

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MUĞLA YÖRESİNDE İŞLETİLEN DOĞALTAŞ  
POTANSİYELİNİN VE OCAKLARIN ÇEVRESEL  
ETKİLERİNİN CBS VE UZAKTAN ALGILAMA  
TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK  
ANALİZ EDİLMESİ**

**Kutan KORUYAN**

**Temmuz, 2010**

**İZMİR**

**MUĞLA YÖRESİNDE İŞLETİLEN DOĞALTAŞ  
POTANSİYELİNİN VE OCAKLARIN ÇEVRESEL  
ETKİLERİNİN CBS VE UZAKTAN ALGILAMA  
TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK  
ANALİZ EDİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Doktora Tezi**

**Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı**

**Kutan KORUYAN**

**Temmuz, 2010**

**İZMİR**

## DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**KUTAN KORUYAN** tarafından **PROF. DR. ERCÜMENT YALÇIN** ve **PROF. DR. VAHAP TECİM** yönetiminde hazırlanan “**MUĞLA YÖRESİNDE İŞLETİLEN DOĞAL TAŞ POTANSİYELİNİN VE OCAKLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN CBS VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK ANALİZ EDİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

---

Yönetici

Prof. Dr. Halil KÖSE

Yard. Doç. Dr. Ömür SAYGIN

---

Tez İzleme Komitesi Üyesi

---

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Ali KAHRİMAN

Yard. Doç Dr. Ahmet H. DELİORMANLI

---

Jüri Üyesi

---

Jüri Üyesi

---

Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında bana verdikleri destek, yönlendirme, değerlendirme ve önerilerinden dolayı tez danışmanlarım Prof. Dr. Ercüment Yalçın ve Prof. Dr. Vahap Tecim'e öncelikle teşekkür ederim.

Ayrıca, tezin birçok aşamasında fikir ve bilgilerini benimle paylaşan Yard. Doç Dr. Ahmet Hamdi Deliormanlı'ya...

Çalışmalarında teşviklerinden dolayı Prof. Dr. Halil Köse'ye...

Hazırlık aşamasında yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Dr. Cem Kınca'ya...

Laboratuvar deneyleri aşamasında bana destek olan Araş. Gör. Mehmet Volkan Özdoğan'a ve Maden Müh. Mustafa Emre Yetkin'e...

Muğla yöresi mermerleri konusundaki tecrübelerini paylaşan Doç. Dr. Zeki Karaca'ya...

Uzaktan Algılama konusunda yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Dr. Hüsnü Eronat'a...

...ve bana her zaman destek olup, hayatım boyunca yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez, Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırmalar Şube Müdürlüğü tarafından 2007.KB.FEN.037 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

Kutan KORUYAN

# MUĞLA YÖRESİNDE İŞLETİLEN DOĞALTAŞ POTANSİYELİNİN VE OCAKLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN CBS VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK ANALİZ EDİLMESİ

## ÖZ

Türkiye’de mermer madenciliği antik çağlardan bu yana süregelen bir faaliyettir. Özellikle Türkiye’nin batısında bulunan Muğla yöresi ise ülkenin mermer üretiminde önemli bir role sahiptir.

Muğla mermerlerinin öneminin yanında, madencilik faaliyetlerinden dolayı oluşan bitki örtüsündeki değişimlerin araştırılması günümüzde çevreye verilen önemin artması ile beraber araştırılması gereken bir konu olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, saha çalışmalarında yerinde alınan doğal taş numuneleri ile yapılan laboratuvar deneylerinden elde edilen verilerle sınıflandırılmış bir envanter ortaya konmuştur.

Bunun yanında, bu tezde mermer ocaklarının alansal olarak ve bitki örtüsündeki yıllara bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Araştırma için, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri ocakların çevreye olan etkilerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Ocakların konumlarının belirlenmesi için MİGEM’den (Maden İşleri Genel Müdürlüğü) alınan maden ruhsat koordinatları ve araştırma için 2003 – 2007 yılları arası çekilen uydu görüntüleri bu çalışmanın veri kaynağını oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, Mermer, Muğla, Bitki Örtüsü

# **ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF NATURAL STONE PRODUCED IN THE MUGLA REGION AND THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF QUARRIES USING GIS AND REMOTE SENSING TECHNOLOGIES**

## **ABSTRACT**

Marble quarrying is an ongoing activity in Turkey since ancient times. Mugla region in western Turkey plays an especially important role in the nation's marble production.

Besides the significance of Mugla marbles, research about the changes to vegetation incurred by quarrying practices becomes a subject needing to be studied alongside the contemporary increase of environmental awareness.

In this study, an inventory of natural stones classified by the data gathered from laboratory experiments conducted with samples taken during field work is established.

In addition, this thesis examines the areal changes of marble quarries as well as the consequential changes in vegetation over the years. For research, Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) technologies were used to determine the environmental impacts of the quarries. Mine permit coordinates obtained from MIGEM (General Directorate of Mining Affairs) were used to locate the quarries, and satellite images taken between 1997 and 2009 provide the data source of this project.

**Keywords:** Geographic Information Systems, Remote Sensing, Marble, Mugla, Vegetation

## İÇİNDEKİLER

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....   | ii           |
| TEŞEKKÜR .....   | iii          |
| ÖZ .....   | iv           |
| ABSTRACT .....   | v            |
| <br>   |              |
| <b>BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....</b>   | <b>1</b>     |
| <br>   |              |
| <b>BÖLÜM İKİ – COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ.....</b>                               | <b>3</b>     |
| <br>   |              |
| 2.1 Giriş .....  | 3            |
| 2.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi .....                        | 4            |
| 2.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri.....                                      | 7            |
| 2.3.1 Vektör Veri .....  | 8            |
| 2.3.2 Raster Veri.....   | 8            |
| 2.3.3 Öznitelik Verileri .....   | 9            |
| 2.4 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Fonksiyonları Ve Konuma Bağlı Analizler ..... | 10           |
| 2.4.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Analizler .....                              | 11           |
| 2.4.1.1 Sayısal Arazi Analizi .....  | 12           |
| 2.4.1.2 Ölçme ve Geometrik Hesaplar .....                                      | 13           |
| 2.4.1.3 İstatistiksel Analiz .....   | 13           |
| 2.5 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Uygulama Alanları.....                         | 14           |
| <br>   |              |
| <b>BÖLÜM ÜÇ – UZAKTAN ALGILAMA.....</b>  | <b>16</b>    |
| <br>   |              |
| 3.1 Giriş .....  | 16           |
| 3.2 Uzaktan Algılamanın Tarihsel Gelişimi .....                                | 16           |
| 3.3 Uzaktan Algılamada Verinin Kazanılma Süreci .....                          | 19           |
| 3.4 Elektromanyetik Enerji ve Uzaktan Algılama .....                           | 20           |
| 3.5 Uzaktan Algılamayı Etkileyen Faktörler .....                               | 23           |
| 3.6 Uzaktan Algılamada Görüntünün Esasları.....                                | 27           |

|  |    |
|--|----|
| 3.6.1 Piksel Kavramı.....                                | 27 |
| 3.6.2 Tarama Genişliği.....                              | 28 |
| 3.6.3 Bantlar .....                                      | 28 |
| 3.6.4 Çözünürlük .....                                   | 30 |
| 3.7 Uzaktan Algılama Sistemleri .....                    | 31 |
| 3.7.1 Landsat Sistemi.....                               | 32 |
| 3.7.2 Aster Sistemi.....                                 | 33 |
| 3.8 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme ve Analizler ..... | 35 |
| 3.8.1 Ön İşlem .....                                     | 36 |
| 3.8.2 Görüntü İyileştirme .....                          | 39 |
| 3.8.3 Görüntü Dönüşümleri.....                           | 41 |
| 3.8.3.1 Aritmetik İşlemler.....                          | 41 |
| 3.8.4 Görüntü Sınıflandırma Ve Analizi.....              | 49 |

## **BÖLÜM DÖRT – MADENCİLİKTE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA UYGULAMALARI.....52**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Giriş .....   | 52 |
| 4.2 Kanada Manitoba Bölgesi Maden Aramaları İçin Kullanılan İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri.....  | 53 |
| 4.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Jeoloji Ve Maden Haritalarının Hazırlanması: Etiyopya Örneği .....   | 54 |
| 4.4 Potansiyel Altın Ve Baz Metal Mineralizasyonunun Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri: Takab, İran Örneği .....                             | 56 |
| 4.5 Orta Apalaş Dağları'ndaki Açık Ocak Madenciliği Ve Rekültivasyon Alanlarındaki Değişimin Landsat Zaman Serileri Kullanılarak Tespit Edilmesi ..   | 57 |
| 4.6 Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Terk Edilmiş Yeraltı Kömür Ocakları Nedeniyle Oluşabilecek Yüzey Sübsidansı Riskinin Değerlendirilmesi..... | 59 |
| 4.7 Kömür Yanmalarının Tanımlanmasında Kullanılan Uzaktan Algılama Uygulaması: Hindistan Raniganj Bölgesi.....  | 60 |



**BÖLÜM BEŞ – MUĞLA YÖRESİ MERMERCİLİĞİ .....63**

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 5.1 Giriş .....                 | 63 |
| 5.2 Muğla’da Mermercilik.....   | 65 |
| 5.3 Muğla Mermer Jeolojisi..... | 67 |

**BÖLÜM ALTI - MUĞLA YÖRESİ DOĞAL TAŞLARINA YÖNELİK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ .....69**

|  |    |
|--|----|
| 6.1 Çalışmanın Kapsamı.....  | 69 |
| 6.2 Muğla’da İşletilen Mermer Ocakları Konumlarının Tespiti .....                              | 69 |
| 6.3 Muğla Yöresi Mermerlerinin Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ..... | 71 |
| 6.4 Muğla Yöresi Mermerleri Coğrafi Sorgu ve Analizleri .....                                  | 74 |

**BÖLÜM YEDİ - MUĞLA YÖRESİ DOĞAL TAŞ OCAKLARI VE BU OCAKLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA İLE DEĞERLENDİRİLMESİ.....87**

|  |     |
|--|-----|
| 7.1 Giriş .....  | 87  |
| 7.2 Metodoloji.....  | 89  |
| 7.2.1 Verinin Seçimi, Girişi Ve Düzenlenmesi .....   | 90  |
| 7.2.2 Çalışma Alanının Belirlenmesi ve Görüntü İşlemleri .....   | 92  |
| 7.2.3 Görüntü Düzeltme Ve İyileştirme.....   | 94  |
| 7.2.4 Bitki Örtüsünün Belirlenmesi .....   | 97  |
| 7.2.5 Mermer Ocakları Üzerine Çalışmalar .....   | 100 |
| 7.2.6 Mermer ocak işletmeciliğinden dolayı oluşan bitki örtüsündeki değişimin hesaplanması .....             | 106 |
| 7.3 Muğla Yöresine Yönelik Diğer Uzaktan Algılama Çalışmaları .....  | 114 |
| 7.3.1 Bitki Örtüsü Üzerine Çalışmalar.....   | 114 |
| 7.3.2 Muğla Yöresi İçin Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak Bazı Bant Oranlarının Karşılaştırılması ..... | 116 |

**BÖLÜM SEKİZ – SONUÇ VE ÖNERİLER.....123**

**KAYNAKLAR.....136**

**EKLER.....146**

EK-1: Muğla Yöresi Doğal Taşları Denev Sonuçları ..... 146

EK-2: Görüntü İşleme Analizleri ..... 151

EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar ..... 168

EK-4: Bant Kombinasyonu ve Oranlamaları..... 176

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

İnsanlık tarihi kadar eski olan madencilik, diğer sektörlerle nazaran yüksek oranda emek ve sermaye kullanılması gereksinimini taşımaktadır. Bunun yanında, çevresel baskılar günümüz madencilik faaliyetlerini kısıtlamakta ve bu durum ek maliyetlerin projelere dahil edilmesini zorunlu kılmaktadır.

Türkiye maden çeşitliliği bakımından zengin bir ülke olup, son yıllarda maden ihracatında en yüksek paya sahip olan doğal taşlar ülke ekonomisine büyük katkılar sağlamaktadır. Özellikle Anadolu'nun batı bölgesindeki doğal taş potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda Türkiye geneline oranla %51'lik rezerv miktarı ile ayrı bir değer taşımaktadır. Muğla; desen, çeşitlilik ve renk bakımından önemli bir yere sahip olan mermerleriyle ise doğal taş üretiminde söz sahibi şehirlerden biridir.

Muğla'da mermercilik faaliyetleri eski çağlara kadar dayanmakta, 1980'li yıllardan sonra ise yoğunlaşarak günümüzdeki halini almıştır. Mermercilik faaliyetlerindeki bu yoğunlaşma, mevcut sahalardaki üretim miktarlarının artması yanında, yeni mermer sahalarının üretime açılması şeklinde gerçekleşmiştir. Maden İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2008 yılı rakamları ile Muğla'da yüzün üstünde ruhsatlı mermer sahası bulunmaktadır.

Bununla birlikte, Muğla yöresi doğal kaynaklar, turizm ve tarihi zenginlikleri bakımından da Türkiye'nin önemli merkezlerinden biri olup, yüzölçümünün yaklaşık %70'ini kaplayan ormanları ile ayrı bir değer taşımaktadır. Ekonomik olarak önem taşıyan mermerciliğin yanında Muğla yöresinin doğal zenginlikleri arasında bir tercih yapılması hiçbir zaman tek bir seçenek olarak ele alınması zorunluluğunda değildir. Önemli olan ülkenin ekonomik ve doğal zenginliğinin bir arada ülke yararına değerlendirilebilmesidir.

Bu bakış açısı ile Muğla'daki mermer üretiminin Türkiye mermer sektöründeki önemiyle birlikte, bölgenin orman zenginliğinin bir arada değerlendirilmesi bu tezin

ana çıkış noktasını oluşturmuştur. Dünyada ve Türkiye’de son yıllarda artan çevre duyarlılığı, bilimsel temele ve kanıta dayanmadan madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerinin olumsuzluğu önyargılarını da beraberinde getirmekte, doğal çevreyi etkilemeden madencilik faaliyetlerinin sürdürülebilmesi, her şeyden önce madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerinin çeşitli bilimsel yöntem ve metotlarla analiz edilerek sonuçlarının ortaya konmasına bağlı olmaktadır.

Mermer sahalarındaki madencilik faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerinin araştırılmasının yanında Muğla’nın doğal taş potansiyeli üzerine yapılmış bu çalışmada bilgisayar teknolojilerinin kullanımı önem arz etmektedir. İki farklı araştırma konusu bulunan bu tezde, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinden yararlanılarak Muğla’daki mermer ocaklarının çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik olarak ocakların bitki örtüsüne olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca, saha çalışmaları esnasında yerinde alınan doğal taş numuneleri ile yapılan laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen verilerle Muğla yöresi doğal taşlarına yönelik sınıflandırılmış bir envanter ortaya konmuştur.

Bu tezin amacı; madencilik çalışmalarının bitki örtüsüne olan etkileri temel alınarak madencilik öncesi ve sonrası çevresel planlamalara katkı ve uygulanan yöntemin Türkiye’deki tüm maden işletmelerine yönelik çevresel etkilerin araştırılması ve rekültivasyon çalışmalarına fayda sağlamasıdır.

Bunun yanında; Muğla’daki doğal taş potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak oluşturulan ve birçok taşın özelliğini barındıran akıllı haritalarla birlikte irdelenmesi, örnekler verilerek açıklanan coğrafi sorgu ve analizler ile beraber, bu yapının Türkiye maden envanterinin geliştirilmesine katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## **BÖLÜM İKİ**

### **COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ**

#### **2.1 Giriş**

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); Konecny (2003, s. 183) tarafından genel bir tanımla “konumsal olan sayısal veriyi girme, kullanma, depolama ve çıktı olarak almaya yarayan bir bilgisayar sistemi”, geniş bir tanımlama ile ise “doğal ve sosyoekonomik çevrenin planlanması, yönetilmesi ve görüntülenmesi amacı ile konumsal verinin kazanılması, yönetilmesi, analiz edilmesi ve gösterilmesini sağlayan sayısal bir sistem” olarak tanımlanmıştır.

Yomralıoğlu (2002, s. 48) CBS’yi, “bilgi teknolojisine dayalı bir veri toplama, işleme ve sunma aracı olarak; veya yoğun ve karmaşık konum bilgilerinin etkin bir şekilde denetlenebildiği bir yönetim tarzı; veya coğrafi verilerin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistem ya da bunların bir bütünü” olarak tanımlamıştır.

Genel bir tanımla ile ise CBS, “coğrafi içeriği olan problemleri çözmeye yardımcı olan bir sistemdir” (Tecim, 2008, s. 53).

CBS, bilgisayar donanım ve yazılımları ile beraber kullanılmaktadır. Belirli bir hedef konularak amaca ulaşmak ve problemleri çözmek CBS’de ana amaçtır. Veri, CBS’nin en önemli bileşeni, kullanıcı olarak insanlar ise CBS’nin diğer bir bileşenini oluşturmaktadır.

Yerküre üzerinde bulunan her varlığın –hareketli olsun, olmasın– bir konumu bulunmakta ve bu varlıklar harita üzerinde gösterilebilmektedir. Ayrıca yine yerküre üzerindeki varlıklar hakkında kendine özgü bilgiler de bulunmaktadır. O halde bu varlıklar CBS ile ilişkilendirilebilmektedir.

Bir (veya birçok) varlığa ait veriden yeni bilgiler elde etmek ve bu bilgileri kullanıp problemlere yönelik varılmak istenen sonuçlara ulaşmak için bilgi sistemleri kullanılmaktadır. Harmon ve Anderson (2003, s. 3) bilgi sistemlerini; “organizasyonlarda yer alan insanların görevlerini yapmak ve sorulara cevap aramak” için ortaya çıktığını belirtmiştir. Yeni bilgiler elde etmeyi coğrafi bir tabanda yapıyor olmak ise bilgiye yeni bir değer kazandırmakta ve CBS’yi önemli bir ihtiyaç haline getirmektedir.

Elli yıla yakın bir süredir birçok çalışma alanında kullanılan CBS, çok disiplinli yapısıyla uygulama alanlarını attırılmış ve günümüzdeki halini almıştır. Bu çok disiplinli yapı farklı disiplinlerden araştırmacıları CBS çatısı altında toplamıştır.

CBS’nin; doğru karar verme, ekonomiklik olarak tasarruf, zamandan ve insan gücünde kazanç gibi avantajları bulunmaktadır.

## **2.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi**

CBS’nin tarihsel olarak gelişimi bazı grupların, şirketlerin ve bireysel çabaların sonucunda gerçekleştirilmiştir. “İlk gerçek CBS 1960’ların ortalarında Kanada Ülke Envanteri’nin (Canadian Land Inventory) oluşturulması ile ortaya çıkmıştır.... Kanada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CGIS) bilgisayar yardımlı harita ölçü sistemi olarak tasarlanmıştır” (Longley, Goodchild, Maguire ve Rhind, 2005, s. 16). Geçen yaklaşık elli yılda gelişerek ilerleyen teknolojiyle doğru orantılı olarak CBS de gelişim göstermiştir. CBS’nin “1980’lerden itibaren kurumsallaşmaya başlaması, şu anda dünyada geldiği durumu göz önüne alınca oldukça hızlı ve önemli bir mesafe kat ettiği ortaya çıkmaktadır” (Tecim, 2008, s. 57).

CBS’nin önemi; teknolojik, ticari ve bilimsel anlamda gelişiminin kronolojik sırayla verilmesi ile daha iyi irdelenebilmektedir. CBS’nin tarihsel gelişimindeki önemli olaylar; Tablo 2.1’de Yenilikler, Tablo 2.2’de Ticarileşme ve Tablo 2.3’de Başarı Dönemleri olmak üzere üç ayrı kısımda verilmektedir.

Tablo 2.1 CBS'nin tarihsel gelişimi: Yenilikler dönemi (Longley ve diğer., 2005, s. 19; Tecim, 2008, s. 58; Geographic information system, b.t.).

| Tarih | Olay   |
|-------|--|
| 1957  | <u>Bilinen ilk otomatikleştirilmiş harita oluşturuldu:</u> İsveçli meteoroloji uzmanları ve İngiliz biyologlar.  |
| 1963  | <u>CGIS gelişimi başlatıldı:</u> Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi (CGIS) Roger Tomlinson ve meslektaşları tarafından Kanada için geliştirildi.   |
| 1963  | <u>URISA kuruldu:</u> Birleşik Devletler'de Kentsel ve Bölgesel Bilgi Sistemleri Kurumu (The Urban and Regional Information Systems Association) kuruldu.  |
| 1964  | <u>Havard Lab. Kuruldu:</u> Harvard Laboratuvarı Bilgisayar Grafik ve Konumsal Analizleri (Computer Graphics and Spatial Analysis) için Harvard Üniversitesi'ndeki Howard Fisher'ın yönetiminde kuruldu. 1966'da ilk raster CBS olan SYMAP Harvard araştırmacıları tarafından oluşturuldu.                               |
| 1967  | <u>DIME geliştirildi:</u> 1970 nüfus sayımı için Birleşik Devletler Nüfus Sayımı Dairesi (The US Bureau of Census) tarafından DIME-GBF (İkili Bağımsız harita kodlaması – Coğrafi veritabanı dosyaları, Dual Independent Map Encoding – Geographic Database Files) veri yapısı ve sokak adresi veri tabanı geliştirildi. |
| 1967  | <u>Birleşik Krallık Deneysel Kartografi Birimi Kuruldu (ECU):</u> Bilgisayarlı kartografi ve CBS alanlarına öncülük etti.  |
| 1969  | <u>ESRI Inc. Kuruldu:</u> Harvard Laboratuvarı'nda bir öğrenci olan Jack Dangermond ve eşi Laura projeleri CBS'de üstlenmek için ESRI'yi kurdu.  |
| 1969  | <u>Intergraph Corp. Kuruldu:</u> Saturn roketlerine yardımcı olarak çalışan Jim Meadlock ve dört arkadaşı daha sonradan adı Intergraph olacak M&S Computing'i kurdu.   |
| 1969  | <u>"Design With Nature" yayımlandı:</u> Ian McHarg'ın kitabı üst üste koyma da dahil modern CBS analizlerindeki birçok kavramı ilk defa tanımladı.   |
| 1969  | <u>İlk Teknik CBS Kitabı:</u> Nordbeck ve Rystedt'in kitabında konumsal analizler için geliştirdikleri algoritmalar ve yazılım ayrıntılı olarak anlatılmıştır.   |
| 1973  | <u>İlk olarak bir üretim ağının sayısallaştırılması:</u> Britanya'nın ulusal harita ajansı Ordnance Survey tarafından düzenlendi.  |
| 1974  | <u>AutoCarto 1 Konferansı:</u> Reston Virginia'da düzenlenen ilk ve önemli olan konferanslar dizisinde CBS gündemi belirlendi.   |
| 1976  | <u>GIMMS Dünya Çapında Kullanılmaya Başlandı:</u> Tom Waugh (İskoçyalı akademisyen) tarafından yazılan vektör tabanlı haritalama ve analiz sistemi dünya çapında 300 yerde çalıştırılmaya başlandı.  |
| 1977  | <u>Topolojik Veri Yapıları Konferansı:</u> Harvard Lab. önemli bir konferans organize etti ve ODYSSEY CBS'yi geliştirdi.   |

Tablo 2.2 CBS'nin tarihsel gelişimi: Ticarileşme dönemi (Longley ve diğer., 2005, s. 19; Tecim, 2008, s. 58; Geographic information system, b.t.).

| Tarih | Olay  |
|-------|---|
| 1978  | <u>ERDAS Kuruldu</u> : Uzaktan Algılama analizleri ve konumsal modelleme yapan, şu anda ERDAS Imagine ve daha birçok yazılımı içinde barındıran yazılım şirketi.  |
| 1981  | <u>ArcInfo piyasaya çıkarıldı</u> : ArcInfo ilk büyük ticari CBS yazılım sistemidir. Mini bilgisayarlar için tasarlanmış, vektörel ve ilişkisel veritabanı veri modeline dayanarak endüstri için yeni bir standart belirledi.   |
| 1984  | <u>“Basic Readings in Geographic Information Systems” yayımlandı</u> : Makalelerin bir derlemesi olan ve Duane Marble, Hugh Calkins ve Dona Peuquet tarafından ilk olarak CBS hakkındaki bilginin ulaşılabilir bir kaynak olduğunu anlatan kitap yayımlandı.  |
| 1985  | <u>GPS kullanıma hazır</u> : GPS (Global Position System); günümüzde denizcilik, ölçme ve haritacılık verileri için önemli bir kaynaktır.   |
| 1986  | <u>“Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment” yayımlandı</u> : Peter Burrough'un kitabı spesifik olarak CBS üzerine ilk kitaptır. Kısa bir sürede dünya çapında CBS öğrencilerinin başvurdukları bir kaynak olmuştur.   |
| 1986  | <u>MapInfo Corp. Kuruldu</u> : MapInfo ilk önemli masaüstü CBS yazılımı haline gelmiştir. Önceki yazılım sistemlerini tamamlayarak CBS ürünleri için yeni bir standart getirmiştir.   |
| 1987  | <u>“International Journal of Geographic Information Science” tanıtıldı</u> : Terry Coppock ve arkadaşları CBS üzerine ilk dergiyi yayımlamışlardır. İlk sayıda ABD, Kanada ve Almanya'dan makaleler bulunmaktadır.  |
| 1987  | <u>Chorley raporu</u> : “Coğrafi Bilgiyi Yönetme” (Handling Geographic Information) CBS'nin önemine dikkat çekerek Birleşik Krallık hükümetinden etkili bir rapordur.   |
| 1987  | <u>Idrisi Hayata Geçti</u> : CBS ve görüntü işleme yazılımı.  |
| 1988  | <u>GISWorld başladı</u> : GISWorld, şimdiki adıyla GeoWorld, CBS'ye özel ABD'de yayımlanmış ilk dünya çapındaki dergidir.   |
| 1988  | <u>TIGER ilan edildi</u> : DIME tarafından devam ettirilen TIGER (Topolojik olarak bütünleşmiş Coğrafi Kodlama ve Referanslama – Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing) Birleşik Devletler Nüfus Sayımı Dairesi tarafından tanımlanmıştır. Düşük maliyetli TIGER verisi Birleşik Devletler'deki ticari CBS'de hızlı bir büyümeyi teşvik etmiştir.                    |
| 1988  | <u>Birleşik Devletler ve Birleşik Krallık Araştırma Merkezleri ilan edildi</u> : İki ayrı başlangıç olan NCGIA (Ulusal Coğrafi Bilgi ve Analiz Merkezi – National Center for Geographic Information and Analysis) ve UK RRL (Birleşik Krallık Bölgesel Araştırma Laboratuvarı – United Kingdom Regional Research Laboratory) akademik olarak CBS'de önemli bir yarar olduğunu göstermiştir. |
| 1991  | <u>MapInfo Pro Piyasaya Sürüldü</u> : CBS yazılımı.   |



Tablo 2.2'nin devamı.

|      |   |
|------|---|
| 1991 | <u>Big Book 1 yayımlandı:</u> İki bölümlük ve makalelerden oluşan Geographic Information Systems; Principles and Applications; David Maguire, Mike Goodchild ve David Rhind tarafından yayına hazırlandı.   |
| 1992 | <u>DCW yayınlandı:</u> Birleşik Devletler Savunma Haritacılık Dairesi (US Defense Mapping Agency) şimdiki adıyla NIMA sponsorluğunda, 1,7 GB'lık dünya dijital haritası 1:1.000.000 ölçeğe küresel kapsamda sunulan ilk veritabanıdır.                  |
| 1994 | <u>OpenGIS Konsorsiyumu doğdu:</u> CBS satıcıları, hükümet daireleri ve kullanıcıların birlikte işlerliğinin geliştirilmesi için OpenGIS Konsorsiyumu kuruldu.  |
| 1995 | <u>İlk Tam Ulusal Harita Kapsamı:</u> Ordnance Survey ilk veritabanını tamamladı. – ülkenin tamamını kapsayan 230.000 harita en yüksek ölçeğe (1:1250, 1:2500 ve 1:10.000) kodlandı.  |
| 1996 | <u>İnternet CBS ürünleri tanıtıldı:</u> Dikkate değer birkaç şirket olan Autodesk, ESRI, Intergraph ve MapInfo yaklaşık aynı zamanda yeni nesil internet tabanlı ürünleri sundu. Böylece hızlı bir şekilde CBS'ye olan ilginin büyümesine öncülük etti. |
| 1996 | <u>MapQuest:</u> 1999'da 130 milyonun üzerinde harita üretilerek internet harita servisi başlatıldı. Daha sonra bu servisi 1,1 milyar dolara AOL (America Online) satın aldı.   |
| 1999 | <u>CBS Günü:</u> İlk CBS günü 1,2 milyonun üzerinde CBS'ye ilgisi olan küresel katılımcıyı çekti.   |

Tablo 2.3 CBS'nin tarihsel gelişimi: Başarı dönemi (Longley ve diğer., 2005, s. 19; Tecim, 2008, s. 58; Geographic information system, b.t.).

| Tarih | Olay  |
|-------|---|
| 2000  | <u>CBS 7 milyar \$'ı geçti:</u> Endüstri analizi yapan Daratech; CBS donanım, yazılım ve hizmet endüstrisinin 6,9 milyar dolar olduğunu ve bunun yılda %10'un üzerinde bir oranda arttığını açıklamıştır. |
| 2000  | <u>CBS'nin 1 milyon kullanıcısı var:</u> 2000'li yıllarda CBS'nin 1 milyonun üzerinde çekirdek kullanıcısı ve belki de 5 milyon resmi olmayan kullanıcısı bulunduğu düşünülmektedir.                      |

### 2.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri

CBS için en önemli bileşen veridir. Veriler olmadan CBS'ni kullanmak mümkün değildir. Ayrıca belirli bir çalışma için CBS projesine başlandığında en fazla zaman alan da verilerin toplanması ve işlenmesidir. Kullanıcılar verileri kendileri üretebileceği gibi dışarıdan da elde edebilirler. “Veri; birbiri ile ilişkili olguların

derlenmesinin çoğunlukla belirli bir formatta düzenlenmesi ve belirli bir amaç için toplanmasıdır” (MacDonald, 2001, s. 462).

Verilerin sağlıklı olması yapılan proje için önemlidir. Eksik veya yanlış olarak kullanılan veriler projenin tamamıyla yanlış sonuçlanmasına neden olacaktır.

CBS’de kullanılan veriler vektör, raster ve öznitelik verileri olmak üzere üç farklı yapıdadır. Ancak esas itibariyle CBS’de veriler vektör ve raster olarak sınıflandırılmaktadır. Öznitelik veriler ise CBS’de ortaya konulan nesnelere özelliklerini ortaya koyan detaylar olmaktadır.

### **2.3.1 Vektör Veri**

CBS’nin temel verilerinden biri olan vektör veriler nokta, çizgi ve poligon şeklindedir. Yomralıoğlu (2002, s. 58) vektör verileri şöyle tanımlamaktadır;

Nokta ... [t]ek bir  $(x, y)$  koordinatı ile tanımlanırken, çizgi ... [b]irbirini izleyen bir dizi  $[(x_1, y_1) (x_2, y_2) (x_3, y_3) \dots (x_n, y_n)]$  koordinat serisi şeklinde saklanır. Poligon özelliğine sahip coğrafi varlıklar, ... [k]apalı şekiller olarak, başlangıç ve bitişinde aynı koordinat olan  $[(x_1, y_1) (x_2, y_2) (x_3, y_3) \dots (x_n, y_n) (x_1, y_1)]$  dizi koordinatlar ile depolanır.... Vektörel model coğrafi varlıkların kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı bir modeldir.

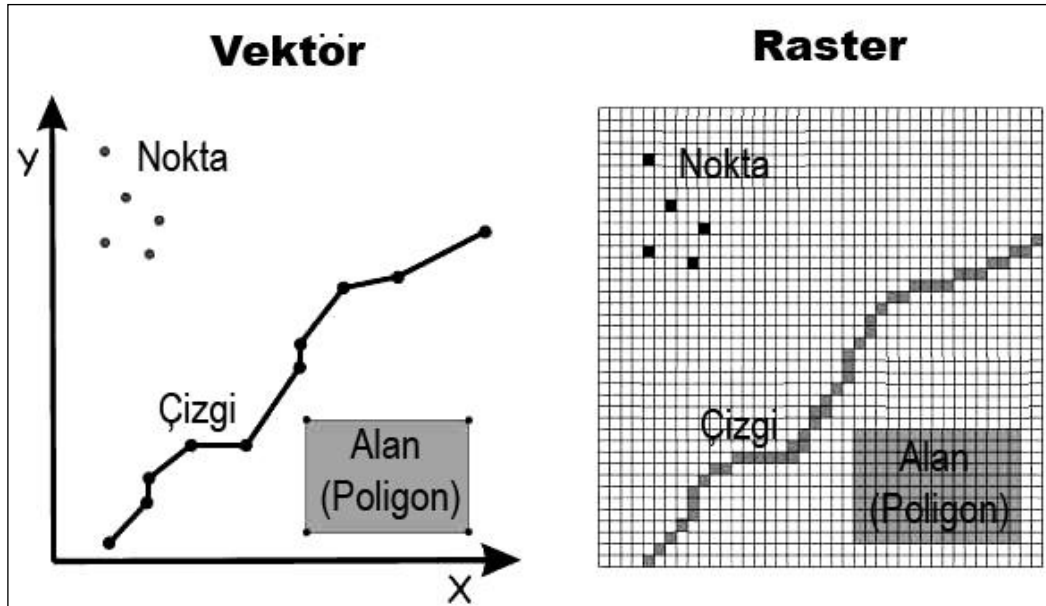
“Vektör veri yapıları (yollar, boru hatları, topografya vb.) ayrık verileri karakterize eder ve sınır ve nokta bilgisi iyi bir şekilde tanımlandığında son derece kullanışlıdır” (Galati, 2006, s. 30). Vektör verilere örnek Şekil 2.1’de verilmiştir.

### **2.3.2 Raster Veri**

Raster veri, görüntülerin ızgara (grid) olarak tanımlanan aynı boyuttaki hücrelerin bir değeri olarak bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bir başka deyişle, “Bir raster iki boyutlu hücrelerden oluşan bir matristen meydana gelmektedir” (Zeiler, 1999, s. 25).

Raster verilerde, “bir nesnenin konumu veri tarafından tutulan hücrelerin satır ve sütun konumları ile gösterilmektedir.... Uzaktan Algılama (UA) verileri buna en iyi örnektir” (Gupta, 2003, s. 399).

Raster modeli gerçek dünyayı temsil eder.... Gerçek dünya nokta, çizgi veya poligon kümeleri ile modellenmemiş fakat tamamen düzenli hücreleri (çoğunlukla kare biçiminde) kapsar. Bir nokta bir hücre içinde, bir çizgi birbiri ile bağlantılı aynı özellikteki hücrelerin kümelenmesi ile ve bir poligon veya alan ise birbiri ile bağlantılı hücrelerin yine o hücrelerle bağlanmasıyla oluşur (Harmon ve Anderson, 2003, s.75) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Vektör ve raster veri yapılarının grafiksek olarak gösterimi.

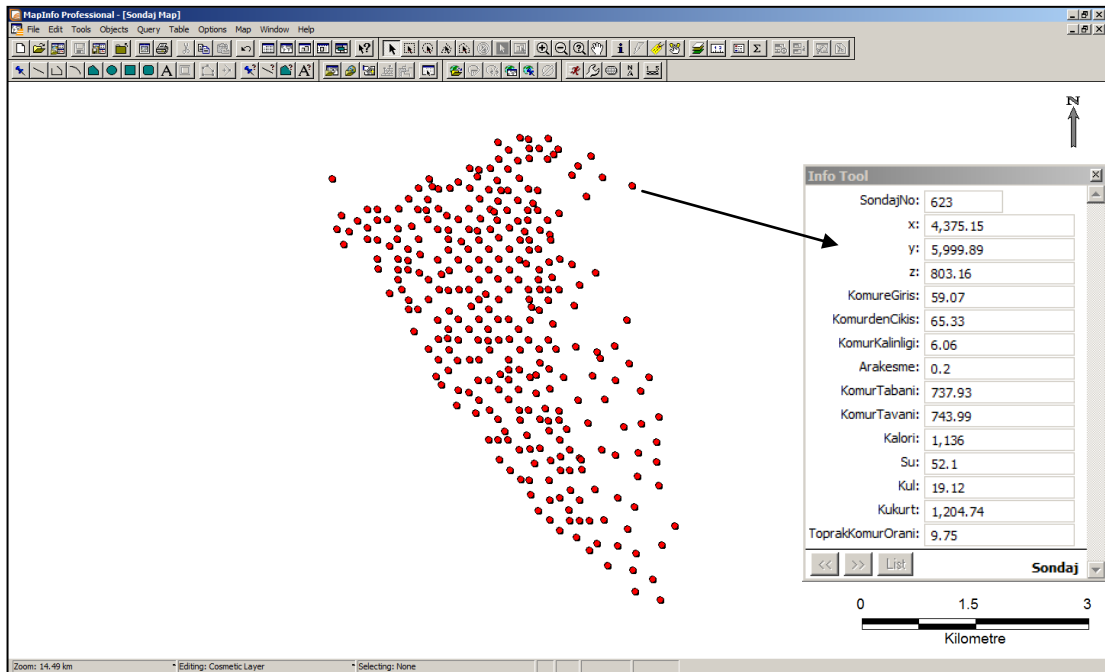
### 2.3.3 Öznitelik Verileri

Öznitelik verileri Tecim (2008, s. 87) tarafından şöyle açıklanmıştır;

Açıklayıcı bilgiler, herhangi bir nesnenin özelliklerini ortaya koyan bilgilerdir. CBS’de harita üzerinde yer alan verilerin özellikleri ile ilgili detayları ihtiva eden verilerdir. Genelde haritalar üzerinde görülemeyen bu bilgiler bina, otoyol gibi görülebilen fiziksel nesnelerin harita üzerinde yer almasının yalnız başlarına bir

anlam ifade edemeyeceğinden, nesnelerin belirli kriterlere göre analizini mümkün kılmak ve anlamlı hale getirmek için gerekli ve zorunlu bilgilerdir.

Örneğin, bir sondaj sahası haritası CBS ortamına aktarıldığında sondajların koordinatlarının yanı sıra bu sondajlar ilgili diğer veriler (Kömüre giriş ve çıkış kotları ve kalori, kül, kükürt miktarları, vb.) öznelik verileri olarak adlandırılmaktadır. Bir başka deyişle, sondajların açıklayıcı bilgilerini veren bu veriler olmaktadır (Şekil 2.2).

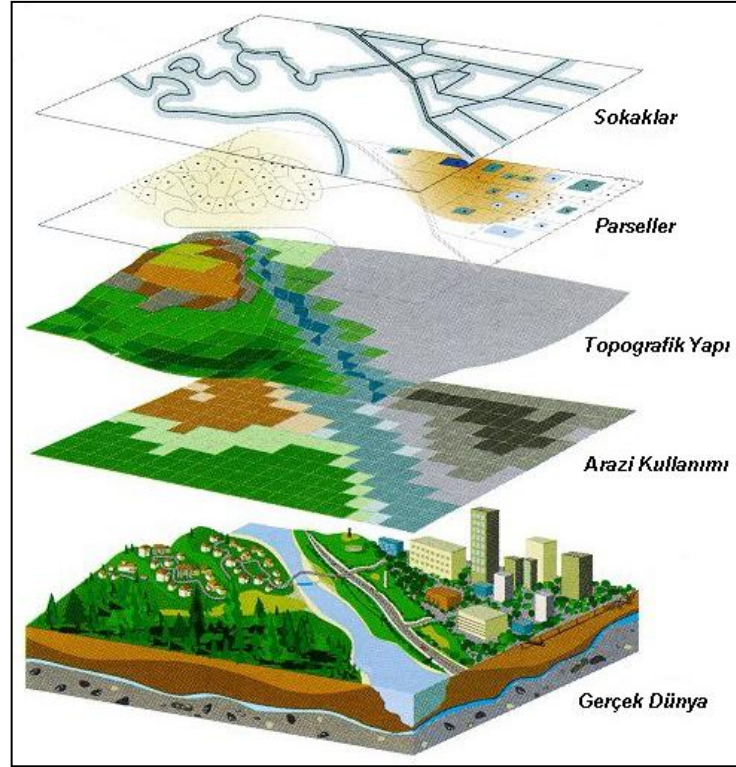


Şekil 2.2 Bir kömür sondaj sahasının CBS ortamında gösterimi (Koruyan, 2005).

Açıklayıcı veriler belirli bir alan veya noktanın coğrafi referansına bağlı olarak kullanılmaktadır. Yani, bu veriler koordinatlarla ilişkilendirilmektedir. Ne kadar çok açıklayıcı veri varsa o kadar sağlıklı ve etkin analiz yapılabilir.

#### 2.4 Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Fonksiyonları Ve Konuma Bağlı Analizler

CBS'de birleştirme işlemi önemli bir avantajdır. Birleştirme işlemi, iki veya daha fazla bilgi içeren haritanın üst üste getirilerek görüntülenmesidir. Üst üste getirilen haritalar katman olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 CBS'de kullanılan harita katmanları

CBS'nin diğer bir fonksiyonu konuma dayalı sorgu, bir başka deyimle coğrafi sorgulamadır. CBS'de coğrafi sorgulama; “Nerede?”, ‘Bu konum ne?’, ‘Konumsal olarak neyle bağlantılı?’, ‘Ne oldu?’, ‘-den beri ne değişti?’, ‘İçinde ne var?’ gibi sorularla cevap arayan, bunu da coğrafi veri tabanını sorgulayarak, sonuçları haritada veya çizelge biçiminde sunmasıdır (Longley ve diğer., 2005; s. 295).

Coğrafi sorgulamalara örnek vermek gerekirse, farklı madenlere ait birçok maden ruhsat sahasını gösteren bir CBS haritasında “II. Grup madenleri göster” gibi bir soru sorulabilir. Bunun yanında, “II. Grup madenleri göster, fakat bunların içinde ruhsat süresi 10 yıldan az olanlar olmasın” gibi bir sorgulama da mümkündür. Başka bir sorgulamaya örnek ise “Bu ruhsat sahasına komşu diğer ruhsat sahaslarını göster ve çakışan alanları sun” olarak verilebilmektedir.

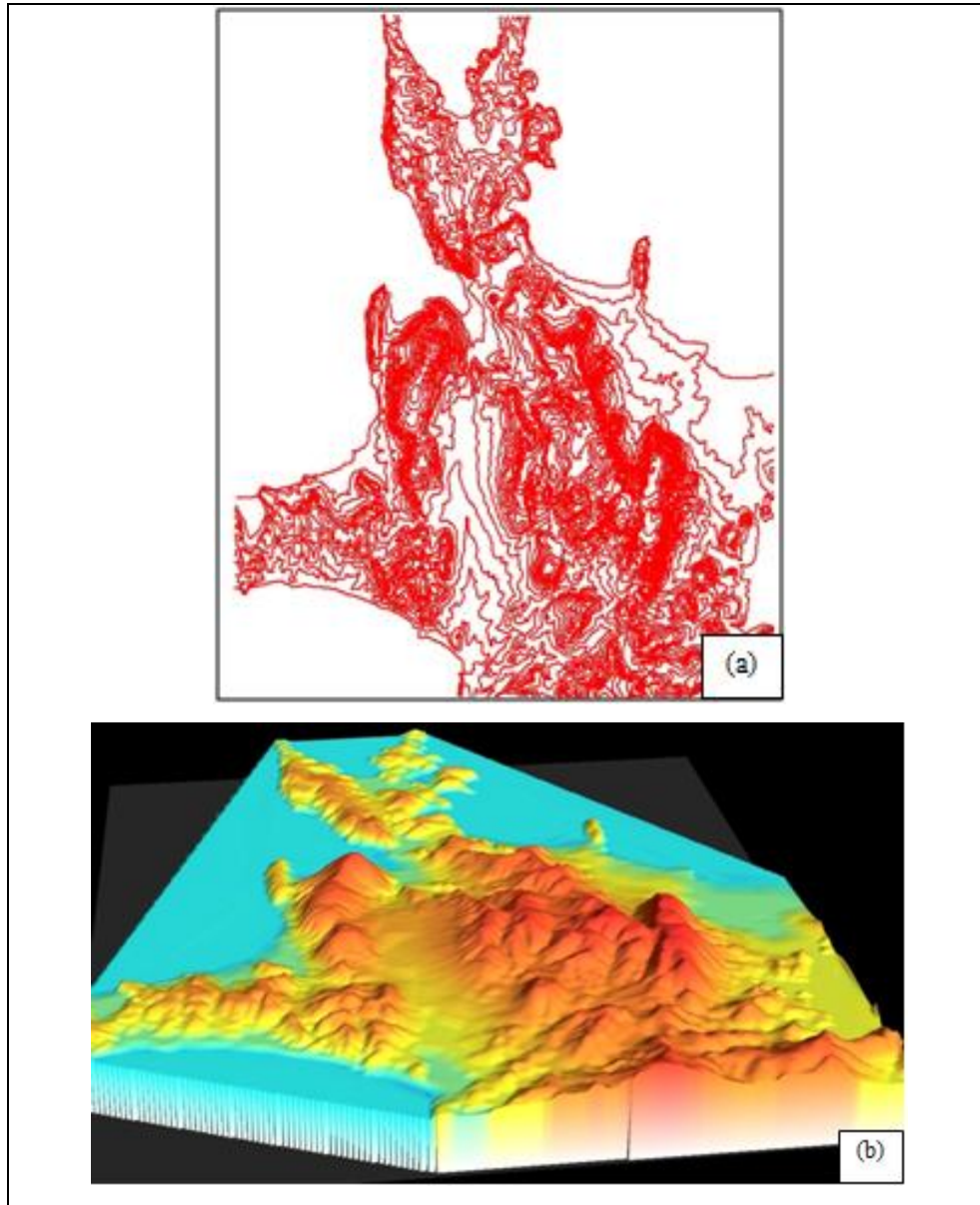
#### **2.4.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Analizler**

CBS'de yerbilimleri uygulamalarında, özellikle madencilikte kullanılan analizler şu şekildedir:

- Sayısal Arazi Analizi
- Ölçme ve Geometrik Hesaplar
- İstatistik Analiz

#### 2.4.1.1 Sayısal Arazi Analizi

Sayısal arazi analizi, yeryüzü şekillerinin iki veya üç boyutlu olarak görüntülemesi ve analiz edilmesini sağlamaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 CBS yazılımında eşyükselti eğrilerinin oluşturulması ve 3 boyutlu görüntü eldesi (a: Sayısal harita, b: Topografik haritanın üç boyutlu görüntüsü.)

Sayısal arazi analizi altı farklı analiz çeşidini sunmaktadır. Bunlar;

- Eğim Hesabı: Belirli bir alan üzerinde kotları farklı iki nokta arasındaki eğimin derece veya yüzde olarak hesaplanmasıdır.
- Kesit Çıkartma: Bir doğrultu boyunca yükseklik değerlerini mesafenin fonksiyonu olarak gösteren grafiğin oluşturulmasıdır.
- Bakı Hesabı: Birimi derece olan bu hesapta belirli bir noktadan kuzeyden güneye doğru saat yönü yönünde bakıldığında görünebilen alan hesabıdır.
- Görünürlük Analizi: İstenen aralık veya mesafede kalan bölgede görünen ve görünmeyen alanların belirlenmesidir.
- Hacim Hesabı: Belirli bir toprak kütesinin hacminin hesaplanmasıdır. Madencilikte, yol ve inşaat işlerinde sıkça kullanılan bir işlemdir.
- Eşyükselti Eğrileri Oluşturma: Belirlenen yükseklik aralıkları ile sayısal ortamda eşyükselti haritaları elde edilir. Ayrıca bu haritalar ile yüksekliğe göre renklendirme de yapılabilmektedir.

#### 2.4.1.2 Ölçme Ve Geometrik Hesaplar

CBS’de temel ölçme ve geometrik hesaplar aşağıda sıralanmıştır (Yomralıoğlu, 2002, s. 230);

- Konum (koordinat) tayini: Bir nesnenin CBS ortamında koordinatları belirlenebilmektedir.
- Uzunluk ölçme: İki veya daha fazla nokta arası uzaklık CBS yardımı ile bulunabilmektedir.
- Açı ölçme: Kesişen iki doğru parçası veya belirlenen 3 nokta arasındaki açı tayin edilebilmektedir.
- Alan ölçme: Kapalı şekillerin (poligonların) alanları bulunabilmektedir.

#### 2.4.1.3 İstatistiksel Analiz

CBS’de istatistiksel analiz, “toplam belirleme, ortalama bulma, maksimum ve minimum değer bulma ve yüzde değerini belirleme gibi” işlemleri CBS içerisinde

yapılarak bunların sonucunun metin veya grafik olarak görüntüleme imkânı verilmektedir (Tecim, 2008; s. 107).

## 2.5 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Uygulama Alanları

CBS'nin çok disiplinli bir yapısı vardır. Bu çok disiplinli "birçok meslek grubunun konuyla sıcak biçimde ilgilenmesi sonucunu doğurmuştur" (Yıldız, Üstün ve Bildirici, 2003).

"CBS dikkate değer bir şekilde birçok yerde kullanılmaktadır. CBS'yi anlamak ve neden önemli olduğunu görmek için çeşitli alanlara yayılan CBS uygulamalarını incelemek gerekir. Aşağıda ESRI kullanıcı konferanslarına gönderilen makalelerden derlenerek hazırlanmış CBS'nin kullanım alanları verilmektedir" (Zeiler, 1999, s. 48; Koruyan ve Yalçın, 2009);

- Şehir ve Bölge Planlama
- Kent Bilgi Sistemi
- Ürün Satışları ve Dağıtım
- Sigortacılık
- Emlakçılık
- Çevresel Uygulamalar
- Sağlık Hizmetleri
- Belediye Hizmetleri
- Tarım
- Savunma ve İstihbarat
- Acil Yönetim ve Ulusal Güvenlik
- Ormancılık
- Eğitim
- Oşinografi, Kıyı Bölgeleri ve Deniz Zenginliklerindeki Uygulamalar
- Devlet ve Yerel Yönetimler
- Telekomünikasyon
- Su Dağıtım ve Su Kaynakları Uygulamaları



- Madencilik Uygulamaları (Arama, Planlama, Üretim, Çökme Hesaplamaları, Rekültivasyon Uygulamaları, vb.)

## **BÖLÜM ÜÇ**

### **UZAKTAN ALGILAMA**

#### **3.1 Giriş**

Uzaktan Algılama (UA) genel tanımıyla “doğrudan herhangi bir bağlantı olmaksızın uzaktaki nesnelere hakkında bilgi edinme metodudur” (Konecny, 2003, s. 15). Daha teknik bir tanımla ise; “dünya yüzeyinden yansıyan veya yayılan elektromanyetik (EM) spektrumun (veya tayfin) bir veya daha fazla bölgesindeki EM ışınımının yardımıyla, yukarıdan geniş bir perspektif ile elde edilen görüntülerin kullanılması ve yerküreden bilgi edinme tekniğidir” (Campbell, 2002, s. 6).

“Uzaktan algılanan veri; hava fotoğrafları, sayısal uydu görüntüleri ve radardan oluşmaktadır” (Aronoff, 2005, s. 2). “UA günümüzde coğrafya, jeoloji, zooloji, tarım, ormancılık, botanik, meteoroloji, oşinografi ve inşaat mühendisliği gibi birçok farklı çevresel disiplinlerde kullanılmaktadır” (de Jong ve van der Meer, 2004, s. 1).

Yukarıda geçen tanımlama ve anlatımlardan görüldüğü üzere UA'nın ana teması belirli bir uzaklıktan bilginin elde edilmesidir. Yüksek maliyet veya erişiminin çok zor olduğu bölgelerin incelenmesinde UA teknolojisi araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bir bölgenin jeolojik yapısı, bitki örtüsü veya topografyasını belirlemek UA bilimi ile o bölgede arazi çalışması yapmadan (veya kısmen yaparak) mümkün olmaktadır.

UA ile istenen bölge hakkında bilgi edinimi havada uçaklarla taşınan kameralar veya dünya yörüngesinde konumlandırılmış uydulardaki sensörler yardımıyla sağlanmaktadır. Uzaktan algılanan veri kullanılarak yapılan görüntü işleme teknikleri ile farklı uygulamalara yönelik yeni bilgiler elde edilebilmektedir.

#### **3.2 Uzaktan Algılamanın Tarihsel Gelişimi**

UA'nın tarihsel gelişimi Tablo 3.1'de verilmektedir. Tarih sırasına göre verilen bu gelişim çeşitli kaynaklardan (Aronoff, 2005, s. 10; Campbell, 2002, s. 7; de Jong ve

van der Meer, 2004, s. 2; Elachi ve van Zyl, 2006, s. 4; Gupta, 2003, s. 2) derlenmiştir.

Tablo 3.1 Uzaktan algılamanın tarihsel gelişimi (Aronoff, 2005, s. 10; Campbell, 2002, s. 7; de Jong ve van der Meer, 2004, s. 2; Elachi ve van Zyl, 2006, s. 4; Gupta, 2003, s. 2)

| Tarih    | Olay  |
|----------|---|
| 1800     | William Herschel tarafından kızılötesinin keşfi.  |
| 1839     | Fotoğrafçılık deneyimlerinin başlaması, ilk fotoğrafın çekilmesi: Louis Daguerre fotoğrafçılıkta kullanılan kimyasallarla ilgili deney raporlarını yayınladı.   |
| 1840     | Paris rasathanesi yöneticisi Arago fotoğrafçılığın topografyanın belirlenmesi için kullanılabileceğini savunmuştur.   |
| 1847     | Kızılötesi spektrum J.B.L Foucault tarafından sunuldu. Foucault görünür ışığın özelliklerini paylaştı.  |
| 1859     | Gaspard Tournachon tarafından havadan (balonla) ilk fotoğraf çekimi.  |
| 1873     | James Clerk Maxwell tarafından EM enerji teorisi geliştirildi.  |
| 1909     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilinen ilk uçaktan çekilen hava fotoğrafı (Wilbur Wright).</li> <li>• Julius Neubronner kuşların yardımıyla hava fotoğraflarının çekilmesini anlatan bir kitapçık yayınladı.</li> </ul> |
| 1916     | I. Dünya Savaşı: Havadan gözlem.  |
| 1920'ler | Havadan fotoğrafçılık ve fotogrametrinin gelişimi, ilk uygulamalar.   |
| 1930'lar | 1930'ların ortalarında ilk renkli fotoğraf kullanıma hazır.   |
| 1935     | Almanya'da radarın gelişimi.  |
| 1940     | II. Dünya Savaşı: EM spektrum görünür olmayan bölümleri uygulamaları.   |
| 1950'ler | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Askeri araştırmalar ve gelişim.</li> <li>• 1950 sonlarında Office of Naval Research için çalışan Evelyn Pruitt "Uzaktan Algılama" terimini ilk olarak ortaya atmıştır.</li> </ul>        |
| 1956     | Kızılötesi fotoğrafçılıkla Robert Colwell'in bitki hastalığının belirlenmesindeki araştırması.  |
| 1957     | İlk uydu olan Sputnik-1 SSCB tarafından fırlatıldı.   |
| 1959     | Dünyanın ilk uzay fotoğrafı (Explorer-6)  |
| 1960'lar | 1960'ların başlarında NASA'nın desteği ile renkli kızılötesi ve çoklu spektral fotoğraf çalışmaları hız kazandı.  |
| 1960     | Yörüngesel fotoğraf alan Mercury Programı başlatıldı.   |
| 1960     | İlk meteoroloji uydusu olan TIROS (Television Infrared Observation Satellite) fırlatıldı.   |
| 1965     | Gemini iyi kalite stereo dikey ve eğik fotoğraflar almaya başladı.  |
| 1970     | Uzaydan Skylab UA gözlemleri.   |

Tablo 3.1'in devamı.

|          |  |
|----------|--|
| 1971     | Amazon'un haritalanmasını sağlayan RADAM (Radar Amazon) projesi başladı.   |
| 1972     | ERTS-1'in fırlatılması (Landsat-1).  |
| 1970'ler | Gelişen bilgisayar ve görüntüleme teknolojileri ile sayısal görüntü işlemede hızlı bir ilerleme sağlandı.  |
| 1978     | SeaSat'ın fırlatılması (uzayda bulunan ilk L-bant radarı).   |
| 1979     | AVHRR (The Advanced very high resolution radiometer) sensörü taşıyan NOAA-6 fırlatıldı.  |
| 1982     | Landsat 4'ün fırlatılması: Yeni nesil Landsat sensorları (TM).   |
| 1985     | İlk Rus Resurs serisi fırlatıldı.  |
| 1986     | Ticari Fransız dünya gözlem uydusu SPOT.   |
| 1986     | Çok spektralli sensorların gelişimi.   |
| 1988     | Hint UA (IRS) programı başlatıldı.   |
| 1990'lar | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uzayda bulunan yüksek çözünürlüklü sistemlerin gelişimi.</li> <li>• UA'daki ilk ticari gelişmeler.</li> </ul> |
| 1991     | İlk AvrupaUA uydusu ERS-1'in fırlatılması (aktif radar).   |
| 1996     | Japon ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) yörüngeye yerleştirildi.  |
| 1999     | EOS-TERRA'nın fırlatılması: NASA Dünya gözlem uydusu.  |
| 1999     | IKONOS'un fırlatılması: Çok yüksek çözünürlüklü sensor sistemi.  |
| 2001     | Yeni ETM+ sensörü ile Landsat-7'nin fırlatılması.  |
| 2001     | Quickbird'ün fırlatılması: Çok yüksek çözünürlüklü sensor sistemi.   |
| 2002     | Gelişmiş 10 teçhizatla ESA'nın Envisat'ın fırlatılması.  |

Bir asırdan fazla süredir kullanılan, uzaktaki nesnelere hakkında bilgi edinmeyi sağlayan UA, gelişerek ilerleyen teknoloji ile bugünkü modern halini almıştır. Yeryüzünü incelemek için harcanan zamanı ve maliyeti azaltma ihtiyacı UA'nın ilerlemesine etken olmuştur.

Balonlardan fotoğraf çekimi ile başlayan, havadan veya uzaydan çekimlerle bilimin hizmetine sunulan UA'nın gelişimi savaş zamanlarında, özellikle I. ve II. Dünya Savaşı ile büyük bir ilerleme göstermiştir. Soğuk savaş döneminde ise kullanılan casus uydular uydular teknolojilerinin gelişimini sağlamıştır.

Sivil anlamda ise yeryüzünü, okyanusları, canlı çeşitliliğini araştıran; insan yapımı olsun olmasın yerküre üzerindeki nesnelere değişimini inceleyen;

meteorolojik araştırmalarda kullanılan UA günümüzde birçok disiplin için vazgeçilmez araç olmuştur.

2005 yılında ulaşması kolay, tüm kullanıcılara açık ve internet üzerinden alışan Google Earth (ilk ismi Keyhole) uydu görüntülerinin geniş kitlelere ulaşmasını sağlamıştır.

21. yüzyıla gelindiğinde birçok ülke dünya yörüngesine UA'ya yönelik uydular göndermiştir. 2007 rakamları ile dünya yörüngesinde bulunan ve mekânsal (veya yersel) znrlğ 0,4 – 56 metre arası görüntü alabilen uydu sayısı 31'dir (13 farklı ülkeye aittir) (Stoney, 2005).

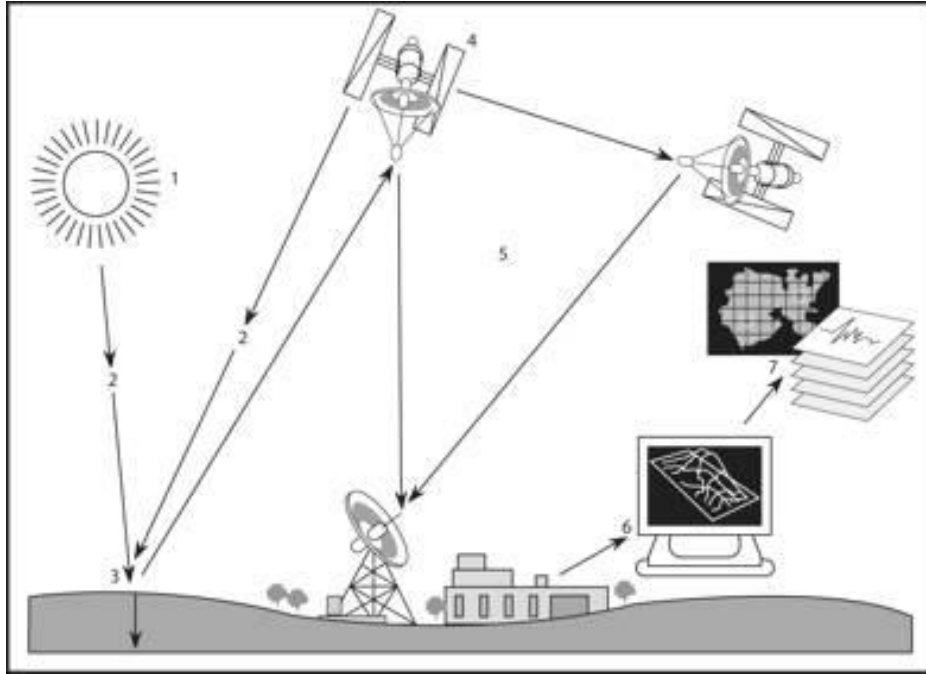
Türkiye'nin ilk gözlem uydusu olan Bilsat1 isimli uydu ise 27 Eylül 2003 tarihinde fırlatılmıştır (Bilsat1'in özellikleri, b.t.). 4 bantlı MS (Multi Spectral) görüntüleyici (yersel znrlk: 27,6 m) ve radyometrik bant aralıkları ( $\mu\text{m}$  olarak) 0,45 – 0,52 (1. bant, mavi), 0,52 – 0,60 (2. bant, yeşil), 0,63 – 0,69 (3. bant, kırmızı), 0,76 – 0,90 (4. bant, yakın kızılötesi) olan ve bunun yanında ilave 12,6 m yer örnekleme mesafesi bulunan bir siyah/beyaz kamera ile Ağustos 2006 yılına kadar hizmet vermiştir.

### 3.3 Uzaktan Algılamada Verinin Kazanılma Süreci

UA verilerinin elde edilmesi yedi temel safhada olmaktadır (şekil 3.1) (Tindall, 2006):

1. Enerji kaynağı: Belirlenen hedef için EM enerjii sağlayan ... [b]ir enerji kaynağı bulunması gerekir.
2. Işınım ve atmosfer: Enerji kaynaktan hedefe doğru ilerlerken ve atmosferden geerirken, atmosferle temas eder ve etkileşime girer. Bu etkileşim enerjinin hedeften sensora doğru ikinci defa hareketinde de meydana gelir.
3. Hedef ile etkileşim: Enerji, işınımın özelliklerine bağlı olarak hedef ile etkileşir.

4. Sensor tarafından enerjinin kaydedilmesi: Bir sensor enerjinin dağılması veya hedeften yansımından sonra EM ışınımı toplar ve kaydeder.
5. İletim, kabul ve işleme: Sensor tarafından kaydedilen (çoğunlukla dijital formatta olan) enerji istasyon tarafından alınır ve bilgisayar yazılımı tarafından işleminden geçirilerek görüntü haline getirilir.
6. Yorumlama ve analiz: Görsel (ve/veya dijital) veya elektronik olarak işlenmiş görüntü yorumlanır.
7. Uygulamalar: Görüntüden hedefin çıkartılması, yeni bilgiler elde edilmesi veya belirli bir problemin çözümü için yardımcı olması.



Şekil 3.1 Uzaktan algılama'nın yedi safhası: (1) Enerji kaynağı, (2) Işınım, (3) Etkileşim, (4) Sensorun kaydetmesi, (5) Aktarım, (6) Kabul ve işleme, (7) Yorum, analiz ve uygulamalar (Tindall, 2006).

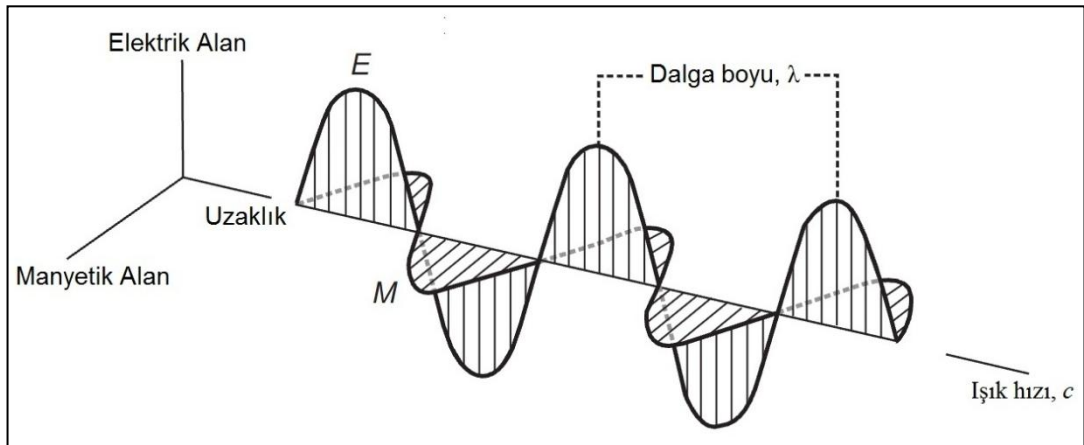
### 3.4 Elektromanyetik Enerji Ve Uzaktan Algılama

Kerle, Janssen ve Huurneman (2001, s. 50) UA ve EM enerji ilişkisini şöyle açıklamaktadır:

UA, EM enerjinin ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. EM enerji farklı şekillerde olabilmektedir. EM enerjinin yerküre üzerindeki en önemli kaynağı ise

güneştir.... UA'da kullanılan birçok sensor yansıyan güneş ışığını ölçer. Bazı sensorlar ise dünyanın kendisi tarafından yayılan enerjiyi belirler. EM enerji ve EM enerjinin özellik ve etkileşimleri UA'da kullanılan sensorlar için önem arz etmektedir. Bunun yanında, UA verisinin doğru bir biçimde yorumlanması için de gereklidir.

“EM enerji temel dalga teorisine göre yayılım göstermektedir. Bu teori EM enerjinin harmonik sinüsoidal şeklinde ışık hızında hareket etmektedir” (Sivakumar, Roy, Harmsen ve Saha, 2004, s. 28). Bir dalganın tepe noktası ile onu takip eden diğer dalganın tepe noktası arasında kalan uzunluğa dalga boyu adı verilmektedir. Bir saniyede oluşan dalga sayısı ise frekans olarak adlandırılmaktadır. Işık hızı ( $c = 3 \times 10^8$  m/sn), dalga boyu ( $\lambda$ ) ve frekansın ( $f$ ) çarpımı şeklinde bulunmaktadır ( $c = \lambda f$ ) (Şekil 3.2).

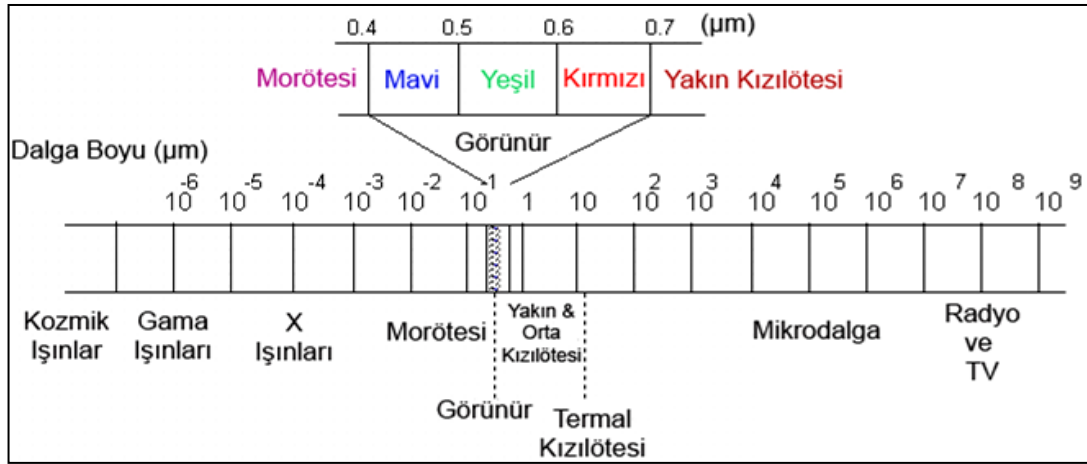


Şekil 3.2 Bir elektromanyetik dalganın parçaları (Kerle ve diğer, 2001, s. 53).

“EM enerjinin birçok özelliği dalga teorisi ile açıklanabildiği gibi başka bir teori olan tane teorisi EM enerjinin nesnelere nasıl etkileşime girdiğini sunmaktadır. EM ışınımın foton adı verilen birçok ayrık birimden meydana geldiğini önermektedir” (Sivakumar ve diğer, 2004, s. 28).

UA platformlarındaki sensorlar, EM ışınımı kaydederek görüntüyü oluşturmaktadır. Işınımın gruplandırılması ve tanımlanabilmesi için ise EM spektrum kullanılmaktadır. Spektrum içindeki bölümler dalga boylarının özelliklerine göre

adlandırılmışlardır. EM spektrum genel olarak kozmik ışınlar ve radyo dalgaları arasında bulunmakta; ara bölgeler ise gama ışınları, X ışınları, morötesi, görünür, yakın kızılötesi, termal kızılötesi (orta kızılötesi), uzak kızılötesi ve mikrodalgalardır. Bölgeleri ayıran kesin bir çizgi yoktur. Bu yüzden bölüm sınırları farklı kaynaklarda farklı değerler alabilmektedir (Şekil 3.3, Tablo 3.2).



Şekil 3.3 Elektromanyetik spektrum.

Tablo 3.2 Elektromanyetik spektrumun bölümleri.

| Bölüm                                    | Limit          |
|--|----------------|
| Gama Işınları                            | < 0,03 nm      |
| X-Işınları                               | 0,03 – 300 nm  |
| Morötesi                                 | 0,30 – 0,38 µm |
| Görünür Işık                             | 0,38 – 0,72 µm |
| Kızılötesi                               |                |
| • Yakın Kızılötesi                       | 0,72 – 1,30 µm |
| • Orta Kızılötesi<br>(Termal kızılötesi) | 1,30 – 3,00 µm |
| • Uzak Kızılötesi                        | 7,0 – 1000 µm  |
| Mikrodalga                               | 1 mm – 30 cm   |
| Radyo                                    | ≥30 cm         |

UA'da kullanılan EM spektrum bölgeleri şu şekildedir (Campbell, 2002, s. 28; Jewett ve Serway, 2008, s. 967; US Army Corps of Engineers [USACE], 2003, s. 2-8):



- Morötesi: Güneş morötesi ışınların en büyük kaynağıdır. UA'nın morötesi bölgesi ile başladığı söylenebilmektedir. Morötesi bölümünde bulunan yakın morötesi (0,32 – 0,40  $\mu\text{m}$ ) UA'da bazı malzemeleri birbirinden ayırmak için önemlidir. Morötesi dalgalar jeolojik ve atmosferik çalışmalarda kullanılır.
- Görünür Spektrum: Spektrumun küçük bir bölümünü oluşturmasına rağmen UA'da önemli bir yere sahiptir. Görünür spektrumun limitleri insanın görsel sistemi ile sınırlıdır. 0,4 – 0,5  $\mu\text{m}$ , 0,5 – 0,6  $\mu\text{m}$ , 0,6 – 0,7  $\mu\text{m}$  olarak sırasıyla mavi, yeşil ve kırmızı olarak üç bölüme ayrılmıştır. Birincil renklerden herhangi biri diğeri tarafından oluşturulamayacağı gibi, diğeri tüm renkler bu üç rengin karışımı ile oluşturulabilmektedir. Sensorlar tarafından tespit edilen görünür ışık büyük ölçüde nesnelere yüzey yansıma karakteristiklerine bağlıdır. Kentsel özelliklerin belirlenmesi, toprak-bitki ayrımı ve okyanus, bulut, yağış çalışmaları EM spektrumun görünür bölgesinin kullanan UA uygulamalarıdır.
- Kızılötesi Spektrumu: Sıcak cisimler ve moleküller tarafından oluşturulurlar. UA'da kızılötesi “yakın ve orta kızılötesi” ve “uzak kızılötesi” bölümleri olarak iki bölümde incelenir. Yakın ve orta kızılötesi; film, filtre ve kameralarda kullanılabilir. Uzak kızılötesi ise “sıcaklık” veya “termal enerji”yi barındırmaktadır.
- Mikrodalga: Mikrodalga UA'da kullanılan en uzun dalga boyudur. Mikrodalga UA; meteoroloji, hidroloji, oşinografi, jeoloji, tarım, ormancılık ve topografyada kullanılmaktadır.

### 3.5 Uzaktan Algılamayı Etkileyen Faktörler

Aronoff (2005, s. 57) uzaktan algılanan verinin atmosfer koşullarından nasıl etkilendiğini şöyle açıklamıştır; “Uzaktan algılanan verinin eldesinde kullanılan EM enerji, güneşten dünya yüzeyine ve buradan da UA aygıtına giderken dünya atmosferinden geçmesi gerekmektedir. Bu süreçte EM enerjiyi, absorbe edilir (emilir), dağılır ve kırılır”.

Eğer sensor bir hava taşıtı tarafından taşınıyorsa atmosferik etkiler göz önünde bulundurulduğunda UA verisi çok fazla etkilenmeyecek, fakat uzaydan elde edilen veri atmosferde bulunan birçok gaz molekülü veya tanecikten etkilenecektir.

Campbell (2002, s. 35, 36, 38) EM enerjinin atmosferde dağılma, kırılma ve absorbe edilmesini UA verilerine olan etkilerini daha geniş bir biçimde şöyle belirtmiştir:

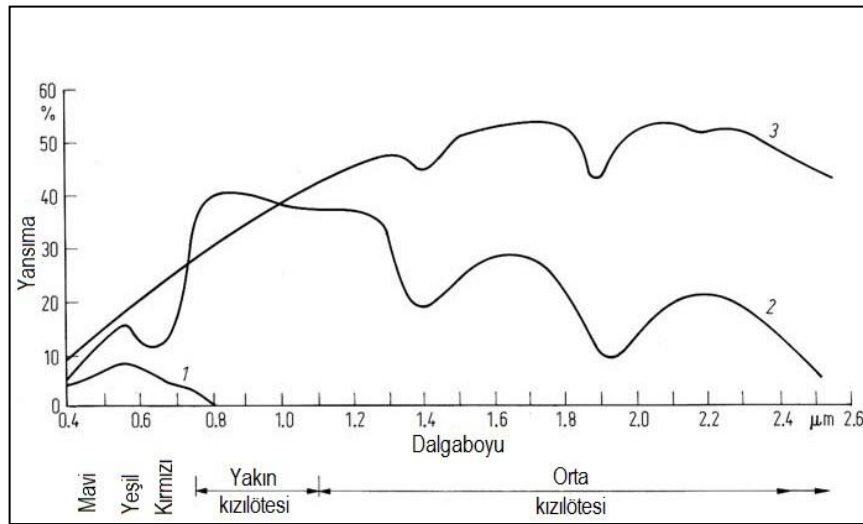
- Dağılma: Dağılmadan en çok etkilenen spektrumun mavi ve morötesi bölümlerinde bulunan ışınım UA'da kullanılabilirlik açısından pek dikkate alınmaz. Spektrumun bu bölümlerini kaydeden görüntüler, görüntünün kendinin parlaklığından ziyade atmosferin parlaklığını kaydeder. Bu yüzden, UA aygıtları filtreler kullanarak kısa dalga ışınımını (mavi ve morötesi dalga boyları) bu dalga boylarının dışında tutar. Dağılmanın bir başka etkisi, enerjinin sensorun bakış alanının dışına yöneltilmesidir. Bunun sonucu olarak da sensor tarafından kaydedilen mekansal detayın azalmasıdır. Diğer bir etki ise, koyu nesnelere daha açık veya açık renkteki nesnelere daha koyu gözükmesidir.
- Kırılma: Atmosferik tabakalardan geçen ışık bu tabakaların farklı özelliklerinden dolayı (nem, sıcaklık, vb.) kırılabilir. Işığın bu kırılması farklı yoğunluklarda olan farklı atmosferik tabakalardan birinden diğerine geçerken oluşmaktadır.
- Absorbsiyon: Atmosferde absorpsiyonun oluşmasına ozon, karbondioksit ve su buharı neden olmaktadır. Gelen enerji emilmekte ve bir kısım enerji kaybolmaktadır.

UA'yı etkileyen bir diğer faktör ise dünya yüzeyine ulaşan EM enerjinin farklı objelerde farklı biçimde absorbe edilmesi, yansıtılması ve geçirilmesidir. Hedef nesnenin veya EM enerjinin özelliklerine göre etkiler farklı olabilmektedir. Hedef bu üç etkinin birine veya her birine maruz kalabilir.

UA araştırmalarında yansıyan ışınım yüzey özellikleri hakkında bilgiler vermektedir. Yansıma, ışık ışınının saydam olmayan bir yüzeye çarpması ve yön değiştirmesidir. Yansıma yüzeyin düzgün olup olmamasına ve ışınımın dalga boyuna bağlıdır. Yüzeyden yansıyan enerji sensorlar tarafından kaydedilerek UA verileri elde edilir.

Parker ve Wolff (1965) dünya üzerinde EM enerjinin yansımasının önemini şu şekilde açıklamıştır; “Doğadaki her şey kendine özgü yansıtma, yayma ve absorbe etme özelliğine sahiptir. Bu spektral özellikler –eğer ustalıkla kullanılırsa– farklı nesnelere ayırt etmede veya nesnelere şekil, boyut ve diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili bilgilerin elde edilmesinde kullanılabilir.”

Her nesne için özel yansıma eğrisi oluşturulabilmektedir. Bu eğriler dalga boyunun bir fonksiyonu olarak yansıyan ışınımın bölümlerini göstermektedir. Eğriler her dalga boyundaki yansıma derecelerini vermektedir. Buna örnek olarak şekil 3.4’de yerküre üzerinde bulunan üç ana malzemenin (su, bitki ve toprak) spektral yansıma özellikleri verilmektedir.



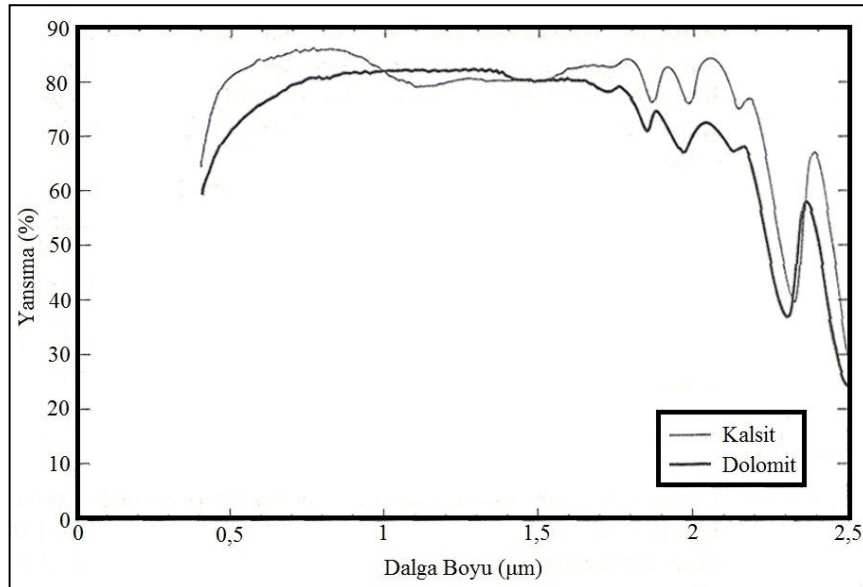
Şekil 3.4 Dünya yüzeyinde genel olarak bulunan malzemelerin görünür, yakın ve orta kızılötesi bölgelerindeki spektral yansıma özellikleri (1: Su, 2: bitki, 3: toprak) (Richards ve Jia, 2006, s. 5).

Şekil 3.4’den görüldüğü gibi su yaklaşık %10 veya daha az bir oranda mavi-yeşil bölgesinde yansımakta, küçük bir yüzde kırmızı ve kızılötesi bölgesinde ise enerji

bulunmamaktadır. Toprakta ise yansımaya yaklaşık olarak dalga boyuyla monoton olarak artmakta; fakat 1,4  $\mu\text{m}$ , 1,9  $\mu\text{m}$  ve 2,7  $\mu\text{m}$  değerlerinde toprak nem içeriği yüzünden azalmalar görülmektedir. Bitki eğrisinin orta kızılötesi bölümünde su absorpsiyonu 1,4  $\mu\text{m}$ , 1,9  $\mu\text{m}$  ve 2,7  $\mu\text{m}$  değerlerinde; 0,7  $\mu\text{m}$  ve 1,3  $\mu\text{m}$  arasındaki alana bitki hücre yapısı egemen olmuştur. Bunun sebebi, dalga boylarının görünür bölümlerinde bitki pigmentasyonunun (hücre renklenmesi) etkisidir.

Su, bitki ve toprağın spektral yansımaya özelliklerine benzer şekilde mineraller de farklı yansımaya değerlerine sahiptir. “Her mineral farklı kimyasal bileşimde veya kristal yapısındadır ve kayaçların yapısını oluşturan minerallerden dolayı mineral ve kayaçların çok sayıda yansımaya spektrası bulunmaktadır” (Vincent, 1997, s. 34). Bu farklı yansımaya değerleriyle uzaktan algılanan veriler kullanılarak jeolojik araştırmalar ve maden aramaları yapılabilmektedir.

Minerallerin spektral yansımaya değerlerinin belirlenebilmesi spektrometreler yardımı ile laboratuvar ortamında veya yerinde ölçümlerle mümkün olmaktadır. Örnek olarak Şekil 3.5’de Grove, Hook ve Paylor’un (1992) 0,4 – 2,5  $\mu\text{m}$  arası dalga boyunda 160 mineral için yaptıkları çalışmadan kalsit ve dolomit için olan örnek grafik verilmektedir.



Şekil 3.5 Karbonat minerallerinden olan kalsit ve dolomitin 0,4 – 2,5  $\mu\text{m}$  arası dalga boyları arasındaki yansımaya spektralleri (Grove ve diğer., 1992).

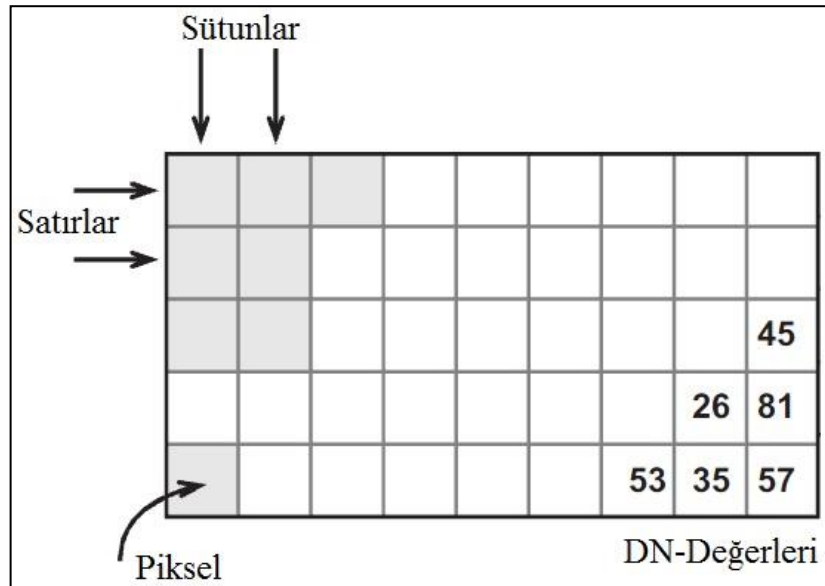
Şekil 3.5'den görüleceği gibi kalsitte ( $\text{CaCO}_3$ ) 1,87, 1,99, 2,15 ve 2,33  $\mu\text{m}$  dalga boylarında absorpsiyon (% yansımada düşüş) görülmektedir. Dolomitte [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ ] ise 1,86, 1,98, 2,13 ve 2,30  $\mu\text{m}$  dalga boylarında düşüşler magnezyumdan kaynaklanmaktadır.

### 3.6 Uzaktan Algılamada Görüntünün Esasları

Sensor tarafından kaydedilen ve istasyon tarafından alınan EM enerji bilgisayar yazılımı tarafından işlemlerden geçirilerek görüntü haline getirilmektedir. Görüntülerin UA uygulamalarında kullanılabilmesi için piksel, tarama genişliği, bantlar ve çözünürlük gibi ana öğelere sahip olması gerekmektedir.

#### 3.6.1 Piksel Kavramı

EM enerji ölçümlerinden elde edilen UA verileri grid formatı şeklinde (satırlar ve sütunlar halinde) hücreler içinde depolanmaktadır. UA'dan elde edilen görüntülerin en küçük elemanına piksel adı verilmektedir. Bu hücreler içinde ise ölçülen parlaklık değerleri, yani sayısal değerler (Digital Number, DN) depolanmaktadır (Şekil 3.6).

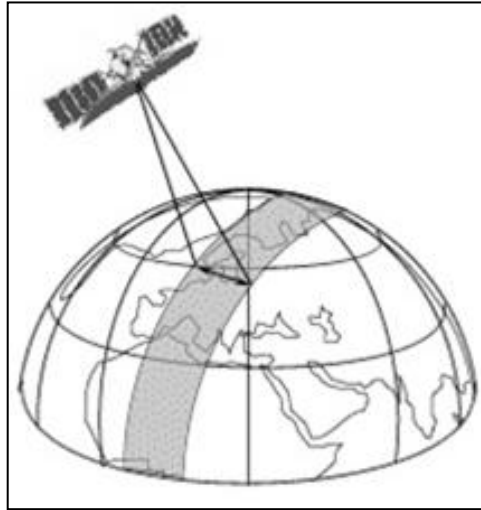


Şekil 3.6 Satır ve sütun sistemi içinde depolanan sayısal değerler ve pikseller.

Pikseller eşit en ve boyda olup, DN'lere sahip pikseller bir bütün olarak ele alındığında görüntüyü oluşturmaktadır. Görüntünün bilgisayar ekranına gelmesi, hücreler içindeki DN'lerin bilgisayar tarafından okunması ile sağlanmaktadır.

### 3.6.2 Tarama Genişliği

Bir uydu dünya yörüngesinde dolaşırken sensor dünya yüzeyinin bir kısmını görebilir. Tarama genişliği olarak adlandırılan bu alanın genişliği onlarca kilometreden yüzlerce kilometreye kadar olabilmektedir (Şekil 3.7).



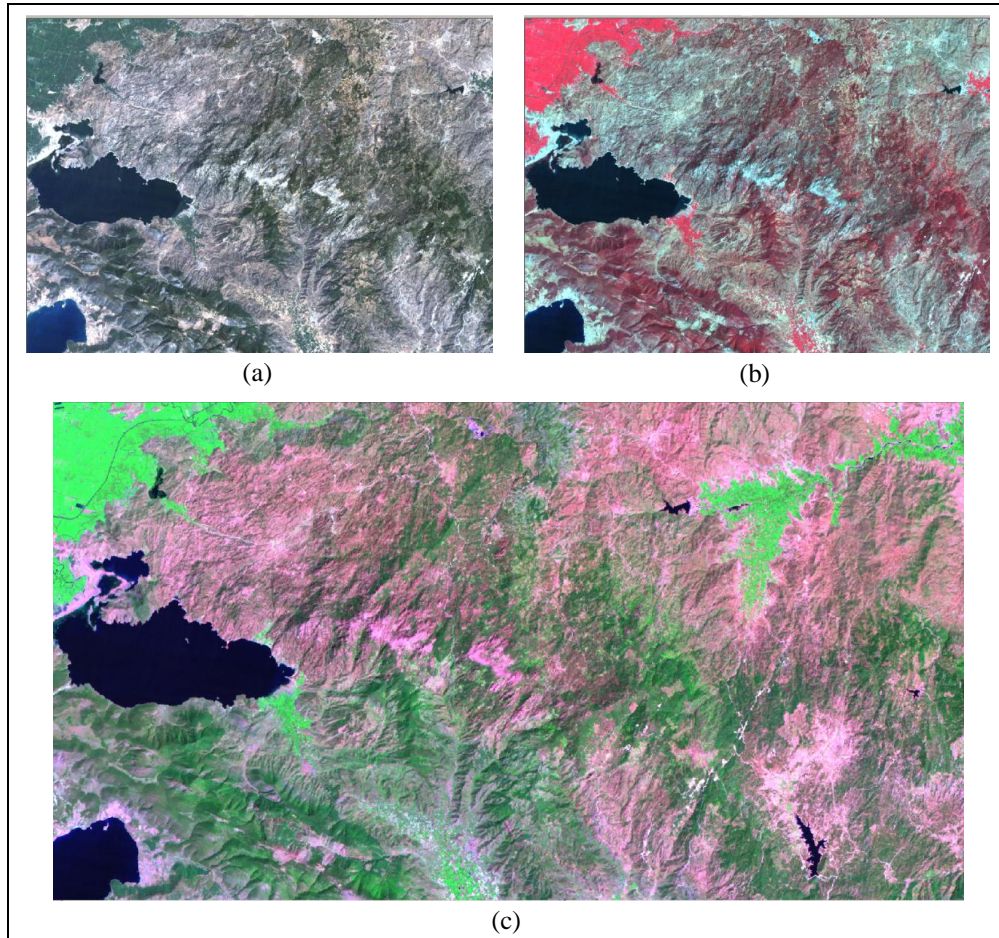
Şekil 3.7 Bir UA uydusunun tarama genişliği (Canada Centre for Remote Sensing [CCRS], bt., s. 37).

### 3.6.3 Bantlar

EM spektrumun belirli dalga boyları arasındaki ışınımın kaydedilmesi ile farklı spektral aralıklarda görüntüler oluşturulmaktadır. Bu görüntülere bant adı verilmektedir. Üç ana renk kanalı (Kırmızı, yeşil, mavi; RGB) kullanılarak bantlar beraber görüntülenebilmekte, farklı bantlar temsil ettikleri dalga boyu aralığına göre farklı alanların araştırmasında kullanılabilir. Bant oranları veya RGB düzenindeki farklı bantların dizilimi ile çeşitli görüntüler elde edilmektedir.

Örneğin; Landsat TM'nin 3, 2, 1 bantları sırasıyla RGB kanalları kullanılarak Şekil 3.8a'daki gibi bir görüntü oluşturulabilmektedir. Bu görüntüye gerçek renkli

(true color) görüntü adı verilir. Diğer bir görüntüleme biçimi olan yapay renklendirme (false color) 4, 3, 2 bantları kullanılarak yapılabilmektedir. Bantların bu kombinasyonunda canlı bitkiler 4. banttan dolayı daha da belirginleşecek (kırmızı) yollar ise siyaha yakın gözükecektir (Şekil 3.8b). Yapay renklendirmeye başka bir örnek Şekil 3.8c’de verilmektedir. 7, 4, 2 (ASTER için 731) bantlarının kullanımı oluşturulan bu görüntüler “bölgesel tektonik analizlerinde kullanılmakta ve jeolojik haritaların oluşturulmasına dayanak sağlamaktadır” (Kusky ve Ramadan, 2002). Oluşturulan RGB 742 görüntüsünde farklı renkler farklı mineralleri belirtmekte olup, “kırmızı, macenta (morumsu kırmızı) veya pembe mineralleri; siyah veya koyu mavi suyu ve yeşil bitkileri temsil eder” (Imbroane, Melenti ve Gorgan, 2007). Bantların RGB düzeninde görüntülenmesi maden aramaların sadece genel yapının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu yüzden, daha detay araştırmalar için görüntü işleme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir.



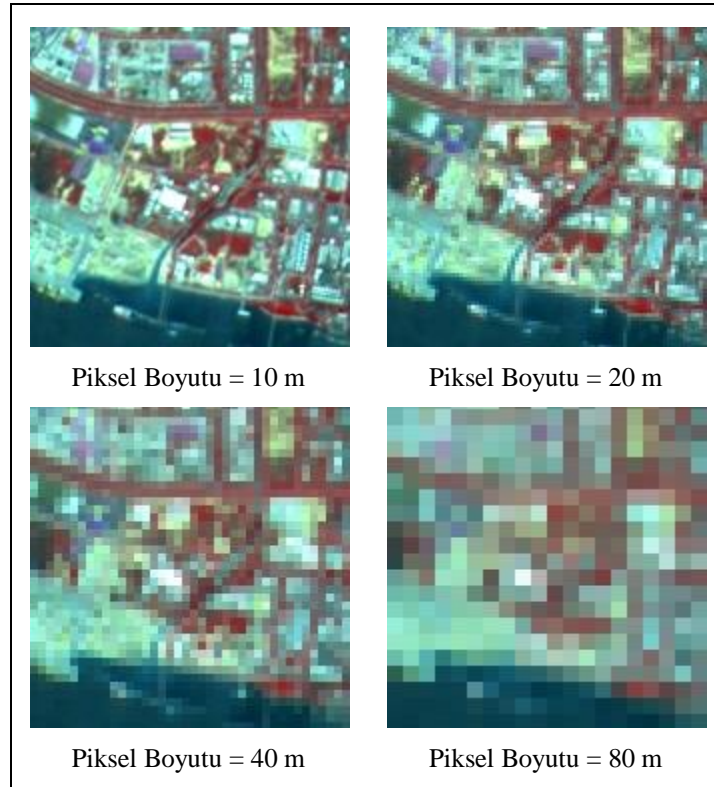
Şekil 3.8 Landsat TM kullanılarak RGB düzeninde bantların gösterimi (a: RGB: 321, b: RGB: 432, c: RGB 742)

### 3.6.4 Çözünürlük

“Çözünürlük; bir UA sisteminin mekânsal, spektral ve radyometrik detayları kaydetme ve gösterme kabiliyetidir.” (Campbell, 2002, s. 272) UA verisinin bu üç detayla olan ilişkisinin yapılacak olan görüntü işleme yöntemlerine etkisi büyüktür.

UA verilerindeki çözünürlük dört ayrı şekilde bulunmaktadır:

- Mekânsal Çözünürlük: Bir görüntüde mekânsal detayın en iyi derecede olmasıdır. Başka bir deyişle, bir görüntüdeki küçük nesnelerin görünürlüğüdür. Çözünürlük piksel boyutu ile sınırlıdır (Şekil 3.9).

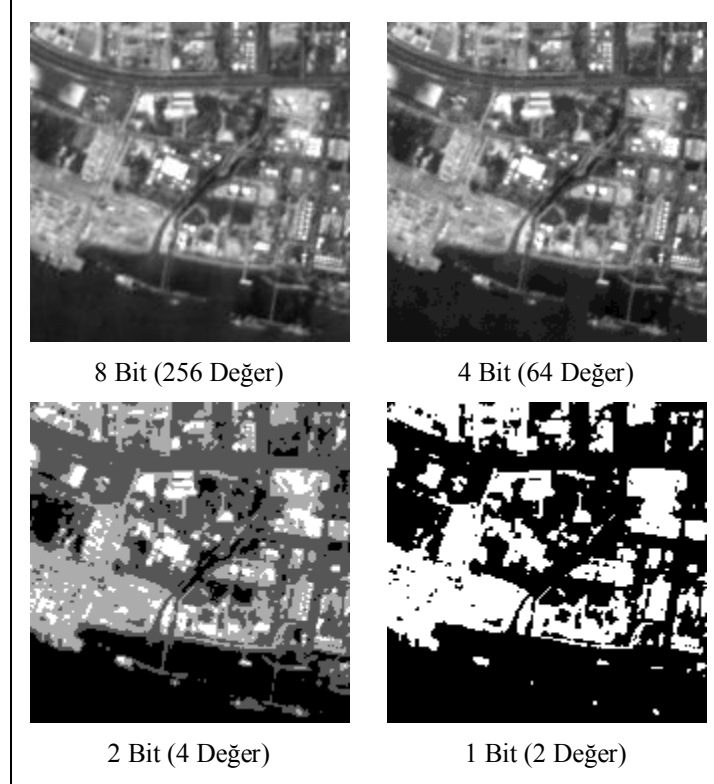


Şekil 3.9 Bir bölgenin dört farklı mekânsal çözünürlükteki görüntüleri (Liew, 2001).

- Radyometrik Çözünürlük: Parlaklığın birçok seviyesinin görüntüleme sistemi tarafından kayıt edilebilme yeteneğidir. Sayısal görüntüler için, radyometrik çözünürlük veri depolama birimleri (veya bitler) ile ilişkilidir. Birçok sayısal



görüntü 8 bit ( $2^8 = 256$  değer) veya 16 bit ( $2^{16} = 65.536$  değer) olarak dosyalar halinde saklanmaktadır. Örneğin, 8 bit saklanan bir görüntü 256 parlaklık seviyesine sahiptir ve siyah (0) ve beyaz (255) arasında değerler olarak değişmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Bir bölgenin farklı radyometrik çözünürlüklerdeki görüntüleri (Liew, 2001).

- Spektral Çözünürlük: Sensorun dalga boyu aralıklarını iyi derecede tanımlama yeteneğidir.
- Zamansal Çözünürlük: Bir UA sisteminin zamanın belirli aralıklarında aldığı görüntünün sıklık kabiliyetidir.

### 3.7 Uzaktan Algılama Sistemleri

Bilimde ve teknolojiye hızlı ilerleme sayesinde farklı uygulamalara yönelik farklı sensor tipleri geliştirilmiştir. 2007 yılı rakamları ile dünya yörüngesinde 31

adet UA uydusu bulunmaktadır. Aşağıda, kullanılmakta olan bazı platform/sensörler verilmektedir (Kerle ve diğer., 2004, s.121):

- Yüksek çözünürlüklü pankromatik sensörler (Piksel boyutu 0,5 m ila 6 m). (OrbView/PAN, Ikonos/PAN, QuickBird/PAN, EROS/PAN, IRS PAN, Spot/PAN).
- Maltispektral sensörler (4 m ila 30 m mekânsal çözünürlükte). (Landsat/ETM+, Spot/HRG, IRS/Liss3, Ikonos/OSA, CBERS/CCD, Terra/Aster).
- Meteoroloji uyduları ve diğer düşük çözünürlüklü sensörler (Piksel boyutu 0,1 km ila 5 km). (GOES/Imager, Meteosat/Seviri, Insat/VHRR, NOAA/AVHRR, Envisat/Meris, Terra/MODIS, Spot/VEGETATION, IRS/WiFS).
- Radar amaçlı görüntüleme (8 m ila 150 m mekânsal çözünürlükte). (Envisat/ASAR, ERS/SAR, Radarsat/SAR).

### **3.7.1 Landsat Sistemi**

İlk UA uydusu olan Landsat sistemi ABD tarafından 1972 yılında The Earth Resources Technology Satellite-1 ismiyle (ERTS-1; 1975’de ismi Landsat-1 olarak değiştirilmiştir, 1978’de görevi sonlanmıştır) dünya yörüngesine fırlatılmıştır. Takip eden yıllarda Landsat-2 (1975-1982), 3 (1978-1983), 4 (1982-2001), 5 (1984-), 6 (1993-) yörüngeye gönderilmiş (Landsat 6 fırlatma sırasında tahrip olmuştur) ve son olarak 1999 yılında Landsat-7 dünya yörüngesine yerleştirilmiş ve halen hizmet vermektedir.

Landsat-5 MSS (Multispectral Scanning System) ve TM (Thematic Mapper) olarak iki algılama sistemi (MSS 1992 yılında durdurulmuştur), Landsat-7 ise ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) algılama sistemi taşımaktadır. Yeryüzünden 705 km uzakta yörüngede dolanan bu iki uydu 185 km tarama genişliğine sahiptir (Landsat: A Global Land Imaging Project, b.t.). Landsat-5’in teknik özellikleri Tablo 3.3’de verilmektedir. Landsat-7’nin Landsat-5’den farkı termal kızılötesi bandının

mekânsal çözünürlüğü 120m yerine 60 m olmasıdır. Diğer bir fark ise Landsat-7'ye 8. bant olarak 15 m çözünürlüklü pankromatik bant ilave edilmiştir.

Tablo 3.3 Landsat-5 teknik özellikleri ve uygulamalar (Landsat: A Global Land Imaging Project, b.t.).

| <b>Bant</b> | <b>Spektral Aralık (<math>\mu\text{m}</math>)</b> | <b>İsim</b>      | <b>Yersel Çözünürlük (m)</b> |
|-------------|---|------------------|------------------------------|
| 1           | 0,45 - 0,52                                       | Mavi-Yeşil       | 30                           |
| 2           | 0,52 - 0,60                                       | Yeşil            | 30                           |
| 3           | 0,63 - 0,69                                       | Kırmızı          | 30                           |
| 4           | 0,76 - 0,90                                       | Yakın kızılötesi | 30                           |
| 5           | 1,55 - 1,75                                       | Orta-kızılötesi  | 30                           |
| 6           | 10,40 - 12,50                                     | Uzak kızılötesi  | 120                          |
| 7           | 2,08 - 2,35                                       | Orta-kızılötesi  | 30                           |

### 3.7.2 Aster Sistemi

Abrams, Hook ve Ramachandran (bt, s. 8) hazırladıkları ASTER Kullanıcı Kılavuzu'nda ASTER görüntülerinin teknik özelliklerini özet olarak şöyle açıklamaktadır;

ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) Aralık 1999'da NASA'nın Terra uzay aracına monte edilerek fırlatılan ileri çoklu spektral bir görüntüleyicidir. ASTER; yüksek mekânsal, spektral ve radyometrik çözünürlükle görünürden termal kızılötesine doğru 14 bant ile geniş bir spektral alanı içermektedir. Buna ek olarak stereo görüntüler için geri bakışlı yakın kızılötesi bandına sahiptir (3B bandı). Mekânsal çözünürlük farklı bantlara göre değişerek; görünür ve yakın kızılötesinde (3 bant; Visible and Near Infrared Radiometer, VNIR) 15 m, kısa dalga kızılötesinde (6 bant; Short Wave Infrared Radiometer, SWIR) 30 m ve termal kızılötesinde (5 bant; Thermal Infrared Radiometer, TIR) 90 m'dir (Tablo 3.4). Her ASTER görüntüsü 60 x 60 km'lik alanı kapsamaktadır.... ASTER, NASA ve Japonya Ekonomi, Ticaret ve

Endüstri Bakanlığı'nın ... [i]şbirliği ile hayata geçmiştir.... Terra uzay aracı yörüngede yerküreden 705 km uzakta konumlanmıştır.

Tablo 3.4 ASTER spektral bant geçişleri (Abrams ve diğer., bt, s. 10)

| Bantlar | Bant No.                           | Spektral Aralık ( $\mu\text{m}$ ) | Çözünürlük (m) |
|---------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| VNIR    | 1 (Yeşil)                          | 0,52 - 0,60                       | 15             |
|         | 2 (Kırmızı)                        | 0,63 - 0,69                       |                |
|         | 3N (Yakın kızılötesi)              | 0,78 - 0,86                       |                |
|         | 3B (Geri bakışlı yakın kızılötesi) | 0,78 - 0,86                       |                |
| SWIR    | 4                                  | 1,600 - 1,700                     | 30             |
|         | 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                     |                |
| TIR     | 10                                 | 8,125 - 8,475                     | 90             |
|         | 11                                 | 8,475 - 8,825                     |                |
|         | 12                                 | 8,925 - 9,275                     |                |
|         | 13                                 | 10,25 - 10,95                     |                |
|         | 14                                 | 10,95 - 11,65                     |                |

ASTER sisteminin kullanıcılara yönelik farklı ürünleri bulunmaktadır. Bu ürünler Tablo 3.5'de verilmektedir (ASTER data products, b.t.).

ASTER verisinin avantajı, “görünür yakın-kızılötesinden kısa-dalga kızılötesine, bundan da termal kızılötesinde geniş bir spektral aralığın ve yüksek mekânsal çözünürlüğün özgün bir kombinasyonu olmasıdır” (Gad ve Kusky, 2007). “ASTER verisi çoğunlukla bitki ve ekosistem araştırmaları, afetleri izleme, jeoloji, iklimbilim, hidroloji ve yüzeydeki değişimlerin incelenmesi gibi araştırmalarda kullanılmaktadır” (Fujisada, 1998).

Tablo 3.5 ASTER standart ve yarı standart ürünleri (ASTER data products, b.t.).

| İsim      | Sensor*   | Açıklama  |
|-----------|-----------|---|
| Level 1 A | V1,V2,S,T | Geometrik ve radyometrik kalibrasyon katsayılar görüntülere eklenmiş fakat uygulanmamıştır.   |
| Level 1 B | V1,V2,S,T | Level 1A verisine radyometrik ve geometrik katsayıların uygulanması ile elde edilir.  |
| 2B01V     | V         | Yüzey Işınımı: Atmosferik düzeltmeler uygulanmıştır. Güneşli bir günde alınan yüzey ışınımları hesaplanmıştır.  |
| 2B01S     | S         |   |
| 2B01T     | T         |   |
| 2B03      | T         | Yüzey Sıcaklığı: Atmosferik olarak düzeltilmiş 2B01T verisinden elde edilir.  |
| 2B04      | T         | Yüzey Yayım Kabiliyeti: Atmosferik olarak düzeltilmiş 2B01T verisinden elde edilir.   |
| 2B05V     | V         | Yüzey Yansıması: Bu tip görüntüler atmosferik düzeltmelerden sonra yüzey yansıması gösterir.  |
| 2B05S     | S         |   |
| 3A01      | V1,V2,S,T | Ortogonal (dikgen) Görüntü: Koordinatlandırmada yeryüzü şekilleri (yüksekliler) tarafından bükülen görüntü düzeltilir ve topografya ile eşleştirilir. Bu ürün Level 1A verisi ve DEM'den (Digital elevation model, Sayısal yükseklik modeli; 4A01X) elde edilir. Ürüne DEM verisi de eklenmiştir. |
| 4A01      | V2        | DEM: 3N ve 3B bantlarından elde edilir.   |

\* V1: VNIR bantları 1, 2; V2: VNIR bantları 3N, 3B; V: VNIR; S: SWIR; T: TIR.

ASTER internet sitesi (ASTER, b.t.) 12 Ocak 2009 tarihinde SWIR detektör sıcaklıklarında bir anomali oluştuğunu ve Nisan 2008'den itibaren SWIR verilerinin kullanışsız olduğunu duyurmuştur.

### 3.8 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme Ve Analizler

UA ile yeryüzü hakkında bilgi edinimi kendine özgü işlemlerle yapılmaktadır. Sayısal görüntü işleme ve analizi olarak adlandırılan bu işlemler veriye değer kazandırmakta, değer kazanan veri yorumlanarak yeni bilgiler elde edilmektedir.

Aronoff (2005, s. 287) sayısal görüntü analizini şöyle açıklamıştır:

Sayısal görüntü analizi; uzaktan algılanan görüntünün görselliğini zenginleştirerek bilgiyi bu görüntüden çıkaran uzman teknikler ve bilgisayar işleme araçlarıdır. Bunun yanında, seçilen bir harita tabanına göre eşleştirilerek görüntünün düzeltilmesidir. Görüntülerin üst üste bindirilmesi kabiliyetinin yanında, sayısal görüntü işleme metotları görsel olarak yorumlamayı önemli ve tamamlayıcı bir hale getirmiştir.

Görüntü işleme ve analizler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (CCRS, bt., s. 147):

- Ön işlem
- Görüntü iyileştirme
- Görüntü dönüşümleri
- Görüntü sınıflama ve analizi

### **3.8.1 Ön İşlem**

Ham uydu görüntülerine çalışma öncesinde bazı düzeltmeler yapmak çalışmanın sağlıklı yürütülmesi açısından gerekli bir süreçtir. Mather (1999) proses öncesi çalışmaları “geometrik ve radyometrik eksikliklerin düzeltilmesi ve hatalı verilerin giderilmesi” olarak belirtmiştir.

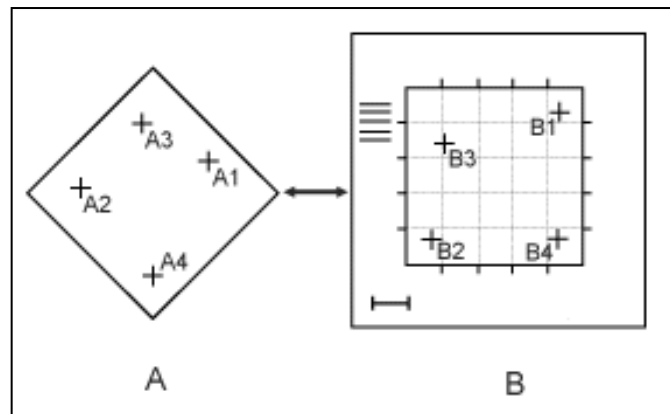
UA sistemi tarafından ölçülen ışınım bazı faktörler (gölge, sis, sensor özellikleri, vb.) tarafından etkilenmekte ve veri kalitesini düşürmektedir. Verilerin bu faktörlerin etkilerini en aza indiren (veya kaldıran) radyometrik düzeltmeler uzaktan algılanan veri üzerine yapılan ön işlemlerin ilkinin oluşturmaktadır.

Veri kalitesini etkileyen faktörlerin “atmosferik düzeltme gibi teknikler kullanılarak giderilmesinin yanında, birçok bandın beraber kullanılmasıyla telafi edilebilmektedir. Örneğin, gölgenin etkisi iki bandın oranlanması ile

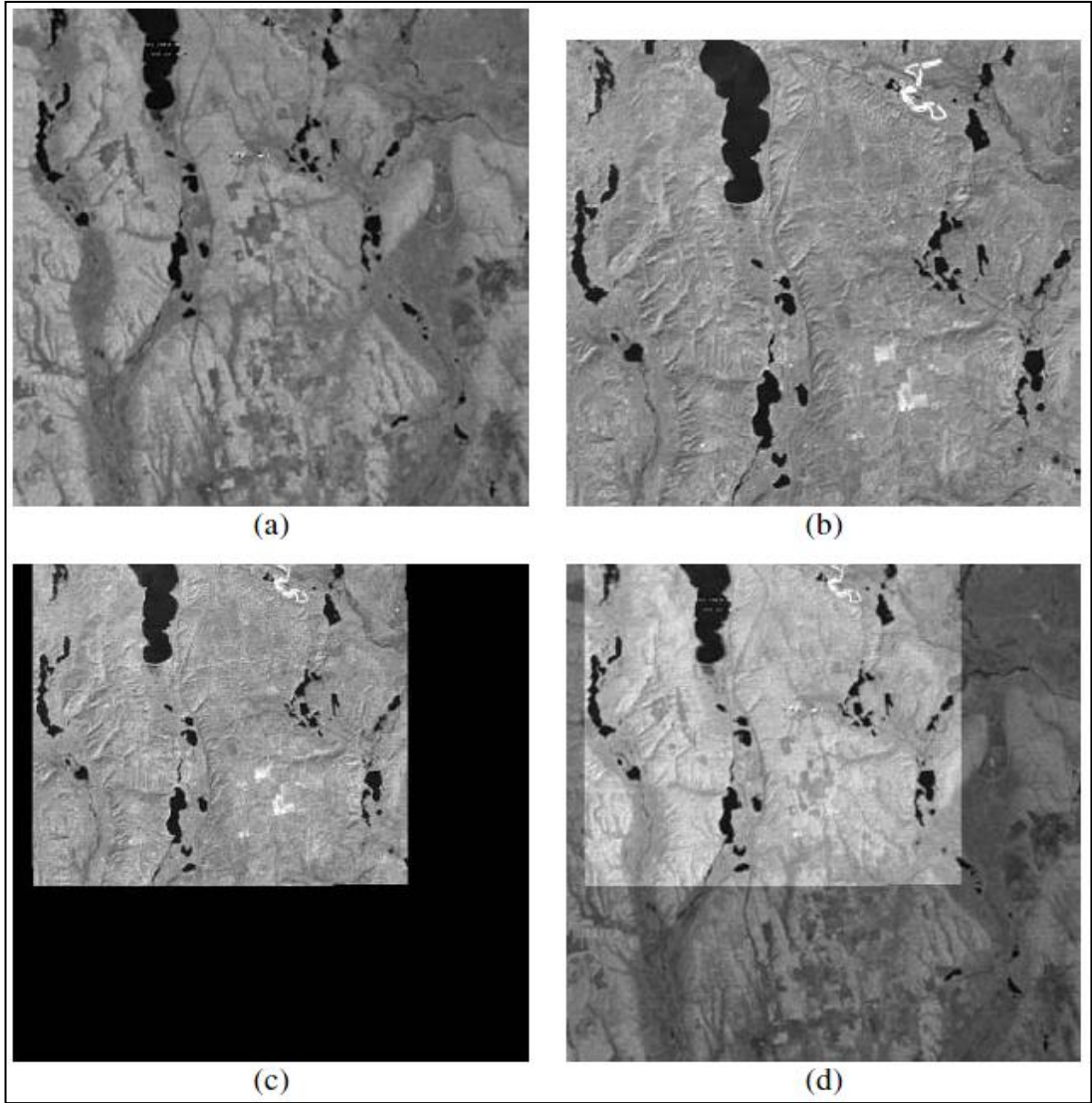
azaltılabilmektedir” (Aronoff, 2005, s. 289). Geometrik düzeltmelerin amacı ise “görüntüyü geometrik olarak gerçek dünyaya en yakın şekle dönüştürmektir” (Yomralıoğlu, 2002, s. 130).

Geometrik düzeltme işlemi, birbirinden farklı yer kontrol noktalarının (Ground control points, GCP) tanımlanması ve yer koordinatlarında gerçek pozisyonlarının eşleştirilmesidir (Şekil 3.11, A). Bir alanın gerçek koordinatları genellikle kağıt veya sayısal formattaki haritadan ölçülmektedir (Şekil 3.11, B).... Birbirinden farklı ve iyi dağılmış yer kontrol noktaları tanımlandığı zaman, koordinat bilgisi bilgisayar tarafından ... [i]şlenmektedir. Geometrik düzeltme ayrıca coğrafi koordinatların kullanılması yerine bir görüntünün diğer bir görüntü ile düzeltilmesi (eşleştirilmesi) şeklinde de uygulanabilmektedir (Şekil 3.11) (CCRS, bt., s. 151).

Şekil 3.11’den görüldüğü üzere, A referans haritasındaki noktalar (A1, A2, A3, A4) B görüntüsündeki noktalar (B1, B2, B3, B4; GCP) referans alınarak düzeltilmekte ve A görüntüsü gerçek dünyaya en uygun hale getirilmektedir. Şekil 3.12’de ise farklı bir referans görüntü (Landsat MSS) kullanılarak diğer görüntünün (Landsat TM) coğrafi düzeltmesi yapılmakta ve 2 görüntünün üst üste getirilmesi suretiyle geometrik düzeltme doğrulanmıştır.



Şekil 3.11 UA görüntüsü koordinatlarının bir haritanın referans olarak kullanılması ile coğrafi düzeltme yapılması (CCRS, bt., s. 151).



Şekil 3.12 UA görüntüsünün başka bir görüntü referans alınarak coğrafi düzeltme yapılması: (a) Referans görüntü olarak kullanılan Landsat MSS görüntüsü. (b) Geometrik düzeltme yapılacak uzaktan algılanan görüntü. (c) Geometrik olarak düzeltilmiş görüntü. (d) Referans ve düzeltilmiş görüntünün üst üste getirilmesi (Goshtasby, 2005, s. 2).

Geometrik düzeltmeler sayısal görüntü analizinde önemli bir işlemdir. Özellikle farklı zamanlara ait iki veya daha fazla görüntü üzerindeki değişimin belirlenmesi çalışmalarında nesnelere mümkün olduğunca aynı koordinatlarda bulunması çalışmanın sağlıklı olması açısından önemlidir. Bunun yanında, radyometrik düzeltmelerin yapılması da verinin kullanıcı tarafından doğru algılanması ve sonraki işlemlerde hatanın (nesnelere yansıyan enerjinin olmadığı şekilde kaydedilmesi) en aza indirilmesine yardımcı olmaktadır.



### 3.8.2 Görüntü İyileştirme

Yomralıoğlu (2002, s. 131) görüntü iyileştirmeyi şöyle açıklamaktadır; “Görüntü zenginleştirme (iyileştirme) görsel yorumlama ve görüntünün daha iyi anlaşılabilmesi için yapılır. Piksel değerlerine elle direkt müdahale etme imkânı görüntü işlemede avantajdır. Görüntü zenginleştirme fonksiyonları ekran üzerinde çeşitli detaylar arasındaki ton farklarını daha da belirginleştirir”.

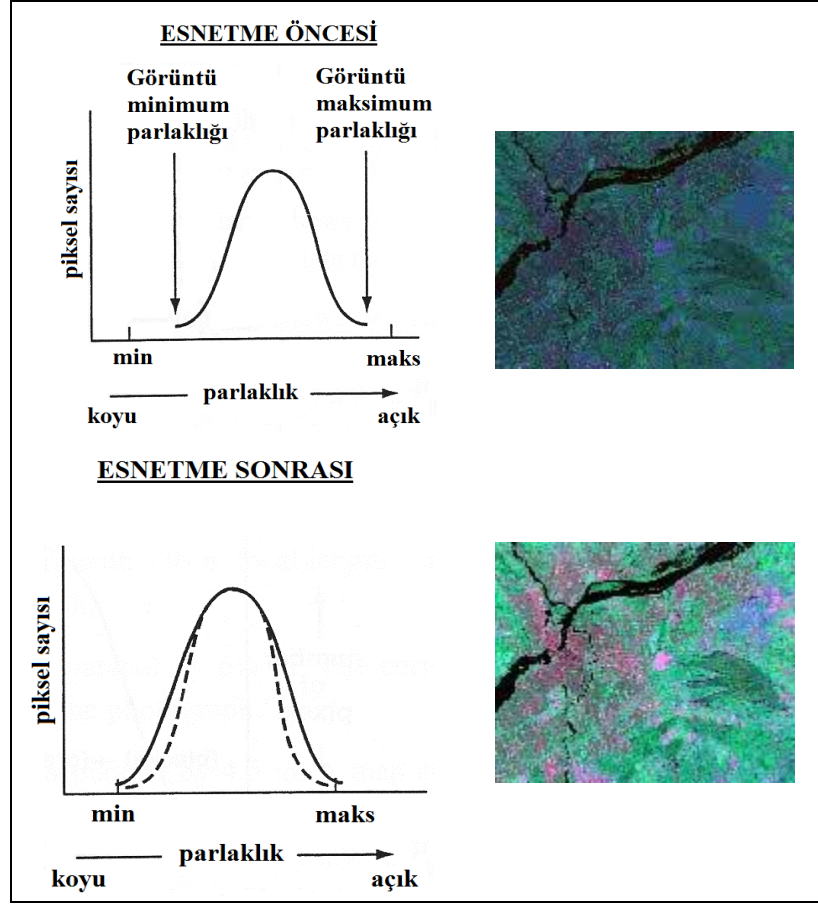
İyileştirme fonksiyonlarına örnek; görüntüdeki çeşitli özellikler arasındaki tonsal ayrımları arttırmak için karşıtlık esnetme (contrast stretching) veya görüntüde belirli olan nesnelerin detaylarını iyileştirmek (veya kaldırmak) için mekânsal filtreleme (spatial filtering) sayılabilmektedir.

Görüntünün parlaklık değerlerinin grafik sunumu olan histogramlarda parlaklık değerleri –eğer görüntü 8 bit ise–  $x$  ekseninde 0’dan 255’ya kadar değerler,  $y$  ekseninde ise frekans değerleri yer almaktadır. Histogramdaki sayısal değerlerin aralığı genişletilerek kullanıcının isteği doğrultusunda görüntünün karşıtlığı iyileştirilebilmektedir. İşte bu iyileştirmeye en basit örnek doğrusal karşıtlık esnetmesidir. Doğrusal karşıtlık esnetmesinde değerler 0 ila 255 arasında genişletilerek değerlerin minimum ve maksimum aldığı değerler göz önünde tutularak genişletilen histogram oluşturulmaktadır (Şekil 3.13).

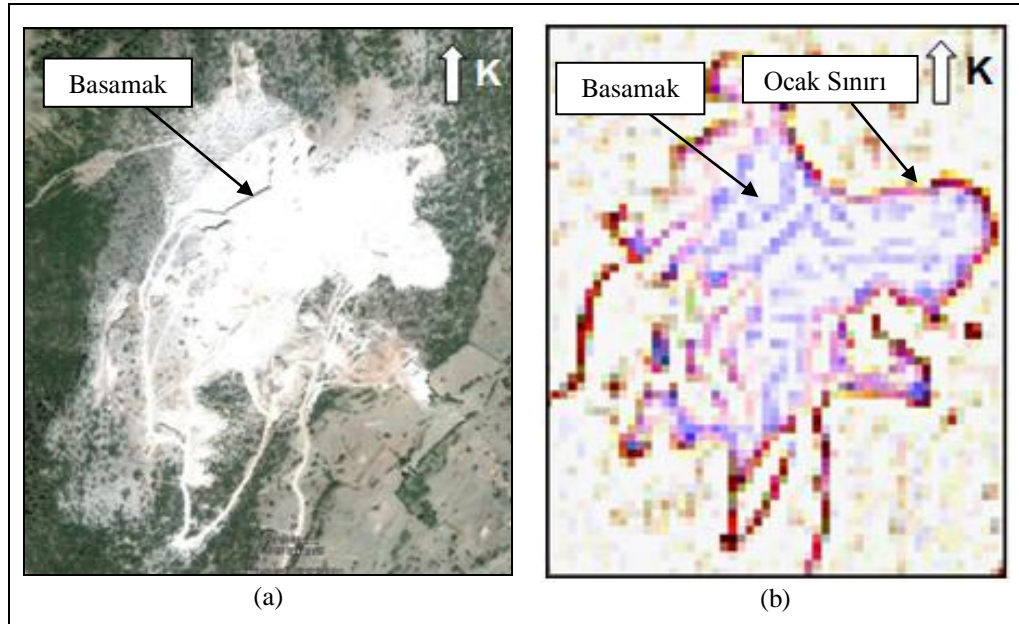
Sayısal görüntü analizinde sıklıkla kullanılan diğer karşıtlık esnetme teknikleri ise histogramın bölümlere ayırarak yapılan doğrusal karşıtlık esnetme (piecewise linear stretch) ve histogram eşitlemesidir (histogram equalization).

Nesnelerin detaylarının iyileştirilmesi için kullanılan filtreleme teknikleri ise nesnelerin kenarlarını keskinleştirme veya yumuşatılması için kullanılır. Jeolojik araştırmalarda fayların belirginleştirilmesi, şehir planlamada yapıların belirlenmesi veya haritacılık gibi çalışmalarda kullanılmaktadır.

Madencilikte uygulamalarında açık ocak sınırlarının belirlenmesi veya basamakların belirginleştirilmesi örnek olarak verilebilir (Şekil 3.14).



Şekil 3.13 Doğrusal parlaklık artırma (Campbell, 2002, s. 153; CCRS, bt., s. 154).



Şekil 3.14 (a) Bir mermer ocağının uydu görüntüsü [Kaynak: Google Earth, Görüntü tarihi: 19.08.03]; (b) Aynı mermer ocağının ASTER RGB 321 görüntüsünün filtrelenmiş ve renklerinin ters çevrilmiş hali [Görüntü tarihi: 06.07.07].

### 3.8.3 Görüntü Dönüşümleri

Görüntü dönüşümleri en basit anlatımla “hesaplanan (dönüştürülen) görüntünün üretilmesi için birden çok bandın işlenmesi” olarak tanımlanmıştır (Gupta, 2003, s. 223). Tek bir bandın veya farklı spektral aralıktaki bantların RGB düzeninde görüntülenmesiyle yer yüzeyi ile ilgili araştırmalar yapmak sadece araştırılan sahanın genel özelliklerini sunmaktadır. Bu yüzden; UA görüntüleri üzerinde veriye değer kazandırmaya yönelik olarak bazı teknikler geliştirilmiştir.

#### 3.8.3.1 Aritmetik İşlemler

Bant aritmetiği, farklı spektral aralıklara sahip bantlarla basit aritmetik işlemlerin (toplama, çıkarma, çarpma veya bölme) yapılması işlemidir. Görüntüyü oluşturan ve coğrafi olarak bir piksele bağlı olan DN’lerden (veya piksel parlaklığından) yararlanılarak yapılan aritmetik işlemler görüntü verisinin iki veya daha fazla bandının kullanılmasıyla yeni bir görüntünün elde edilmesi şeklinde olmaktadır. Aritmetik işlem yapılacak bantların mutlaka aynı projeksiyonda (koordinat sisteminde) ve herhangi bir nesneyi temsil eden piksellerin eş koordinatlara sahip olması gerekmektedir.

Liu ve Mason (2009, s. 21, 22, 23, 24) aritmetik işlemleri şöyle açıklamıştır;

Aritmetik işlemler bazen toplama ve çıkarmada matris işlemlerinin aynısı şeklinde yapılırken, çarpma ve bölmede ise matris işlemlerinden tamamen farklı olarak uygulanmaktadır.... Aritmetik işlemler pikselden piksele yapılmakta,  $X_i$  ve  $i = 1, 2, \dots, n$  sırasıyla,  $i$ 'inci bandı ve  $n$  bantlı görüntü veri setinin  $i$ 'inci bandındaki herhangi bir pikseli göstermektedir.

Bantların toplama ve çıkarması aşağıdaki formüllerle tanımlanmaktadır:

Toplama: 
$$Y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n w_i X_i$$

Çıkarma:  $Y = \frac{1}{k}(w_i X_i - w_j X_j)$

Çarpma:  $Y = X_i X_j$

Bölme:  $Y = \frac{X_i}{X_j}$

Burada;

$Y$ : Çıktı görüntüsü,

$k$ : Ölçekleme katsayısı,

$n$ : Bant sayısı,

$w_{i(j)}$ :  $X_{i(j)}$  görüntüsünün ağırlığıdır.

Çarpma işlemi pikselden piksele  $i$  bandının DN'sinin  $j$  bandının DN'i ile çarpılması ile elde edilmektedir. Sayısal görüntüler iki boyutlu olarak sıralanmakta ve matris değerlerdir. Bu yüzden, çarpma işlemi matris çarpımı şeklinde yapılmamaktadır.

Görüntülerin birbirine bölünmesinin kullanımı yaygın bir teknik olup, tek sorun  $X_j$ 'nin sıfır değeri almasından dolayı bölme işleminin tanımsız olmasıdır. Günümüz görüntü işleme yazılımları bazı teknikler (8 bit görüntüler için; DN aralığının 0-255 aralığı yerine 1-256 yapılması veya  $[1/255]-1$  aralığına dönüştürülmesi gibi) kullanarak tanımsızlıktan dolayı ortaya çıkan sorunları gidermeye çalışmaktadır.

Richards ve Jia (2006, s. 160) bant aritmetiğinin kullanımına yönelik şu eklemeyi yapmıştır;

Aynı bölgenin iki farklı (iki farklı tarihe ait) görüntüsü arasındaki değişimin belirlenmesinde iki görüntünün birbirinden çıkarılması kullanılabilir. Bölmede (veya oranlama), aynı görüntünün farklı spektral bantlarından yararlanılmakta; topografyanın etkilerinin azaltılması, bitki indeksi ve kayaçların

spektral yansıma özelliklerindeki ince detayların zenginleştirilmesi için kullanılmaktadır.

Bantların oranlanması, “yüzey birimlerinin birbirinden ayırt edilmesini geliştirmekte ve bu yüzden geniş ölçüde yerbilimleri araştırmalarında kullanılmaktadır. İyi formüle edilmiş ve spektroskopik temelde uygulandığında etkili bir spektral analiz aracı olabilmektedir” (Rencz, 1999, s. 257). Bant oranlaması; “spektral bantların çoğunlukla dalga boyu bölgesi içinde ve dışında olacak şekilde, belirli bir hedefin en düşük ve en yüksek spektral yansımasının seçimi” (Vincent, 1997, s. 112) şeklinde uygulanmaktadır. Başka bir deyişle bant oranlaması; hedef nesnenin yansıma değerlerinin maksimum ve minimum olduğu spektral aralıklardaki bantların birbirine oranlanması ile yapılarak, yüksek yansıma değerleri daha da artırılarak, farklı spektral yansıma değerlerine sahip çeşitli nesnelerin birbirinden ayrımı sağlanmaktadır.

Bant oranlamasına en iyi örnek bitkilerin diğer nesnelere ayrımı verilebilmektedir. “Sağlıklı bitkiler spektrumun kırmızı bölümünde güçlü bir absorpsiyon, yakın kızılötesi bölümünde ise güçlü bir yansıma gösterirler. Toprak ve su gibi diğer yüzey tipleri ise yakın kızılötesi ve kırmızı bölümde eşite yakın bir yansımaya sahiptirler” (CCRS, bt., s. 158). ASTER’in 3N ve B2 bantları (yakın kızılötesi: 0,78-0,86; kırmızı: 0,63-0,69) oranlandığında (3N / B2) bitkiler için oran 1’den daha büyük değerler, toprak ve su için ise 1’e yakın değerler çıkacaktır. Böylece, üzerinde canlı bitki olan yüzeylerin diğer yüzey tiplerinden ayrımı yapılabilmektedir.

Yakın kızılötesi ve kırmızı bantlarının oranlanması literatürde bir bitki indeksi olan Basit Bitki İndeksi (The Simple Vegetation Index, SVI; Jordan, 1969) olarak adlandırılmaktadır. Bitki indeksleri (Vegetation indices, VI), “sayısal parlaklık değerlerine ve biokütle veya bitkisel enerjinin ölçülmesi temeline dayanmaktadır. Bir bitki indeksi, birkaç spektral değerlerin toplanması, bölünmesi veya çarpılması şeklinde hesaplanmaktadır” (Campbell, 2002, s. 465). “VI’ler çoğunlukla bitkilerin sağlıklı olup olmadıklarını ifade etmektedir” (Pinter Jr. ve diğer., 2003).

VI'ler global ve geniş bir bölgesel ölçekte biyofiziksel çalışmalarda (iklim, biojeokimyasal, hidrolojik modelleme), doğal kaynak envanteri ve izlenmesinde, arazi kullanımı planlamada, tarım ürünlerinin izlenmesinde, orman tahribi ve çölleşme araştırmalarında, çevre kirliliği ve halk sağlığı çalışmalarında kullanılmaktadır (Aranoff, 2005, s. 300).

“Birçok araştırmacı yıllardan beri VI'ler ile ilgili araştırmalar yapmışlar, kırka yakın VI geliştirilmişlerdir” (Qinjiu ve Xiangjun, 1998). Bu indekslerden önemlileri aşağıda sıralanmıştır:

- Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi (The Normalized Difference Vegetation Index, NDVI; Rouce vd., 1973):  $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$
- Dönüştürülmüş Bitki Örtüsü İndeksi (Transformed Vegetation Index, TVI; Deering, Rouce, Haas ve Schell, 1975):  $TVI = (NDVI + 0,5)^{0,5}$
- Dikey Bitki Örtüsü İndeksi (Perpendicular Vegetation Index, PVI; Curran, 1983):  $PVI = \sin(a)NIR - \cos(a)R$
- Arttırılmış Bitki Örtüsü İndeksi (The Enhanced Vegetation Index, EVI; Anderson, 1997):  $EVI = 2,5[(NIR - R) / (NIR + 6R - 7,5B + 1)]$

Burada;

*NIR*: Yakın kızıl ötesi bandı,

*R*: Kırmızı bandı,

*B*: Mavi bandı,

*a*: Güneşin geliş açısıdır.

NDVI birçok bilimsel araştırmada sıklıkla kullanılan bir bitki indeksi metodudur. “NDVI biofiziksel bir özellik olup, bitki örtüsünün fotosentez faaliyetiyle

bağıntılıdır. Buna ek olarak, bitkinin canlı olup olmadığının göstergesi koşuldur” (Wang ve Tenhunen, 2004). Tucker’ın (1979) araştırmalarında “NDVI değerlerinin -1,0’le +1,0 arasında değiştiğini fakat bitki değerlerinin 0,1 ila 0,7 arasında değerler aldığı ve yüksek indeks değerleri canlı bitki örtüsüyle orantılı” olduğunu belirtmiştir.

NDVI; Landsat TM ve ETM görüntüleri için  $(B4 - B3) / (B4 + B3)$ , ASTER görüntüleri için  $(B3 - B2) / (B3 + B2)$  şeklinde hesaplanmaktadır.

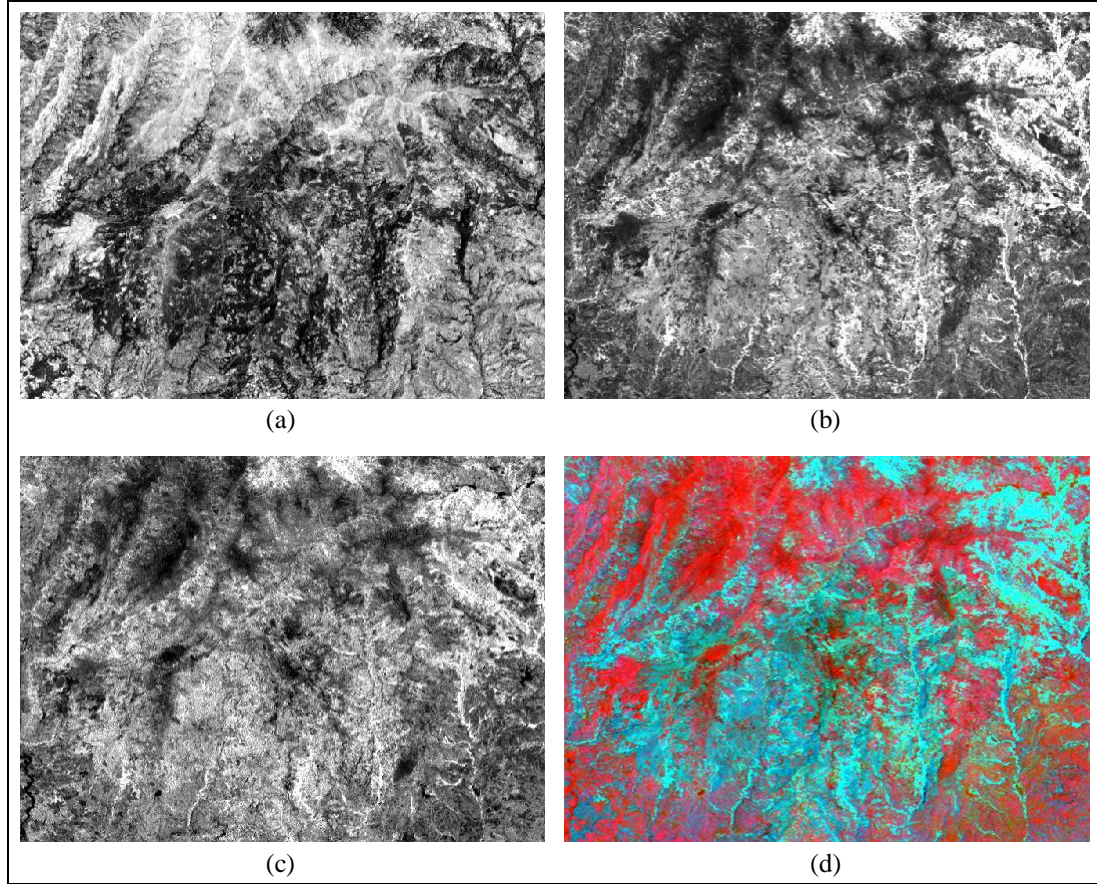
Bant oranlamalarının diğer bir kullanımı jeolojik uygulamalardır. “Bant oranı görüntülerinin jeolojik haritalama ve özellikle jeolojik materyalin tanımlanması için yararlı olduğu kanıtlanmıştır” (Abdeen, Thurmond, Abdelsalam ve Stern, 2001). Farklı kayaç tipleri ve materyallerin sınıflandırılması veya maden aramalarında da kullanılan bant oranlama tekniğinde minerallere ait spektral eğriler kullanılmaktadır.

İlk olarak “1970’lerin başlarında AFCRL (Air Force Cambridge Research Laboratory) tarafından silikat, karbonat, oksit vb. minerallerinin spektral yansımalarını ölçmüştür.... Bu ölçümlerde örneğin, demir oksitlerin görünür kırmızıda (0,73  $\mu\text{m}$ ) yansıma pikine (tepe noktasına), 0,9  $\mu\text{m}$  ve 0,4  $\mu\text{m}$ ’ye yakın değerlerde ise absorbsiyon değerlerine sahip olduğu görülmüştür” (Prost, 2001, s. 175).

Rowan, Wetlaufer, Goetz, Billingsley ve Stewart’ın (1974) Golfield maden sahasında (Nevada, ABD) yaptıkları araştırmada hematit, götit ve limonit gibi mineralleri kapsayan demir oksit minerallerinin AFCRL tarafından belirlenen spektral yansıma ve absorbsiyon değerleri kullanılmıştır. Landsat MSS görüntüleri ile yapılan bu çalışmada bant oranlama tekniğinden yararlanılmıştır.

Farklı bant çiftlerinden türetilen oranlanmış görüntüler çoğunlukla RGB renk düzeninde gösterilirler. Örneğin Landsat TM bantları kullanılarak “3/1 (kırmızı), 4/3 (yeşil) ve 5/7 (mavi) RGB düzeninde görüntülendiğinde kil mineralleri mavi, bitkiler

yeşil ve demir oksit kırmızı renkte görülecektir (Liu ve Mason, 2009, s. 25)” (Şekil 3.15).



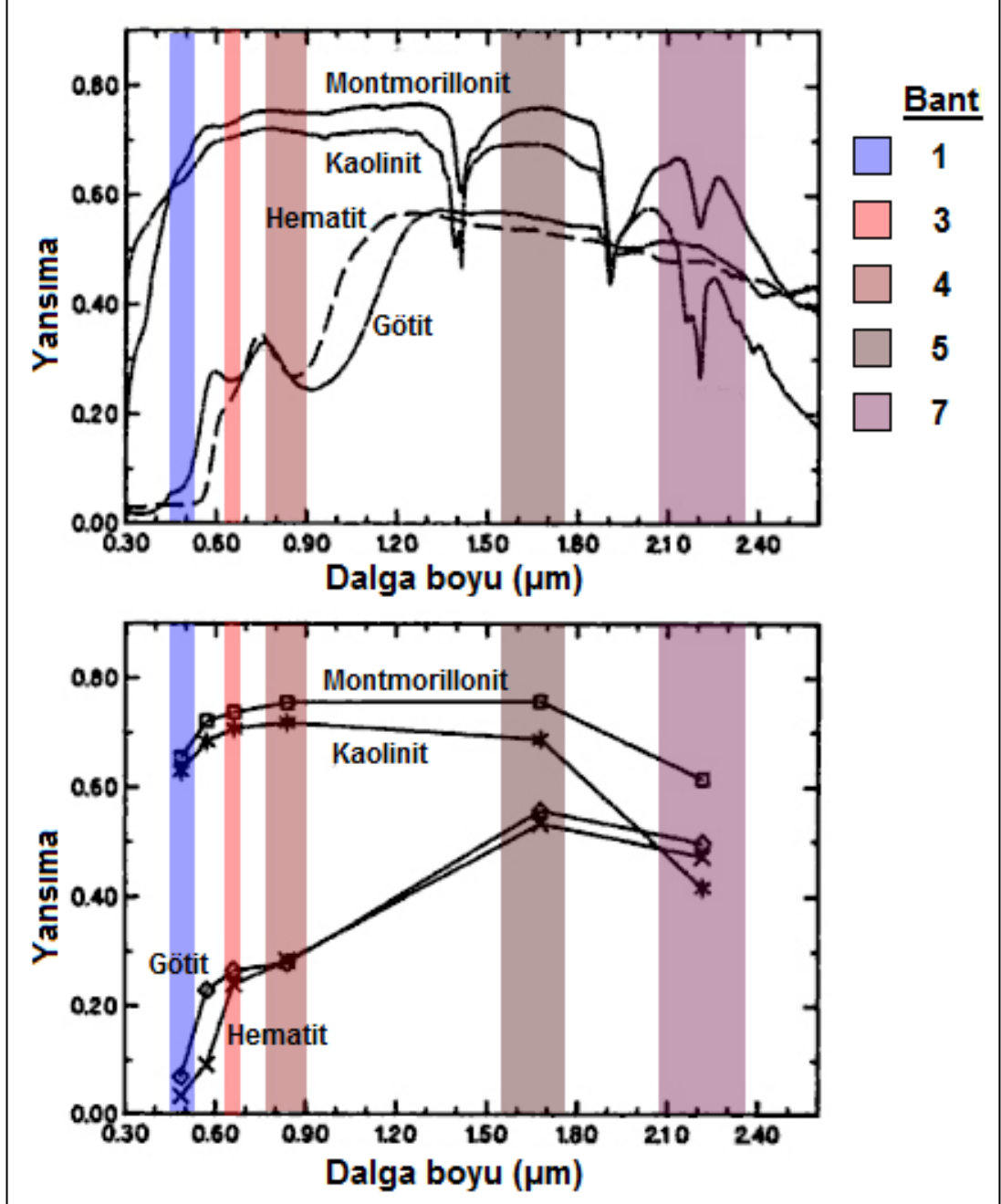
Şekil 3.15 Landsat TM bant oranlamaları: (a) 3/1 oranı, (b) 4/3 oranı, (c) 5/7 oranı, (d) RGB düzeninde 3/1-4/3-5/7 görüntüsü.

Landsat TM 3. bandı demir oksit spektrasında yansımada değerinin ilk maksimum olduğu yerin yakınında konumlanmıştır ve böylece 3. bandın (maksimum) 1. banda (minimum) oranı ile morötesinden görünüre doğru yansımada güçlü bir artış gözlenecektir (Şekil 3.16). Aynı şekilde kaolinit, montmorillonit, alünit (şap taşı) gibi mineraller 1,7 – 2,2  $\mu\text{m}$  arasında yansımada düşüş göstermektedir ... [B]u nedenle 5. bant ile 7. bandın oranı absorpsiyonun kuvvetini arttırmaktadır (Rencz, 1999, s. 258).

Yapılan birçok araştırmada farklı minerallerin tanımlanması ve sınıflandırılmasına yönelik malzemelerin spektral özelliklerine dayanarak birçok bant oranlaması



geliştirilmiştir. Tablo 3.6’de çeşitli kaynaklardan derlenen minerallerin haritalanmasına yönelik bant oranlamaları verilmektedir.



Şekil 3.16 Landat TM'nin 1, 3, 4, 5 ve 7. bantlarının spektral aralıklarına göre montmorillonit, kaolinit, hematit ve götit minerallerinin RELAB'da ölçülen laboratuvar yansımaları (Pieters, 1983; Mustard ve Pieters, 1989'dan değiştirilerek)

Tablo 3.6 Çeşitli minerallerin belirlenmesinde kullanılan bant oranları.

| Oran                            | Uydu Sistemi | Açıklama  | Kaynak   |
|---------------------------------|--------------|---|--|
| 5/7, 5/2, 3/4x5/4               | Landsat TM   | 5/7: Serpantinit; 5/1: mafik organik kayalar; (3/4)x(5/4): mafik olan ve olmayan kayaların ayrımı.  | Sultan, Arvidson ve Sturchio (1986)  |
| 5/3, 5/1, 7/5                   | Landsat TM   | Serpantinit ve metavolkanikler  | Gad ve Kusky (2006)  |
| 7/5, 5/4, 3/1                   |              |   |  |
| 3/1, 4/3, 5/7                   | Landsat TM   | Güneydoğu Wyoming'in (ABD) haritalanması ve litolojik kontrastın artırılması  | Schmidt (1991)   |
| 7/3, 5/2, 4/7                   | Landsat TM   | Jeolojik uygulamalarda genel litolojik haritalama   | Sabins (1997)  |
| 5/7, 4/5, 3/1                   | Landsat TM   | 5/7: Kil mineralleri; 4/5: Hidroksil mineralleri; 3/1: Demir mineralleri (Abram kombinasyonu olarak da bilinir)   | Sabins (1997), Abrams, Brown, Lepley ve Sadowski (1983); Ruiz-Armenta ve Prol-Ledesma (1998) |
| 4/5, 3/1, 3/4                   | ASTER        | Nil Vadisi'ndeki farklı litolojik oluşumların belirlenmesi  | Gani ve Abdelsalam (2006)  |
| 4/7, 4/6, 4/10                  | ASTER        | Wadi Kid Bölgesi'nin litolojik haritasının hazırlanması   | Gad ve Kusky (2007)  |
| 6/8, 4/8, 11/14                 | ASTER        | Arafat (Suudi Arabistan); 4/8: granodiyorit ve diyoritlerin belirlenmesi; 6/8: granit ve dayklar; 11/14: granodiyorit, diyorit ve granitlerin TIR bölgesindeki farklı ışınma oranları yardımı ile ayırım. | Qari, Madani, Matsah ve Hamimi (2008)  |
| (2 + 4)/3, (5 + 7)/6, (7 + 9)/8 | ASTER        | Fawakhir Bölgesi (Mısır); (2 + 4)/3: serpantin ve metabazaltlar; (5 + 7)/6: granitik kayalar; (7 + 9)/8: megagabro ve serpantinler.   | Amer, Kusky, ve Ghulam (2009)  |

Litolojik birimlerin sınıflandırılması ve özellikle serpantin, granit ve mermerin tanımlanmasına örnek Abdeen ve diğer.'in (2001) ASTER verilerini kullanarak yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada, Allaqi Bölgesi'nde (Mısır) bulunan oluşumlar Abrams ve diğer'in (1983) (4/7, 3/4, 2/1) ve Sultan ve diğer'in (1986) [4/7, 4/1, (2/3)\*(4/3)] oranları kullanarak jeolojik haritalama yapılmıştır. Ninomiya'nın (2003) yaptığı araştırmada ise (6/8)x(9/8) oranının karbonatlı kayaların belirlenmesinde çok kullanışlı olduğunu belirtmiştir.

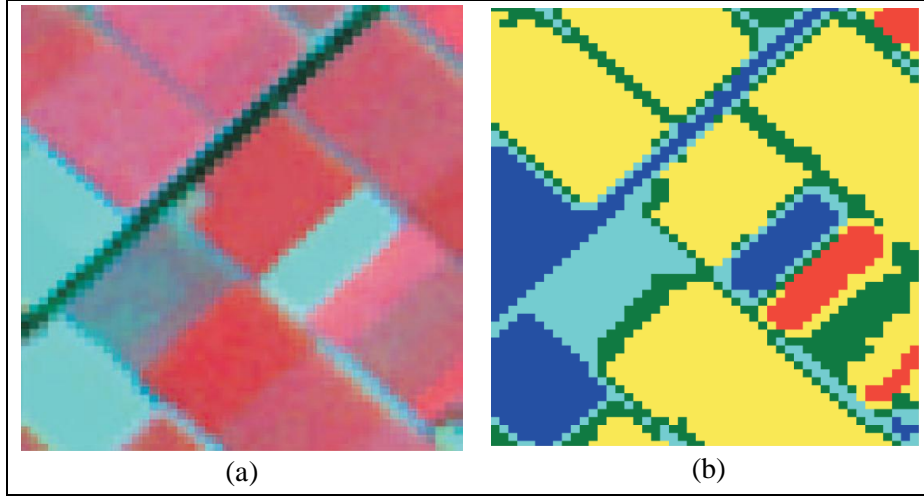
### **3.8.4 Görüntü Sınıflama Ve Analizi**

Uzaktan algılanan görüntülerin sınıflandırılması, benzer özelliklere sahip piksellerin belirlenmesi ve bu piksellerin gruplandırılması şeklinde yapılmaktadır. "Dijital (sayısal) olarak görüntülerin sınıflandırılması, bir veya birden çok spektral banttaki dijital numaraları (DN) referans alınarak gerçekleştirilir. Böylece eldeki görüntüden aynı vasıftaki coğrafi detayları gösteren bir tematik harita elde edilir" (Yomralıoğlu, 2002, s. 132).

Daha geniş bir anlatımla sınıflandırma işlemini Liu ve Mason (2009, s. 91) tarafından şöyle açıklanmıştır; "Görüntü sınıflandırma aktif saha çalışmaları ve bilgisayar hesaplamalarını kapsamaktadır. Görüntü pikselleri çok değişkenli istatistiksel özelliklerine göre (örneğin, çoklu spektral sınıflandırma) veya komşu piksellerin istatistiksel ve mekânsal olarak ilişkilerinin birbirine çok benzeyen parçalara ayrılması şekline göre sınıflandırılabilir". Şekil 3.17 sınıflandırmaya örnektir.

İstatistiksel sınıflandırma olarak da adlandırılan görüntü sınıflandırma yaklaşımı kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma (Supervised & Unsupervised Classification, SUP ve UNSUP) olarak iki farklı şekilde uygulanmaktadır. McCoy (2005, s. 14) SUP sınıflandırmayı şöyle açıklamaktadır; "SUP sınıflandırma yaklaşımı görüntü işleme işlemlerinden önce, önceden belirlenmiş sınıfların listelenmesi veya harita bilgileri ile çalışma alanının tanımlanması için saha çalışmalarını gerektirmektedir". Weng (2010, s. 12) ise UNSUP sınıflandırmayı "spektral sınıfların ilk başta

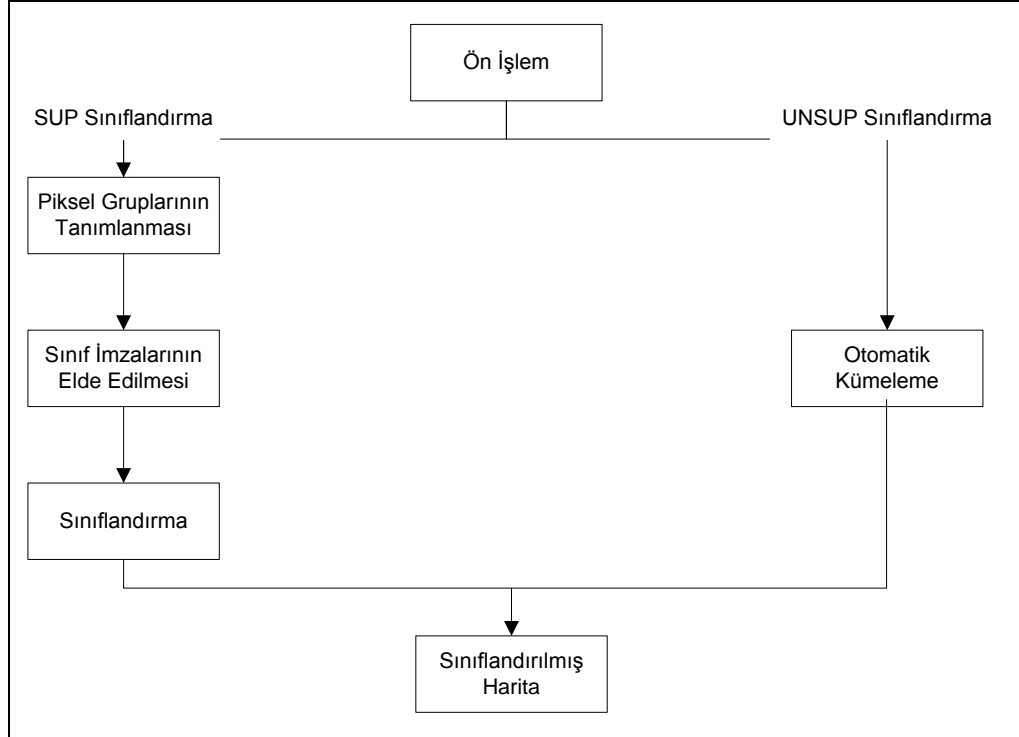
görüntüdeki DN'lara dayanarak gruplandırılması ve daha sonra analiz eden kişi tarafından bilgi sınıflarının karşılaştırılması” olarak belirtmektedir.



Şekil 3.17 (a) Çok bantlı raster görüntü; (b) Raster görüntünün sınıflandırılmış hali (Kerle ve diğer., 2001, s. 426).

SUP sınıflandırma görüntüden çıkarılan sınıfların tanımlanmasıyla, UNSUP sınıflandırma ise görüntü verisinde bulunan piksel değerlerinin istatistiksel kümelemeye dayanarak otomatik olarak sınıfların tanımlanmasına ilkesine dayanmaktadır.

SUP ve UNSUP sınıflandırmanın şematik olarak gösterimi Şekil 3.18 verilmektedir. Şemadan görüleceği üzere sınıflandırma adımlarının ilki girdi verisi olarak ham veya işlenmiş görüntünün (örneğin, bant oranlaması yapılan görüntü) algoritmaya girmesidir. SUP sınıflandırmada birbirine benzer nesnelere kullanıcı tarafından belirlenip tanımlanması gerekmektedir. Bir görüntüde bulunan tarım alanları, yerleşim bölgeleri veya suyun belirlenmesi suretiyle görüntü işleme yazılımına tanıtılması buna örnektir. Nesne grupları belirlendikten sonra bilgisayar yazılımı görüntü istatistiğini (her bant için DN ortalama ve varyansları) hesaplamakta ve spektral imzalar elde edilmektedir. Yazılım daha sonra her sınıfı temsil edecek şekilde verileri kümeleyecek ve çıktı görüntüsü böylece elde edilecektir. Sınıflandırma, istatistiksel işlemlerle her pikselin çeşitli imzalarla karşılaştırılarak sınıfın hangi imzaya daha yakın olduğunun belirlenmesidir.



Şekil 3.18 SUP ve UNSUP sınıflandırma işlemlerinin şematik olarak gösterimi (Vincent, 1972).

UNSUP sınıflandırmada ise “yazılım otomatik olarak her bölgeyi tanımlar ve kullanıcının isteğine bağlı olarak kaç sınıf olarak gösterileceği belirlenir. Yazılım istatistiksel olarak karar verilen kritere göre pikselleri gruplar” (Parcak, 2009, s. 95). Daha sonra kullanıcı ise “anlamli sınıfların oluşturulması için tanımlanan grupları doğrulamaktadır” (Gupta, 2003, s. 276).

## **BÖLÜM DÖRT**

### **MADENCİLİKTE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA UYGULAMALARI**

#### **4.1 Giriş**

CBS ve UA, ilerleyen teknoloji ve günümüz ihtiyaçlarından dolayı hızla gelişmekte ve birçok alanda aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Birbirine veri kaynağı sağlayan CBS ve UA ayrılmaz iki sistem haline gelmiş ve on yıllardır birçok problemin çözümünde yardımcı araç olarak kullanılarak yerbilim araştırmalarında da vazgeçilmez ihtiyaç konumundadır.

Artan arama ve üretim maliyetleri, çevresel ve idari kısıtlamalar madencilik faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte, insan ihtiyaçları doğal kaynaklara olan gereksinimi arttırmakta ve kısa bir zamanda daha fazla üretimin yapılması ihtiyacını doğurmaktadır. Bu noktada, CBS ve UA'nın madencilik uygulamalarındaki kullanımı bu problemleri çözüme konusunda ilerleme kaydetmiş ve bugünkü haline gelmiştir.

Araştırmacılar çalıştıkları sahaya ilgili veriyi toplamakta ve bunları CBS yazılımları kullanarak madencilik planlarına entegre edebilmektedirler. Bunun yanında, UA sistemleri ile elde edilen veriler saha hakkında birçok bilgiyi sunabilmektedir. CBS ve/veya UA yardımıyla maden sahası ilgili iki, üç hatta dört boyutlu olarak çalışılabilmekte ve madencilik öncesi (arama) ve sonrası (rekültivasyon) veya maden üretimi esnasında birçok araştırma yapılabilmektedir.

CBS ve UA madenciliğin birçok alanında etkin bir biçimde uygulanmaktadır. Aşağıda bu iki disiplinin madencilikteki uygulamaları verilmektedir. İlerleyen bölümlerde ise sayılan bu uygulamalar örnekler verilerek açıklanmaktadır.

- Arama
- Planlama

- Üretim
- Çökme hesaplamaları
- Rekültivasyon uygulamaları
- Çevresel uygulamalar

#### **4.2 Kanada Manitoba Bölgesi Maden Aramaları İçin Kullanılan İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri**

Manitoba Industry, Trade and Mines'ın (2000) sunduğu çalışmada internet tabanlı CBS teknolojisinden yararlanılmış ve kullanıcılara internet üzerinden tüm gün Manitoba Jeolojik Araştırması bilgilerine ulaşma imkânı tanınmıştır.

Veri tabanına ulaşabilmek için Java uyumlu standart web tarayıcıları yeterli olmaktadır. İnternet sitesi CBS stili ile madencilik ve maden aramaları ile ilgili olarak birçok güncel veri setlerinin analizine yardımcı olacak araçları barındırmaktadır.

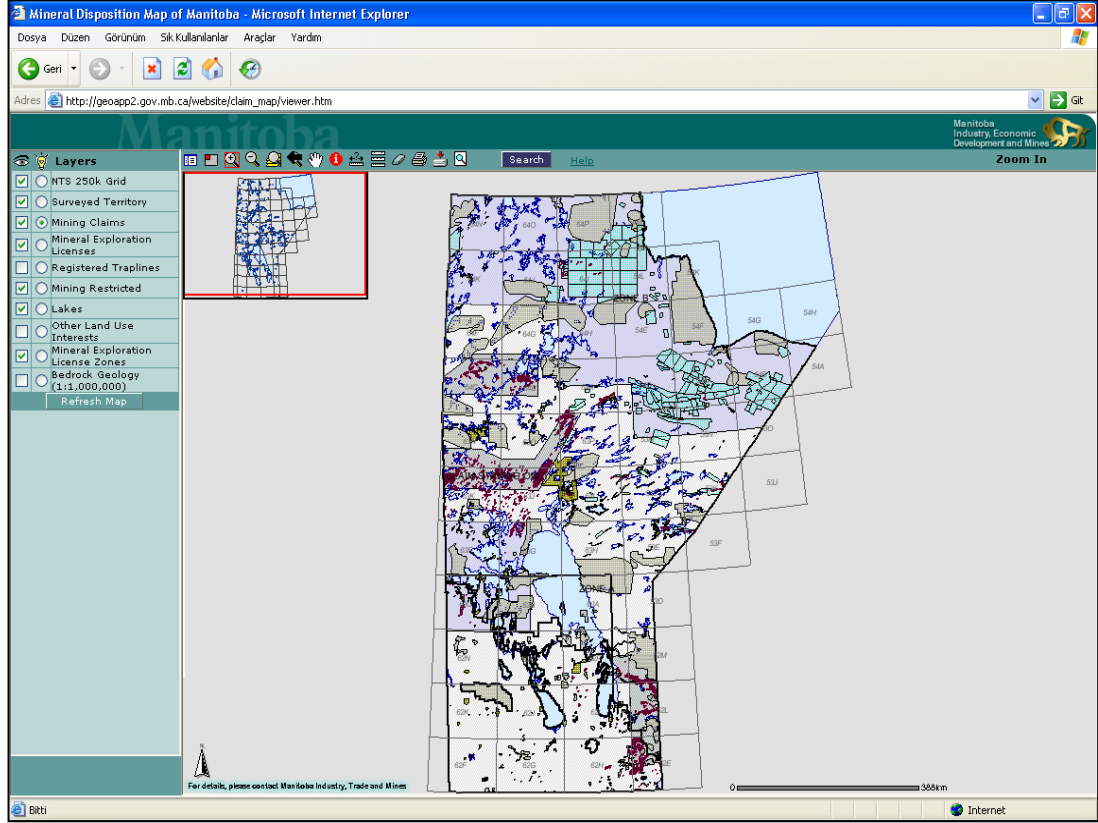
İnternet sitesi;

- Madenlerin konumu, ilgili alan altyapısının gösterilmesi,
- Maden aramalarına kısıtlı alanların ve kapatılmış sahaların tayini,
- İlgili arazinin kime ait olduğunun belirlenmesi,
- Saha kapatmaya uygun alanların tayini,
- Yapılan madencilik çalışmaları,
- Yataklanma jeolojisi,
- Yollar vb.

konuların araştırılmasına olanak vermektedir.

Web tabanlı CBS harita galerisi interaktif haritalama sistemi olup, kullanıcıların haritalarda yakınlaşma, uzaklaşma, raporların indirilmesi, veritabanı sorgulamaları,

diğer siteler arası bağlantı ve haritaların çıktılarının alınmasına izin vermektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 İnternet tabanlı Manitoba jeolojik araştırması internet sayfası. (Manitoba Internet GIS Map Gallery, bt)

### 4.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Jeoloji Ve Maden Haritalarının Hazırlanması: Etiyopya Örneği

Tadesse, Milesi ve Deschamps'ın (2003) yaptıkları çalışmada Etiyopya jeoloji ve maden haritaları CBS ortamında hazırlanmıştır. Bu çalışmada oluşturulan CBS tabanlı haritalar; jeoloji, maden ve enerji kaynakları verileri kullanılarak 1:2.000.000 ölçekli olarak sunulmuştur. Oluşturulan bu haritalarda;

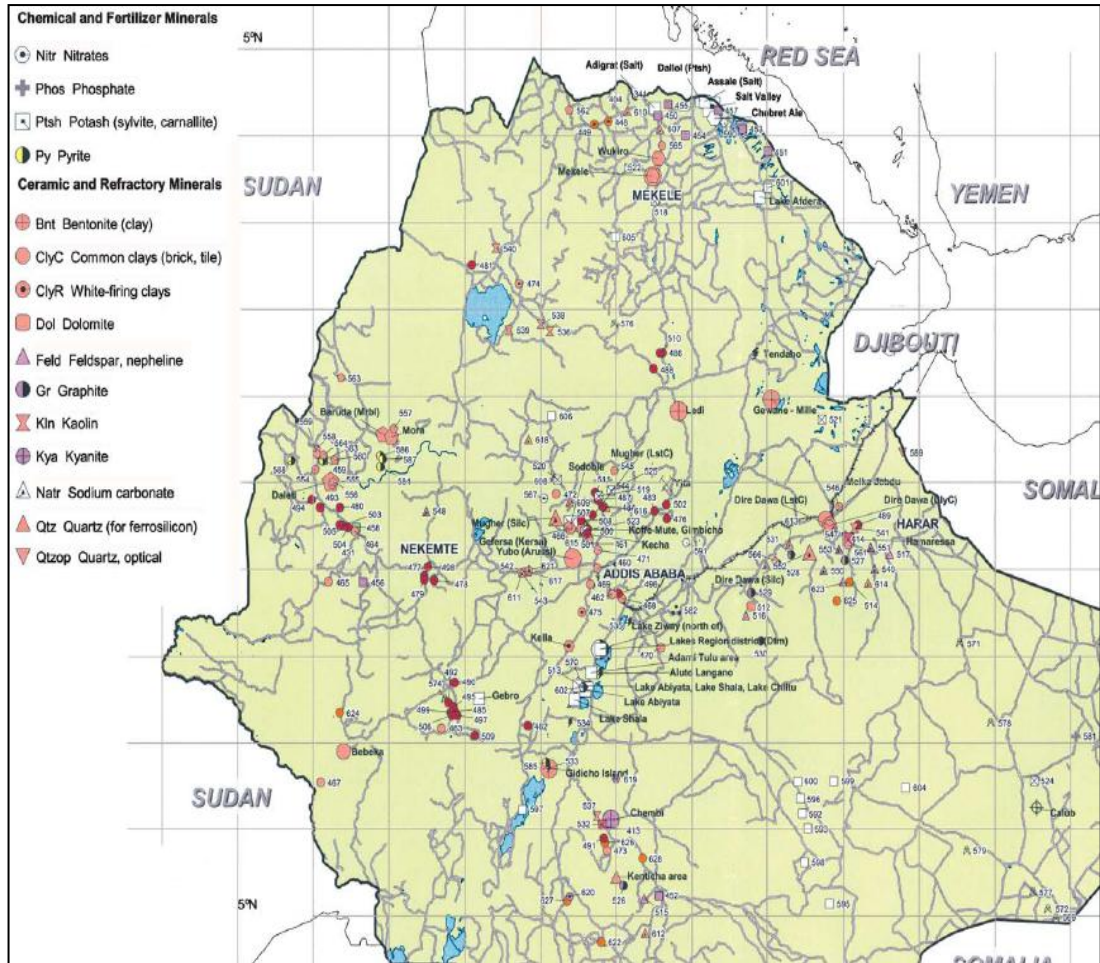
- Metalik madenler (altın, platin, tantal, nikel, demir, manganez, baz metallere, radyoaktif mineraller),



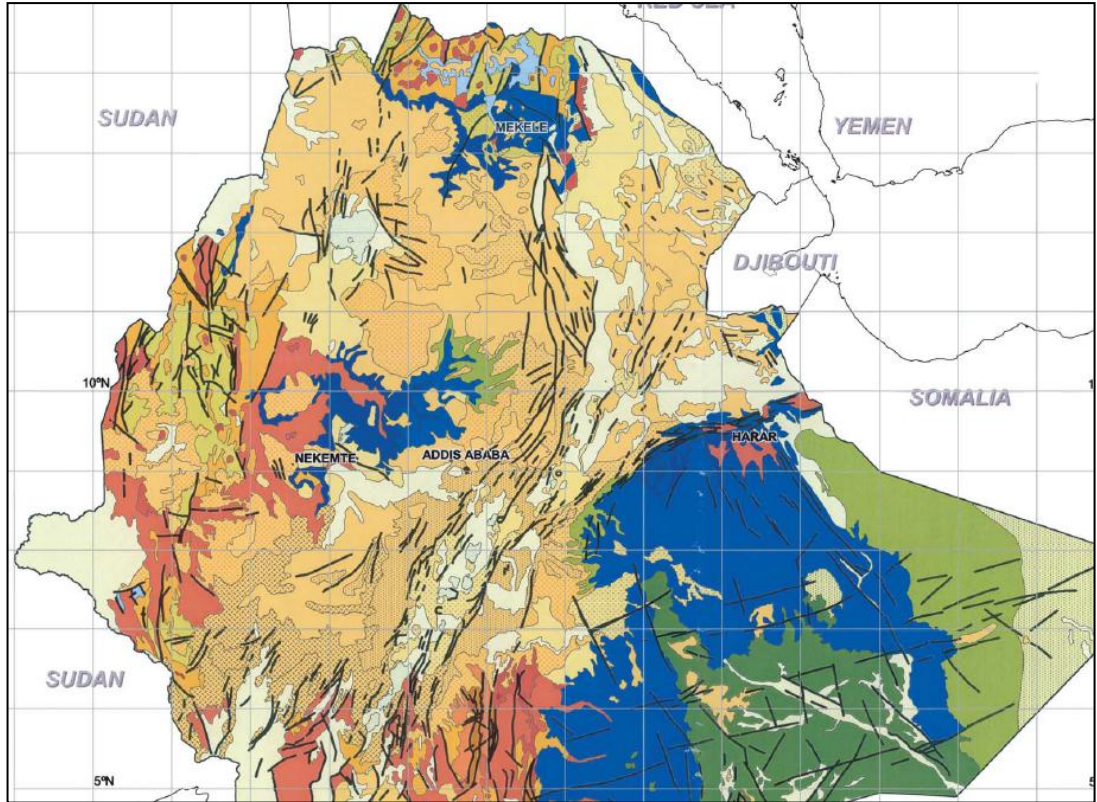
- Endüstriyel hammaddeler (soda külü, potas, diomit, bentonit, kil ve kaolin, tuz, cips, anhidrit, dolomit, feldspat, talk, siyanit),
- Doğal taşlar (mermer, kireçtaşı ve dolomit, granit, değerli taşlar),
- Enerji hammaddeleri (kömür, petrol ve gaz, bitümlü şist),
- Jeotermal kaynaklar

ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Bu haritalar güncel olup, madenler hakkında bilgi ve konumları içermektedir. Şekil 4.2 Etiyopya mineral haritasını, Şekil 4.3 ise, Etiyopya jeoloji haritasını göstermektedir.



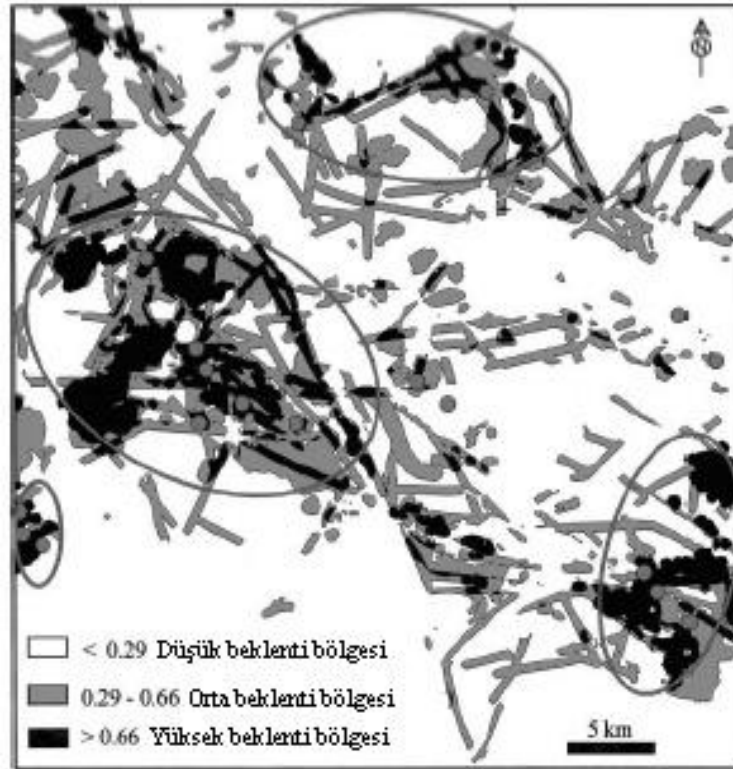
Şekil 4.2 Etiyopya mineral haritası (Tadesse ve diğer, 2003).



Şekil 4.3 Etiyopya jeolojik haritası (Tadesse ve diğer, 2003).

#### 4.4 Potansiyel Altın Ve Baz Metal Mineralizasyonunun Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri: Takab, İran Örneği

Asadi ve Hale'nin (2001) yaptıkları çalışmada Kuzeybatı İran'daki 1785 km<sup>2</sup>'lik Takab alanı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Takab, yüksek maden potansiyeline sahip bir bölge olup, bölgeye erişimin çok zor olduğu belirtilmiştir. Landsat TM'den elde edilen jeolojik ve maden oluşum verileri, Takab yakınlarındaki epitermal altın, arsenik, antimon ve baz metal yatakları ile ilgili haritalanmış jeolojik özelliklerin, spektral karakteristiklerin, manyetik imzaların bir kombinasyonu olarak tanımlanmıştır. Çalışmada; geçirgen, reaktif yan kayaç ve yüzey magmatik kayaç yapılarına ait jeolojik veriler hidrotermal değişim ve yeraltı volkanik ısı kaynakları UA verilerinin yorumlanmasıyla tamamlanmıştır. Oluşturulan haritalar çeşitli işlemler uygulanarak Takab bölgesindeki altın ve baz metal potansiyeli haritalanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Takab bölgesindeki tahmin modeli haritasının beklenen mineralleşme zonları haritası (Asadi ve Hale, 2001).

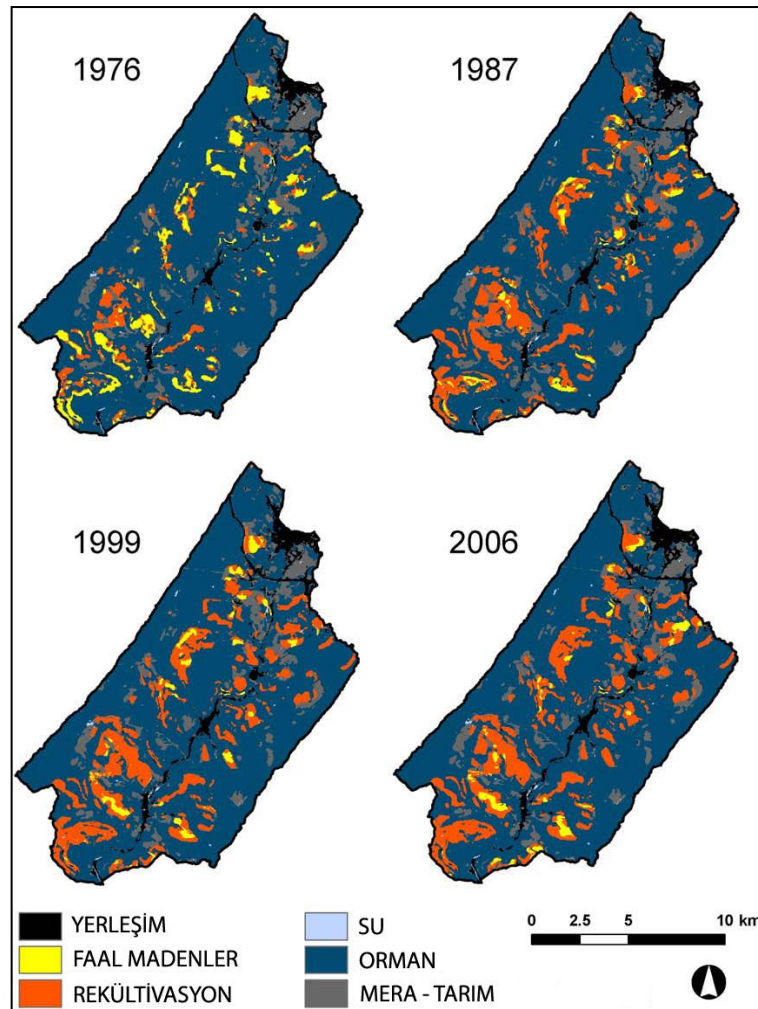
Hazırlanan CBS haritaları maden aramalarına bir örnek oluşturmaktadır. Özellikle konumsal ve yeryüzü şekilleri açısından ulaşılması ve çalışılması güç bölgelerde CBS ve UA'nın birlikte kullanılması araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bununla birlikte, maden aramalarında CBS ve UA teknolojilerinden yararlanmak ileriye dönük olarak daha doğru sonuçlar verebilmekte ve ilerleyen bilgisayar teknolojileri yardımıyla zaman ve maddi açıdan yararlar sağlanmaktadır.

#### 4.5 Orta Apalaş Dağları'ndaki Açık Ocak Madenciliği Ve Rekültivasyon Alanlarındaki Değişimin Landsat Zaman Serileri Kullanılarak Tespit Edilmesi

Townsend ve diğer.'in (2008) yaptıkları çalışmada, Birleşik Devletler'in doğusunda bulunan Orta Apalaş Dağı (The Appalachians - Kuzey Amerika) bölgesindeki açık işletmeler ve rekültivasyon alanları ile oluşan arazi yüzeyindeki değişimler araştırılmıştır. 1976, 1987, 1999 ve 2006 yıllarına ait Batı Virginia, Maryland ve Pennsylvania'daki açık ocak ve rekültivasyon alanlarına ait Landsat

görüntüleri veri kaynağını oluşturmuştur. Çalışmada, daimi karar ağacı yöntemi ile beraber standart görüntü işleme teknikleri kullanılmış, çalışmakta olan veya geri kazanılan madenlerin ruhsat sahası CBS haritaları hazırlanmış ve zamana bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiği araştırılmıştır.

Çalışma sonucunda, 1976 yılında açık ocakların %1,76 ile en fazla alana sahip olduğu bulunmuştur. 2006'da bu oran %0,44'e düşmüştür. Rekültivasyon yapılan madenlerin 1976-2006 yılları arasında %1,35'den %4,99'a çıkmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 1976-2006 yılları arası arazi kullanım değişimi (Georges Creek) (Townsend ve diğer., 2008).

Yapılan bu araştırma maden sahalarının geçmiş ve günümüzde ne kadar alanı yayıldıklarını, çevresel etkilerini ve ayrıca artık çalışmayan madenlerin tekrar

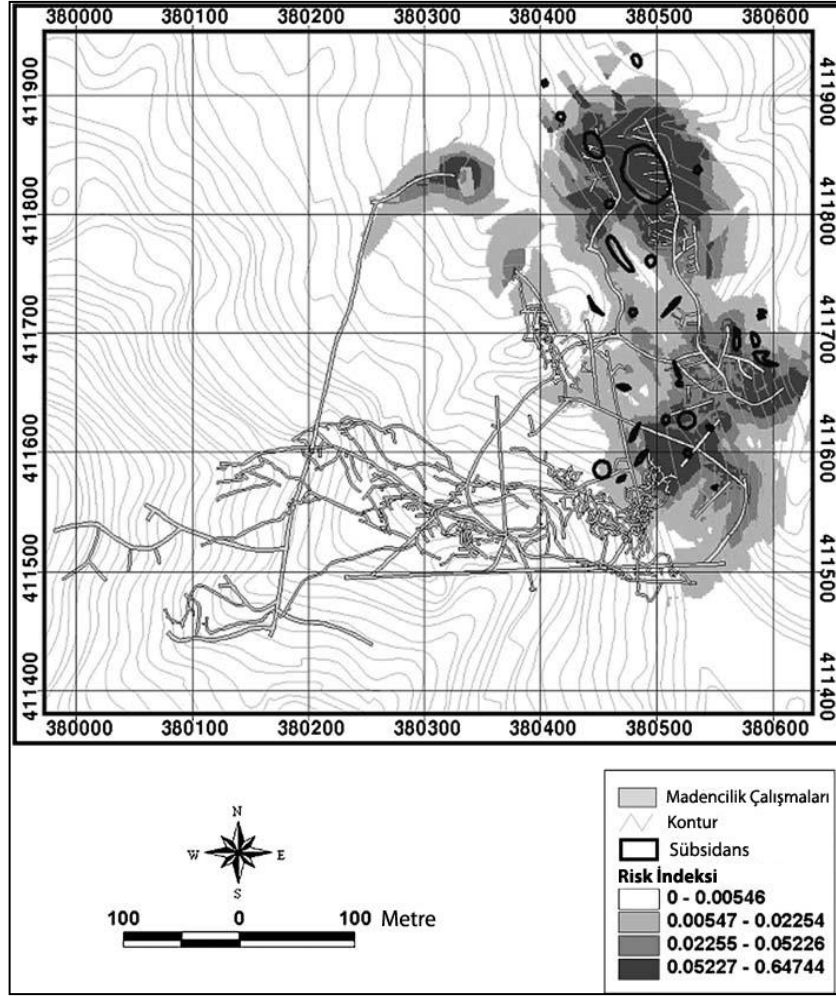
çevreye kazandırılmasının kontrolü veya izlenmesini anlatmaktadır. Artan çevresel kısıtlamalar ve önlemler madencilerin çevreye karşı duyarlılıklarını arttırmakta ve rekültivasyon çalışmalarını maden öncesi planlamalara dâhil etmektedirler. Ayrıca, kurumlar çevresel araştırmalar için gelişen ve ilerleyen teknolojileri kullanmaktadırlar.

CBS ve UA teknolojileri yardımı ile ileride düşünülen rekültivasyon çalışmaları için ne kadar malzemenin gerektiği, ne kadar ağacın dikileceği veya nasıl bir çevre düzenlemesinin yapılacağı işte bu teknolojilerle daha kolay ve etkin bir biçimde yapılabilmektedir.

#### **4.6 Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Terk Edilmiş Yeraltı Kömür Ocakları Nedeniyle Oluşabilecek Yüzey Sübsidansı Riskinin Değerlendirilmesi**

Kim ve diğer.'in (2006) yaptıkları bu çalışmada, Kore'nin Samcheok şehrinde kapanan yer altı kömür ocaklarında oluşabilecek sübsidansı gösteren risk haritaları; lojistik regresyon ve CBS kullanılarak hazırlanmıştır. Yüzey sübsidansı ile ilgili faktörleri değerlendirmek için topografik ve jeolojik haritalar, yeraltı maden haritaları, GPS verileri, arazi kullanım haritaları, DEM verisi ve sondaj verileri kullanılmıştır. Ayrıca, çevrede oluşmuş sübsidans için önceden yapılan saha çalışmalarında hazırlanmış raporlardan öznitelik verileri veritabanına dâhil edilmiştir. Çalışma sonucunda lojistik regresyonun tahminleme doğruluğu %95,01 gibi çok yüksek bir oranla çıkmıştır (Şekil 4.6).

Madencilik çalışmalarından özellikle sübsidansdan dolayı oluşabilecek çevresel etkiler yıllardır araştırmacıların üzerinde çalıştıkları bir konudur. Yüzeyde oluşabilecek sübsidansın önceden tahmini ve buna göre risk haritalarının oluşturulması ileride olabilecek istenmeyen durumlara karşı önlem alınmasını kolaylaştıracaktır. Çalışmada anlatılan sübsidans risk haritalarını oluşturmak için birçok faktör sisteme dâhil edilerek en doğru sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.6 Lojistik regresyon kullanılarak olasılık yüzdesi üzerinde gönderilen yüzey sübsidans risk haritası (Kim ve diğer., 2006).

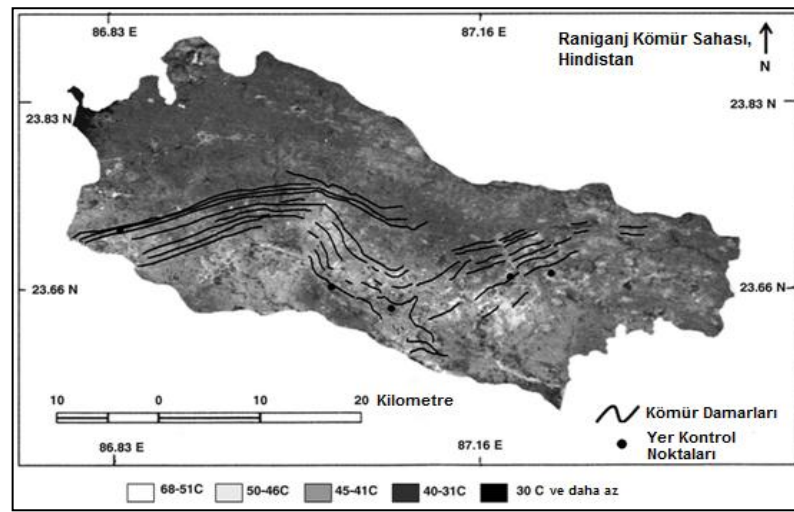
#### 4.7 Kömür Yanmalarının Tanımlanmasında Kullanılan Uzaktan Algılama Uygulaması: Hindistan Raniganj Bölgesi

Gangopadhyay, Lahiri-Dutt ve Saha'nın (2006) yaptıkları araştırmada Hindistan'ın Raniganj bölgesindeki kömür ocaklarında meydana gelen yüzey ve yüzey altı kömür yanmaları Landsat TM termal bandı kullanılarak araştırılmıştır. Bunun yanında, bölgeye ait termal anomalilerin tespiti için uydu verisinin yanında saha çalışmaları da yapılmıştır. Landsat TM'nin 6'ncı bandı olan termal bant ve NDVI birlikte kullanılarak yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır.

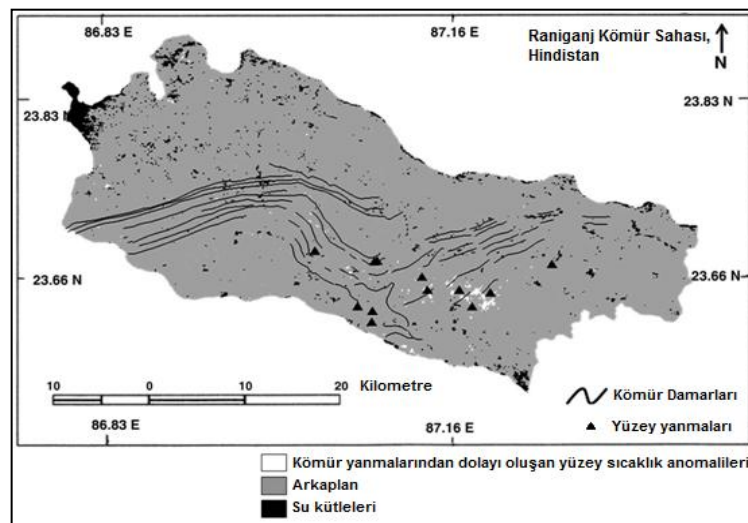
Kömür yanmaları için elde edilen nihai haritalardan birincisi (Şekil 4.7) çalışma alanındaki farklı sıcaklık zonlarını vermektedir (68–51, 50–46, 45–41, 40–30, 29–15

°C). Yapılan çalışmalarda sıcaklık su yüzeylerinde 12-22 °C, bitki olan bölgelerde ise 21-26 °C arasında değişmektedir. Bitkilerin seyrek olduğu alanlarda sıcaklık 28-38 °C ve özellikle kömür stok sahalarında ise 40 °C 'ye kadar ulaşmaktadır. Dekapaj sahasında ise sıcaklık 28-32 °C ve ocak içi sıcaklık ise 35-38 °C ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık ise kömür damarlarının üzerinde 50 °C'den 68 °C'ye kadar değişmektedir.

Şekil 4.8'de ise kömürün yanmasından ötürü etkilenen alanlar, kömür damarları ve yüzeyde oluşan yanmalar verilmektedir.



Şekil 4.7 Sınıflandırılmış yüzey sıcaklık haritası (Gangopadhyay ve diğer., 2006).



Şekil 4.8 Yüzey kömür yanma konumları ve sıcaklık anomalileri (Gangopadhyay ve diğer., 2006).

Yüzey ve yüzey altı kömür yanmaları dünyanın birçok kömür işletmelerinde görülmekte ve farklı çevresel etkilere yol açmaktadır. Kömür yanmaları, “kömür rezerv miktarının azalmasının yanında kömür sahası çevreleyen atmosferik sıcaklığı arttırmaktadır” (Chatterjee, 2006). Kömür işletmeleri için sorun teşkil eden bu durumun incelenmesinde büyük katkı sağlayan UA teknikleri ile yüzey sıcaklıkları tayin edilebilmekte ve konumsal olarak kömürün nerelerde yandığı belirlenebilmektedir.



## **BÖLÜM BEŞ**

### **MUĞLA YÖRESİ MERMERCİLİĞİ**

#### **5.1 Giriş**

Mermer sektörü dünyada ve özellikle Türkiye’de iç ve dış taleplerdeki artışlar nedeniyle gelişerek ilerleyen bir sektördür. Eski çağlardan beri ülkemizde üretilen doğal taşlar günümüzde Türkiye maden ihracatında en fazla paya sahip olan yer altı kaynağımızdır.

Türkiye’de işletilebilir doğal taş rezerv miktarının fazla olması ve özellikle çıkarılan taşların renk ve desen özellikleri bakımından çeşitlilik göstermesi sektörde yeni yatırımların yapılmasına ve yeni mermer ocak ve fabrikalarının açılmasına neden olmuştur.

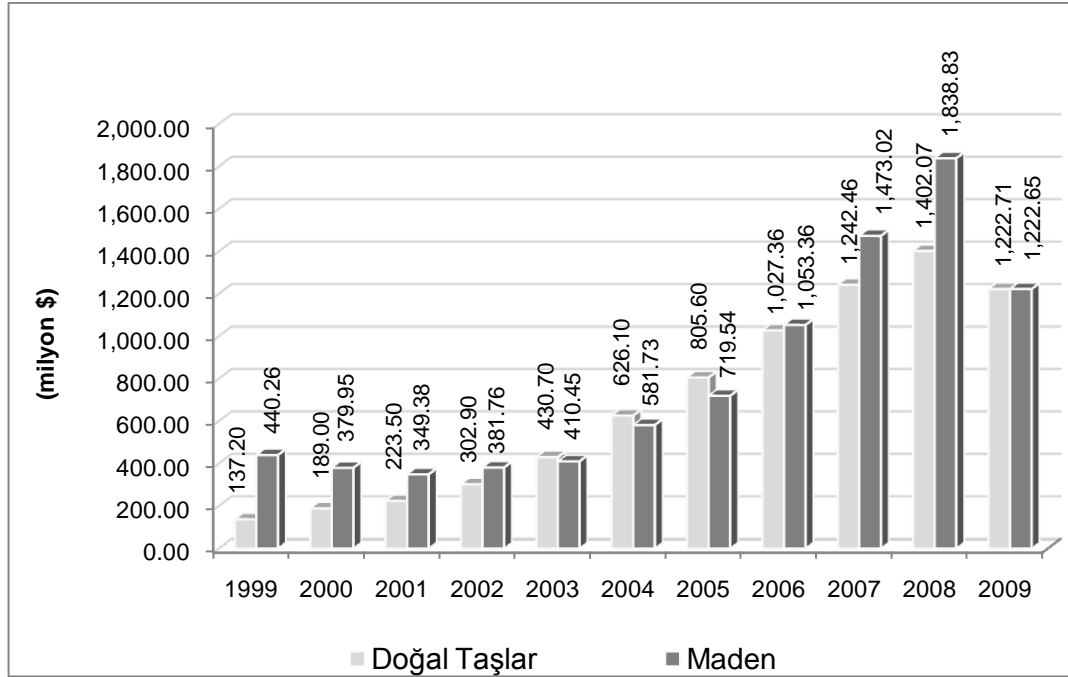
Ülkemizde mermer sektörünün gelişmekte olmasının yanında tecrübeler ülke mermerlerimizle ilgili bilimsel çalışmaların ve kanuni düzenlemelerin geç yapıldığını göstermektedir.

Türkiye işletilebilir doğal taş potansiyeli DPT’nin (2001, s. 12, 13, 14) rakamları ile yaklaşık 7,6 milyar metreküptür. Bu rezervin %51’ini mermer, %36’sını kireç taşı ve %13’ünü traverten oluşturmaktadır. Çok küçük bir oranda ise oniks bulunmaktadır (Tablo 5.1).

Türkiye’nin mevcut doğal taş potansiyelini değerlendirmede son yıllarda gösterdiği ilerlemeler göz önünde tutulduğunda, dünya doğal taş üretimi ve ihracatında ilk 5 ülke arasına girmeyi başarmıştır. Türkiye Doğal taş ihracatı her geçen yıl artmış, 2008 yılında toplam maden ihracatının %43’ünü ve 2009 yılına gelindiğinde ise toplam maden ihracatının %54’ü gibi yüksek bir rakama ulaşmıştır (Şekil 5.1).

Tablo 5.1 Türkiye coğrafi bölgelerine göre doğal taş rezervleri (DPT, 2001, s. 12, 13, 14; değiştirilerek).

|                   | <b>Bölge</b>        | <b>İşletilebilir Rezerv<br/>(X 10<sup>6</sup>, m<sup>3</sup>)</b> | <b>İşletilebilir Rezervin<br/>Toplam Doğal Taş<br/>Rezervine Oranı (%)</b> |
|-------------------|---------------------|---|--|
| <b>MERMER</b>     | Marmara Bölgesi     | 1468,5  | 19,34  |
|                   | Ege Bölgesi         | 1026,5  | 13,52  |
|                   | İç Anadolu Bölgesi  | 1377  | 18,13  |
|                   | <b>Toplam</b>       | <b>3872</b>   | <b>50,99</b>   |
| <b>TRAVERTEN</b>  | Marmara Bölgesi     | 1,2   | 0,02   |
|                   | Ege Bölgesi         | 695   | 9,15   |
|                   | İç Anadolu Bölgesi  | 285,1   | 3,75   |
|                   | Karadeniz Bölgesi   | 10  | 0,13   |
|                   | <b>Toplam</b>       | <b>991,3</b>  | <b>13,06</b>   |
| <b>ONİKS</b>      | Karadeniz Bölgesi   | 0,3   | 0,004  |
|                   | Ege Bölgesi         | 1,007   | 0,01   |
|                   | <b>Toplam</b>       | <b>1,307</b>  | <b>0,02</b>  |
| <b>KİREÇ TAŞI</b> | Marmara Bölgesi     | 891   | 11,73  |
|                   | Ege Bölgesi         | 175,5   | 2,31   |
|                   | Akdeniz Bölgesi     | 69  | 0,91   |
|                   | İç Anadolu Bölgesi  | 564   | 7,43   |
|                   | Karadeniz Bölgesi   | 1000  | 13,17  |
|                   | D. Anadolu Böl.     | 20  | 0,26   |
|                   | G.D. Anadolu Böl.   | 9   | 0,12   |
|                   | <b>Toplam</b>       | <b>2728,5</b>   | <b>35,93</b>   |
|                   | <b>Genel Toplam</b> | <b>7593,107</b>   |  |



Şekil 5.1 Maden-Mermer ihracatı karşılaştırma grafiği (MİGEM, 30.12.2009 rakamları ile).

## 5.2 Muğla'da Mermercilik

Türkiye toplam doğal taş rezervlerinin %51'ini oluşturan mermer çoğunlukla Anadolu'nun batısında yoğunlaşmıştır (Tablo 5.2). Tez çalışması için seçilen Muğla yöresi ise mermer potansiyelimiz açısından ülke mermerciliğinde rezerv, çeşitlilik ve blok verimi yönüyle önemli bir yere sahiptir. “Muğla'daki toplam mermer rezervi 181 milyon m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir” (DPT, 2001, s. 12). Bunun yanında, ilde linyit kömürü işletmeciliği ikinci önemli madencilik faaliyetini oluşturmaktadır. Ayrıca, Muğla yöresi; 1124 km. uzunluğundaki kıyı bandı, il alanının yaklaşık %70'ini oluşturan ormanları, pek çok farklı medeniyete ev sahipliği yapmış kültür zenginliği ve tabiat varlıkları bakımından ülkemizin önemli turizm merkezlerinden biridir.

“Muğla'da mermercilik faaliyetleri 1980'li yıllardan sonra yoğun olarak başlamış, Milas-Kalınağıl yöresinde ise üretim faaliyetleri 1970'li yıllara kadar uzanmaktadır” (Yüzer ve Erdoğan, 1996, s. 170). “Mermer ocakları çoğunlukla Muğla'nın Yatağan, Milas ve Kavaklıdere ilçeleri çevresinde konumlanmıştır” (Yavuz, Türk ve Koca, 2005).

Tablo 5.2 Türkiye coğrafi bölgeleri ve illerine göre doğal taş rezervleri (DPT, 2001, s. 12, 13, 14; değiştirilerek)

| <b>Bölge</b>            | <b>İl</b>     | <b>İşletilebilir<br/>Rezerv (X 10<sup>6</sup>,<br/>m<sup>3</sup>)</b> | <b>Bulunduğu<br/>Bölgeye Göre<br/>Oranı (%)</b> | <b>İşletilebilir<br/>Rezervin Toplam<br/>Mermer<br/>Rezervine Oranı<br/>(%)</b> |
|-------------------------|---------------|---|---|---|
| Marmara<br>Bölgesi      | Balıkesir     | 1300  | 88,53   | 33,57   |
|                         | Bursa         | 135   | 9,19  | 3,49  |
|                         | Kırklareli    | 33,5  | 2,28  | 0,87  |
|                         | <b>Toplam</b> | <b>1468,5</b>   |   |   |
| Ege Bölgesi             | Afyon         | 135   | 13,15   | 3,49  |
|                         | Aydın         | 9   | 0,88  | 0,23  |
|                         | İzmir         | 1,5   | 0,15  | 0,04  |
|                         | Muğla         | 181   | 17,63   | 4,67  |
|                         | Kütahya       | 200   | 19,48   | 5,17  |
|                         | Uşak          | 500   | 48,71   | 12,91   |
|                         | <b>Toplam</b> | <b>1026,5</b>   |   |   |
| İç Anadolu<br>Bölgesi   | Ankara        | 2   | 0,15  | 0,05  |
|                         | Eskişehir     | 960   | 69,72   | 24,79   |
|                         | Kırşehir      | 165   | 11,98   | 4,26  |
|                         | Niğde         | 250   | 18,15   | 6,46  |
|                         | <b>Toplam</b> | <b>1377</b>   |   |   |
| <b>Genel<br/>Toplam</b> |               | <b>3872</b>   |   |   |

Maden İşleri Genel Müdürlüğü'nden (MİGEM) tez kapsamında elde edilen işletme ruhsat bilgilerine dayanılarak, Muğla'da 2008 yılı rakamları ile 156 ruhsatlı doğal taş sahası bulunmaktadır (Tablo 5.3). Bu ruhsatların 122'sini ise, mermer ruhsatları oluşturmaktadır.

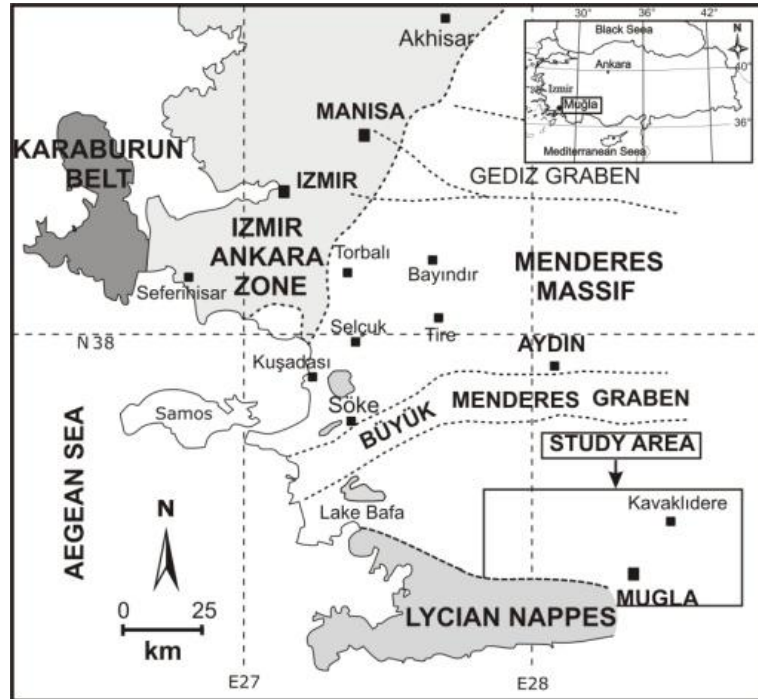
Tablo 5.3 Muğla'da işletme ruhsatına sahip doğal taş sahaları

| Doğal Taş Cinsi | Ruhsat Sayısı |
|-----------------|---------------|
| Mermer          | 122           |
| Kayrak Taşı     | 17            |
| Dekoratif Taş   | 10            |
| Traverten       | 3             |
| Bilinmeyen      | 4             |

### 5.3 Muğla Mermer Jeolojisi

Türkmen (1999) Muğla ili jeolojisini şöyle belirtmiştir;

Muğla ilinde, jeolojik olarak birbirinden farklı kuşaklar ve kayaç birimleri yer alır (Şekil 5.2). Bölgenin kuzey kesiminde; Menderes Masifi'nin güney kanadında yer alan Çine Asması'ne ait metamorfik kayaçlar, güneyinde ise Toros Kuşağı ve Likya Napları'na ait kireçtaşları ile bazik ve ultrabazik kayaçlar bulunur.



Şekil 5.2 Batı Anadolu'da yer alan jeolojik kuşaklar (Güngör ve Erdoğan, 2001).

Yavuz (2001), Muğla'da bulunan mermerleri (özellikle Yatağan, Kavaklıdere, Milas, Göktepe ilçeleri ve çevresi) doku, renk ve desen açısından farklılıklar gösteren dört ayrı stratigrafik mermer seviyesi olarak gruplandırmıştır (Tablo 5.4).

Tablo 5.4 Muğla mermerlerinin stratigrafik mermer seviyeleri olarak gruplandırılması (Yavuz, 2001'den değiştirilerek).

| <b>Ocağın İçerisinde Yer Aldığı Stratigrafik Mermer Seviyesi</b>                 | <b>Üretilen Mermerlerin Ticari İsmi</b>  |
|--|--|
| Palesosen yaşlı kırmızı renkli pelajik mermerler                                 | Ege Bordo  |
| Üst Kretase yaşlı zımparalı mermerler  | Muğla Beyaz  |
| Triyas yaşlı şistler içerisinde yer alan mermer merceği                          | Milas Leylak, Milas Damarlı, Milas Sedef, Milas Beyaz, Milas Patlıcanlı, Ayhan Beyaz |
| Permo-Karbonifer yaşlı fillitler içerisinde yer alan siyah renkli mermer merceği | Ayhan Siyah  |

## **BÖLÜM ALTI**

### **MUĞLA YÖRESİ DOĞAL TAŞLARINA YÖNELİK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

#### **6.1 Çalışmanın Kapsamı**

Mermer sektörü gelişerek ilerleyen bir sektördür. Bu gelişme ile ülkemizdeki mermer ocağı işletmeciliği, mermerin kesilip parlatılması işlemleri ve pazarlanması bu gelişme ve ilerlemeler ile beraber yeni teknolojilerinde kullanılmasını gerektirmektedir.

Ülkemizde mermer sektörünün halen gelişmekte olması nedeniyle sektör ile ilgili bazı bilgilerin eksik kaldığı düşünülmektedir. İlerleyen bilgisayar teknolojilerinin kullanılması bu eksikliğin giderilmesine yardımcı olacaktır.

Verinin kullanılması, yönetilmesi ve yeni bilgiler elde edilmesini sağlayan CBS ise son otuz yılda ilerleyerek konuma bağlı analizlerde bir bilgisayar teknolojisi olarak kullanılmaktadır. CBS, birbirinden bağımsız birçok veriyi kullanarak, konumsal bazda veriye değer katma veya veriden bilgi elde etme metodudur.

Tez çalışmasının bu bölümünde Muğla mermer potansiyeli (özellikle Merkez ilçe, Milas, Yatağan, Kavaklıdere ve çevresindeki ocaklar göz önünde bulundurularak) CBS kullanılarak, coğrafi sorgu ve analizler yardımıyla örnekler verilerek incelenmiştir. Veri kaynağı olarak, MİGEM'den sağlanan ruhsat saha verileri ve ocaklardan alınan numunelerle yapılan deney sonuçları kullanılmıştır. Veriler Microsoft Excel programı ile veritabanı haline getirilmiştir. Daha sonra oluşturulan veritabanı MapInfo Professional 10 yazılımına aktarılmıştır.

#### **6.2 Muğla'da İşletilen Mermer Ocakları Konumlarının Tespiti**

Coğrafi tabanda çalışılan bilgi sistemlerinde nesnelerin konumlarının saptanması önemli bir süreçtir. Bu yüzden incelenecek ocakların nerelerde olduklarının

belirlenmesi için MİGEM'den Muğla'da bulunan doğal taş ocaklarının ruhsat bilgileri edinilmiştir. Maden Bilgi Yönetim Bilişim Sistemi'nden (MBYBS) tedarik edilen bu verilerin içeriği aşağıda verilmektedir.

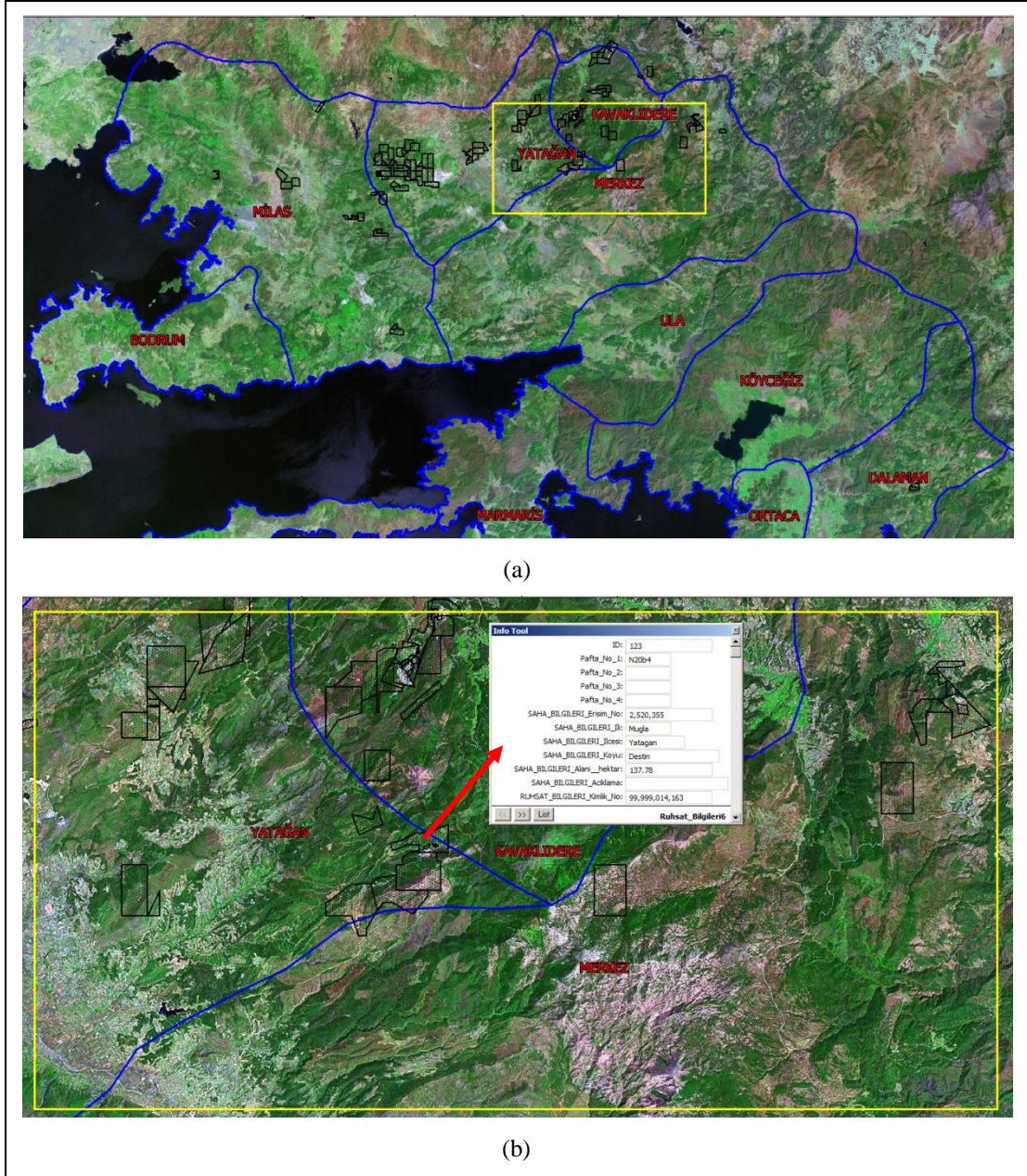
- Saha Bilgileri: Saha Bilgileri, Erişim No., İli, İlçesi, Köyü, Alanı, Açıklama, Taksir Eden Erişimler.
- Ruhsat Bilgileri: Kimlik No., Adı Soyadı/Ünvanı, Yürürlük Tarihi ve Süresi, Vergi Kimlik No, Adres, Teknik Nezaretçi, Devir Tarihi.
- Gene Bilgiler: Saha Türü, Nedeni, Ruhsat Safhası, Maden Grubu, İhale Durumu, Ara.Açılma Tarihi.
- Ruhsat Numaraları: Sicil No, İş.Sic.No, AR No, AIR No, IR No, Taşocak No, Varide/Değ.Sıra No, Ham.ÜR.İzin.No, İlişkili Erişim, Eski Siciller, Bağlı Erişimler.
- İhale Bilgileri
- İşletme İzin Bilgileri: İzin No, Rezerv No, Maden Adı, Alanı, FBF, SBF.
- Ruhsat Durum Bilgileri: Haciz, Geçici Tatil, Yıllık Ruhsat Harcı, İhtiyati Tedbir, 7.Madde, İpotek, 14.Madde, Rehin, Mahkeme Durumu.
- Koordinat ve Pafta Bilgileri: Pafta numaraları, Poligon X ve Y koordinatları.

Yukarıda sayılan her bir başlığa ait veriler ve poligon koordinatları iki ayrı veritabanı haline getirilmiştir. Veritabanları her bir ruhsat sahasına bir numara verilerek hazırlanmıştır. Aynı şekilde ruhsat sahalarına ait X ve Y çiftlerini (her biri kapalı poligon koordinatları) barındıran veritabanına da aynı numaralar verilmiştir. Kullanılan koordinat sistemi UTM'dir (Universal Transverse Mercator; Muğla için, ED 50, Zone 35).

Koordinat çiftlerine sahip her bir ruhsat sahası verisi MapInfo yazılımına aktarılarak noktalar elde edilmiştir. Bu noktalar daha sonra kapalı poligonlar haline getirilerek ruhsat sahaları oluşturulmuştur.

Ruhsat sahalarına ait yukarıda maddeler halinde sayılan öznelik verileri oluşturulan ruhsat saha poligonları ile ilişkilendirilerek -yani coğrafi kodlama yapılarak- Şekil 6.1'de verilen ruhsat sahaları CBS haritası elde edilmiştir.





Şekil 6.1 Mermer ruhsat sahaları (a: Tüm Muğla, b: a'daki sarı çerçevenin büyütülmüş hali).

### 6.3 Muğla Yöresi Mermerlerinin Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Muğla'da işletilen mermer ocaklarından çıkartılan mermerlerin teknik özelliklerinin belirlenmesi için Ağustos 2008'de saha çalışmaları yapılarak 22 ruhsat sahası gezilmiş ve bu ocaktan numuneler alınmıştır. Bazı ocaklarda farklı desen ve renklerde mermerler bulunduğundan bu tür ocaklardan birden fazla numune

toplanmıştır. Alınan numunelerle TSE standartlarına (TS 699; yoğunluk deneyi ise Micromeritics Accupyc II 1340 gaz piknometresi ile) uygun deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler ve özellikleri aşağıda verilmektedir.

- Basınç direnci:** 54x108 mm silindirik numuneler kullanılmıştır. Deney, çapları 0,1 cm hassasiyetle ölçülen numunelerin pres tablaları üzerine yerleştirilmesiyle, basıncın 10-12 kgf/cm<sup>2</sup> artacak şekilde uygulanmıştır. Basınç direnci  $f_b = \frac{P_k}{A}$  formülü ile hesaplanmıştır. Burada;  $f_b$ : Taşın basınç mukavemeti (kgf/cm<sup>2</sup>),  $P_k$ : Kırılmaya sebep olan en büyük yük (kgf), A: Taşın yük uygulanan yüzün alanı (cm<sup>2</sup>). Yükseklik çaptan büyük olduğu için (sınır değer yükseklik çapın %25'inden daha büyük)  $f_{b_0} = \frac{f_b}{0,778 + 0,222 \left( \frac{b}{h} \right)}$  formülü kullanılmıştır. Burada;  $f_{b_0}$ : Eşdeğer basınç mukavemeti (kgf/cm<sup>2</sup>),  $f_b$ : Basınç mukavemeti (kgf/cm<sup>2</sup>), b: Çap (cm), h: Yüksekliktir (cm).
- Kütlece su emme oranı:** Boyutları en az 5 cm olan 3 adet numune kullanılmıştır. Numunelerin ağırlıkları 350 gr'dan az değildir. Numuneler 20 °C ± 5 °C suya daldırılarak, boyutlarının ¼'ünde , ½'sinde ve ¾'ünde 1'er saat suda bekletilmiş, daha sonra numunelerin üzerini yaklaşık 1,5-2 cm geçecek şekilde tamamı su içinde 45 saat tutulmuştur. 45 saat sonunda numuneler 0,1 gr hassasiyetle tartılmıştır ( $G_d$ ). Aynı işlem 24 saat ara ile yapılarak değişmez kütle belirlendikten sonra Arşimet terazisinde tartımlar alınmıştır ( $G_{d_s}$ ). Değişmez kütle gelince kadar etüvde kurutulan numuneler soğutulmuş ve 0,1 hassasiyetle tartılmıştır ( $G_k$ ). Hacimce su emme oranı  $S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \cdot 100$  formülü ile hesaplanmıştır. Burada;  $S_k$ : Taşın kütlece su emme oranı (%),  $G_d$ : Taşın doygun haldeki kütlesi (gr),  $G_k$ : Değişmez kütle kadar kurutulmuş taşın kütlesidir (gr).

- Hacimce su emme oranı (Görünen porozite): Tüm işlemler kütlece su emme oranı deneyi ile aynıdır. Oran ise  $S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{d_s}} \cdot 100$  formülü ile hesaplanır.

Burada,  $G_{d_s}$  : Doygun haldeki taşın su içindeki kütlesidir (gr).

- Yoğunluk: Boyutları 4-5 cm'lik numuneler kullanılmıştır. Deneyde numunelerin konulduğu tüpün darası hassas terazide 0,0001 hassasiyetle ölçüldükten sonra tüpün içine yoğunluğu ölçülecek numune konularak tekrar tartılmış ve numune ağırlığı bulunmuştur. Daha sonra tüp helyum piknometreye yerleştirilerek deneye başlanmıştır. Deneyler üç döngü halinde yapılmıştır. Her bir döngüde numunenin içinde bulunduğu kaba 19,5 psi basıncında helyum gazı doldurulup boşaltılmaktadır. Gazın dolma boşalma işleminde önceden bilinen tüpün hacminden içeri giren gazın hacmi çıkarılarak numunenin hacmi bulunmaktadır. Yoğunluk ise ağırlığın hacme oranı ile alet tarafından hesaplanmıştır.

- Hacim kütlesi: Boyutları en az 5 cm olan 3 adet numune kullanılmıştır. Numunelerin ağırlıkları 350 gr'dan az değildir. Numuneler  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  suya daldırılarak boyutlarının yarısına kadar daldırılarak 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra üstleri  $20 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  su ile örtülerek 24 saat bekletilip, 0,1 hassasiyetle Arşimet terazisinde ( $G_{d_s}$ ) ve havada yine 0,1 hassasiyetle tartılmıştır ( $G_{d_h}$ ). Değişmez kütle gelmesi için numuneler etüvde

kurutulmuş ve 0,1 hassasiyetle tartılmıştır ( $G_k$ ). Hacim kütlesi  $d_h = \frac{G_k}{G_{d_h} - G_{d_s}}$

formülü yardımıyla hesaplanmıştır. Burada;  $d_h$ : Hacim kütlesi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ),  $G_k$ : Değişmez kütle gelinceye kadar kurutulmuş numune kütlesi (gr),  $G_{d_h}$  : Doygun haldeki numunenin havadaki kütlesi (gr),  $G_{d_s}$  : Doygun haldeki numunenin su içindeki kütlesidir (gr).

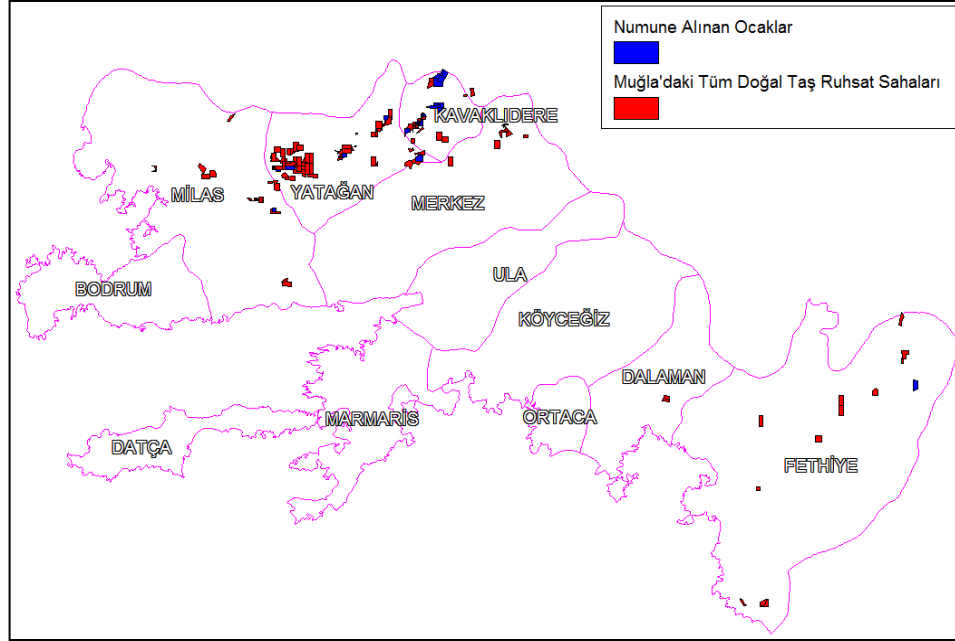
- Doluluk oranı:  $k = \frac{d_h}{d_o}$  formülü ile hesaplanmıştır. Burada;  $k$ : Taşın doluluk oranı (%),  $d_h$ : Taşın ortalama hacim kütlesi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ),  $d_o$ : Taşın ortalama özgül ağırlığıdır ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).

- Porozite (Gözeneklilik derecesi):  $P = \left(1 - \frac{d_h}{d_o}\right) \cdot 100 = (1 - k) \cdot 100$  formülü ile hesaplanmıştır.
- Kimyasal Analizler ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , Kızdırma Kaybı): Numuneler 100  $\mu\text{m}$  altına öğütülmüştür ve etüvde kurutulmuştur. Etüvden çıkartılan numune tartılarak beherlerin içine konulmuştur. Üzerine 20 ml HCl eklenip manyetik karıştırıcı ısıtıcıda çözünene kadar bekletilmiştir. Çözünen numuneler soğuduktan sonra süzme kağıdı yardımıyla balon jöjelere aktarılıp saf su ile 250 ml'ye kadar tamamlanmıştır. Daha sonra balon jöjelerden atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile elementlerin absorpsiyon değerleri bulunmuş ve  $E = \left(\frac{10^{-4} a \cdot v}{m}\right)$  formülü ile tenör hesaplanmıştır. Burada;  $E$ : % Element,  $a$ : Cihazda okunan değer,  $v$ : Balon jöje hacmi (ml),  $m$ : Çözülen numune miktarıdır (gr). Yapılan diğer bir analiz olan kızdırma kaybı ise yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 750 °C)  $\text{CaCO}_3$ 'dan (veya  $\text{MgCO}_3$ ) karbondioksitin uzaklaştırılıp  $\text{CaO}$  ve  $\text{MgO}$  değerinin elde edilmesi esasına dayanmaktadır  $(\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{sinterleme}} \text{CaO} + \text{CO}_2)$  ve  $\text{MgCO}_3 \xrightarrow{\text{sinterleme}} \text{MgO} + \text{CO}_2$ ).

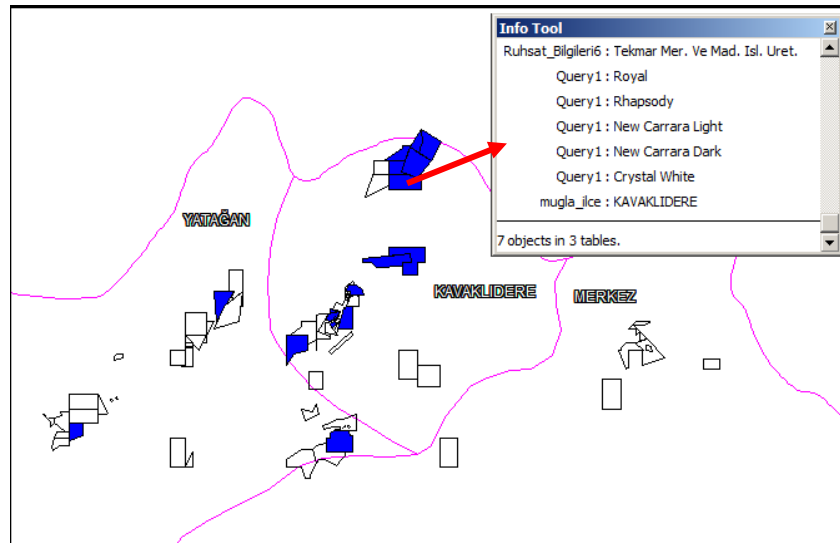
#### 6.4 Muğla Yöresi Mermerleri Coğrafi Sorgu ve Analizleri

Muğla'daki birçok ocaktan alınan numunelerle yapılan deneylerin sonunda elde edilen deney sonuç değerleri bir veritabanı haline getirilip MapInfo Pro'ya aktarılmıştır. Şekil 6.2, 6.3 ve 6.4'den görüleceği üzere her üç şekilde üç farklı katman (Muğla ilçe haritası, mermer ruhsat haritası ve ocaklardan çıkartılan mermer teknik özelliklerine sahip katman) beraber kullanılmaktadır. Coğrafi birleştirme adı verilen bu işlemde farklı detaylara sahip katmanlar CBS ortamında beraber kullanılabilir. Şekil 6.2, ziyaret edilerek numune alınmış ve alınmamış tüm mermer sahalarını göstermektedir. Mavi renkteki alanlar numune alınan ocakları, kırmızı ve mavi alanlar ise tüm ruhsat sahalarını ifade etmektedir. Şekil 6.3'de ise coğrafi birleştirmeye örnek verilmektedir. Şekilden görüleceği gibi ruhsat sahasının

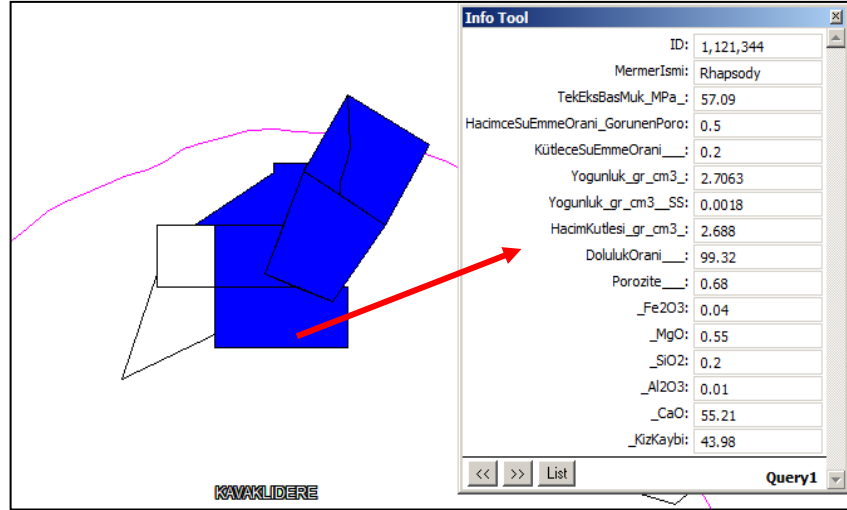
hangi ilçede olduğu, o ruhsat sahasında bulunan ocaktan hangi isimde mermerlerin üretildiği ve üreten şirketin adı aynı harita üzerinde görüntülenebilmektedir. Şekil 6.4'de çıkan taşlar daha da detaylandırılarak (örneğin Rhapsody) taşın teknik özellikleri bilgisayar ekranına getirilmektedir.



Şekil 6.2 Mermer ruhsat detayları ve ocaklardan çıkartılan mermerlerin teknik özelliklerinin CBS haritasında birlikte gösterimi: Numune alınan ocaklar ve tüm ocaklar (mavi: numune alınan sahalar, mavi ve kırmızı: tüm doğal taş ruhsat sahaları).

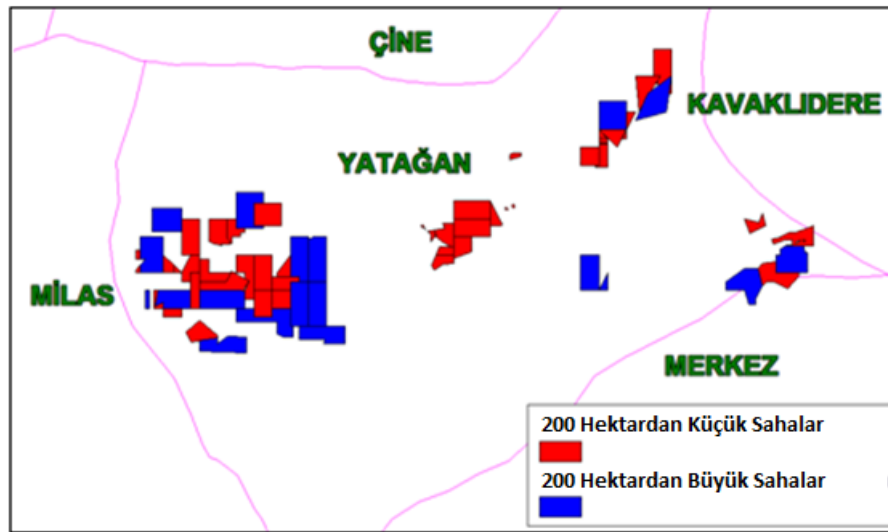


Şekil 6.3 Mermer Ruhsat detayları ve ocaklardan çıkartılan mermerlerin teknik özelliklerinin CBS haritasında birlikte gösterimi: Ocaktan çıkartılan mermer isimlerinin listelenmesi.



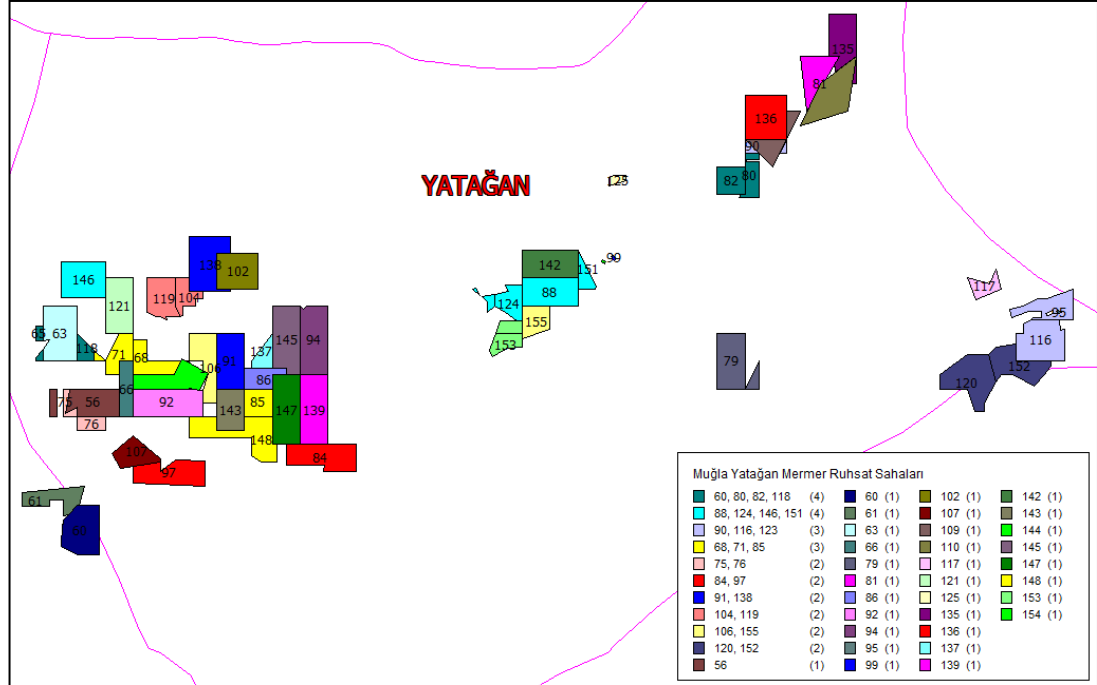
Şekil 6.4 Mermer ruhsat detayları ve ocaklardan çıkartılan mermerlerin teknik özelliklerinin CBS haritasında birlikte gösterimi: Aynı ocaktan çıkartılan bir mermerin teknik detaylarının listelenmesi.

CBS haritalarında verilere dayanarak birçok sorgulama yapılabilmektedir. Bu sorgulamalar veritabanı içerisindeki verilerden yeni bilgiler elde edilmesini veya istenilen kıstasta verilerin gruplandırılması ve listelenmesi şeklinde olmaktadır. Örneğin, “Yatağan’da ruhsat alanı 200 hektardan büyük olan sahaları göster” şeklindeki bir sorgulama yapılabilmektedir (Şekil 6.5). Şekilden görüleceği üzere Yatağan sınırları içerisinde kalan mermer ruhsatları ve 200 hektar gibi sayısal bir değer ile sorgulama yapılabilmektedir.



Şekil 6.5 Yatağan’da bulunan alanı 200 hektardan büyük ve küçük alanlara sahip ruhsat sahalarının karşılaştırılması.

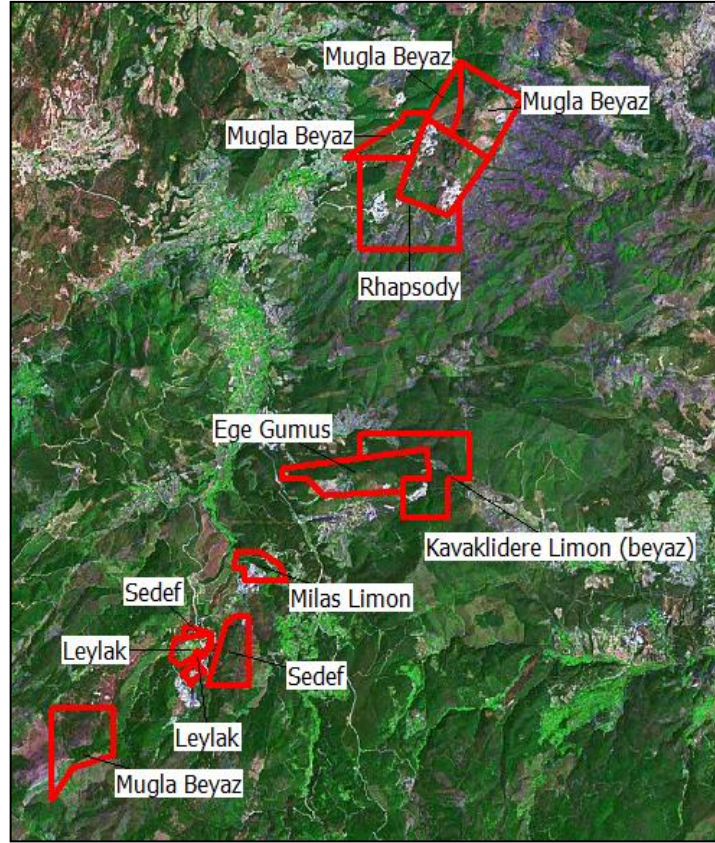
Diğer bir sorgulama ise yine Yatağan'daki ruhsat sahalarının kaçının aynı özel veya tüzel kişilere ait olduğudur (Şekil 6.6).



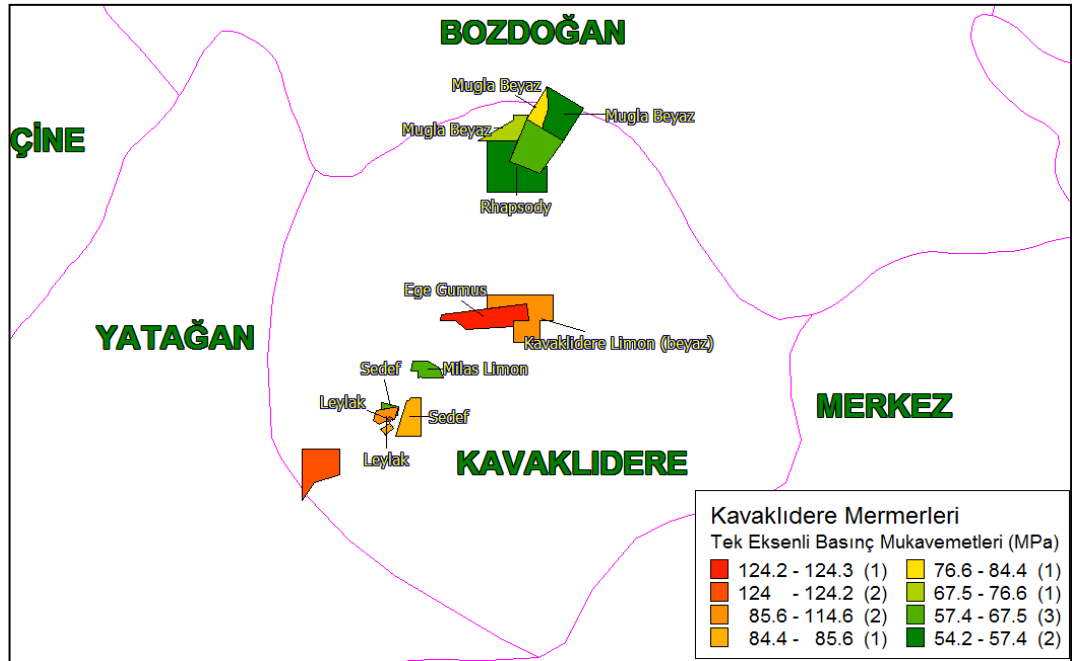
Şekil 6.6 Muğla Yatağan'daki mermer ocağı ruhsatlarının özel veya tüzel kişilere göre dağılımı.

Şekil 6.6'dan görüleceği üzere Yatağan ilçe sınırları içinde bulunan ruhsat sahalarından dört ruhsata sahip olan 2 kişi, üç ruhsata sahip olan 2 kişi, iki ruhsata sahip olan 6 kişi ve tek ruhsata sahip olan 31 özel veya tüzel kişidir. Sorgulama sayısal değer yerine sözel verilerle de yapılabilmektedir.

Mermer satışında gerek alıcı ve gerekse satıcının bilmesi gereken teknik özellikler bulunmaktadır. Bunun yanında, bu özellikler taşın nerede daha verimli kullanılacağına da gösterebilmektedir. Mermerin nakliyatı, renk özelliği, mukavemeti ve atmosferik koşullara dayanımı gibi farklı ölçütlerin bilinmesi önceden yapılan laboratuvar çalışmaları ile mümkün olabilmektedir. Eldeki veriler yardımı ile coğrafi sorgulama örneği Kavaklıdere ocaklarından çıkartılan mermerler üzerine yapılmıştır (Şekil 6.7). Şekil 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12 ve 6.13'de bu mermerlerin teknik özellikleri CBS haritalarında verilmektedir.

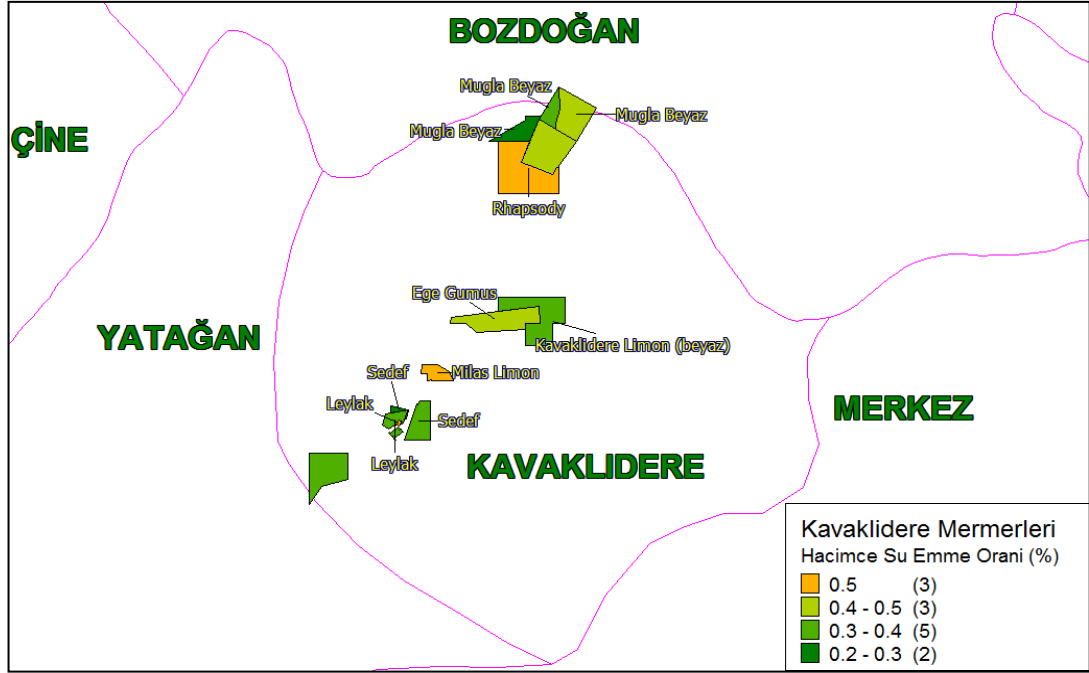


Şekil 6.7 Kavaklıdere’de bulunan mermer ocak ruhsatlarının birlikte gösterimi.

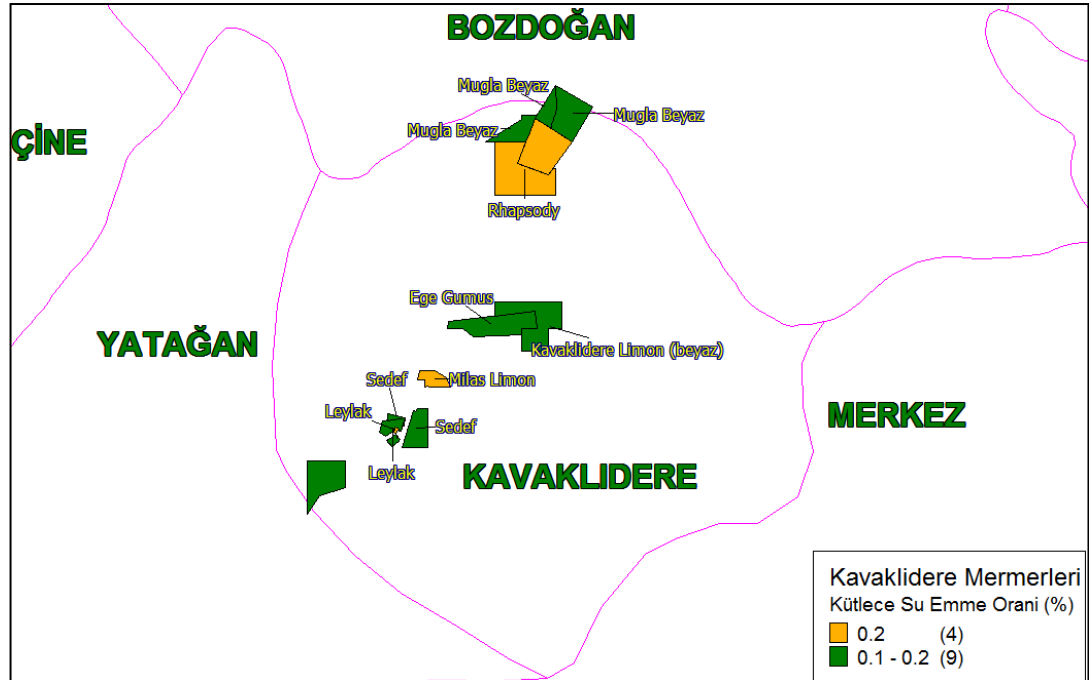


Şekil 6.8 Kavaklıdere mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin basınç dirençlerinin karşılaştırılması.

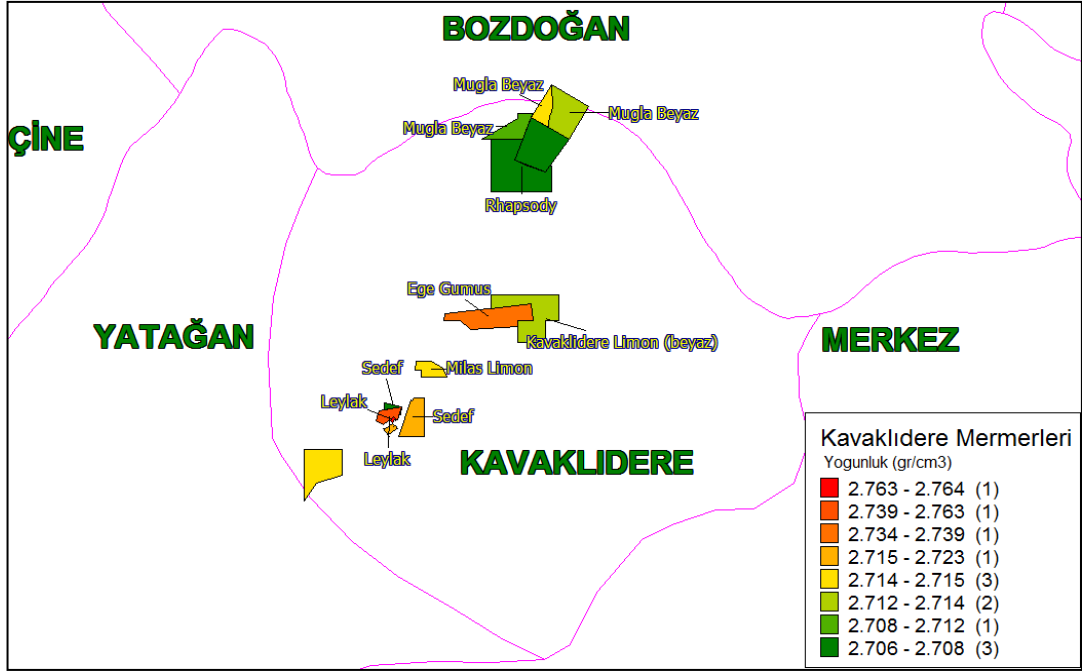




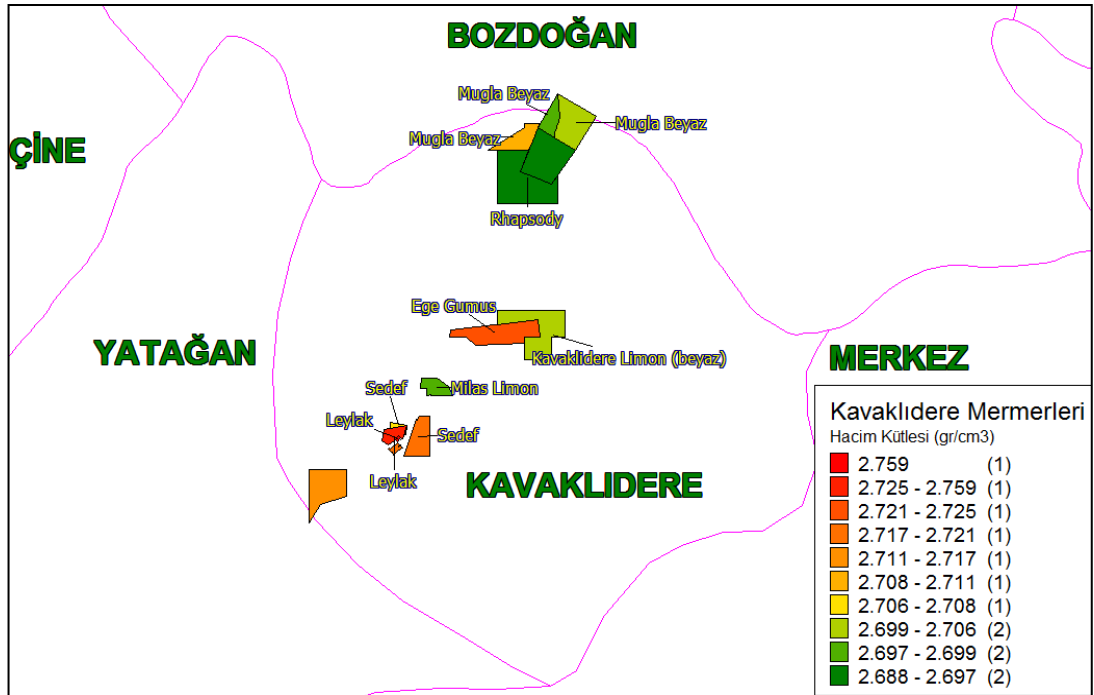
Şekil 6.9 Kavaklıdere mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin hacimce su emme oranlarının karşılaştırılması.



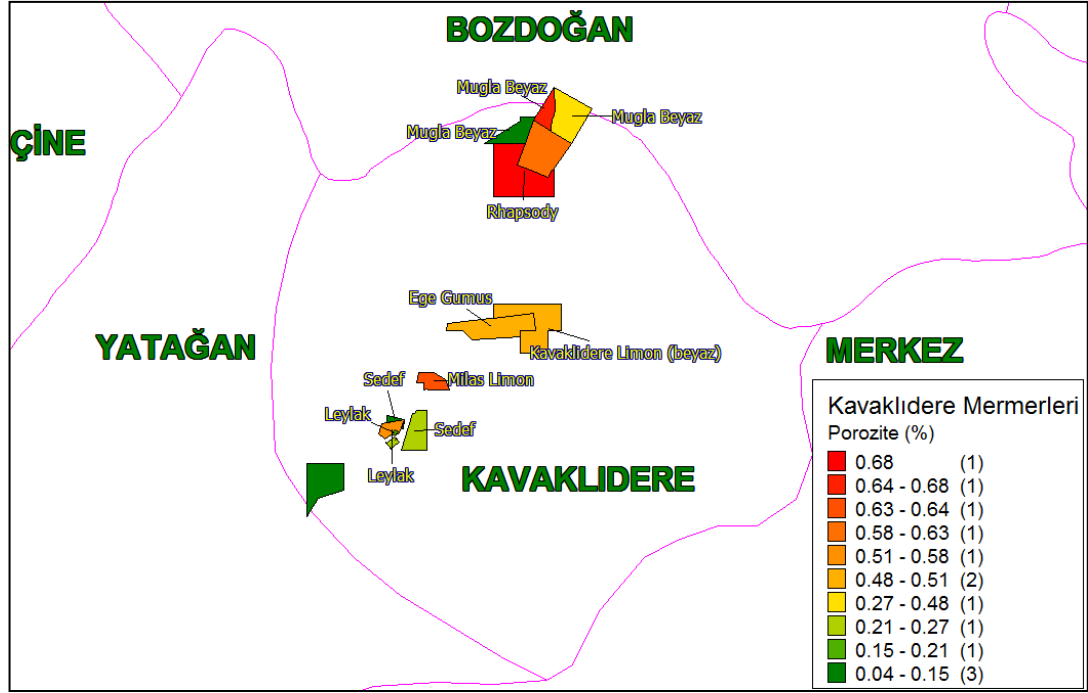
Şekil 6.10 Kavaklıdere mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin kütlece su emme oranlarının karşılaştırılması.



Şekil 6.11 Kavaklıdere mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin yoğunluklarının karşılaştırılması.



Şekil 6.12 Kavaklıdere mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin hacim kütlelerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.13 Kavaklıdere mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin porozitelerinin karşılaştırılması.

Şekil 6.8'deki basınç dirençlerinin karşılaştırılmasında Leylak, Muğla Beyaz ve Ege Gümüş'ün mukavemet değerleri en yüksek çıkmıştır (yaklaşık 120 MPa). Diğer mermerler ise ortalama 70 MPa basınç direncine sahiptirler.

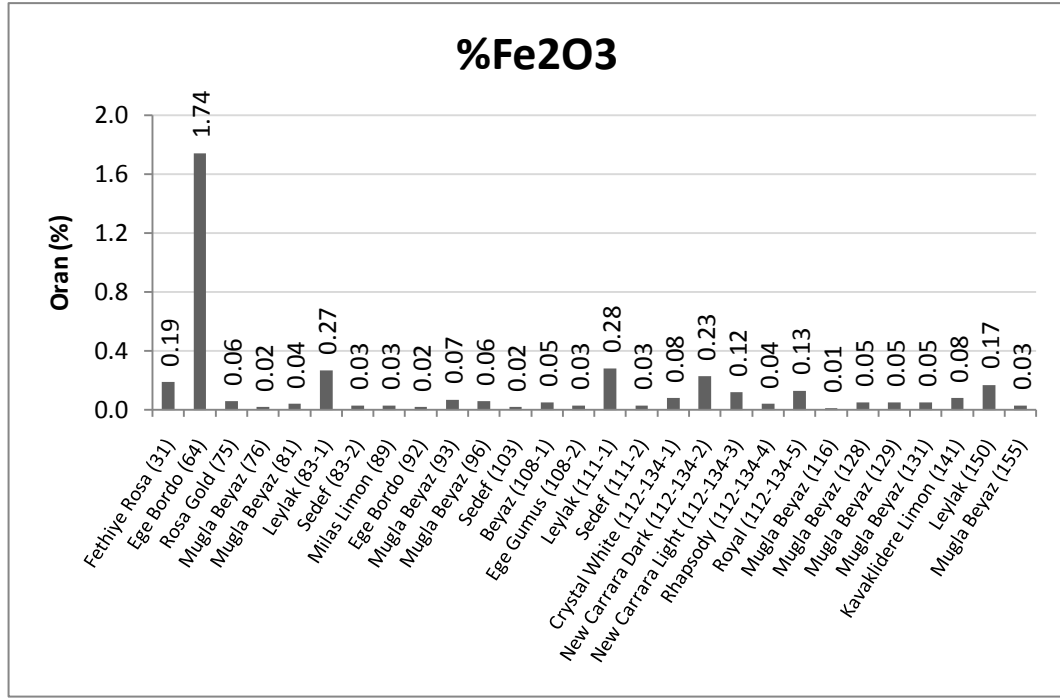
Hacimce su emme oranları karşılaştırıldığında (Şekil 6.9) %0,5 – %0,3 oranında değişim gösterdikleri gözlenmektedir. En yüksek değerleri Limon, Rhapsody ve Leylak almıştır. Kütlece su emme oranlarında ise (Şekil 6.10) dağılım çoğunlukla %0,1 – %0,2 arasındadır.

Şekil 6.11'de Kavaklıdere'de bulunan mermerlerin yoğunlukları verilmiştir. Bu yoğunluklar 2,71 gr/cm<sup>3</sup>'e yakın çıkmıştır. En fazla yoğunluğu olan ise Leylak'tır (2,76 gr/cm<sup>3</sup>).

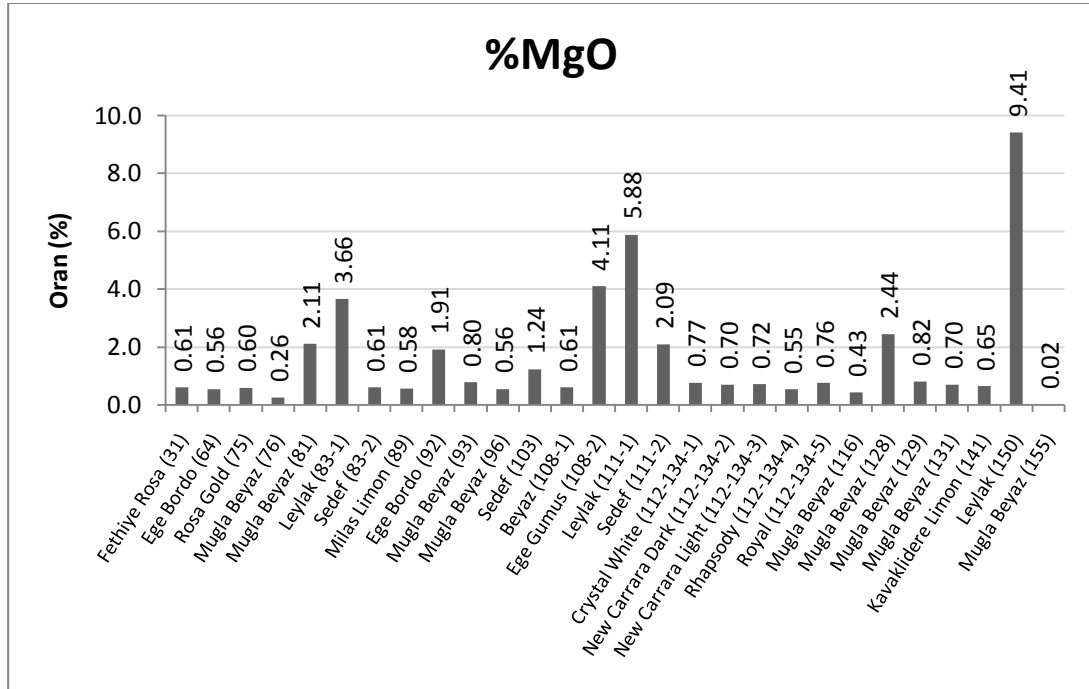
Hacim kütleleri 2,69 – 2,76 gr/cm<sup>3</sup> aralığında değişmekte, taşların ortalama hacim kütlesi değeri ise 2,71 gr/cm<sup>3</sup>'tür (Şekil 6.12). En yüksek hacim kütlesi değerine Leylak sahiptir.

Poroziteler karşılaştırıldığında ise (Şekil 6.13) %0,04 ila %0,68 arası bir değişim gösterdiği görülmektedir.

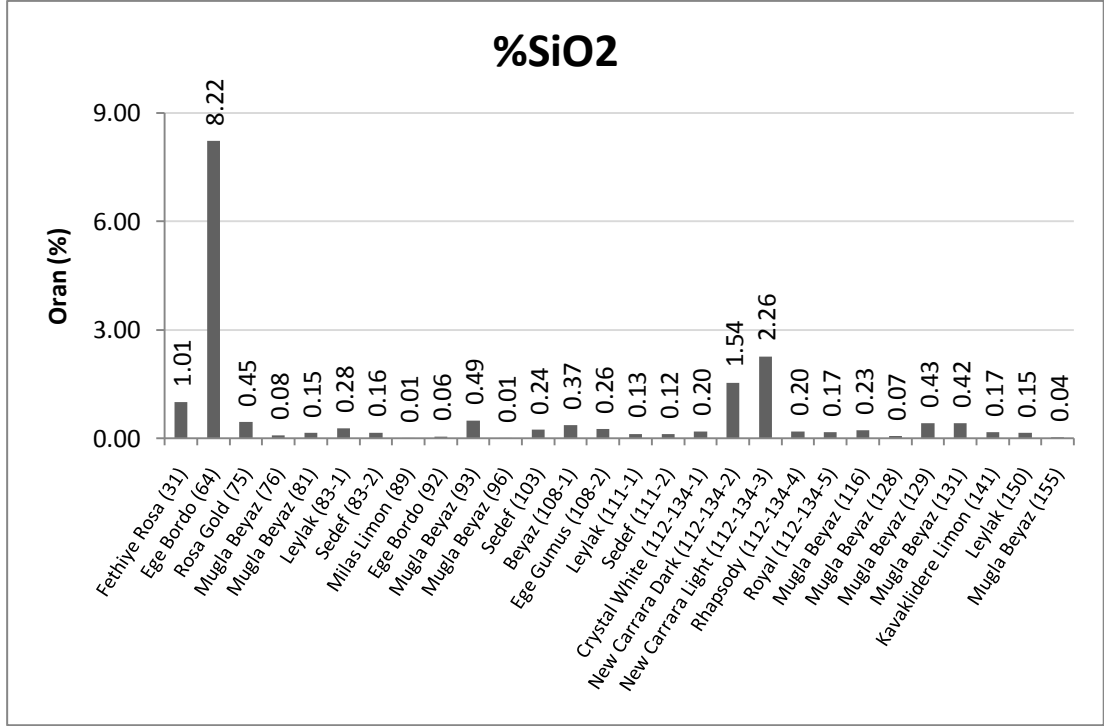
Muğla'da ziyaret edilen tüm ocaklardan alınan numunelerle yapılan kimyasal analiz sonuçları ise Şekil 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18 ve 6.19'da verilmektedir.



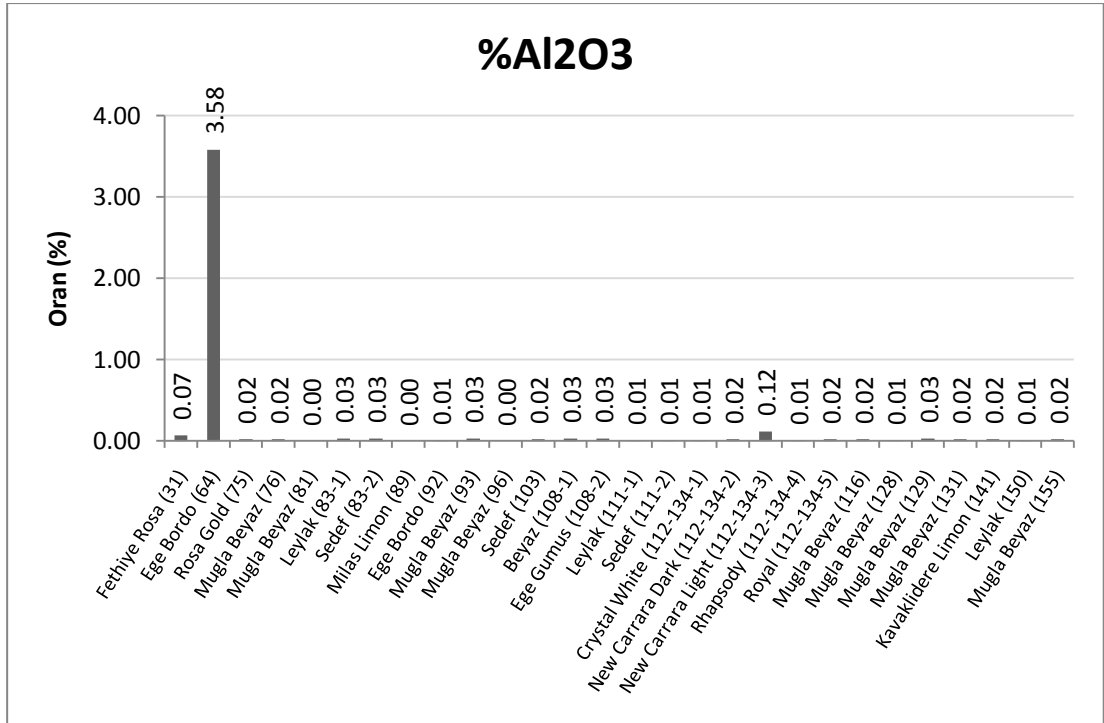
Şekil 6.14 Muğla mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) oranlarının karşılaştırılması.



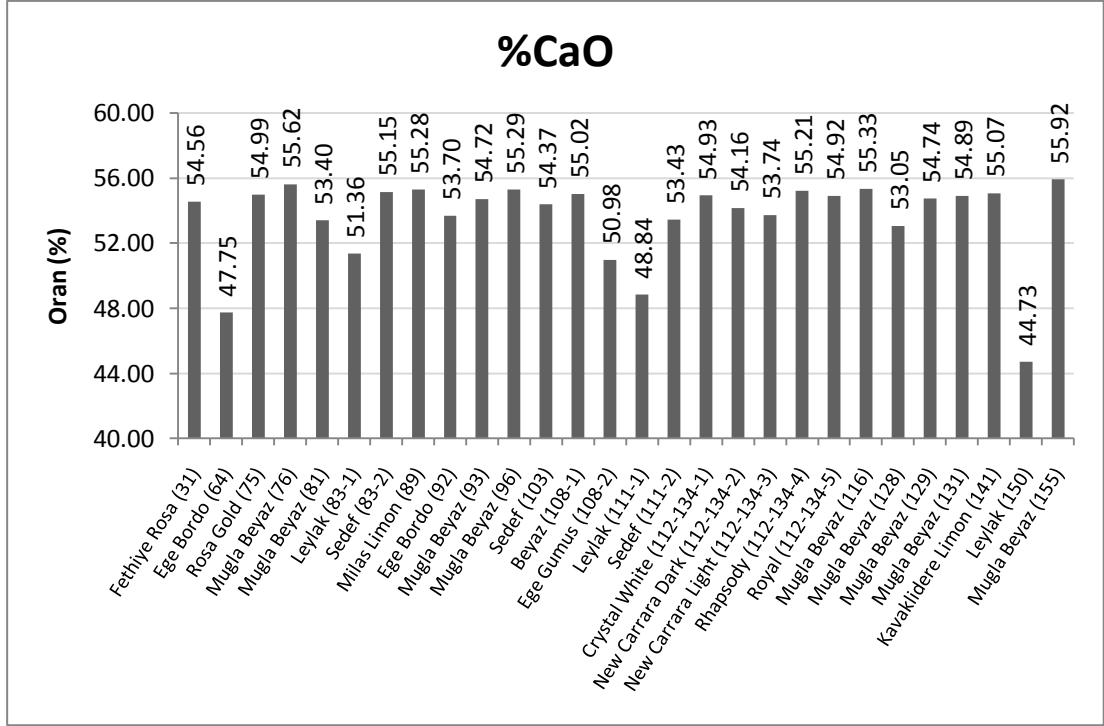
Şekil 6.15 Muğla mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin MgO (%) oranlarının karşılaştırılması.



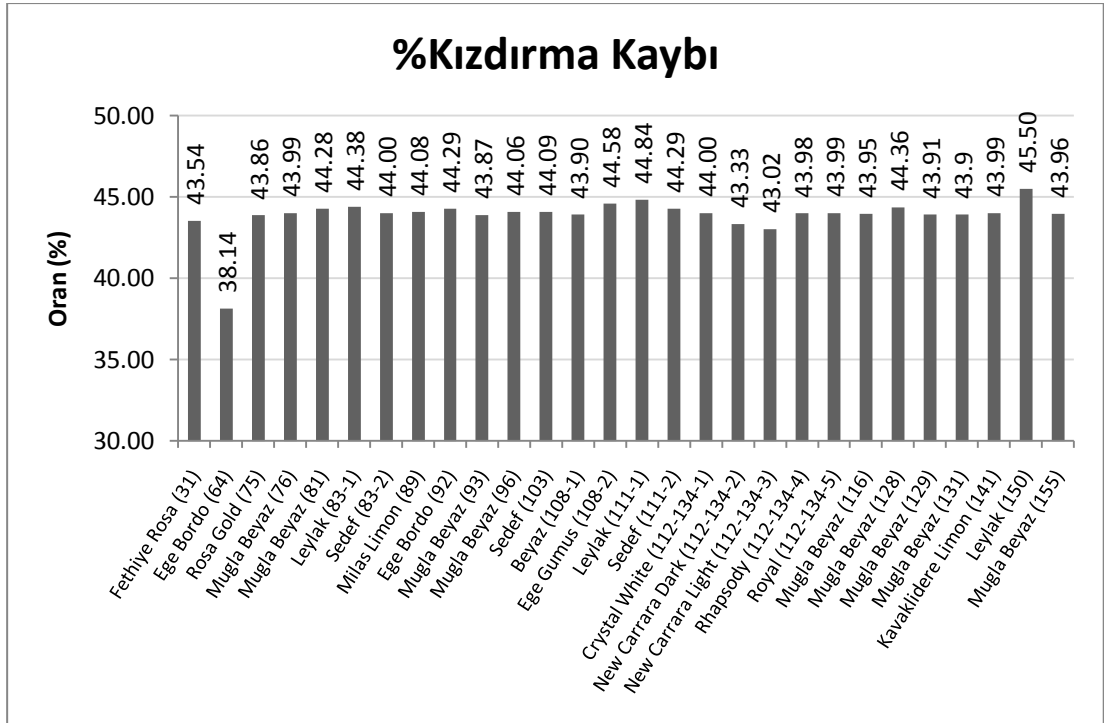
Şekil 6.16 Muğla mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin SiO<sub>2</sub> (%) oranlarının karşılaştırılması.



Şekil 6.17 Muğla mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) oranlarının karşılaştırılması.



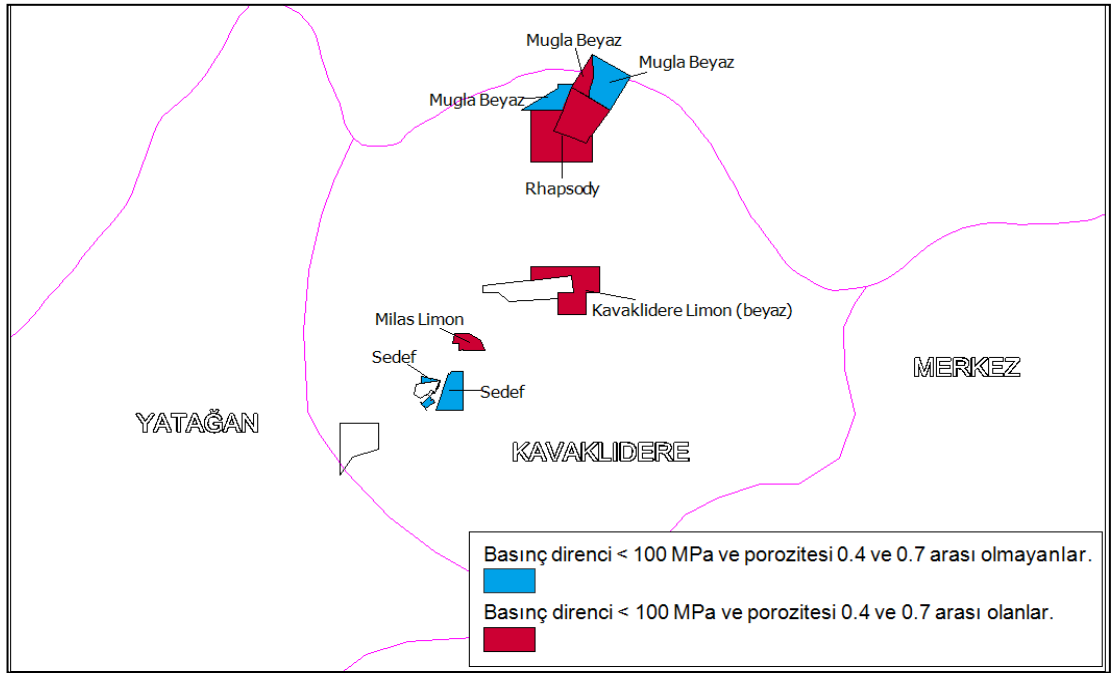
Şekil 6.18 Muğla mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin CaO (%) oranlarının karşılaştırılması.



Şekil 6.19 Muğla mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin Kızdırma Kaybı (%) oranlarının karşılaştırılması.

28 adet farklı mermer için yapılan kimyasal analizlerde  $\%Fe_2O_3$ ,  $\%MgO$ ,  $\%SiO_2$ ,  $\%Al_2O_3$ ,  $\%CaO$  ve  $\%Kızdırma$  Kaybı yüzde oranları elde edilmiştir. Şekil 6.14'de  $\%Fe_2O_3$  oranları verilmektedir. Grafikten görüleceği üzere Ege Bordo  $\%1,74$ 'lük oranla en fazla demir içeriğine sahiptir. Bu oran taşa kırmızı rengi veren yüksek demir içeriği ile açıklanabilmektedir.  $\%MgO$  oranları karşılaştırıldığında ise en fazla değer Leylak'a aittir. Şekil 6.16 ve Şekil 6.17'de  $\%SiO_2$  ve  $\%Al_2O_3$  oranları gösterilmektedir. Ege Bordo en fazla  $\%SiO_2$  ve  $\%Al_2O_3$  değerlerine sahiptir. Şekil 6.18'de verilen  $\%CaO$  oranları karşılaştırıldığında mermerlerin yaklaşık  $\%55$ 'lik bir CaO oranında olduğu görülmektedir. Fakat; Ege Bordo, Leylak ve Ege Gümüş'te  $\%CaO$  oranının diğer mermerlere göre daha azdır. Kızdırma kayıpları karşılaştırıldığında ise tüm taşlarda  $\%44$ 'lük bir değer gözlenmektedir. Fakat Ege Bordo'da bu oran  $\%38$ 'dir.

Yapılan deney sonuçları ile çoklu sorgulamalar da yapılabilmektedir. Örneğin, “Kavaklıdere’de çıkan mermerlerden basınç direnci 100 MPa’dan küçük olanları göster, fakat bunların içinde porozitesi  $\%0,40$  ve  $\%0,70$  arası olan taşlar olmasın” şeklinde verilebilmektedir. Çıkan sonuç Şekil 6.20’de verilmektedir.



Şekil 6.20 Kavaklıdere’den çıkarılan mermerlerden basınç direnci 100 MPa’dan küçük olan ve poroziteleri  $\%0,4$  ve  $\%0,7$  arası olan mermerler.

Muğla mermer potansiyelinin belirlenmesi çalışmalarına yönelik olarak oluşturulan ve bu potansiyelin incelenmesi için kullanılan CBS haritaları, örnekler verilerek açıklanan coğrafi sorgu ve analizlerle verinin kullanılması, veriden yeni bilgiler elde edilmesine örnektir. Yapılabilecek diğer sorgulamalar yine benzer şekilde kullanılan doğal taş verileri ışığında yapılabilmektedirler.



## **BÖLÜM YEDİ**

### **MUĞLA YÖRESİ DOĞAL TAŞ OCAKLARI VE BU OCAKLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

#### **7.1 Giriş**

UA; yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda bulunan platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, objelerle fiziksel bir temas olmadan, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir. UA sistemleri tarafından elde edilmiş verilerden yer yüzeyine ait yararlı bilgiler elde edilebilmekte; bu bilgi elde etme faaliyeti ise yapılan kayıt, işleme, analiz, yorum ve sonuçlandırma aktivitelerini kapsamaktadır.

Günümüzde yerküre ile uğraşan birçok bilim dalı UA'yı kullanmaktadır. Yeryüzü şekillerinin incelenmesi, doğal afetler, yapısal jeoloji ve özellikle doğal kaynakların araştırılması yerbilimlerinde UA'nın kullanım alanlarına örnektir. Bununla birlikte UA; hidrojeoloji, botanik, tarım, ormancılık ve meteoroloji alanlarında da etkili şekilde kullanılmaktadır. Madencilik faaliyetlerinde ise UA son birkaç on yılda kullanım alanı bulmuştur.

Çevresel etkilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi uygulamalarında da önemli bir yere sahip olan UA'nın, çevre ile bir bütün olarak ele alınması gereken madencilik faaliyetlerinde de birlikte kullanılmasının önemi açıktır. Dünyada ve Türkiye'de çevresel duyarlılığın artmasıyla, özellikle madencilik faaliyetlerindeki çevresel etkilerin belirlenmesi ve bu etkileri en aza indirecek rekültivasyon planlamaların yapılması mühendislik çalışmalarının bir gereği haline gelmiştir. Bu planlama ve gözlemlerde UA teknolojisinin kullanımı bu çalışmaların başarısı için önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında araştırması yapılan Muğla yöresi; doğal kaynaklar, turizm ve tarihi zenginlikleri bakımından Türkiye'nin önemli merkezlerinden biri olup

madencilik faaliyetleri (özellikle doğal taş ve linyit kömürü işletmeciliği) göz önünde bulundurulduğunda Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Bunun yanında, Orman Genel Müdürlüğü'ne (2006, s. 97) göre Muğla yöresi il yüzölçümünün yaklaşık %70'ini (%41 Normal Orman, %27 Bozuk Orman, %32 Ormansız alan) kaplayan ormanları ile ayrı bir değer taşımaktadır. 2004 yılı sonu rakamları ile Türkiye geneli dikkate alındığında ormanlık alanlar ülke yüzölçümünün %27,2'si, Ege Bölgesi ise bölge yüzölçümünün %18'i oranında en fazla orman alanına sahip coğrafi bölgedir. Bu rakamlar göz önünde bulundurulduğunda Türkiye'nin batı bölgesi ve özellikle Muğla yöresinin ormanlık alan bakımından önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Muğla'nın Türkiye mermer potansiyeli açısından önemiyle birlikte, ildeki madencilik faaliyetlerinin yapıldığı alanların çoğunun orman arazisi içinde olması ve bölgede işletilen madenlerden ötürü oluşabilecek çevresel etkilerin araştırılması zorunluluğu bu tezin çıkış noktasını oluşturmuştur.

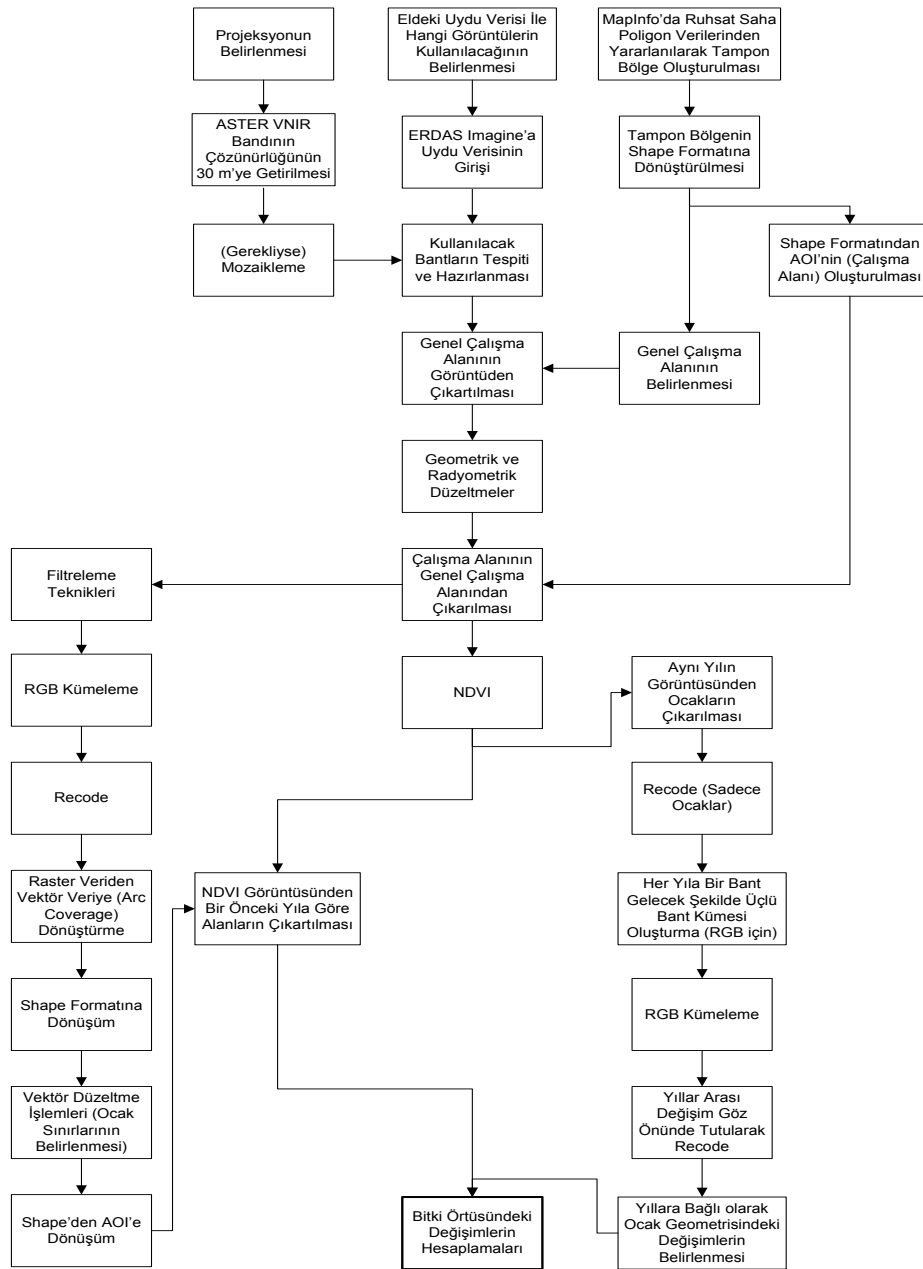


Şekil 7.1 Türkiye'deki ormanlık alanların dağılımı (Orman Genel Müdürlüğü, 2006, s.17).

Bu çalışmada çevresel etkilerin değerlendirilmesi bakımından, 1997 – 2009 arası Muğla'daki mermer ocak işletmecisinden dolayı yeşil alanlarda oluşan değişim araştırılmıştır. Bu değişimin araştırılması için ise UA ve CBS teknolojilerinden yararlanılmıştır. Veri kaynağı olarak; MİGEM'den sağlanan mermer ocağı ruhsat saha koordinatları ve uydu görüntüleri kullanılmıştır. Veriyi girme ve kullanma, görüntü işleme ve analizler için kullanılan yazılımlar ise MapInfo Pro 10 (MIP) ve ERDAS IMAGINE 9.2'dir (EI).

## 7.2 Metodoloji

UA çalışmalarında belirlenen hedefe ulaşmak için yapılan eylemler verinin işlenmesi, düzeltilmesi, analizi ve sonuçların değerlendirilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Muğla'daki mermer ocak işletmeciliğinden dolayı yeşil alanlarda oluşan değişimin araştırılmasında hazır veya çeşitli işlemlerden sonra kazanılan verilerden yararlanılmıştır. Aşağıda bu çalışmada yapılan işlemler özetlemekte, Şekil 7.2'de ise bu işlemlerde izlenen yol verilmektedir.



Şekil 7.2 Çalışmada kullanılan UA yöntemine ait akım şeması.

Şekil 7.2’de ayrıntılı verilen işlemlerde izlenen yol, ana hatları ile aşağıdaki işlemleri kapsamaktadır.

- Verinin seçimi, girişi ve düzenlenmesi
- Çalışma alanın belirlenmesi ve görüntü işlemleri
- Görüntü düzeltme ve iyileştirmeler
- Bitki örtüsünün belirlenmesi
- Mermer ocakları üzerine çalışmalar
- Mermer ocak işletmeciliğinden dolayı oluşan bitki örtüsündeki değişimin hesaplanması

### 7.2.1 Verinin Seçimi, Girişi Ve Düzenlenmesi

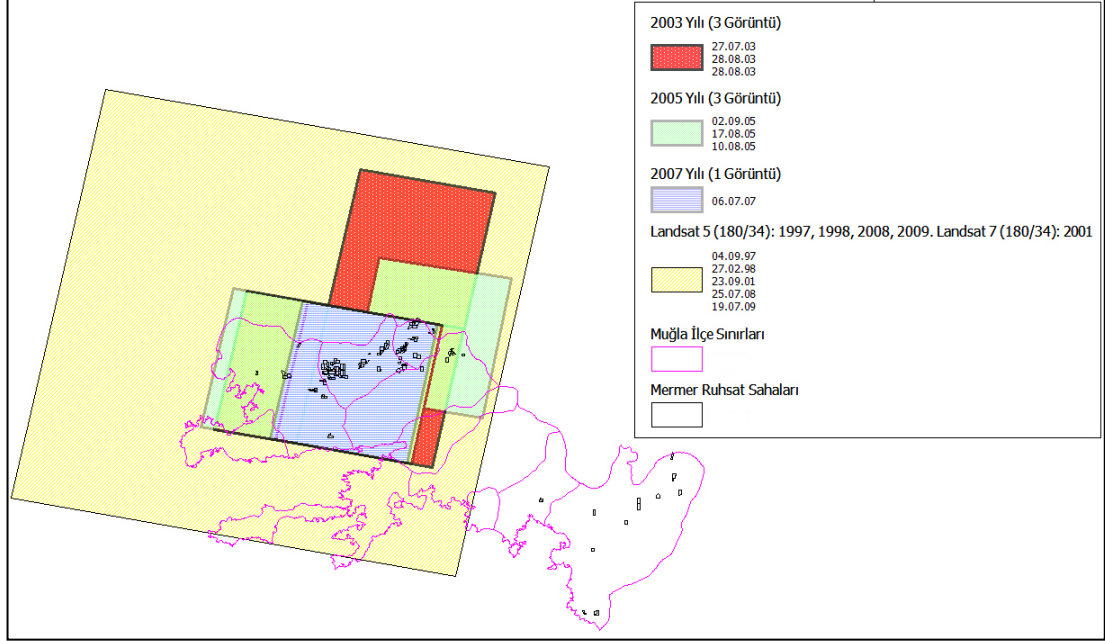
Çalışma kapsamında veri kaynağı mermer ruhsat saha vektör verileri, ASTER Level 3A01, Landsat 5 ve Landsat 7 uydu görüntüleridir.

Uydu görüntülerinin eldesi; bulutluluk ve olabildiğince kış aylarında alınmış görüntü olmamasına dikkat edilerek yapılmış, analizlerde 1997, 1998, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008 ve 2009 yıllarına ait görüntüleri kullanılmıştır. Tablo 7.1’de kullanılan uydu görüntüleri ve çekilme tarihleri verilmektedir.

Tablo 7.1 Kullanılan uydu görüntüleri ve çekilme tarihleri.

| Uydu Sistemi        | Tarih   |
|---------------------|---|
| ASTER Level<br>3A01 | <u>2003 Yılı (3 Görüntü):</u> 27.07.03,<br>28.08.03, 28.08.03 |
|                     | <u>2005 Yılı (3 Görüntü):</u> 02.09.05,<br>17.08.05, 10.08.05 |
|                     | <u>2007 Yılı (1 Görüntü):</u> 06.07.07                        |
| Landsat 5 (180/34)  | <u>1997 Yılı (1 Görüntü):</u> 04.09.97                        |
|                     | <u>1998 Yılı (1 Görüntü):</u> 27.02.98                        |
|                     | <u>2008 Yılı (1 Görüntü):</u> 25.07.08                        |
|                     | <u>2009 Yılı (1 Görüntü):</u> 19.07.09                        |
| Landsat 7 (180/34)  | <u>2001 Yılı (1 Görüntü):</u> 23.09.01                        |

Uydu görüntülerinin seçimi Muğla'daki ruhsat sahalarını elden geldiğince kapsayacak şekilde yapılmıştır. Bununla birlikte, uydu görüntü sistemleri her zaman istenilen tarih ve bölgeye ait görüntüyü alamadığından en fazla ruhsat sahalarını kapsayacak şekilde görüntüler kullanılmıştır (Şekil 7.3).



Şekil 7.3 Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri.

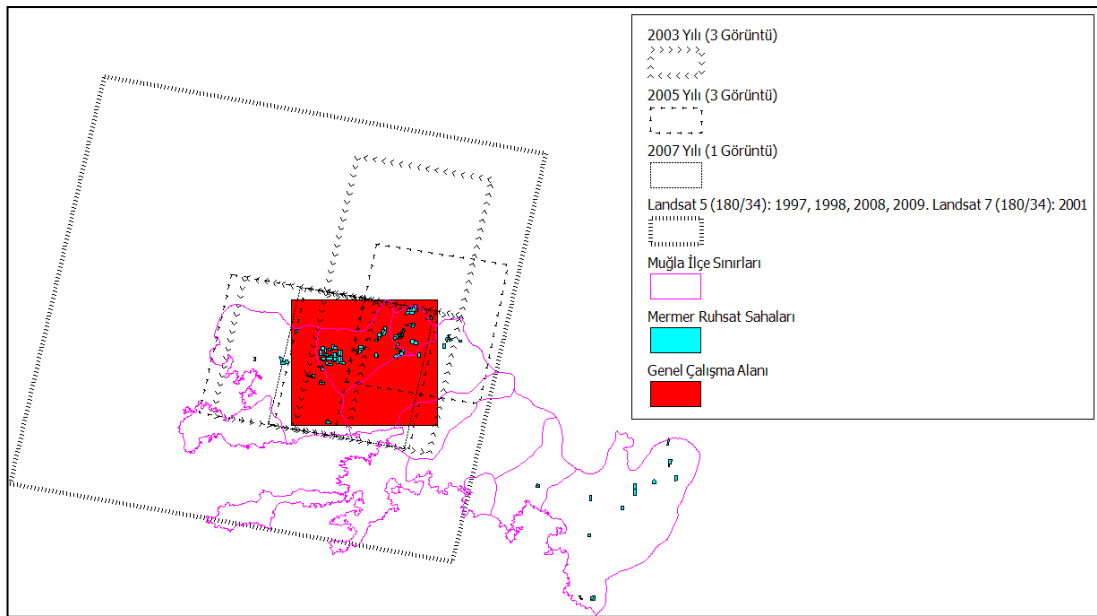
Hangi görüntülerin kullanılacağı belirlendikten sonra EI yazılımına görüntüler aktarılmıştır (yazılımın kullandığı .img -imagine- formatına dönüştürülmüştür). ASTER için VNIR ve SWIR bantları, Landsat için ise 1, 2, 3, 4, 5 ve 7'inci bantlar yazılımda ithal (import) edilmiştir.

Bazı ham görüntülerin projeksiyonları farklılıklar gösterdiğinden projeksiyon belirli bir standarda getirilmiş, UTM WGS 84 Kuzey, Zon 35 (24E – 30E aralığı) projeksiyon sistemi kullanılmıştır.

Başka bir veri standardı ise ASTER VNIR bandı ve Landsat görüntüleri için uygulanmıştır. ASTER VNIR bantlarının mekânsal çözünürlükleri 15 m olduğu ve ASTER SWIR ve Landsat verileriyle uyumluluk göstermesi açısından VNIR bantlarının çözünürlüğü 30 m'ye getirilmiştir.

## 7.2.2 Çalışma Alanının Belirlenmesi Ve Görüntü İşlemleri

1997 – 2009 arası edinilen uydu görüntüleri içinde kalan ruhsat sahaları çalışma alanının seçiminde etken olmuştur ve çalışma alanı elde bulunan uydu görüntüleri ve ruhsat sahaları referans alınarak belirlenmiştir. Daha sonra yapılacak mozaik, geometrik ve radyometrik düzeltme işlemleri için başta genel bir çalışma alanı elde bulunan uydu görüntüleri içinde en fazla ruhsat sahası kalacak şekilde seçilmiştir (Şekil 7.4).

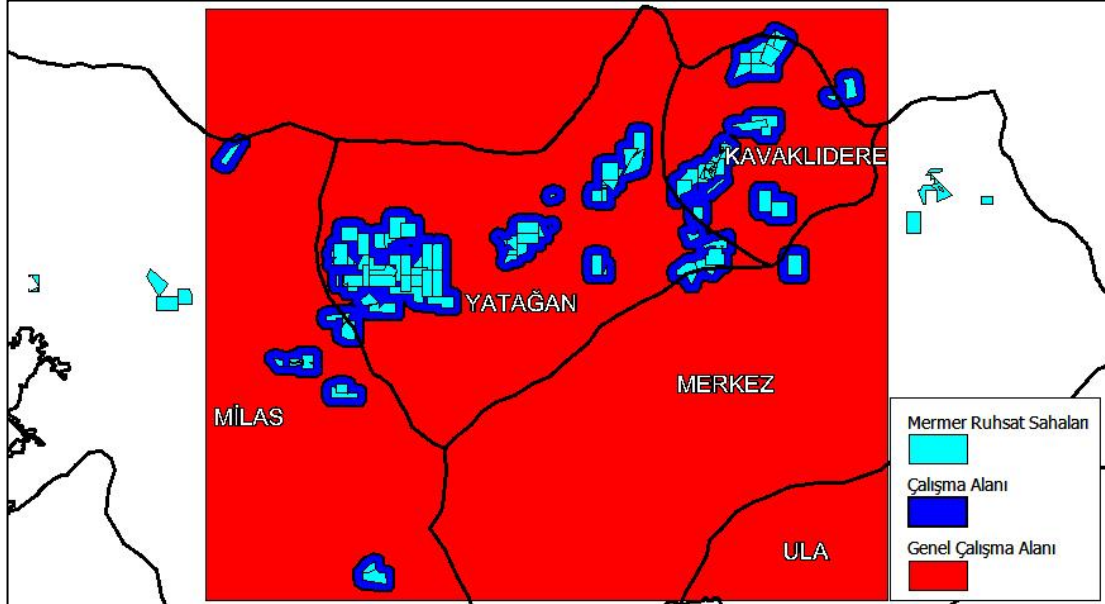


Şekil 7.4 Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve genel çalışma alanı.

Araştırmada asıl kullanılacak çalışma alanı ise eldeki uydu görüntüleri içinde kalan her ruhsat saha sınırlarının çevresine 800 m'lik ek bir pay vererek hazırlanmıştır. Başka bir deyişle, her ruhsat sahası etrafında 800 m'lik tampon bölgeler (buffer zones) oluşturulmuştur. 800 m değeri kabaca her ocak incelendikten sonra ruhsat sahası sınırlarını aşan nakliyat yolu veya üretim harici maden aktiviteleri gibi faaliyetler (eğer varsa) göz önünde tutularak belirlenmiştir (Şekil 7.5).

Şekil 7.5'den görüleceği üzere seçilmiş çalışma alanı özellikle mermerciliğin yoğun olarak yapıldığı Milas, Yatağan ve Kavaklıdere ilçelerindeki ruhsat sahalarını kapsamakta, irili ufaklı 14 bölgeden oluşmaktadır. Bunun yanında, çalışma alanı

içerisinde kalan ruhsat saha sayısı 102, Muğla'daki doğal taş işletme ruhsat sayısı ise 156'dır (Haziran 2008'den önce).

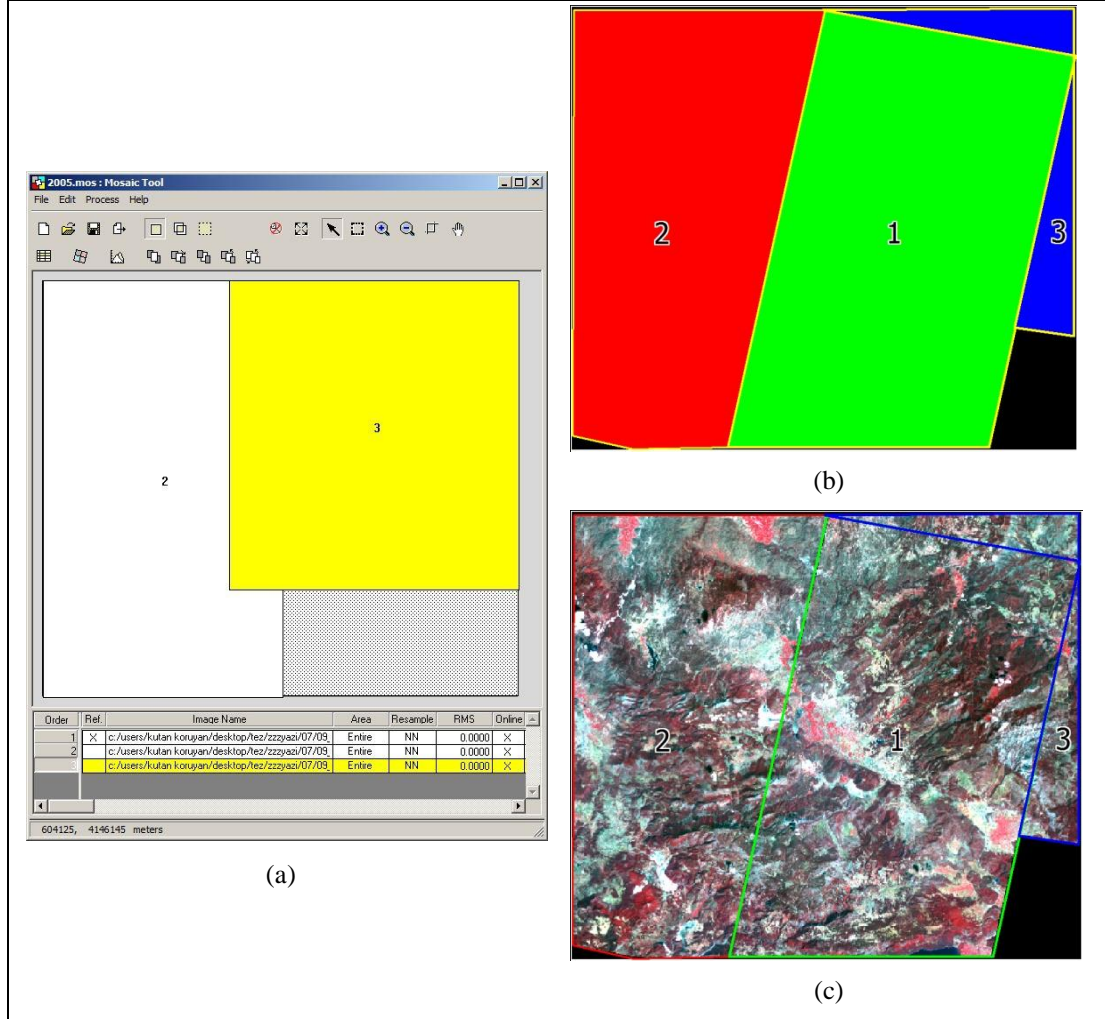


Şekil 7.5 Veri düzeltmeleri için kullanılan genel çalışma alanı ve asıl çalışma alanı.

Landsat görüntü çerçevesi 185x185 km ve görüntülerin alındığı bölgeler standart olduğundan belirlenen çalışma alanında kalan ruhsat sahaları Landsat çerçevesi içinde yer almaktadır. Bu yüzden her Landsat görüntüsü belirlenen genel çalışma sahasına göre görüntüden çıkarılmıştır. Fakat ASTER görüntüleri 60x60 km'lik bir alanı kapsadığından ve görüntüler Landsat görüntüleri gibi her alındığında standart bir bölgeye karşılık gelmediğinden kullanılacak yıla ait ASTER görüntüleri mozaik adı verilen teknikle birleştirilmiştir. Böylece, genel çalışma alanı içinde kalan görüntü parçaları görüntüden çıkarılmış ve mozaik işlemi ile tek görüntü haline getirilmiştir. Mozaik işlemi 2003 ve 2005 yılı ASTER görüntülerine uygulanmıştır. 06.07.2007 tarihli ASTER görüntüsünde ise seçilen ruhsat sahaları görüntü çerçevesi içinde yer almaktadır.

2003 ve 2005 ASTER görüntülerinin ham görüntü çerçevesinden çıkarılması işlemi EI Subset alt programı yardımıyla shape dosyasının AOI (Area of Interest, İlgi sahası) dosyasına dönüştürülüp, görüntüden istenilen alanın çıkarılması işlemi ile yapılmıştır. Mozaik işleminde ayrıca görüntü parçalarına histogram eşleştirme

uygulanmıştır. Şekil 7.6’da 2005 yılına ait görüntülerin nasıl mozaik yapıldığını gösterilmektedir.



Şekil 7.6 2005 yılına ait görüntülerin birleştirilmesi (a: ERDAS Imagine mozaik aracı; b, c: Görüntü parçalarının birleştirilmesi. 1: 17.08.05, 2:02.09.05, 3:10.08.05).

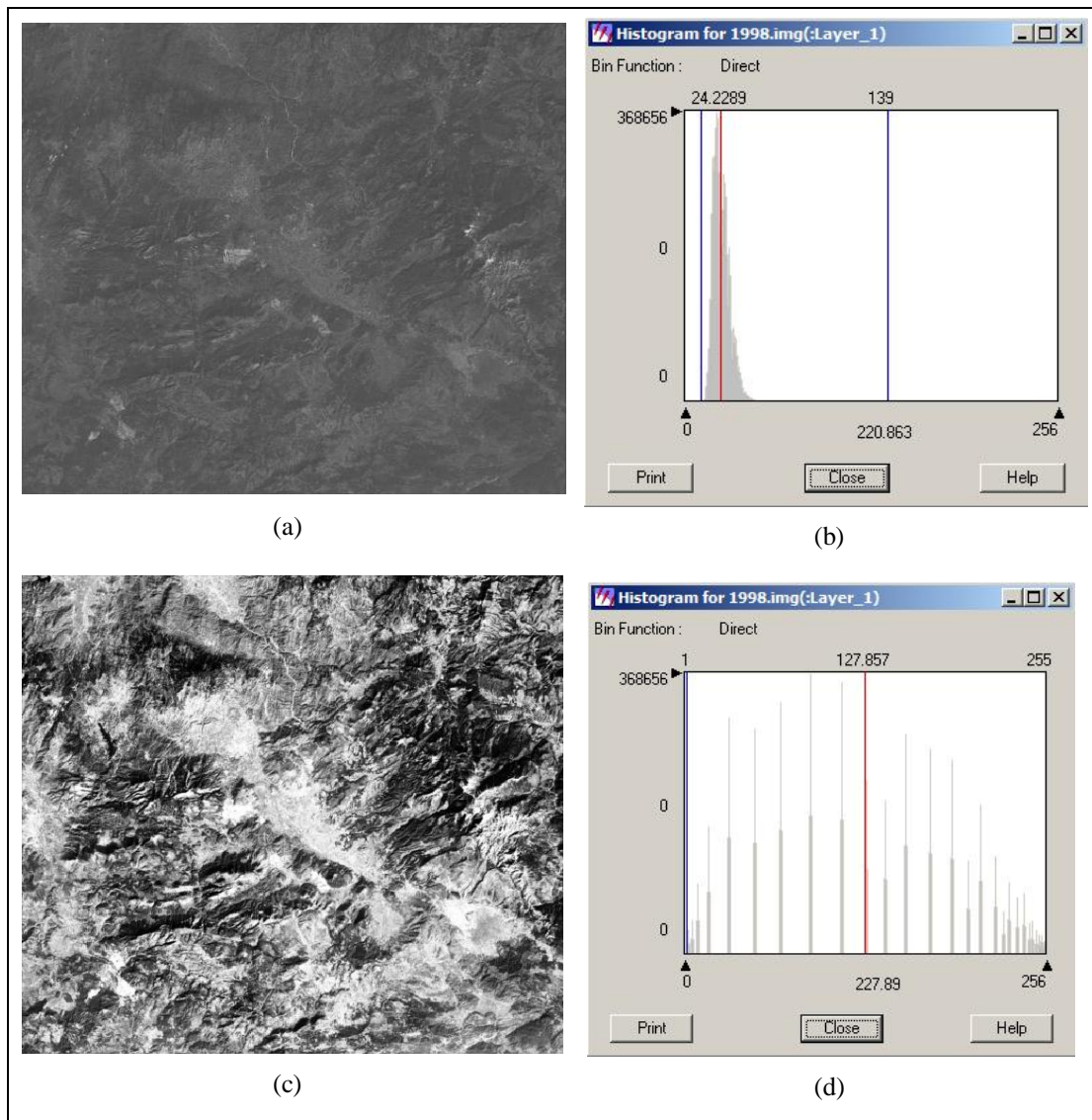
### 7.2.3 Görüntü Düzeltme Ve İyileştirme

Genel çalışma sahasına göre ham görüntülerden çıkarılan görüntüler (1997, 1998, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008 ve 2009 yılı görüntüleri) üzerinde bazı düzeltme ve iyileştirmeler yapmak gerekmektedir. Bu yüzden, başta her görüntüye lineer olmayan karşıtlık esnetme uygulanmıştır. Esnetme piksel değerlerinin yeniden dağılması ve böylece yaklaşık olarak belirlenen aralıkta her bir değerle piksellerin aynı sayılara



karşılık gelmesini sağlamaktadır. Karşıtlık esnetme, görüntüdeki çeşitli özellikler arasındaki tonal ayrımları arttırmak için de kullanılmaktadır.

Örneğin 1998 yılı Landsat 5 görüntüsünün birinci bandı piksel değerleri 0-139 arası değerler almaktadır (Şekil 7.7a ve 7.7b). Her görüntünün ileride yapılacak çalışmalarda eş olması açısından değerlerin 0-255 olması istenmektedir. Bu yüzden yapılan karşıtlık esnetme ile piksel değerleri 0-255 arası dağıtılmıştır (Şekil 7.7c ve 7.7d).



Şekil 7.7 1998 yılı Landsat görüntüsü 1. bandı için yapılan karşıtlık esnetme (a: Ham görüntü, b: Ham görüntü histogramı, c: Karşıtlık esnetme ile iyileştirilen görüntü, d: İyileştirilen görüntünün histogramı).

Görüntü üzerinde yapılan düzeltmeler ise geometrik düzeltmelerdir. Geometrik olarak düzeltilmemiş çoğu görüntüde yeryüzü üzerindeki sabit olan nesnelere aynı koordinatlarda sahip olamayabilmektedir. Bu yüzden çalışmanın ileriki safhaları için önem arz eden bu düzeltme tüm görüntülere uygulanmıştır.

Uydu görüntülerinden bağımsız Google Earth veya 1/25000'lik paftalar gibi dış kaynaklarla beraber incelenen uydu görüntülerinde geometrik olarak bazı uyumsuzluklar gözlenmiştir. Gerçeğe en uygun görüntü ise 2009 yılı Landsat görüntüsü olduğu belirlenmiştir.

Yapılan tüm geometrik düzeltmeler 2009 yılı Landsat 5 görüntüsü referans alınarak yapılmıştır. Her görüntüde 2009 yılı görüntüsü ile ortak yaklaşık 25 GCP belirlenmiş ve düzeltmeler uygulanmıştır. Bu düzeltmeler bir pikselden düşük hata ile sonuçlanmıştır. Bu düşük hata ilerideki prosesler için önemlidir. Şekil 7.8 1997 yılı görüntüsünün düzeltilmemiş, Şekil 7.9 düzeltilmiş durumlarını vermektedir.



Şekil 7.8 1997 ve 2009 yılı Landsat görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmemiş durumları (Sol: 1997, Sağ: 2009).



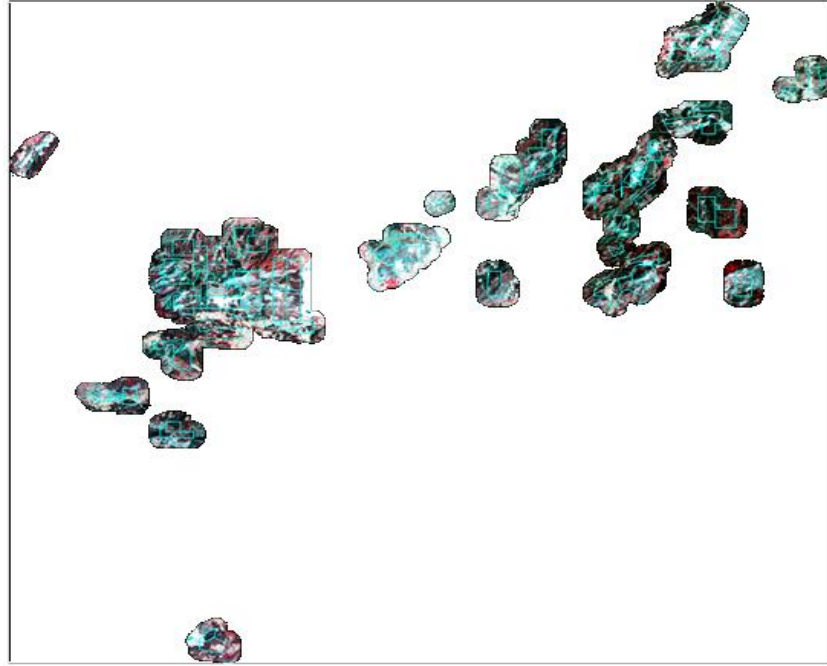
Şekil 7.9 1997 ve 2009 yılı Landsat görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmiş durumları (Sol: 1997, Sağ: 2009).

#### **7.2.4 Bitki Örtüsünün Belirlenmesi**

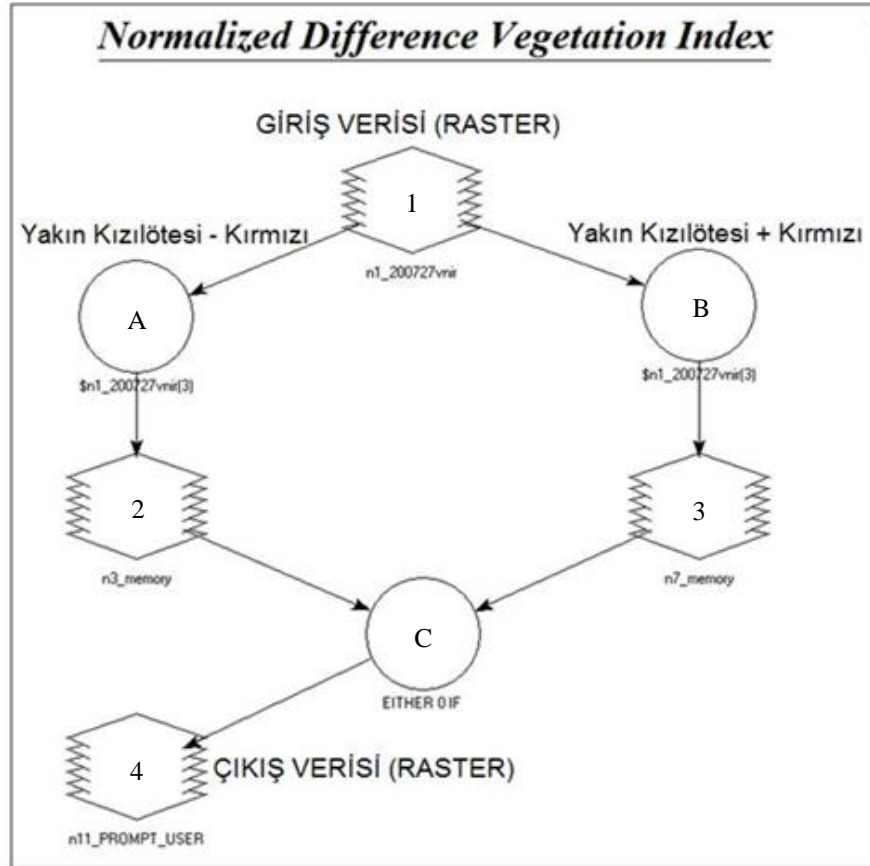
Tüm veri düzenleme, düzeltme ve iyileştirme işlemlerinden sonra; 1997, 1998, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008 ve 2009 yıllarına ait uydu görüntüleri çalışma alanı genel çalışma alanından çıkarılmıştır ve görüntü işleme çalışmalarına hazır hale getirilmiştir (Şekil 7.10).

Bölgede mermer madenciliğinden dolayı oluşan yeşil alanlardaki yıllara bağlı değişimin incelenmesi için, bitki örtüsü değişimi ve araştırmalarında sıklıkla kullanılan NDVI'den yararlanılmıştır.

NDVI hesaplaması EI'nın Model Maker alt programı ile algoritma oluşturularak yapılmıştır (Şekil 7.11).



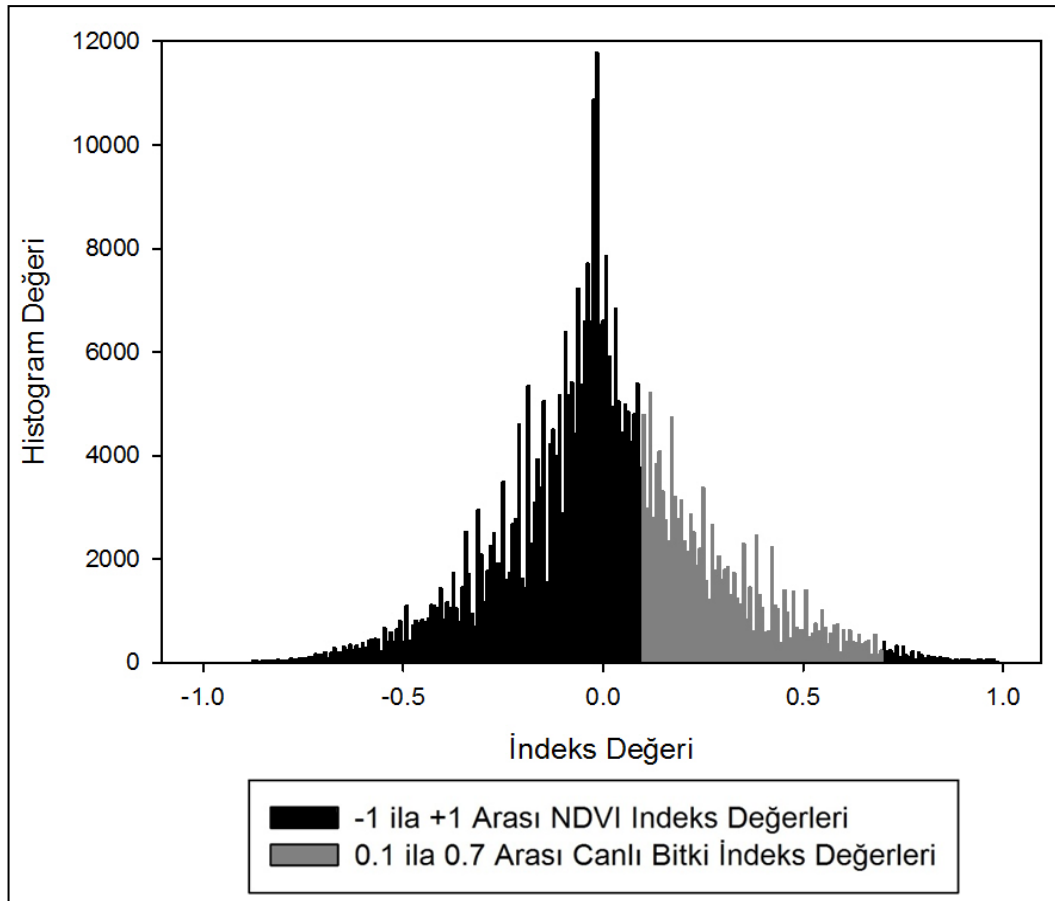
Şekil 7.10 Çalışma alanı (2008 yılı, RGB:321).



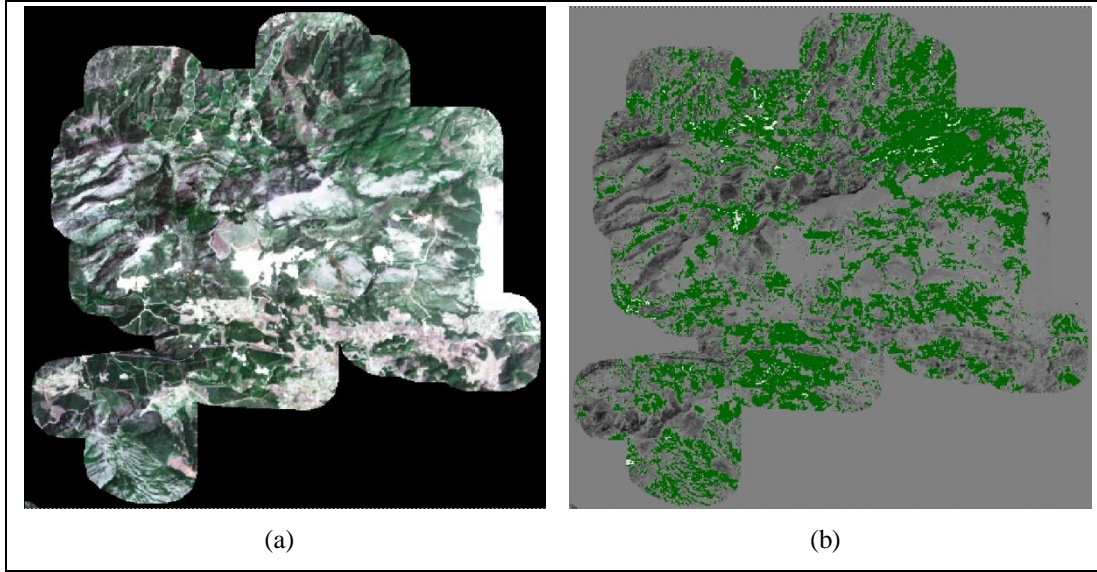
Şekil 7.11 Uydu verisi için Model Maker'da oluşturulan NDVI algoritması.

Başta algoritmada giriş verisi olarak uydu görüntüsü tanıtılmıştır (1). Giriş verisi veya uydu görüntüsünün her bandı (A ve B) “3 – 2” ve “3 + 2” (kızıl ötesi banttan kırmızı bandının çıkartılması ve toplanması) şeklinde birer matris işlemi gibi bilgisayara hesaplatılmaktadır. A ve B hesaplandıktan sonra 2 farklı veri olarak bilgisayar hafızasına alınmakta (2 ve 3) ve daha sonra bu iki veri yapısı birbirine bölünmüştür (C). Buna ilaveten, her türlü algoritma yapısında hesaplanan sayısal verinin sifıra bölünmesi tanımsız olacağından (uydu görüntüsü veri yapısında herhangi bir sıfır verisi olup olmadığına karşı) koşullandırma algoritmaya girilmiş (C) ve son olarak da çıktı olarak istenilen NDVI görüntüsü alınmıştır (4).

Şekil 7.12’de 2007 yılı görüntüsünün NDVI hesaplamasından sonraki oluşan histogram, Şekil 7.13’de ise NDVI ve doğal görüntü verilmektedir.



Şekil 7.12 NDVI’den elde edilen histogram grafiği (2007 yılı).



Şekil 7.13 NDVI yardımı ile oluşturulan bitki örtüsü görüntüsü örneği (2007 yılı görüntüsünün bir bölümü) (a: Doğal renkli görüntü, b: NDVI görüntüsü).

Tucker'ın (1979) araştırmalarında NDVI değerlerinin  $-1,0$ 'le  $+1,0$  arasında değiştiğini fakat bitkileri temsil eden değerlerinin  $0,1$  ile  $0,7$  arasında değerler aldığı ve yüksek indeks değerleri canlı bitki örtüsüyle orantılı olduğunu belirtilmiştir. Şekil 7.12'den görüldüğü gibi histogram Tucker'ın (1979) değerlerine uymaktadır. Histogram grafiğinde gri ile gösterilen alan ise bitki varlığına işaret etmektedir.

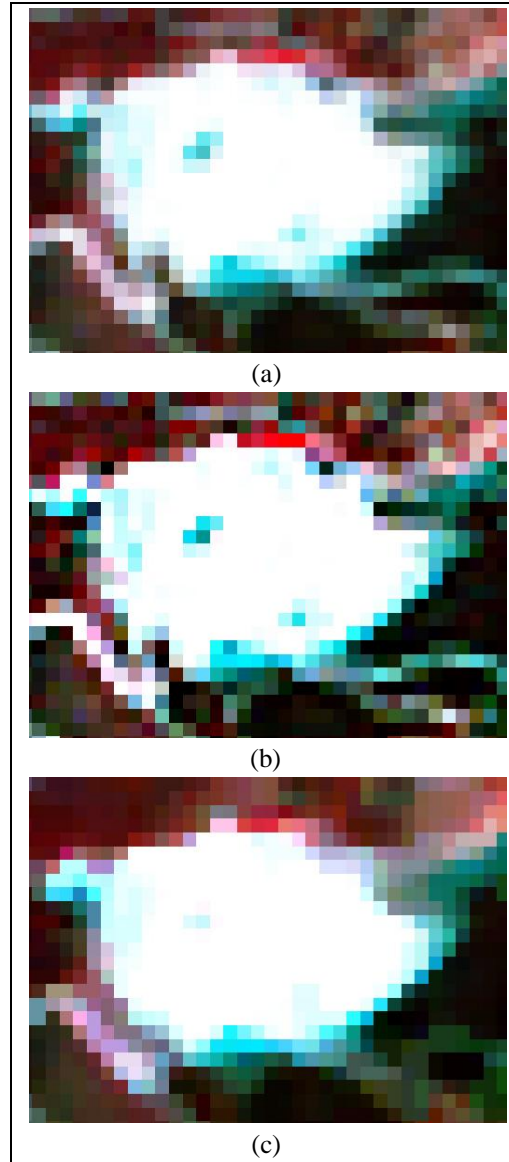
### 7.2.5 Mermer Ocakları Üzerine Çalışmalar

1997 – 2009 yılları arası mermer ocak işletmeciliğinden dolayı meydana gelen bitki örtüsündeki değişimin belirlenmesi yıllara bağlı olarak mermer ocakları geometrisinin nasıl bir değişim gösterdiğinin incelenmesi ile bulunabileceği düşünülmüştür. Buradan yola çıkılarak her yıla ait ocak geometrileri görüntü işleme ve CBS'den yararlanılarak belirlenmiştir.

30 m'lik mekansal çözünürlüğe sahip görüntülerde mermer ocakları çok net görüntülenememekle birlikte ocak sınırları da işlenmemiş görüntülerde tam olarak belli olmamaktadır. Bu yüzden ocakların görüntülerde belirginleştirilmesi için bazı filtreleme teknikleri uygulanmıştır. Bununla birlikte, uygulanan bu filtrelemeler daha

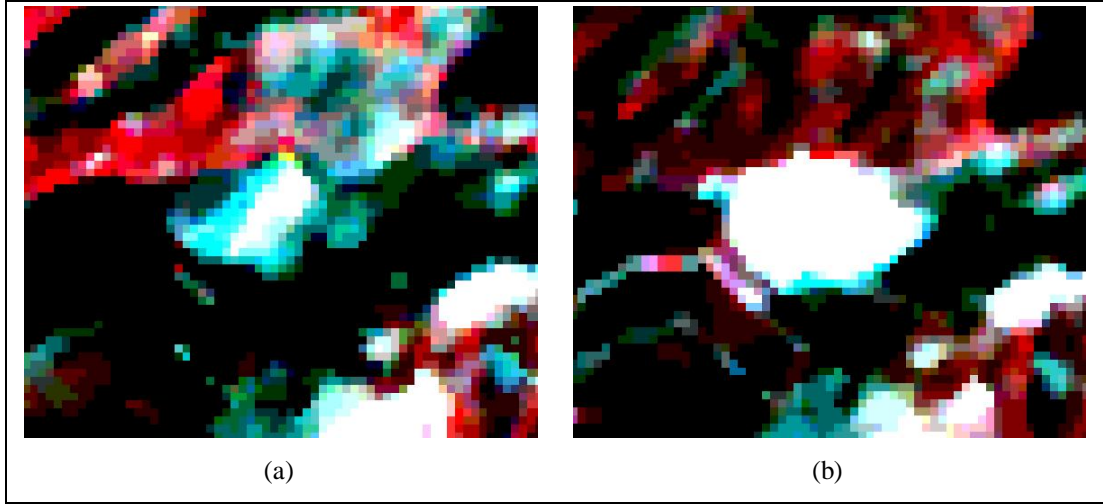
sonra yapılacak RGB kümeleme ve rasterdan vektör veriye dönüşüm prosesleri için de gereklidir.

Sınırların belirginleştirilmesi için ASTER görüntülerinin 1, 2 ve 3, Landsat görüntülerinin ise 2, 3, 4'üncü bantlarına keskinleştirme (sharpen; keskinlik artırma filtrelemesi) uygulanmıştır (Şekil 7.14b). Daha sonra istatistiksel filtreleme (piksel değeri medyanına bağlı olarak) yapılmıştır (Şekil 7.14c).



Şekil 7.14 Görüntü filtrelemesi (2009 yılı görüntüsünün bir bölümü) (a: Ham görüntü, b: Keskinlik artırma uygulanan görüntü, c: İstatistiksel filtreleme uygulanan görüntü).

ASTER ve Landsat'ın üç bandına filtrelemeler uygulandıktan sonra bu üç bandına RGB kümelemesi (RGB clustering) yapılmıştır. RGB kümelemesi üç bandın bir bant olarak sıkıştırılmasının yanında basit olarak UNSUP yapmaktadır. Kümeleme işleminde karşıtlık esnetmesi de kullanılmaktadır. Esnetme, her bandın minimum ve maksimum veri değerleri arasında esnetilmesiyle yapılmıştır (Şekil 7.15).



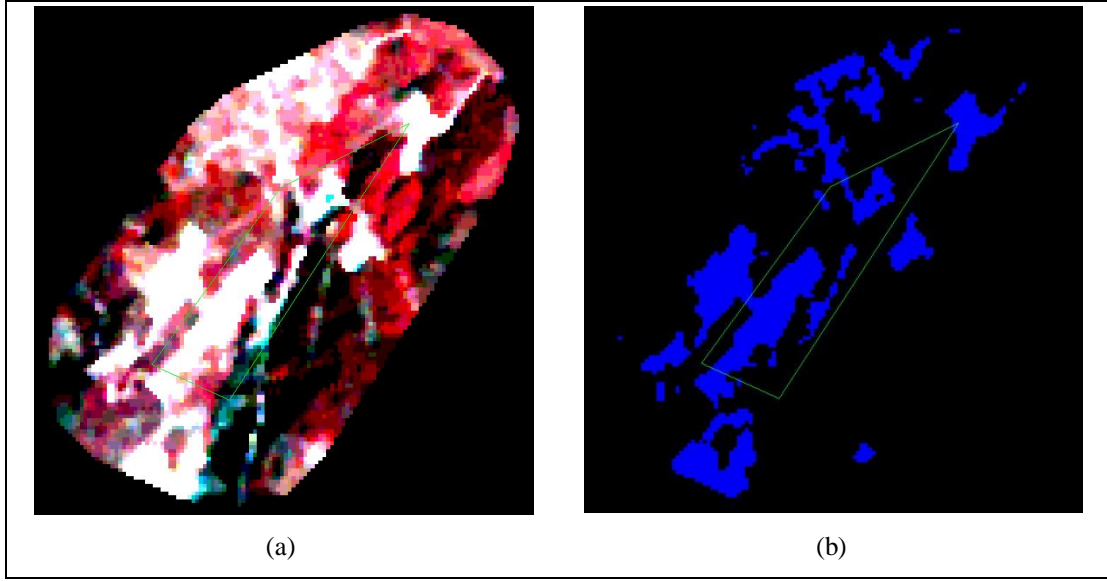
Şekil 7.15 RGB kümelemesi (a: 1997 yılı görüntüsünün bir bölümü, b: 2009 yılı görüntüsünün bir bölümü).

Şekil 7.14 ve Şekil 7.15'den görüldüğü üzere filtreleme ve RGB kümeleme teknikleri ile mermer ocak sınırları net bir şekilde belirlenebilmektedir. Bunun yanında, görüntü üzerindeki istenmeyen gereksiz pikseller de temizlenmiştir.

1997-2009 arası tüm yıllar için olan görüntülere RGB kümelemesi uygulandıktan sonra tekrar kodlama (recode) adı verilen yöntemle piksel sınıfları gruplandırılmıştır. Bu gruplama mermer işletmesi olan (veya olabilecek) alanlar ile olmayanlar şeklinde iki sınıfa ayrılması ile mümkün olmuştur.

Recode işlemi beyaz rengi veren (mermer oluşumları ve ocakları) sınıfa yeni bir değer verilmesi, bu değer haricinde diğer sınıfların tümüne de aynı değer verilmesi şeklinde yapılmıştır. Yani, tüm görüntülerde mermer oluşumlarını ifade eden beyaz renkli pikseller ve bunun haricindeki diğer sınıflardaki tüm piksel değerleri iki ayrı sınıf altında toplanmıştır (Şekil 7.16).





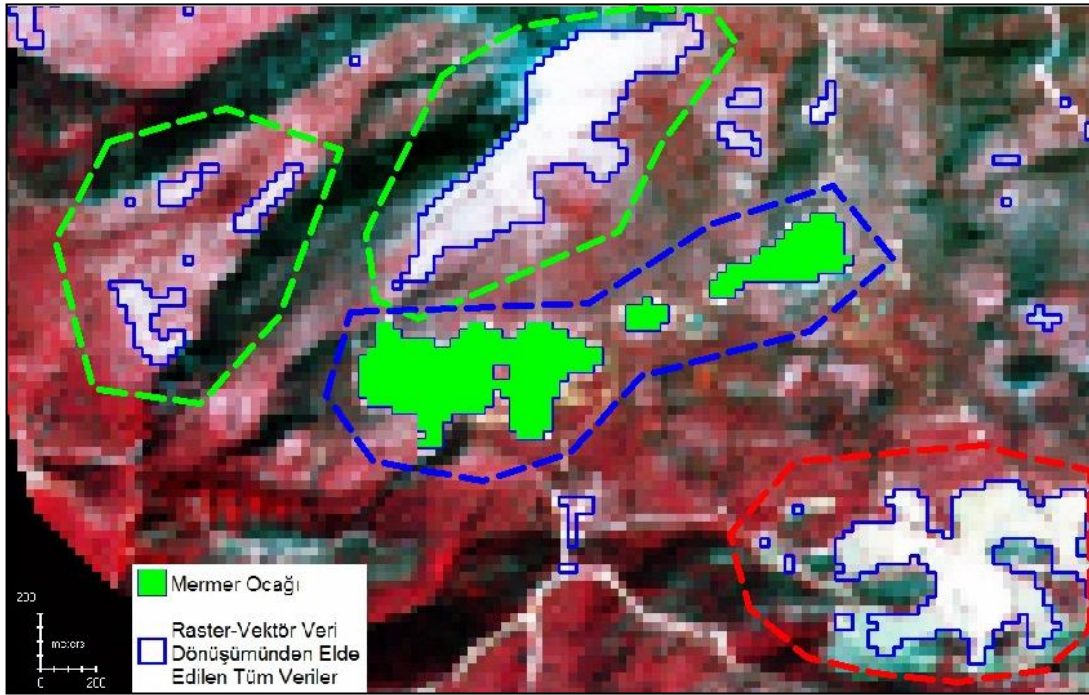
Şekil 7.16 Recode işlemi (a: Kümeleme yapılmış 2005 yılı görüntüsünün bir bölümü, b: Recode yapılmış kümeleme 2005 yılı görüntüsünden elde edilmiş görüntünün bir bölümü, mavi renk doğal taş oluşumlarını göstermektedir).

Recode ile iki ayrı sınıftan oluşan görüntüler raster veriden vektör veriye dönüşümle olası doğal taş oluşum alanları vektör veri (poligon) haline getirilmiştir. Bitki örtüsündeki değişim hesaplamalarında önem arz eden bu dönüştürülmüş vektör veri ile aynı zamanda ocakların yıllara bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiği de bulunabilmektedir.

Raster'dan dönüştürülmüş vektör veri Arc Coverage (.arcinfo) formatında olup tüm vektör parçaları kapalı poligonlar halinde olmaktadır. Oluşturulan vektör veride herhangi bir olasılığa karşı sorunların giderilmesi açısından (kapanmamış poligonların birleştirilmesi, çizgilerin temizlenmesi, vb.) EI'ın vektör veri temizleme (Vector clean utility) yardımcı programı kullanılmıştır.

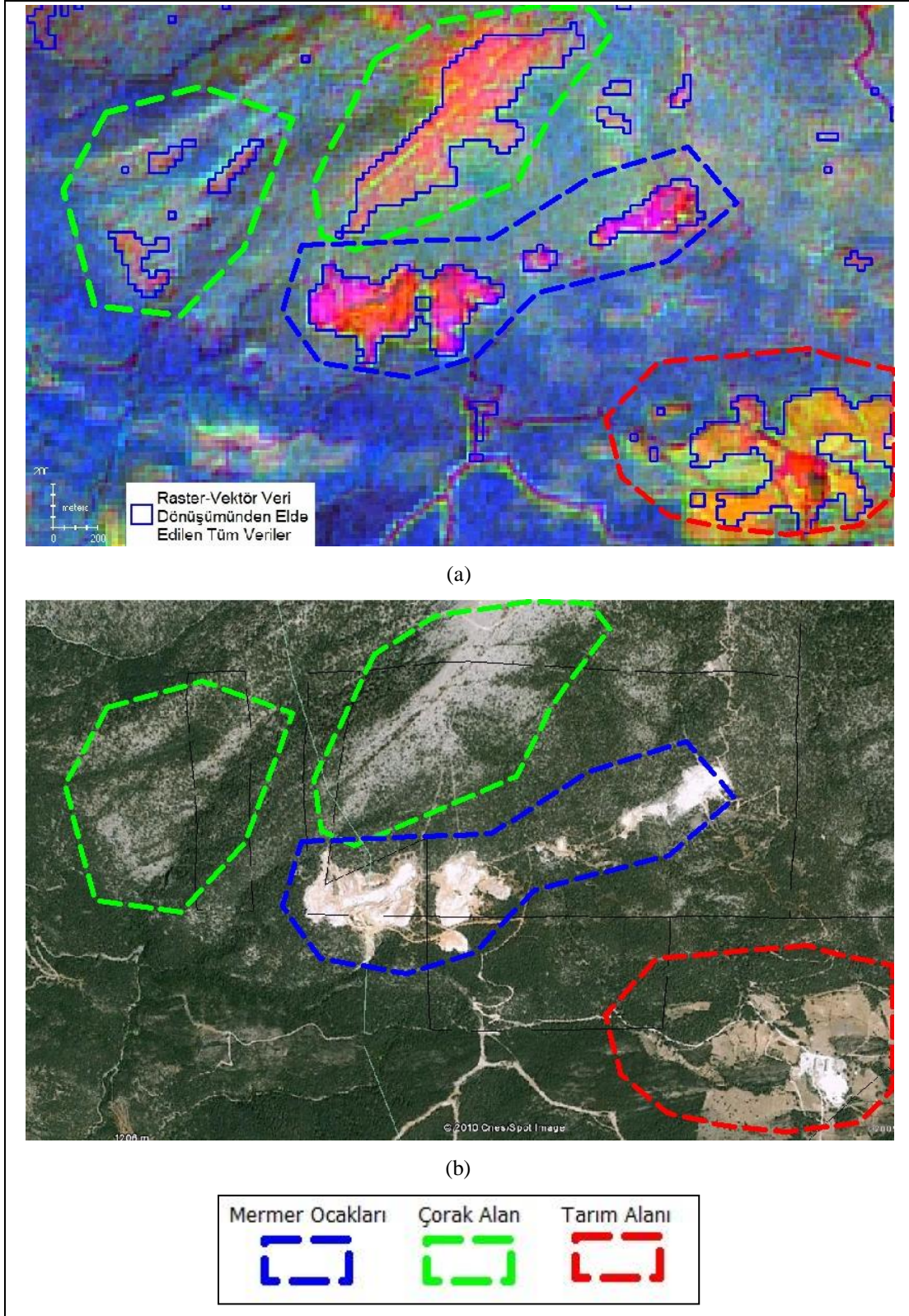
Hazır hale gelen Arc coverage verisi daha sonra yaygın olarak kullanılan ve vektör işlemlerinin (kesme, kopyalama, yapıştırma, vb.) kolaylığı açısından shape vektör formatına dönüştürülmüştür.

Raster'dan vektör veriye dönüştürülen veri Şekil 7.17'den de görüleceği gibi arzu edilmeyen bazı vektör parçalarını da içermektedir. Bu istenmeyen vektör parçaları çoğunlukla uydu görüntüsünde yaklaşık mermerle aynı yansıma değerlerine sahip oluşumlardan, mostra vermiş doğal taşlardan veya RGB kümeleme işleminde doğal taş oluşumunu temsil eden pikselle komşu olan ve kümelemede bu komşu pikseli de içine alan hatalardan dolayı meydana gelmiştir.



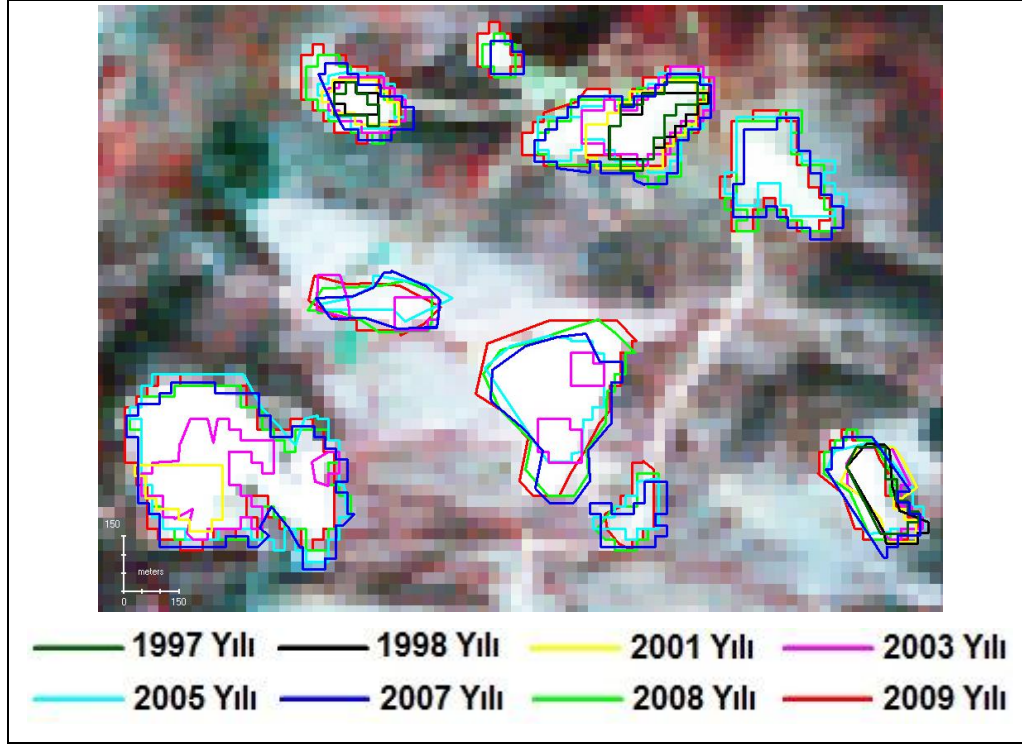
Şekil 7.17 2005 yılı ASTER görüntüsü kullanılarak (RGB-321) raster veriden dönüştürülen vektör veriler (mavi) ve temizlenmiş mermer ocağı sınırları (yeşil).

Her yıla ait ocak sınır vektör verilerinin belirlenmesi ve sadece istenilen ocaklara ait kapalı poligonların ortaya çıkarılması için gereksiz verinin temizlenmesi yapılmıştır. Bu işlem ile ilgilenilen ocakların diğer istenmeyen veriden ayrılması sağlanmıştır. Gereksiz verinin temizlenmesi işlemi, yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntülerini barındıran Google Earth ve Sultan ve diğer'in (1986) mermer oluşumlarının belirlenmesinde iyi sonuçlar veren 4/7, 4/1,  $(2/3)*(4/3)$  bant oranlamasından (Landsat için 5/7, 5/2,  $[3/4]*[5/4]$  elde edilen görüntüler yardımı yapılmıştır (Şekil 7.18). Sultan ve diğer'in (1986) bant oranlaması tekniğinden elde edilen görüntüler özellikle görüntü üzerindeki farklı oluşumların birbirinden ayrılması ve tanımlanmasında etkili olmuştur.



Şekil 7.18 2005 yılı ASTER görüntüsü kullanılarak raster veriden dönüştürülen vektör veriler (yeşil), temizlenmiş mermer ocağı sınırları (mavi) ve tarım alanları (kırmızı). [a: Sultan ve diğer'in (1986) bant oranlama görüntüsü üzerine raster veriden dönüştürülen vektör veriler, b: 20.03.2004 yılında çekilmiş Google Earth görüntüsü].

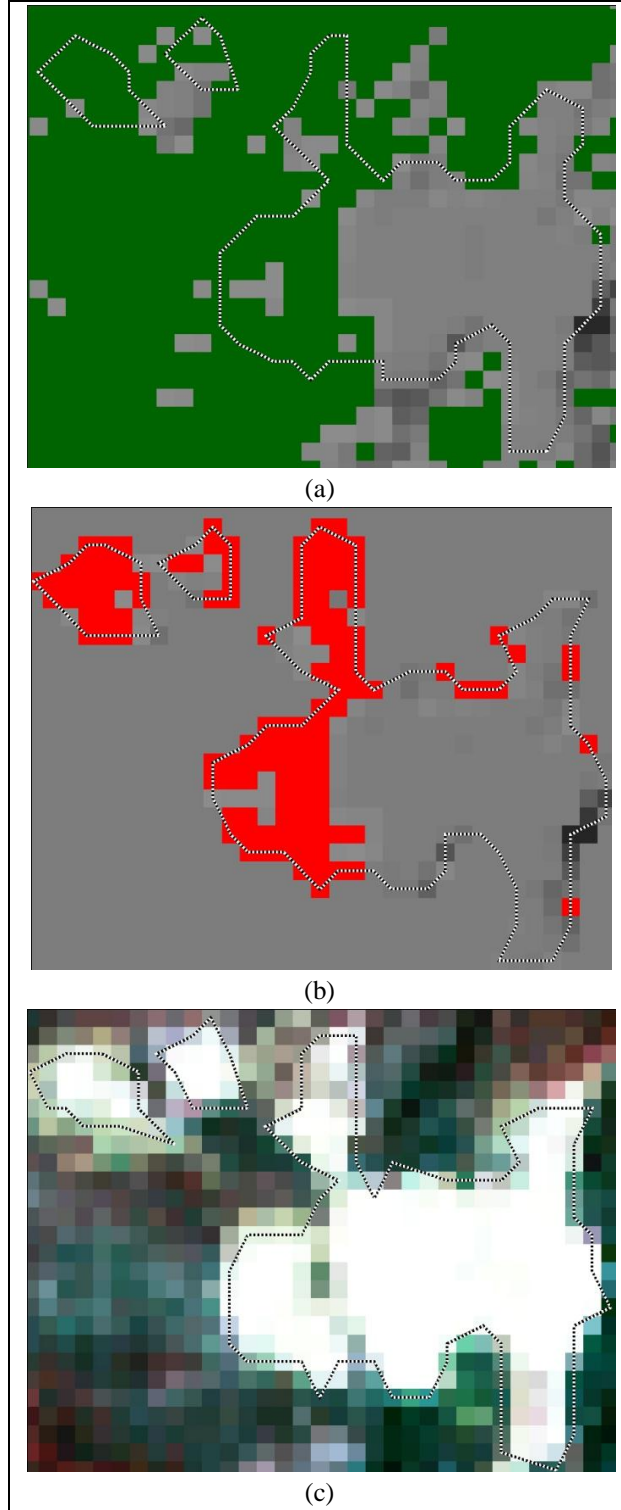
Tüm vektör işlemleri uygulandıktan sonra Şekil 7.19'da örneği verilen ocak sınırları yaklaşık gerçeğe uygun olarak son hallerini almışlardır.



Şekil 7.19 1997-2009 arası mermer ocaklarının genişlemesine örnek (alt görüntü 2009 yılı Landsat 5 görüntüsü, 321 bantları).

### ***7.2.6 Mermer Ocak İşletmeciliğinden Dolayı Oluşan Bitki Örtüsündeki Değişimin Hesaplanması***

1997-2009 yılları arası belirlenen çalışma alanında mermer ocak işletmeciliğinden dolayı yeşil alanlarda oluşan değişim, hazırlanan NDVI görüntüleri ve her yıla ait ocak sınırlarını belirleyen vektör verileri yardımı ile hesaplanmıştır. Bu hesaplama ocak sınır vektör verilerinin AOI katmanına dönüştürülmesi ve daha sonra da bir önceki yılın NDVI görüntüsünden bir sonraki yılın AOI'i yardımı ile görüntünün çıkartılması şeklinde yapılmıştır. Bir başka deyişle, örneğin 2001 yılına ait NDVI görüntüsü 2003 yılının AOI'i (2003 yılı ocak sınır vektör verisi) kullanılarak yeni görüntüde sadece fark alanı kalacak şekilde yapılmıştır (2003 yılı madencilik faaliyetlerinden dolayı 2001 yılında var olmayan bitki örtüsünün belirlenmesi) (Şekil 7.20).



Şekil 7.20 Mermer ocak işletmeciliğinden dolayı oluşan bitki örtüsündeki değişimin belirlenmesi [a: 2001 yılı NDVI görüntüsü ve 2003 yılı AOI alanı, yeşil bölgeler bitki örtüsü; b: 2001 yılı NDVI görüntüsünden 2003 yılı ocak sınırlarına göre çıkarılan alan (kırmızı), c: 2003 yılı RGB-432 görüntüsü ve AOI alanı].

Şekil 7.20’de gösterilen şekilde tüm yıllar için NDVI fark görüntüleri oluşturulmuştur. Fark görüntüleri içindeki canlı bitki oluşumlarının sayısal olarak ifadesi ise piksel boyutu yardımıyla yapılmıştır. Kullanılan görüntülerin çözünürlükleri (bir pikselin kenar uzunluğu) 30 m’dir ve dolayısıyla bir pikselin alanı ise 900 m<sup>2</sup> (0,09 hektar) olacaktır.

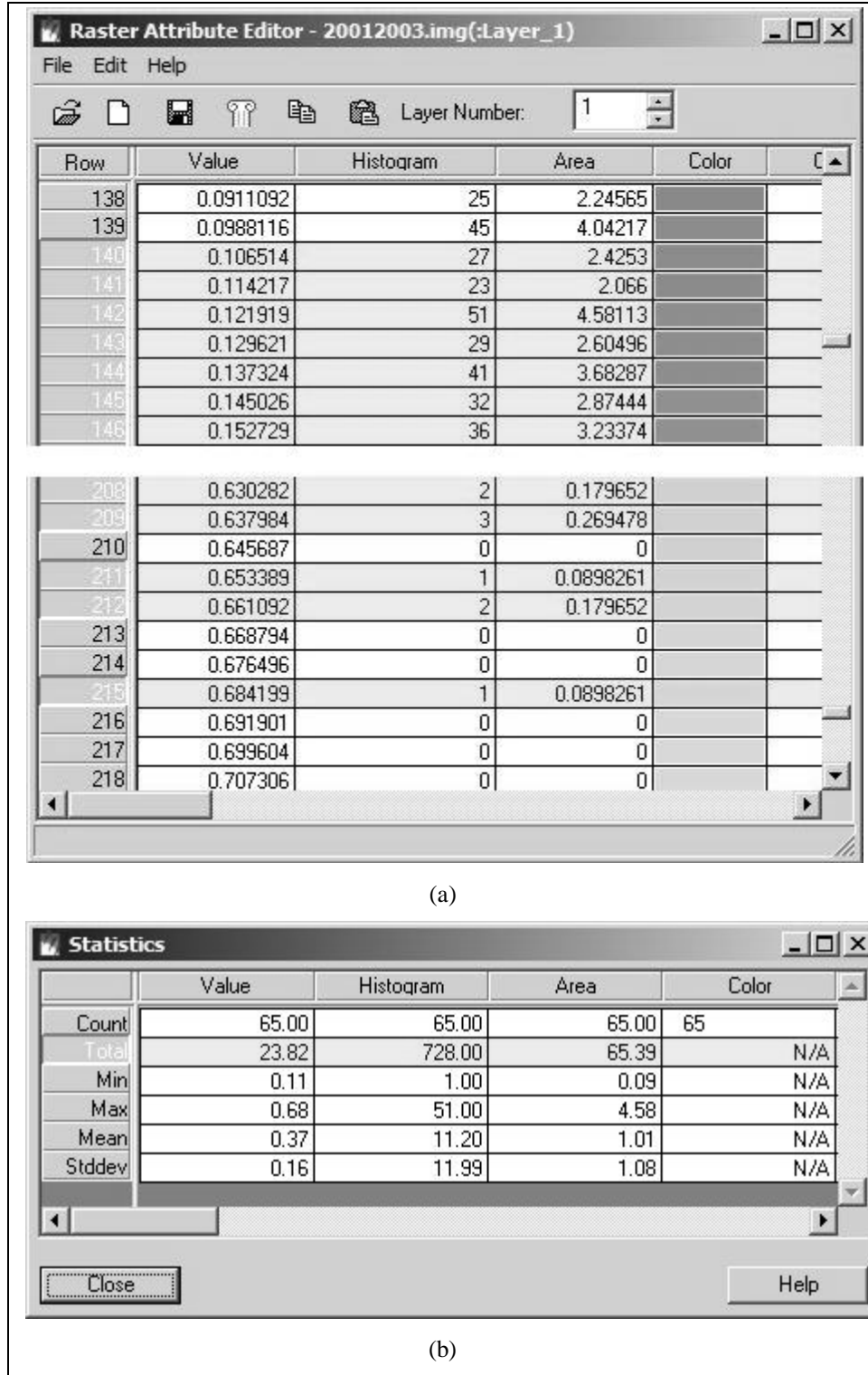
EI Viewer’ın raster sekmesindeki raster özellik editörü (Raster Attribute Editor, RAE) yardımı ile görüntü piksel indeksi, histogram ve alan değerlerine ulaşılabilmektedir. RAE’de Tucker’ın (1979) NDVI değerlerindeki canlı bitkileri temsil eden 0,1 ila 0,7 arası indeks değerleri seçilmiş ve istatistiklerin oluşturulmasıyla 0,1 – 0,7 arasında kalan piksellerin alanlarının toplamı her fark alanı için belirlenmiştir (Şekil 7.21).

Çalışma alanında yer alan mermer ocaklarının yıllara bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiğinin bulunmasında ise yine NDVI görüntülerinden yararlanılmıştır. Bitki örtüsü değişiminde kullanılan bir önceki yıla ait AOI’in kullanılması yerine bu sefer kendi yılına ait AOI kullanılmıştır. AOI yardımı ile NDVI görüntülerinden çıkartılan ocak sınırlarını ifade eden raster veriler recode’dan yararlanarak ocaklar ve diğer arka plan olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır (Şekil 7.22).

Mermer ocaklarının yıllara bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiğinin belirlenmesinde ikinci adım ise recode ile oluşturulan alanların ikişer katman şeklinde “Layer Stack” yardımı ile tek bir dosya haline getirilmesidir. Örneğin, elde edilen bu görüntülerde birinci katmanda 2008 yılı görüntüsü, ikinci katmanda ise 2009 yılı görüntüsü bulunacaktır. RGB düzeninde gösterimde ise (R: 2008, G: 2009, B: 2009) camgöbeği (G+B) rengi 2009 yılındaki mermercilik faaliyetlerinin 2008 yılına göre farkını verecektir. Beyaz alanlar ise (R+G+B) her iki yılda da o alanda faaliyetin olduğunu göstermektedir.

İki bantlı RGB görüntüsü daha sonra kümeleme yapılarak bantlar tek banda indirilmiştir (Şekil 7.23). EI Viewer RAE’de camgöbeği rengini temsil eden piksel alanları hektar biriminde alınmış ve böylece 2008-2009 yılları arası mermer

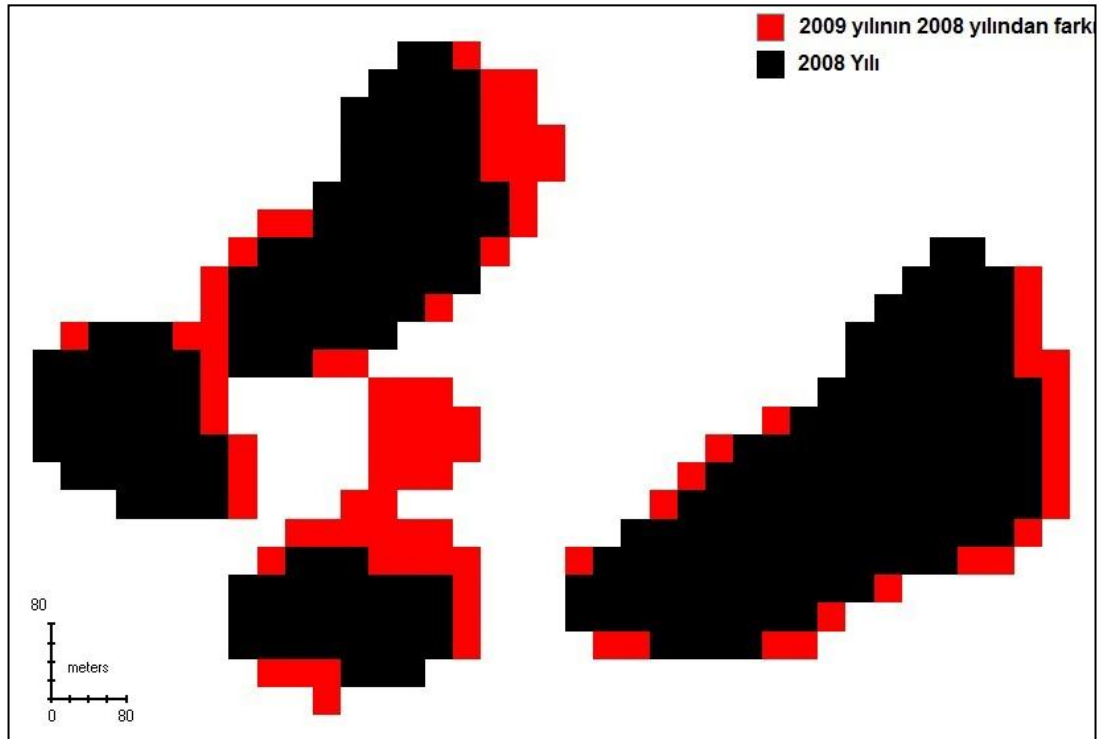
ocaklarının geometrik anlamda değişimi sayısal olarak ifade edilmiştir. Aynı şekilde tüm yıl aralıkları için fark alanları hesaplanmıştır.



şekil 7.21 2001-2003 yılları arasında bitki örtüsünün değişimi verileri (a: NDVI piksel indeksi, histogram ve alan değerleri, b: NDVI değişim istatistikleri).



Şekil 7.22 Ocak sınırları temel alınarak oluşturulan görüntü (Renkler ters çevrilmiştir, 2009 yılı görüntüsünün bir bölümüdür).



Şekil 7.23 Mermer ocaklarının 2008 ve 2009 yılları arası değişimleri (Renkler ters çevrilmiştir, orijinal görüntüde siyah beyazı, kırmızı ise camgöbeğini temsil etmektedir).

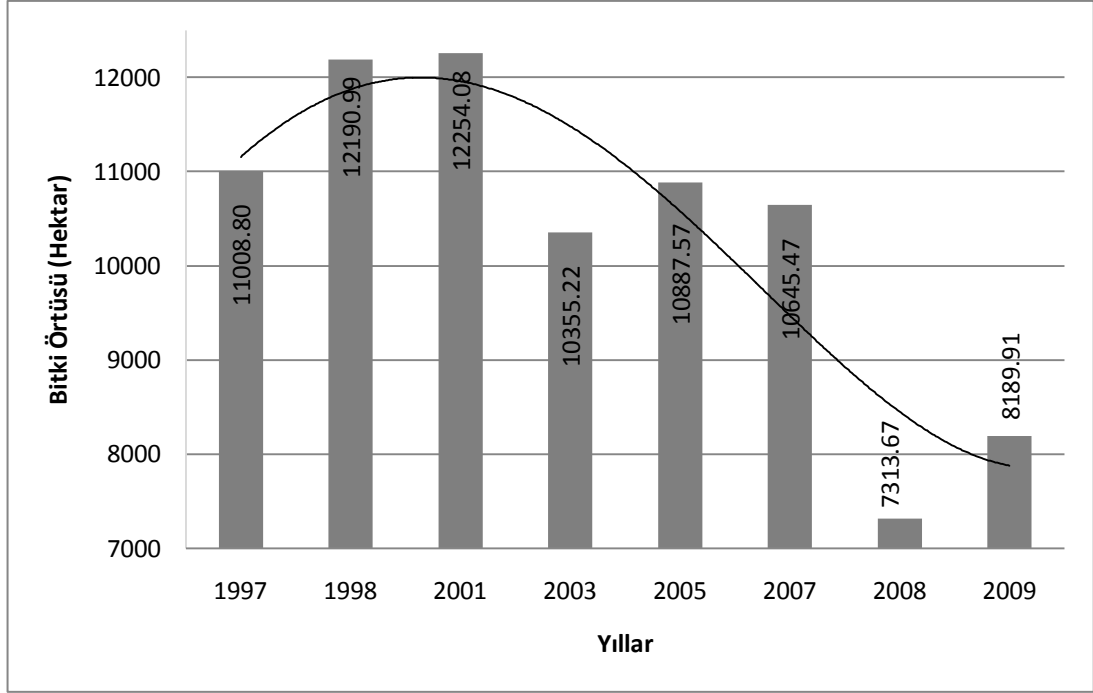


Muğla'nın Milas, Kavaklıdere ve Yatağan ilçelerindeki doğal taş ocaklarının tamamına yakınının 1997 – 2009 yılları arasında bitki örtüsüne olan etkisi böylece hesaplanmıştır. Tablo 7.2'de yapılan tüm görüntü işleme süreçlerinden sonra yıllara göre 36.390 hektar olan çalışma alanının bitki örtüsüne olan oranları, Şekil 7.24'de ise bu tablonun grafiksel sunumu verilmektedir.

Çalışma alanındaki mermercilik faaliyetlerinden dolayı bir önceki yıla göre bitki örtüsündeki değişim Tablo 7.3'de verilmektedir. A sütunu iki yıl arasındaki mermercilik faaliyetlerinden dolayı değişim gösteren alanı vermektedir. Bu alan çalışma alanındaki tüm ocakların ocak geometrilerindeki değişimi tanımlamaktadır. Bunun yanında, A sütunundan görüleceği üzere mermer üretim faaliyetlerinin bir yansıması olarak düşünülmelidir. B sütunu mermer işletmeciliğinden dolayı iki yıl arasındaki bitki örtüsü değişimini göstermektedir. C ise, A sütununda geçen fark alanının tüm çalışma alanına olan oranıdır. D sütunu bitki örtüsü değişiminin fark alanına olan oranı, E ise iki yıl arasında değişim gösteren bitki örtüsünün toplam çalışma alanına oranıdır. Şekil 7.25 ve Şekil 7.26'de Tablo 7.3'ün grafiksel sunumu verilmektedir.

Tablo 7.2 Yıllara bağlı olarak çalışma alanının bitki örtüsüne oranları.

| <b>Yıllar</b> | <b>Toplam Bitki Örtüsü (Hektar)</b> | <b>Bitki/Toplam Alan (%)</b> | <b>Önceki Yıla Göre Artış (%)</b> |
|---------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1997          | 11008,80                            | 30,25                        | -                                 |
| 1998          | 12190,99                            | 33,50                        | 10,74                             |
| 2001          | 12254,08                            | 33,67                        | 0,52                              |
| 2003          | 10355,22                            | 28,46                        | -15,50                            |
| 2005          | 10887,57                            | 29,92                        | 5,14                              |
| 2007          | 10645,47                            | 29,25                        | -2,22                             |
| 2008          | 7313,67                             | 20,10                        | -31,30                            |
| 2009          | 8189,91                             | 22,51                        | 11,98                             |



Şekil 7.24 Yıllara bağlı olarak çalışma alanındaki bitki örtüsü grafiği.

Tablo 7.3 Yıllara bağlı olarak bir önceki yıla göre bitki örtüsündeki değişim

| Yıl Aralığı | A      | B     | C    | D     | E    |
|-------------|--------|-------|------|-------|------|
| 1997 - 1998 | 48,62  | 15,82 | 0,13 | 32,54 | 0,04 |
| 1998 - 2001 | 174,62 | 26,22 | 0,48 | 15,02 | 0,07 |
| 2001 - 2003 | 197,08 | 65,39 | 0,54 | 33,18 | 0,18 |
| 2003 - 2005 | 260,01 | 55,44 | 0,71 | 21,32 | 0,15 |
| 2005 - 2007 | 208,53 | 54,18 | 0,57 | 25,98 | 0,15 |
| 2007 - 2008 | 164,61 | 52,65 | 0,45 | 31,98 | 0,14 |
| 2008 - 2009 | 221,94 | 28,71 | 0,61 | 12,94 | 0,08 |

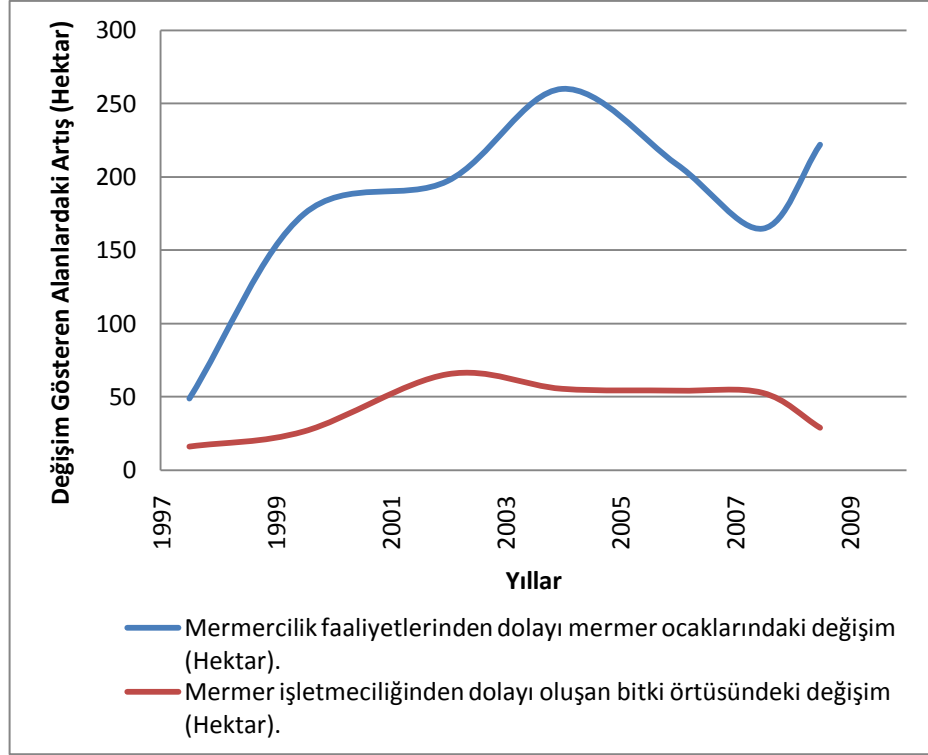
A: İki yıl arasındaki mermercilik faaliyetlerinden dolayı değişim gösteren alanlar (Hektar).

B: Mermer İşletmeciliğinden Dolayı Oluşan Bitki Örtüsündeki Değişim (Hektar).

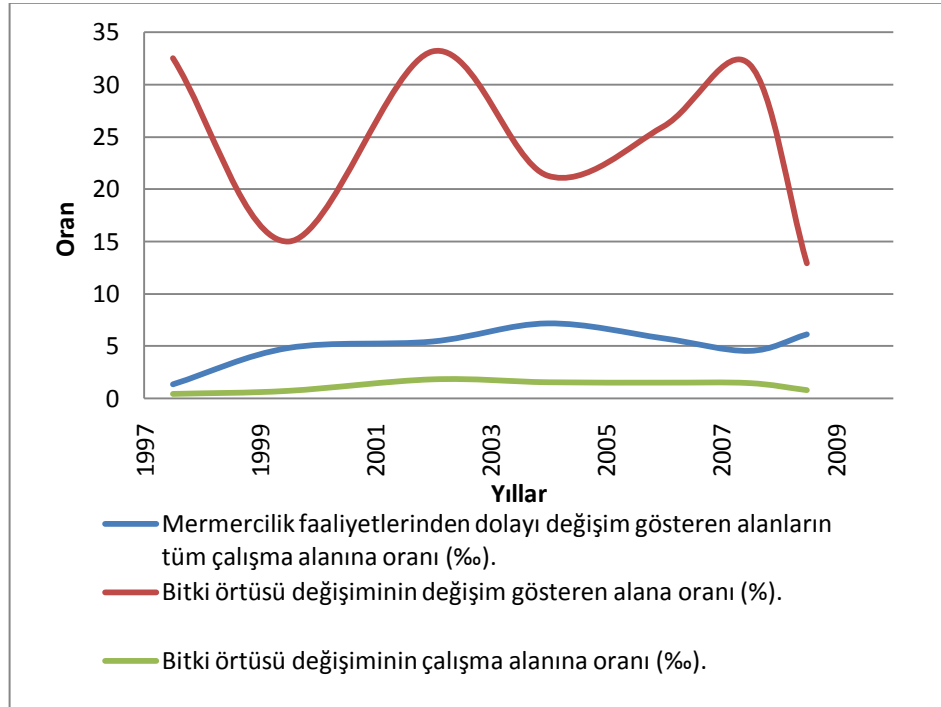
C: Değişim gösteren alanların (A) tüm çalışma alanına oranı (%).

D: Bitki örtüsü değişiminin (B) değişim gösteren alana (A) oranı (%).

E: Bitki örtüsü değişiminin (B) toplam çalışma alanına oranı (%).



Şekil 7.25 Mermercilik faaliyetlerden dolayı değişim gösteren alanlar ve bitki örtüsündeki değişim.



Şekil 7.26 Mermercilik faaliyetlerden dolayı mermer ocaklarındaki ve bitki örtüsündeki değişim oranları.

### 7.3 Muğla Yöresine Yönelik Diğer Uzaktan Algılama Çalışmaları

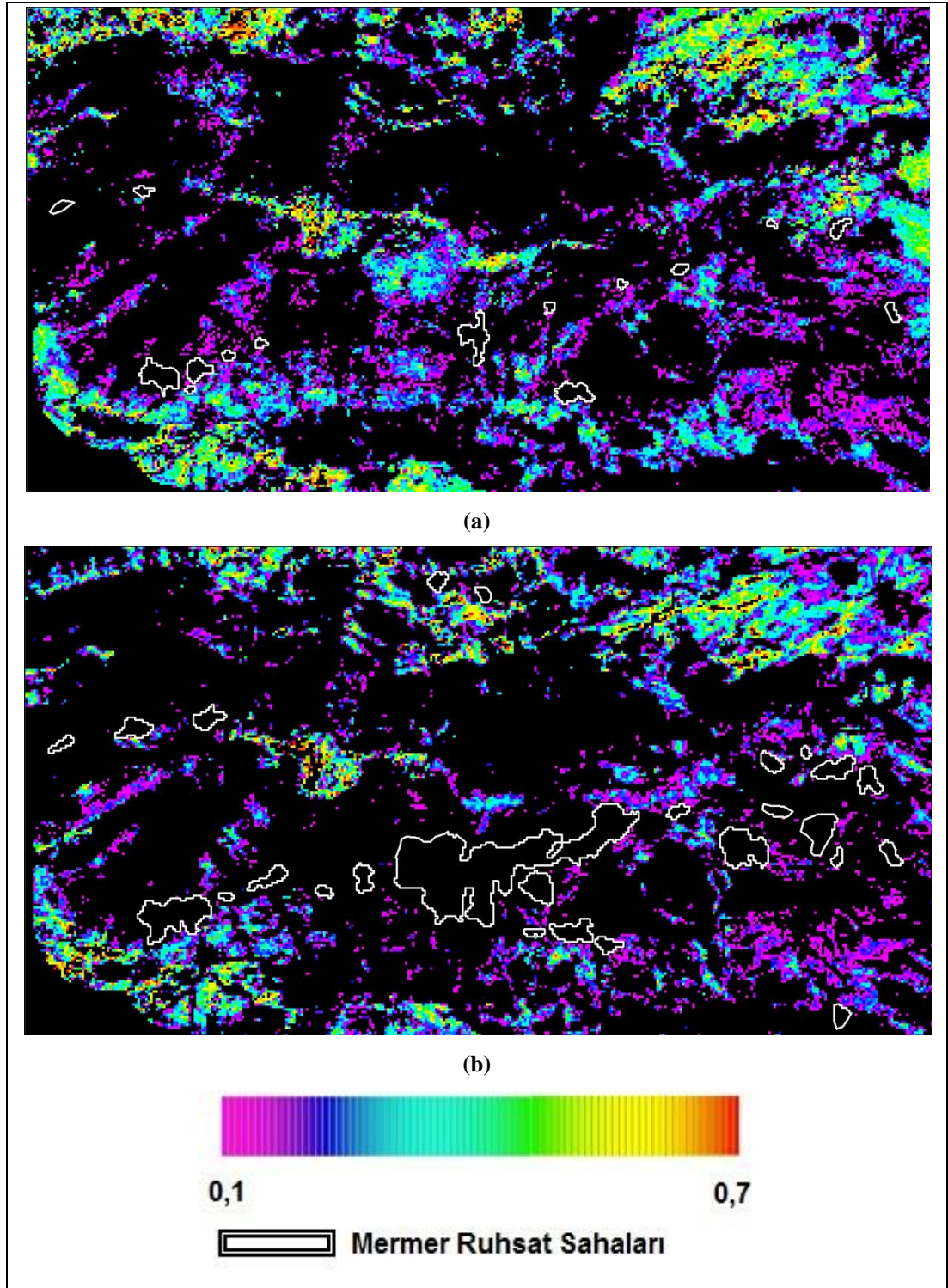
#### 7.3.1 Bitki Örtüsü Üzerine Çalışmalar

Madencilik faaliyetleri günümüzde çevresel çalışmalarla iç içe olmak zorunda ve bu faaliyetler sırasında ve sonrası çevre üzerindeki etkilerinin araştırılması gerekmektedir. Bir önceki bölümde mermer ocaklarının yıllar temel alınarak bitki örtüsü üzerindeki etkileri sayısal olarak belirtilmiştir. Görüntü işleme çalışmalarının uzaktaki objeler hakkında bilgiler vermesi yanında bunu görsel olarak da araştırmacılara sunması ayrı bir avantajdır.

Çalışmanın bu bölümünde Muğla yöresindeki bitki örtüsü bir önceki bölümdeki çalışma alanı kullanılarak görsel olarak araştırılmıştır. 1997 ve 2009 Landat 5 görüntüsü karşılaştırılarak yine Tucker'ın (1979) NDVI oranından yararlanılmıştır. 0,1 ile 0,7 indeks değerleri arası veriler saklanıp diğerleri görüntüden çıkarılmış ve böylelikle sadece bitki ve mermer ocaklarına yoğunlaşmıştır.

Tucker'ın (1979) araştırmasında 0,7'ye yakın indeks değerlerinin bitkilerin canlılığıyla orantılı olduğu belirtilmiştir. Çalışma alanı içinde kalan bitki örtüsü ise bir renk skalası yardımıyla tekrar görüntülenmiştir (Şekil 7.27).

Şekil 7.27a'da çoğunlukla mermer ocakları çevresinde ya bitki gözlenememekte ya da 0,1'e yakın indeks değerleri (mor) görülmektedir. 2009 yılındaki bitki örtüsünü gösteren Şekil 7.27b'de ise bitki örtüsünün bir nebze azaldığı ve bu azalmanın mermer ocakları çevresinde olduğu gözlemlenmektedir. Tecrübeler mermercilik faaliyetlerinden dolayı ocak çevresinde fazla miktarda mermer tozu veya atığı (ticari değeri olmayan kırık mermer kütleleri) bulunduğunu göstermektedir. Bunun yanında kalsiyum karbonatla temas etmiş verimli toprak üzerinde bitki yetişemeyeceği bilinmektedir.



Şekil 7.27 1997 (a) ve 2009 (b) Landsat 5 görüntülerinden elde edilen NDVI görüntüsü bir bölümünün renk skalasında gösterimi.

### ***7.3.2 Muğla Yöresi İçin Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak Bazı Bant Oranlarının Karşılaştırılması***

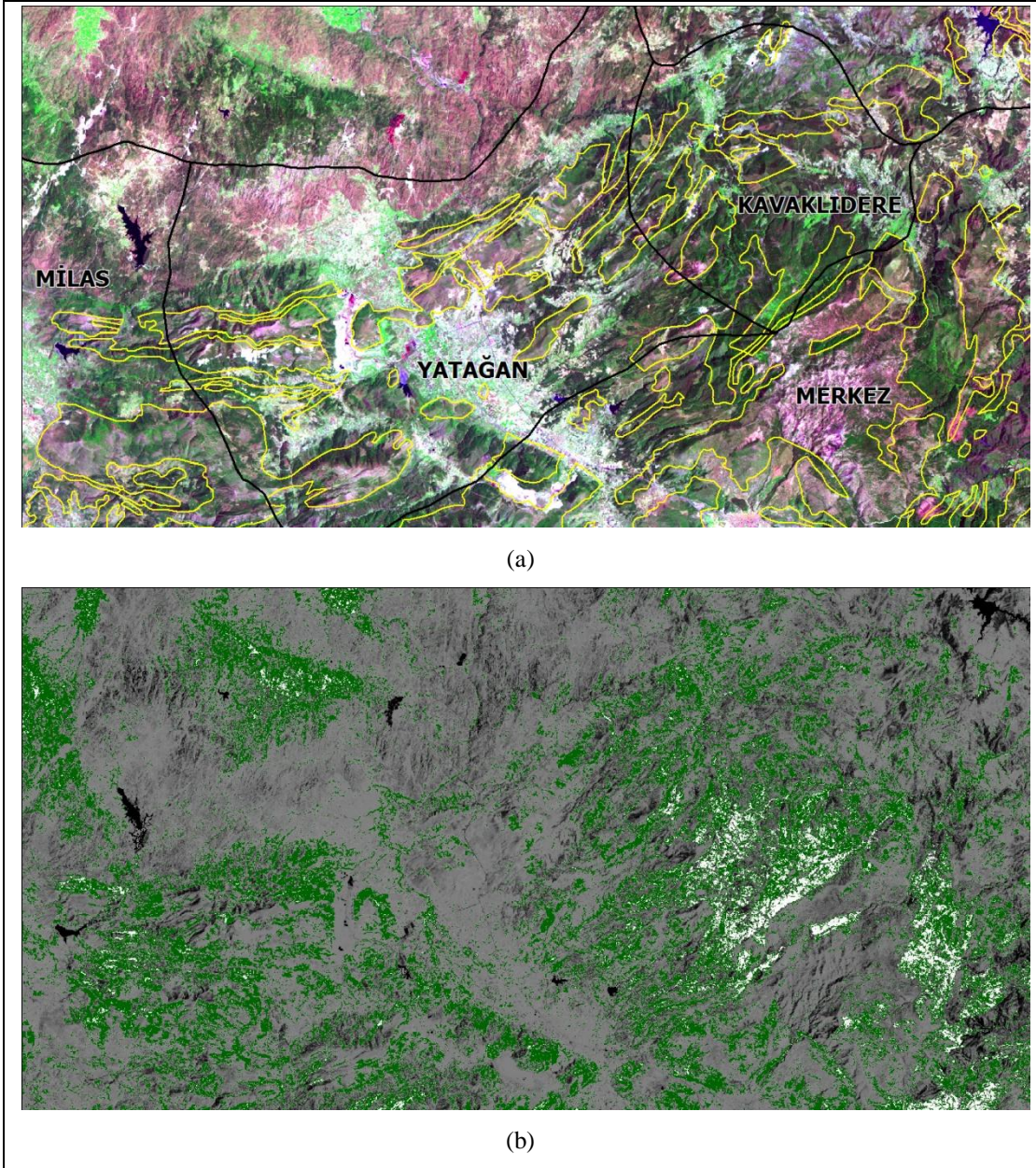
Günümüzde yerbilimleri ile ilgili birçok araştırma UA kullanılarak yapılmaktadır. Yeryüzü hakkında bilgi edinme veya -jeolojik araştırma olsun olmasın- istenilen bölgenin haritalanması ilgilenilen bölgeye gitmeden (veya gitmeden önce) uzaktan algılanan veriler yardımıyla mümkün olmaktadır.

Bant oranlama teknikleri ise genel olarak jeolojik haritalama ve özellikle jeolojik materyalin tanımlanması için kullanılmaktadır. Birçok mineralin araştırılması için farklı bant oranlamaları geliştirilmiştir. Bu farklı oranlamalar araştırılan mineralin (veya cevher ve kayacın) bulunduğu bölgenin jeolojik yapısına bağlıdır.

Muğla yöresi için yapılan bu çalışmada Landsat 5 görüntüsü (2009 yılı) kullanılarak çeşitli araştırmacıların farklı bant oranlamaları denenmiştir. Muğla'nın kuzey bölümünde bulunan ve Milas, Yatağan ve Kavaklıdere'deki doğal taş ocakları temel alınarak oranlamalar uygulanmıştır. Dış veri kaynağı ise MTA'nın (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) (2000) 1/500.000 ölçekli İzmir paftasıdır. Bu haritadan sadece mermer oluşumlarını temsil eden veriler alınmıştır.

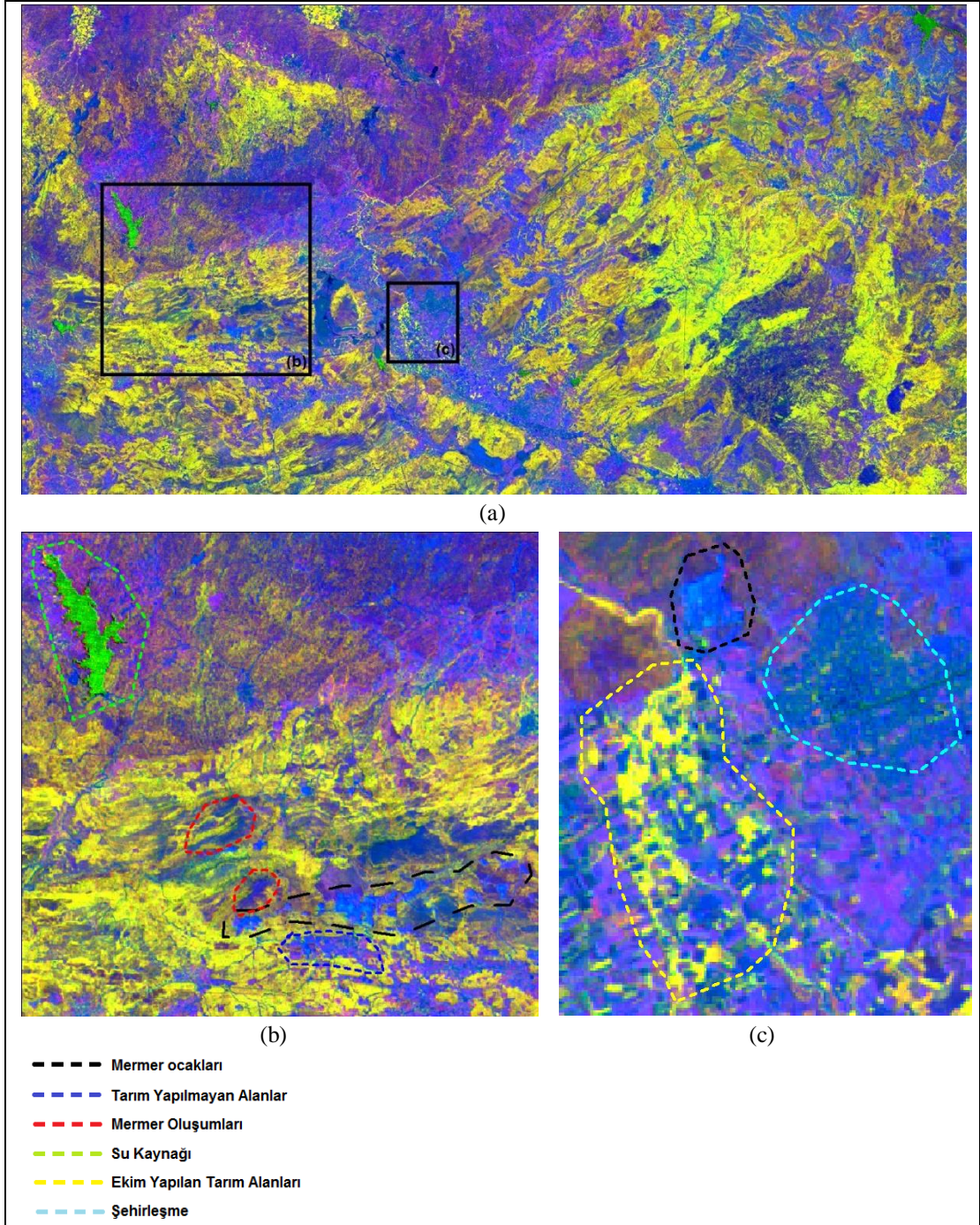
Başta genel olarak bölgedeki oluşumların değerlendirilebilmesi için RGB 742 bant kombinasyonu kullanılmıştır (Şekil 7.28).

Şekil 7.28a'den görüleceği üzere kırmızı, macenta (morumsu kırmızı) veya pembe mineralleri; siyah veya koyu mavi su varlığını ve yeşil ise bitkileri temsil etmektedir. 742 bantları ile oluşturulan görüntüde mermer ocakları beyaz renkte görünmektedir. Pembemsi ve beyaza yakın alanlar ise mostra vermiş doğal taş oluşumlarını göstermektedir. Görüntü üzerindeki MTA'nın mermer oluşumlarını gösteren jeolojik harita da bunu desteklemektedir. Bitki varlığını gösteren yeşil renkli alanlar ve çalışmanın önceki bölümlerinde NDVI'den elde edilen görüntülerle eşleşme göstermektedir (Şekil 7.28b).



Şekil 7.28 (a) 2009 Landsat 5 görüntüsünün bir bölümünün RGB 742 bant kombinasyonu (Sarı çizgiler MTA'nın (2000) jeolojik haritasından alınmış mermer oluşumlarını göstermektedir) (b) Aynı verinin NDVI görüntüsü (Yeşil alanlar bitki örtüsünü ifade etmektedir).

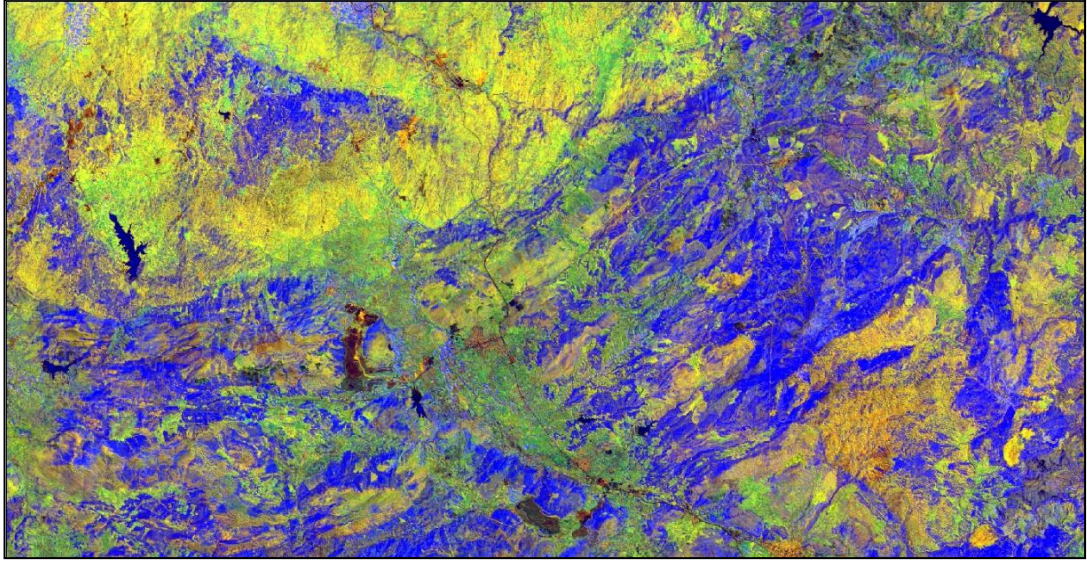
Uygulanan bant oranlamalarından ilki Abrams ve diğer'in (1983) 5/7, 4/5, 3/1 oranıdır (Şekil 7.29). Bu oranlamada mermer ocakları ve oluşumları mavi tonlarında görünmektedir. Fakat bazı tarım alanları (ekim yapılmayanlar) ve şehirleşme de yaklaşık yine mavi rengi vermektedir. Bitki alanları koyu sarı, tarım yapılan alanlar sarı ve su kaynakları ise yeşil renktedir.



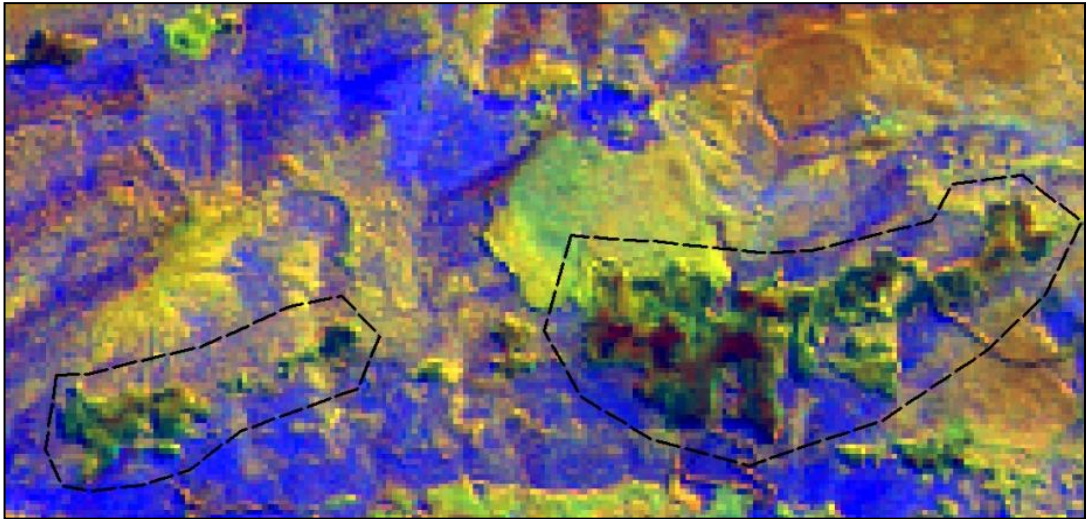
Şekil 7.29 Abrams ve diğer'in (1983) 5/7, 4/5, 3/1 oranı ile oluşturulan görüntü (a: Genel görüntü, b: Su kaynağı, ekim yapılmayan tarım alanları, mermer oluşum ve ocakları, c: Mermer ocağı, ekim yapılmış tarım alanları ve şehirleşme).

Kullanılan bir diğer oranlama olan Sabins'in (1997) oranı (Şekil 7.30) özellikle mermer ocaklarını belirginleştirmiştir (koyu yeşil ve kahverengi tonları) (Şekil 7.31). Bitki olmayan arazi sarı ve kahve tonlarında, bitki mavi renkte, tarım alanları yeşil renktedir.





Şekil 7.30 Sabins'in (1997) 7/3, 5/2, 4/7 oranı ile oluşturulan görüntü.

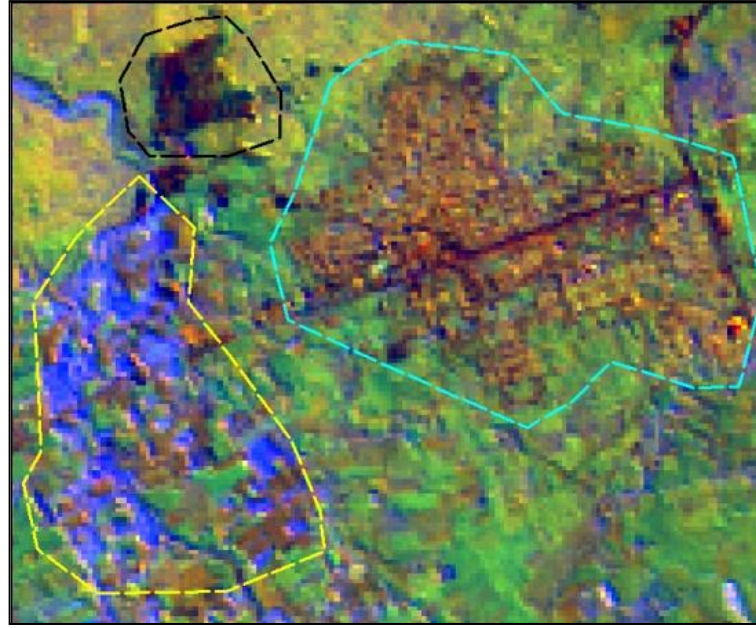


— — — — Mermer ocakları

Şekil 7.31 Sabins'in (1997) oranı ile oluşturulan görüntünün bir bölümü (Mermer ocakları).

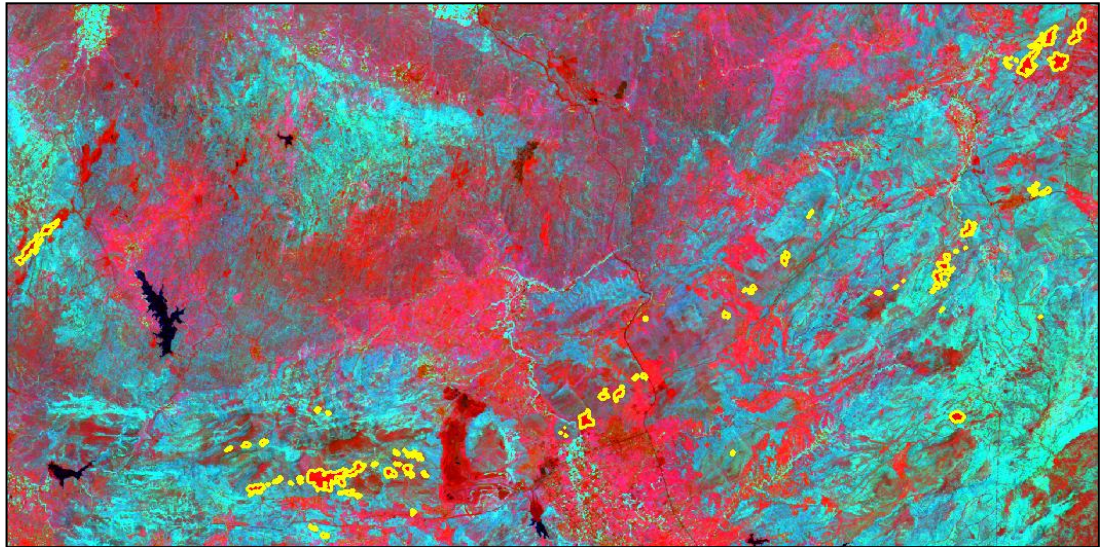
Bunun yanında, Abrams ve diğer'in (1983) oranlamasında belirginleşmeyen şehirleşme net bir şekilde ayırt edilebilmektedir (Şekil 7.32). Fakat mermer oluşumları ve bitkiler ayırt edilememektedir.

Schmidt'in (1991) bant oranlamasında ise mermer ocağı alanları net bir kırmızı ile görüntülenmektedir. Fakat Şekil 7.33'den de görüleceği gibi çoğu alan da kırmızı renkte olduğundan birçok nesnenin ayırımı yapılamamaktadır.



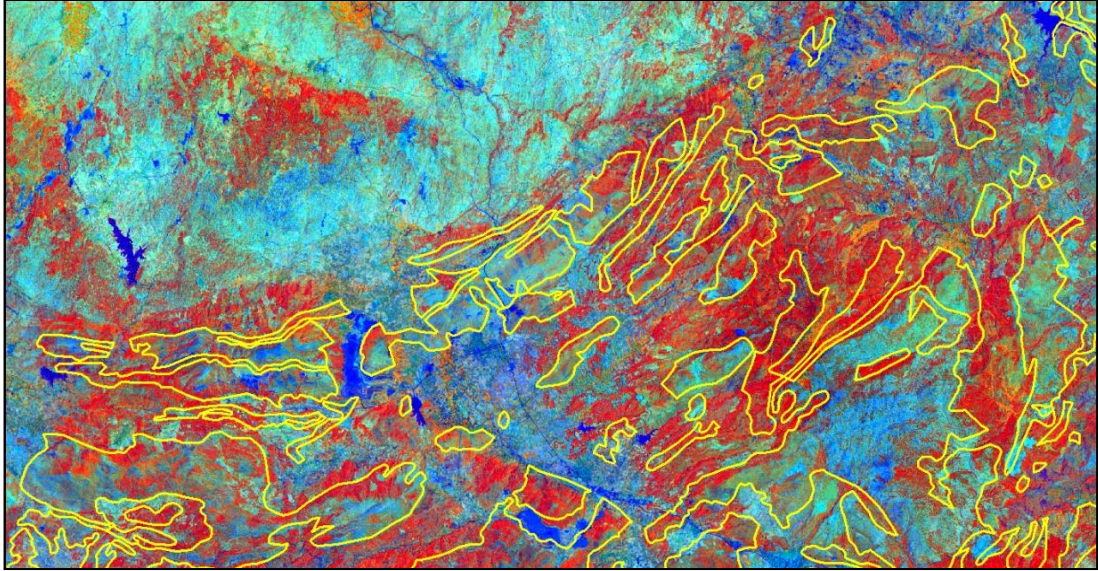
- — — — Mermer ocakları
- — — — Ekim Yapılan Tarım Alanları
- — — — Şehirleşme

Şekil 7.32 Sabins'in (1997) oranı ile oluşturulan görüntünün bir bölümü (Mermer ocakları, ekim yapılan tarım alanları ve şehirleşme).



Şekil 7.33 Schmidt'in (1991) 3/1, 4/3, 5/7 oranı ile oluşturulan görüntü (Ocak sınırları sarı renkte belirtilmiştir).

Sultan ve diğer'in (1986) bant oranlamasında mermer ocakları mavi renkte, mostra veren olası doğal taşlar ise açık mavi renktedir. Tarım yapılan alanlar turuncu, bitki örtüsü ise açık kırmızı renktedir (Şekil 7.34).

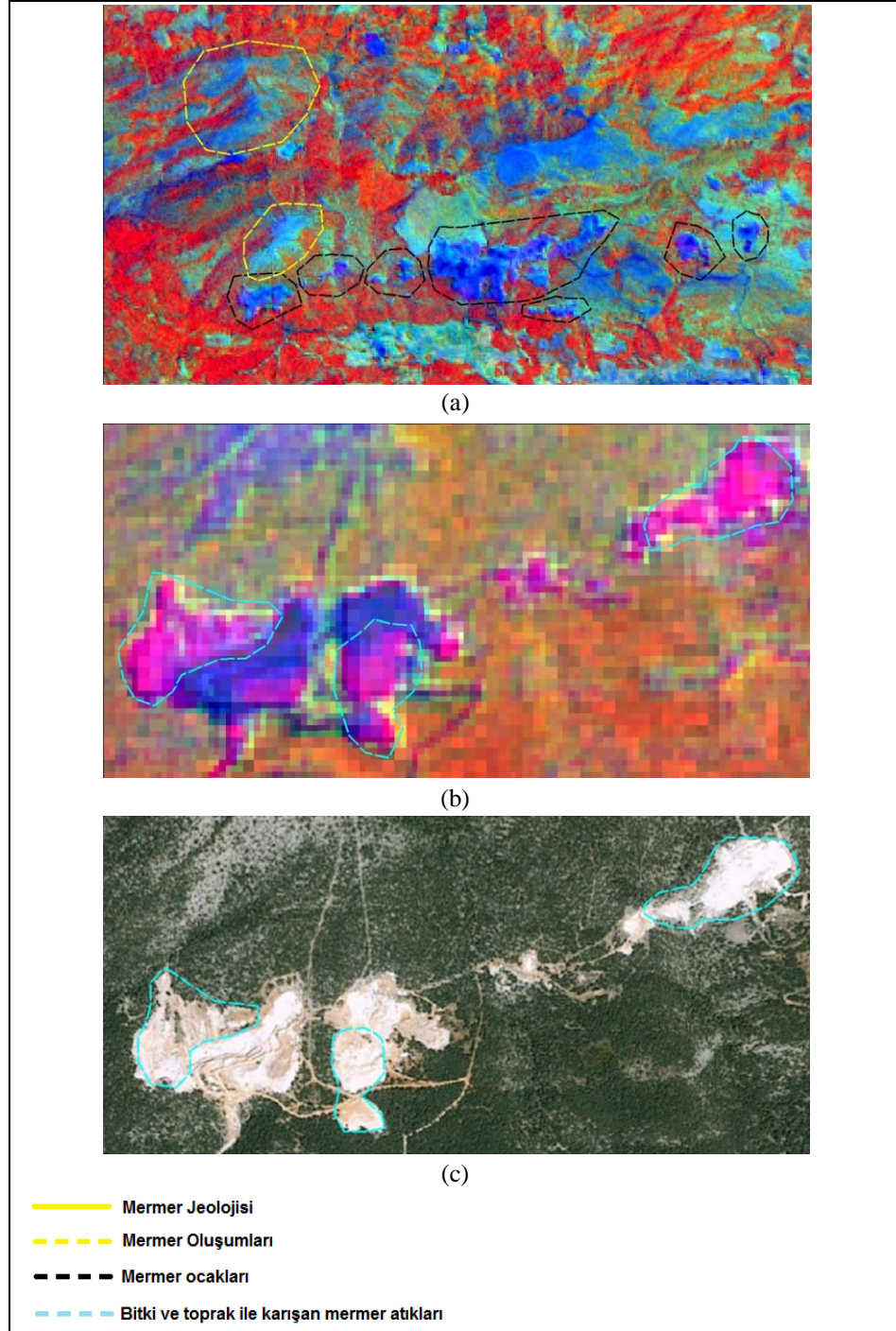


Şekil 7.34 Sultan ve diğer'in (1986) 5/7, 5/2, 3/4x5/4 oranı ile oluşturulan görüntü (Sarı çizgiler MTA'nın (2000) jeolojik haritasından alınmış mermer oluşumlarını göstermektedir).

Şekil 7.35a'dan görüleceği üzere mermer ocakları içindeki daha koyu alanlar ise çıplak mermerden oluşan ayna ve basamak yüzeylerini temsil etmektedir. Mermer ocaklarının bazılarında macenta renklenmeler gözlenmiştir. Bu rengin bitki ve toprak ile karışan mermer atıklarından ileri geldiği düşünülmektedir. Bu yüzden spektral aralıkları Landsat görüntüleri ile biraz daha farklı (ama aynı sonuçları veren) ASTER'in 2007 yılı görüntüsünden elde edilen Sultan ve diğer'in (1986) bant oranı incelenmiştir ve aynı macenta renklenmeler daha yoğun olarak görülmektedir (Şekil 7.35b). Google Earth ile beraber incelemelerde bu rengin üretim yapılmayan fakat mermer ile etkilenen alanlar olduğu görülmüştür (Şekil 7.35c).

Muğla yöresi için denenen çeşitli araştırmacıların geliştirdiği bant oranlamasından en iyi sonuçlar Sultan ve diğer'in (1986) bant oranlamasından elde edilmiştir. Bunun yanında, bölgedeki değişik renk tonlamalarındaki farklı özelliklere sahip yapılar birbirinden ayırt edilebilmektedir. Özellikle mermer oluşumlarının açık mavi ve ocakların mavi tonlarda gözlenebilmesi bu çalışma için önemli olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, diğer oranlamalarda netleşmeyen maden sahası içindeki faaliyetlerin

(üretim yapılan ve yapılmayan alanlar) görüntülerde az da olsa ayırt edilebilmesi bu oranlamaya ayrı bir değer katmıştır.



Şekil 7.35 Sultan ve diğer'in (1986) oranı ile oluşturulan görüntüler ve 20.03.2004 Google Earth görüntüsü [a: Mermer ocakları (siyah alanlar) ve olası mermer oluşumları (sarı alanları), b: ASTER 2007 tarihli Sultan ve diğer'in (1986) oranı ile oluşturulan görüntü (bitki, toprak, mermer), c: b'de verilen bölgenin Google Earth görüntüsü].

## **BÖLÜM SEKİZ**

### **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Madencilik; yüksek maliyet gerektiren ve yoğun emek harcanan bir mühendislik faaliyeti olmasının yanı sıra, bilimsel yeniliklere ve teknolojilere açık bir disiplindir. Bu özellik, genel olarak maliyetlerin düşürülmesi ve üretim artışının sağlanmasına yönelik çalışma ve yatırımlarla doğrudan ilişkilidir. Gelişen teknoloji ile paralel ilerlemek zorunda olan madencilik üzerine halen birçok bilimsel çalışmaların yapılıyor olması günümüzün değişken sosyal ve ekonomik yapısına uyum sağlama zorunluluğunu ortaya koymaktadır.

Bilgi çağı olarak adlandırılan bu yüzyılda, yeni teknolojiler gelişkin bilgisayar teknolojileri sayesinde bilime hızla katkıda bulunmaktadır. Madencilik faaliyetleri ise bu ilerleyerek gelişen bilgisayar teknolojilerine büyük ölçüde uyum sağlamak zorundadır.

Bu tez çalışması iki ayrı araştırma konusundan oluşmaktadır. Birincisi, Türk madenciliği için önem arz eden Türkiye maden envanterinin CBS ile oluşturulabileceğini doğrulamaktır. İkincisi ise günümüzde çevre ile bir bütün olarak düşünülmesi gereken madencilik faaliyetlerinin rekültivasyon çalışmalarına katkısı olması açısından çevresel etkilerin belirlenmesidir.

Yukarıda sayılan bu iki konunun araştırılabilmesi için araştırma konusuna uygun örnek bölge olarak Muğla yöresi belirlenmiştir. Yöre; doğal kaynak, turizm ve tarihi zenginliklerinin yanında yaklaşık %70'ini kaplayan ormanları ve özellikle Türkiye'nin doğal taş üretim merkezlerinden biri olmasından dolayı seçilmiştir.

Tez çalışmasında CBS ve UA bilgisayar teknolojilerinden yararlanılmıştır. Bu yüzden; Bölüm 2 ve 3'te sırasıyla CBS ve UA irdelenmiş, çalışma kapsamında kullanılan teknikler anlatılmıştır. Bunun yanında, Bölüm 4'te dünyadan CBS ve UA'nın kullanıldığı madencilik örnek uygulamaları verilmiştir. Bölüm 5'te mermer

ve mermerciliğin önemi ve çalışma bölgesi olarak seçilen Muğla doğal taşları anlatılmıştır. Bölüm 6'da Muğla mermerciliği üzerine CBS uygulamaları ve Bölüm 7'de ise Muğla yöresi doğal taşları ve doğal taş ocaklarının bitki örtüsüne olan etkileri CBS ve UA teknolojileri kullanılarak analiz edilmiştir.

CBS yardımı ile oluşturulan Muğla mermerlerine yönelik akıllı haritalar yöredeki birçok mermer sahasını kapsamaktadır. CBS'nin en önemli bileşeni olan veriler Muğla'daki mermer ocaklarından alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucu elde edilmiştir. Sahaların konumlarının belirlenmesi ise MİGEM'den tedarik edilen maden ruhsat koordinatları sayesinde yapılmıştır. Aşağıda yapılan belirli standartlara göre yapılan (TSE) laboratuvar deneyleri verilmektedir.

- Basınç direnci
- Kütlece su emme oranı
- Hacimce su emme oranı (Görünen porozite)
- Yoğunluk
- Hacim kütlesi
- Doluluk oranı
- Porozite (Gözeneklilik derecesi)
- Kimyasal Analizler ( $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ , Kızdırma kaybı oranları)

Tez kapsamında CBS veritabanının oluşturulmasında kullanılan veriler sayesinde örnekler verilerek birçok sorgu ve analiz yapılmıştır. Muğla yöresi mermer işletmeleri için oluşturulan CBS haritaları ile genel olarak elde edilebilen bilgiler ve yapılabilecek uygulamalar şöyle özetlenmiştir;

- Coğrafi birleştirme ile nokta ve alan bilgilerinin birleştirilmesi
- Varlıkların konumlarının belirlenmesi
- Varlıkların konumsal olarak birbiri ile ilişkileri
- Konumsal olarak o varlıkla ilgili bilgilerin sorgulanması

- Konumsal olarak “ve, veya, fakat, vb.” gibi sorgulamalar ve basit matematiksel sorgulamalar (küçüktür, küçük eşittir, büyüktür, büyük eşittir, eşittir, vb.)
- Konumsal olarak varlıkların aynı veya farklı değişkenlere göre birbiri ile karşılaştırılması
- Varlıklarla ilgili bilgilere göre sorgulamalar

CBS haritalarında yapılan sorgu ve analizler belirli bir örnek alan seçilerek yapılmıştır. Sonuçlar aşağıda verilmektedir;

#### Yatağan:

- İlçe sınırları içerisinde bulunan mermer ruhsat sahalarının sayısı 55'tir. Bu sahaların 17'si 200 hektardan büyüktür (Şekil 6.5).
- En fazla ruhsata sahip olan (4 ruhsat ile) özel veya tüzel kişi sayısı 2'dir. Üç ruhsata sahip olan 2, iki ruhsata sahip olan 6 ve tek ruhsata sahip olan 31 özel veya tüzel kişidir (Şekil 6.6).

#### Kavaklıdere:

- İlçe sınırları içinde işletilen mermer ocaklarından çıkarılan mermerlerin basınç dirençleri karşılaştırıldığında Leylak (111-1), Muğla Beyaz (128) ve Ege Gümüş'ün (108-2) mukavemet değerlerinin en yüksek olduğu görülmektedir (yaklaşık 120 MPa). Diğer doğal taşlar ise ortalama 70 MPa basınç direncine sahiptir (Şekil 6.8).
- Mermerlerin hacimce su emme oranları %0,5 – %0,3 oranında değişim gösterdikleri gözlenmektedir. En yüksek değerleri Limon (89), Rhapsody (112-134-4) ve Leylak (111-1) almıştır (Şekil 6.9).
- Kütlece su emme oranlarında ise dağılımın çoğunlukla %0,1 – %0,2 arasında olduğu görülmektedir (Şekil 6.10).

- Mermerlerinin yoğunlukları  $2,71 \text{ gr/cm}^3$ 'e yakın değerler almaktadır. En fazla yoğunluğa sahip olan ise Leylak'tır ( $2,76 \text{ gr/cm}^3$ ) (111-1) (Şekil 6.11).
- İşletilen mermer ocaklarından çıkartılan mermerlerin hacim kütlelerinin ortalama değeri  $2,71 \text{ gr/cm}^3$  ve  $2,70 - 2,76 \text{ gr/cm}^3$  değerleri aralığında değişim göstermektedir. En yüksek hacim kütlesi değerine ise Leylak sahiptir (111-1) (Şekil 6.12).
- Mermerlerin poroziteleri %0,04 ila % 0,68 arası bir değişim göstermektedir (Şekil 6.13).
- Mermerlerin basınç dirençleri  $100 \text{ MPa}$ 'dan küçük ve bunların içinde porozitesi %0,4 ve %0,7 arası olan taşlar ise Muğla Beyaz (131, 93), Kavaklıdere Limon (141), Rhapsody (112-134-4) ve Milas Limon'dur (89) (Şekil 6.20).

Muğla geneli (28 adet farklı numune):

- % $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oranları karşılaştırıldığında Ege Bordo (64) %1,74'lük oranla en fazla demir içeriğine sahiptir. Bu oran taşa kırmızı rengi veren yüksek demir içeriği ile açıklanabilmektedir. Diğer yüksek demir içeriğine sahip olan mermer ise Leylak'tır (83-1, 111-1) (Şekil 6.14).
- % $\text{MgO}$  oranları karşılaştırıldığında ise en fazla değere Leylak (150) sahiptir. Diğer yüksek % $\text{MgO}$  değerlerine sahip mermerler Leylak (83-1 ve 111-1) ve Ege Gümüş'tür (108-2) (Şekil 6.15).
- % $\text{SiO}_2$  ve % $\text{Al}_2\text{O}_3$  oranları karşılaştırıldığında Ege Bordo (64) en fazla yüzde oranına sahip olan taştır. Diğer yüksek çıkan % $\text{SiO}_2$  oranları New Carrara Light ve Dark'tır (sırasıyla 112-134-3 ve 112-134-2) (Şekil 6.16 ve 6.17).
- % $\text{CaO}$  oranları karşılaştırıldığında mermerler yaklaşık %54 – %55'lik bir  $\text{CaO}$  oranına sahiptirler. Bunun yanında; Ege Bordo (64, 92), Muğla Beyaz (81), Leylak (83-1, 111-1 ve 150), Sedef (111-2), New Carrara Light (112-134-3), Muğla Beyaz (128) ve Ege Gümüş'te (108-2) % $\text{CaO}$



oranının diğer mermerlere göre %54'ün altında olduğu görülmektedir (Şekil 6.18).

- Kızdırma kayıplarında ise tüm taşlarda yaklaşık %43 – %44'lük bir oran gözlenmektedir. Fakat Ege Bordo'da (64) bu oran %38'dir (Şekil 6.19).

Çalışmada, özellikle envanter çalışmalarına duyulan gereksiniminden dolayı Türkiye madencilik sektörünün bütünü için test edilmesi ve uygulanabilirliğinin doğrulanması için CBS kullanılmıştır. Muğla mermer potansiyeli için oluşturulan bu örnek akıllı haritalar ile CBS'nin avantajlarından biri olan internet yoluyla bilginin paylaşımı olanağını da üçüncü kişilere sunabilecektir. Bunun yanında, bu örnek oluşumun ileride devlet (veya özel) kurum ve kuruluşlarına verinin saklanması, sorgulanması, analizi gibi avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmasının ikinci aşaması olan Muğla'daki doğal taş ocaklarının çevresel etki kapsamında bitki örtüsüne olan etkilerinin belirlenmesi çalışmasında veri kaynağı olarak Landsat 5, Landsat 7 ve ASTER Level 3A01 uydu görüntülerinden (1997, 1998, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008 ve 2009 yılları) yararlanılmıştır. Yapılan uygulamanın adımları ve sonuçları aşağıda özetlenmektedir:

- Verinin seçimi, girişi ve düzenlenmesi:

Uydu görüntüleri elden geldiğince bulutsuzluk ve kış aylarında alınmamış görüntüler olacak şekilde seçilmiştir. Bunun yanında, edinilen görüntüler tüm Muğla'yı kapsamamaktadır. Bu yüzden elde olan bütün uydu görüntüleri içinde yer alan ruhsat sahaları göz önünde bulundurularak optimum bir genel çalışma alanı belirlenmiştir. Bu genel çalışma alanı ile projeksiyon [UTM WGS 84 Kuzey, Zon 35 (24E – 30E aralığı)], veri mekansal çözünürlüğü (30 m) tüm verileri kapsayacak şekilde standart hale getirilmiştir. ASTER görüntüleri için VNIR ve SWIR bantları, Landsat görüntüleri için ise 1, 2, 3, 4, 5 ve 7'inci bantları tez kapsamında kullanılmıştır.

- Çalışma alanının belirlenmesi ve görüntü işlemleri:

Araştırmada kullanılacak çalışma alanı ruhsat sahalarının çevresinde 800 m'lik tampon bölgeler oluşturularak belirlenmiştir. Çalışma alanının belirlenmesi ruhsat sahaları içinde yapılan madencilik faaliyetleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Çalışma alanı mermerciliğin yoğun olarak yapıldığı Milas, Yatağan ve Kavaklıdere ilçelerini kapsamaktadır. Görüntü üzerindeki işlemler; ASTER 2003 ve 2005 tarihlerine ait görüntü parçalarının mozaik yapılması ve çalışma alanı sınırlarının belirleyen tampon bölge vektör haritası yardımı ile çalışma alanının görüntüden çıkarılmasıdır.

- Görüntü düzeltme ve iyileştirmeler:

Ham görüntülerden çıkarılan görüntüler üzerinde ileriki safhalar için önemli olan bazı düzeltme ve iyileştirmeler yapma gereği görülmüştür. Bu yüzden, her görüntüye lineer olmayan karşıtlık esnetme, geometrik düzeltmeler uygulanmıştır.

- Bitki örtüsünün belirlenmesi:

Görüntü işleme çalışmalarına hazır hale getirilen görüntüler, bölgede mermer madenciliğinden dolayı oluşan yeşil alanlardaki yıllara bağlı değişimin incelenmesi için, bitki örtüsü değişimi ve araştırmalarında sıklıkla kullanılan NDVI'den yararlanılarak yapılmıştır. Oluşturulan görüntülerden elde edilen histogram grafikleri ile beraber NDVI indeks değerlerinin Tucker'ın (1979) araştırmalarındaki indeks değerlerinin -1,0'le +1,0 arasında değişeceğini ve bitkileri temsil eden indeks değerlerinin 0,1 ila 0,7 arasında değerler alacağını doğrulanmaktadır.

- Mermer ocakları üzerine çalışmalar:

1997 – 2009 yılları arası mermer ocak işletmeciliğinden dolayı meydana gelen bitki örtüsündeki değişimin belirlenmesi yıllara bağlı olarak mermer ocakları geometrisinin nasıl bir değişim gösterdiğinin incelenmesi ile bulunabileceği düşünülmüştür. Vektör veriler oluşturulması için yapılan

bu işlemlerde ASTER 1, 2 ve 3 ve Landsat'ın 2, 3, 4'üncü bantları kullanılarak ocak sınırlarının tam olarak belirlenmesi için bazı filtreleme teknikleri, RGB kümelemesi ve tekrar kodlama uygulanmıştır. Son olarak ise ocak sınırlarını belirleyen vektör verilerin elde edilmesi için raster veriden vektör veriye dönüşüm yapılmış, oluşturulan kapalı poligonlar halindeki vektör verilere ayrıca bazı düzeltme işlemleri uygulanmıştır. Böylece, her yılın görüntüsü için mermer ocağı sınırları elde edilmiştir (Şekil 7.19).

- Mermer ocak işletmeciliğinden dolayı oluşan bitki örtüsündeki değişimin hesaplanması:

1997 – 2009 yılları arası belirlenen çalışma alanında mermer ocak işletmeciliğinden dolayı yeşil alanlarda oluşan değişim, hazırlanan NDVI görüntülerinden her yıla ait ocak sınırlarını belirleyen vektör veriler yardımı ile bitki örtüsünü simgeleyen piksel gruplarının görüntüden çıkartılması şeklinde yapılmıştır. Görüntü işleme, kullanılacak yılın NDVI görüntüsünden bir sonraki yılın görüntünün çıkartılması şeklinde uygulanmıştır. Böylece, iki yıl arasındaki bitki farkı tüm yıl aralıkları için elde edilmiştir (Şekil 7.20). Buna ek olarak, alansal olarak hesaplamalarda piksel boyutundan yararlanılmıştır. Çalışma alanında yer alan mermer ocaklarının yıllara bağlı olarak nasıl bir değişim gösterdiğinin bulunmasında ise yine NDVI görüntülerinden yararlanılmıştır. Kendi yılına ait AOI kullanılarak NDVI görüntülerinden çıkartılan ocak sınırlarını ifade eden raster veriler tekrar kodlanarak iki sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra bu görüntüler 2 bantlı tek bir dosya haline getirilmiş ve RGB düzeninde gösterilen bu görüntüler R'ye birinci yıl, G'ye ikinci yıl ve B'ye ikinci yıl gelecek şekilde düzenlenmiştir. Böylelikle camgöbeği rengini veren (yani, yeşil ve mavinin karşımı) pikseller mermer ocaklarının iki yıl arasında ne kadarlık bir değişim gösterdiğini vermektedir ve bu piksel gruplarının alanları hesaplanmıştır (Şekil 7.23).

Elde edilen sayısal verilerde 36.390 hektarlık çalışma alanındaki bitki örtüsündeki değişimlerin sabit olmadığı görülmüştür. Bunun; bölgedeki orman yangınları, görüntülerdeki piksel hataları ve ayrıca, ASTER görüntülerine uygulanan çözünürlük düşürme ve tüm görüntülerin 30 m'lik mekansal çözünürlüğünden dolayı oluşabilecek hatalar olduğu düşünülmektedir.

1997 – 2009 yılları arası belirlenen çalışma alanı içindeki mermer ocağı işletmelerinden dolayı meydana gelen bitki örtüsündeki değişim sayısal olarak yıllar arası hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar aşağıda verilmektedir:

- İkişer yıllık aralıklarla mermercilik faaliyetlerinden dolayı ocaklardaki alansal olarak değişimlerde (Şekil 7.25) 1997 – 2000 yılları arasında hızlı bir artış olduğu gözlenmiştir. Bu artış 2001 yılına doğru yavaşlamış ve 2003 – 2005 yılları arası yine bir artış olmuştur. 2005 – 2007 arası mermer ocaklarının alansal olarak artışı yavaşlamış ve 2007 yılından sonra tekrar bir artış göstermiştir. Şekil 7.25'den görüleceği üzere mermer ocaklarının alansal değişimlerinin madencilik faaliyetleri ile doğru orantılı olduğu düşünülmektedir. Özellikle 80'li ve 90'lı yıllardan sonra mermerciliğin faal olarak başlaması ve yeni ocakların açılıp üretime geçmeleri bu grafiği doğrulamaktadır. Yine Şekil 7.25'de gösterilen mermer işletmeciliğinden dolayı oluşan bitki örtüsündeki değişim ocaklardaki alansal değişimle karşılaştırılmıştır. Mermercilik faaliyetleri yapılan alanların artışıyla mermercilik faaliyetlerinden dolayı bitki örtüsü kaybındaki artış birbirinden sayısal olarak farklıdır. Başka bir deyişle, örneğin 2001 – 2003 yılları arasında çalışma alanındaki mermer ocaklarının kapladıkları alanlar 197 hektar iken, bu ocakların bitki örtüsündeki değişime etkisi 65 hektardır ve bu iki yıl arasında %33'lük bir bitki örtüsü kaybı oluşmuştur. Tüm çalışma alanı göz önünde bulundurulduğunda ise bu kayıp sadece %0,18'dir (1997 – 2009 arası en fazla kayıp).
- Şekil 7.26'dan görüleceği üzere, mermercilik faaliyetlerinden dolayı değişim gösteren alanların tüm çalışma alanına olan oranında (‰) 1997 –

2009 yılları arasında değişkenlikler olsa da bir artışın olduğu söylenebilmektedir. Bitki örtüsündeki değişimin mermercilik faaliyetlerinden dolayı değişim gösteren alanlara olan oranını gösteren eğride ise yıllar arası azalmalar ve artışlar gözlemlenmektedir. Örneğin, 1997 – 1998 yılları arasında bitki örtüsündeki değişim 15,82 hektar iken, mermer ocağı faaliyetlerinden dolayı değişim gösteren alanlar 48,62 hektardır. Bitki örtüsündeki değişimin bu değişim gösteren alanlara oranı ise %32,54'dür. Aynı şekilde 2008 – 2009 yılları arasında bitki örtüsündeki değişim 28,71 hektar iken ocak alanlarındaki değişim 221,94 hektardır. Böylelikle, bitki örtüsündeki değişimin değişim gösteren alanlara oranı %12,94 olacaktır. Son olarak, bitki örtüsü değişiminin tüm çalışma alanına oranı yıllar bazında %0,4 ila %1,8 oranında çıkmıştır. Bu sonuç, mermercilik faaliyetlerinin bitki örtüsüne olan etkisinin çok az miktarda olduğunu göstermektedir.

Bunun yanında, ormanlık alanlar kanunlarca korunmaktadır. 21 Haziran 2005 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği'ne göre maden aramalarında maden arama ruhsat sahipleri ormanlık alanlarda araştırma yapacaklarsa valiliğe veya Genel Müdürlüğe ya da ilgili orman bölge müdürlüğüne gerekli belgelerle bilgi vermek zorundadırlar. Buna ek olarak, işletme ruhsat sahiplerinin Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporu alınmadan üretime başlamaları mümkün olmamaktadır. Ayrıca; devlet ormanları, muhafaza ormanlarında ve ağaçlandırma alanlarında;

- Ağaçlandırma bedeli (İzin verilen alanın ağaçlandırılması için gerekli olan bedel),
- Arazi tahsis bedeli (Arazinin mevcut orman örtüsü ve bulunduğu bölge dikkate alınarak Orman Genel Müdürlüğü'nce hektar başına tespit edilecek değer),
- Teminat (Maden ruhsat teminatını aşmamak üzere Orman Genel Müdürlüğü'nce belirlenen değer)

miktarları ruhsat sahibinden tahsil edilmektedir. Ayrıca, işletme ruhsatı sonlandığında çevre ile uyum projesinin uygulanması zorunluluğu bulunmaktadır.

Yukarıda belirtilen ve 2005 yılında yürürlüğe giren Maden Kanunu ormanları koruma altına almaktadır. Bunun yanında, Muğla'daki mermercilik faaliyetlerinden dolayı bitki örtüsü üzerindeki "tahrip" hesaplanan sayısal değerler göz önünde bulundurulduğunda, her yıl meydana gelen orman yangınları sonucunda oluşan zararın oldukça altında olduğunun sonucuna varılmaktadır. Buna ek olarak, madencilik faaliyetleri sonlandığında oluşan olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi, tüm maden işletmelerinin uygulamakta zorunlu olduğu bir görevdir. Uygun rekültivasyon çalışmaları ile her yıl doğal bitki örtüsüne verilen zararın büyük oranda azaltılması böylelikle mümkün olmaktadır.

Tucker'ın (1979) NDVI oranından yararlanılarak, 0,1 ile 0,7 canlı bitki varlığını temsil eden indeks değerleri görüntü üzerinde bir renk skalası ile beraber sunulmuştur (Şekil 7.27). 1997 ve 2009 yılı görüntüleri kullanılarak hazırlanan bu görüntülerde ocak çevrelerinde çok da fazla bitki bulunmadığı, olsa bile çoğunlukla 0,7 değerinden uzak değerlere karşılık geldiği görüşmüştür. 2009 yılı görüntüsü referans alınarak yapılan yorumlama mermercilik faaliyetlerinden dolayı ocak çevresinde fazla miktarda mermer tozu veya atığı bulunduğu ve mermer ocaklarının çevresindeki bitki örtüsü biraz da olsa etkilediği düşünülmektedir. Bunun yanında kalsiyum karbonatla temas etmiş toprakta bitki yetişemeyeceğinin bilinmesi gerekmektedir.

Yapılan son çalışma ise çoğunlukla genel jeoloji veya karbonatlı kayaçların belirlenmesinde kullanılan bant kombinasyonu ve oranlamalarının Muğla yöresi için denenmesidir. Milas, Yatağan ve Kavaklıdere'deki doğal taş ocakları temel alınarak yapılan bu çalışmaların ilki RGB 742 kombinasyonudur (Şekil 7.28). Bu görüntüde mermer ocakları beyaz renk, olası doğal taş oluşumları ise pembe veya açık pembe olarak görülmektedir. Bu oluşumların tanımlanmasında ise MTA'nın (2000) 1/500.000'lik jeolojik haritası kullanılmıştır.

Uygulanan ilk oranlama Abrams ve diğer'in (1983) bant oranlamasıdır (Şekil 7.29). Oranlama görüntüsünde mermer ocak ve oluşumları mavi renklerde gözlemlenmektedir. Fakat bu oranlamada çevrede bulunan ekim yapılmayan tarım alanları ve şehirleşmeler de yaklaşık aynı tonlarda gözlemlenmektedir.

Sabins'in (1997) oranlamasında ise özellikle koyu yeşil ve kahverengi tonlarında mermer ocakları belirginleşmiştir. Bu oranlamada bitki örtüsü ve mermer oluşumları ayırt edilememektedir (Şekil 7.30, 7.31 ve 7.32).

Schmidt'in (1991) bant oranlamasından elde edilen görüntüde mermer ocakları net olan bir kırmızı renkte görülmektedir (Şekil 7.33). Birçok nesne kırmızı tonlarda olduğundan farklı oluşumların ayırımı yapılamamaktadır.

Sultan ve diğer'in (1986) bant oranlamasının, denenen diğer oranlamalara göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilmektedir (Şekil 7.34). Özellikle mermer ocak ve oluşumları mavi tonlarda gözlenmektedir. Ocak içi mermer üretimi yapılan ayna ve basamak yüzeyleri daha koyu mavi renkte olduğu görülmüştür. Yapılan incelemelerde ocak sınırları içinde macenta renk değişimleri de dikkat çekmiştir. Bu yüzden spektral aralıkları Landsat görüntülerinden biraz da olsa farklı olan ASTER 2007 görüntüsünden elde edilen Sultan ve diğer'in (1986) bant oranlaması incelenmiş ve bu renklerin daha belirginleştiği görülmüştür. Google Earth ile birlikte bu alanlara bakıldığında macenta renginin üretim yapılmayan fakat mermerden etkilenen (mermer tozu veya atığı) alanlar olduğu saptanmıştır (Şekil 7.35).

İki farklı bölümden oluşan bu tez çalışması Muğla yöresi mermer potansiyelinin ve bölgede bulunan mermer ocaklarının bitki örtüsüne olan etkilerinin araştırılması için yapılmıştır. Çalışmada bilgisayar teknolojilerinin kullanımı birçok analizin yapılmasına olanak sağlamıştır. Özellikle zaman ve ekonomiklik açısından CBS ve UA teknolojilerinin kullanımı madencilik faaliyetlerinin izlenmesi, kontrol ve analiz edilmesi, geleceğe dair planlamaların yapılabilmesi için önemlidir.

Dünyada, çevreye ve yeşil alanlara verilen önemin artması ve madencilik sonrası sahaların yeniden doğaya kazandırılması ihtiyacı çevreye yönelik olarak yapılan bilimsel araştırmaları zorunlu hale getirmiştir. Bu araştırmalara yönelik olarak da bilgisayar teknolojilerinin –özellikle UA ve CBS’nin– kullanımı yerbilimleri ile ilgili çalışmaların doğruya yakın sonuçlandırılmasını olanaklı kılmaktadır.

Farklı uydu görüntüleri ile (Landsat ve ASTER) birlikte çalışmanın görüntü işleme uygulamalarında hata oranını arttırdığı düşünülse de, görüntü düzeltme işlemleriyle hata en aza indirgenmeye çalışılmıştır.

Mekansal çözünürlüğün 30 m olmasının hatayı arttırması olasıdır. Bunun yanında, kullanılan uydu görüntülerinin mekansal çözünürlüğünün daha yüksek olması (örneğin, IKONOS veya Quickbird) daha doğru sonuçlara ulaşılmasına etken olacaktır.

Tez çalışmasında kullanılan metotlar gerçeğe en yakın sonuçlara ulaşılması için uygulanmıştır. Sunulan sayısal ve görsel sonuçlarda hata payının olduğu unutulmamalıdır.

Görüntü işleme teknolojileriyle birlikte ilerdeki yapılacak madencilik ve çevre çalışmaları sadece bitki örtüsü değişiminin belirlenmesi ile sınırlı kalmayıp ne kadar malzemenin kazıldığı veya maden sonlandığında sahanın eski doğal yapısına dönüşümde ne kadar ağacın ekileceği gibi konulara da ışık tutacaktır. Bunun yanında, maden ocaklarının denetimi bu çalışmada uygulanan metotlarla (kesilen ağaç miktarının veya ruhsat sahası dışına taşabilecek madencilik faaliyetlerinin izlenmesi vb.) yapılabilecektir.

Bu çalışmada sunulan bitki örtüsünün madencilik faaliyetleri tarafından değişiminin CBS ve UA teknikleri ile incelenmesi metodu tüm açık işletme tekniği ile üretim yapılan ocaklar için uygulanabilir niteliktedir. Yeraltı işletmelerinde ise yerüstünde oluşabilecek sübsidanstan dolayı bitki örtüsündeki değişimler bu tezde anlatılan yaklaşımlarla benzer şekilde hesaplanabilecektir.



Bu tez çalışmasında uygulanmayan ve daha çok orman mühendisliği konularına giren bölgedeki bitki örtüsü çeşitliliğinin (bozuk orman, bitki ve ağaç cinsi vb.) sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya göre madencilik çalışmalarından dolayı değişim gösteren bitki örtüsünün daha verimli olarak değerlendirilmesine yardımcı olacaktır.

Çalışmada kullanılan ve özellikle doğal taş oluşumlarının belirlenmesi ve incelenmesi için uydu görüntülerine uygulanan Sultan ve diğer'in (1986) bant oranlaması Muğla yöresi jeolojik yapısı araştırmalarına katkılar sağlayabileceği gibi, ileride bölgenin mermer rezerv miktarı bakımından doğal taş potansiyelinin net bir şekilde belirlenmesine de yardımcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abdeen, M. M., Thurmond, A. K., Abdelsalam, M. G. ve Stern, R.J. (2001). Application of Aster band-ratio images for geological mapping in arid regions: The neoproterozoic Allaqi aure, Egypt. *GSA Annual Meeting*, 3 (3), 115-121.
- Abrams, M. J., Brown, D., Lepley, L. ve Sadowski, R. (1983). Remote sensing for porphyry copper deposits in southern Arizona. *Economic Geology*, 78, 591-604.
- Abrams, M., Hook, S. ve Ramachandran, B. (b.t.). *ASTER users handbook*. 19.07.2008, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/documents.asp>.
- Amer, R., Kusky, T. ve Ghulam, A. (2010). Lithological mapping in the Central Eastern Desert of Egypt using ASTER data. *Journal of African Earth Sciences*, 56 (2-3), 75-82.
- Anderson, M. A. (1997). Two-source time-integrated model for estimating surface fluxes using thermal infrared remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 60 (2), 195-216.
- Aranoff, S. (2005). *Remote sensing for GIS managers*. California: ESRI Press.
- Asadi, H. H. ve Hale M. (2001). A predictive GIS model for mapping potential gold and base metal mineralization in Takab area, Iran. *Computers & Geosciences*, 27 (8), 901-912.
- ASTER, (b.t). 15 Mart 2009, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>.
- ASTER data products, (b.t.). 13 Ocak 2008, [http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/gds\\_www2002/exhibition\\_e/a\\_products\\_e/a\\_product2\\_e.html](http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/gds_www2002/exhibition_e/a_products_e/a_product2_e.html).

*Bilsat*'in özellikleri, (b.t.). 5 Mart 2010,  
<http://www.uzay.tubitak.gov.tr/bilsat/tr/about/properties.asp>

Campbell, J. B. (2002). *Introduction to remote sensing* (3. Baskı). New York: Taylor & Francis.

Canada Centre for Remote Sensing Remote Sensing (CCRS), (b.t.). *Fundamentals of remote sensing*. Kanada: Natural Resources Canada.

Chatterjee, R. S. (2006). Coal fire mapping from satellite thermal IR data – A case example in Jharia Coalfield, Jharkhand, India. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60 (2), 113-128.

Curran P. J. (1983). Estimation green LAI from multispectral aerial photography. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49, 1709-1720.

de Jong, S. M. ve van der Meer, F. D. (Ed.). (2004). *Remote sensing image analysis*. Hollanda: Kluwer Academic Publishers.

Deering, D. W., Rouce, J. W., Haas, R. H. ve Schell, J. A. (1975). Measuring forage production of grazing units from Landsat MSS data. *Proceedings 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 2, 1169-1178.

DPT (2001). *Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu - Endüstriyel hammaddeler alt komisyonu - Yapı malzemeleri II (Mermer – granit - yapı taşları - arduvaz (sleyt))*: Çalışma grubu raporu. Ankara: DPT.

Elachi, C. ve van Zyl, J. (2006). *Introduction to the physics and techniques of remote sensing* (2. Baskı). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Fujisada, H. (1998). ASTER Level-1 data processing algorithm. *Geoscience and Remote Sensing*, 36 (4), 1101-1112.

- Gad, S. ve Kusky, T. M. (2006). Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper (TM). *Journal of African Earth Sciences*, 44, 196–202.
- Gad, S. ve Kusky, T. (2007). ASTER spectral ratioing for lithological mapping in the Arabian–Nubian shield, the neoproterozoic Wadi Kid Area, Sinai, Egypt. *Gondwana Research*, 11 (3), 326-335.
- Galati, S. R. (2006). *Geographic information systems demystified*. Norwood, MA: Artech House, Inc.
- Gangopadhyay, P. K., Lahiri-Dutt, K. ve Saha, K. (2006). Application of remote sensing to identify coalfires in the Raniganj Coalbelt, India. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8 (3), 188-195.
- Gani, N. D. S. ve Abdelsalam, M. G. (2006). Remote sensing analysis of the Gorge of the Nile, Ethiopia with emphasis on Dejen–Gohatsion region. *Journal of African Earth Sciences*, 44 (2), 135-150.
- Geographic information system*, (b.t.). 17.03.2010, [http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_information\\_system/](http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system/)
- Goshtasby, A. A. (2005). *2-D and 3-D image registration for medical, remote sensing, and industrial applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Grove, C. I., Hook, S. J. ve Paylor II, E. D. (1992). *Laboratory reflectance spectra of 160 minerals, 0.4 to 2.5 micrometers*. Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory.
- Gupta, R. P. (2003). *Remote sensing geology* (2. Baskı). Almanya: Springer.

- Güngör, T. ve Erdoğan, B. (2001). Emplacement age and direction of the Lycian nappes in the Söke-Selçuk region, Western Turkey. *Int. J. Earth Sciences (Geolo Rundschau)*, 89, 874-882.
- Harmon, J. E. ve Anderson, S. J. (2003). *The design and implementation of geographic information systems*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Imbroane, A., Melenti, C. ve Gorgan, D. (2007). Mineral explorations by Landsat image ratios. *Ninth International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing*. 26-29.
- Jewett, J. W. ve Serway, R. A. (2008). *Physics for scientists and engineers with modern physics* (7. Baskı). Çin: Thomson Learning Inc.
- Jordan, C. (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest flor. *Ecology*, 50, 663-666.
- Kerle, N., Janssen, L. L. F. ve Huurneman, G. C. (Ed.). (2004). *Principles of remote sensing* (3. Baskı). Hollanda: ITC Educational Textbook Series.
- Kim, K. D., Lee, S., Oh, H. J., Choi, J. K. ve Won, J. S. (2006). Assessment of ground subsidence hazard near an abandoned underground coal mine using GIS. *Environmental Geology*, 50 (8), 1183-1191.
- Konecny, G. (2003). *Geoinformation: Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems*. Londra: Taylor & Francis.
- Koruyan, K. (2005). *Elbistan Bölgesi'nde yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen sondaj verilerinin Visual Basic programı yardımıyla CBS bilgisayar programının oluşturulması* (Yayınlanmamış seminer çalışması). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Koruyan K. ve Yalçın, E. (2009). Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları. 7. Uluslar arası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 1, 376-384.
- Kusky, T. M. ve Ramadan T. M. (2002). Structural controls on neoproterozoic mineralization in the South Eastern Desert, Egypt: an integrated field, Landsat TM, and SIR-C/X SAR approach. *Journal of African Earth Sciences*, 35 (1), 107-121.
- Landsat: A Global Land Imaging Project*, (b.t.). 15.03.2010, [http://landsat.usgs.gov/about\\_project\\_descriptions.php](http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php)
- Liew, S. C. (2001). *Principles of remote sensing*. 15.03.2010, <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/rsmain.htm>
- Liu, J. G. ve Mason, P. J. (2009). *Essential image processing and GIS for remote sensing*. Singapur: John Wiley & Sons Ltd.
- Longley, A. P., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. ve Rhind, D. W. (2005). *Geographical information systems and science* (2. Baskı). İngiltere: John Wiley & Sons Ltd.
- Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği. 21.06.2005 Tarih ve 25852 Sayılı Resmi Gazete.
- MacDonald, A. (2001). *Building a geodatabase*. ABD: ESRI.
- Manitoba Industry, Trade and Mines (2000). *Explore in Monitoba: Report of activities* 2000. (01.01.2005). <http://www.gov.mb.ca/stem/mrd/geo/field/roa00.html>.

- Manitoba Internet GIS Map Gallery*, (b.t). 25 Kasım 2005, <http://www.gov.mb.ca/stem/mrd/geo/gis/index.html>.
- Mather, P. M. (1999). *Computer processing of remotely-sensed images: An introduction*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- McCoy, R. M. (2005). *Field methods in remote sensing*. ABD: The Guilford Press.
- MİGEM, (30.12.2009). *Maden İşleri Genel Müdürlüğü*. 27.04.2010, <http://www.migem.gov.tr/>.
- MTA (2000). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1/500.000 ölçekli İzmir paftası.
- Mustards, J. F. ve Pieters, C. M. (1989). Photometric phase function of common geologic minerals and applications to quantitative analysis of mineral mixture reflectance spectra. *J. Geophys. Res.*, 97, 13619-13634.
- Ninomiya, Y. (2003). A stabilized vegetation index and several mineralogic indices defined for ASTER VNIR and SWIR data. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003: IGARSS '03. Proceedings*, 3, 1552- 1554.
- Orman Genel Müdürlüğü (2006). *Orman Varlığımız*. Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Parcak, S. H. (2003). *Satellite remote sensing for archaeology*. ABD: Taylor & Francis.
- Parker, D. C. ve Wolff, M. F. (1965). Remote sensing. *International Science and Technology*, 43, 20-31.

- Pieters, C. M. (1983). Strength of mineral absorption features in the transmitted component of near-infrared reflected lights: First results from RELAB. *J. Geophys. Res.*, 88, 9534-9544.
- Pinter Jr., P. J., Hatfield, J. L., Schepers, J. S., Barnes, E. M., Moran, M. S., Daughtry, C. S. T. ve Upchurch, D. R. (2003). Remote sensing for crop management. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69 (6), 647-664.
- Prost, G. L. (2001). *Remote sensing for geologists: A guide to image interpretation* (2. Baskı). ABD: Taylor & Francis.
- Qari, M. H. T., Madani, A. A., Matsah, M.I.M ve Hamimi, Z. (2008). Utilization of Aster and Landsat data in geologic mapping of basement rocks of Arafat Area, Saudi Arabia. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 33 (1C), 99-116.
- Qinjiu, T. ve Xiangjun, M. (1998). Advances in study on vegetation indices. *Advance in earth science*, 13 (6), 327-333.
- Rencz, A. N. (Ed.). (1999). *Remote sensing for the earth sciences*. ABD: John Wiley & Sons Inc.
- Richards, J. A. ve Jia, X. (2006). *Remote sensing digital image analysis: An introduction* (4. Baskı). Almanya: Springer.
- Rouce, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. ve Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings 3rd ERTS Symposium, 1*, 48-62.
- Rowan, L. C., Wetlaufer, P. H., Goetz, A. F. H., Billingsley, F. C. ve Stewart, J. C. (1974). *U.S. Geol. Survey Professional Paper*.



- Ruiz-Armenta, J. R. ve Prol-Ledesma, R. M. (1998). Techniques for enhancing the spectral response of hydrothermal alteration minerals in thematic mapper images of central Mexico. *International Journal Remote Sensing*, 19, 1981-2000.
- Sabins, F. F. (1997). *Remote sensing principles and interpretation* (3. Baskı). New York: W.H. Freeman and Company.
- Schmidt, K. J. (1991). *Spectral stratigraphy applied to analysis of cretaceous units at como and flat top anticlines, Southeast Wyoming*. University of Wyoming, Laramie, United States.
- Sivakumar, M. V. K., Roy, P. S., Harmsen, K. ve Saha, S. K. (Ed.). (2004). *Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology: Proceedings of the training workshop*. İsvçire: World Meteorological Organisation.
- Stoney, W. E. (2005). (Ocak/Şubat 2005). Markets and opportunities? *Earth Imaging Journal*, 2 (1), 10-14. 2 Mart 2010, [http://www.ejournal.com/Markets\\_Opportunities.asp](http://www.ejournal.com/Markets_Opportunities.asp)
- Sultan, M., Arvidson, R.E. ve Sturchio, N.C. (1986). Mapping of serpentinites in the Eastern Desert of Egypt using Landsat Thematic Mapper data. *Geology*, 14, 995–999.
- Tadesse, S., Milesi, J.P. ve Deschamps, Y. (2003). Geology and mineral potential of Ethiopia: A note on geology and mineral map of Ethiopia. *Journal of African Earth Sciences*, 36 (4), 273-313.
- Tecim, V. (2008). *Coğrafi bilgi sistemleri: Harita tabanlı bilgi yönetimi*. Ankara: Renk Form Ofset Matbaacılık Ltd. Şti.

- Tindall, J. A. (Nisan 2006). Deconvolution of plant type(s) for homeland security enforcement using remote sensing on a UAV collection platform. *The Journal of the Naval Postgraduate School Center for Homeland Defense and Security*, 2 (1). 5 Mart 2010, <http://www.hsaj.org/?fullarticle=2.1.4>.
- Townsend, P. A., Helmers, D. P., Kingdon, C. C., McNeil, B. E., de Beurs, K. M. ve Eshleman, K. N. (2008). Changes in the extent of surface mining and reclamation in the Central Appalachians detected using a 1976–2006 Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 113 (1), 62-72.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.
- Türkmen (Bacakoğlu), F. (1999). *Muğla yöresi mermer yatakları* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- US Army Corps of Engineers (2003). *Engineering and design: Remote sensing*. Washington: Department of the Army, US Army Corps of Engineers.
- Vincent, R. K. (1972). An ERTS multispectral scanner experiment for mapping iron compounds. *Proceedings of the Eighth International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 2, 1239-1247.
- Vincent, R. K. (1997). *Fundamentals of geological and environmental remote sensing*. ABD: Prentice-Hall, Inc.
- Wang, Q. ve Tenhunen, J. (2004). Vegetation mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China Transect (NECT). *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, 6 (1), 17-31.
- Weng, W. (2010). *Remote sensing and GIS integration: Theories, methods, and applications*. ABD: The McGraw-Hill Companies, Inc.

- Yavuz, A. B. (2001). *Muğla yöresi mermer ocaklarında blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreler* (Yayınlanmamış doktora tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yavuz, A. B., Türk, N. ve Koca, M. Y. (2005) Geological parameters affecting the marble production in the quarries along the southern flank of the Menderes Massif, in SW Turkey. *Engineering Geology*, 80 (3-4), 214-241.
- Yıldız, F., Üstün, A. ve Bildirici, İ. Ö. (Ed.). (2003). *TUJK 2003 yılı bilimsel toplantısı: Coğrafi bilgi sistemleri ve jeodezik ağlar çalıştayı*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Yomralıoğlu, T. (2002). *Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar* (2. Baskı). İstanbul: Seçil Ofset.
- Yüzer, E. ve Erdoğan, M. (1996) *Marmara ve Ege Bölgeleri'nin mermer potansiyeli Cilt IA*. İstanbul: İTÜ.
- Zeiler, M. (1999). *Modelling our world*. California: Environmental Systems Research Institute, Inc.

**EKLER****EK-1: Muğla Yöresi Doğal Taşları Deney Sonuçları**

| <b>ID</b> | <b>Mermerİsmi</b>         | <b>RuhsatSahibi</b>  |
|-----------|---------------------------|--|
| 31        | Fethiye Rose              | Aymersan Mad. Mermer Ins. Tur. Nak. San. Ve Tic. Ltd. Sti. |
| 64        | Ege Bordo                 | Ufuk Mermercilik San. Ve Tic. Ltd. Sti.                    |
| 75        | Rosa Gold                 | Helmersan Helvacioğlu Mer. Ve Granit San. A.S.             |
| 76        | Muğla Beyaz               | Helmersan Helvacioğlu Mer. Ve Granit San. A.S.             |
| 81        | Muğla Beyaz               | Sirmersan Mermer San. A.S.                                 |
| 83-1      | Leylak                    | Ege Nurtas Mer. San. Ve Tic. A.S.                          |
| 83-2      | Sedef                     | Ege Nurtas Mer. San. Ve Tic. A.S.                          |
| 89        | Milas Limon               | Ayhan Mermer San. Tic. Ltd. Sti.                           |
| 92        | Ege Bordo                 | Entas Mer. San. Ve Tic. A.S.                               |
| 93        | Muğla Beyaz               | Yıldız Mer. Mad. Tic. San. A.S.                            |
| 96        | Muğla Beyaz               | Cobanlar Mer. Mad. Tur. Tic. Ve Ins. A.S.                  |
| 103       | Sedef                     | Sabahattin Vatanserver                                     |
| 108-1     | Beyaz                     | Ege Ozmer San. Mer. Ve Mad. A.S.                           |
| 108-2     | Ege Gumus                 | Ege Ozmer San. Mer. Ve Mad. A.S.                           |
| 111-1     | Leylak                    | Kocar Mer. San. Ve Tic. A.Sti.                             |
| 111-2     | Sedef                     | Kocar Mer. San. Ve Tic. A.Sti.                             |
| 112-134-1 | Crystal White             | Tekmar Mer. Ve Mad. Isl. Uret. Ihr. Ve Tic. A.S.           |
| 112-134-2 | New Carrara Dark          | Tekmar Mer. Ve Mad. Isl. Uret. Ihr. Ve Tic. A.S.           |
| 112-134-3 | New Carrara Light         | Tekmar Mer. Ve Mad. Isl. Uret. Ihr. Ve Tic. A.S.           |
| 112-134-4 | Rhapsody                  | Tekmar Mer. Ve Mad. Isl. Uret. Ihr. Ve Tic. A.S.           |
| 112-134-5 | Royal                     | Tekmar Mer. Ve Mad. Isl. Uret. Ihr. Ve Tic. A.S.           |
| 116       | Muğla Beyaz               | K.M.M. Kombassan Muğla Mer. Mad. San. Ve Tic. A.S.         |
| 128       | Muğla Beyaz               | Gençler Mermer San. Ve Tic. Ltd. Sti.                      |
| 129       | Muğla Beyaz               | Cayboyu Mermer San. Ve Tic. A.S.                           |
| 131       | Muğla Beyaz               | Kocar Mer. San. Ve Tic. A.Sti.                             |
| 141       | Kavaklıdere Limon (beyaz) | Unmersan Mer. San. Ve Tic. Ltd. Sti.                       |
| 150       | Leylak                    | Sabuncular Mad. San. Ve Tic. A.S.                          |
| 155       | Muğla Beyaz               | Ermas Mad. Turz. San. Ve Tic. A.S.                         |

**EK-1: Muğla Yöresi Doğal Taşları Deney Sonuçları (Devam)**

| ID        | TekEksBasMuk(MPa) | HacimceSuEmmeOrani-GorunenPorozite(%) | KütleceSuEmmeOrani(%) |
|-----------|-------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 31        | 142.84            | 0.50                                  | 0.20                  |
| 64        | 115.22            | 0.50                                  | 0.20                  |
| 75        | 69.54             | 0.50                                  | 0.20                  |
| 76        | 54.25             | 0.60                                  | 0.20                  |
| 81        | 85.55             | 0.90                                  | 0.30                  |
| 83-1      | 123.42            | 3.30                                  | 1.20                  |
| 83-2      | 67.47             | 0.20                                  | 0.10                  |
| 89        | 57.44             | 0.50                                  | 0.20                  |
| 92        | 85.81             | 0.40                                  | 0.10                  |
| 93        | 67.07             | 0.40                                  | 0.20                  |
| 96        | 54.28             | 0.40                                  | 0.10                  |
| 103       | 84.43             | 0.30                                  | 0.10                  |
| 108-1     | 66.39             | 0.50                                  | 0.20                  |
| 108-2     | 124.27            | 0.40                                  | 0.10                  |
| 111-1     | 124.17            | 0.50                                  | 0.20                  |
| 111-2     | Karot Alınamadı   | 0.20                                  | 0.10                  |
| 112-134-1 | 70.58             | 0.50                                  | 0.20                  |
| 112-134-2 | 63.95             | 1.00                                  | 0.40                  |
| 112-134-3 | 65.80             | 0.30                                  | 0.10                  |
| 112-134-4 | 57.09             | 0.50                                  | 0.20                  |
| 112-134-5 | 55.82             | 0.20                                  | 0.10                  |
| 116       | 79.34             | 0.80                                  | 0.30                  |
| 128       | 124.05            | 0.30                                  | 0.10                  |
| 129       | 68.65             | 0.20                                  | 0.10                  |
| 131       | 76.62             | 0.30                                  | 0.10                  |
| 141       | 85.63             | 0.30                                  | 0.10                  |
| 150       | 114.58            | 0.30                                  | 0.10                  |
| 155       | 114.58            | 0.60                                  | 0.20                  |

**EK-1: Muğla Yöresi Doğal Taşları Deney Sonuçları (Devam)**

| <b>ID</b> | <b>Yogunluk(gr/cm3)</b> | <b>Yogunluk(gr/cm3)_SS</b> | <b>HacimKutlesi(gr/cm3)</b> |
|-----------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 31        | 2.702                   | 0.0021                     | 2.662                       |
| 64        | 2.750                   | 0.0032                     | 2.732                       |
| 75        | 2.719                   | 0.0005                     | 2.703                       |
| 76        | 2.708                   | 0.0027                     | 2.690                       |
| 81        | 2.708                   | 0.0004                     | 2.691                       |
| 83-1      | 2.769                   | 0.0002                     | 2.762                       |
| 83-2      | 2.707                   | 0.0026                     | 2.706                       |
| 89        | 2.714                   | 0.0015                     | 2.697                       |
| 92        | 2.711                   | 0.0005                     | 2.704                       |
| 93        | 2.708                   | 0.0019                     | 2.692                       |
| 96        | 2.712                   | 0.0010                     | 2.705                       |
| 103       | 2.723                   | 0.0026                     | 2.717                       |
| 108-1     | 2.712                   | 0.0007                     | 2.711                       |
| 108-2     | 2.734                   | 0.0006                     | 2.721                       |
| 111-1     | 2.763                   | 0.0016                     | 2.759                       |
| 111-2     | 2.718                   | 0.0006                     | 2.717                       |
| 112-134-1 | 2.711                   | 0.0017                     | 2.708                       |
| 112-134-2 | 2.715                   | 0.0008                     | 2.707                       |
| 112-134-3 | 2.713                   | 0.0027                     | 2.700                       |
| 112-134-4 | 2.706                   | 0.0018                     | 2.688                       |
| 112-134-5 | 2.714                   | 0.0026                     | 2.705                       |
| 116       | 2.715                   | 0.0009                     | 2.695                       |
| 128       | 2.714                   | 0.0015                     | 2.711                       |
| 129       | 2.711                   | 0.0011                     | 2.708                       |
| 131       | 2.715                   | 0.0018                     | 2.697                       |
| 141       | 2.712                   | 0.0022                     | 2.699                       |
| 150       | 2.739                   | 0.0019                     | 2.725                       |
| 155       | 2.711                   | 0.0021                     | 2.690                       |

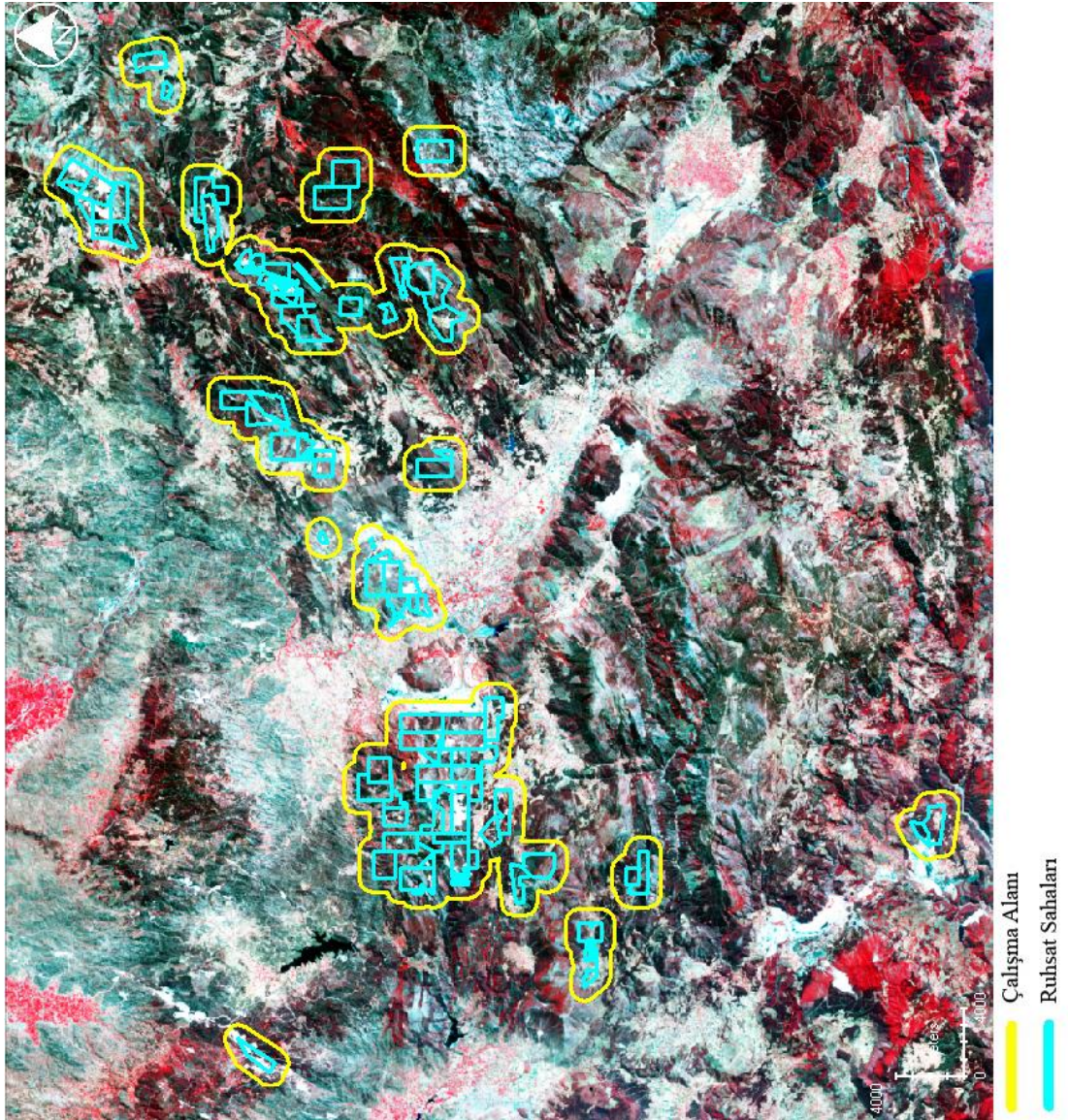
**EK-1: Muğla Yöresi Doğal Taşları Deney Sonuçları (Devam)**

| <b>ID</b> | <b>DolulukOrani(%)</b> | <b>Porozite(%)</b> | <b>%Fe2O3</b> | <b>%MgO</b> | <b>%SiO2</b> | <b>%Al2O3</b> |
|-----------|------------------------|--------------------|---------------|-------------|--------------|---------------|
| 31        | 98.52                  | 1.48               | 0.19          | 0.61        | 1.01         | 0.07          |
| 64        | 99.35                  | 0.65               | 1.74          | 0.56        | 8.22         | 3.58          |
| 75        | 99.43                  | 0.57               | 0.06          | 0.60        | 0.45         | 0.02          |
| 76        | 99.33                  | 0.67               | 0.02          | 0.26        | 0.08         | 0.02          |
| 81        | 99.39                  | 0.61               | 0.04          | 2.11        | 0.15         | 0.00          |
| 83-1      | 99.74                  | 0.26               | 0.27          | 3.66        | 0.28         | 0.03          |
| 83-2      | 99.96                  | 0.04               | 0.03          | 0.61        | 0.16         | 0.03          |
| 89        | 99.37                  | 0.63               | 0.03          | 0.58        | 0.01         | 0.00          |
| 92        | 99.74                  | 0.26               | 0.02          | 1.91        | 0.06         | 0.01          |
| 93        | 99.42                  | 0.58               | 0.07          | 0.80        | 0.49         | 0.03          |
| 96        | 99.73                  | 0.27               | 0.06          | 0.56        | 0.01         | 0.00          |
| 103       | 99.79                  | 0.21               | 0.02          | 1.24        | 0.24         | 0.02          |
| 108-1     | 99.98                  | 0.02               | 0.05          | 0.61        | 0.37         | 0.03          |
| 108-2     | 99.52                  | 0.48               | 0.03          | 4.11        | 0.26         | 0.03          |
| 111-1     | 99.85                  | 0.15               | 0.28          | 5.88        | 0.13         | 0.01          |
| 111-2     | 99.95                  | 0.05               | 0.03          | 2.09        | 0.12         | 0.01          |
| 112-134-1 | 99.90                  | 0.10               | 0.08          | 0.77        | 0.20         | 0.01          |
| 112-134-2 | 99.70                  | 0.30               | 0.23          | 0.70        | 1.54         | 0.02          |
| 112-134-3 | 99.51                  | 0.49               | 0.12          | 0.72        | 2.26         | 0.12          |
| 112-134-4 | 99.32                  | 0.68               | 0.04          | 0.55        | 0.20         | 0.01          |
| 112-134-5 | 99.67                  | 0.33               | 0.13          | 0.76        | 0.17         | 0.02          |
| 116       | 99.26                  | 0.74               | 0.01          | 0.43        | 0.23         | 0.02          |
| 128       | 99.88                  | 0.12               | 0.05          | 2.44        | 0.07         | 0.01          |
| 129       | 99.88                  | 0.12               | 0.05          | 0.82        | 0.43         | 0.03          |
| 131       | 99.36                  | 0.64               | 0.05          | 0.70        | 0.42         | 0.02          |
| 141       | 99.52                  | 0.48               | 0.08          | 0.65        | 0.17         | 0.02          |
| 150       | 99.49                  | 0.51               | 0.17          | 9.41        | 0.15         | 0.01          |
| 155       | 99.22                  | 0.78               | 0.03          | 0.02        | 0.04         | 0.02          |

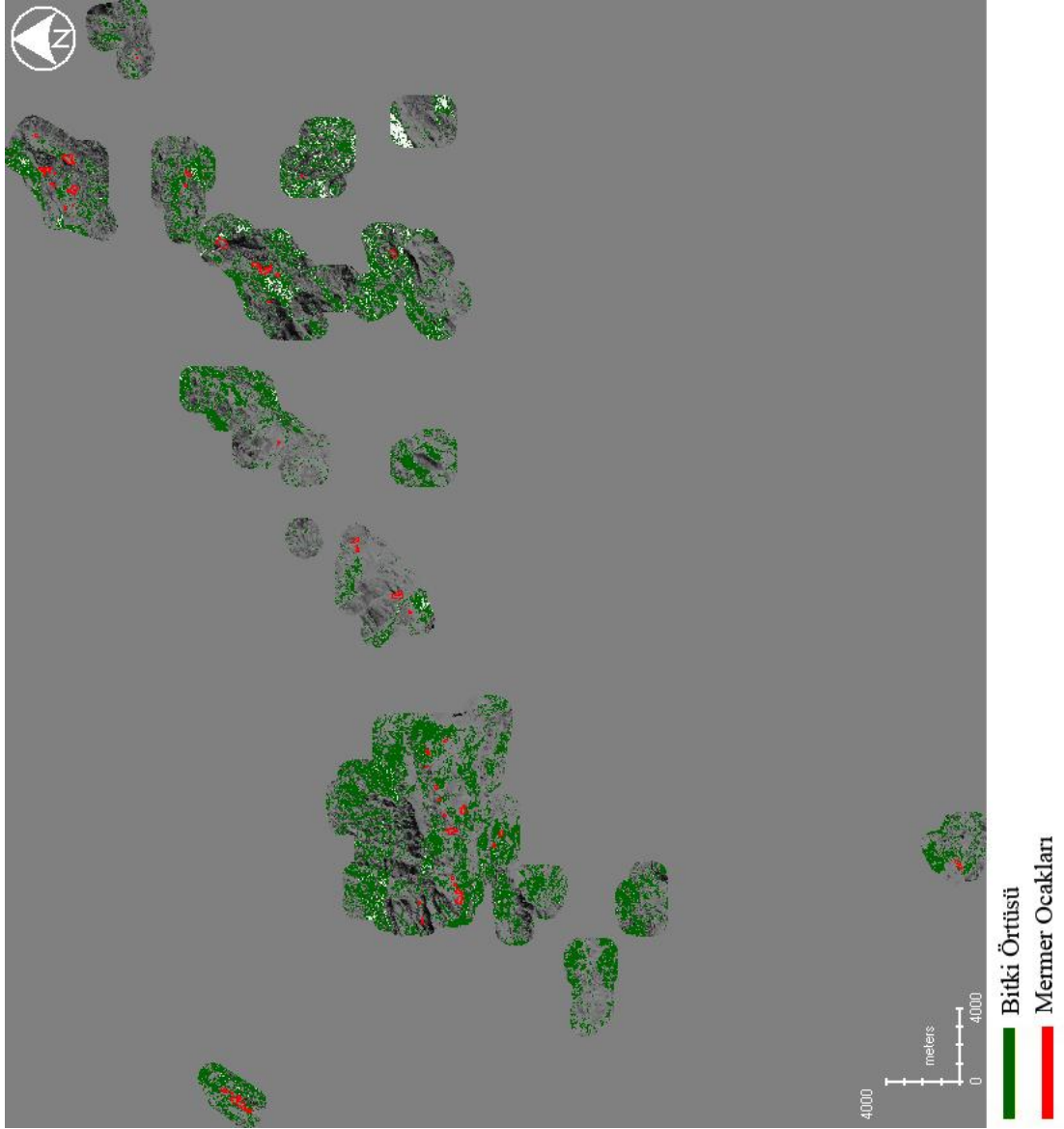
**EK-1: Muğla Yöresi Doğal Taşları Deney Sonuçları (Devam)**

| <b>ID</b> | <b>%CaO</b> | <b>%KızKaybi</b> |
|-----------|-------------|------------------|
| 31        | 54.56       | 43.54            |
| 64        | 47.75       | 38.14            |
| 75        | 54.99       | 43.86            |
| 76        | 55.62       | 43.99            |
| 81        | 53.40       | 44.28            |
| 83-1      | 51.36       | 44.38            |
| 83-2      | 55.15       | 44.00            |
| 89        | 55.28       | 44.08            |
| 92        | 53.70       | 44.29            |
| 93        | 54.72       | 43.87            |
| 96        | 55.29       | 44.06            |
| 103       | 54.37       | 44.09            |
| 108-1     | 55.02       | 43.90            |
| 108-2     | 50.98       | 44.58            |
| 111-1     | 48.84       | 44.84            |
| 111-2     | 53.43       | 44.29            |
| 112-134-1 | 54.93       | 44.00            |
| 112-134-2 | 54.16       | 43.33            |
| 112-134-3 | 53.74       | 43.02            |
| 112-134-4 | 55.21       | 43.98            |
| 112-134-5 | 54.92       | 43.99            |
| 116       | 55.33       | 43.95            |
| 128       | 53.05       | 44.36            |
| 129       | 54.74       | 43.91            |
| 131       | 54.89       | 43.9             |
| 141       | 55.07       | 43.99            |
| 150       | 44.73       | 45.50            |
| 155       | 55.92       | 43.96            |

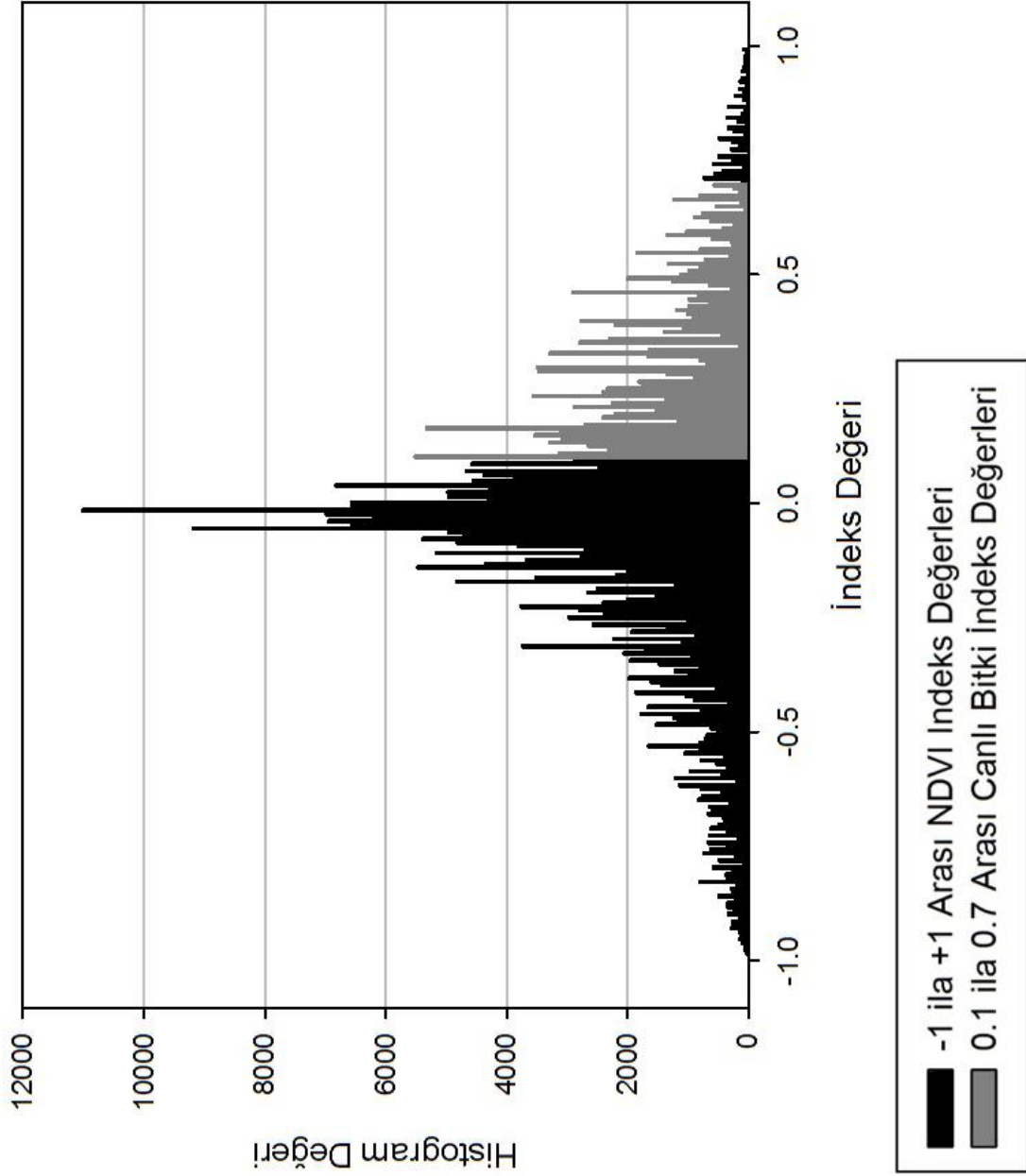


**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: Çalışma Alanı**

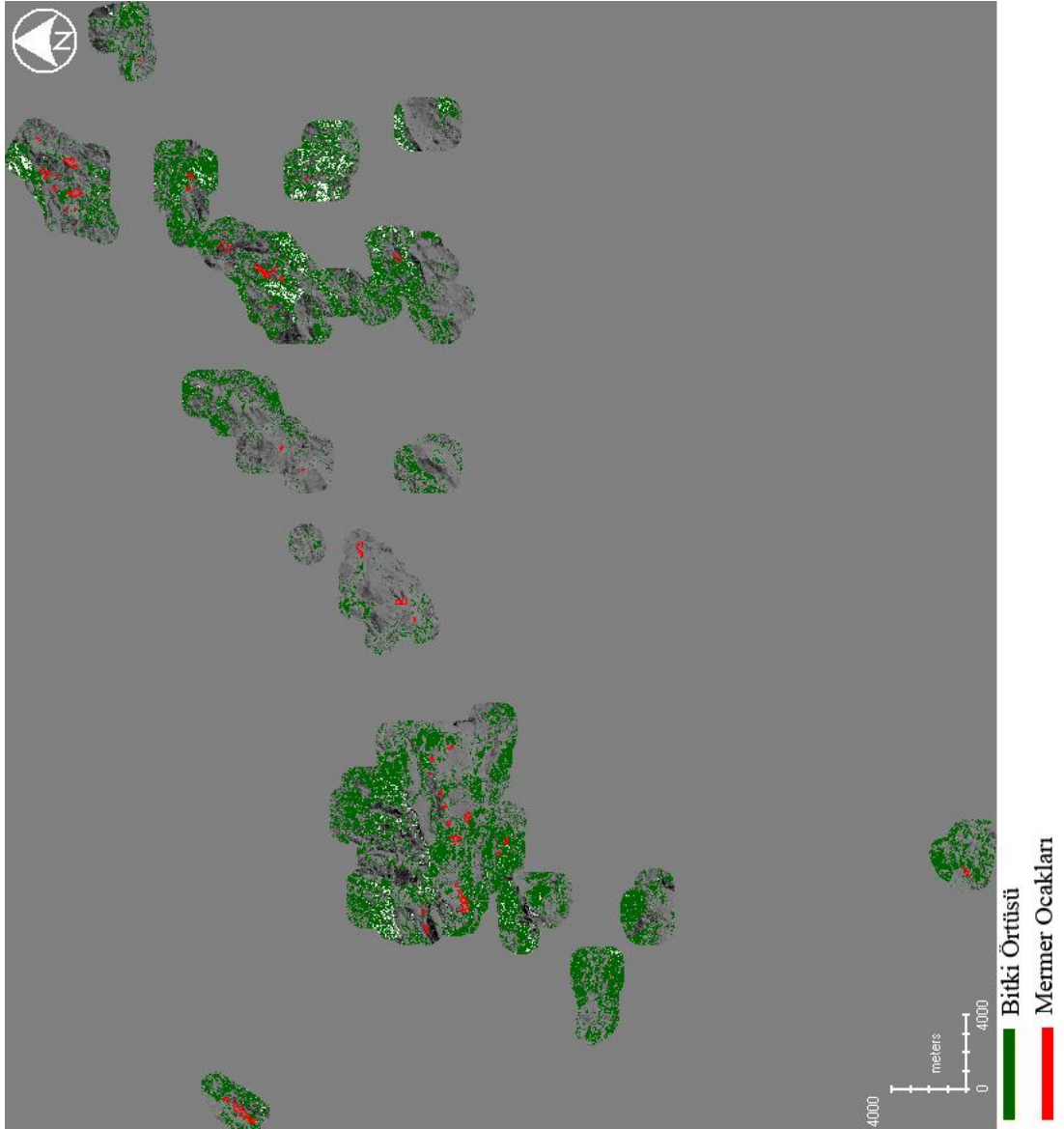
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (1997 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**



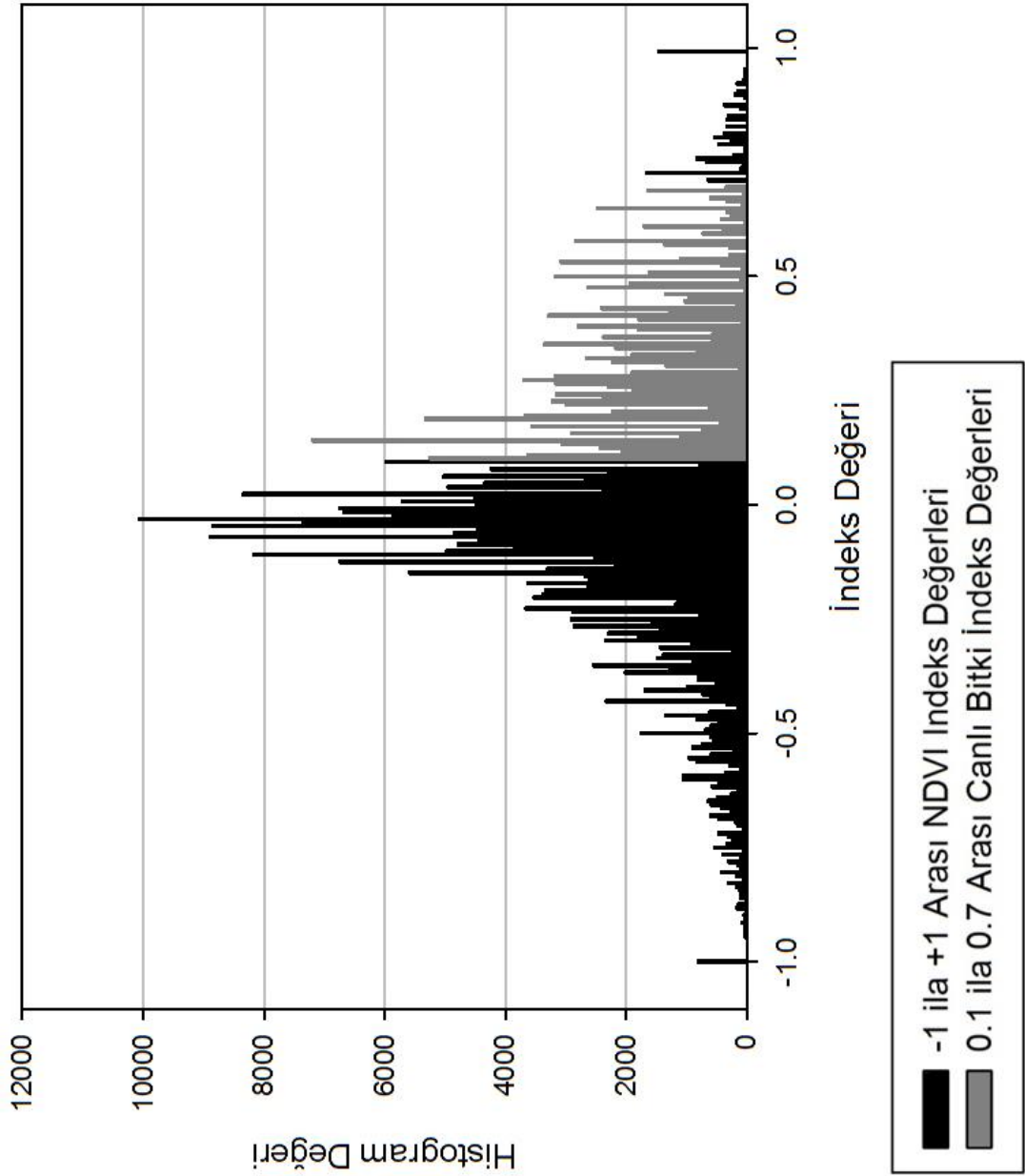
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (1997 Yılı, Histogram)**  
**(Devam)**



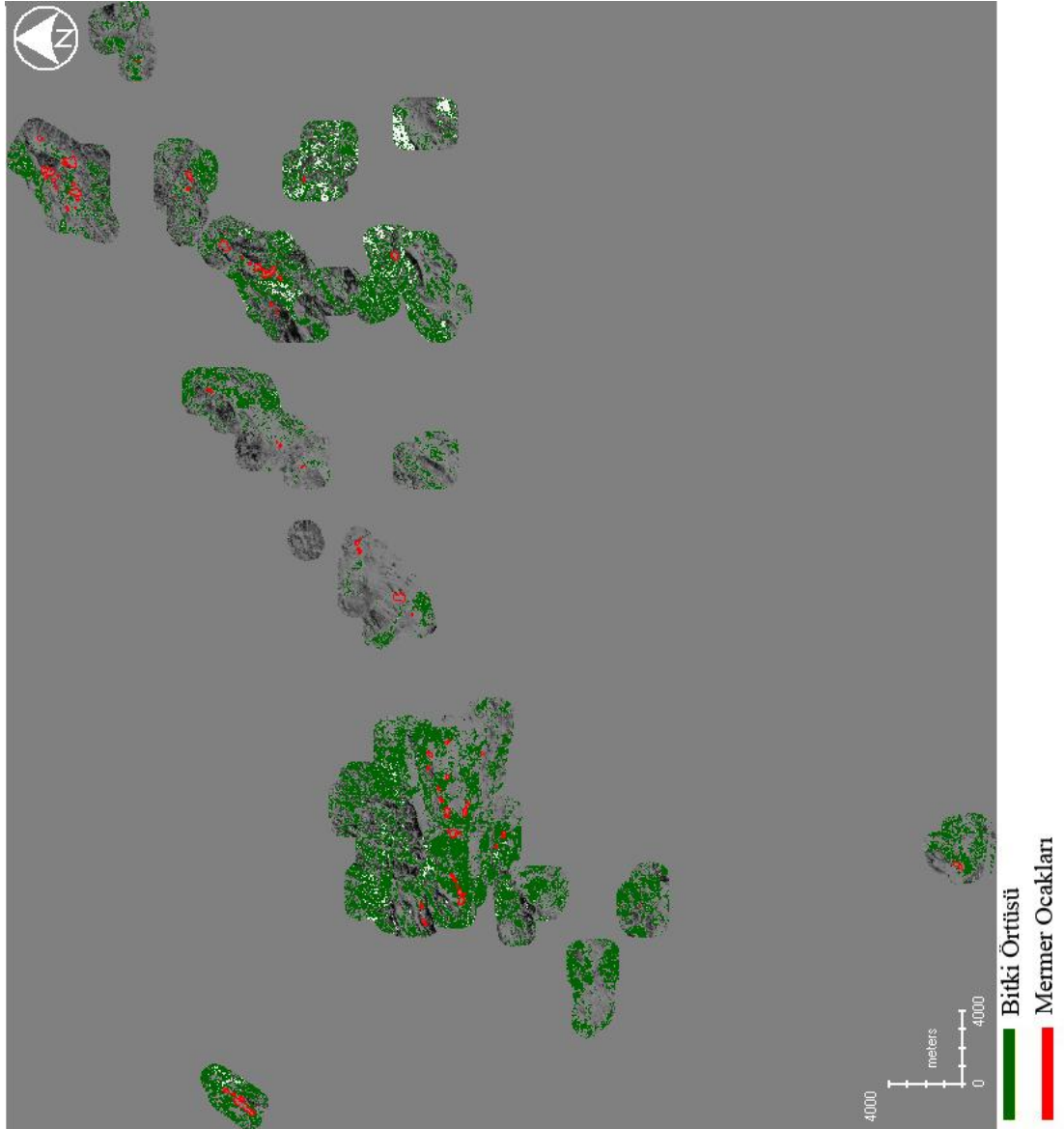
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (1998 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**



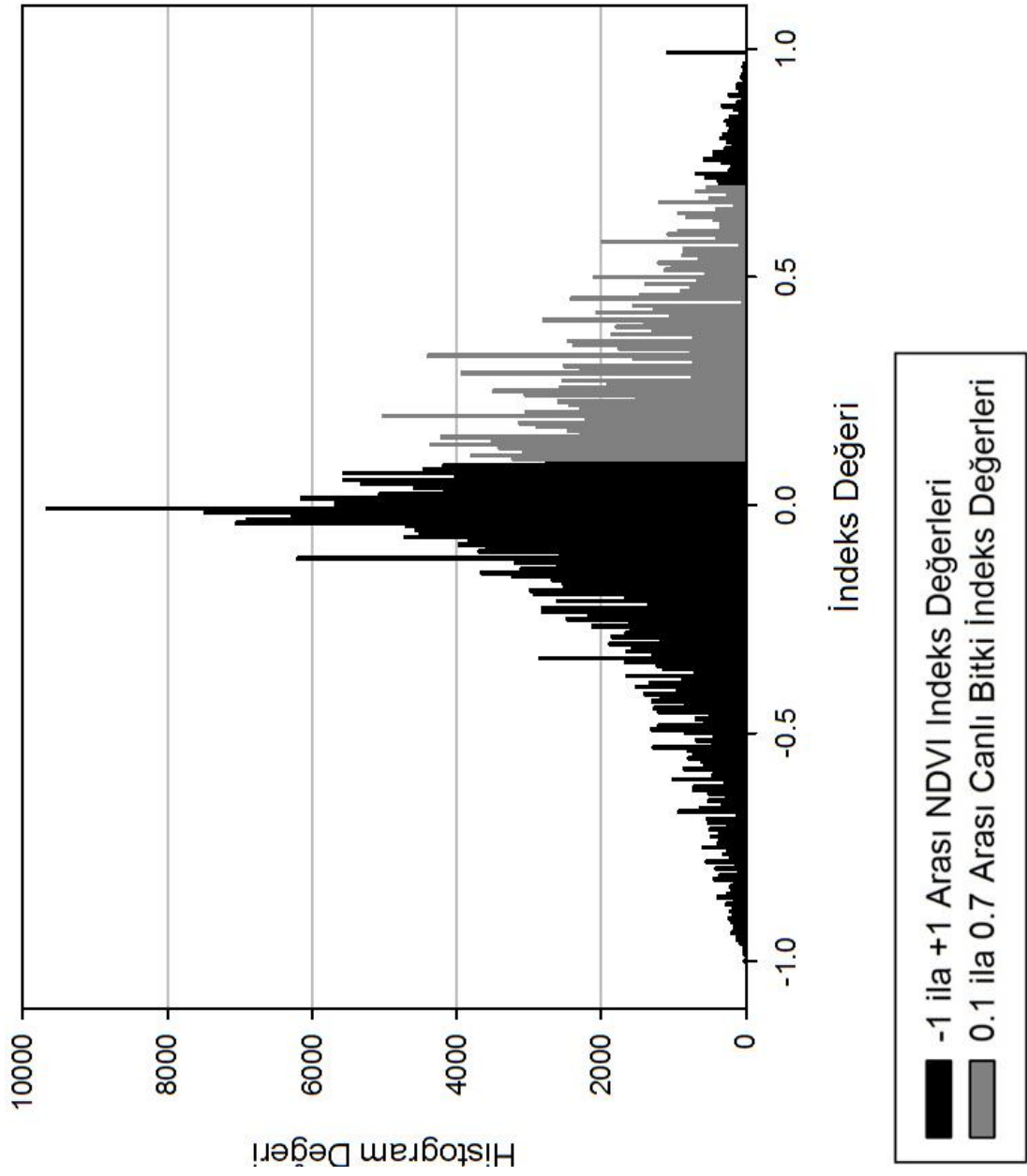
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (1998 Yılı, Histogram)**  
**(Devam)**



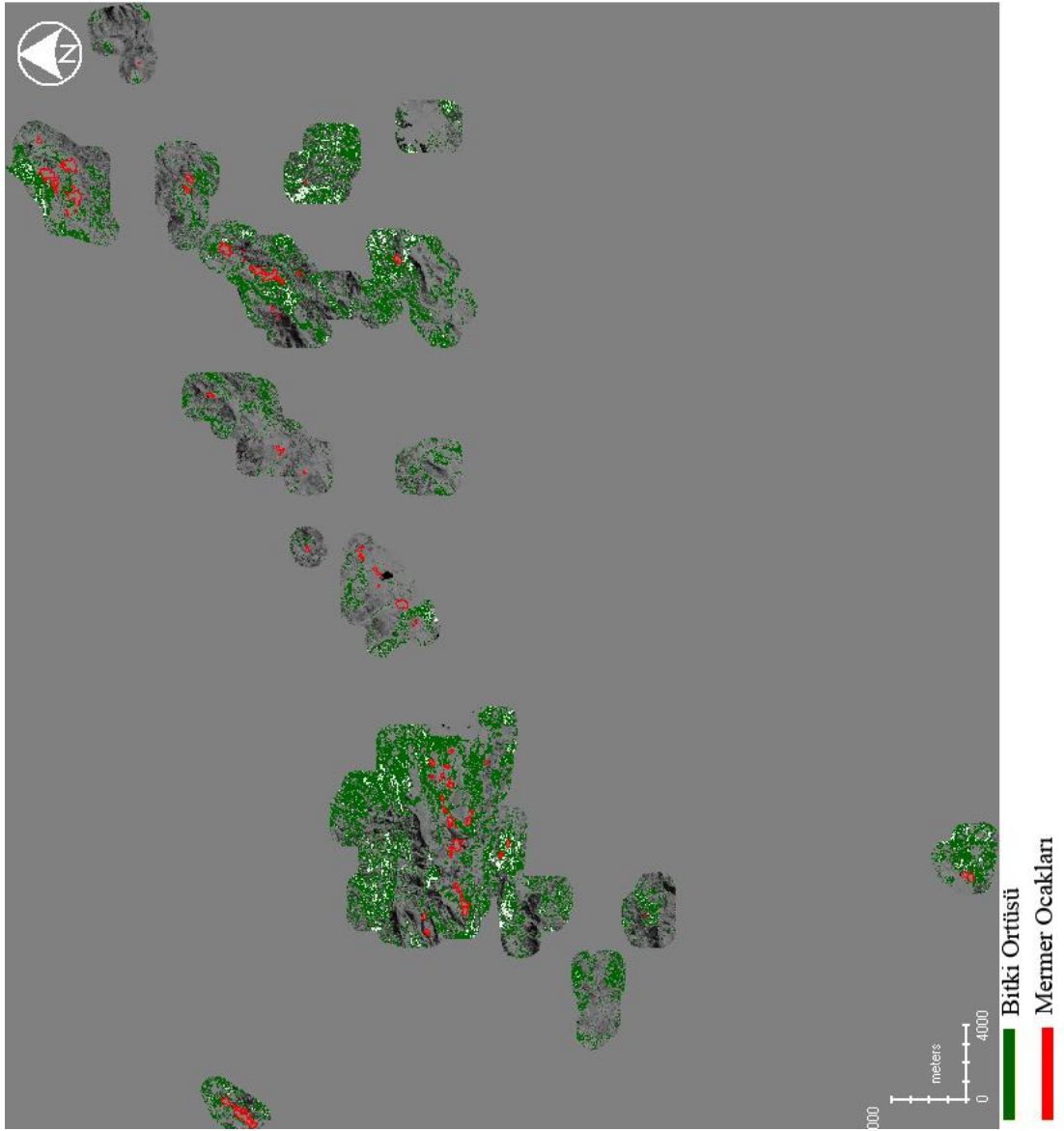
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2001 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**



**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2001 Yılı, Histogram)**  
**(Devam)**

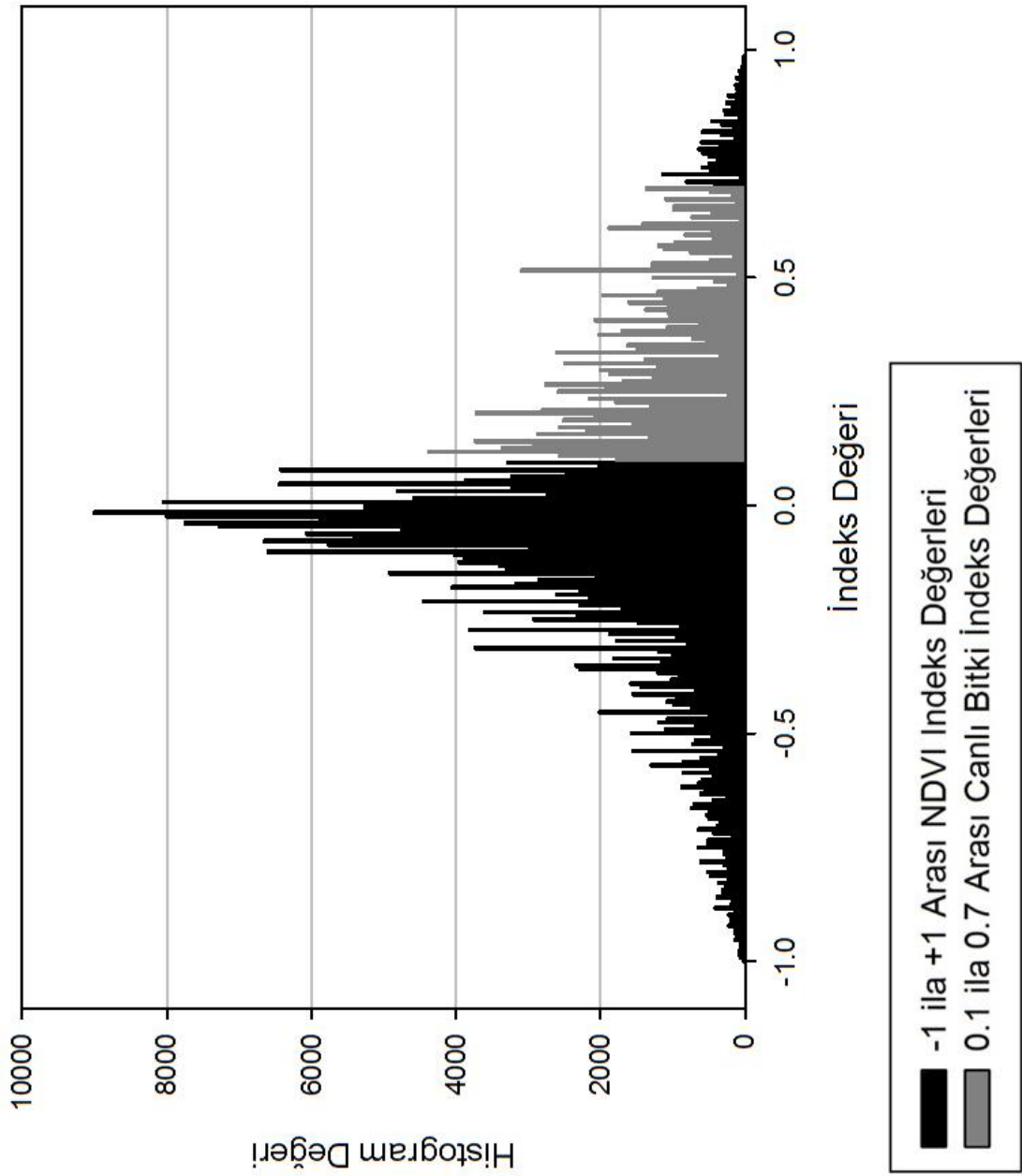


**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2003 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**

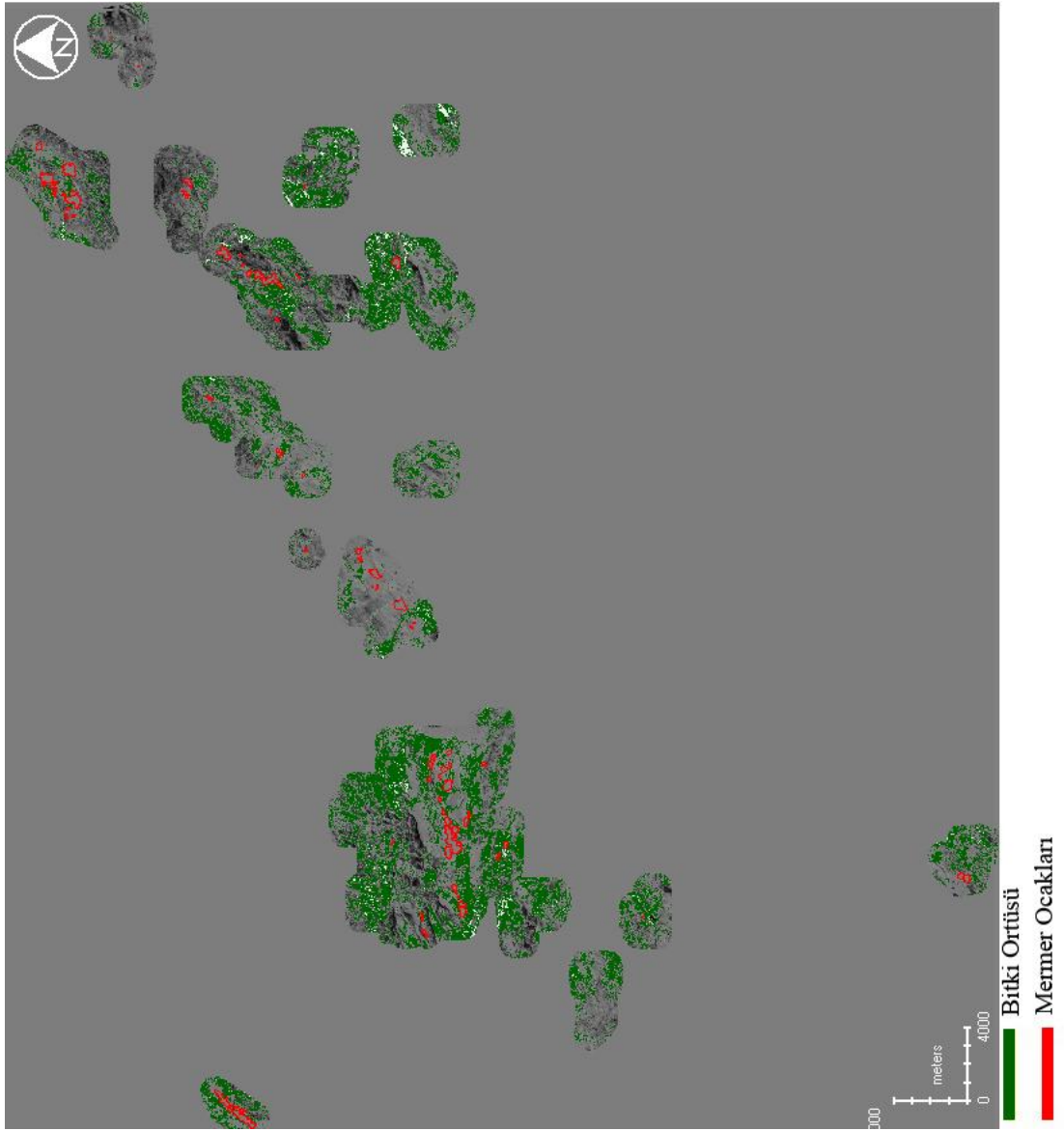




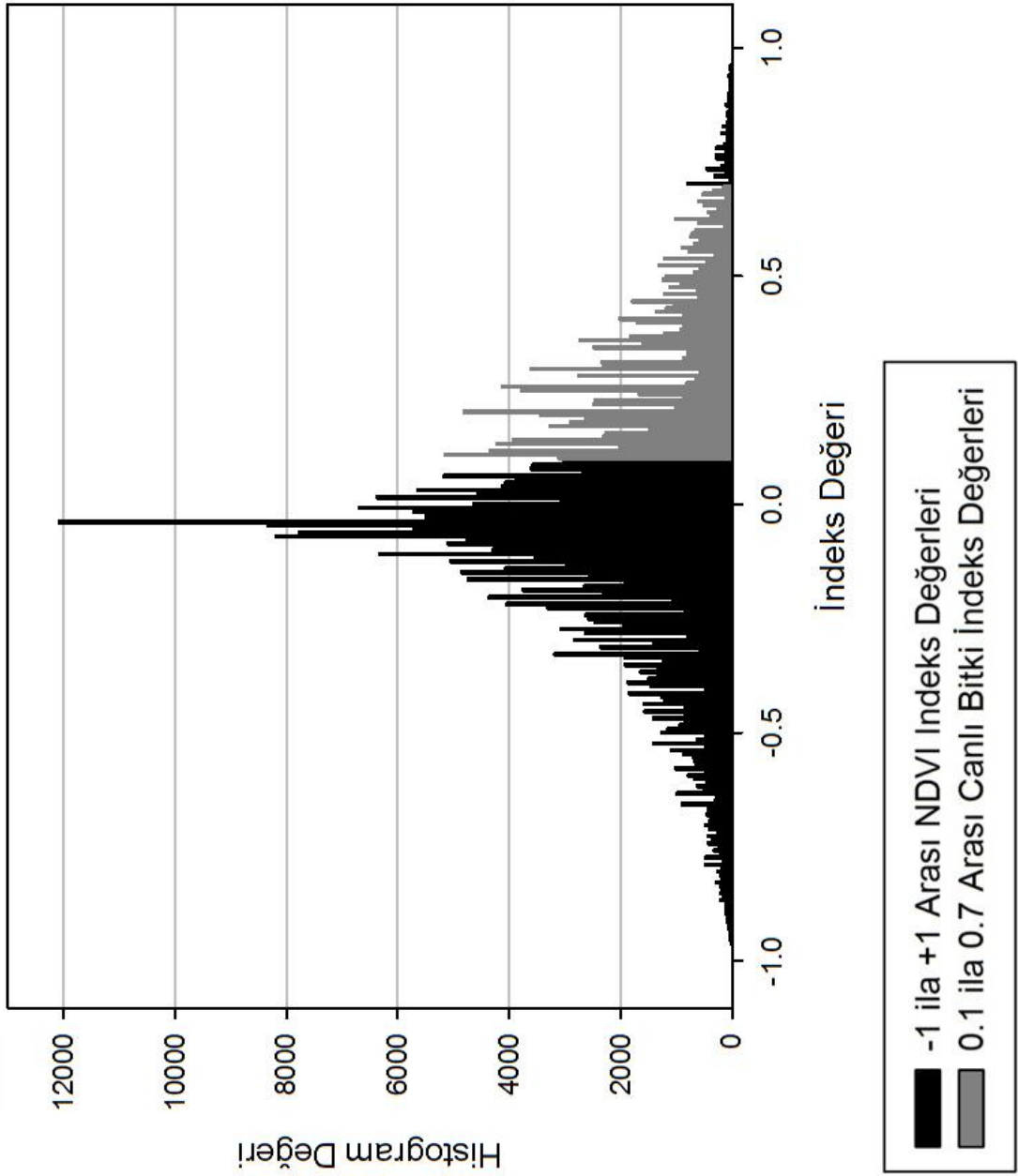
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2003 Yılı, Histogram)**  
**(Devam)**



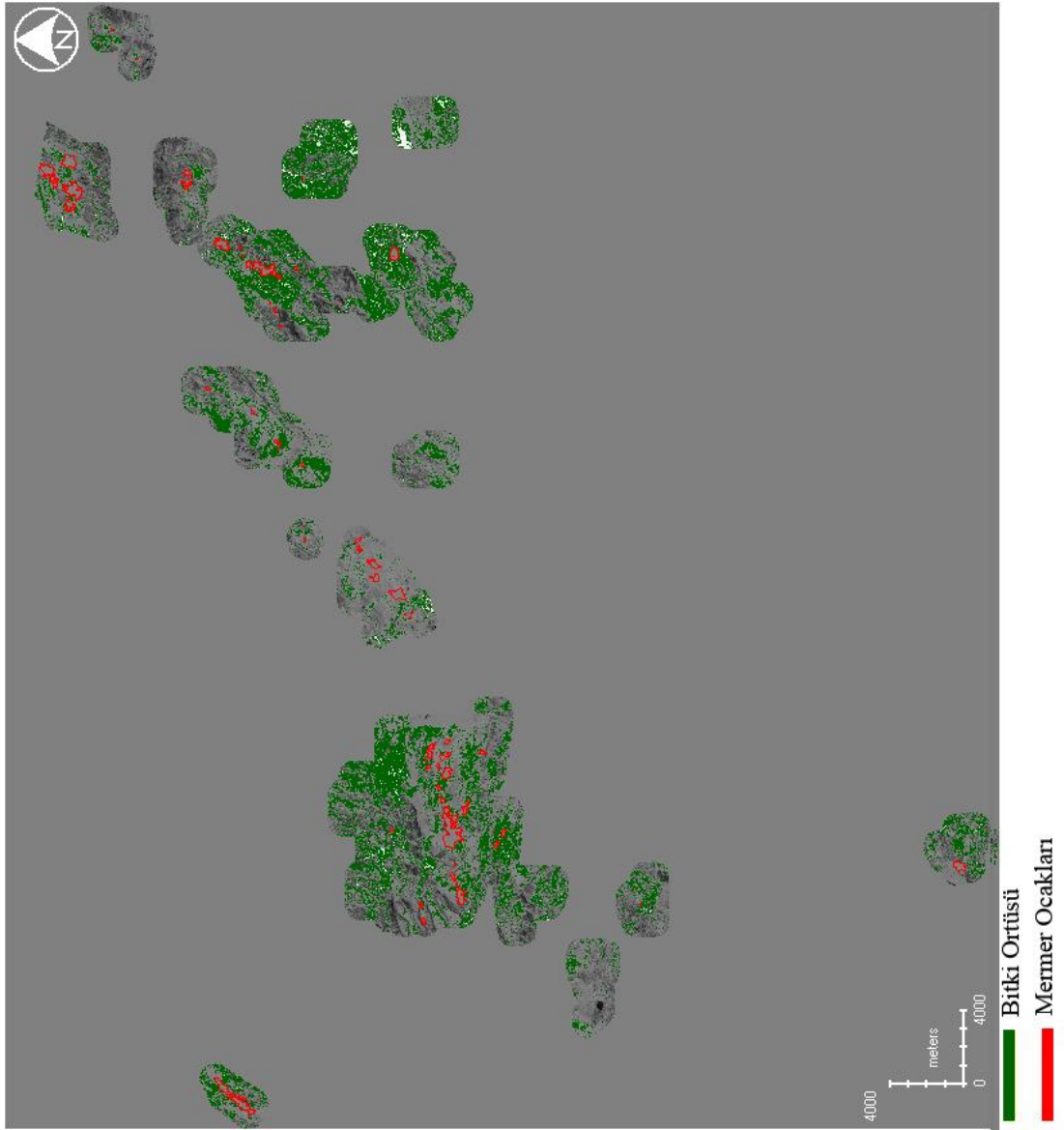
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2005 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**



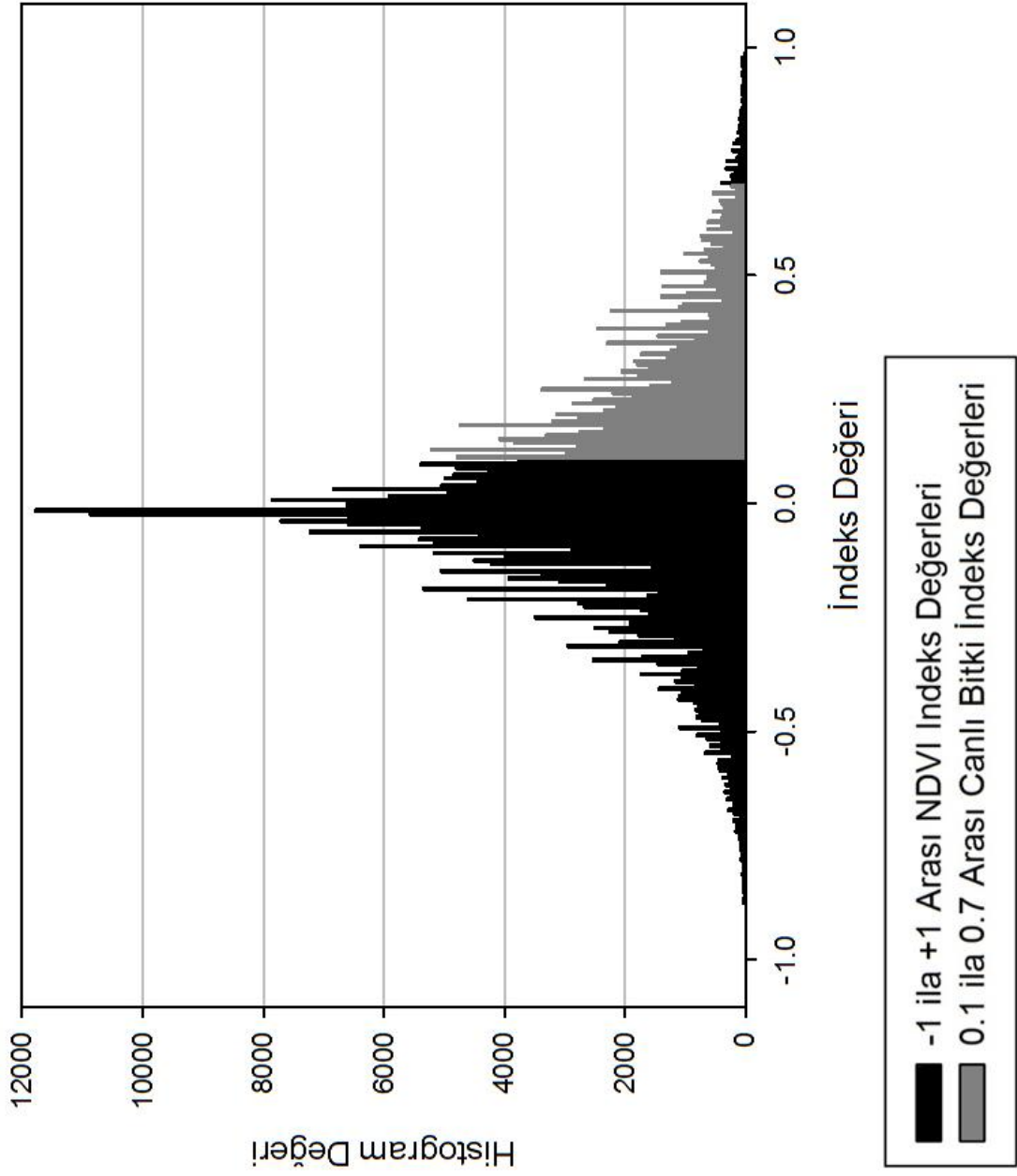
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2005 Yılı, Histogram)  
(Devam)**



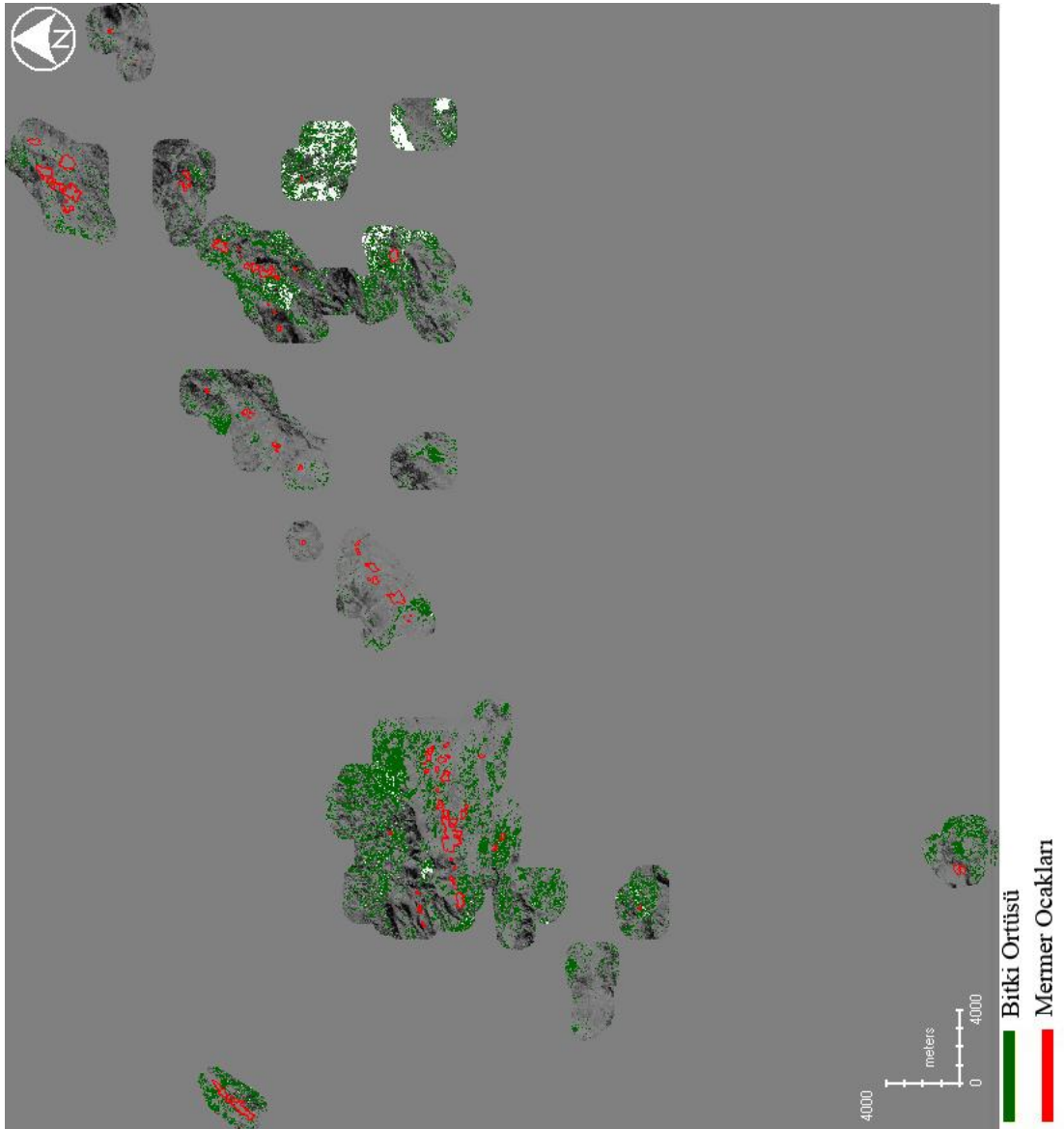
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2007 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**



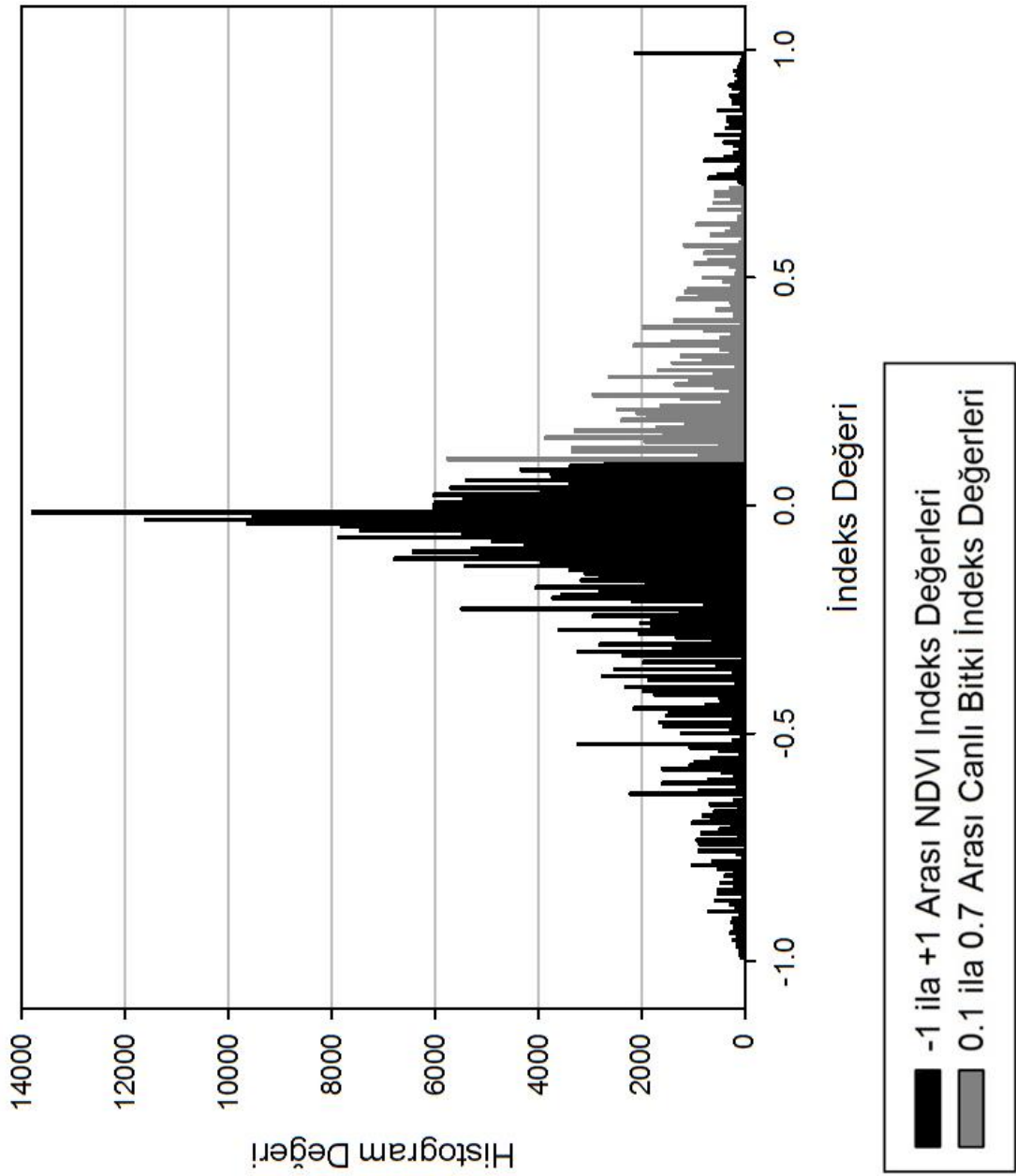
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2007 Yılı, Histogram)**  
**(Devam)**



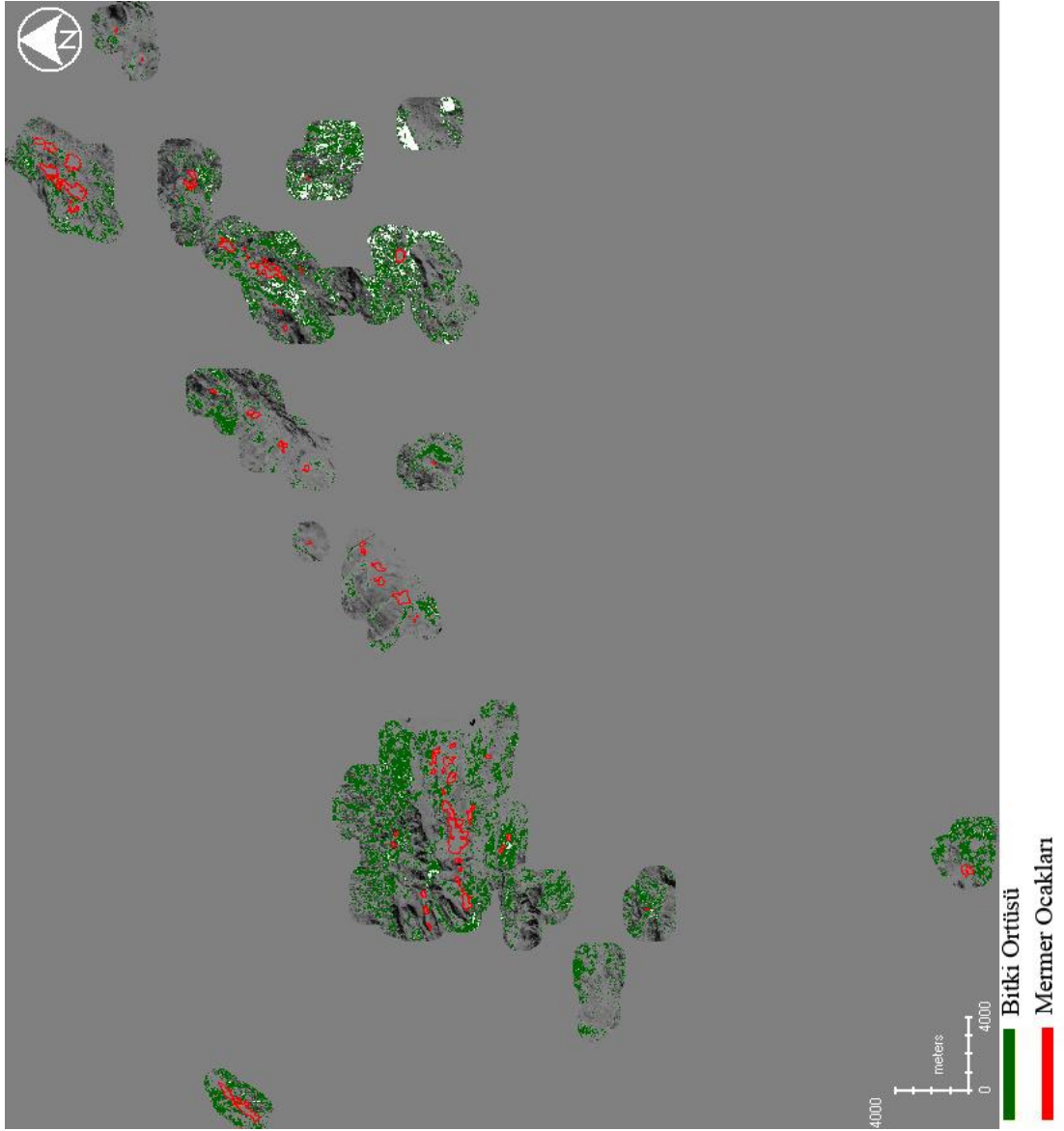
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2008 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**



**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2008 Yılı, Histogram)  
(Devam)**

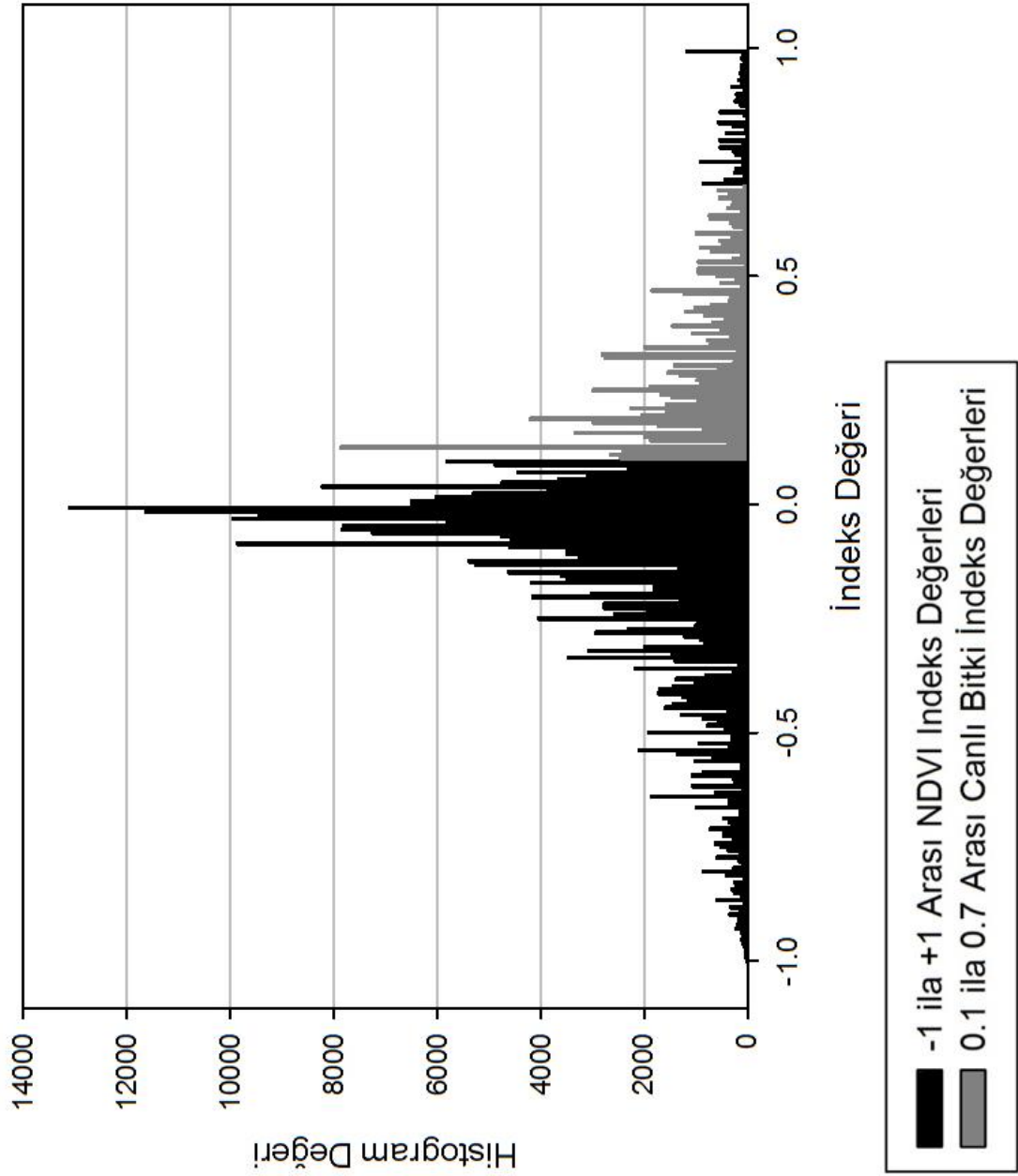


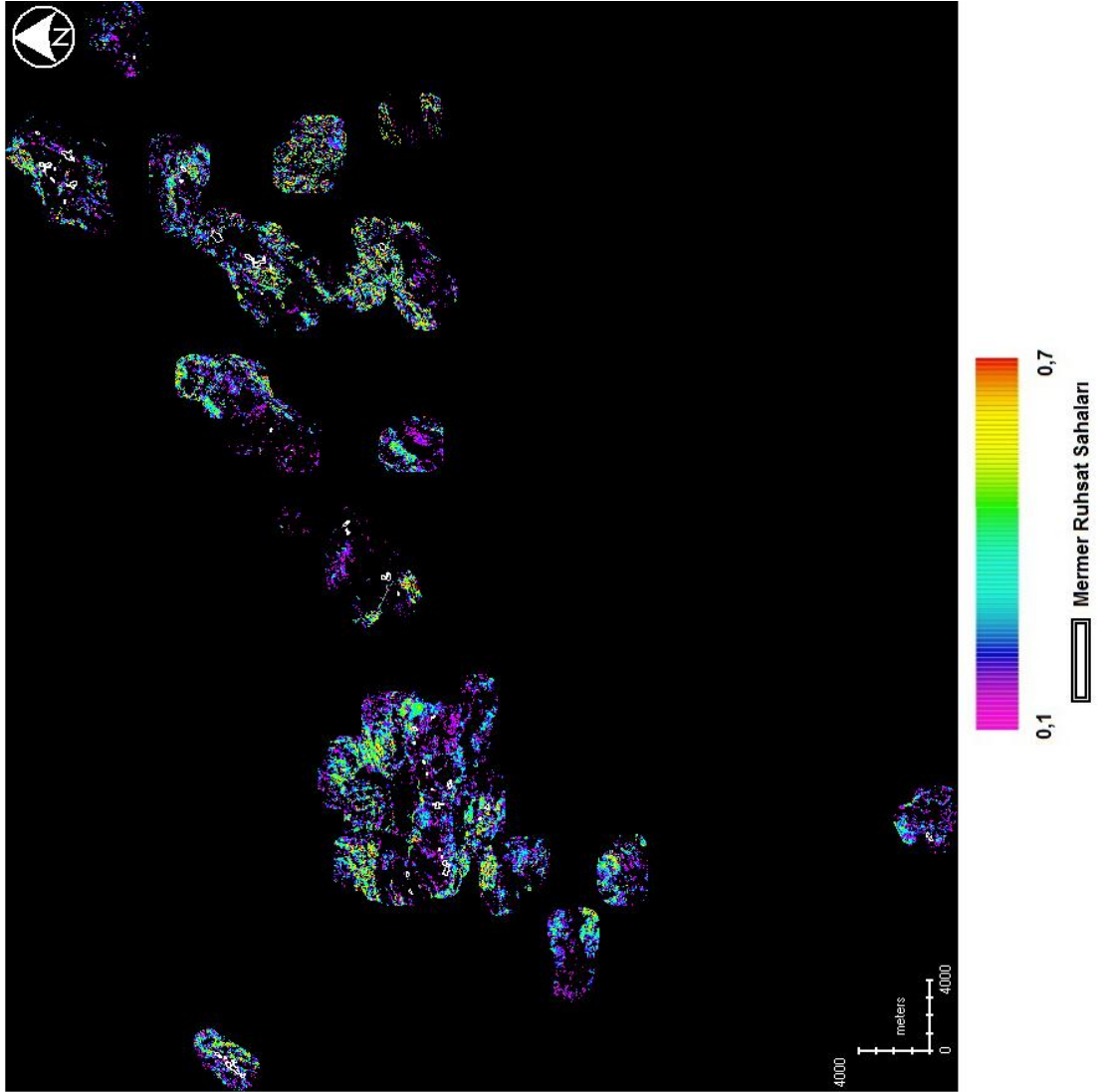
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2009 Yılı, Görüntü)  
(Devam)**

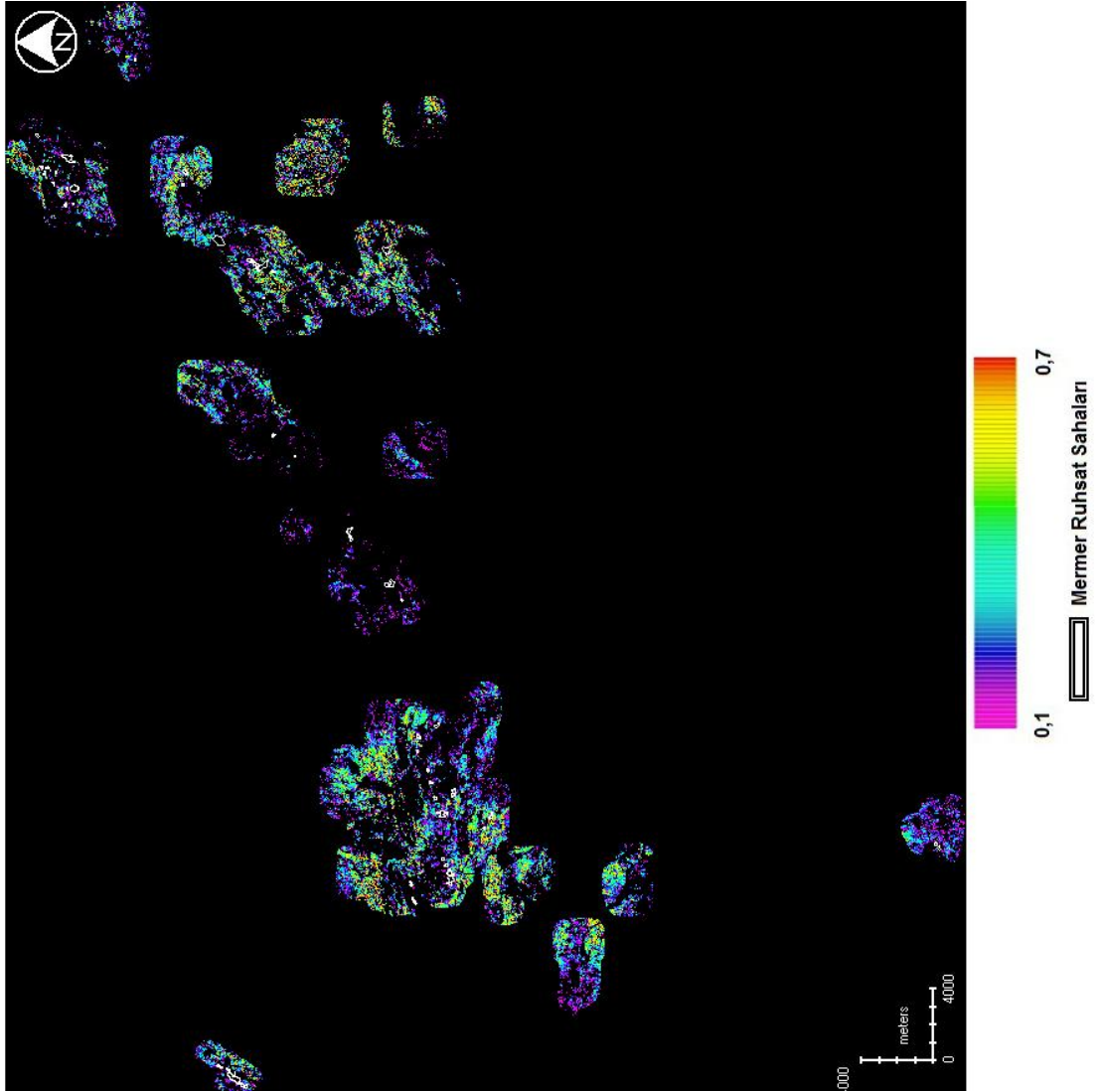


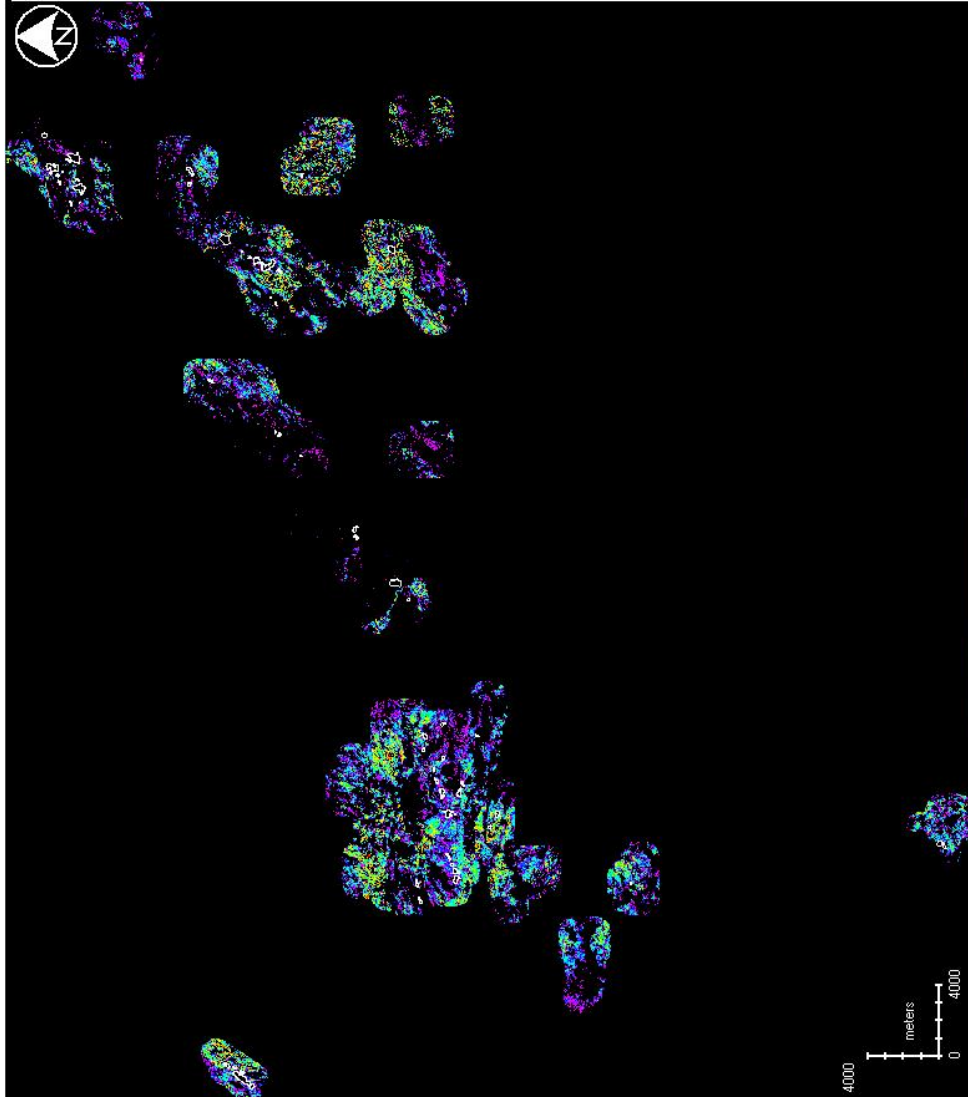


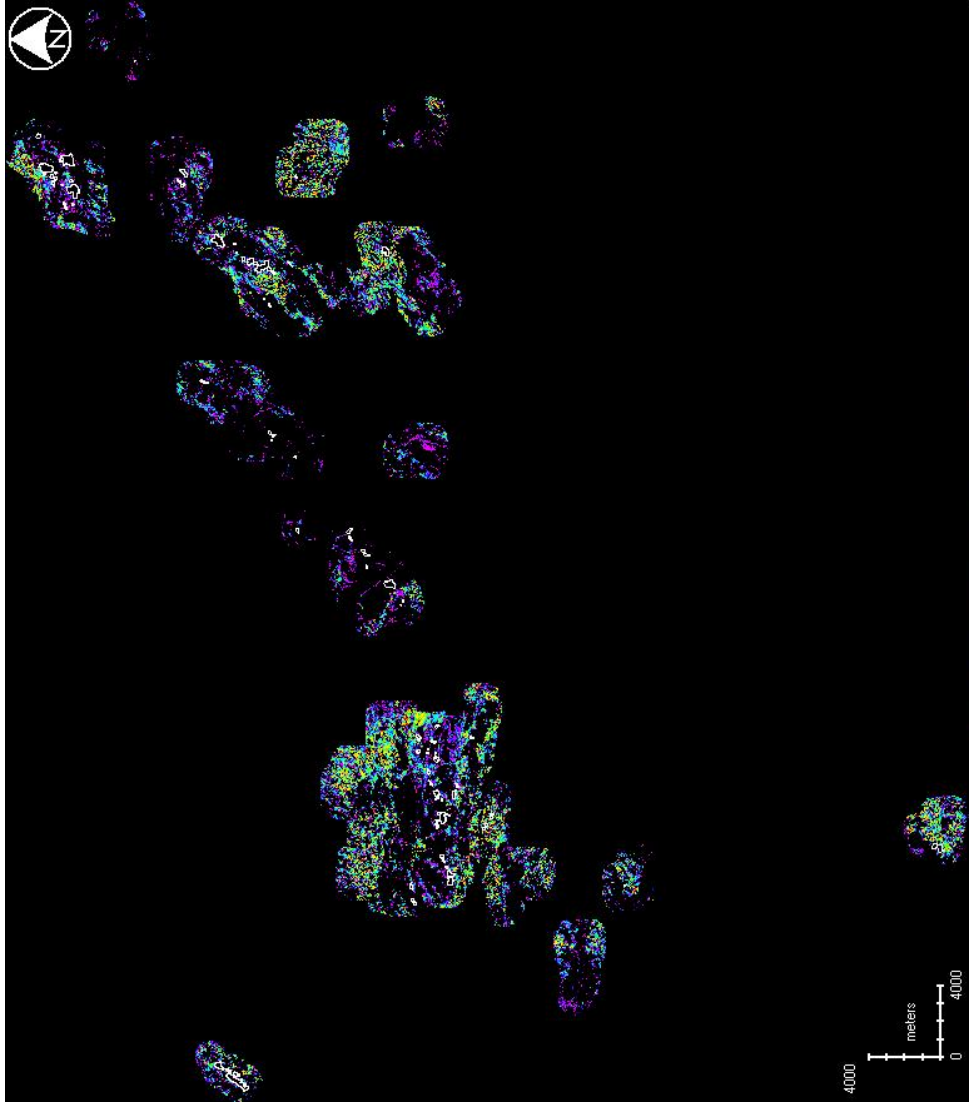
**EK-2: Görüntü İşleme Analizleri: NDVI Sonuçları (2009 Yılı, Histogram)  
(Devam)**

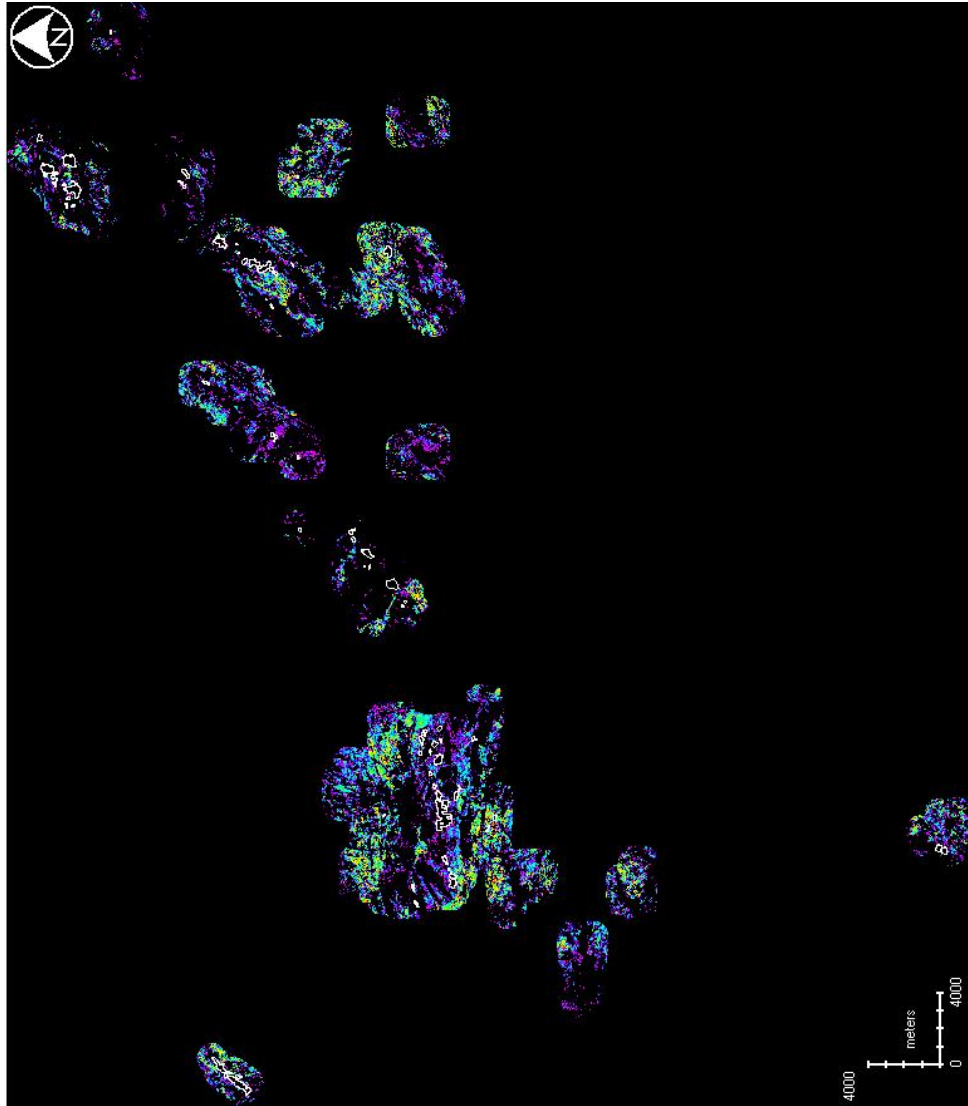


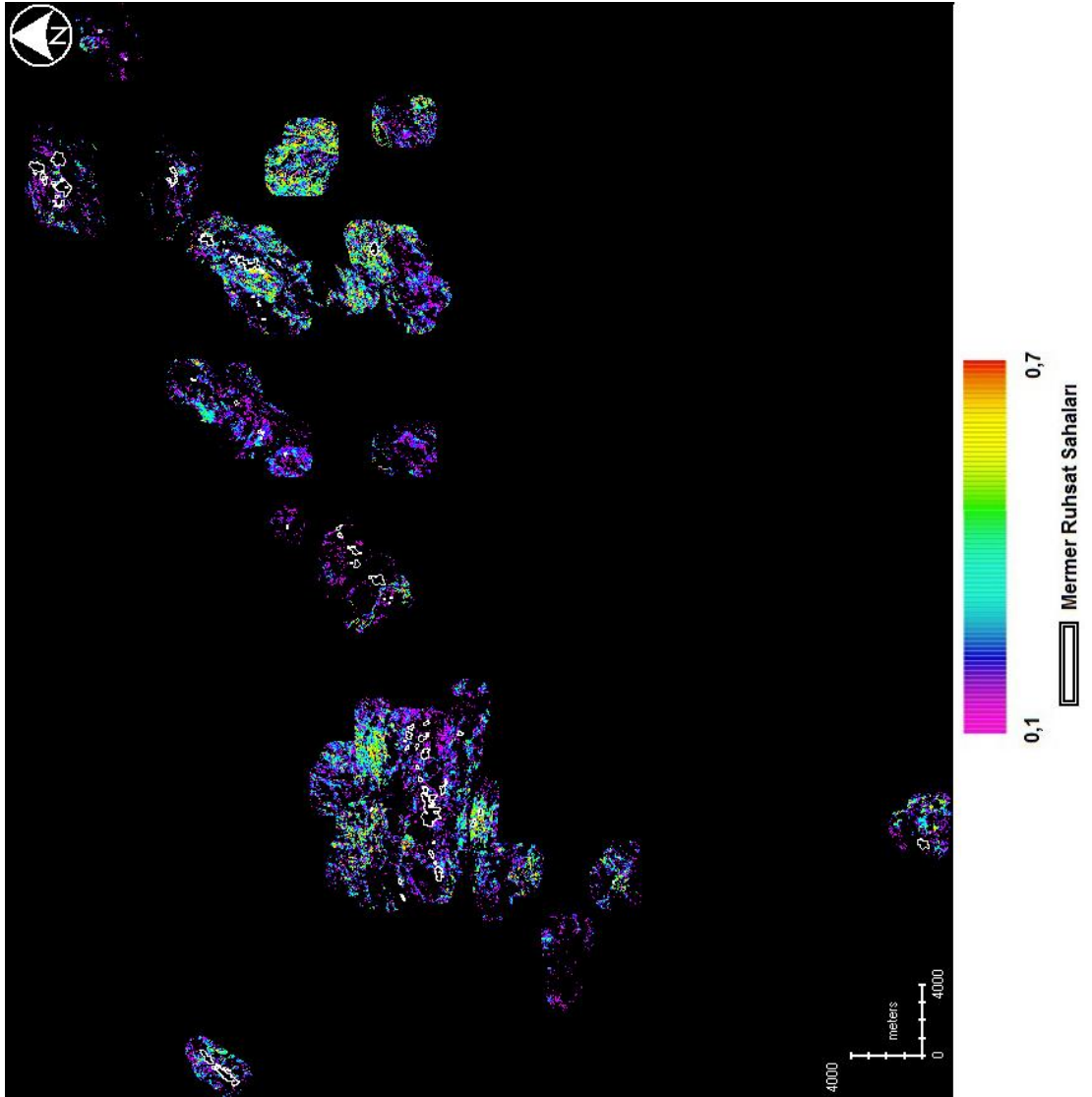
**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (1997 Yılı)**

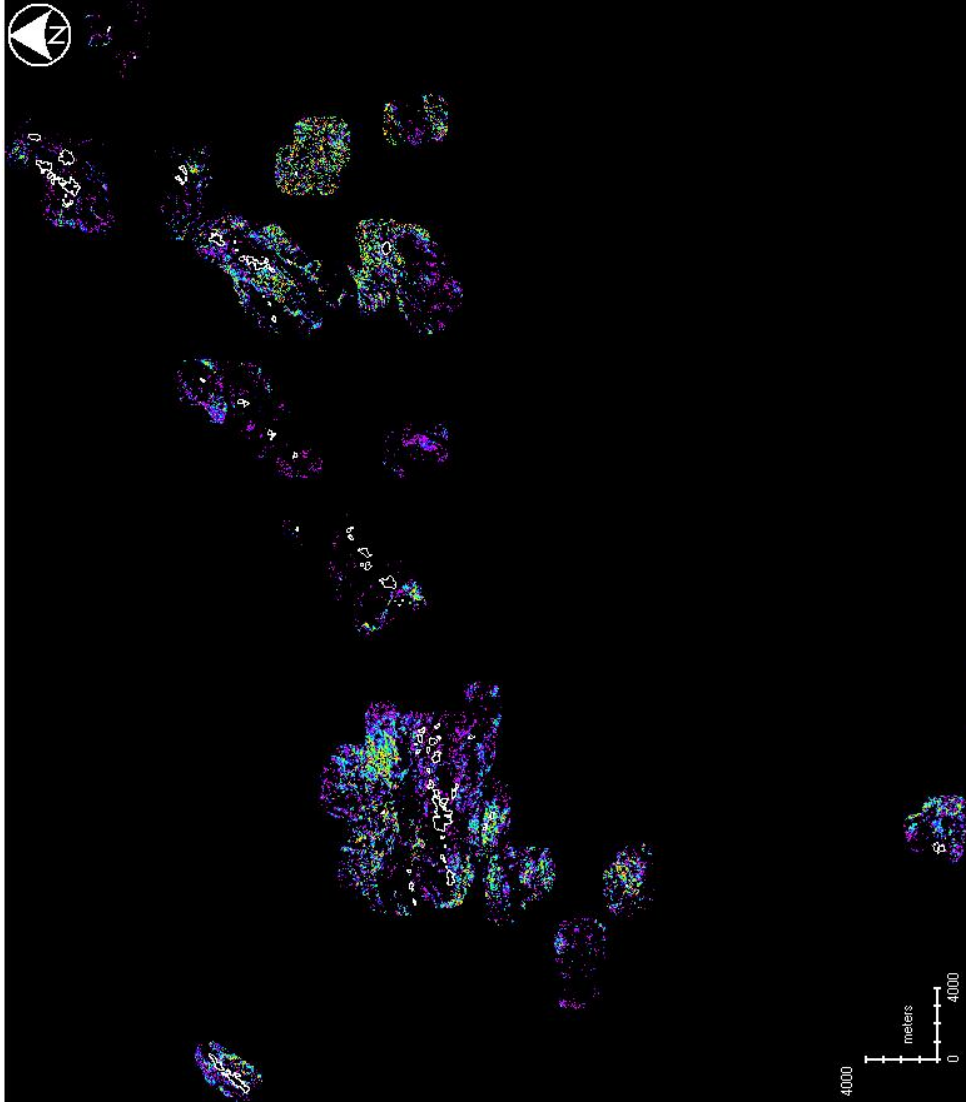
**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (1998 Yılı) (Devam)**

**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (2001 Yılı) (Devam)**

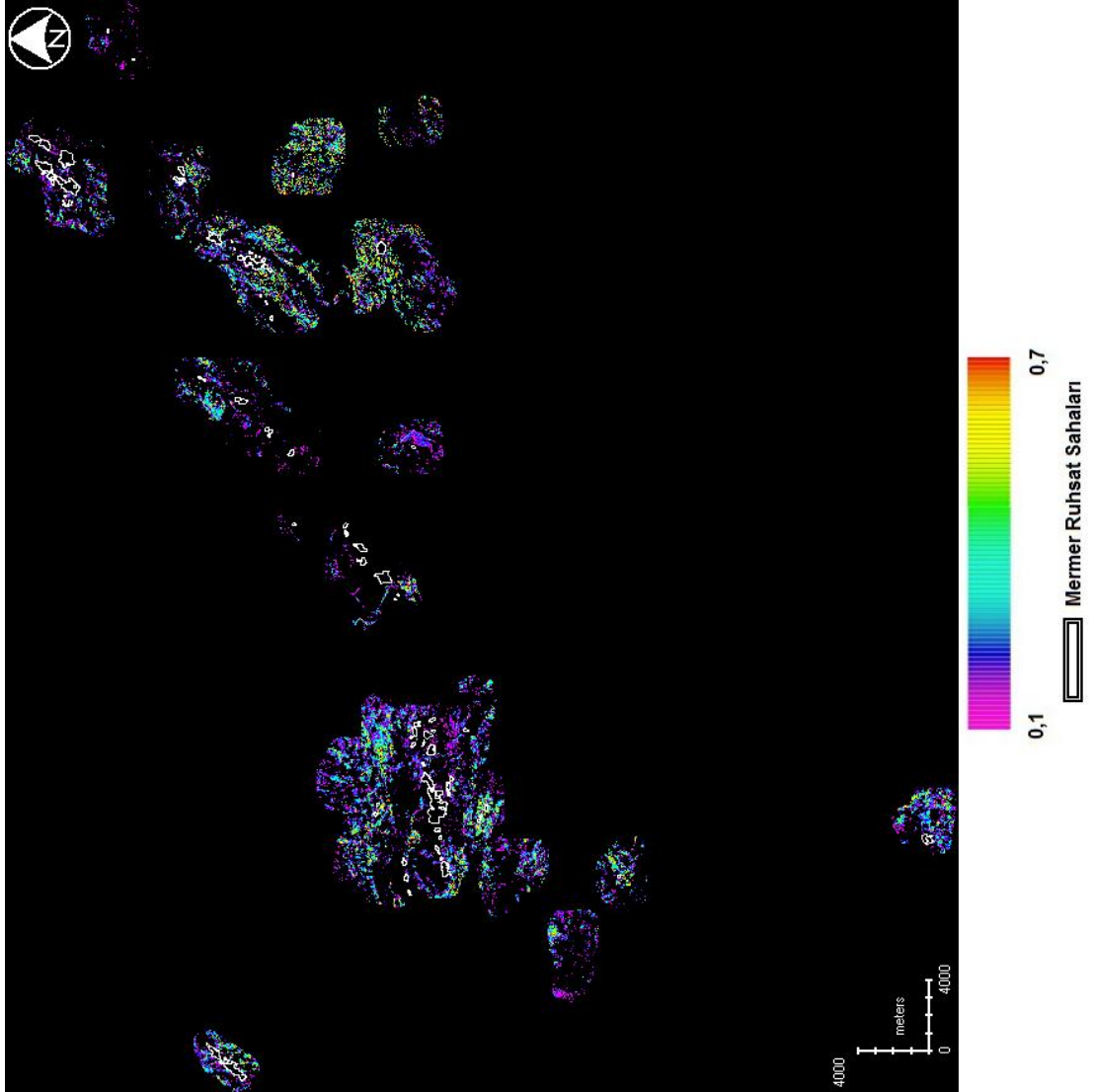
**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (2003 Yılı) (Devam)**

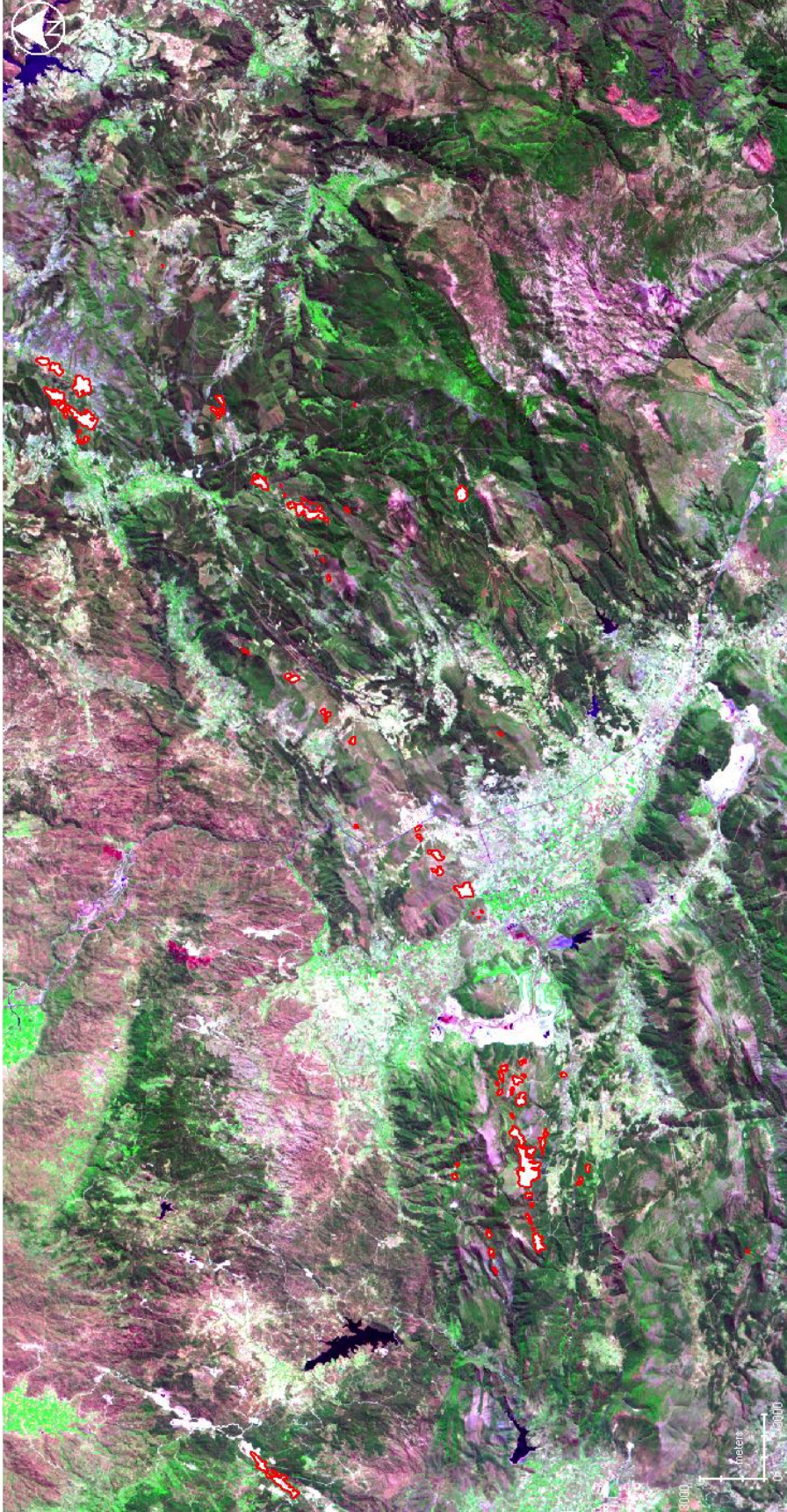
**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (2005 Yılı) (Devam)**

**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (2007 Yılı) (Devam)**

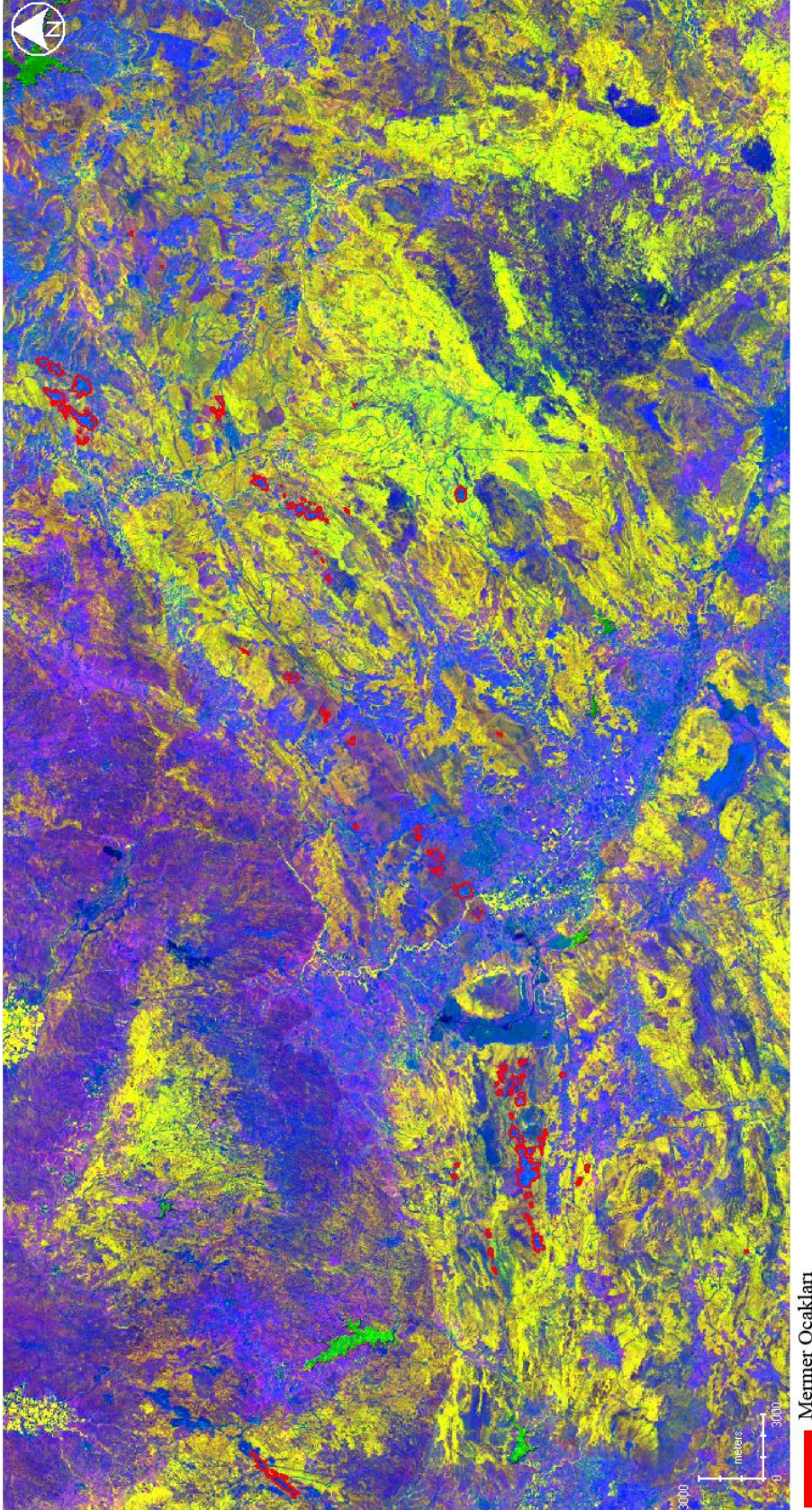
**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (2008 Yılı) (Devam)**



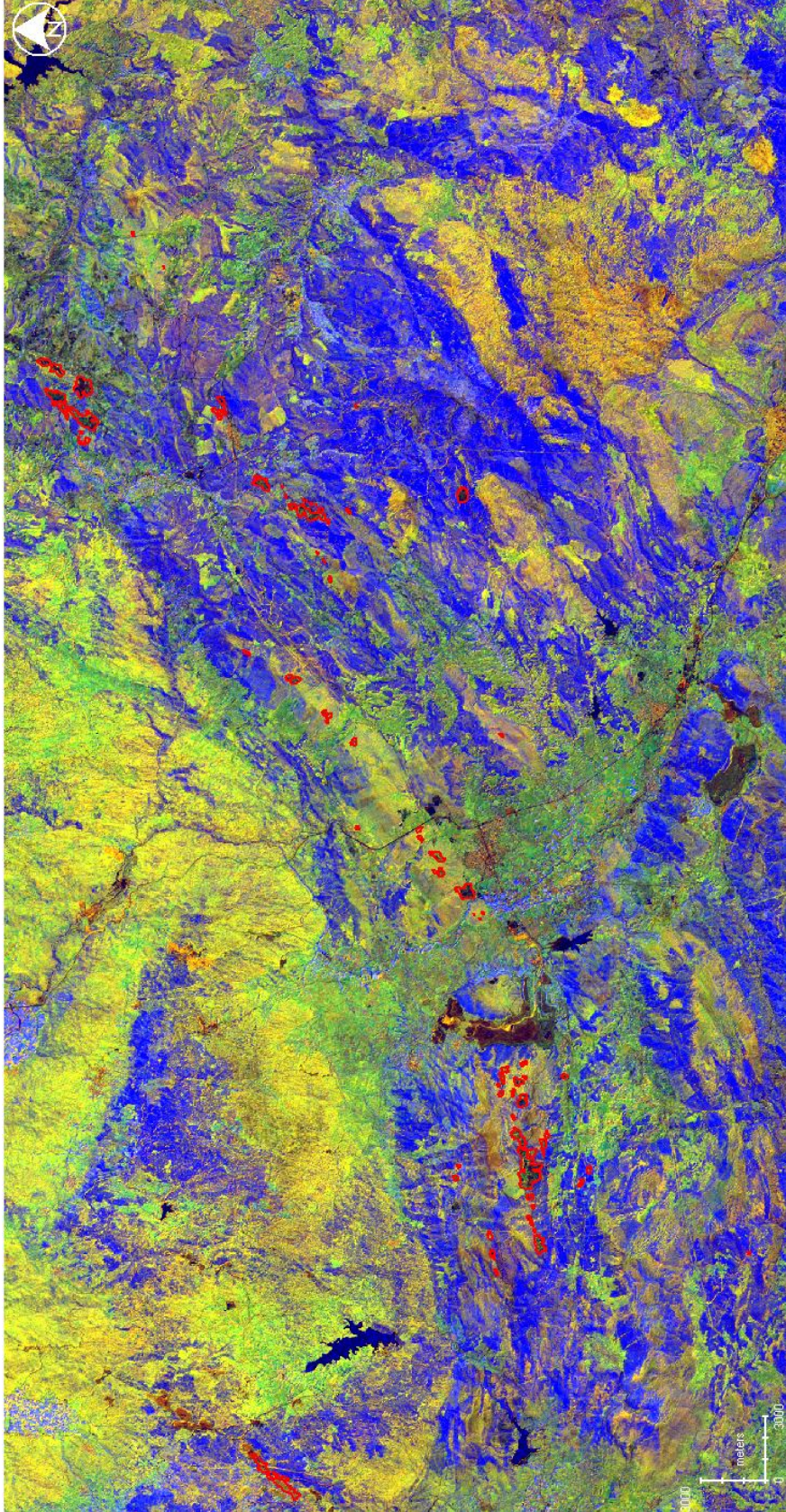
**EK-3: Bitki Örtüsü Üzerine Diğer Çalışmalar (2009 Yılı) (Devam)**

**EK-4: Bant Kombinasyonu ve Oranlamaları: RGB 742**

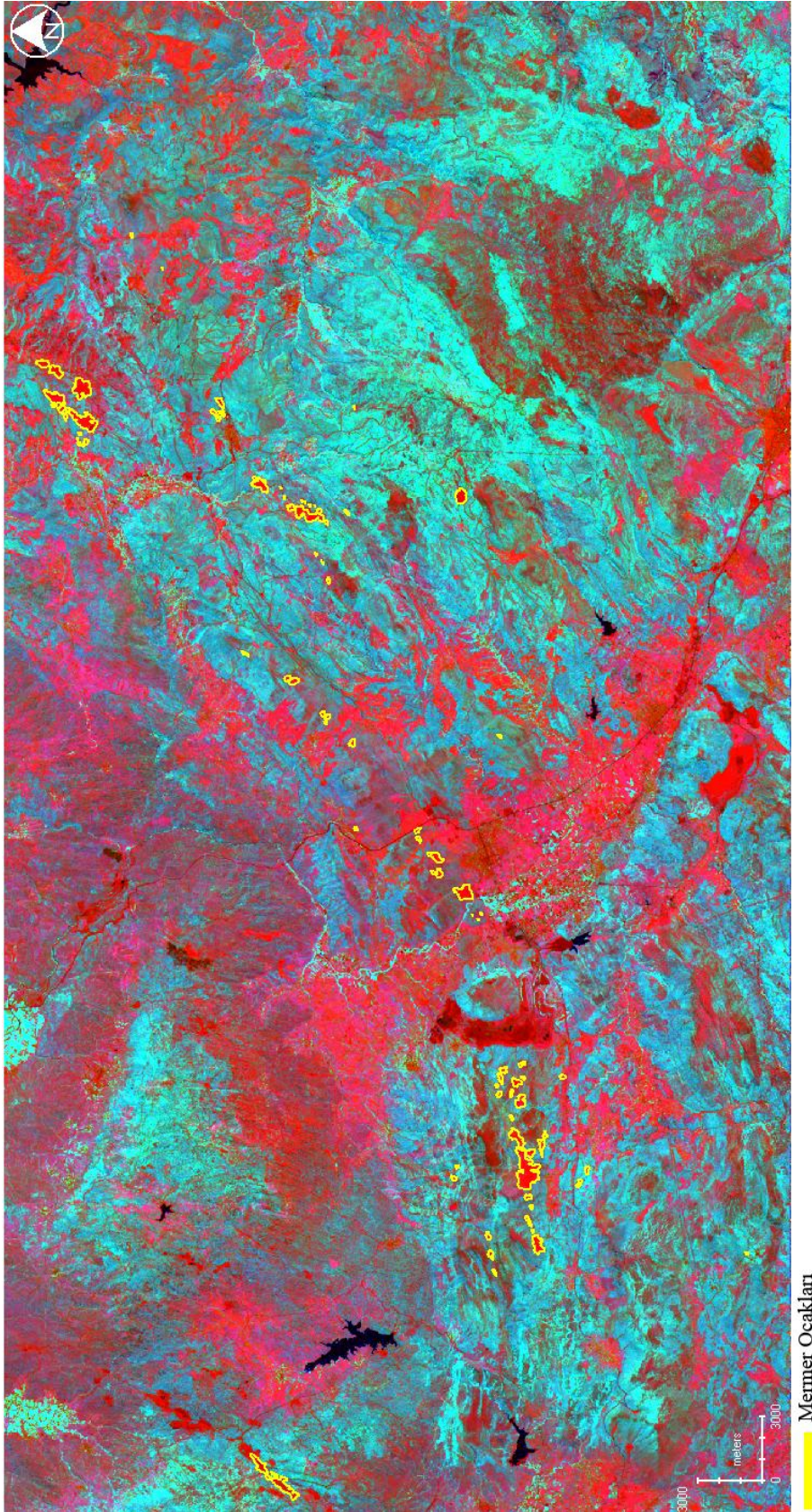
**EK-4: Bant Kombinasyonu ve Oranlamaları: Abrams ve diğ. (1983) 5/7, 4/5, 3/1 (Devam)**



**EK-4: Bant Kombinasyonu ve Oranlamaları: Sabins (1997) 7/3, 5/2, 4/7  
(Devam)**



**EK-4: Bant Kombinasyonu ve Oranlamaları: Schmidt (1991) 3/1, 4/3, 5/7  
(Devam)**



**EK-4: Bant Kombinasyonu ve Oranlamaları: Sultan ve diğer. (1986) 5/7, 5/2, 3/4x5/4 (Devam)**

