarından 1998 yılında alınan toplam 4 adet su numunesinin analiz sonuçlarına göre değerlendirmeler yapılmıştır. Bu nedenle, uzaktan algılama ile Tuz Gölü ve yakın çevresinin incelendiği bu tez çalışmanın bilimsel alanda görevini yerine getireceği düşünülmektedir. Tuz Gölü ve özel çevre koruma alanını kapsayan bu tez çalışmasında ulaşılan sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

Teknik analizler ile elde edilen sonuçlar:

- Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile yapılan teknik analizler sonucunda, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin yorumlanmasında farklı bir durumun olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanların uydu görüntüsü ile belirlenmesi işleminde sağlıklı bir hesaplamanın yapılabilmesi için uygun spektral aralığın sadece yakın kızıl ötesi bölge olduğunu göstermektedir. Bu istisnai durum, tamamen Tuz Gölü'nün (su derinliğinin az olması ve göl tabanının tuzla kaplı olması gibi) doğal yapısından kaynaklanmaktadır. Uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan uydu verilerine ait orta kızılötesi bant kullanılarak su ile örtülü alanların belirlenmesi yönteminin, Tuz Gölü'ne ait uydu görüntülerinin işlenmesi ve yorumlanması aşamalarında kullanılamayacağı, kullanılması durumunda hatalı sonuçlara ulaşılacağı tespit edilmiştir.

- Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile ışınımın nüfus etme (penetrasyon) seviyesinin araştırılması amacıyla bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Yansıyan ve uydu tarafından algılanan ışınımın tuzlu topraklarda yüzeyden itibaren düşey olarak ilerlediği (nüfus ettiği) mesafe ile uydu tarafından algılanan farklı dalga boylarındaki yansıma değerleri arasındaki ilişki ve buna paralel olarak topraktaki tuz konsantrasyonunun yansıtmaya etkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Yüzeyde tuz oluşan topraklarda tuz kabuğunun altı nemlidir. Bu nedenle uzun dalga boyunda (orta kızılötesi bant, örneğin, Landsat-5 TM 5. ve 7. bantlarda) bu soğuk yüzeyler için düşük yansıma değerleri elde edilir. Diğer bir deyişle, yüzeydeki tuz miktarı ile orta kızılötesi bölgede algılanan yansıma değerleri ters orantılıdır. Diğer önemli sonuç ise toprak yüzeyinde başlayan

buharlaşma ile yüzeyde tuz oluşacağı bilgisine göre Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen azalmanın tuzla kaplı alanların azalmasına neden olduğu ve olacağıdır. Kısaca "ne kadar yüzey suyu, o kadar tuz!" yorumu yapılabilir.

- Eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile ayrıca, topraklarda tuzluluk derecesinin (Elektriksel İletkenlik-EC) uydu görüntüsü üzerinden tahmin edilmesi amacına yönelik olarak model oluşturulmuş ve sonuçların geçerliliği test edilmiştir. Tasarlanan model, yansıma ve elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerleri kullanılarak çalıştırılmış ve çok tutarlı sonuçlar elde edilmiştir (Belirlilik katsayısı R^2=0,9537). Sonuçların geçerliliğinin sağlanması amacına yönelik olarak modelin çalıştırılmasında işleme alınmayan dış (harici) noktalarda test edilmiştir. Bu şekilde yapılan kontrol ile sonuçların çok yüksek oranda (R^2=0,90) tutarlı oldukları belirlenmiştir. Oluşturulan model ve sonuçları ayrıca, klasik çoklu regresyon yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmış ve belirlilik katsayısı R^2=0,8827 olarak bulunmuştur. Sonuç veriler, çalışmada oluşturulan model ile daha yüksek doğruluklu (R^2=0,9537) değerler elde edildiğini göstermektedir. Tasarlanan modelin, göl üzerinde temsil edici nokta sıklığı artırıldıktan sonra, tüm göl yüzeyini temsil edici tuz haritalarının uydu görüntüleri ile elde edilmesi çalışmalarında kullanılması önemli bir kazanım olacaktır. Bu şekilde elde edilen görüntü haritalarının kullanımının, göldeki tuz rezervinin belirlenmesi, incelenmesi ve tahmin edilmesi açısından son derece yararlı (işlevsel) olacağı düşünülmektedir.

Bölge hakkında yapılan ön araştırmalar ve kuraklık analizi ile elde edilen sonuçlar:

- Meteorolojik veriler ve çok zamanlı uydu görüntüleri ile kuraklığın Tuz Gölü ve çevresine etkileri incelenmiş, öncelikle göl çevresindeki su kaynaklarının mevcut durumu belirlenmiş ve uydu görüntüsü kullanımının gerekliliği açıklanmıştır. Bu amaçla yapılan araştırmalar, Tuz Gölü'nü besleyen yeraltı sularının tarımsal sulama amaçlı olarak kontrolsüz şekilde kullanımı sonucunda, göldeki suyla kaplı alanlarda azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Yeraltı suları konusunda en önemli husus, meteorolojik olaylardan farklı olarak, kontrol edilebilir ya da kontrolsüz kullanımının önlenebilir olmasıdır.

- Tuz Gölü'nün (boğaz kısmından yukarıda kalan) kuzey bölümünde kurulan tuz havuzlarında yeterli su seviyesinin sağlanması amacıyla göl, boğaz kısmında (Şereflikoçhisar-Kulu doğrultusunda) oluşturulan bir sedde ile ikiye bölünmüştür. Bu uygulama sonucunda gölün daha çok su girişine sahip olan kuzey

bölümünden güney bölümüne su geçişinin engellenmesi, zaman içerisinde denizden yükseklik seviyesi daha fazla olan, seddenin hemen altında kalan orta kısma göl sularının ulaşamamasına neden olmuştur.

- Tuz Gölü'nün batı kıyılarından göle ulaşan iki temel kaynak, Cihanbeyli'den gelen İnsuyu Deresi ve Kulu'dan gelen Değirmenözü Dereleridir. Bu derelerin her ikisinin de yatakları değiştirilerek, İnsuyu Deresi Cihanbeylli'de oluşturulan gölete (1992), Değirmenözü Deresi de Düden Gölü'ne çevrilmiştir. Bu durum gölün batı kısmındaki (kıyılarındaki) çoraklığın artmasına neden olmaktadır.
- Gölü güneyden besleyen Eşmekaya Sazlıklarındaki (Bağlıca Kaynakları) su miktarının oldukça azaldığı tespit edilmiştir.
- Aksaray'ın kenarında bulunan Uluırmak Nehri üzerine 1957 ila 1962 yılları arasında inşa edilen Mamasın Barajı, Tuz Gölünün güneydoğu kıyılarından itibaren küçülmesine neden olmuştur. Bu konuda, 1915 yılında üretilmiş (tarihi) askeri haritalar ve (3-boyutlu) güncel uydu görüntüleri üzerinde yapılan ön incelemeler, Tuz Gölü'nün jeomorfolojik gelişimi açısından son derece önemli ve çarpıcı ipuçları vermektedir. Bu nedenle bölge, güncel, yüksek çözünürlüklü ve 3-boyutlu uydu verileri ile konusunda uzman aştırmacılar tarafından detaylı olarak incelenmelidir.
- Tuz Gölü'nü kuzeyden besleyen Peçeneközü Deresi üzerinde kurulması planlanan Peçenek Barajının Tuz Gölü'ne olabilecek çok muhtemel etkilerinin çok iyi irdelenmesi gerekmektedir.
- Tuz Gölü, orta bölgeleri sığ, kıyı bölgeleri daha derin olan bir dip topografyasına sahiptir. Ayrıca, su ile kaplı olduğu bahar aylarında göl girilemez ya da riskli bölge iken girilebilen yaz aylarında gölde neredeyse hiç su kalmaz. Bu iki bilgi birleştirildiği zaman ortaya son derece önemli bir sonuç çıkmaktadır. Bu çalışmanın önemini de ortaya koyan bu sonuç, (tuz işletmelerindeki) kıyı noktalarda gerçekleştirilen su seviyesi ölçmelerinin, gölün orta bölgesindeki su seviyesini temsil edemeyeceği gerçeğidir. Bu durum, uzaktan algılanmış uydu görüntüsü kullanımının, girilemeyen ya da riskli bölgeler hakkında bilgi elde edilmesi konusundaki avantajı sayesinde tespit edilmiştir.
- Tuz Gölü Havzası'nda bulunan 9 adet meteorolojik istasyona ait veriler ile 1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarındaki ortalama sıcaklık ve toplam yağış değişimleri analiz edilmiştir. 1993 ve 2005 yılları arasında ölçülen toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik verilerin değerlendirilmesi işlemi sonucunda 12 yıllık süre içerisinde, sıcaklık değerlerinde (1970-1992 periyotuna göre) 0,2°C ile

1,3°C arasında değişen miktarlarda ortalama artış olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık değişimlerinin incelenmesi aşamasında karşılaşılan en dikkat çekici nokta, 5-Yaz ayı (Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) ve Temmuz ayı sıcaklık değerlerindeki artışın yıllık ortalama sıcaklık değerlerindeki artıştan daha da fazla olmasıdır. Bu durum tüm merkezler için aynı şekilde gerçekleşmektedir. Bu noktada yaz kuraklığından söz edilebilir.

- Çalışmanın diğer aşamasında ise sıcaklık değişimlerinin belirlendiği periyotta, toplam yağış miktarlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Tuz Gölü'nü besleyen kaynaklardan en büyük paya sahip olan yeraltı sularında son yıllarda görülen azalma dikkate alınarak, Ocak ayı yağış miktarlarındaki değişim öncelikli olarak incelenmiştir. Toplam 9 adet istasyona ait meteorolojik verilerin değerlendirilmesi işlemi sonucunda 12 yıllık süre içerisinde, Ocak ayı toplam yağış değerlerinde (1970-1992 periyotuna göre) 1,2mm ile 11,6mm arasında değişen miktarlarda azalma olduğu tespit edilmiştir. Bazı merkezlerde görülen (Kulu ve Cihanbeyli gibi), yıllık toplam yağış miktarlarındaki artışın belirlenmesinde, özelikle 5-Yaz ayında meydana gelen yağışların hesaplamada etkili olduğu görülmüştür. Yaz aylarında meydana gelen yağışların sıcaklık ve buharlaşma nedeniyle (yaz kuraklığı da göz önünde bulundurularak) sadece yüzey suyu olarak kalacağı düşünülürse Ocak ayı yağışlarındaki azalmanın, yeraltı suyu seviyelerindeki düşmenin başlıca nedenlerinden olduğu kolaylıkla söylenebilir. Ocak ayı yağışlarındaki azalma ve yaz kuraklığı da dikkate alınarak, yeraltı suyu kullanımının kontrol altına alınması ve ruhsatsız kuyu kullanımının acil olarak önlenmesi, göl ve havzası için hayati önem taşımaktadır.
- Meteorolojik veriler ile belirlenen sıcaklık artışı ve yağış miktarlarındaki azalmanın bölgeye etkilerinin belirlenmesi amacıyla Tuz Gölü ve çevresinde bulunan göllerdeki suyla kaplı alanlarda 1970li yıllardan günümüze kadar meydana gelen değişim çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri ile analiz edilmiştir.
- Landsat-5 TM uydusuna ait termal bantlar kullanılarak, bölgedeki su ile örtülü alanlar ve göl çevresindeki yüzeyler nem içerikleri açısından genel olarak incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, özellikle gölün kuzeyine göre su girişinin daha az olduğu güney kısmında, sadece suyla kaplı alanlarda değil, nem içeren bölgelerde dahi çok ciddi oranda azalma tespit edilmiştir. Ayrıca gölün güney ve batısına ait kıyı çizgisinin çarpıcı şekilde değişerek gölün küçüldüğü belirlenmiştir. Özellikle, gölün kuzey kısmındaki tuz havuzlarında belirli bir su seviyesinin sağlanması amacıyla oluşturulan seddenin hemen

altından başlayan gölün batı kıyısı boyunca, kıyıdan göl içerisine doğru yer yer 5km'yi geçen çorak alanların ortaya çıktığı görülmüş ve yapılan eş-zamanlı arazi çalışması esnasında bölgedeki bu durum gözlemlenerek doğrulanmıştır. Suyun ulaşmadığı bu bölgede tuzun da artık oluşmadığı ve bölgenin tamamen çölleştiği yerinde tespit edilmiştir.

- Mayıs ayında algılanan çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri kullanılarak yapılan analizler, Tuz Gölü'ndeki su yüzey alanlarının 1987-2005 yılları arasında 1/3 oranında azaldığını göstermektedir. Tuz Gölü'nü ikiye bölen seddenin hemen altından itibaren gölün batı kıyısında başlayan çölleşme, burada elde edilen sonuç görüntülerinde de dikkat çekmektedir.

- Çalışmada ayrıca, yaz kuraklığının göle etkisini araştırmak amacıyla, Ağustos ayında algılanmış çok zamanlı Landsat ve Spot uydu verileri irdelenmiştir. 07.081975 ve 07.08.2006 tarihli (aynı gün algılanmış) Landsat görüntülerinin karşılaştırılması sonucnda, 1975 yılında gölün özellikle güney bölümünün tamamına yakın kısmı suyla kaplı iken 2006 yılında, Konya Ana Tahliye Kanalının göle ulaştığı bölge dışında gölde hiç su bulunmadığı tespit edilmiştir. Dikkat çeken bir diğer husus ise 1989 ve 2006 yılları arasında suyla alanlarda meydana gelen azalmanın, 1975-1989 periyotuna göre çok daha fazla olmasıdır.

- Tuz Gölü çevresinde (Özel Koruma Alanı içerisinde) bulunan Düden (Kulu), Tersakan ve Bolluk Göllerine ait kıyı çizgisi değişimleri incelenmiştir. Söz konusu göllerin 30 yıllık periyot içerisinde kuraklıktan çok ciddi derecede etkilendiği, Düden ve Bolluk Göllerinde kıyı çizgisi değişimlerinin 1km'yi geçtiği belirlenmiştir. Tersakan Gölü'nde ise 16.05.2005 tarihinde yapılan arazi çalışması esnasında (göl kenarında görülen işletme tarafından oluşturulan su havuzu dışında), su numunesi alınacak bölge dahi bulunamamıştır.

Kuraklığın tuz oluşumuna etkisinin belirlenmesi konusunda elde edilen sonuçlar:

- Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen azalmanın, tuzla kaplı alanlara etkisi irdelenmiştir. Gölü ikiye bölen seddenin hemen alt kısmındaki bölgede tuz oluşumu açısından 1987-2005 yılları arasında çok ciddi oranda azalma meydana geldiği belirlenmiştir. 2005 yılına ait Landat ve Spot uydu görüntüleri ve yerinde yapılan detaylı incelemeler, bu bölgede tuzun hiç oluşmadığını ve göl zeminin tamamen çatlamış toprak şekline dönüştüğünü göstermiştir.

- Yapılan analizler ile elde edilen bir diğer önemli husus, 2005 yılına göre daha yağışlı geçen 2006 yılında, bazı bölgelerde tuz oluşumunda artış görülmesidir.

Bu durum 2005 Mayıs ve 2006 Haziran aylarında yapılan detaylı arazi çalışmalarında gözlemlenmiş ve toprak neminde ve tuz oluşumundaki artış yerinde tespit edilmiştir. Bu durum, gölün kuzey bölümünden güneye su geçişinin sağlanması halinde gölün doğal yapısına kavuşabileceği ve iyileştirmenin amacına ulaşacağı noktasında son derece önemlidir. Bir iyileştirme projesinin uygulanması söz konusu olursa bir hususa çok dikkat edilmelidir. Bu da, kuzeyden güneye su geçişinin (uygun inşa edilen yapılarla) birden fazla noktadan sağlanması gerektiğidir. Aksi takdirde, deniz seviyesinden yüksekliği daha fazla olan (ve şu anda çoraklaşan) bölgeye yine suyun ulaşmaması çok muhtemeldir.

- Spektral profil analizi ile elde edilen sonuçlar, tuzun 0,45-1,0μm aralığındaki yüksek yansıtma özelliği göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. 1987 yılında yüksek yansıtım değerleri gösteren tuz oluşumunun yoğun olduğu bölgenin 2005 yılında, tuz oluşumundaki azalmaya bağlı olarak çok düşük yansıtma değerleri gösterdiği görülmüştür. Nitekim profillerin çizildiği noktaların bulunduğu bölge, Landsat-5 uydusunun 16.05.2005.tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak gerçekleştirilen detaylı arazi çalışmasında incelenmiş ve bölgedeki (tuz oluşumu açısından) çoraklaşma yerinde gözlemlenmiştir.

Kentsel gelişimin zamansal analizi ile elde edilen sonuçlar:

- Tuz Gölü çevresinde bulunan ve gölü doğrudan ya da dolaylı şekilde etkileyen yerleşim merkezlerinde 1990-2000 yılları arasında meydana gelen alansal artış ile Devlet İstatistik Enstitüsü'nden alınan aynı yıllara ait demografik veriler arasındaki korelasyon incelenmiştir.

- 1990-2000 yılları arasında Cihanbeyli, Kulu, Şereflikoçhisar, Eskil ilçe merkezlerinde meydana gelen kentsel nüfus ve alan artış yüzdeleri arasında çok yüksek korelasyon (R^2=0,9793) olduğu belirlenmiştir. Konya iline ait kentsel nüfus ve kentsel alan artış oranlarının (sırasıyla %44,68 ve %26,02) çok farklı olması anlamlıdır. Bu sonuç, il merkezlerinde yerleşim alanlarının (çoğunlukla) çok katlı yapılardan oluşması ile izah edilebilir. Diğer bir deyişle, il merkezlerinde hektar başına düşen kişi sayısı (nüfus yoğunluğu) ilçelere göre daha fazladır. Bu bilgiler ışığında, ilçelerden ayrı olarak değerlendirilen Konya ili için, kentsel nüfus ve alan artış değerleri (kişi/hektar) kullanılarak 1990 ve 2000 yıllarına ait nüfus yoğunluğu değerleri sırasıyla 155,03 ve 177,98 kişi/hektar olarak hesaplanmıştır. Uygulamada il merkezleri için nüfus yoğunluğu (kent yapısına bağlı olarak) 150-200 kişi/hektar olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, uydu görüntüleri

kullanılarak kentsel alanların hesaplandığı bu uygulamada kabul edilebilir sonuçların ucuz, hızlı ve güvenilir şekilde elde edildiği rahatlıkla söylenebilir.

- Ulaşılan bir diğer önemli sonuç, Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim alanlarında görülen hızlı nüfus artışlarıdır. Bu durum, gölün geleceği bakımından göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur. Çünkü bölgedeki nüfus artışına paralel olarak (su ve çevre kirliliği gibi etkilerinin yanında) nüfusun büyük çoğunluğunun geçimini tarımdan sağladığı bölgede, sulama ihtiyacının daha da artması anlamına gelmektedir. Bu, Tuz Gölü'nü besleyen kaynaklardan en önemlisi olan yeraltı sularının daha da azalmasına ve dolayısıyla bölgedeki kuraklığın gölü daha çok etkilemesine (uzun vadede gölün tamamen kurumasına) neden olabilecektir. Bu nedenlerden dolayı yeraltı suyu kullanımının olumlu sosyo-ekonomik etkileri yanında, göle olabilecek olumsuz etkileri değerlendirilmeli ve dikkatlice planlanan önlemlerin (en kısa sürede) titizlikle uygulanması gerekmektedir. Örneğin, ürün deseni belirlenerek yöre halkının su ihtiyacı daha az olan ürünlerin üretimine teşvik edilmesi örnek uygulamalardan birisi olabilir. Böylesi bir projenin ilk uygulanmaya başladığı dönemde gelir farkı incelenmeli ve yöre halkı, oluşabilecek gelir kayıplarına karşın devlet tarafından desteklenmelidir. Bu tür projeler Tuz Gölünün doğal yapısına kavuşabilmesi bakımından son derece önemlidir. Ancak, düzenleme-kaynak bulma-uygulama aşamaları çok uzun süre alması muhtemel bu ve benzeri uygulamalar için çalışmaların acilen başlatılması gerekmektedir. Olası projeler için kaynak bulunması konusunda Avrupa Birliği desteği araştırılmalıdır. Tuz Gölü ve Havzası, reform yapılması gereken ve planlanan öncelikli konular arasında yer almalıdır.

Kirletici kaynakların tespiti ve sonuçların analizi ile ulaşılan sonuçlar:

- Uzaktan algılama ve CBS Entegrasyonu ile Tuz Gölü çevresindeki kirletici kaynakların tespit edilmesi amacıyla, bölgeye ait grafik (raster-vektör) ve grafik olmayan (öznitelik) bilgiler aynı veri tabanı içerisinde birleştirilmiştir.

- Tuz Gölü'ne dökülen Konya gibi büyük bir şehre ait evsel, bunun dışında çevrede yapılan tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan tarımsal atıkların zaman içerisinde kontrol altına alınmaması, bölgeyi kirlilik açısından olumsuz yönde etkilemektedir. Daha sonraki yıllarda göle verilen, Şerefli Koçhisar ve Aksaray'dan gelen evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar da halen arıtılmadan doğrudan göl ve havzasına dökülmektedir.

- Konya'dan gelen tahliye kanalının geçtiği Gölyazı beldesinden numuneler alınmıştır. Yapılan arazi çalışmaları esnasında, sadece 10-15 yıl önce Beyşehir Gölü'nden gelen 5-10 kilogramlık iri sazan balıklarının tutulduğu su kanalının, tamamen kanalizasyona dönüştüğü yerinde gözlemlenmiştir. Aynı mevkide yapılan çalışmalar, 2004-2005-2006 yıllarında üç kez tekrarlanmış ve herhangi bir iyileşme görülmemiştir. Yapılan detaylı arazi çalışmaları esnasında karşılaşılan bir diğer önemli (ve endişe verici) husus, evsel ve endüstriyel atıkları içeren kanal suyunun, özellikle sıcak yaz aylarında büyük ve küçükbaş hayvanlar için içme suyu olarak kullanılmasıdır. Ayrıca mevcut durumu ile kanal, bölge halkını son derece sağlıksız ve kısıtlayıcı koşullarda yaşamaya zorlamaktadır. Konya il çıkışında 2005 yılında inşaatına başlanan arıtma tesisi, 30 yıl sonra kirliliğin önlenmesi bakımından atılan önemli bir adımdır. Ancak, Tuz Gölü'nün yakın çevresinde bulunan birçok yerleşim yerinden (20.000 nüfuslu Eskil gibi) ve endüstriyel alanlardan (Konya Cihanbeyli Sodyum Sülfat Tesisleri gibi) gelen atık sular arıtılmadan göle verilmeye devam ederse, Konya'da inşa edilen arıtma tesisi ile gölde beklenen (kirlilik açısından) iyileşme gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle göl çevresindeki yerleşim alanları için de arıtma tesislerinin inşası zorunludur. Bu noktada belirtilmesi gereken önemli bir husus, arıtma tesislerinin yerlerinin belirlenmesinde, uzaktan algılama ile uydu teknolojisinden yaralanmanın çok büyük avantaj sağlayacak olmasıdır.
- Aksaray'dan gelen ve drenaj kanalı ile göle ulaşmadan deşarj olan atık sular yerinde tespit edilmiştir. Aksaray'da bulunan ve tam kapasite çalışmayan arıtma tesisleri nedeniyle kirliliğe neden olan ve şehirden Uluırmak Deresi vasıtasıyla drenaj kanalına buradan da göl havzasına dökülen atık sular çevre kirliliğine yol açmaktadır.
- Uydu görüntüleri üzerinde yapılan ön analizler sonucunda göle kuzeyden ulaştığı tespit edilen Şereflikoçhisar ilçesi atık sularının deşarj noktası yerinde incelenmiş ve numuneler alınmıştır. Kirletici kaynakların belirlenmesi açısından bir diğer önemli bölge olan söz konusu deşarj noktasında, Gölyazı beldesindeki duruma benzer bir durumla karşılaşılmıştır. Kanalizasyon, tarımsal sulama suları ve endüstriyel atık sular burada da açık şekilde ve arıtılmadan göle verilmektedir.
- Tuz Gölü'nden 2005 ve 2006 yılında Mayıs-Haziran aylarında alınan su numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarında dikkati çeken husus pH değerlerinin numune alma noktalarına bağlı olarak 7.0 ile 9.1 arasında değişmesidir. pH değerinin 7.0-9.1 arasında değişmesi havzadan atık su girişi

ile de ilişkilendirilebilir. Konya ve Şereflikoçhisar tahliye kanallarında alınan numunelerde pH değerleri 8.5-9.0 arasında çıkmıştır. Tuz Gölü üzerindeki numune alma noktalarında ise pH 7.0-7.5 arasında ölçülmüştür. Tatlı su girişinin olmadığı veya sınırlı olduğu numune alma noktalarında tuzluluk değeri, denizler esasa alındığında Akdeniz'deki tuzluluk değerinin 5, Karadeniz'deki tuzluluk değerinin 10 katı civarındadır. Aynı şekilde tuz işletmelerinin atık sularının döküldüğü 9 nolu numune alma noktasındaki tuzluluk değerleri Akdeniz ile aynıdır.

- Toplam Katı madde (TKM) parametresi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde, genellikle drenaj kanallarındaki değerlerin göldeki değerlerden çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bu parametrenin gölde yüksek çıkmasında tuzun etkisi olduğu düşünülmektedir. 6 nolu istasyonda tam değerinin TKM daha düşük çıkmasının tuz üretim işlemi esnasında tatlı su ile yapılan seyreltmeden kaynaklandığı, drenaj kanalı üzerindeki 9 nolu istasyonda TKM değerinin yüksek çıkmasının ise bu drenaj kanalına tuz işletmelerinden verilen yıkama sularından ileri geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Toplam Askıda madde (TAM) değerleri drenaj kanallarında su hızının düşük, gölün ise durgun olması sonucu partiküllerin ve daha iri maddelerin çökelmesi nedeniyle oldukça düşük çıkmıştır. Toplam fosfor (TP), bulanıklık ve deterjan değerleri standartlarda verilen limitlerin altında ölçülmüş olup genel bir eğilim göstermemektedir. Sülfat değerlerinin beklendiği üzere drenaj kanallarında düşük göl içerisinde ise Akdeniz ve Karadeniz sularından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Beton drenaj kanalları açısından tuz yıkama sularını alan 9 nolu istasyonun bulunduğu kanal hariç sülfat değerleri kabul edilebilir limitler içerisindedir.

- Ağır metal değerleri standartlardaki limitlerin altında ölçülmüştür. Bununla birlikte kurşun (Pb) değerlerinin karayoluna yakın 5, 7 ve 8 nolu istasyonlarda diğerlerinden yaklaşık 1,5-2.0 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çinko (Zn) değerlerinin gerek drenaj gerekse göldeki istasyon da 2005 yılında 2006 yılına göre yaklaşık 1-20 kat daha yüksek ölçüldüğü görülmektedir. Bu sonucun Mayıs ayındaki dönemde havzadan yağmur sularıyla göle çinko taşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 11 nolu istasyon Peçenek deresi üzerinde bulunmaktadır. Bu dere tarımsal alanlardan kaynaklanan gübre, tarım koruma ilaçları ile Şereflikoçhisar'ın evsel atık sularını Tuz Gölü'ne taşımaktadır. Bu nedenle bazı ağır metal parametreleri diğer istasyonlara göre nispeten daha yüksek ölçülmüştür. Drenaj kanallarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları ile göl içerisindeki istasyonlarda ölçülen değerler arasında genelleme yapacak

belirgin bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Bunun kısmen evsel atık sulara karışan endüstriyel atıkların ön arıtma ile ağır metal konsantrasyonlarının düşürülmesinden, kısmen toprak kanallarda ağır metallerin adsorbe (yüzeyde tutma) olmasından, kısmen de endüstriyel atık su debisinin evsel atık su debisine göre çok daha düşük debide olması sonucu ortaya çıkan seyrelmeden kaynaklandığı görülmektedir.

- Çalışmanın başlangıç aşamasında, göle ait su numunelerinin analiz sonuçlarından elde edilen parametreler için (toplam askıda madde-TAM gibi) göl yüzeyine ait su kalitesi haritalarının oluşturulması planlanmıştır. Ancak, Tuz Gölü'nün doğal yapısına (su derinliğinin az olması ve göl tabanının tuzla kaplı olması vs.) bağlı olarak elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde göl suyunun tespit edilememesi ve göldeki suyla kaplı alanların azlığından dolayı, göl yüzeyini kaplayan ve parametrelerin göl üzerindeki dağılımını gösteren görüntü haritaları oluşturulamamıştır.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara ilave olarak, tuzun oluşumunun kimyasal yapısının araştırılması, göl yüzeyine ait (yeterli sayıda örnek alınarak) jeolojik görüntü haritalarının oluşturulması, gölün dip topografyasının kuruduğu yaz aylarında belirlenerek göldeki su rezervinin 3-boyutlu uydu görüntüleri ile hesaplanması, göle su girdilerinin belirlenmesi amacıyla hidrolojik model oluşturulması gibi çalışmaların gerçekleştirilmesinin Tuz Gölü'nün daha iyi anlaşılmasına ve problemlerin çözümüne katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

- mak Deresi vasıtasıyla drenaj kanalına buradan da göl havzasına dökülen atık sular çevre kirliliğine yol açmaktadır.

- Uydu görüntüleri üzerinde yapılan ön analizler sonucunda göle kuzeyden ulaştığı tespit edilen Şereflikoçhisar ilçesi atık sularının deşarj noktası yerinde incelenmiş ve numuneler alınmıştır. Kirletici kaynakların belirlenmesi açısından bir diğer önemli bölge olan söz konusu deşarj noktasında, Gölyazı beldesindeki duruma benzer bir durumla karşılaşılmıştır. Kanalizasyon, tarımsal sulama suları ve endüstriyel atık sular burada da açık şekilde ve arıtılmadan göle verilmektedir.

- Tuz Gölü'nden 2005 ve 2006 yılında Mayıs-Haziran aylarında alınan su numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarında dikkati çeken husus pH değerlerinin numune alma noktalarına bağlı olarak 7.0 ile 9.1 arasında değişmesidir. pH değerinin 7.0-9.1 arasında değişmesi havzadan atık su girişi ile de ilişkilendirilebilir. Konya ve Şereflikoçhisar tahliye kanallarında alınan

numunelerde pH değerleri 8.5-9.0 arasında çıkmıştır. Tuz Gölü üzerindeki numune alma noktalarında ise pH 7.0-7.5 arasında ölçülmüştür. Tatlı su girişinin olmadığı veya sınırlı olduğu numune alma noktalarında tuzluluk değeri, denizler esasa alındığında Akdeniz'deki tuzluluk değerinin 5, Karadeniz'deki tuzluluk değerinin 10 katı civarındadır. Aynı şekilde tuz işletmelerinin atık sularının döküldüğü 9 nolu numune alma noktasındaki tuzluluk değerleri Akdeniz ile aynıdır.

- Toplam Katı madde (TKM) parametresi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde, genellikle drenaj kanallarındaki değerlerin göldeki değerlerden çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bu parametrenin gölde yüksek çıkmasında tuzun etkisi olduğu düşünülmektedir. 6 nolu istasyonda tam değerinin TKM daha düşük çıkmasının tuz üretim işlemi esnasında tatlı su ile yapılan seyreltmeden kaynaklandığı, drenaj kanalı üzerindeki 9 nolu istasyonda TKM değerinin yüksek çıkmasının ise bu drenaj kanalına tuz işletmelerinden verilen yıkama sularından ileri geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Toplam Askıda madde (TAM) değerleri drenaj kanallarında su hızının düşük, gölün ise durgun olması sonucu partiküllerin ve daha iri maddelerin çökelmesi nedeniyle oldukça düşük çıkmıştır. Toplam fosfor (TP), bulanıklık ve deterjan değerleri standartlarda verilen limitlerin altında ölçülmüş olup genel bir eğilim göstermemektedir. Sülfat değerlerinin beklendiği üzere drenaj kanallarında düşük göl içerisinde ise Akdeniz ve Karadeniz sularından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Beton drenaj kanalları açısından tuz yıkama sularını alan 9 nolu istasyonun bulunduğu kanal hariç sülfat değerleri kabul edilebilir limitler içerisindedir.

- Ağır metal değerleri standartlardaki limitlerin altında ölçülmüştür. Bununla birlikte kurşun (Pb) değerlerinin karayoluna yakın 5, 7 ve 8 nolu istasyonlarda diğerlerinden yaklaşık 1,5-2.0 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çinko (Zn) değerlerinin gerek drenaj gerekse göldeki istasyon da 2005 yılında 2006 yılına göre yaklaşık 1-20 kat daha yüksek ölçüldüğü görülmektedir. Bu sonucun Mayıs ayındaki dönemde havzadan yağmur sularıyla göle çinko taşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 11 nolu istasyon Peçenek deresi üzerinde bulunmaktadır. Bu dere tarımsal alanlardan kaynaklanan gübre, tarım koruma ilaçları ile Şereflikoçhisar'ın evsel atık sularını Tuz Gölü'ne taşımaktadır. Bu nedenle bazı ağır metal parametreleri diğer istasyonlara göre nispeten daha yüksek ölçülmüştür. Drenaj kanallarında ölçülen ağır metal konsantrasyonları ile göl içerisindeki istasyonlarda ölçülen değerler arasında genelleme yapacak belirgin bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Bunun kısmen evsel atık sulara

karışan endüstriyel atıkların ön arıtma ile ağır metal konsantrasyonlarının düşürülmesinden, kısmen toprak kanallarda ağır metallerin adsorbe (yüzeyde tutma) olmasından, kısmen de endüstriyel atık su debisinin evsel atık su debisine göre çok daha düşük debide olması sonucu ortaya çıkan seyrelmeden kaynaklandığı görülmektedir.

- Çalışmanın başlangıç aşamasında, göle ait su numunelerinin analiz sonuçlarından elde edilen parametreler için (toplam askıda madde-TAM gibi) göl yüzeyine ait su kalitesi haritalarının oluşturulması planlanmıştır. Ancak, Tuz Gölü'nün doğal yapısına (su derinliğinin az olması ve göl tabanının tuzla kaplı olması vs.) bağlı olarak elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde göl suyunun tespit edilememesi ve göldeki suyla kaplı alanların azlığından dolayı, göl yüzeyini kaplayan ve parametrelerin göl üzerindeki dağılımını gösteren görüntü haritaları oluşturulamamıştır.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara ilave olarak, tuzun oluşumunun kimyasal yapısının araştırılması, göl yüzeyine ait (yeterli sayıda örnek alınarak) jeolojik görüntü haritalarının oluşturulması, gölün dip topografyasının kuruduğu yaz aylarında belirlenerek göldeki su rezervinin 3-boyutlu uydu görüntüleri ile hesaplanması, göle su girdilerinin belirlenmesi amacıyla hidrolojik model oluşturulması gibi çalışmaların gerçekleştirilmesinin Tuz Gölü'nün daha iyi anlaşılmasına ve problemlerin çözümüne katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abrams, M., 2000. The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): data products for the high spatial resolution imager on NASA's Terra platform, *International Journal of Remote Sensing,* **21,** 847-859.

Afşin, M., 2000. Determination of the origin of the Helvadere drinking springs by means of hydrochemical and isotopic techniques, Aksaray, Central Anatolia, Turkey. *Environmental Geology*, **39**, 1190-1196.

Akça, D., Doğan, S., 2002. Sayısal Görüntülerde Ana Bileşenler Dönüşümü, *Harita Dergisi,* **129,** 1-15.

Almeida-Filho, R., Shimabukuro, Y.E., 2002. Digital processing of a Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian, *Remote Sensing of Environment*, **79**, 42-50.

Aplin, P., Atkinson, P.M., 2004. Predicting Missing Field Boundaries to Increase Per-Field Classification Accuracy, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,* **70**, 141-149.

Arıkan, Y., 1975. Tuz Gölü Havzasının Jeolojisi ve Petrol İmkânları, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi,* **85,** 17-38.

Armenakis, C., Leduc, F., Cyr, I., Savopol, F., Cavayas, F., 2003. A comparative analysis of scanned maps and imagery for mapping applications, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* **57**, 304-314.

Balzter, H., Skinner , L., Luckman, A., Brooke, R., 2003. Estimation of tree growth in a conifer plantation over 19 years from multi-satellite L-band SAR, *Remote Sensing of Environment*, **84**, 184-191.

Bausmith, J.M., Leinhardt, G., 1998. Middle School Students' Map Construction: Understanding Complex Spatial Displays, *Journal of Geography*, **97**, 93-107.

Benediktsson, J.A., Sveinsson, J.R., 2003. Multisource Remote Sensing Data Classification Based on Consensus and Pruning, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **41,** 932-936.

Bilge, F., Yazıcı, B., Dogeroğlu, T., Ayday, C., 2003. Statistical evaluation of remotely sensed data for water quality monitoring. *International Journal of Remote Sensing,* **24**, 5317–5326.

Campbell, J.B., 1987. Introduction to Remote Sensing, Guilford Press. New York.

Carleer, A., Wolff, E., 2004. Exploitation of Very High Resolution Satellite Data for Tree Species Identification, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,* **70**, 135-140.

Chakraborty, M., Panigrahy, S., 2000. A processing and software system for rice crop inventory using multi-date RADARSAT ScanSAR, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* **55**, 119-128.

Chander, G., Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **41,** 2674-2677.

Chang, C., Du, Q., 1999. Interference and Noise-Adjusted Principal Components Analysis, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **37,** 2387-2396.

Chavez, P.S., 1996. Image based atmospheric corrections-revisited and improved, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* **62,** 1025-1036.

Chen, C.C., Tyler, C.W., 2002. Lateral modulation of contrast discrimination: Flanker orientation effects, *Journal of Vision,* **2,** 520-530.

Crosta, A.P., De Souza Filho, C.R., Azevedo, F., Brodie, C., 2003. Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* **24**, 4233-4240.

Curran, J.P., 1985. Principles of Remote Sensing, Longman Scientific & Technical Press, New York.

Çamur, M. Z., Mutlu, H., 1996. Major-ion geochemistry and mineralogy of the Salt Lake (Tuz Gölü) basin, Turkey *Chemical Geology*, **127**, 3113-3129.

Danaher, T., 2002. An Empirical BRDF Correction for Landsat TM and ETM+ Imagery. In Proceedings of 11th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference, 2–6 September 2002, Brisbane, Queensland, Australia.

DeFries, R., Eshleman, K.N., 2004. Land-use change and hydrologic processes: a major focus for the future, *Hydrological Processes,* **18,** 2183–2186.

Ekercin, S., 2000. Meriç Nehri Kıyı Çizgisi ve Deltasının Uydu Verileri Yardımı ile İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ekercin, S., Örmeci, C., Gölsel, Ç., 2003. Coastline change analysis of the Meric River by using multitemporal remotely sensed data, *EARSeL Workshop COASTAL ZONE,* Ghent, Belgium, June 2003, baskıda.

Erdas Field Guide, 1991. Second Edition, Erdas Inc. Atlanta, GA, USA.

Erol, O., 1978. The Quaternary History of the Lake Basins of Central and Southern Anatolia, in *The Environmental History of the Near and Middle East since the last Ice Age*, pp. 111-139, Eds. BRICE, W.C., Academic Press, London.

Fassnacht, K.S., Gower, S.T., Mackenzie, M.D., Nordheim, E.V., Lillesand, T.M., 1997. Estimating the Leaf Area Index of North Central Wisconsin Forests

Using the Landsat Thematic Mapper, *Remote Sensing of Environment*, **61**, 229-245.

Faust, N.L., 1989. Image Enhancement, Marcel Dekker, Inc. Press.

Finkl, C.W., Benedet, L., Andrews, J.L., 2004. Laser Airborne Depth Sounder (Lads): A New Bathymetric Survey Technique In The Service Of Coastal Engineering, Environmental Studies and Coastal Zone Management, *Annual Meeting*, Orlando, Florida.

Foody, G.M., 2002. Status of land cover classification accuracy assessment, *Remote Sensing of Environment*, **80**, 185-201.

Frouin, R., Schwindling, M., Deschamps, P. Y., 1996. Spectral reflectance of sea foam in the visible and near-infrared. In situ measurements and remote sensing implications, *Journal of Geophysical Research,* **101**, 14361-14371.

Galvao, L.S., Vitorello, I., Pizarro, M.A., 2000. An adequate band positioning to enhance NDVI contrasts among green vegetation, senescent biomass, and tropical soils, *International Journal of Remote Sensing,* **21,** 1953-1960.

Goodchild, M.F., 2001. Metrics of scale in remote sensing and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,* **3,** 114-120.

Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, İ., Şengör, A.M.C., 1985. Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure, in *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Special Publication of the Geological Society*, pp. 467-482, Eds. DIXON, J.E. and ROBERTSON, A.H.F., Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Green, G., Schweik, C.M., Hanson, M., 2000. Radiometric Calibration of Landsat Multispectral Scanner and Thematic Mapper Images: Guidelines for the Global Changes Community. Working Paper. Bloomington: Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change, Indiana University.

Gupta, A., Hock, L., Xiaojing, H., Ping, C., 2002. Evaluation of part of the Mekong River using satellite imagery, *Geomorphology,* **44,** 221-239.

Güldalı, N., Şaroğlu, F., 1983. Konya Yöresi Obrukları, MTA Yayınları: *Yeryuvarı ve İnsan,* **3,** 14-17.

Hall-Beyer, M., 2003. Comparison of Single-Year and Multiyear NDVI Time Series Principal Components in Cold Temperate Biomes, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **41,** 2568-2574.

Harris, R., 1987. Satellite Remote Sensing: An Introduction, Routledge & Kegan Paul Press. New York.

Huang, K.Y., 2002. Evaluation of the topographic sheltering effects on the spatial pattern of Taiwan fir using aerial photography and GIS, *International Journal of Remote Sensing,* **23,** 2051-2069.

Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D., Saxena, R., 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,* **4,** 1-10.

Jensen, J.R., 2000. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Prentice Hall Press. Upper Saddle River.

Kantarcı, M.D., 2000. Toprak İlmi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 4261/462, İstanbul.

Kantarcı, M.D., 2006. Effects Of Climate Change and Aridity On Ergene River Basin Water Productivity, *International Conference on Climate Change and Middle East: Past, Present and Future,* Istanbul, Turkey, 20-23 November 2006, 246-258.

Kantarcı, M.D., 2006. Tuz Gölü Havzası'nda Ortalama Sıcaklık Değerlerinin Değişimi, yayınlanmamış çalışma.

Kantarcı, M.D., 2006. Kişisel görüşme.

Kaya, Ş., 1999. Uydu Görüntüleri ve Sayısal Arazi Modeli Kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu-Işıklar Dağı Kesiminin Jeomorfolojik-Jeolojik Kesiminin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kaya, Ş., Müftüoğlu, O., Tüysüz, O., 2004. Tracing the geometry of an active fault using remote sensing and digital elevation model: Ganos segment, North Anatolian Fault zone, Turkey, *International Journal of Remote Sensing,* **25,** 3843-3855.

Laba, M., Gregory, S.K., Braden, J., Ogurcak, D., Hill, E., Fegraus, E., Fiore, J., DeGloria, S.D., 2002. Conventional and fuzzy accuracy assessment of the New York Gap Analysis Project land cover map, *Remote Sensing of Environment*, **81**, 443-455.

Lawrence, R.L., Ripple, W.J., 1999. Calculating Change Curves for Multitemporal Satellite Imagery: Mount St. Helens: 1980–1995, *Remote Sensing of Environment*, **67**, 309-319.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2004. Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons Pres. New York.

Lotsch, A., Friedl, M.A., Pinzón, J., 2003. Spatio–Temporal Deconvolution of NDVI Image Sequences Using Independent Component Analysis, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **41,** 2938-2941.

Lu, D., Mausel, P., Brondızıo, E., Moran, E., 2002. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research, *International Journal of Remote Sensing,* **23,** 1671-2651.

Lunetta, R.S., Johnson, D.M., Lyon, J.G., Crotwell, J., 2004. Impacts of imagery temporal frequency on land-cover change detection monitoring, *Remote Sensing of Environment*, **89**, 444-454.

Mather, P.M., 1987. Computer Processing of Remotely-Sensed Images, John Wiley & Sons Pres. New York.

Mayer, R., Bucholtz, F., Scribner, D., 2003. Object Detection by Using "Whitening/Dewhitening" to Transform Target Signatures in Multitemporal Hyperspectral and Multispectral Imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **41,** 1136-1142.

Melesse, A. M., Jordan, J. D., 2002. A Comparison of Fuzzy vs. Augmented-ISODATA Classification Algorithms for Cloud-Shadow Discrimination from Landsat Images. *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing,* **68**, 905-911.

Meteoroloji Bülteni, 1974. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteoroloji Bülteni, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

Metternicht, G., 1999. Change detection assessment using fuzzy sets and remotely sensed data: an application of topographic map revision, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **54**, 221-233.

Meza Diaz, B., Blackburn, G.A., 2003. Remote sensing of mangrove biophysical properties: evidence from a laboratory simulation of the possible effects of background variation on spectral vegetation indices, *International Journal of Remote Sensing*, **24**, 53-73.

Motrena, P., Rebordao, J.M., 1998. Invariant models for ground control points in high resolution images, *International Journal of Remote Sensing,* **19,** 1359-1375.

Nas, B., Berktay, A., 2001. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Konya Kenti Yeraltı Suyu Sertlik Haritasının Oluşturulması, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 13-14 Kasım 2001, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Nas, B., Berktay, A., 2002. Application of Geographic Information System (GIS) in Order to Monitor the Water Table of Groundwater in Konya City (Turkey) Area, *Appropriate Environmental and Solid Waste Management and Technologies for Developing Countries*, Vol.4, 2435-2444, Istanbul, Turkey.

Novak, I.D., Soulakellis, N., 2000, Identifying geomorphic features using LANDSAT-5 / TM data processing techniques on Lesvos, Greece, *Geomorphology*, **34**, 101-109.

Michelson, D.B., Marcus Liljeberg, B., Pilesjö, P., 2000. Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics, *Remote Sensing of Environment*, **71**, 1-15.

Musaoğlu, N., 1999. Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılarından Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve Yetişme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Musaoğlu, N., Tanık, A., Kocabaş, V., 2005. Identification of Land-Cover Changes through Image Processing and Associated Impacts on Water Reservoir Conditions, *Environmental Management*, **35**, 220-230.

O'Hara, C.G., King, J.S., Cartwright, J.H., King, R.L., 2003. Multitemporal Land Use and Land Cover Classification of Urbanized Areas Within Sensitive Coastal Environments, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **41,** 2005-2014.

Okeke, F., Karnieli, A., 2006. Methods for fuzzy classification and accuracy assessment of historical aerial photographs for vegetation change analyses. Part I: Algorithm development, *International Journal of Remote Sensing*, **27**, 153-176.

ÖÇKKB, 2001. Tuz Gölü Entegre Çevre Projesi Fizibilite Çalışması, Nihai Rapor, Idom, Inclam, Iberinsa, ÖÇKKB (T.C. Çevre Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı), Ankara.

Örmeci, C., 1987. Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

Örmeci, C., Ekercin, S., 2005a. Water Quality Monitoring using Satellite Image Data: A case study at the Salt Lake, Turkey, *11th SPIE International Symposium on Remote Sensing,* Bruges, Belgium, September 2005, 59770K1-59770K11.

Örmeci, C., Ekercin, S., 2005b. Uzaktan Algilama ile Tuz Gölü'nde Su Kalitesi Değişim Analizi, *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı,* Ankara, Türkiye, Mart 2005, baskıda.

Örmeci, C., Ekercin, S., 2006. An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey through multitemporal Landsat imagery and real-time ground surveys, *Hydrological Processes,* yayınlanmak üzere kabul edilmiş makale.

Örmeci, C., Ekercin, S., 2006b. "Evaluating drought impact on the Salt Lake and surroundings in Turkey by integrating geographic information systems and remote sensing data, *International Water Association-IWA, 10th International Specialized Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management*, 18-22 September, Istanbul, Turkey.

Örmeci, C., Ekercin, S., 2007. Channel Regulation Monitoring along the Lower Meriç River, Turkey Using Landsat-7 ETM Data, *Journal of Coastal Research,* yayınlanmak üzere kabul edilmiş makale.

Paine, D.P., Kiser, J.D., 2003. Aerial Photography and Image Interpretation, John Wiley & Sons Pres. New Jersey.

Pax-Lenney, M., Woodcock, C E., Macomber, S A., Gopal, S., Song, C., 2001. Forest Mapping with A Generalized Classifier and Landsat TM Data. *Remote Sensing of Environment*, **77**, 241-250.

Pease, P.P., Bierly, G.D. , Tchakerian, V.P., Tindale, N.W., 1999. Mineralogical characterization and transport pathways of dune sand using Landsat TM data, Wahiba Sand Sea, Sultanate of Oman, *Geomorphology,* **29,** 235-249.

Peddlea, D.R., Johnsona, R.L., Cihlarb, J., Latifovic, R., 2004. Large area forest classification and biophysical parameter estimation using the 5-Scale canopy reflectance model in Multiple-Forward-Mode, *Remote Sensing of Environment*, **89**, 252-263.

Rembold, F., Maselli, F., 2004. Estimating inter-annual crop area variation using multi-resolution satellite sensor images, *International Journal of Remote Sensing,* **25,** 2641–2647.

Resmi Gazete, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği, Sayı No: 20748.

Richards, J.A., Jia, X., 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis, W.H. Springer-Verlag. New York.

Ricotta, C., Avena, G., De Palma, A., 1999. Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **54**, 325-331.

Rubio, E., Caselles, V., Coll, C., Valour, E., Sospedrae., F., 2003. Thermal–infrared emissivities of natural surfaces: improvements on the experimental set-up and new measurements, *International Journal of Remote Sensing,* **24,** 5379-5390.

Sabins, F.F., 1996. Remote Sensing: Principles and Interpretation, W.H. Freeman & Company. New York.

Sannier, C.A.D., Taylor, J.C., Du Plessıs, W., 2002. Real-time monitoring of vegetation biomass with NOAA-AVHRR in Etosha National Park, Namibia, for fire risk assessment. *International Journal of Remote Sensing* 23: 71-89.

Sonel, N., Sarı, A., Orhan, A.A., 2003. Mezgit Formasyonu'nun (Tuz Gölü Havzası) Diyajenez ve Rezervuar Jeolojisinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi,* **16,** 115-125.

Sonel, N., Sarı, A., Acar, A., Kadıoğlu, Y., Ayyıldız, T., Doğan, U., Mann, U., Haboo, M., 1996. Tuz gölü havzasının jeolojisi ve hidrokarbon potansiyelinin değerlendirilmesi, TPAO raporu, No: 2452.

Song, C., Woodcock, C.E., Li, X., 2002. The spectral/temporal manifestation of forest succession in optical imagery: The potential of multitemporal imagery, *Remote Sensing of Environment*, **82**, 285-302.

Taşdemiroğlu, E., 1987. Salt availability in Turkey and its potential use in solar ponds. *Resources and Conservation*, **15**, 215-228.

Teillet, P.M, Dudelzak, A.E., Pultz, T.J., Mcnairn, H.. 2001. A Framework for In-Situ Sensor Measurement Assimilation in Remote Sensing Applications. *In Proceedings of 23th Canada Remote Sensing Symposium*, 21–24 August 2001, Sainte-Foy, Quebec, Canada.

Thenkabail, P.S., Smith, R.B., De Pauw, E., 2000. Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics, *Remote Sensing of Environment*, **71**, 158-182.

Thenkabail, P.S., 2003. Biophysical and yield information for precision farming from near-real-time and historical Landsat TM images. *International Journal of Remote Sensing*, **24**, 2879-2904.

Toutin, T., 2003. Path Processing and Block Adjustment with RADARSAT-1 SAR Images, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **41,** 2320-2328.

Toutin, T., 2004. Geometric Processing of Remote Sensing Images: Models, Algorithms and Methods, *International Journal of Remote Sensing,* **25,** 1893-1924.

Tripathi, N.K., Rao, A.M., 2002. Bathymetric mapping in Kakinada Bay, India, using IRS-1D LISS-III data, *International Journal of Remote Sensing,* **23,** 1013-1025.

Tripathi, R.P., Batra, A., Taneja, M., Kaushik, S., Kumaran, S.S., 2002. Three-Dimensional Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography–Our Preliminary Experience, *The Indian Journal of Radiology and Imaging,* **12,** 179-188.

Uğurtaş, G., 1975. Tuz Gölü Havzasının Bir Bölümünün Jeofizik Yorumu, *Maden Tetkik Ve Arama Dergisi,* **85,** 38-45.

Üstün, B., Ekercin, S., 2004. Soil erosion modeling by using gıs & remote sensing on the example Ganos Mountain, *24th EARSeL Workshop: Remote Sensing of Land Use and Land Cover*, Dubrovnik, CROATIA, May 2004, in press.

Üstün, B., Ekercin, S., Musaoğlu, N., 2003. A performance analysis of the classification and manual digitising methods for the detection of coastline by using satellite image data, *23th EARSeL Workshop COASTAL ZONE*, Ghent, BELGIUM, June 2003, 143–148.

Xiao, X., Boles, S., Liu, J., Zhuang, D., Liu, M., 2002. Characterization of forest types in Northeastern China, using multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data, *Remote Sensing of Environment*, **82**, 335-348.

Vani, K., Shanmugavel, S., Marruthachalam, M., 2001. Fusion of IRS-LISS III and Pan images using different resolution ratios, *22th Asain Conference on Remote Sensing*, SINGAPORE, November 2001, 143–148.

Yang, J., Yamaguchi, Y., Boerner, W.M., Lin, S., 2000. Numerical Methods for Solving the Optimal Problem of Contrast Enhancement, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* **38,** 965-971.

Yamaguchi, Y., Naito, C., 2003. Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands, *International Journal of Remote Sensing*, **24**, 4311-4323.

Yang, X., Lo, C.P., 2000. Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* **66,** 967-980.

Yıldırım, Ü., Özdemir, M.A., Döker, M.F., 2004. Dijital Türkiye Atlası, *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri,* İstanbul, Türkiye, Ekim 2004, 1-10.

Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Seçil Ofset, İstanbul.

Yuan, D., Lucas, J. R., Holland, D.E., 1998. A Landsat MSS Time Series Model and Its Application in Geological Mapping, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **53**, 39-53.

Warren, S.W., Ahn, S., Mescher, M., Garwood, M., Uğurbil, K., Wolfgang, R., Rizi, R.R., Hopkins, J., Leigh, J.S., 1998. MR Imaging Contrast Enhancement Based on Intermolecular Zero Quantum Coherences, *Science,* **281**, 247-251.

Wilson, A., 1997. Rule-based classification of water in Landsat MSS images using the variance filter. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* **63**, 485-491.

Zhang, Y.J., 1999. Optimisation of building detection in satellite images by combining multispectral classification and texture filtering, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **54**, 50-60.

Zhang, J., Kirby, R.P., 1997. An evaluation of fuzzy approaches to mapping land cover from aerial, *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **52**, 193-201.

Zhang, J., Foody, G.M., 2001. Fully-fuzzy supervised classification of sub-urban land cover from remotely sensed imagery: statistical and artificial neural network approaches, *International Journal of Remote Sensing*, **22**, 615-628.

Zhang, Y., Pulliainen, J.T., Koponen, S.S., Hallikainen, M.T., 2003. Water Quality Retrievals From Combined Landsat TM Data and ERS-2 SAR Data in the Gulf of Finland. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **41**, 622-629.

Zhu, G., Blumberg, D.G., 2002. Classification using ASTER data and SVM algorithms; The case study of Beer Sheva, Israel, *Remote Sensing of Environment*, **80**, 233-240.

EK A

Tablo A.1: 16/05/2005 tarihli Landsat-5 TM verisi için radyometrik düzeltme işlemi (piksel parlaklık değerlerinin spektral yansıtım değerlerine dönüştürülmesi.

TUZ GÖLÜ Landsat-5 TM **16.05.2005** (UTM, Dilim 36)			**DN –** Parlaklık Değeri						**L –** Spektral Radyans (Gain * DN + Bias)						**R -** Reflektans					
			TM1	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**
Sample No	**X (m)**	**Y (m)**	Gain	0,6024	1,1749	0,8059	0,8145	0,1081	0,0570	***d***=1,0111	(16.05.2005 > Julian day, 136)					$R = \frac{\pi * d^2 * L_\lambda}{\mathrm{ESUN}_\lambda * \cos\theta_s}$					
			Bias	-1,500	-2,800	-1,200	-1,500	-0,370	-0,150	**ESUN**	1957	1826	1554	1036	215	80,67						
1	4324169	536278		101,00	53,00	70,00	72,00	100,00	44,00		59,34	59,47	55,21	57,14	10,44	2,36	0,1103	0,1185	0,1292	0,2006	0,1766	0,1063
2	4324077	536401		107,00	58,00	73,00	69,00	94,00	40,00		62,96	65,34	57,63	54,70	9,79	2,13	0,1170	0,1302	0,1349	0,1921	0,1657	0,0960
3	4323894	536580		110,00	59,00	75,00	69,00	107,00	55,00		64,76	66,52	59,24	54,70	11,20	2,99	0,1204	0,1325	0,1387	0,1921	0,1894	0,1346
4	4323773	536610		107,00	59,00	75,00	71,00	106,00	47,00		62,96	66,52	59,24	56,33	11,09	2,53	0,1170	0,1325	0,1387	0,1978	0,1876	0,1140
5	4323598	536641		106,00	59,00	70,00	63,00	93,00	39,00		62,35	66,52	55,21	49,81	9,68	2,07	0,1159	0,1325	0,1292	0,1749	0,1638	0,0935
6	4324102	536281		155,00	78,00	114,00	100,00	61,00	24,00		91,87	88,84	90,67	79,95	6,22	1,22	0,1708	0,1770	0,2122	0,2807	0,1053	0,0549
7	4323983	536395		149,00	81,00	111,00	98,00	67,00	25,00		88,26	92,37	88,25	78,32	6,87	1,28	0,1640	0,1840	0,2066	0,2750	0,1163	0,0575
8	4323867	536458		145,00	85,00	109,00	91,00	65,00	25,00		85,85	97,07	86,64	72,62	6,66	1,28	0,1596	0,1934	0,2028	0,2550	0,1126	0,0575
9	4323778	536549		126,00	77,00	95,00	85,00	88,00	30,00		74,40	87,67	75,36	67,73	9,14	1,56	0,1383	0,1746	0,1764	0,2378	0,1547	0,0703
10	4323623	536580		138,00	83,00	106,00	95,00	71,00	27,00		81,63	94,72	84,23	75,88	7,31	1,39	0,1517	0,1887	0,1971	0,2664	0,1236	0,0626
11	4324104	536251		204,00	94,00	141,00	123,00	46,00	21,00		121,39	107,64	112,43	98,68	4,60	1,05	0,2256	0,2144	0,2632	0,3465	0,0779	0,0472
12	4323983	536305		215,00	106,00	139,00	115,00	13,00	8,00		128,02	121,74	110,82	92,17	1,04	0,31	0,2379	0,2425	0,2594	0,3236	0,0175	0,0138
13	4323895	536401		200,00	113,00	138,00	114,00	17,00	10,00		118,98	129,96	110,01	91,35	1,47	0,42	0,2211	0,2589	0,2575	0,3207	0,0248	0,0189
14	4323744	536488		216,00	115,00	145,00	126,00	16,00	10,00		128,62	132,31	115,66	101,13	1,36	0,42	0,2391	0,2636	0,2707	0,3551	0,0230	0,0189
15	4323595	536521		218,00	109,00	142,00	125,00	29,00	14,00		129,82	125,26	113,24	100,31	2,76	0,65	0,2413	0,2495	0,2651	0,3522	0,0468	0,0292
16	4324130	536159		197,00	105,00	122,00	81,00	11,00	5,00		117,17	120,56	97,12	64,47	0,82	0,14	0,2178	0,2402	0,2273	0,2264	0,0139	0,0061
17	4323987	536278.		181,00	99,00	114,00	63,00	10,00	5,00		107,53	113,52	90,67	49,81	0,71	0,14	0,1999	0,2261	0,2122	0,1749	0,0120	0,0061
18	4323860	536370		192,00	96,00	119,00	69,00	10,00	6,00		114,16	109,99	94,70	54,70	0,71	0,19	0,2122	0,2191	0,2217	0,1921	0,0120	0,0087
19	4323797	536428		198,00	99,00	127,00	83,00	12,00	6,00		117,78	113,52	101,15	66,10	0,93	0,19	0,2189	0,2261	0,2368	0,2321	0,0157	0,0087
20	4323652	536456		189,00	95,00	118,00	63,00	10,00	7,00		112,35	108,82	93,90	49,81	0,71	0,25	0,2088	0,2168	0,2198	0,1749	0,0120	0,0112

Not: TM1= Landsat-5 TM Bant-1, TM2= Landsat-5 TM bant-2 ve vb., Sun Zenith (θs)= 90-Güneş Yükseklik Açısı

Tablo A.2: 16.Mayıs.2005 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışması esnasında elde edilen spektroradyometre ölçmeleri.

Nokta No	Arazi örtü Tipi	Spektral Aralıklar																	
		0,45-0,52 µm (TM1)			0,52-0,60 µm (TM2)			0,63-0,69 µm (TM3)			0,76-0,90 µm (TM4)			1,55-1,75 µm (TM5)			2,08-2,35 µm (TM7)		
		ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks
1	Kuru Toprak	0,2439	0,2080	0,3190	0,4154	0,3270	0,4480	0,3521	0,3170	0,3950	0,2611	0,2390	0,3370	0,2558	0,2400	0,2620	0,2113	0,1830	0,2230
2		0,2395	0,2050	0,3120	0,4049	0,3200	0,4360	0,3408	0,3080	0,3820	0,2509	0,2300	0,3240	0,2359	0,2220	0,2410	0,2002	0,1750	0,2110
3		0,2485	0,2130	0,3230	0,4159	0,3310	0,4480	0,3483	0,3140	0,3900	0,2574	0,2360	0,3320	0,2614	0,2460	0,2670	0,2138	0,1850	0,2250
4		0,2312	0,1970	0,3020	0,3936	0,3100	0,4250	0,3304	0,2980	0,3690	0,2450	0,2250	0,3160	0,2405	0,2250	0,2460	0,1881	0,1620	0,1980
5		0,2326	0,1980	0,3060	0,4005	0,3130	0,4320	0,3416	0,3070	0,3830	0,2550	0,2330	0,3280	0,2532	0,2380	0,2590	0,1993	0,1740	0,2110
6	Çamur Alan	0,3740	0,3260	0,4690	0,5857	0,4800	0,6300	0,4929	0,4430	0,5550	0,3624	0,3310	0,4670	0,1634	0,1220	0,1840	0,0717	0,0610	0,0770
7		0,3740	0,3230	0,4780	0,6087	0,4890	0,6540	0,5244	0,4690	0,5920	0,3916	0,3560	0,5030	0,1561	0,1160	0,1760	0,0727	0,0640	0,0790
8		0,3506	0,3040	0,4450	0,5665	0,4550	0,6070	0,4925	0,4400	0,5570	0,3733	0,3380	0,4770	0,1435	0,1050	0,1620	0,0662	0,0570	0,0730
9		0,3127	0,2720	0,3940	0,4990	0,4030	0,5350	0,4295	0,3850	0,4850	0,3219	0,2920	0,4130	0,1210	0,0890	0,1370	0,0611	0,0540	0,0670
10		0,4114	0,3620	0,5050	0,6058	0,5160	0,6540	0,4881	0,4400	0,5470	0,3480	0,3200	0,4500	0,1177	0,0900	0,1320	0,0706	0,0650	0,0750
11	Tuz	0,6446	0,5730	0,7710	0,8840	0,7650	0,9580	0,6741	0,6110	0,7510	0,4589	0,4210	0,6000	0,0950	0,0720	0,1070	0,0529	0,0490	0,0570
12		0,6455	0,5770	0,7650	0,8691	0,7460	0,9430	0,6542	0,5960	0,7270	0,4377	0,4000	0,5740	0,1006	0,0760	0,1130	0,0518	0,0450	0,0550
13		0,6487	0,5790	0,7730	0,8845	0,7640	0,9590	0,6713	0,6090	0,7470	0,4530	0,4140	0,5930	0,0895	0,0670	0,1020	0,0422	0,0360	0,0460
14		0,7048	0,6290	0,8380	0,9397	0,8190	0,9790	0,7176	0,6530	0,7980	0,4763	0,4340	0,6250	0,0900	0,0690	0,1010	0,0526	0,0480	0,0560
15		0,6729	0,5980	0,8080	0,9232	0,8010	0,9790	0,7035	0,6390	0,7830	0,4717	0,4310	0,6180	0,0965	0,0770	0,1070	0,0569	0,0490	0,0610
16	Göl Suyu	0,5960	0,5320	0,7110	0,8292	0,7170	0,8950	0,6163	0,5640	0,6810	0,2964	0,2230	0,4000	0,0010	0,0010	0,0020	0,0027	0,0010	0,0050
17		0,5756	0,5150	0,6850	0,7998	0,6890	0,8620	0,5875	0,5390	0,6470	0,2552	0,1800	0,3480	0,0019	0,0010	0,0020	0,0024	0,0000	0,0050
18		0,5482	0,4880	0,6600	0,7822	0,6750	0,8420	0,5766	0,5290	0,6350	0,2374	0,1610	0,3250	0,0020	0,0020	0,0030	0,0026	0,0010	0,0060
19		0,5390	0,4790	0,6510	0,7734	0,6660	0,8330	0,5702	0,5240	0,6280	0,2429	0,1660	0,3190	0,0025	0,0020	0,0040	0,0031	0,0010	0,0070
20		0,5341	0,4740	0,6480	0,7723	0,6630	0,8310	0,5728	0,5250	0,6310	0,2478	0,1710	0,3250	0,0023	0,0020	0,0030	0,0035	0,0010	0,0070

Not: Bu eş-zamanlı ölçmeler 16.Mayıs.2005 günü saat 09^{00}-12^{00} arasında gerçekleştirilmiştir. Landsat-5 üst-geçişi (Tuz Gölü için): 10^{31} GMT (Path/Row=177/033).

Tablo A.3: SPOT4 (HRVIR2 - 17/05/2005) uydu verisi için radyometrik düzeltme işlemi.

TUZ GÖLÜ SPOT4 XI - **17.05.2005** (UTM, Zone 36)			**DN –** Parlaklık Değeri				**L -** Spectral Radiance (L= DN/Calibrated Gain)				**R -** Reflektans			
			XS1	**XS2**	**XS3**	**XS4**		**XS1**	**XS2**	**XS3**	**XS4**	**XS1**	**XS2**	**XS3**	**XS4**
Nokta No	**X (m)**	**Y (m)**	Calibrated Gains	0,9212	1,2332	1,3665	5,5109	*d*=1,01114	17.05.2005 Julian day, 137			$R = \frac{\pi * d^2 * L_\lambda}{\mathrm{ESUN}_\lambda * \cos\theta_s}$			
								ESUNλ	1851	1586	1054	240				
1	4324179	536265		82	99	90	84		89,02	80,28	65,86	15,24	0,1714	0,1804	0,2227	0,2264
2	4324098	536408		85	95	86	62		92,27	77,04	62,93	11,25	0,1777	0,1731	0,2128	0,1671
3	4323861	536629		90	106	83	67		97,70	85,96	60,74	12,16	0,1882	0,1932	0,2054	0,1806
4	4323699	536709		93	112	91	77		100,96	90,82	66,59	13,97	0,1944	0,2041	0,2252	0,2075
5	4323601	536671		84	98	78	63		91,19	79,47	57,08	11,43	0,1756	0,1786	0,1930	0,1698
6	4324144	536248		114	128	115	56		123,76	103,80	84,16	10,16	0,2383	0,2333	0,2846	0,1509
7	4324057	536329		108	134	111	47		117,24	108,66	81,23	8,53	0,2258	0,2442	0,2747	0,1267
8	4323983	536390		116	131	110	60		125,93	106,23	80,50	10,89	0,2425	0,2388	0,2722	0,1617
9	4323878	536508		112	136	112	42		121,59	110,28	81,96	7,62	0,2341	0,2479	0,2772	0,1132
10	4323624	536617		119	137	116	49		129,18	111,10	84,89	8,89	0,2488	0,2497	0,2871	0,1321
11	4324143	536224		167	191	139	33		181,29	154,88	101,72	5,99	0,3491	0,3481	0,3440	0,0889
12	4324096	536248		170	195	129	18		184,55	158,13	94,40	3,27	0,3554	0,3554	0,3193	0,0485
13	4323977	536361		164	183	135	26		178,04	148,40	98,79	4,72	0,3429	0,3335	0,3341	0,0701
14	4323798	536493		162	184	145	35		175,86	149,21	106,11	6,35	0,3387	0,3354	0,3589	0,0943
15	4323589	536548		173	201	152	28		187,81	162,99	111,23	5,08	0,3617	0,3663	0,3762	0,0755
16	4324117	536182		147	171	85	12		159,58	138,67	62,20	2,18	0,3073	0,3117	0,2104	0,0323
17	4324025	536278		148	173	78	10		160,67	140,29	57,08	1,81	0,3094	0,3153	0,1930	0,0270
18	4323893	536374		149	177	87	13		161,75	143,53	63,67	2,36	0,3115	0,3226	0,2153	0,0350
19	4323867	536399		143	165	79	13		155,24	133,80	57,81	2,36	0,2990	0,3007	0,1955	0,0350
20	4323696	536489		143	166	81	14		155,24	134,61	59,28	2,54	0,2990	0,3025	0,2005	0,0377

Not: XS1= SPOT4 (HRVIR2) bant-1, XS2= SPOT4 (HRVIR2) bant-2 vb., Sun Zenith (θs)= 90- Güneş Yükseklik Açısı

Tablo A.4: Her bir noktada 10 tekrarlı ölçme işlemi gerçekleştirilerek 17.Mayıs.2005 tarihinde spektroradyometre ile elde edilen spektral ölçmeler.

Nokta No	Arazi Örtü Tipi	Spektral Aralıklar											
		0,50-0,59 µm (XS1)			0,61-0,68 µm (XS2)			0,78-0,89 µm (XS3)			1,58-1,75 µm (XS4)		
		ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks
1	Kuru Toprak	0,3898	0,2650	0,4480	0,3511	0,3170	0,3940	0,2552	0,2420	0,3240	0,2576	0,2490	0,2620
2		0,3804	0,2600	0,4360	0,3401	0,3080	0,3820	0,2452	0,2320	0,3110	0,2376	0,2300	0,2410
3		0,3914	0,2690	0,4480	0,3478	0,3140	0,3890	0,2516	0,2380	0,3190	0,2631	0,2550	0,2670
4		0,3693	0,2510	0,4250	0,3302	0,2980	0,3690	0,2395	0,2270	0,3040	0,2423	0,2340	0,2460
5		0,3751	0,2530	0,4320	0,3406	0,3070	0,3830	0,2493	0,2370	0,3150	0,2550	0,2470	0,2590
6	Çamur Alan	0,5563	0,4020	0,6300	0,4904	0,4430	0,5540	0,3543	0,3370	0,4480	0,1689	0,1430	0,1840
7		0,5746	0,4040	0,6540	0,5204	0,4690	0,5910	0,3831	0,3650	0,4830	0,1613	0,1370	0,1760
8		0,5347	0,3770	0,6070	0,4884	0,4400	0,5560	0,3654	0,3480	0,4590	0,1485	0,1250	0,1620
9		0,4718	0,3360	0,5350	0,4266	0,3850	0,4840	0,3149	0,3000	0,3960	0,1252	0,1060	0,1370
10		0,5822	0,4390	0,6540	0,4873	0,4400	0,5460	0,3401	0,3230	0,4310	0,1214	0,1040	0,1320
11	Tuz	0,8618	0,6850	0,9580	0,6760	0,6110	0,7500	0,4482	0,4210	0,5740	0,0981	0,0830	0,1070
12		0,8497	0,6830	0,9430	0,6569	0,5960	0,7270	0,4273	0,4000	0,5490	0,1039	0,0880	0,1130
13		0,8628	0,6870	0,9590	0,6738	0,6090	0,7470	0,4424	0,4140	0,5680	0,0926	0,0780	0,1020
14		0,9197	0,7470	0,9790	0,7209	0,6530	0,7970	0,4650	0,4340	0,5980	0,0928	0,0790	0,1010
15		0,9001	0,7160	0,9790	0,7059	0,6390	0,7820	0,4606	0,4310	0,5910	0,0992	0,0860	0,1070
16	Göl Suyu	0,8044	0,6290	0,8950	0,6210	0,5640	0,6820	0,2914	0,2270	0,3910	0,0010	0,0010	0,0020
17		0,7756	0,6060	0,8620	0,5931	0,5390	0,6530	0,2515	0,1850	0,3410	0,0019	0,0010	0,0020
18		0,7552	0,5800	0,8420	0,5821	0,5290	0,6420	0,2341	0,1670	0,3200	0,0020	0,0020	0,0030
19		0,7461	0,5710	0,8330	0,5757	0,5240	0,6350	0,2409	0,1750	0,3140	0,0024	0,0020	0,0030
20		0,7443	0,5670	0,8310	0,5780	0,5250	0,6370	0,2458	0,1790	0,3200	0,0021	0,0020	0,0030

Not: Bu eş-zamanlı ölçmeler 17.Mayıs.2005 günü saat 09^{00}-12^{00} arasında gerçekleştirilmiştir. SPOT-4 üst-geçişi (Tuz Gölü için): 08^{25} GMT. (Path/Row=111/272)

EK B

Tablo B.1: Farklı toprak derinliklerinde gerçekleştirilen yersel spektroradyometre ölçmeleri.

		Spektral Aralık											
	NN	**0,45-0,52µm**		**0,52-0,60µm**		**0,63-0,69µm**		**0,76-0,90µm**		**1,55-1,75µm**		**2,08-2,35µm**	
		in-situ	**TM1**	***in-situ***	**TM2**	***in-situ***	**TM3**	***in-situ***	**TM4**	***in-situ***	**TM5**	***in-situ***	**TM7**
1. Katman (Yüzey)	**BT1-1***	0,4463	0,1988	0,4504	0,2041	0,4455	0,2181	0,4335	0,2509	0,4266	0,2296	0,3702	0,1320
	BT2-1	0,4235	0,1933	0,4321	0,1902	0,4286	0,2070	0,4178	0,2396	0,4135	0,2278	0,3628	0,1805
	BT3-1	0,4360	0,1933	0,4385	0,1902	0,4327	0,2070	0,4167	0,2396	0,4106	0,2278	0,3585	0,1805
	BT4-1	0,3812	0,1669	0,3961	0,1718	0,3978	0,1828	0,4009	0,2227	0,3966	0,2080	0,3394	0,1704
	ST1-1	0,1941	0,1361	0,2591	0,1649	0,2965	0,1791	0,3276	0,2593	0,4519	0,3249	0,3878	0,2740
	ST2-1	0,2088	0,1372	0,2824	0,1672	0,3185	0,1810	0,3472	0,2734	0,4583	0,3141	0,3961	0,2513
	ST3-1	0,1963	0,1361	0,2505	0,1649	0,2751	0,1773	0,2970	0,2621	0,3627	0,3195	0,3032	0,2614
	ST4-1	0,1958	0,1361	0,2697	0,1603	0,2946	0,1717	0,3042	0,2537	0,3750	0,3195	0,2970	0,2664
2. Katman (Derinlik: 2mm)	**BT1-2**	0,1031	0,1988	0,1473	0,2041	0,1666	0,2181	0,1805	0,2509	0,2206	0,2296	0,1484	0,1320
	BT2-2	0,1036	0,1933	0,1476	0,1902	0,1670	0,2070	0,1786	0,2396	0,2087	0,2278	0,1297	0,1805
	BT3-2	0,1036	0,1933	0,1476	0,1902	0,1670	0,2070	0,1786	0,2396	0,2087	0,2278	0,1297	0,1805
	BT4-2	0,0791	0,1669	0,1129	0,1718	0,1315	0,1828	0,1464	0,2227	0,1805	0,2080	0,1237	0,1704
	ST1-2	0,1474	0,1361	0,2144	0,1649	0,2513	0,1791	0,2819	0,2593	0,4043	0,3249	0,3505	0,2740
	ST2-2	0,1932	0,1372	0,2737	0,1672	0,3154	0,1810	0,3492	0,2734	0,4650	0,3141	0,4197	0,2513
	ST3-2	0,1201	0,1361	0,1887	0,1649	0,2278	0,1773	0,2620	0,2621	0,3734	0,3195	0,2919	0,2614
	ST4-2	0,0904	0,1361	0,1473	0,1603	0,1805	0,1717	0,2026	0,2537	0,3004	0,3195	0,2291	0,2664
3. Katman (Derinlik: 5mm)	**BT1-3**	0,0875	0,1988	0,1245	0,2041	0,1437	0,2181	0,1541	0,2509	0,1927	0,2296	0,1300	0,1320
	BT2-3	0,0933	0,1933	0,1341	0,1902	0,1550	0,2070	0,1643	0,2396	0,2020	0,2278	0,1320	0,1805
	BT3-3	0,0904	0,1933	0,1293	0,1902	0,1493	0,2070	0,1592	0,2396	0,1973	0,2278	0,1310	0,1805
	BT4-3	0,0816	0,1669	0,1224	0,1718	0,1494	0,1828	0,1687	0,2227	0,2091	0,2080	0,1463	0,1704
	ST1-3	0,1052	0,1361	0,1641	0,1649	0,1984	0,1791	0,2259	0,2593	0,3218	0,3249	0,2568	0,2740
	ST2-3	0,1014	0,1372	0,1614	0,1672	0,1985	0,1810	0,2334	0,2734	0,3494	0,3141	0,2714	0,2513
	ST3-3	0,0881	0,1361	0,1434	0,1649	0,1779	0,1773	0,2079	0,2621	0,3155	0,3195	0,2355	0,2614
	ST4-3	0,0752	0,1361	0,1219	0,1603	0,1506	0,1717	0,1712	0,2537	0,2657	0,3195	0,2005	0,2664
4. Katman (Derinlik: 15mm)	**BT1-4**	0,0634	0,1988	0,0967	0,2041	0,1170	0,2181	0,1282	0,2509	0,1584	0,2296	0,0957	0,1320
	BT2-4	0,0862	0,1933	0,1323	0,1902	0,1605	0,2070	0,1733	0,2396	0,2053	0,2278	0,1211	0,1805
	BT3-4	0,0992	0,1933	0,1424	0,1902	0,1635	0,2070	0,1741	0,2396	0,2182	0,2278	0,1401	0,1805
	BT4-4	0,0755	0,1669	0,1142	0,1718	0,1383	0,1828	0,1541	0,2227	0,1821	0,2080	0,1093	0,1704
	ST1-4	0,0739	0,1361	0,1218	0,1649	0,1516	0,1791	0,1769	0,2593	0,2709	0,3249	0,2037	0,2740
	ST2-4	0,1080	0,1372	0,1726	0,1672	0,2126	0,1810	0,2499	0,2734	0,3687	0,3141	0,2881	0,2513
	ST3-4	0,0885	0,1361	0,1430	0,1649	0,1764	0,1773	0,2043	0,2621	0,3069	0,3195	0,2113	0,2614
	ST4-4	0,1004	0,1361	0,1589	0,1603	0,1966	0,1717	0,2235	0,2537	0,3308	0,3195	0,2319	0,2664

5. Katman (Derinlik: 25mm)	**BT1-5**	0,0697	0,1988	0,1114	0,2041	0,1414	0,2181	0,1570	0,2509	0,1817	0,2296	0,1013	0,1320
	BT2-5	0,1118	0,1933	0,1670	0,1902	0,2030	0,2070	0,2156	0,2396	0,2310	0,2278	0,1298	0,1805
	BT3-5	0,0876	0,1933	0,1361	0,1902	0,1702	0,2070	0,1852	0,2396	0,2088	0,2278	0,1128	0,1805
	BT4-5	0,0697	0,1669	0,1114	0,1718	0,1414	0,1828	0,1570	0,2227	0,1817	0,2080	0,1013	0,1704
	ST1-5	0,0944	0,1361	0,1538	0,1649	0,1912	0,1791	0,2223	0,2593	0,3286	0,3249	0,2514	0,2740
	ST2-5	0,1337	0,1372	0,2063	0,1672	0,2498	0,1810	0,2858	0,2734	0,4066	0,3141	0,1855	0,2513
	ST3-5	0,1010	0,1361	0,1625	0,1649	0,1999	0,1773	0,2317	0,2621	0,3474	0,3195	0,2308	0,2614
	ST4-5	0,1135	0,1361	0,1779	0,1603	0,2204	0,1717	0,2518	0,2537	0,3642	0,3195	0,2601	0,2664
6. Katman (Derinlik: 50mm)	**BT1-6**	0,0847	0,1988	0,1325	0,2041	0,1703	0,2181	0,1898	0,2509	0,2068	0,2296	0,1159	0,1320
	BT2-6	0,0896	0,1933	0,1402	0,1902	0,1762	0,2070	0,1957	0,2396	0,2263	0,2278	0,1289	0,1805
	BT3-6	0,0966	0,1933	0,1394	0,1902	0,1669	0,2070	0,1809	0,2396	0,2026	0,2278	0,1191	0,1805
	BT4-6	0,0847	0,1669	0,1325	0,1718	0,1703	0,1828	0,1898	0,2227	0,2068	0,2080	0,1159	0,1704
	ST1-6	0,0832	0,1361	0,1361	0,1649	0,1693	0,1791	0,1982	0,2593	0,2896	0,3249	0,2256	0,2740
	ST2-6	0,1331	0,1372	0,2047	0,1672	0,2452	0,1810	0,2817	0,2734	0,4006	0,3141	0,3037	0,2513
	ST3-6	0,1175	0,1361	0,1872	0,1649	0,2305	0,1773	0,2687	0,2621	0,3788	0,3195	0,2695	0,2614
	ST4-6	0,1004	0,1361	0,1660	0,1603	0,2086	0,1717	0,2406	0,2537	0,3553	0,3195	0,2409	0,2664
7. Katman (Derinlik: 100mm)	**BT1-7**	0,0416	0,1988	0,0627	0,2041	0,0780	0,2181	0,0889	0,2509	0,0971	0,2296	0,0555	0,1320
	BT2-7	0,1217	0,1933	0,1551	0,1902	0,1699	0,2070	0,1797	0,2396	0,2101	0,2278	0,1389	0,1805
	BT3-7	0,0728	0,1933	0,1042	0,1902	0,1260	0,2070	0,1418	0,2396	0,2036	0,2278	0,1332	0,1805
	BT4-7	0,0416	0,1669	0,0627	0,1718	0,0780	0,1828	0,0889	0,2227	0,0971	0,2080	0,0555	0,1704
	ST1-7	0,0856	0,1361	0,1416	0,1649	0,1760	0,1791	0,2051	0,2593	0,3005	0,3249	0,2193	0,2740
	ST2-7	0,0769	0,1372	0,1255	0,1672	0,1548	0,1810	0,1824	0,2734	0,2713	0,3141	0,1824	0,2513
	ST3-7	0,1205	0,1361	0,1837	0,1649	0,2253	0,1773	0,2561	0,2621	0,3935	0,3195	0,2741	0,2614
	ST4-7	0,0761	0,1361	0,1297	0,1603	0,1653	0,1717	0,1935	0,2537	0,2914	0,3195	0,1799	0,2664
8. Katman (Derinlik: 150mm)	**BT1-8**	0,1111	0,1988	0,1453	0,2041	0,1622	0,2181	0,1769	0,2509	0,2325	0,2296	0,1514	0,1320
	BT2-8	0,0714	0,1933	0,1019	0,1902	0,1179	0,2070	0,1323	0,2396	0,2123	0,2278	0,1547	0,1805
	BT3-8	0,1119	0,1933	0,1503	0,1902	0,1786	0,2070	0,1989	0,2396	0,2693	0,2278	0,1726	0,1805
	BT4-8	0,1111	0,1669	0,1453	0,1718	0,1622	0,1828	0,1769	0,2227	0,2325	0,2080	0,1514	0,1704
	ST1-8	0,0821	0,1361	0,1378	0,1649	0,1733	0,1791	0,2053	0,2593	0,3033	0,3249	0,1969	0,2740
	ST2-8	0,0883	0,1372	0,1450	0,1672	0,1803	0,1810	0,2106	0,2734	0,3106	0,3141	0,2206	0,2513
	ST3-8	0,0740	0,1361	0,1218	0,1649	0,1527	0,1773	0,1755	0,2621	0,2764	0,3195	0,1688	0,2614
	ST4-8	0,0700	0,1361	0,1202	0,1603	0,1549	0,1717	0,1830	0,2537	0,2877	0,3195	0,1850	0,2664

*BT1-1: Beyaz toprak, 1.nokta, 1.katman, ST2-4: Sarı toprak, 2.nokta, 4.katman vb.

Tablo B.2: 16/05/2005 tarihli Landsat-5 TM verisi için radyometrik düzeltme işlemi.

TUZ GÖLÜ Landsat-5 TM - 20.06.2006			**DN -** Parlaklık Değeri						**R -** Reflektans					
N. No	**X (m)**	**Y (m)**	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**
BT1	4313490	529665	183	91	119	91	131	71	0,1988	0,2041	0,2181	0,2509	0,2296	0,1729
BT2	4313459	529694	178	85	113	87	130	74	0,1933	0,1902	0,2070	0,2396	0,2278	0,1805
BT3	4313457	529666	178	85	113	87	130	74	0,1933	0,1902	0,2070	0,2396	0,2278	0,1805
BT4	4313458	529639	154	77	100	81	119	70	0,1669	0,1718	0,1828	0,2227	0,2080	0,1704
ST1	4313128	529517	126	74	98	94	184	111	0,1361	0,1649	0,1791	0,2593	0,3249	0,2740
ST2	4313126	529547	127	75	99	99	178	102	0,1372	0,1672	0,1810	0,2734	0,3141	0,2513
ST3	4313101	529554	126	74	97	95	181	106	0,1361	0,1649	0,1773	0,2621	0,3195	0,2614
ST4	4313101	529518	126	72	94	92	181	108	0,1361	0,1603	0,1717	0,2537	0,3195	0,2664

Not: TM1= Landsat-5 TM Band-1, TM2= Landsat-5 TM band-2 vb., BT: Beyaz toprak, ST: Sarı toprak

EK C

Tablo C.1: Landsat-5 uydusunun 20.06.2006 tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak 40 noktada gerçekleştirilen yersel spektroradyometre ölçmeleri.

NN	Spektral Aralık																	
	0,45-0,52 µm (TM1)			0,52-0,60 µm (TM2)			0,63-0,69 µm (TM3)			0,76-0,90 µm (TM4)			1,55-1,75 µm (TM5)			2,08-2,35 µm (TM7)		
	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks	ort	min	maks
1	0,4466	0,4420	0,4600	0,4484	0,4440	0,4510	0,4381	0,4340	0,4440	0,4309	0,4240	0,4400	0,4190	0,4060	0,4240	0,3558	0,3230	0,3710
2	0,4748	0,4700	0,4870	0,4754	0,4720	0,4780	0,4654	0,4610	0,4710	0,4571	0,4510	0,4670	0,4498	0,4370	0,4550	0,3901	0,3680	0,4010
3	0,4278	0,4240	0,4380	0,4363	0,4280	0,4400	0,4294	0,4250	0,4350	0,4244	0,4170	0,4350	0,4208	0,4060	0,4270	0,3543	0,3250	0,3680
4	0,4482	0,4440	0,4590	0,4554	0,4470	0,4590	0,4483	0,4440	0,4540	0,4413	0,4340	0,4530	0,4313	0,4180	0,4370	0,3666	0,3350	0,3800
5	0,4912	0,4870	0,5020	0,4994	0,4910	0,5030	0,4922	0,4880	0,4980	0,4868	0,4800	0,4990	0,4774	0,4660	0,4820	0,4154	0,3830	0,4320
6	0,4694	0,4650	0,4790	0,4799	0,4710	0,4850	0,4748	0,4710	0,4800	0,4696	0,4630	0,4820	0,4631	0,4510	0,4680	0,4009	0,3730	0,4150
7	0,1858	0,1810	0,2000	0,2264	0,2010	0,2430	0,2427	0,2420	0,2440	0,2466	0,2400	0,2540	0,2562	0,2380	0,2630	0,1675	0,1370	0,1830
8	0,3095	0,3060	0,3180	0,3387	0,3190	0,3500	0,3471	0,3460	0,3490	0,3460	0,3380	0,3580	0,3528	0,3370	0,3590	0,2708	0,2330	0,2850
9	0,1654	0,1610	0,1780	0,2012	0,1790	0,2160	0,2175	0,2170	0,2180	0,2229	0,2170	0,2270	0,2373	0,2220	0,2440	0,1613	0,1280	0,1770
10	0,1697	0,1650	0,1830	0,2071	0,1840	0,2220	0,2230	0,2220	0,2240	0,2276	0,2220	0,2320	0,2403	0,2230	0,2470	0,1596	0,1310	0,1730
11	0,2049	0,2010	0,2170	0,2399	0,2180	0,2530	0,2523	0,2520	0,2530	0,2544	0,2480	0,2590	0,2585	0,2390	0,2660	0,1732	0,1360	0,1880
12	0,2319	0,2290	0,2410	0,2576	0,2420	0,2670	0,2600	0,2570	0,2630	0,2623	0,2570	0,2750	0,2793	0,2630	0,2860	0,2156	0,1880	0,2280
13	0,1947	0,1900	0,2090	0,2338	0,2100	0,2480	0,2473	0,2470	0,2480	0,2502	0,2430	0,2550	0,2594	0,2410	0,2670	0,1698	0,1350	0,1840
14	0,3039	0,3000	0,3100	0,3256	0,3100	0,3340	0,3285	0,3260	0,3310	0,3255	0,3190	0,3320	0,3286	0,3120	0,3350	0,2527	0,2260	0,2650
15	0,3145	0,2990	0,3460	0,3907	0,3470	0,4160	0,4184	0,4170	0,4230	0,4325	0,4250	0,4450	0,5002	0,4890	0,5060	0,4317	0,3800	0,4700
16	0,2897	0,2740	0,3210	0,3658	0,3230	0,3920	0,3940	0,3930	0,3980	0,4095	0,4020	0,4220	0,4831	0,4720	0,4890	0,4163	0,3630	0,4520
17	0,3417	0,3190	0,3820	0,4348	0,3840	0,4650	0,4689	0,4670	0,4750	0,4938	0,4860	0,5080	0,5905	0,5810	0,5990	0,5384	0,4830	0,5820
18	0,2761	0,2570	0,3130	0,3662	0,3150	0,3980	0,4020	0,4000	0,4090	0,4335	0,4270	0,4460	0,5387	0,5240	0,5460	0,4662	0,4060	0,5060
19	0,2516	0,2410	0,2750	0,3088	0,2760	0,3270	0,3243	0,3230	0,3280	0,3705	0,3660	0,3820	0,4120	0,3940	0,4190	0,3508	0,3090	0,3740
20	0,2881	0,2710	0,3120	0,3451	0,3130	0,3680	0,3718	0,3700	0,3750	0,3906	0,3860	0,3940	0,4428	0,4310	0,4480	0,3701	0,3140	0,4090

21	0,5038	0,4970	0,5210	0,4996	0,4970	0,5020	0,4834	0,4770	0,4920	0,4742	0,4660	0,5010	0,4587	0,4450	0,4640	0,4000	0,3800	0,4120
22	0,4900	0,4820	0,5070	0,4853	0,4830	0,4870	0,4695	0,4630	0,4780	0,4605	0,4520	0,4870	0,4390	0,4260	0,4440	0,3816	0,3610	0,3920
23	0,4579	0,4510	0,4740	0,4542	0,4510	0,4570	0,4396	0,4330	0,4480	0,4333	0,4250	0,4590	0,4112	0,3970	0,4160	0,3479	0,3270	0,3590
24	0,4703	0,4630	0,4870	0,4665	0,4640	0,4690	0,4516	0,4450	0,4600	0,4430	0,4350	0,4690	0,4227	0,4090	0,4280	0,3624	0,3410	0,3760
25	0,5151	0,5050	0,5330	0,5065	0,5030	0,5080	0,4889	0,4820	0,4980	0,4787	0,4710	0,5080	0,4533	0,4400	0,4580	0,3929	0,3710	0,4050
26	0,4168	0,4110	0,4300	0,4169	0,4130	0,4200	0,4051	0,3990	0,4120	0,3983	0,3910	0,4220	0,3831	0,3670	0,3890	0,3173	0,2940	0,3280
27	0,4805	0,4740	0,4960	0,4770	0,4740	0,4800	0,4626	0,4560	0,4710	0,4538	0,4460	0,4810	0,4332	0,4210	0,4380	0,3734	0,3550	0,3850
28	0,4525	0,4460	0,4670	0,4493	0,4460	0,4520	0,4350	0,4290	0,4430	0,4245	0,4170	0,4510	0,4011	0,3870	0,4060	0,3373	0,3170	0,3490
29	0,5188	0,5100	0,5370	0,5103	0,5070	0,5120	0,4928	0,4860	0,5020	0,4805	0,4720	0,5110	0,4539	0,4410	0,4590	0,3943	0,3700	0,4070
30	0,5111	0,5030	0,5280	0,5044	0,5020	0,5060	0,4874	0,4810	0,4960	0,4763	0,4680	0,5060	0,4555	0,4430	0,4610	0,3968	0,3790	0,4080
31	0,5127	0,5060	0,5280	0,5097	0,5065	0,5125	0,4945	0,4880	0,5030	0,4851	0,4770	0,5155	0,4635	0,4515	0,4690	0,4058	0,3895	0,4160
32	0,5143	0,5090	0,5280	0,5151	0,5100	0,5190	0,5017	0,4950	0,5100	0,4939	0,4860	0,5250	0,4716	0,4600	0,4770	0,4148	0,3960	0,4260
33	0,5031	0,4960	0,5190	0,5005	0,4970	0,5030	0,4855	0,4790	0,4940	0,4765	0,4680	0,5070	0,4519	0,4390	0,4570	0,3888	0,3670	0,4010
34	0,5145	0,5070	0,5310	0,5109	0,5070	0,5140	0,4953	0,4880	0,5050	0,4873	0,4790	0,5190	0,4599	0,4470	0,4650	0,3974	0,3800	0,4090
35	0,5062	0,5000	0,5210	0,5059	0,5010	0,5090	0,4917	0,4850	0,5010	0,4826	0,4740	0,5140	0,4627	0,4490	0,4680	0,4002	0,3760	0,4120
36	0,4972	0,4910	0,5130	0,4950	0,4910	0,4980	0,4798	0,4730	0,4890	0,4706	0,4630	0,5020	0,4475	0,4340	0,4520	0,3859	0,3560	0,4000
37	0,4874	0,4810	0,5020	0,4861	0,4820	0,4890	0,4717	0,4650	0,4810	0,4629	0,4550	0,4930	0,4424	0,4290	0,4470	0,3795	0,3600	0,3940
38	0,4787	0,4710	0,4950	0,4745	0,4720	0,4770	0,4583	0,4510	0,4680	0,4466	0,4380	0,4780	0,4211	0,4080	0,4260	0,3587	0,3390	0,3710
39	0,4834	0,4750	0,5010	0,4771	0,4750	0,4800	0,4600	0,4530	0,4700	0,4470	0,4380	0,4790	0,4170	0,4030	0,4230	0,3533	0,3340	0,3650
40	0,4815	0,4730	0,4980	0,4758	0,4740	0,4780	0,4589	0,4520	0,4680	0,4460	0,4370	0,4770	0,4172	0,4040	0,4220	0,3544	0,3250	0,3670

Not: TM1: Landsat-5 band 1, TM2: Landsat-5 band 2 vb., ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

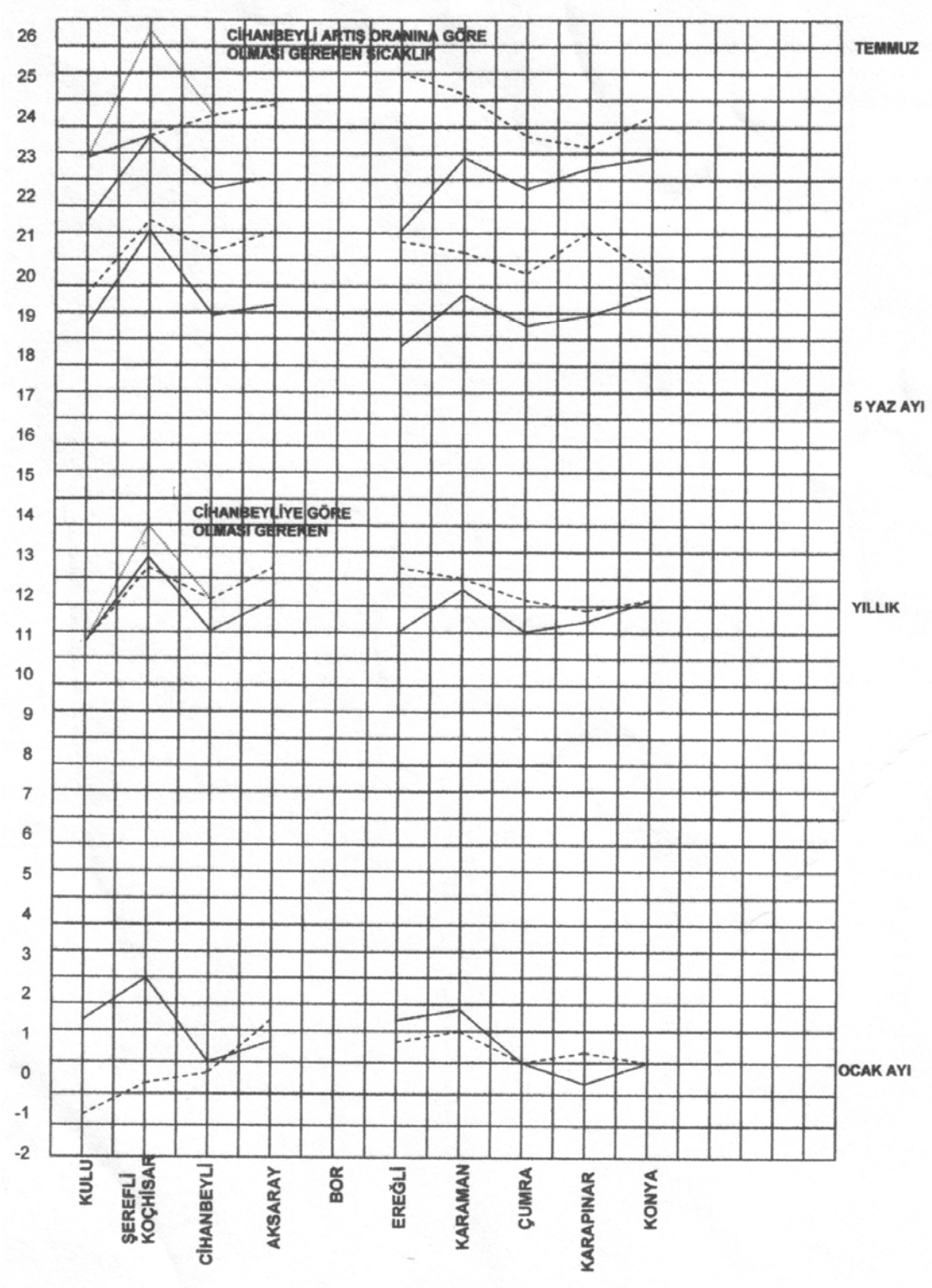
Tablo C.2: 20.06.2006 tarihli Landsat-5 TM verisi için radyometrik düzeltme işlemi.

	DN - Parlaklık Değeri						**R -** At-Satellite Reflektans					
NN	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**
1	193	102	123	100	171	105	0,2099	0,2294	0,2255	0,2762	0,3015	0,2589
2	196	102	124	110	170	107	0,2132	0,2294	0,2274	0,3043	0,2997	0,2639
3	190	96	119	100	171	105	0,2066	0,2156	0,2181	0,2762	0,3015	0,2589
4	195	98	122	102	174	104	0,2121	0,2202	0,2237	0,2818	0,3069	0,2563
5	197	103	130	111	182	111	0,2143	0,2317	0,2385	0,3071	0,3213	0,2740
6	197	101	126	108	179	110	0,2143	0,2271	0,2311	0,2987	0,3159	0,2715
7	148	77	97	89	138	76	0,1603	0,1718	0,1773	0,2452	0,2422	0,1855
8	164	86	105	100	158	93	0,1779	0,1925	0,1921	0,2762	0,2781	0,2285
9	148	77	97	84	121	70	0,1603	0,1718	0,1773	0,2312	0,2116	0,1704
10	150	81	97	81	117	65	0,1625	0,1810	0,1773	0,2227	0,2044	0,1577
11	161	84	101	86	132	70	0,1746	0,1879	0,1847	0,2368	0,2314	0,1704
12	163	84	101	86	132	75	0,1768	0,1879	0,1847	0,2368	0,2314	0,1830
13	160	82	104	85	129	66	0,1735	0,1833	0,1903	0,2340	0,2260	0,1602
14	172	87	108	92	150	86	0,1867	0,1948	0,1977	0,2537	0,2637	0,2108
15	167	96	126	103	188	117	0,1812	0,2156	0,2311	0,2846	0,3321	0,2892
16	165	95	124	100	184	118	0,1790	0,2133	0,2274	0,2762	0,3249	0,2917
17	174	99	128	109	207	139	0,1889	0,2225	0,2348	0,3015	0,3663	0,3448
18	168	95	124	104	199	122	0,1823	0,2133	0,2274	0,2874	0,3519	0,3018
19	162	91	112	95	169	102	0,1757	0,2041	0,2051	0,2621	0,2979	0,2513
20	165	95	119	99	178	102	0,1790	0,2133	0,2181	0,2734	0,3141	0,2513
21	215	104	129	109	166	106	0,2341	0,2340	0,2367	0,3015	0,2925	0,2614
22	207	102	128	107	160	94	0,2253	0,2294	0,2348	0,2959	0,2817	0,2310
23	188	100	120	107	154	94	0,2044	0,2248	0,2199	0,2959	0,2709	0,2310
24	198	101	122	101	159	95	0,2154	0,2271	0,2237	0,2790	0,2799	0,2336
25	214	110	134	107	174	99	0,2330	0,2478	0,2459	0,2959	0,3069	0,2437
26	183	100	123	98	150	89	0,1988	0,2248	0,2255	0,2706	0,2637	0,2184
27	206	104	127	108	169	90	0,2242	0,2340	0,2329	0,2987	0,2979	0,2209
28	188	102	121	106	167	94	0,2044	0,2294	0,2218	0,2931	0,2943	0,2310
29	220	111	135	113	178	106	0,2396	0,2501	0,2478	0,3128	0,3141	0,2614
30	213	106	131	110	169	93	0,2319	0,2386	0,2404	0,3043	0,2979	0,2285
31	212	108	132	110	179	96	0,2308	0,2420	0,2422	0,3029	0,3159	0,2348
32	211	109	133	109	177	98	0,2297	0,2455	0,2441	0,3015	0,3123	0,2412
33	210	104	128	106	163	102	0,2286	0,2340	0,2348	0,2931	0,2871	0,2513
34	213	110	133	111	173	101	0,2319	0,2478	0,2441	0,3071	0,3051	0,2487
35	209	106	129	109	164	96	0,2275	0,2386	0,2367	0,3015	0,2889	0,2361
36	209	107	130	106	172	93	0,2275	0,2409	0,2385	0,2931	0,3033	0,2285
37	207	104	127	103	165	100	0,2253	0,2340	0,2329	0,2846	0,2907	0,2462
38	206	104	126	103	160	91	0,2242	0,2340	0,2311	0,2846	0,2817	0,2235
39	207	104	125	102	166	89	0,2253	0,2340	0,2292	0,2818	0,2925	0,2184
40	206	104	126	103	160	91	0,2242	0,2340	0,2311	0,2846	0,2817	0,2235

Tablo C.3: Elektriksel iletkenlik değerleri ölçülen toprak numunelerinin alındığı noktalara ait parlaklık değerlerinin yansıma değerlerine dönüştürülmesi (20.06.2006 tarihli Landsat-5 TM verisi için radyometrik düzeltme işlemi).

TUZ GÖLÜ Landsat-5 TM - 20.06.2006 (UTM, Dilim 36)				**DN -** Parlaklık Değeri						**L -** Spektral Radyans					
				TM1	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**	**TM1**	**TM2**	**TM3**	**TM4**	**TM5**	**TM7**
Nokta No	**X (m)**	**Y (m)**	**Gain**	0,6024	1,1749	0,8059	0,8145	0,1081	0,0570	$L_\lambda = Gain_\lambda * DN_\lambda + Bias_\lambda$					
			Bias	-1,500	-2,800	-1,200	-1,500	-0,370	-0,150						
11	4324169	536278		117,00	63,00	84,00	98,00	151,00	78,00	68,98	71,22	66,50	78,32	15,95	4,30
12	4324077	536401		132,00	57,00	82,00	103,76	137,00	67,00	78,02	64,17	64,88	83,01	14,44	3,67
13	4323894	536580		110,00	58,00	76,00	102,00	148,00	67,00	64,76	65,34	60,05	81,58	15,63	3,67
21	4323773	536610		133,00	81,00	110,00	104,00	151,00	80,00	78,62	92,37	87,45	83,21	15,95	4,41
22	4323598	536641		178,00	85,00	113,00	87,00	130,00	74,00	105,73	97,07	89,87	69,36	13,68	4,07
23	4324102	536281		154,00	77,00	100,00	81,00	119,00	70,00	91,27	87,67	79,39	64,47	12,49	3,84
31	4323983	536395		151,00	82,55	102,00	99,00	155,00	84,00	89,46	94,19	81,00	79,14	16,39	4,64
32	4323867	536458		158,00	83,30	108,00	101,00	205,92	106,00	93,68	95,07	85,84	80,76	21,89	5,89
33	4323778	536549		183,00	94,00	115,00	96,00	145,00	83,00	108,74	107,64	91,48	76,69	15,30	4,58
41	4323623	536580		112,00	58,63	92,00	72,87	143,00	60,00	65,97	66,09	72,94	57,85	15,09	3,27
51	4324104	536251		127,00	53,14	99,00	64,62	178,00	102,00	75,00	59,63	78,58	51,14	18,87	5,66
52	4323983	536305		126,00	72,30	94,52	95,00	181,00	106,00	74,40	82,14	74,97	75,88	19,20	5,89
53	4323895	536401		143,60	75,00	99,00	99,00	178,00	102,00	85,00	85,32	78,58	79,14	18,87	5,66

EK D



Şekil D.1: Tuz Gölü Havzası'nda ortalama sıcaklıkların Yıllık, 5-Yaz Ayı, Temmuz ve Ocak ayındaki değişimi
(_____ 1970-1992 ----------1993-2005)

Tablo D.1: Konya Havzasında ortalama sıcaklıkların değişimi (1929-1970, 1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması).

KONYA YÜKSELTİ: 1028 m ENLEM: 37° 52' KUZEY BOYLAM: 32° 30' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1929-1970	- 0,1	1,5	5,1	11,0	15,8	19,7	23,1	23,0	17,9	12,4	6,7	2,0	11,5
1970-2005	- 0,3	1,1	5,6	11,0	15,6	20,1	23,5	22,7	18,6	12,4	5,7	1,1	11,4
1970-1992	-0,5	1,1	5,9	11,3	15,5	20,0	23,3	22,4	18,4	12,2	5,7	0,8	11,3
1993-2005	- 0,1	1,2	5,1	10,4	15,8	20,2	23,9	23,2	18,8	12,7	5,6	1,6	11,5
(1929-70) - (1993-2005)	0,0	- 0,3	0,0	- 0,6	0,0	+ 0,5	+ 0,8	+ 0,2	+ 0,9	+ 0,3	- 1,1	- 0,4	0,0
ORAN %	0,0	- 2,0	0,0	- 5,4	0,0	+ 2,5	+ 3,5	+ 0,9	+ 5,0	+ 2,4	- 16,4	- 20,0	0,0
(1970-92) - (1993-2005)	- 0,4	+ 0,1	- 0,8	+ 0,1	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,6	+ 0,8	+ 0,4	+ 0,5	- 0,1	+ 0,8	+ 0,2
ORAN %	- 80,0	+ 9,1	- 13,6	+ 0,9	+ 1,9	+ 1,0	+ 2,6	+ 3,6	+ 2,2	+ 4,1	- 1,7	+100,0	+ 1,8

ÇUMRA YÜKSELTİ: 1013 m ENLEM: 37° 35' KUZEY BOYLAM: 32° 47' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1957-1970	0,2	0,9	5,3	10,3	15,5	19,2	22,0	21,5	16,4	11,3	6,7	3,7	11,1
1970-2005	- 0,5	1,2	5,7	11,3	15,7	19,8	22,7	21,7	17,6	11,9	5,6	1,5	11,2
1993-2005	- 1,0	0,7	5,4	11,1	15,3	19,4	22,1	21,4	17,4	11,9	5,6	1,0	10,9
1993-1994	+ 0,1	2,0	6,1	11,5	16,4	20,3	23,5	22,3	18,0	11,8	5,7	2,3	11,7
(1929-70) - (1993-2005)	- 0,1	1,1	+ 0,8	+ 1,2	+ 0,9	+ 1,1	+ 1,5	+ 0,8	+ 1,6	+ 0,5	- 1,0	- 1,4	+ 0,6
ORAN %	- 50,0	+122,0	+ 15,1	+ 11,6	+ 5,8	+ 5,7	+ 6,8	+ 3,7	+ 9,7	+ 4,4	- 14,9	- 37,8	+ 5,4
(1970-92)-(1993-2005)	+ 1,1	+ 1,3	+ 0,7	+ 0,4	+ 1,1	+ 0,9	+ 1,4	+ 0,9	+ 0,6	- 0,1	+ 0,1	+ 1,3	+ 0,8
ORAN %	+110	+>100	+ 13,0	+ 3,6	+ 7,2	+ 4,6	+ 6,3	+ 4,2	+ 3,4	- 0,8	+ 1,8	+>100	+ 7,3

KARAMAN YÜKSELTİ: 1025 m ENLEM: 37° 11' KUZEY BOYLAM: 33° 14' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1929-1970	1,3	2,4	6,1	11,0	14,8	19,8	22,8	22,3	17,3	12,1	7,8	4,2	11,8
1970-2005	0,2	1,5	5,8	11,3	16,0	20,3	23,5	22,7	18,6	12,7	6,4	1,9	11,7
1970-1992	- 0,1	1,3	5,9	11,5	15,7	20,0	23,1	22,3	18,3	12,5	6,4	1,4	11,5
1993-2005	0,8	1,8	5,7	11,0	16,7	20,7	24,2	23,4	19,0	13,0	6,2	2,7	12,1
(1929-70) - (1993-2005)	- 0,5	- 0,6	- 0,4	0,0	+ 1,9	+ 0,9	+ 1,4	+ 1,1	+ 1,7	+ 0,9	- 1,6	- 1,5	+ 0,3
ORAN %	- 38,5	+ 25,0	+ 6,6	0,0	+ 12,8	+ 4,5	+ 6,1	+ 4,9	+ 9,8	+ 7,4	- 20,5	- 35,7	+ 2,5
(1970-92) - (1993-2005)	+ 0,9	+ 0,5	- 0,2	+ 0,5	+ 1,0	+ 0,7	+ 1,1	+ 1,2	+ 0,7	+ 0,5	- 0,2	+ 1,3	+ 0,6
ORAN %	+ >100	+ 38,5	- 3,4	+ 4,3	+ 6,6	+ 3,5	+ 4,8	+ 5,4	+ 3,8	+ 4,0	- 3,1	+ 92,8	+ 5,2

KARAPINAR YÜKSELTİ: 1004 m ENLEM: 37° 41' KUZEY BOYLAM: 33° 32' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1953-1970	- 0,4	1,6	5,8	10,4	15,2	19,7	22,7	21,9	17,0	11,1	6,3	3,0	11,2
1970-2005	+ 0,6	+ 0,7	5,0	10,7	15,4	19,7	23,0	22,1	17,5	11,6	5,3	1,0	11,0
1970-1992	- 1,0	+ 0,4	5,0	10,8	15,0	19,4	22,6	21,7	17,3	11,3	5,3	0,6	10,7
1993-2005	+ 0,2	1,3	5,1	10,5	16,0	20,0	23,6	22,9	18,0	12,0	5,4	1,8	11,4
(1953-70) - (1993-2005)	+ 0,6	- 0,3	- 0,7	+ 0,1	+ 0,8	+ 0,3	+ 0,5	+ 1,0	+ 1,0	+ 0,9	- 0,9	- 1,2	+ 0,2
ORAN %	>100,0	- 1,9	-12,0	+ 1,0	+ 5,3	+ 1,5	+ 2,2	+ 4,6	+ 5,9	+ 8,1	- 14,3	- 40,0	+ 1,8
(1970-92) - (1993-2005)	+ 1,2	+ 0,9	+ 0,1	- 0,3	+ 1,0	+ 0,6	+ 1,0	+ 1,2	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,1	+ 1,2	+ 0,7
ORAN %	>100,0	+ 225,0	+ 2,0	- 2,8	+ 6,7	+ 3,1	+ 4,4	+ 5,5	+ 4,0	+ 6,2	+ 1,9	+200,0	+ 6,5

EREĞLİ YÜKSELTİ: 980 m ENLEM: 37° 30' KUZEY BOYLAM: 34° 04' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1944/1950-1970	1,1	2,1	6,4	11,5	15,3	19,0	21,2	20,4	15,7	10,2	6,6	3,3	11,1
1970-2005	- 0,2	+ 1,4	5,9	11,6	13,4	20,0	23,3	22,3	18,0	12,2	6,1	1,4	11,3
1970-1992	- 0,8	+ 1,0	5,7	11,5	15,4	19,5	22,6	21,6	17,4	11,7	5,8	0,9	11,0
1993-2005	+ 0,8	+ 2,1	6,3	11,7	16,8	20,8	24,4	23,6	19,0	13,1	6,5	2,4	12,3
(1944-70) - (1993-2005)	- 0,3	0,0	- 0,1	+ 0,2	+ 1,5	+ 1,8	+ 3,2	+ 3,2	+ 3,3	+ 2,9	- 0,1	- 0,9	+ 1,2
ORAN %	- 27,3	0,0	- 1,5	+ 1,7	+ 9,8	+ 9,5	+ 15,1	+ 15,7	+ 21,0	+ 28,0	- 1,5	- 27,3	+ 10,8
(1970-92) - (1993-2005)	+ 1,6	+ 1,1	+ 0,6	+ 0,2	+ 1,4	+ 1,3	+ 1,8	+ 2,0	+ 1,6	+ 1,4	+ 0,7	+ 1,5	+ 1,3
ORAN %	+200,0	+110,0	+ 10,5	+ 1,7	+ 9,1	+ 6,7	+ 8,0	+ 9,2	+ 9,2	+ 12,0	+ 12,0	+166,0	+ 11,8

Tablo D.2: Konya'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

KONYA YÜKSELTİ: 1028 m ENLEM: 37° 52' KUZEY BOYLAM: 32° 30' DOĞU

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	4,1	5,0	7,5	13,6	15,1	20,0	23,6	21,2	17,2	10,2	7,3	0,2	12,1
71	3,6	2,1	6,5	9,8	15,8	19,5	23,2	21,7	18,6	10,1	6,3	- 0,1	11,4
72	- 6,8	- 3,6	6,3	13,1	15,6	19,8	23,9	22,9	19,6	12,9	4,8	- 1,8	10,6
73	- 1,4	4,5	4,9	11,1	16,9	18,6	23,6	22,2	19,8	12,9	3,8	1,1	11,5
74	- 3,7	2,9	8,1	10,1	16,5	22,1	23,2	21,9	17,0	15,6	6,4	- 0,8	11,6
1975	- 1,2	0,3	7,7	12,5	14,6	19,5	23,6	22,1	18,2	11,5	4,8	- 1,4	11,0
76	- 2,2	- 2,5	5,6	10,6	15,3	18,9	21,9	21,0	17,5	13,0	7,1	2,4	10,7
77	- 1,5	5,9	5,8	10,7	16,0	20,0	23,6	23,5	18,5	9,1	8,9	- 0,6	11,7
78	2,3	5,2	7,0	11,3	17,7	20,4	24,3	21,8	18,0	13,8	3,5	3,1	12,4
79	2,0	4,6	8,4	11,1	16,1	20,3	22,5	24,3	19,8	12,8	7,3	1,8	12,6
1980	- 1,1	0,2	5,1	10,2	15,8	21,1	25,9	23,1	17,3	12,7	6,6	3,0	11,7
81	1,8	2,2	8,0	11,1	14,0	20,7	23,7	22,1	19,2	14,7	4,9	5,6	12,3
82	1,8	- 0,3	4,5	11,5	15,8	20,0	21,3	21,8	19,0	12,1	4,1	1,4	11,1
83	- 3,5	0,4	5,2	11,9	16,4	19,2	23,2	21,3	18,2	11,2	8,0	3,2	11,2
84	3,0	4,3	6,6	9,5	17,1	21,1	22,7	20,3	20,3	13,0	6,8	- 2,8	11,8
1985	3,8	- 1,5	4,4	12,8	17,7	21,5	22,0	24,8	18,8	10,0	8,1	2,2	12,1
86	3,4	4,5	7,8	13,5	12,6	19,8	25,0	25,2	19,6	12,2	3,7	1,1	12,4
87	2,5	4,3	0,3	9,4	16,3	20,3	23,8	22,1	19,0	11,0	4,7	2,0	11,3
88	0,5	1,9	3,7	10,5	15,0	19,0	22,9	22,4	17,9	10,7	0,9	2,2	10,6
89	- 7,7	- 4,2	6,7	15,1	15,9	20,2	23,4	23,9	18,4	10,2	6,0	- 0,7	10,6
1990	- 4,5	- 0,2	5,8	10,1	13,8	19,3	23,7	21,3	17,4	12,0	7,6	2,4	10,7
91	- 2,1	- 3,3	6,9	10,2	13,5	20,2	23,7	23,2	18,1	13,4	5,6	- 1,8	10,6
92	- 4,4	- 7,0	2,2	10,5	14,1	18,8	20,4	22,3	16,3	15,3	4,3	- 2,2	9,2
ORTALAMA 1970-92	- 0,5	1,1	5,9	11,3	15,5	20,0	23,3	22,4	18,4	12,2	5,7	0,8	11,3
1993	- 3,8	- 1,3	4,5	10,4	13,7	19,6	22,4	22,8	18,9	13,9	3,1	2,5	10,6
94	2,5	1,6	5,5	13,0	16,4	20,2	23,3	22,7	22,1	14,7	4,7	- 1,0	12,1
1995	0,1	2,6	5,3	8,4	16,4	20,9	21,1	23,4	19,3	10,4	1,2	1,2	10,9
96	0,1	2,9	3,0	8,2	17,0	19,5	24,4	23,1	18,4	11,0	7,2	5,4	11,7
97	1,1	- 0,5	2,4	6,9	16,5	19,2	22,6	20,9	15,7	12,0	6,0	2,4	10,4
98	0,2	2,1	2,9	12,0	15,3	20,3	24,7	24,8	19,2	13,5	8,6	2,8	12,2
99	2,1	2,4	5,3	10,8	16,8	19,8	24,2	23,9	19,1	13,5	6,1	3,2	12,3
2000	- 5,0	- 2,0	4,0	12,7	14,7	19,6	26,1	22,5	19,0	11,2	6,9	1,4	10,9
1	2,4	2,5	11,0	12,7	15,0	22,5	26,3	24,5	20,7	12,8	5,9	2,4	13,2
2	- 5,9	3,1	7,7	9,7	15,2	19,8	24,1	22,2	18,1	12,8	6,6	- 3,1	10,9
3	4,0	- 1,7	1,8	9,5	17,2	21,2	23,6	23,6	18,0	14,4	6,5	1,6	11,6
4	- 1,4	2,0	6,2	10,3	15,2	19,8	22,8	23,1	18,6	14,6	5,8	1,0	11,5
2005	2,5	1,8	6,8	10,8	10,0	20,2	25,3	24,7	17,8	10,6	4,9	1,5	11,9
ORTALAMA 1993-2005	- 0,1	1,2	5,1	10,4	15,8	20,2	23,9	23,2	18,8	12,7	5,6	1,6	11,5

Tablo D.3: Çumra'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

ÇUMRA YÜKSELTİ: 1013 m ENLEM: 37° 35' KUZEY BOYLAM: 32° 47' DOĞU

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970													
71													
72	- 8,0	- 4,5	5,0	12,5	15,2	19,1	23,3	22,2	19,2	12,4	3,8	- 3,3	9,7
73	- 2,8	3,9	4,1	10,2	16,1	18,6	22,9	21,6	18,8	12,2	2,9	0,9	10,8
74	- 4,1	2,5	7,5	9,3	15,9	21,6	21,8	21,1	15,9	14,8	5,9	- 1,8	10,9
1975	- 0,9	- 0,5	7,3	12,4	14,6	19,0	23,2	21,4	17,0	11,1	4,7	- 1,9	10,6
76	- 2,0	- 3,0	5,1	10,3	15,3	18,6	21,2	20,3	16,8	13,1	7,9	2,6	10,5
77	- 1,8	6,1	5,4	10,2	15,8	20,2	22,6	22,0	17,6	9,1	9,2	- 0,4	11,3
78	2,7	6,0	7,2	11,0	16,6	19,3	22,3	19,6	17,1	12,6	3,0	3,5	11,7
79	2,2	4,4	7,5	10,7	15,5	18,9	21,1	22,6	18,0	12,8	7,7	2,4	12,0
1980	- 1,0	0,1	4,8	10,1	15,1	20,2	24,3	21,5	16,1	12,5	6,1	3,1	11,1
81	2,3	2,0	7,6	10,1	13,0	19,0	22,3	21,4	18,2	14,0	4,7	6,0	11,7
82	1,5	- 0,8	3,7	11,2	14,8	18,8	20,2	20,8	17,7	11,6	3,9	1,7	10,4
83	- 4,0	- 0,2	4,8	11,4	15,9	18,5	21,6	19,9	16,9	10,3	7,6	3,1	10,5
84	2,7	4,0	6,6	9,2	16,6	19,7	21,3	18,8	18,7	11,6	6,2	- 3,7	11,0
1985	3,3	- 2,5	2,7	12,3	16,8	20,3	20,5	23,4	17,3	8,8	8,0	1,4	11,0
86	3,3	4,3	7,4	13,3	12,5	19,7	24,0	24,1	19,2	12,1	2,8	0,7	12,0
87	2,2	3,6	- 0,3	9,2	15,5	19,1	22,3	20,9	17,1	10,7	5,3	2,6	10,7
88	1,6	2,6	4,5	11,5	16,2	19,5	22,6	21,6	17,3	11,0	2,4	3,0	11,2
89	- 7,7	- 3,6	7,4	15,6	16,3	19,6	22,5	22,5	17,8	10,0	6,6	0,1	10,6
1990	- 4,7	0,1	5,5	10,3	14,1	18,9	22,7	20,1	16,5	11,8	8,1	3,7	10,6
91	- 1,3	- 2,8	7,4	11,5	14,8	20,5	22,8	22,4	17,1	13,1	5,8	- 1,0	10,9
92	- 3,7	- 7,0	2,6	11,0	14,1	18,6	19,6	21,2	15,1	14,0	4,5	- 1,8	9,0
ORTALAMA 1972-92	- 1,0	+ 0,7	5,4	11,1	15,3	19,4	22,1	21,4	17,4	11,9	5,6	1,0	10,9
1993	- 3,5	- 0,9	4,5	10,9	13,9	19,0	21,8	21,7	17,8	12,9	3,4	3,4	10,4
94	3,1	2,5	5,7	13,0	16,7	19,9	23,0	22,1	21,0	14,6	5,4	0,3	12,3
1995	1,8	3,2	6,4	9,2	17,0	21,4	21,0	22,8	18,9	10,2	1,9	1,4	11,3
96	0,6	3,9	3,7	8,9	17,8	20,1	23,9	22,5	18,1	10,8	7,3	6,2	12,0
97	1,9	+ 0,2	2,5	7,7	16,9	19,8	22,5	20,6	15,3	12,4	6,6	3,3	10,8
98	1,1	2,2	3,7	12,5	16,0	20,4	24,3	24,0	18,5	12,9	9,3	3,5	12,4
99	2,5	3,3	5,9	11,8	17,5	19,8	24,3	23,4	18,8	13,5	6,7	4,4	12,7
2000	- 4,0	- 1,2	4,4	13,1	14,4	19,2	25,0	22,1	18,4	10,9	7,0	2,1	11,0
1	3,2	3,5	11,4	12,8	15,3	22,0	25,5	24,1	20,4	11,8	6,4	3,3	13,3
2	- 6,0	2,9	8,0	10,3	15,8	20,3	23,7	21,9	18,1	13,0	7,5	- 2,4	11,1
3	- 1,0	1,9	9,8	17,3	20,5	22,8	22,8	17,3	13,8	6,8	2,2	1,0	11,3
4	- 0,4	2,0	6,3	10,9	14,9	19,8	22,9	23,1	17,8	14,1	5,8	1,3	11,5
2005	2,7	2,3	7,2	11,3	16,3	20,1	25,0	24,5	17,6	9,9	5,0	1,6	12,0
ORTALAMA 1993-2005	+ 0,1	2,0	6,1	11,5	16,4	20,3	23,5	22,3	18,0	11,8	5,7	2,3	11,7

Tablo D.4: Karaman'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

KARAMAN YÜKSELTİ: 1025 m ENLEM: 37° 11' KUZEY BOYLAM: 33° 14' DOĞU

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	4,7	5,9	7,8	13,1	15,5	20,1	23,3	21,1	16,9	10,5	8,2	0,4	12,3
71	4,8	2,4	6,7	9,1	15,7	19,5	23,5	21,5	19,1	10,1	7,2	0,8	11,7
72	- 6,8	- 4,1	5,6	13,2	15,3	19,9	24,0	22,9	19,7	13,3	5,3	- 2,3	10,5
73	- 1,6	4,8	4,8	10,6	16,3	18,7	23,1	21,7	19,4	13,2	3,8	1,6	11,4
74	- 3,6	3,4	7,9	10,2	16,2	21,5	22,7	21,7	16,5	16,1	7,3	- 0,2	11,6
1975	- 0,7	0,4	7,6	12,5	14,6	19,3	23,6	21,4	17,6	11,6	4,7	- 1,8	10,9
76	- 1,6	- 2,1	5,5	10,3	15,2	18,8	21,8	20,6	17,5	13,1	7,7	2,8	10,8
77	- 2,1	6,1	5,2	10,0	15,3	19,6	22,8	22,9	18,3	9,3	9,3	0,1	11,4
78	3,1	6,0	7,3	11,1	17,4	19,9	23,6	20,8	18,2	13,4	3,1	4,3	12,4
79	2,7	5,0	8,0	11,7	16,2	19,7	22,2	23,5	18,6	13,4	8,6	2,7	12,7
1980	- 0,8	0,8	5,2	10,7	15,5	20,8	25,2	22,3	17,2	13,2	7,0	3,6	11,7
81	3,3	2,5	8,2	10,6	13,6	20,1	23,3	22,3	19,0	15,2	5,2	6,8	12,5
82	1,9	- 1,2	3,9	11,6	15,2	19,5	21,3	21,5	18,9	12,4	4,4	2,3	11,0
83	- 2,9	0,4	4,8	11,2	16,1	19,1	22,5	20,8	17,4	10,7	8,9	3,1	11,0
84	3,2	4,1	7,2	9,6	17,0	20,4	22,4	20,1	20,0	12,4	6,7	- 3,3	11,7
1985	4,5	- 2,3	3,5	12,8	17,6	21,5	21,9	24,6	18,5	9,6	9,0	2,0	11,9
86	4,0	4,4	7,2	13,5	12,5	19,9	24,8	25,1	20,2	12,8	2,8	1,1	12,4
87	3,8	4,5	- 0,5	9,8	16,6	20,1	23,6	22,6	19,0	11,6	6,1	3,2	11,7
88	1,5	3,1	4,9	11,3	16,4	19,8	23,5	22,7	18,6	11,4	4,2	4,0	11,8
89	- 8,3	- 2,9	7,9	16,4	17,5	21,7	24,2	24,4	19,2	11,3	7,5	1,1	11,7
1990	- 6,8	0,1	6,2	11,2	14,7	20,1	24,3	21,5	17,8	12,7	9,2	3,7	11,2
91	- 1,0	- 2,2	7,6	12,0	15,3	21,4	24,0	23,6	18,0	14,3	6,3	- 1,1	11,5
92	- 4,2	- 7,9	2,2	11,4	14,5	19,2	20,5	22,5	16,1	15,6	5,3	- 1,9	9,4
ORTALAMA 1970-92	-0,1	1,3	5,9	11,5	15,7	20,0	23,1	22,3	18,3	12,5	6,4	1,4	11,5
1993	- 4,0	- 0,7	5,1	11,4	14,6	19,4	22,8	22,6	18,6	13,2	3,7	4,9	10,9
94	3,8	2,6	6,2	13,8	17,6	20,8	23,4	22,6	21,6	15,8	5,3	0,4	12,8
1995	2,7	3,7	7,0	9,6	17,6	22,0	21,4	23,8	19,9	10,8	3,0	1,7	11,9
96	0,8	4,3	4,4	9,4	18,3	20,5	25,4	23,6	19,1	11,5	7,7	7,0	12,7
97	1,6	- 0,4	2,2	8,0	17,7	20,6	23,8	21,6	16,5	13,8	6,9	4,0	11,4
98	0,7	1,9	3,9	13,1	17,2	21,2	25,3	25,3	20,0	14,0	10,2	3,9	13,1
99	2,3	3,3	6,0	11,9	17,8	20,1	24,7	24,0	19,5	13,9	6,1	4,8	12,9
2000	- 4,0	- 0,6	4,4	13,4	14,8	20,0	25,9	22,5	18,7	11,1	6,4	1,9	11,2
1	2,7	3,3	11,3	13,0	14,9	22,2	25,6	24,1	20,6	11,3	6,4	4,0	13,3
2	- 5,0	3,4	8,1	10,6	15,7	20,1	24,0	22,3	18,6	13,9	7,8	- 3,1	11,4
3	5,3	- 1,3	2,1	10,1	17,7	20,6	23,6	23,4	18,0	15,2	6,8	2,8	12,0
4	0,6	2,3	6,9	10,9	16,1	20,9	23,8	23,6	18,5	14,6	6,0	0,7	12,1
2005	2,9	2,2	7,1	11,2	16,8	20,4	24,8	24,4	17,2	10,0	4,8	2,6	12,0
ORTALAMA 1993-2005	0,8	1,8	5,7	11,0	16,7	20,7	24,2	23,4	19,0	13,0	6,2	2,7	12,1

Tablo D.5: Karapınar'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

KARAPINAR YÜKSELTİ: 1004 m ENLEM: 37° 41' KUZEY BOYLAM: 33° 32' DOĞU

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	4,3	5,0	7,4	12,6	14,9	19,8	23,6	20,9	16,4	10,1	6,9	- 1,3	11,7
71	2,8	1,8	5,8	8,8	15,2	18,7	22,9	21,2	18,0	8,7	5,9	- 0,2	10,8
72	- 7,3	- 4,8	4,7	12,5	15,1	19,1	23,4	22,4	19,0	11,9	3,7	- 4,1	9,6
73	- 3,7	3,7	4,0	9,8	15,4	18,1	22,5	21,1	18,2	11,9	2,7	1,6	10,4
74	- 3,8	2,6	7,9	9,6	15,6	21,1	21,9	21,2	14,8	14,8	6,2	- 0,7	10,9
1975	- 1,4	- 1,2	6,2	11,9	14,6	19,2	23,6	21,3	17,2	10,3	4,4	- 2,3	10,3
76	- 2,0	- 2,6	5,1	10,3	15,3	18,5	21,4	20,6	16,6	12,3	7,1	2,0	10,4
77	- 2,7	5,4	5,2	10,1	15,3	19,8	22,4	22,5	18,4	8,9	8,3	- 0,1	11,1
78	2,0	4,9	6,5	10,2	16,4	19,8	23,3	20,2	16,9	12,5	2,2	2,9	11,5
79	2,1	4,2	6,7	10,6	15,8	19,5	22,2	23,2	18,2	12,2	7,4	1,8	12,0
1980	- 2,2	- 0,6	4,4	10,2	15,0	20,1	24,8	22,1	15,9	11,7	5,8	3,0	10,9
81	2,5	1,7	7,0	9,7	13,1	19,7	23,0	21,5	18,2	13,4	4,1	5,7	11,6
82	0,7	- 2,8	3,1	11,2	14,9	18,7	20,2	20,6	17,6	11,2	2,8	0,9	9,9
83	- 4,0	- 0,2	4,4	11,1	15,6	18,8	22,1	20,1	16,4	9,7	7,5	2,0	10,3
84	2,1	3,3	6,6	9,1	15,9	19,7	21,7	19,0	18,0	10,5	6,0	- 4,5	10,6
1985	3,5	- 3,4	1,4	11,7	16,7	20,3	20,9	24,5	17,6	8,7	8,1	1,3	10,9
86	3,0	3,5	6,2	12,1	12,1	19,2	23,7	24,2	18,8	11,5	1,7	0,5	11,4
87	2,9	3,4	- 1,5	9,3	15,4	19,1	23,1	21,6	17,3	10,8	4,8	2,3	10,7
88	0,1	2,5	4,2	10,7	15,3	18,9	22,7	22,0	17,3	10,9	2,9	3,3	10,9
89	- 7,8	- 3,8	7,0	14,8	16,4	20,4	23,4	23,3	17,6	10,2	6,4	- 0,4	10,6
1990	- 6,2	- 0,5	5,3	10,2	14,0	19,3	23,9	20,8	16,7	11,5	7,5	2,9	10,5
91	- 1,8	- 3,4	6,4	11,2	14,2	20,5	23,5	22,6	17,0	13,1	5,5	- 0,9	10,7
92	- 5,8	- 9,2	1,6	10,6	13,8	18,8	20,4	22,3	15,3	13,6	4,1	- 2,1	8,6
ORTALAMA 1970-92	- 1,0	+ 0,4	5,0	10,8	15,0	19,4	22,6	21,7	17,3	11,3	5,3	+ 0,6	10,7
1993	- 5,0	- 1,0	4,6	10,8	14,0	18,9	22,1	22,0	17,6	12,0	2,5	3,0	10,1
94	2,9	1,9	5,2	12,5	16,6	20,3	23,0	22,1	21,0	14,7	4,7	- 0,7	12,0
1995	1,8	2,7	6,2	8,6	17,2	20,8	20,7	22,9	18,5	9,3	2,2	1,0	11,0
96	- 0,3	3,5	3,8	8,4	17,4	19,5	24,4	22,7	18,0	10,9	6,5	6,4	11,8
97	0,9	- 0,9	1,9	7,3	16,7	19,2	22,3	20,6	15,3	12,9	5,9	3,3	10,5
98	0,1	1,3	3,1	12,0	16,3	20,4	24,4	24,2	18,4	12,4	9,0	3,1	12,1
99	2,1	3,0	5,6	11,1	16,6	19,8	24,4	23,6	18,2	12,9	5,3	3,4	12,2
2000	- 4,2	- 1,4	3,6	13,1	14,4	19,0	25,3	22,6	17,9	10,6	5,6	1,6	10,7
1	2,6	3,3	10,3	12,3	14,5	21,6	25,6	23,9	19,6	11,0	6,0	3,6	12,9
2	- 5,8	2,1	7,5	9,4	15,3	20,7	23,7	22,5	18,4	12,4	6,6	- 3,3	10,8
3	4,9	- 1,2	1,9	9,9	17,3	20,5	23,1	23,1	17,4	13,7	5,9	1,6	11,5
4	0,1	2,2	6,0	10,3	15,6	20,2	23,2	22,8	17,3	13,5	5,1	0,5	11,4
2005	2,0	1,9	6,3	10,8	16,1	19,7	24,9	24,1	16,4	9,4	4,9	0,3	11,4
ORTALAMA 1993-05	0,2	1,3	5,1	10,5	16,0	20,0	23,6	22,9	18,0	12,0	5,4	1,8	11,4

Tablo D.6: Ereğli'de 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

EREĞLİ **YÜKSELTİ: 1044 m** **ENLEM: 37°30' KUZEY** **BOYLAM: 34° 04' DOĞU**

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	3,4	5,2	8,0	13,5	15,3	19,3	22,4	19,8	15,3	9,0	7,0	- 0,1	11,5
71	3,1	2,3	6,9	9,3	15,5	18,5	22,3	20,4	17,2	8,9	5,9	0,5	10,9
72	- 6,3	- 4,5	5,0	13,2	14,9	18,6	22,3	20,7	17,7	12,2	3,9	- 3,1	9,6
73	- 2,8	4,6	5,0	10,4	15,9	18,6	22,2	21,3	18,3	12,3	3,0	0,8	10,8
74	- 4,6	1,9	7,8	9,7	15,5	20,6	21,8	21,1	15,7	14,8	5,9	- 1,2	10,8
1975	- 1,5	- 0,7	7,3	12,5	14,6	18,9	22,6	20,1	16,2	10,4	3,9	- 2,1	10,2
76	- 2,4	- 2,3	5,2	10,3	14,8	18,4	21,0	19,7	15,7	12,0	6,9	2,4	10,1
77	- 2,2	5,2	5,3	10,2	15,4	19,1	21,8	21,8	17,5	8,1	8,4	- 0,2	10,9
78	2,6	5,5	6,9	10,8	16,5	19,1	22,7	20,1	17,2	12,5	2,7	3,2	11,7
79	2,0	4,8	7,8	11,2	15,5	19,2	21,9	22,8	17,9	12,8	8,8	2,0	12,2
1980	- 1,1	0,3	5,1	11,0	15,6	20,8	25,1	22,4	16,6	12,6	6,9	3,5	11,6
81	2,5	2,0	7,9	10,5	13,1	19,6	23,6	22,0	18,5	14,2	4,6	5,8	12,0
82	1,3	- 1,2	3,6	12,0	15,5	19,4	21,0	21,0	17,9	12,2	4,0	1,2	10,7
83	- 3,9	0,2	5,1	11,4	16,0	19,1	22,6	20,8	17,0	10,3	8,5	2,5	10,8
84	2,7	4,2	7,3	9,8	16,5	20,3	22,2	19,6	18,9	11,6	6,2	- 4,1	11,3
1985	3,8	- 2,4	2,6	12,6	17,5	20,9	21,0	23,4	17,3	9,5	8,5	1,5	11,4
86	2,9	3,5	6,9	13,2	12,2	19,9	24,1	24,3	19,2	11,9	2,7	1,0	11,8
87	3,3	4,4	- 0,4	10,3	16,3	19,6	23,1	21,8	18,2	11,0	5,3	2,1	11,3
88	0,4	3,0	4,5	11,3	16,1	19,2	23,1	22,1	17,7	11,0	3,3	2,9	11,2
89	- 7,0	- 1,9	7,8	16,0	17,2	20,8	23,9	23,9	18,4	11,2	7,3	0,8	11,5
1990	- 6,5	- 0,4	6,6	11,5	14,7	19,9	24,3	21,4	17,4	12,6	8,6	3,7	11,2
91	- 1,1	- 2,2	7,5	12,0	15,1	20,9	23,9	23,4	17,7	13,7	6,3	- 1,6	11,3
92	- 6,1	- 8,1	2,0	11,6	14,8	18,9	21,0	22,3	16,0	14,4	4,7	- 1,9	9,1
ORTALAMA 1970-92	- 0,8	+ 1,0	5,7	11,5	15,4	19,5	22,6	21,6	17,4	11,7	5,8	0,9	11
1993	- 3,4	- 1,0	5,4	11,9	14,4	19,3	23,0	22,6	18,5	13,1	3,2	3,1	10,8
94	3,7	2,7	6,4	13,8	18,0	20,9	23,6	22,4	21,3	15,1	5,4	- 0,5	12,7
1995	2,0	4,0	7,4	10,0	17,5	21,8	21,4	23,5	19,3	10,7	4,1	0,5	11,9
96	1,0	4,9	5,1	9,5	18,6	20,7	25,2	23,8	18,9	11,5	7,5	6,5	12,8
97	1,9	0,1	2,9	8,2	17,6	19,9	23,2	21,6	16,1	14,0	6,8	3,4	11,3
98	0,6	2,1	4,4	13,1	16,5	21,2	24,9	24,3	19,1	13,6	10,1	4,1	12,8
99	2,9	3,7	7,1	12,3	17,9	20,3	25,0	24,0	19,2	14,0	6,8	4,5	13,1
2000	- 4,3	- 1,3	4,4	14,2	15,0	20,0	26,2	23,1	19,0	11,8	7,5	2,0	11,5
1	3,3	3,5	11,9	13,6	15,2	22,8	26,5	24,9	20,6	12,1	6,4	3,8	13,7
2	- 5,1	3,8	8,9	10,7	16,1	21,2	24,7	23,0	19,1	14,0	7,6	- 3,0	11,8
3	4,8	- 0,8	2,8	10,9	17,8	20,9	24,0	24,1	18,6	14,9	7,2	2,5	12,3
4	0,3	3,0	7,4	11,5	16,7	21,2	24,0	23,9	19,1	14,9	6,5	1,5	12,5
2005	2,7	2,8	7,9	12,5	17,1	20,9	25,7	25,3	18,4	10,9	5,9	2,8	12,7
ORTALAMA 1993-2005	+ 0,8	+ 2,1	6,3	11,7	16,8	20,8	24,4	23,6	19,0	13,1	6,5	2,4	12,3

Tablo D.7: Tuz Gölü Havzası'nda ortalama sıcaklıkların değişimi (1929-1970, 1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması).

KULU YÜKSELTİ: 1131 m ENLEM 37° 25' KUZEY BOYLAM: 31° 51' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1955-70	1,4	2,0	5,8	9,2	14,8	19,3	21,6	21,6	17,0	10,1	5,5	1,8	10,8
1970-2005	- 1,8	- 0,2	4,0	9,5	14,3	18,7	22,3	21,7	17,1	11,1	4,5	0,6	10,1
1970-1992	- 2,3	- 0,5	4,1	9,5	14,0	18,4	21,9	21,2	16,9	10,9	4,4	- 0,4	9,8
1993-2005	- 1,0	+ 0,1	4,0	9,5	15,0	19,2	23,1	22,4	17,6	11,6	4,7	0,9	10,6
(1955-70) - (1993-2005)	- 2,4	- 1,9	- 1,8	+ 0,3	+ 0,2	- 0,1	+ 1,5	+ 0,8	+ 0,6	+ 1,5	- 0,8	- 0,9	+ 0,2
ORAN %	- >100	- 95	- 31	+ 3,0	+ 1,0	-	+ 7,0	+ 3,7	+ 3,5	+ 14,8	- 14,5	- 50,0	+ 1,8
(1970-92) - (1993-2005)	+ 1,3	+ 0,6	- 0,1	-	+ 1,0	+ 0,8	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,7	+ 0,7	+ 0,3	+ 1,3	+ 0,8
ORAN %	+ 56,0	+ >100	- 2,0	-	+ 7,0	+ 4,3	+ 6,5	+ 5,7	+ 10,0	+ 6,4	+ 6,8	+ >100	+ 8,2

ŞEREFLİ KOÇHİSAR YÜKSELTİ: 975 m ENLEM 38° 56' KUZEY BOYLAM: 33° 35' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1929-30 / 1951-70	2,0	2,7	6,9	12,1	16,8	20,9	23,9	23,9	19,5	13,1	8,6	4,2	12,9
1970-1994	0,0	1,7	6,5	11,9	16,3	20,7	24,0	23,4	19,7	13,7	6,9	1,9	12,2
1970-1992	+ 0,1	1,7	6,5	11,8	16,2	20,7	24,0	23,4	19,6	13,5	7,1	1,9	12,2
1993-1994	- 0,4	1,5	6,6	13,1	16,6	20,7	24,0	24,1	21,5	16,0	5,1	2,3	12,6
(1929-70) - (1993-1994)	- 2,4	- 1,2	- 0,3	+ 1,0	- 0,2	- 0,2	+ 0,1	+ 0,2	+ 2,0	+ 2,9	- 3,5	- 1,9	- 0,3
ORAN %	- 120,0	- 44,4	- 4,3	+ 8,3	- 1,2	- 0,1	+ 0,4	+ 0,8	+ 10,2	+ 22,1	- 40,7	- 45,2	- 2,3
(1970-92)-(1993-1994)	- 0,5	- 0,2	+ 0,1	+ 1,3	+ 0,4	-	-	+ 0,7	+ 1,9	+ 2,5	- 2,0	+ 0,4	+ 0,4
ORAN %	->100,0	- 11,8	+ 1,5	+ 11,0	+ 2,5			+ 3,0	+ 9,7	+ 18,5	- 28,1	+ 21,0	+ 3,3

CİHANBEYLİ YÜKSELTİ: 969 m ENLEM 38° 40' KUZEY BOYLAM: 32° 57' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1929-34/1944/1951-70	0,4	1,2	2,3	10,2	15,0	19,3	22,4	22,0	17,4	11,0	6,3	2,7	11,1
1970-2005	- 0,7	+ 0,7	5,1	10,5	15,3	19,8	23,3	22,5	18,0	12,0	5,5	1,0	11,1
1970-1992	- 1,2	0,4	5,0	10,3	14,8	19,4	22,7	21,9	17,6	11,6	5,3	0,5	10,7
1993-2005	+ 0,1	1,4	5,3	10,7	16,3	20,5	24,3	23,4	18,7	12,7	5,8	1,8	11,8
(1929-70) - (1993-2005)	- 0,3	+ 0,2	+ 3,0	+ 0,5	+ 1,3	+ 1,2	+ 1,9	+ 1,4	+ 1,3	+ 1,7	- 0,5	- 0,9	+ 0,7
ORAN %	- 75,0	+ 16,7	+ 130,0	+ 4,9	+ 8,7	+ 6,2	+ 8,5	+ 6,4	+ 7,5	+ 15,4	- 7,9	- 33,3	+ 6,3
(1975-92) - (1993-2005)	+ 1,3	+ 1,0	+ 0,3	+ 0,4	+ 1,5	+ 1,1	+ 1,6	+ 1,5	+ 1,1	+ 1,1	+ 0,5	+ 1,3	+ 1,1
ORAN %	+100,0	+250,0	+ 6,0	+ 3,9	+10,1	+ 5,7	+ 7,0	+ 6,8	+ 6,2	+ 9,5	+ 9,4	+260,0	+ 10,3

AKSARAY YÜKSELTİ: 980 m ENLEM 38° 23' KUZEY BOYLAM: 34° 03' DOĞU

ORT. SICAKLIK C°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
1929-70	0,8	2,4	6,8	11,1	15,6	19,4	22,7	21,9	17,5	12,2	7,7	4,0	11,8
1975-2005	0,3	1,8	6,3	11,4	16,1	20,1	23,5	22,8	18,4	12,8	6,6	2,0	11,8
1975-1992	- 0,2	1,5	6,1	11,4	15,6	19,8	23,0	22,2	18,0	12,4	6,4	1,5	11,5
1993-2005	1,2	2,4	6,3	11,5	16,9	20,7	24,5	23,8	19,0	13,5	7,0	3,0	12,5
(1929-70) - (1993-2005)	+ 0,4	-	- 0,5	+ 0,4	+ 1,3	+ 1,3	+ 1,8	+ 1,9	+ 1,5	+ 1,3	- 0,3	- 0,1	+ 0,7
ORAN %	+ 50,0	-	- 7,3	+ 3,6	+ 8,3	+ 6,7	+ 7,9	+ 8,7	+ 8,6	+ 10,7	- 3,9	- 25,0	+ 5,9
(1975-92) - (1993-2005)	+ 1,0	+ 0,9	+ 0,2	+ 0,1	+ 1,3	+ 0,9	+ 1,5	+ 1,6	+ 1,0	+ 1,1	+ 0,6	+ 1,5	+ 1,0
ORAN %	>100	+ 60,0	+ 3,3	+ 0,9	+ 8,3	+ 4,5	+ 6,5	+ 7,2	+ 5,6	+ 8,9	+ 9,4	+100,0	+ 8,6

Tablo D.8: Kulu'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

KULU YÜKSELTİ: 1131 m ENLEM: 37° 25' KUZEY BOYLAM: 31° 51' DOĞU

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	3,1	3,4	6,0	11,7	14,2	18,8	23,1	20,6	16,4	9,3	6,1	- 0,2	11,0
71	1,5	0,9	5,1	8,5	14,3	18,2	22,1	21,2	17,9	8,9	5,5	- 0,2	10,3
72	- 6,9	- 5,2	4,1	11,3	14,6	18,9	23,1	21,7	17,6	11,4	3,6	-3,2	9,3
73	- 4,7	3,2	2,5	8,5	14,6	17,6	22,1	20,4	18,0	11,2	2,1	- 0,5	9,6
74	- 7,0	- 0,8	5,8	8,0	13,5	19,6	21,5	20,8	15,0	14,4	4,7	- 1,5	9,5
1975	- 3,3	- 1,1	5,7	11,0	13,6	18,6	22,6	21,0	16,7	9,3	3,1	- 3,5	9,5
76	- 4,8	- 5,8	2,9	9,2	14,1	17,6	21,0	19,9	16,0	11,9	6,4	0,3	9,1
77	- 3,2	2,8	3,1	8,6	14,1	18,3	21,8	22,1	16,6	7,5	6,8	- 1,9	9,7
78	0,1	3,8	5,3	8,4	14,3	18,2	22,3	19,9	15,7	12,1	1,4	0,9	10,2
79	0,5	2,6	6,2	8,8	14,1	18,3	20,5	23,2	17,7	11,4	5,8	0,6	10,8
1980	- 4,5	- 1,0	3,0	8,2	14,1	18,8	24,3	21,5	15,4	11,6	6,0	1,5	9,9
81	1,1	1,5	6,2	8,6	11,8	19,0	22,0	20,7	17,6	13,2	3,0	4,6	10,8
82	- 0,5	- 2,8	2,6	9,5	14,4	17,9	19,3	19,8	17,4	10,6	2,1	- 0,4	9,2
83	- 5,4	- 2,3	3,2	10,4	14,7	17,3	20,9	19,6	16,4	9,2	5,6	1,1	9,2
84	1,3	2,1	4,8	6,7	14,5	18,2	20,9	18,2	18,1	11,3	4,9	- 4,0	9,8
1985	0,5	- 4,6	1,2	10,5	15,9	18,9	20,1	23,2	16,3	8,8	6,5	- 0,3	9,8
86	0,7	2,3	5,2	10,8	11,5	18,4	23,1	24,1	18,4	10,5	1,4	- 1,3	10,4
87	- 1,1	1,8	- 1,5	7,9	13,9	18,2	22,2	20,7	17,6	10,1	3,1	1,1	9,5
88	- 0,3	0,4	3,1	9,6	14,4	18,2	21,9	21,8	16,6	9,9	1,5	2,1	9,9
89	- 6,7	- 3,4	6,5	14,3	14,5	19,1	22,5	23,2	17,3	9,5	5,0	- 0,9	10,1
1990	- 5,9	- 0,1	4,6	9,3	13,0	18,5	22,7	20,4	16,6	11,5	7,2	1,4	9,9
91	- 2,5	- 3,5	5,8	9,2	12,6	19,1	23,1	22,4	17,1	12,3	5,2	- 2,1	9,9
92	- 4,8	- 5,2	2,0	9,8	14,2	18,2	19,7	22,1	15,5	13,9	3,6	- 2,3	8,9
ORTALAMA 1970-92	- 2,3	- 0,5	4,1	9,5	14,0	18,4	21,9	21,2	16,9	10,9	4,4	- 0,4	9,8
1993	- 7,7	- 2,2	3,8	9,5	13,6	18,4	21,6	21,9	17,8	13,0	2,0	2,2	9,5
94	1,6	- 0,5	4,6	12,4	15,6	19,6	23,1	22,2	21,9	14,1	4,2	- 1,1	11,5
1995	0,4	2,7	5,1	8,2	15,9	20,2	20,3	22,6	18,1	9,6	0,6	0,4	10,3
96	- 0,2	2,7	2,2	7,4	16,7	18,9	23,7	22,1	16,8	10,0	6,1	4,9	10,9
97	0,4	- 1,9	1,3	5,8	15,9	18,7	21,9	20,5	14,3	11,5	5,2	1,9	9,6
98	- 0,4	0,7	2,4	11,5	14,2	19,0	23,9	24,4	17,9	12,8	7,2	2,3	11,3
99	1,7	1,7	4,6	10,3	15,8	18,9	23,3	22,5	17,6	12,0	4,8	2,4	11,3
2000	- 5,7	- 4,1	2,0	11,6	14,2	18,5	25,4	21,8	17,7	10,3	5,8	0,2	9,8
1	0,8	2,2	9,8	11,3	14,0	20,6	25,0	23,5	18,8	11,1	5,2	1,5	12,0
2	- 7,0	1,8	6,6	9,1	14,3	19,4	23,4	20,9	16,8	11,7	5,9	- 4,3	9,9
3	3,5	- 2,8	0,8	8,9	16,3	20,0	22,5	22,6	16,5	13,2	5,8	1,0	10,7
4	- 1,4	2,0	4,6	9,0	14,0	18,9	22,4	22,7	17,8	13,0	4,1	- 1,2	10,5
2005	0,8	- 0,3	4,3	8,7	14,2	18,2	23,5	23,9	16,3	9,0	4,5	1,1	10,4
ORTALAMA 1993-05	- 1,0	+ 1,0	4,0	9,5	15,0	19,2	23,1	22,4	17,6	11,6	4,7	0,9	10,6

Tablo D.9: Şereflikoçhisar'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

ŞEREFLİ KOÇHİSAR YÜKSELTİ: 975 m ENLEM: 38° 56' KUZEY BOYLAM: 33° 35' DOĞU

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	5,1	5,4	8,2	14,7	15,9	21,1	25,5	22,9	19,0	11,6	8,4	1,7	13,3
71	5,2	3,0	7,7	10,6	17,0	20,4	24,2	23,0	20,8	11,7	7,9	1,6	12,8
72	- 4,6	- 3,0	6,9	14,3	16,9	20,8	25,4	24,3	20,7	14,2	6,2	- 0,2	11,8
73	- 2,2	5,3	5,0	11,0	17,0	19,6	23,2	22,8	20,9	14,5	5,1	1,4	12,0
74	- 4,1	2,5	8,6	10,1	16,4	22,5	23,6	22,8	18,0	17,4	7,9	0,3	12,2
1975	- 2,2	- 2,2	5,6	11,5	16,2	19,8	23,0	22,1	18,1	14,5	9,5	2,6	11,5
76	- 2,0	1,9	5,8	10,8	16,7	20,8	24,1	22,2	19,2	10,7	5,2	- 0,9	11,2
77	- 1,2	2,9	6,2	11,5	17,7	21,8	24,5	23,4	20,2	11,9	9,2	+ 0,7	12,4
78	2,4	6,3	7,7	10,7	17,2	20,9	24,8	22,5	18,6	15,1	4,9	4,0	12,9
79	2,6	5,2	9,1	11,7	17,2	21,2	23,1	25,3	20,8	14,0	8,9	3,0	13,5
1980	- 1,8	1,0	5,6	10,8	16,3	21,4	26,5	24,0	18,0	14,5	8,0	3,7	12,3
81	3,0	2,9	8,0	11,1	13,8	21,7	24,6	23,4	20,6	16,4	5,4	6,3	13,1
82	1,9	- 0,1	5,0	12,3	16,7	20,4	21,6	22,7	20,6	13,3	5,0	2,8	11,9
83	- 3,5	0,5	5,9	12,5	16,8	19,7	23,3	22,2	19,9	12,1	8,3	3,4	11,8
84	3,8	5,2	7,4	9,7	17,4	21,4	23,3	21,1	21,6	15,0	7,8	- 2,4	12,6
1985	3,8	- 2,8	3,7	12,9	18,7	21,9	22,1	26,0	19,6	11,1	10,9	2,9	12,6
86	3,4	4,4	8,7	14,7	13,6	20,8	25,1	25,9	20,2	12,7	4,4	2,1	13,0
87	2,8	5,2	0,5	9,7	16,1	20,1	24,0	21,3	19,4	12,3	6,3	3,0	11,7
88	2,1	3,3	5,7	12,3	16,5	19,6	24,5	24,0	19,0	12,5	3,6	3,5	12,2
89	- 6,0	- 2,3	9,1	16,2	15,6	20,1	23,6	24,2	19,3	11,6	7,2	0,8	11,6
1990	- 3,3	0,8	6,9	10,2	13,7	19,4	24,1	22,6	18,8	13,0	9,5	3,1	11,6
91	- 1,0	- 2,1	7,8	10,9	14,0	21,0	25,6	24,7	19,6	14,8	7,3	0,4	12,0
92	- 3,0	- 3,9	3,9	11,9	16,1	19,6	21,6	24,1	17,7	16,5	6,0	- 0,3	10,9
ORTALAMA 1970-92	+ 0,1	1,7	6,5	11,8	16,2	20,7	24,0	23,4	19,6	13,5	7,1	1,9	12,2
1993	- 4,8	0,2	6,4	11,4	15,7	20,5	23,1	24,2	19,8	15,3	4,4	3,7	11,7
94	4,1	2,7	6,7	14,8	17,6	20,9	24,8	24,1	23,2	16,6	5,9	0,9	13,5
1995													
96													
97													
98													
99													
2000													
1													
2													
3													
4													
2005													
ORTALAMA 1993-05	- 0,4	1,5	6,6	13,1	16,6	20,7	24,0	24,1	21,5	16,0	5,1	2,3	12,6

Tablo D.10: Cihanbeyli'de 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

CİHANBEYLİ YÜKSELTİ: 969 m ENLEM: 38° 40' KUZEY BOYLAM: 32° 57' DOĞU

YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	3,7	4,3	6,7	12,5	14,3	19,3	23,5	21,0	16,9	9,8	6,7	0,3	11,6
71	2,9	1,6	5,8	8,7	14,9	18,9	22,5	21,2	18,4	9,2	6,1	- 0,2	10,8
72	- 6,6	- 4,8	5,1	12,3	15,2	19,6	23,9	22,3	18,9	12,2	4,0	-2,4	10,0
73	- 4,1	3,9	3,7	9,5	15,5	18,5	23,1	21,1	18,7	12,2	3,1	0,4	10,5
74	- 5,8	0,2	7,0	8,6	14,8	20,8	22,2	21,2	15,6	15,0	6,0	- 1,2	10,4
1975	- 2,0	- 0,8	6,7	11,9	14,3	19,5	23,5	21,7	17,3	10,6	4,5	- 2,4	10,4
76	- 3,3	- 3,7	4,1	10,0	14,6	18,3	21,4	20,4	16,1	12,5	7,1	1,5	9,9
77	- 2,0	4,5	4,1	9,4	15,1	19,3	22,7	22,5	17,3	8,5	8,4	- 1,1	10,7
78	1,4	4,9	6,0	9,3	15,5	19,6	23,3	20,7	16,8	12,4	2,5	2,4	11,2
79	1,9	4,1	7,0	9,7	15,3	19,3	21,7	23,3	18,1	12,4	7,0	2,1	11,8
1980	- 2,2	0,2	4,0	9,4	14,5	20,1	24,9	22,1	16,2	12,3	6,1	2,0	10,8
81	1,6	1,3	6,9	9,4	12,5	19,9	23,0	21,5	18,1	14,0	3,9	5,5	11,5
82	0,7	- 1,7	3,5	10,5	15,0	19,1	20,2	21,2	18,3	11,1	2,9	0,7	10,1
83	- 4,7	- 1,2	3,7	10,9	15,5	18,1	21,8	20,1	17,2	9,9	6,7	1,8	10,0
84	1,9	3,2	5,7	7,9	15,2	19,5	21,6	19,4	19,2	11,9	5,6	- 3,5	10,6
1985	2,2	- 4,0	2,1	11,4	16,8	20,4	21,1	23,9	17,6	9,2	7,5	0,8	10,8
86	2,3	3,3	6,3	11,7	12,0	19,0	23,8	24,7	19,4	11,5	2,4	- 0,1	11,4
87	1,2	3,2	- 0,4	8,6	15,1	19,3	23,4	21,6	18,6	11,0	4,6	2,3	10,7
88	0,7	1,7	4,0	10,4	15,2	18,9	23,1	22,6	17,3	10,9	1,8	2,9	10,8
89	- 6,8	- 3,5	7,5	15,0	15,6	20,4	23,8	24,2	18,2	10,5	5,7	- 0,2	10,9
1990	- 5,1	0,3	5,7	10,1	14,2	19,3	23,6	21,4	17,1	12,1	8,2	2,7	10,8
91	- 1,2	- 3,3	7,0	10,1	13,6	20,1	23,8	23,2	18,0	13,1	6,1	- 1,2	10,8
92	- 3,6	- 5,0	2,8	10,7	14,9	19,4	20,8	23,1	16,5	15,0	4,5	- 1,7	9,8
ORTALAMA 1970-92	- 1,2	0,4	5,0	10,3	14,8	19,4	22,7	21,9	17,6	11,6	5,3	0,5	10,7
1993	- 6,1	- 1,0	4,8	10,5	14,9	20,0	22,5	23,0	18,4	13,2	3,0	2,6	10,5
94	2,9	0,9	5,4	13,2	17,0	20,8	23,7	22,8	21,7	14,4	4,5	- 0,6	12,2
1995	0,9	3,1	5,9	8,5	16,9	21,1	21,6	23,4	18,9	10,2	1,4	1,2	11,1
96	0,6	3,8	3,1	8,5	17,9	20,5	24,8	23,1	17,8	11,2	7,0	5,9	12,0
97	1,5	0,1	2,9	7,4	17,1	19,7	22,8	20,8	15,3	12,0	5,8	2,6	10,7
98	0,6	2,1	3,6	12,5	15,4	19,9	24,9	24,7	18,8	13,4	8,7	3,4	12,3
99	2,5	2,7	5,5	11,4	16,7	19,4	24,2	23,5	18,5	13,3	5,9	3,4	12,3
2000	- 4,8	- 2,7	3,8	12,7	14,8	19,6	26,0	22,4	18,8	11,4	6,8	1,2	10,8
1	2,3	2,9	11,0	12,5	15,0	22,4	26,1	24,4	20,1	12,6	6,5	2,6	13,2
2	- 6,1	3,1	7,9	10,2	15,9	20,9	25,0	23,2	18,8	13,7	7,4	- 2,8	11,4
3	5,0	- 1,4	1,8	10,0	18,2	21,8	24,4	24,3	18,0	14,9	7,0	1,9	12,2
4	- 0,7	2,3	6,4	10,6	15,6	20,6	23,8	23,6	19,4	14,5	5,9	0,7	11,9
2005	2,9	2,0	6,4	10,9	16,3	20,4	25,9	25,2	18,1	10,9	5,4	1,7	12,2
ORTALAMA 1993-05	0,1	1,4	5,3	10,7	16,3	20,5	24,3	23,4	18,7	12,7	5,8	1,8	11,8

Tablo D.11: Aksaray'da 1970-1992 ve 1993-2005 yılları arasında ortalama sıcaklık değerleri.

AKSARAY YÜKSELTİ: 980 m ENLEM: 38° 23' KUZEY BOYLAM: 34° 03' DOĞU

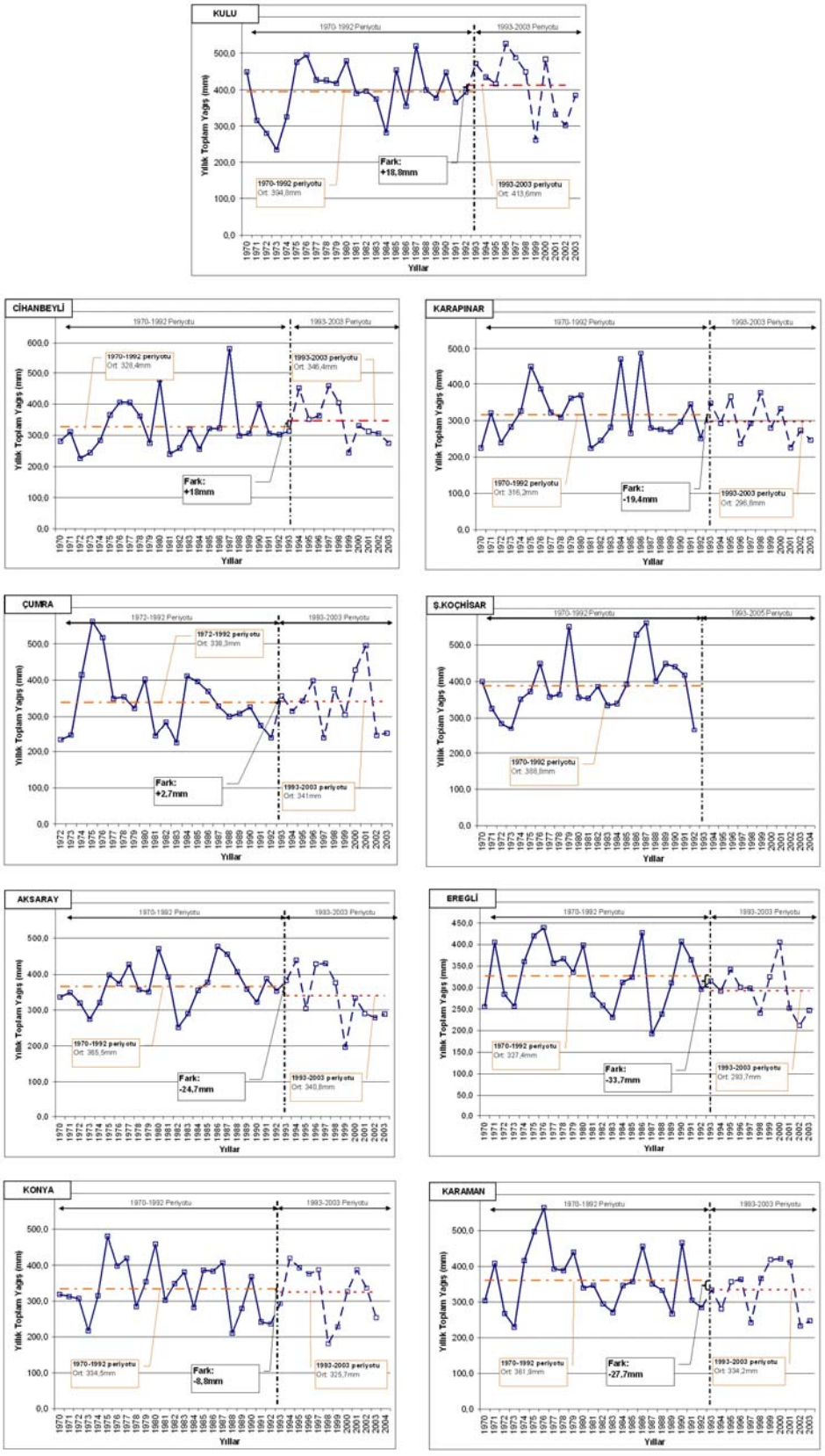
YILLAR	AYLAR												YILLIK ORT.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ORT. SICAKLIK C° 1970	4,7	5,5	8,0	13,6	15,0	19,6	23,7	21,2	17,0	10,7	7,9	0,9	12,3
71	4,4	2,9	7,2	9,5	15,6	19,0	22,9	21,4	18,4	10,3	6,8	1,0	11,6
72	- 6,1	- 4,1	6,0	13,2	15,5	19,2	23,9	22,1	18,7	12,6	4,9	-1,6	10,4
73	- 3,0	4,8	5,1	10,3	15,8	18,6	22,7	21,7	18,9	12,7	4,1	0,9	11,1
74	- 4,0	2,4	8,0	9,6	15,7	21,0	22,5	21,7	16,2	16,0	7,0	- 0,6	11,3
1975	- 1,8	+ 0,6	7,5	12,6	15,1	19,6	23,8	21,9	17,7	11,1	5,2	- 1,8	11,0
76	- 2,3	- 2,9	5,3	10,6	15,4	19,3	21,2	20,5	16,0	13,1	8,1	2,8	10,6
77	- 0,6	6,3	5,3	10,5	16,1	19,9	23,0	22,6	17,7	9,0	9,3	0,8	11,7
78	2,4	6,0	7,4	10,3	16,4	19,4	23,3	21,1	17,0	13,6	3,9	3,9	12,1
79	2,5	5,1	8,1	11,3	16,2	19,7	22,1	23,0	19,3	13,6	8,4	2,7	12,7
1980	- 1,6	0,5	5,5	10,7	15,5	20,4	24,5	22,4	16,4	12,7	7,2	3,8	11,5
81	3,3	2,6	7,8	10,4	13,5	20,4	23,4	21,9	19,0	15,0	5,1	6,5	12,4
82	2,0	- 0,8	4,3	11,8	15,9	19,2	20,6	21,4	19,3	12,2	4,4	2,5	11,1
83	- 3,7	0,4	5,3	11,7	16,1	19,1	22,4	20,4	17,6	10,6	8,3	2,8	10,9
84	3,5	4,7	7,4	9,4	16,5	20,6	22,4	20,1	19,1	12,2	7,0	- 3,9	11,6
1985	4,3	- 2,5	3,0	12,1	17,3	20,2	21,6	24,0	17,3	9,7	8,5	1,9	11,5
86	3,6	4,7	7,6	13,3	12,8	19,6	24,0	25,1	19,5	12,2	3,3	1,3	12,3
87	2,8	4,7	- 0,1	10,1	16,1	19,5	23,6	21,9	19,0	11,6	6,1	3,1	11,5
88	1,3	3,3	4,9	11,5	16,0	19,4	23,6	22,4	17,8	11,8	3,5	3,3	11,6
89	- 5,9	- 1,7	8,5	16,1	16,8	20,5	23,8	24,1	18,5	11,9	7,0	0,6	11,7
1990	- 4,8	0,4	7,0	11,2	14,9	20,0	24,5	22,7	17,6	12,8	9,3	3,9	11,6
91	- 0,2	- 2,7	7,6	11,8	14,8	21,3	24,9	24,1	18,6	14,2	7,0	1,4	11,9
92	- 4,4	- 6,0	3,4	11,7	15,7	19,4	21,7	23,7	16,5	15,1	5,5	- 1,1	10,1
ORTALAMA 1970-92	- 0,2	1,5	6,1	11,1	15,6	19,8	23,0	22,2	18,0	12,4	6,4	1,5	11,5
1993	- 3,9	0,2	5,9	11,6	15,3	19,8	22,9	23,5	18,8	14,1	4,0	3,4	11,3
94	4,4	2,6	6,6	14,2	17,6	21,0	24,2	23,4	22,0	16,0	6,2	0,1	13,2
1995	2,9	4,8	7,3	9,8	17,9	21,7	22,0	24,1	19,2	11,5	3,9	2,0	12,3
96	1,7	5,2	4,9	9,5	18,7	20,6	25,8	24,4	18,8	12,6	8,5	7,4	13,2
97	2,6	0,3	3,5	7,9	17,9	20,6	23,9	21,6	16,1	13,5	7,0	4,0	11,6
98	1,0	2,6	4,6	13,3	16,8	21,1	25,3	24,9	19,3	14,3	10,4	4,4	13,2
99	3,7	4,0	7,0	12,1	17,0	19,7	25,0	24,3	19,2	13,9	7,4	5,7	13,3
2000	- 3,6	- 1,3	4,5	13,9	15,4	19,8	26,0	23,2	18,4	12,2	8,3	2,4	11,6
1	3,5	4,1	11,7	13,3	15,3	22,5	26,3	24,9	20,5	13,0	7,4	4,3	13,9
2	- 5,8	3,6	8,6	10,6	16,3	20,8	24,5	22,6	19,0	13,6	7,9	- 2,0	11,6
3	5,8	- 0,8	3,0	10,7	18,7	21,8	23,4	24,1	18,2	14,8	7,5	2,8	12,5
4	0,3	3,1	7,2	11,3	15,9	20,3	23,4	23,0	18,8	15,2	6,2	1,2	12,2
2005	3,3	2,9	6,8	11,5	16,5	20,5	25,3	25,1	18,3	11,1	6,7	3,2	12,6
ORTALAMA 1993-05	1,2	2,4	6,3	11,5	16,9	20,7	24,5	23,8	19,0	13,5	7,0	3,0	12,5

EK E

Tablo E.1: Tuz Gölü Havzası'nda 1970-2005 yılları arasında Ocak Ayı toplam yağış değerleri.

	Ocak Ayı Toplam Yağış Miktarı (mm*10)								
	KULU 17754	CIHANBEYLI 17191	KARAPINAR 17902	ÇUMRA 17900	ŞEREFLİ KOÇHİSAR 4982	AKSARAY 17192	EREGLI 17248	KONYA 17244	KARAMAN 17246
1970	70,4	30,2	28,6	-	45,1	38,1	24,9	35,0	48,0
1971	41,6	35,8	38,0	-	32,7	23,3	17,7	15,1	22,6
1972	23,7	20,9	15,6	20,2	25,1	18,1	34,9	21,5	34,1
1973	8,5	3,2	9,2	10,5	11,1	13,6	20,6	4,8	16,0
1974	24,5	28,0	13,2	17,2	35,0	26,8	19,5	25,1	22,8
1975	45,4	34,4	13,6	23,9	0,0	19,9	18,7	73,6	57,8
1976	58,5	41,3	45,2	87,5	65,3	61,7	35,5	54,9	40,3
1977	59,0	42,4	50,6	65,6	58,8	52,2	44,9	50,1	73,1
1978	93,6	92,4	42,2	43,9	77,3	65,2	43,2	65,9	69,0
1979	81,3	57,6	28,9	54,0	70,3	51,5	51,4	47,0	81,3
1980	71,7	37,0	24,4	18,0	66,8	54,4	32,9	33,3	45,5
1981	130,9	97,6	92,6	86,2	109,2	59,1	52,3	112,2	113,4
1982	29,5	19,9	35,9	32,5	25,9	32,1	45,6	42,1	47,1
1983	27,6	22,2	15,3	23,3	29,4	26,7	41,9	21,5	26,7
1984	33,6	33,5	27,3	45,6	55,9	42,3	20,2	31,8	24,3
1985	42,3	35,5	17,7	26,6	36,3	13,5	11,6	35,6	13,2
1986	25,2	23,1	20,2	27,8	47,9	19,8	13,0	33,1	29,5
1987	43,3	44,4	29,3	45,0	46,9	70,9	30,4	63,9	35,9
1988	12,4	14,4	8,3	4,3	16,2	15,2	8,6	4,3	3,0
1989	28,7	37,4	32,3	46,9	38,5	22,3	7,3	19,6	37,1
1990	27,9	30,8	23,7	28,6	24,3	36,2	50,1	9,2	32,2
1991	26,7	23,5	59,1	58,4	34,9	41,3	44,1	45,2	46,5
1992	3,1	4,5	13,7	14,1	-	22,7	28,8	6,9	14,8
1993	64,4	39,3	22,0	16,6	-	35,3	13,7	26,6	18,1
1994	63,6	46,3	55,2	39,6	-	60,7	31,8	43,0	67,6
1995	35,1	25,0	26,4	30,1	-	33,6	31,1	34,5	27,2
1996	32,2	28,6	21,4	20,4	-	23,5	16,1	28,6	15,3
1997	22,6	21,2	44,6	27,0	-	35,7	30,6	27,2	36,4
1998	15,7	8,1	24,7	24,1	-	51,4	35,5	8,7	48,0
1999	19,8	13,3	19,9	45,0	-	15,6	20,4	20,9	39,7
2000	100,0	60,1	52,9	75,0	-	80,9	54,0	30,1	79,2
2001	0,9	0,0	0,6	1,4	-	0,3	0,6	1,0	0,4
2002	40,0	41,5	28,3	29,8	-	31,8	38,9	27,8	40,9
2003	31,7	38,6	6,8	18,8	-	11,2	20,5	17,6	24,0
2004	48,2	35,4	20,1	51,7	-	50,4	26,8	34,1	48,9
2005	11,2	15,7	32,4	28,1	-	22,2	29,3	29,5	25,8

EK F

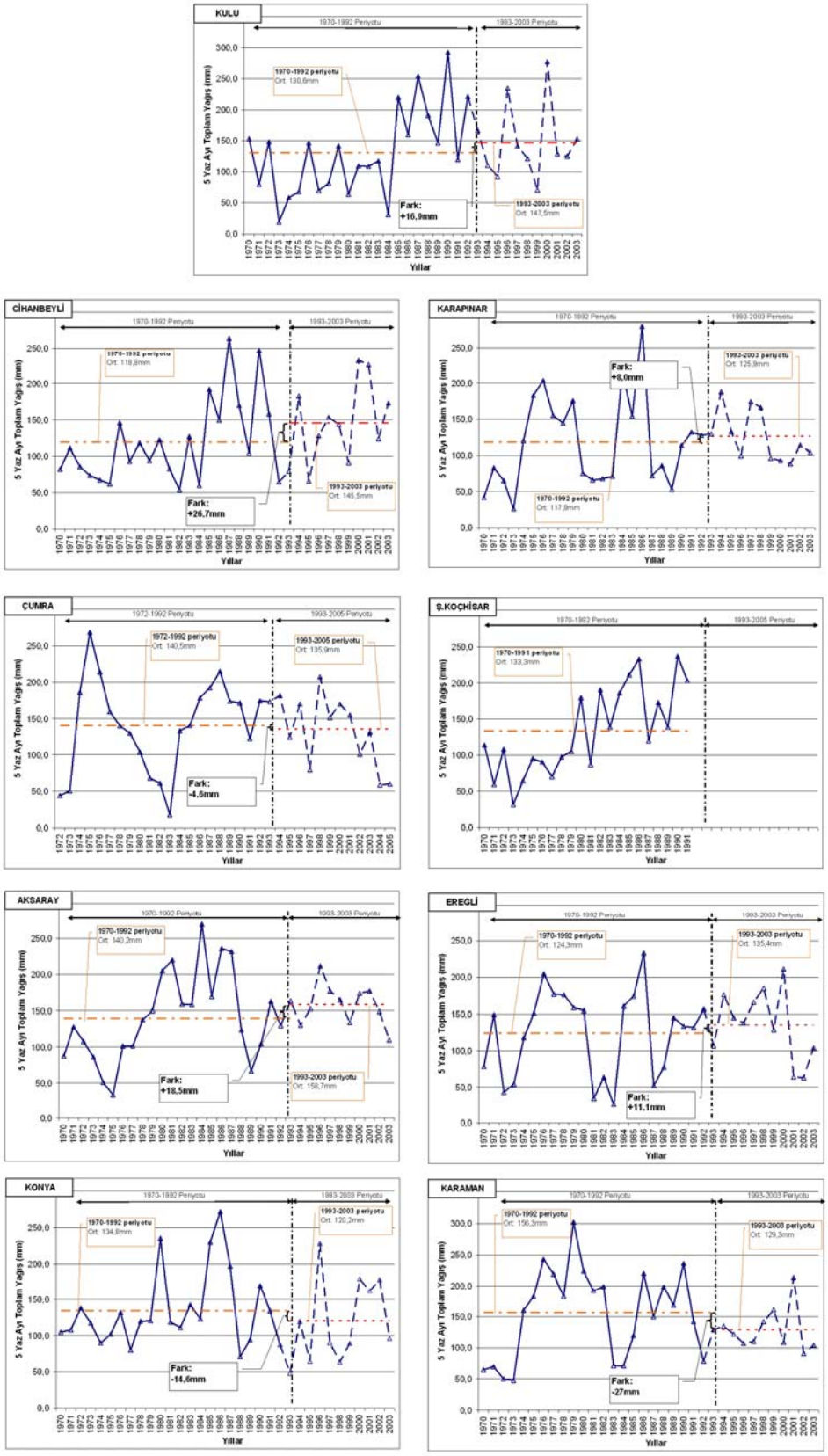


Şekil F.1: Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen yıllık toplam yağış değerlerinin değişimi (1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması).

Tablo F.1: Tuz Gölü Havzası'nda 1970-2005 yılları arasında yıllık toplam yağış değerleri.

	Yıllık Toplam Yağış Miktarı (mm)								
	KULU 17754	CIHANBEYLİ 17191	KARAPINAR 17902	ÇUMRA 17900	ŞEREFLİ KOÇHİSAR 4982	AKSARAY 17192	EREGLI 17248	KONYA 17244	KARAMAN 17246
1970	448,9	281,2	224,3	-	399,3	336,8	255,5	318,4	303,7
1971	315,6	311,6	321,1	-	325,4	349,1	405,5	312,8	408,1
1972	280,5	226,3	239,1	232,8	284,1	319,7	284,4	306,6	268,3
1973	234,7	244,4	282,3	246,1	269,1	274,6	257	216,4	229,8
1974	325,9	283,9	325,7	414,7	351,3	320,4	360,5	314,7	416,7
1975	475,7	365,4	448,8	561,4	372,1	398	420,7	480,8	496,5
1976	495	406,2	387	517,3	448,6	374,1	439,1	397,4	563
1977	426,6	405,3	321,5	349,6	357,7	427,4	357,5	419,9	393,5
1978	425,2	361,9	308,5	353,9	364,5	356,7	367,3	284,7	388,6
1979	417,9	274,8	361,8	322,2	549,8	350,7	336,1	355	439,7
1980	479	477,8	368,8	401,8	355,7	470,4	398,8	458,7	339,2
1981	390,6	239,9	223,6	243,7	353,3	393,1	283,4	302,4	347,3
1982	396,9	259,3	244,6	284,1	386	252,1	259,1	349,2	294,1
1983	375	319,4	281	224,1	334,1	290,1	230,8	381,2	270,9
1984	281	256,2	468,3	411,6	339,4	355	312,7	281,3	346,3
1985	453,7	321,8	264,7	395,9	392,1	377,6	323,7	386,6	357,6
1986	355,2	322,7	485,9	369	528,2	476,9	427,9	383,6	456,4
1987	519,9	581,3	278,9	328,4	560,5	455,8	192,2	407,1	350,9
1988	399,8	298,7	275,7	300,1	400,5	406,5	238,8	209,7	332,7
1989	377,4	305,5	269,2	308,6	448,2	358,6	310,8	279,1	266,7
1990	446,8	400,6	296,2	325,8	440,1	322,1	407	368,8	465,5
1991	366,3	305,5	344,8	274,6	417,1	387,1	365	241,5	304,2
1992	393,6	302,4	250	238,3	265,2	353,6	295,9	236,4	284,1
1993	471	313,4	347,5	357	-	382	315,7	293,1	334
1994	434,9	451,9	291,5	314,5	-	438,6	292,2	419,3	280,8
1995	417	351,1	365,7	343,1	-	304,8	342,1	393,4	357,7
1996	526,2	362,4	236,6	398,6	-	428	300,8	375,8	364,2
1997	487,8	458,8	291,6	238,4	-	430,3	298,5	387,3	242,2
1998	448,3	405	376,6	375,2	-	376	240,9	180,8	366,3
1999	261,4	243,8	279	304,1	-	196,2	325	228,5	418,3
2000	483,3	330,5	332,1	427,7	-	333,5	404,8	326,6	421,8
2001	332,7	312,1	225,5	495,8	-	290,8	252,2	387,4	410,6
2002	302,3	305,9	272,4	245,1	-	278,8	211,6	336,8	233,6
2003	384,8	275,3	246,7	251,4	-	289,3	246,7	254,1	246,7
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EK G



Şekil G.1: Tuz Gölü Havzası'nda bulunan meteorolojik istasyonlara ait veriler ile elde edilen 5-Yaz Ayı toplam yağış değerlerinin değişimi (1970-1992 ve 1993-2005 periyotlarının karşılaştırılması).

Tablo G.1: Tuz Gölü Havzası'nda 1970-2005 yılları arasında 5-Yaz Ayı toplam yağış değerleri (Mayıs-Eylül).

	5-Yaz Ayı (Mayıs-Eylül) Toplam Yağış Miktarı (mm)								
	KULU 17754	CIHANBEYLI 17191	KARAPINAR 17902	ÇUMRA 17900	ŞEREFLİ KOÇHİSAR 4982	AKSARAY 17192	EREGLI 17248	KONYA 17244	KARAMAN 17246
1970	153,5	82,2	42	-	114	87,4	78,9	104,8	64,8
1971	79,8	111,3	83,1	-	59,3	128,2	149,5	108	69,8
1972	148,5	86	65,1	44,1	107,9	108	43,3	138,1	50,2
1973	19,2	73,9	26	50,4	31,6	86,1	54,5	117,3	47,9
1974	58,2	67,7	120,1	186,7	64,5	51	117,9	89,8	160
1975	67,9	62,3	182,9	268,4	95	33,7	151,7	102	182,3
1976	146,6	146	203,4	214,4	90,1	101,8	204,9	131,9	243,4
1977	69,9	93,3	154,8	159,8	70,3	101,5	177	80	219,6
1978	81,7	118,1	144,5	140,4	97,6	137,7	176,3	119,9	182,7
1979	141,8	94,3	175,5	129,9	105,2	150,5	158,8	120,5	302,4
1980	63,9	122,5	75,4	104,3	179,5	205,4	154,8	235,6	224,4
1981	109,7	83,1	66	68,2	86,9	220,1	34,9	118,6	192
1982	108,8	54,1	67,9	61,2	190,5	158,9	64	111,2	199,3
1983	117,8	127	71	17,7	138,6	158,4	25,5	142,7	71,4
1984	31	60	216,1	133,5	186,3	270,2	160,6	122,8	71,1
1985	220,2	192	154	140,5	211,2	169,6	174,3	230,2	119,5
1986	160,1	149,6	280,2	178,7	233,1	236,2	233,3	272	220,7
1987	254,2	264	71,9	192,4	119,8	232	52,4	197,4	150
1988	191,1	170	85,8	215,3	172,9	123,7	77,6	71,2	198,6
1989	146,8	104,8	53,1	174,1	138,6	66,7	145,5	94,4	168,2
1990	292,5	247,3	113,2	172	237,1	104,5	133,6	170,1	236,5
1991	119,5	158,1	131,9	122,3	203,2	162,8	132	134,2	141,6
1992	221,3	65	127,6	175,1	-	130	156,9	87,6	78,4
1993	166,7	79,7	129,3	173,5	-	163,4	106,8	48,6	128,9
1994	110,5	182,9	187,8	182,1	-	130,5	176,1	119,5	134,6
1995	92	66	132,6	124,5	-	152,9	145	64,8	121,6
1996	234,6	128,1	99,6	170,3	-	211,9	138,2	228,5	107,2
1997	141,8	153,2	174,1	79,7	-	177,2	166,1	90,4	110,2
1998	121,8	143,8	166,2	207,6	-	165,1	185,2	63,6	141,5
1999	70,4	91,4	96,2	151,8	-	133,9	128,8	89,5	160,8
2000	277,5	232,3	93	170,5	-	174,1	211,1	179,6	108,5
2001	129	226,1	88,3	155,1	-	177,1	64,3	162,4	214,2
2002	125,3	123,6	114,1	101,1	-	149,2	63,4	178,6	91
2003	152,9	173,2	104,1	131,3	-	109,9	104,1	96,5	104,1
2004	-	-	-	58,8	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	60,1	-	-	-	-	-

EK H

Tablo H.1: Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(AKSARAY, 02/07/1987)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9834	1				
3	0,9393	0,9702	1			
4	0,3795	0,3992	0,2645	1		
5	0,8570	0,8794	0,8831	0,3022	1	
7	0,8509	0,8743	0,9036	0,1908	0,9518	1

Tablo H.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,3826	-0,2249	0,4390	-0,5043	0,5006	-0,3247
2	0,2625	-0,1487	0,2611	-0,0801	0,0153	0,9133
3	0,4643	0,0018	0,5083	0,3768	-0,5732	-0,2358
4	0,0925	-0,9102	-0,3007	0,2610	0,0042	-0,0660
5	0,6049	0,1390	-0,5941	-0,4125	-0,3024	-0,0125
7	0,4412	0,2818	-0,1932	0,5992	0,5737	0,0172

Tablo H.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	
Pc1	3846,00	*86,9%*	**pc1+pc2+pc3**
Pc2	310,00	*7,0%*	**98,3%**
Pc3	192,00	*4,3%*	
Pc4	43,00	1,0%	
Pc5	32,00	0,7%	
Pc6	2,00	0,0%	
	4425,00		

EK I

Tablo I.1: Landsat ETM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(AKSARAY, 22/05/2001)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9873	1				
3	0,9669	0,9837	1			
4	0,5538	0,5799	0,5042	1		
5	0,9019	0,9211	0,9250	0,4931	1	
7	0,8911	0,9093	0,9353	0,3933	0,9688	1

Tablo I.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,2995	-0,2843	0,1773	-0,4636	0,5666	-0,5120
2	0,3673	-0,3266	0,1382	-0,2310	0,1464	0,8152
3	0,5582	-0,2481	0,4490	0,3338	-0,5053	-0,2417
4	0,1003	-0,6098	-0,6897	0,3600	0,0755	-0,0841
5	0,4712	0,3245	-0,5139	-0,4993	-0,3936	-0,0659
7	0,4813	0,5233	-0,0896	0,4913	0,4915	0,0589

Tablo I.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
Pc1	4401,00	*93,0%*	
Pc2	181,00	*3,8%*	**99,0%**
Pc3	105,00	*2,2%*	
Pc4	27,00	0,6%	
Pc5	15,00	0,3%	
Pc6	3,00	0,1%	
	4732,00		

EK J

Tablo J.1: Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(CİHANBEYLİ, 02/07/1987)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9792	1				
3	0,9208	0,9696	1			
4	0,6370	0,7005	0,6884	1		
5	0,8675	0,8866	0,8967	0,5590	1	
7	0,8837	0,9013	0,9039	0,4842	0,9625	1

Tablo J.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,4561	0,3140	-0,6024	0,4706	-0,0940	0,3165
2	0,2915	0,2267	-0,1783	-0,0431	0,0328	-0,9105
3	0,4436	0,2540	0,0196	-0,7825	-0,2716	0,2287
4	0,1669	0,6363	0,6363	0,2326	0,3172	0,0876
5	0,5535	-0,4770	0,4407	0,3000	-0,4227	-0,0573
7	0,4195	-0,3913	-0,0765	-0,1427	0,7982	0,0874

Tablo J.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
Pc1	3700,00	*90,0%*	
Pc2	227,00	*5,5%*	**98,2%**
Pc3	111,00	*2,7%*	
Pc4	53,00	1,3%	
Pc5	20,00	0,5%	
Pc6	2,00	0,0%	
	4113,00		

EK K

Tablo K.1: Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(CİHANBEYLİ, 16/05/2005)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9653	1				
3	0,9535	0,9654	1			
4	0,1834	0,2086	0,1392	1		
5	0,8829	0,9045	0,9205	0,1884	1	
7	0,8763	0,8951	0,9312	0,0405	0,9691	1

Tablo K.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,3837	0,0523	-0,6099	-0,5491	0,3385	-0,2488
2	0,2550	0,0502	-0,3033	-0,0051	-0,1929	0,8962
3	0,4162	-0,0296	-0,3963	0,6372	-0,3911	-0,3314
4	0,0531	0,9748	0,0759	0,1409	0,1457	-0,0119
5	0,6392	0,0323	0,5469	-0,3609	-0,3922	-0,0851
7	0,4507	-0,2065	0,2724	0,3772	0,7212	0,1328

Tablo K.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
Pc1	3086,00	*86,8%*	
Pc2	303,00	*8,5%*	**98,8%**
Pc3	122,00	*3,4%*	
Pc4	23,00	0,6%	
Pc5	13,00	0,4%	
Pc6	7,00	0,2%	
	3554,00		

EK L

Tablo L.1: Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(KONYA, 02/07/1987)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9576	1				
3	0,8965	0,9731	1			
4	0,6367	0,7148	0,6903	1		
5	0,7827	0,8408	0,8780	0,6935	1	
7	0,7983	0,8587	0,9041	0,6057	0,9604	1

Tablo L.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,4477	-0,6436	0,1655	0,5444	-0,0721	-0,2375
2	0,2986	-0,2819	0,0023	-0,1810	0,0762	0,8904
3	0,4479	-0,1832	0,0822	-0,7430	0,2492	-0,3808
4	0,2365	-0,0254	-0,9452	0,0060	-0,2138	-0,0654
5	0,5544	0,6033	0,0164	0,3282	0,4687	0,0316
7	0,3828	0,3289	0,2686	-0,1053	-0,8133	0,0233

Tablo L.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
Pc1	4081,00	*86,9%*	
Pc2	307,00	*6,5%*	**97,9%**
Pc3	208,00	*4,4%*	
Pc4	75,00	1,6%	
Pc5	21,00	0,4%	
Pc6	3,00	0,1%	
	4695,00		

EK M

Tablo M.1: Landsat ETM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(KONYA, 10/05/2000)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9693	1				
3	0,8746	0,9521	1			
4	0,6427	0,7073	0,6821	1		
5	0,7615	0,8410	0,8931	0,7017	1	
7	0,8138	0,8740	0,9024	0,5912	0,9454	1

Tablo M.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,3475	-0,5600	0,1396	0,4887	-0,2540	0,4928
2	0,3952	-0,4143	0,0151	0,0668	0,0059	-0,8169
3	0,5191	-0,1508	0,0266	-0,7980	0,0323	0,2631
4	0,1701	-0,0658	-0,8779	0,1478	0,4014	0,1144
5	0,4738	0,5850	-0,2116	0,1451	-0,6028	-0,0639
7	0,4475	0,3813	0,4051	0,2775	0,6402	0,0579

Tablo M.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
pc1	5711,00	*89,1%*	
pc2	355,00	*5,5%*	**97,6%**
pc3	187,00	*2,9%*	
pc4	112,00	1,7%	
pc5	38,00	0,6%	
pc6	7,00	0,1%	
	6410,00		

EK N

Tablo N.1: Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(KULU, 02/07/1987)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9721	1				
3	0,8894	0,8734	1			
4	0,3054	0,2317	0,5839	1		
5	0,6142	0,5412	0,8376	0,8373	1	
7	0,7288	0,6618	0,8963	0,7198	0,9725	1

Tablo N.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,1857	0,5448	0,3213	0,5942	0,0649	-0,4563
2	0,1141	0,4010	0,2567	0,0890	0,1826	0,8479
3	0,2937	0,3927	0,3004	-0,7854	-0,0302	-0,2272
4	0,3226	-0,5698	0,7102	0,1017	-0,2322	0,0504
5	0,7416	-0,2005	-0,3213	0,0419	0,5513	-0,0308
7	0,4607	0,1525	-0,3647	0,1004	-0,7770	0,1331

Tablo N.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
Pc1	5567,00	*87,3%*	
Pc2	614,00	*9,6%*	**99,3%**
Pc3	152,00	*2,4%*	
Pc4	26,00	0,4%	
Pc5	12,00	0,2%	
Pc6	4,00	0,1%	
	6375,00		

EK O

Tablo O.1: Landsat TM (termal olmayan) bantları arasındaki korelasyon **(KULU, 16/05/2005)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0,9527	1				
3	0,8988	0,9016	1			
4	0,0612	-0,0255	0,1418	1		
5	0,5651	0,5494	0,7918	0,5087	1	
7	0,6242	0,6252	0,8526	0,2973	0,9588	1

Tablo O.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,2416	0,3743	-0,6124	-0,3612	-0,4692	-0,2756
2	0,1463	0,2637	-0,3223	-0,0800	0,2670	0,8529
3	0,3179	0,3145	-0,2605	0,5883	0,5102	-0,3547
4	0,2268	-0,8084	-0,4933	0,2017	-0,0798	0,0685
5	0,7405	-0,1444	0,3174	-0,4889	0,2855	-0,0977
7	0,4684	0,1308	0,3304	0,4872	-0,6003	0,2377

Tablo O.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
pc1	3173,00	*75,2%*	
pc2	737,00	*17,5%*	**99,1%**
pc3	273,00	*6,5%*	
pc4	16,00	0,4%	
pc5	13,00	0,3%	
pc6	7,00	0,2%	
	4219,00		

EK P

Tablo P.1: Spot-4 XS bantları arasındaki korelasyon **(ŞEREFLİKOÇHİSAR, 17/05/1987)**

Spectral Band	1	2	3	4	5	7
1	1,0000					
2	-0,5325	1,0000				
3	-0,4099	0,9638	1,0000			

Tablo P.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen					
Spectral Band	**Pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**	**pc5**	**pc6**
1	0,3304	-0,2585	-0,3644	0,8314		
2	0,6416	-0,2921	-0,4540	-0,5448		
3	-0,4400	-0,8929	0,0498	-0,0810		
4	0,5343	-0,2247	0,8115	0,0735		

Tablo P.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
pc1	480,00	*77,7%*	
pc2	133,00	*21,5%*	**100,0%**
pc3	5,00	*0,8%*	
	618,00		

EK R

Tablo R.1: Spot-4 XS bantları arasındaki korelasyon **(ŞEREFLİKOÇHİSAR, 17/05/2005)**

Spectral Band	1	2	3	4
1	1			
2	0,9682	1		
3	-0,4869	-0,6032	1	
4	0,8742	0,9183	-0,5920	1

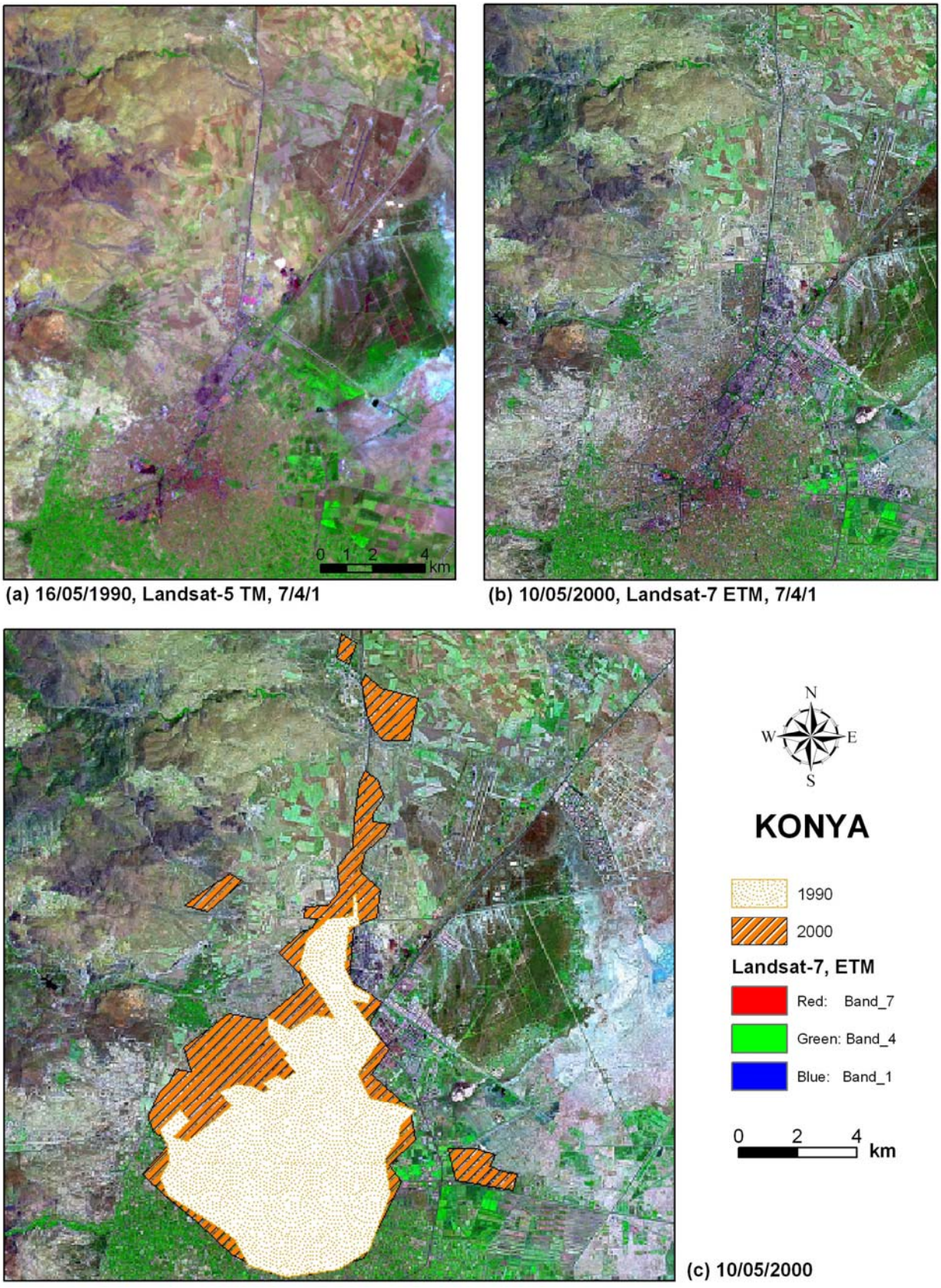
Tablo R.2: Korelasyon matrisinden türetilen özvektörler

	Ana Bileşen			
Spectral Band	**pc1**	**pc2**	**pc3**	**pc4**
1	0,3304	-0,2585	-0,3644	0,8314
2	0,6416	-0,2921	-0,4540	-0,5448
3	-0,4400	-0,8929	0,0498	-0,0810
4	0,5343	-0,2247	0,8115	0,0735

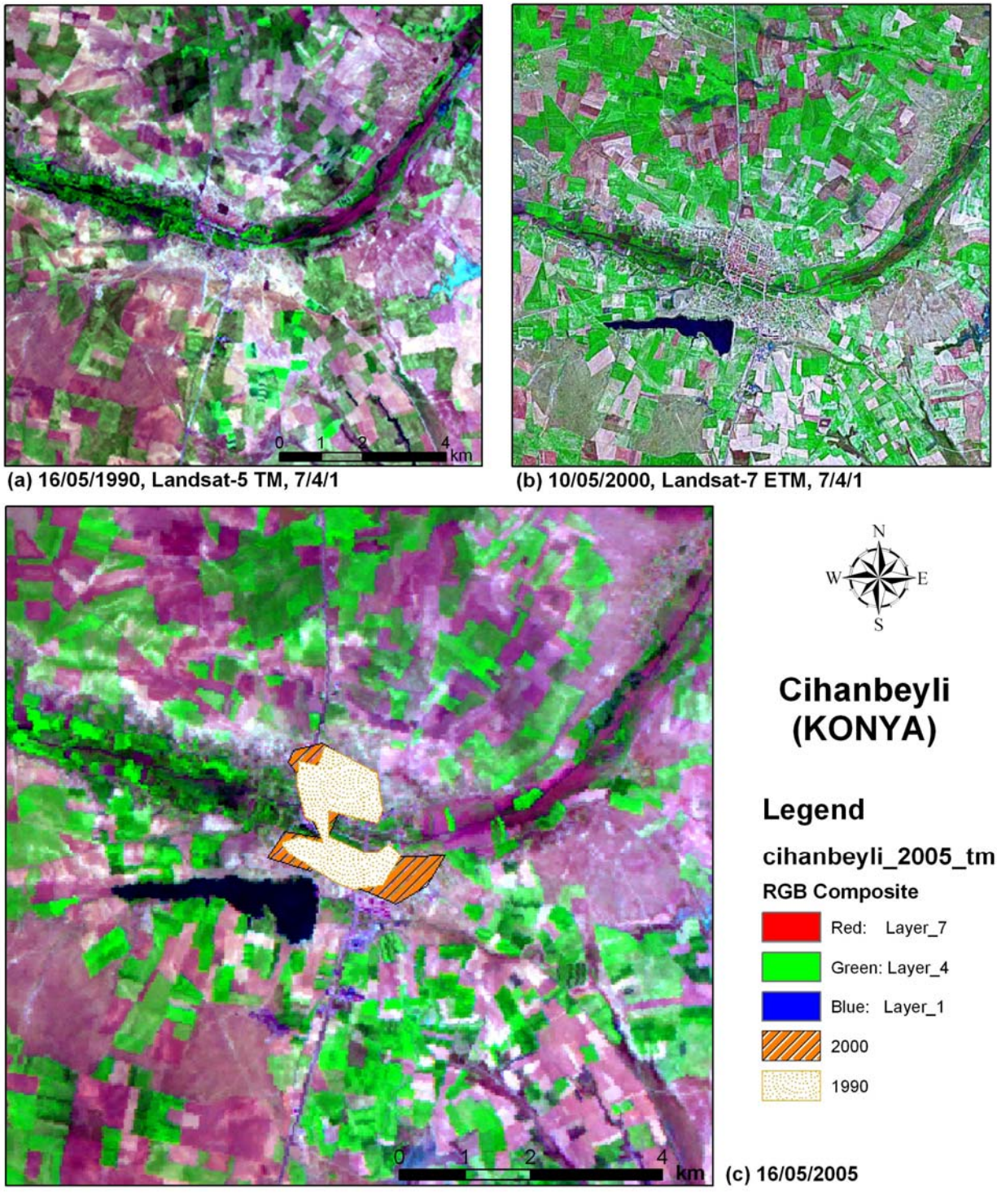
Tablo R.3: Korelasyon matrisinden türetilen özdeğer ve varyant

Ana Bileşen	Eigen Value	Varyans	pc1+pc2+pc3
pc1	1944,00	*81,5%*	
pc2	366,00	*15,3%*	**99,7%**
pc3	68,00	*2,8%*	
pc4	8,00	0,3%	
	2386,00		

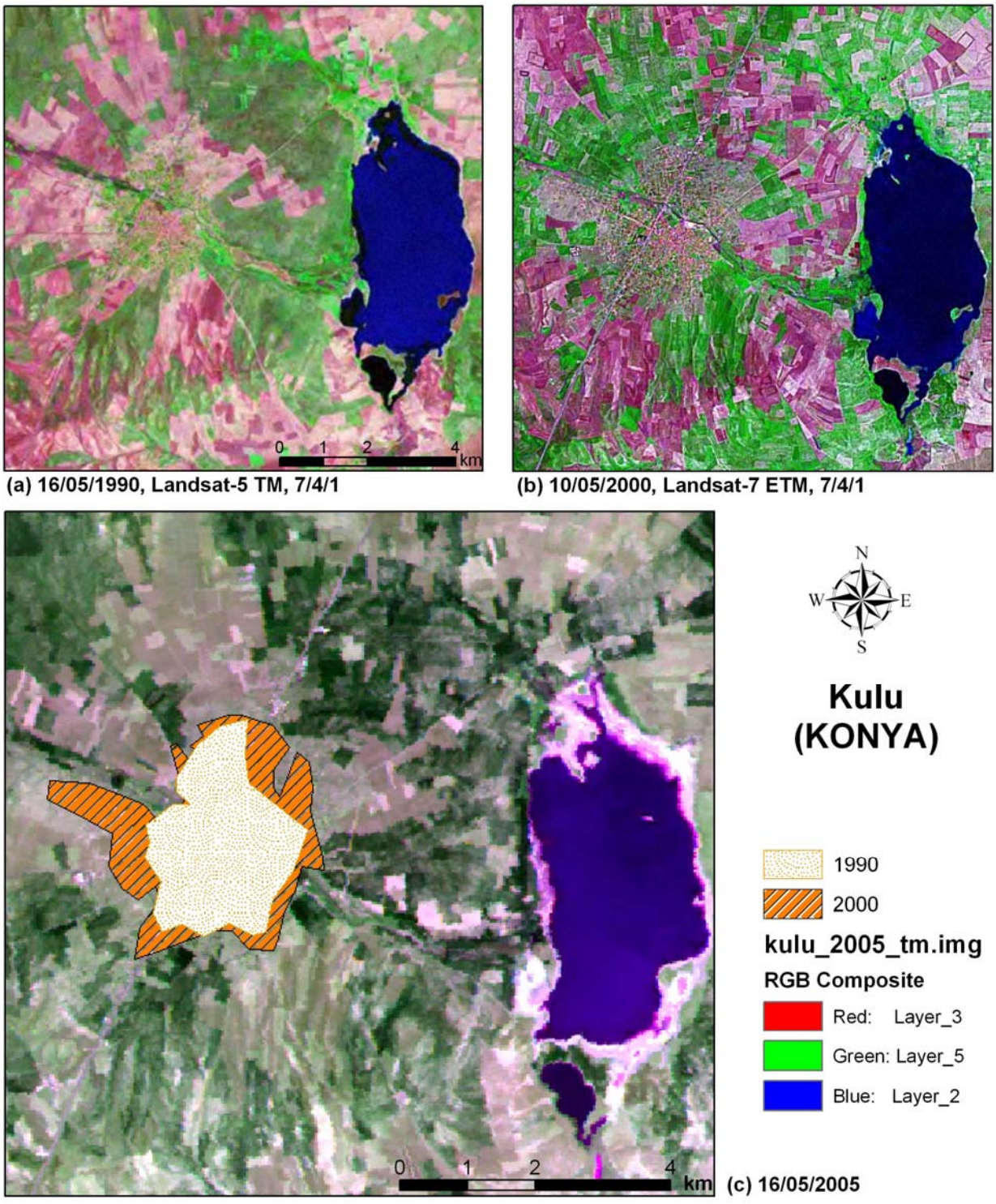
EK S



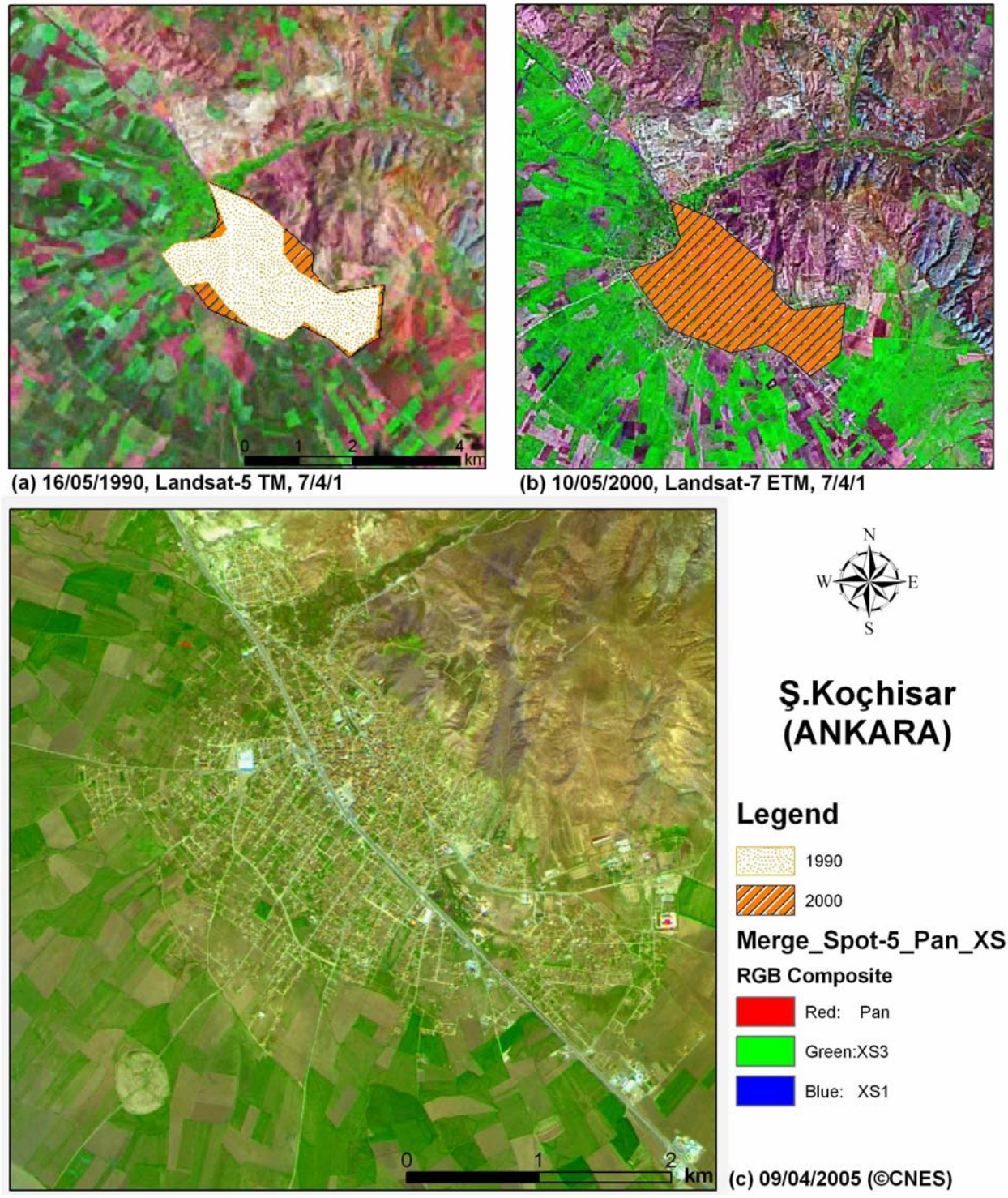
Şekil S.1: 1990-2000 yılları arasında Konya il merkezinde meydana gelen alan değişimi.



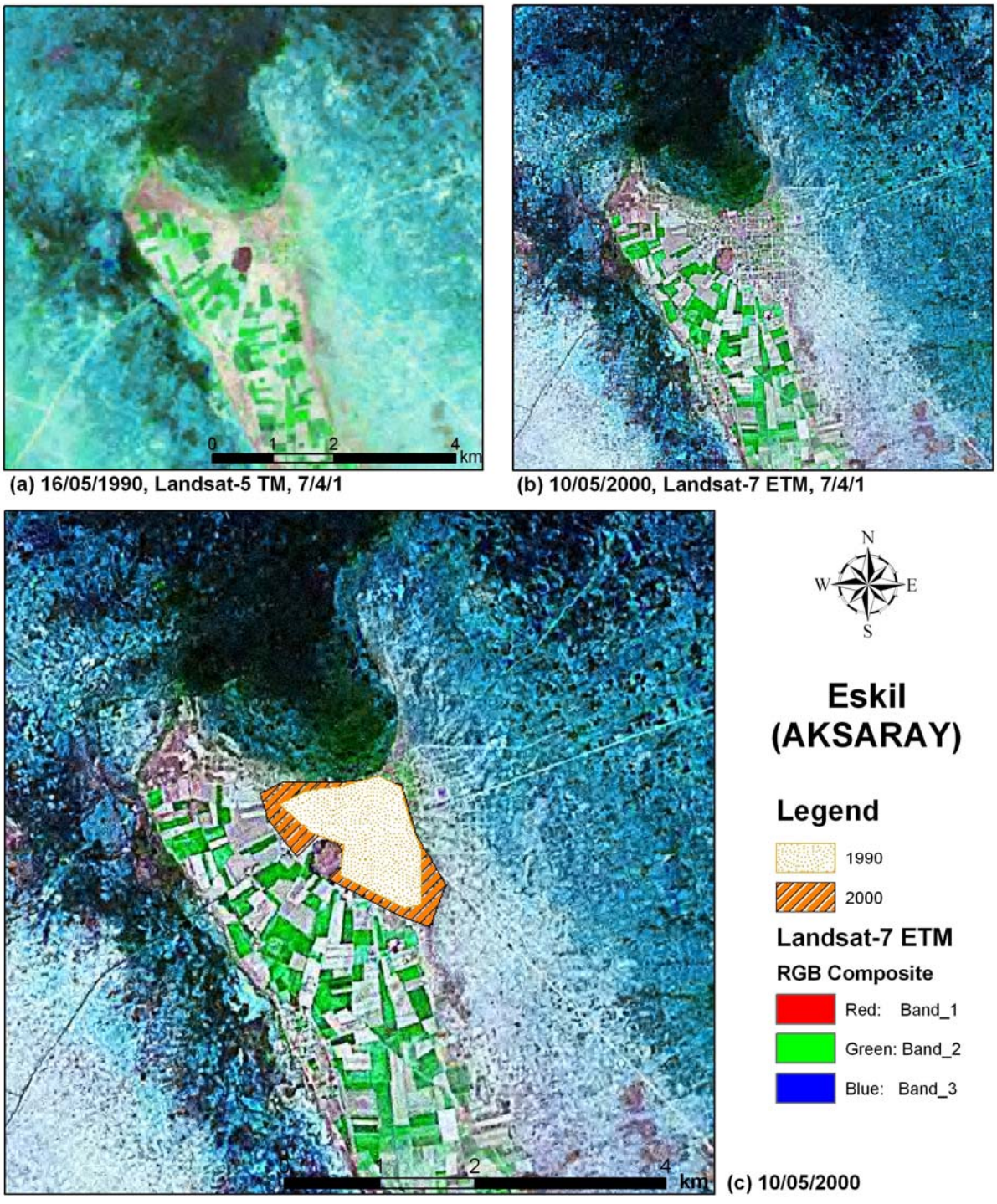
Şekil S.2: 1990-2000 yılları arasında Konya ili Cihanbeyli ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi.



Şekil S.3: 1990-2000 yılları arasında Konya ili Kulu ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi.



Şekil S.4: 1990-2000 yılları arasında Şereflikoçhisar ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi.



Şekil S.5: 1990-2000 yılları arasında Aksaray ili Eskil ilçe merkezinde meydana gelen alan değişimi.

ÖZGEÇMİŞ

Semih Ekercin, 1995 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1996 yılında Niğde Üniversitesi Aksaray Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2000 yılında İTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamladıktan sonra, aynı programda doktora çalışmalarına başladı. Ekercin, veri modelleme, uzaydan harita yapımı, coğrafi bilgi sistemleri, su kalitesi, optik uydu verileri ile zamansal değişim analizi konuları üzerine çalışmakta olup temel uzmanlık alanı, hayatını adadığı ve "Ak Güvercin" olarak isimlendirdiği, Tuz Gölü ve yakın çevresidir. Evli ve bir çocuk babasıdır.