

**ALÜMİNYUM YATAKLARININ UZAKTAN  
ALGILAMA (REMOTE SENSING) TEKNİĞİ İLE  
HARİTALANMASI: YÖNTEMİN AKSEKİ-  
SEYDİŞEHİR BOKSİT YATAKLARINA  
UYGULANMASI**

**TUĞBA SARAYKÖYLÜ**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
HAZİRAN - 2010**

**ALÜMİNYUM YATAKLARININ UZAKTAN  
ALGILAMA (REMOTE SENSING) TEKNİĞİ İLE  
HARİTALANMASI: YÖNTEMİN AKSEKİ-  
SEYDİŞEHİR BOKSİT YATAKLARINA  
UYGULANMASI**

**TUĞBA SARAYKÖYLÜ**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman  
Prof. Dr. Fevzi ÖNER**

**MERSİN  
HAZİRAN - 2010**

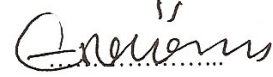
Tuğba SARAYKÖYLÜ tarafından, Prof. Dr. Fevzi ÖNER danışmanlığında hazırlanan “Alüminyum Yataklarının Uzaktan Algılama (Remote Sensing) Tekniği İle Haritalanması: Yöntemin Akseki-Seydişehir Boksit Yataklarına Uygulanması” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fevzi ÖNER

Prof. Dr. Suha BERBEROĞLU

Doç. Dr. Erol ÖZER

İmza



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13./07./2010 tarih ve 2010.15./.../352 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURHAN  
Enstitü Müdürü



*Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.*

## **ALÜMİNYUM YATAKLARININ UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSING) TEKNIĞI İLE HARİTALANMASI: YÖNTEMİN AKSEKİ-SEYDİŞEHİR BOKSİT YATAKLARINA UYGULANMASI**

**Tuğba SARAYKÖYLÜ**

### **ÖZ**

Bu çalışma kapsamında Seydişehir-Akseki bölgesindeki karstik tipi boksit yatakları uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda ASTER uydu görüntüsünün mineral araştırmalarına yönelik VNIR (Görünür Yakın Kızılötesi Radyometre) ve SWIR (Kısa Dalga Kızılötesi Radyometre) spektral bölgelerindeki ilk 9 bandı kullanılmıştır. Öncelikle geometrik düzeltmesi yapılan görüntüleri eğitilmiş sınıflandırma ve band oranlamaları yöntemleri uygulanmıştır. Eğitilmiş sınıflandırma için Maksimum Olabilirlik (MO) yöntemi ve Linear Diskriminant Analizi (LDA) kullanılmış ve LDA metoduyla elde edilen görüntünün bölgedeki boksitli alanlarla daha iyi örtüştüğü görülmüştür. Diğer bir yöntemde ise boksit bileşimindeki minerallere göre bantlar seçilmiş ve bunların oranlamalarıyla görüntüler elde edilmiştir. Oran ve LDA görüntülerinde eşik değeri tespit edilerek, incelenen her bir mineral için olası sonuç görüntüleri elde edilmiştir. Bu uygulamalar sonucu elde edilen görüntüler birbirleriyle karşılaştırılarak, çalışma alanı ve yakın çevresinde bulunabilecek potansiyel boksit alan görüntüsü elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen boksitli alanların görüntüsü ile bölgede daha önce arazi çalışmaları ile yapılan maden (boksit) haritalarının % 70 oranında örtüştüğü tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan algılama, ASTER, LDA, boksit, Akseki-Seydişehir.

**Danışman:** Prof. Dr. Fevzi ÖNER, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

## **MAPPING OF ALUMINUM OF OCCURENCES WITH REMOTE SENSING METHOD: APPLICATION OF THE METHODS TO AKSEKİ-SEYDİŞEHİR BAUXITE DEPOSITS**

**Tuğba SARAYKÖYLÜ**

### **ABSTRACT**

In the frame of this study, the karst type bauxite deposits at Seydişehir-Akseki have been tried to determined by using remote sensing methods. First 9 bands of VNIR (Visible Near Infrared) and SWIR (Short Wavelength Infrared) spectral ranges which are ASTER satellite image's ranges used in mineral research, are used in the study. First of all geometric correction of the images has been performed. After that, learning classification and band proportioning techniques has been applied. Maximum Likelihood and Linear Discriminant Analysis methods are used for the learning classification, and it is seen that images comes from LDA methods has a better match up with the bauxite fields in the area. In the other method, bands have been selected with regard to minerals in the bauxite composition and images are produced using the proportioning of this bands. Possible result images are acquired for every investigated mineral by obtaining threshold value in the Proportion and LDA images. Potential bauxite field image of working area and its close proximity has been obtained by superposing the images resulting from these methods. In this study, it is determined that image produced by using the remote sensing methods corresponds to previously obtained mineral (bauxite) maps of the area which are prepared by field investigations, with 70 % percent correction.

**Key words:** Remote Sensing, ASTER, LDA, bauxite, Akseki-Seydişehir.

**Advisor:** Prof. Dr. Fevzi ÖNER, Engineering of Geology, University of Mersin.

## **TEŞEKKÜR**

Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışma ‘Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Fonu (BAP)’ tarafından desteklenmiştir.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen, tezin ortaya çıkmasında ve yürütülmesinde değerli fikir ve önerileriyle beni yönlendiren, tecrübe ve bilgisini benimle paylaşan, arazi çalışmalarında beni yalnız bırakmayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fevzi ÖNER’e çok teşekkür ediyorum.

Arazi çalışmalarım sırasında bana eşlik eden ve değerli bilgi, tecrübelerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen Sayın Jeoloji Mühendisi Ertuğrul TEPEBAŞI’na ve ETİ Alüminyum A.Ş.’de çalışan diğer mühendis arkadaşlara teşekkür ediyorum.

Tez çalışmalarımın büyük bir kısmını oluşturan uzaktan algılama çalışmalarım sırasında çok değerli bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, uzaktan algılama yazılımlarını öğrenmemde yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Suha BERBEROĞLU ve Sayın Arş. Gör. Onur ŞATIR’a teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca uzaktan algılama çalışmalarımı yürüttüğüm Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Laboratuvarı çalışanlarına yakın ilgileri, yardımları ve bilgi paylaşımlarından dolayı teşekkür ediyorum.

Tez yazım çalışmalarım sırasındaki yardımları için Sayın Hocam Arş. Gör. Dr. Hayati KOÇ’a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Benden bugüne kadar maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, hayatımın her aşamasında yanımda olan çok değerli aileme sevgi, minnet ve şükran borçluyum.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	1
1.2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMI.....	2
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b> .....	<b>5</b>
2.1. UZAKTAN ALGILAMA İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.2. BÖLGEDE BULUNAN BOKSİT CEVHERLEŞMELERİ İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	9
2.3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE STRATİGRAFİSİ .....	12
2.3.1. Giriş .....	12
2.3.2. Otokton Birimler .....	12
2.3.2.1. Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen).....	14
2.3.2.2. Seydişehir Formasyonu (Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen) .....	14
2.3.2.3. Pınarbaşı Formasyonu (Anisiyen) .....	16
2.3.2.4. Taraşçı Kireçtaşı (Ladiniyen) .....	16
2.3.2.5. Sarpyardere Formasyonu (Karniyen) .....	17
2.3.2.6. İçerikışla Formasyonu (Dogger) .....	17
2.3.2.7. Katrangediği Formasyonu (Senomaniyen) .....	18
2.3.2.8. Doğankuzu Formasyonu (Senoniyen-Maastrichtiyen) .....	19
2.3.2.9. Yarpuz Formasyonu (Üst Paleosen-Alt Eosen) .....	22
2.3.2.10. Ağaçtepesi Formasyonu (Orta-Üst Eosen) .....	22
2.3.3. Allohton Birimler .....	23
2.3.4. Kuvaterner Birimler .....	24
2.3.5. Jeolojik Evrim .....	25
2.4. BOKSİT.....	26
2.4.1. Giriş .....	26
2.4.2. Boksitlerin Jenezi .....	28

2.4.3. Türkiye’deki Boksit Yatakları .....	31
2.4.4. Seydişehir–Akseki Bölgesi Boksit Yataklarının Oluşum ve Özellikleri .....	32
2.4.4.1. Mortaş ve Doğanlı boksit yatakları.....	33
2.4.4.2. Değirmenlik boksit yatağı.....	37
2.4.4.3. Morçukur boksit yatağı .....	37
2.4.4.4. Kızıllalan boksit yatağı .....	40
<b>2.5. UZAKTAN ALGILAMA .....</b>	<b>40</b>
2.5.1. Uzaktan Algılamanın Tanımı .....	40
2.5.2. Uzaktan Algılamanın Tarihsel Gelişimi.....	43
2.5.3. Uzaktan Algılama Sisteminin Temel Bileşenleri .....	44
2.5.4. Elektromanyetik Enerji ve Elektromanyetik Spektrum.....	47
2.5.5. Dijital Görüntü ve Özellikleri .....	49
2.5.6. Dijital Görüntü İşleme Teknikleri .....	53
2.5.6.1. Ön işlemler (preprocessing).....	54
2.5.6.2. Görüntü zenginleştirme (Image Enhancement) .....	55
2.5.6.3. Görüntü dönüşümleri.....	56
2.5.6.4. Görüntü sınıflama ve analizi.....	57
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>59</b>
3.1. MATERYAL .....	59
3.1.1. ASTER Uydu Verisi ve Özellikleri.....	60
3.2. YÖNTEM .....	63
3.2.1. Ön Çalışmalar .....	63
3.2.2. Saha Çalışmaları .....	63
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları .....	63
3.2.3.1. Görüntü rektifikasyonu.....	65
3.2.3.2. Maksimum olasılık (Maximum Likelihood) yöntemi .....	66
3.2.3.3. Linear diskriminant analizi (Doğrusal Ayıraç Analizi).....	67
3.2.3.4. Band oranlama .....	68
3.2.3.5. Temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis- PCA) .....	69
3.2.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı.....	70
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>71</b>
4.1. EĞİTİMLİ SINIFLAMA GÖRÜNTÜLERİ .....	71
4.1.1. ASTER Uydu Görüntüsünü MO Yöntemiyle Sınıflandırma.....	72
4.1.2. ASTER Uydu Görüntüsünü LDA Yöntemiyle Sınıflandırma.....	73
4.2. BAND ORAN VE PCA GÖRÜNTÜLERİ .....	75

4.3. EŞİK DEĞER BELİRLEMESİ VE SONUÇ GÖRÜNTÜLERİ .....	83
4.4. SONUÇ GÖRÜNTÜLERİ .....	88
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>91</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>93</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>101</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2.1. Boksitlerin bileşiminde rastlanılan alüminyum içerikli minerallerin bazı önemli özellikleri.....	27
Çizelge 3.1. ASTER uydu görüntüsünün özellikleri.....	62
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan ASTER band oranlamaları ve kombinasyonları .....	78

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Çalışma alanının ve yakın çevresinin uydu görüntüsü .....	3
Şekil 2.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş tektono-stratigrafik dikme kesiti .....	13
Şekil 2.2. Seydişehir-Akseki ve yakın civarının basitleştirilmiş jeoloji haritası ve boksit yataklarının yeri.....	15
Şekil 2.3. Katrangediği formasyonunu (Senomaniyen) oluşturan kireçtaşlarından bir görüntü .....	19
Şekil 2.4. Doğankuzu formasyonu (Senoniyen-Maastrichtiyen) ile altında yer alan boksitle olan dokanağının arazi görünümü (Mortaş boksit yatağı) .....	20
Şekil 2.5. Breşik boksit seviyelerine ait arazi resimleri (Morçukur boksit yatağı) .....	21
Şekil 2.6. Boksit yataklarında gözlenen önemli yataklanma şekilleri ve tipik örnekleri .....	30
Şekil 2.7. Türkiye boksit yataklarının dağılımı .....	31
Şekil 2.8. Mortaş boksit yatağından genel bir görüntü .....	34
Şekil 2.9. Mortaş ve Doğankuzu boksit yatakları ve yakın çevresinin jeoloji haritası .....	35
Şekil 2.10. Doğankuzu boksit yatağından genel bir görünümü .....	36
Şekil 2.11. Değirmenlik boksit yatağından jeoloji haritası .....	38
Şekil 2.12. Morçukur boksit yatağından genel bir görünüm .....	39
Şekil 2.13. Morçukur yatağında gözlenen boksit yapıları a) oolitik-pizolitik, b) tabakalı boksit .....	39
Şekil 2.14. Pasif algılayıcı .....	42
Şekil 2.15. Aktif algılayıcı .....	42
Şekil 2.16. Bir uzaktan algılama sistemi .....	45
Şekil 2.17. Elektromanyetik enerji ile yeryüzü özellikleri arasındaki enerji etkileşimi .....	46
Şekil 2.18. Elektromanyetik spektrum .....	48
Şekil 2.19. Dijital görüntünün piksel değerleri .....	50
Şekil 2.20. Solda 1m çözünürlükteki İkonos görüntüsü (Trabzon), Sağda 20m çözünürlükteki Spot-5 görüntüsü (Lübnan) .....	51
Şekil 2.21. Farklı radyometrik çözünürlüklerdeki görüntüler .....	52
Şekil 2.22. Zamansal çözünürlük a) depremden önceki görüntü, b) depremden sonraki görüntü .....	53
Şekil 2.23. a)Orijinal Landsat görüntüsü, b) geometrik olarak düzeltilmiş Landsat görüntüsü .....	55
Şekil 2.24. Eğitimsiz sınıflandırma .....	58
Şekil 2.25. Eğitilmiş sınıflandırma .....	58
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait 19.10.2004 tarihli ASTER uydu görüntüsü .....	59
Şekil 3.2. Terra uydusu .....	60
Şekil 3.3. Çalışma alanına ait boksit madeni haritası .....	64
Şekil 3.4. Uzaktan algılamada uygulanan yöntemler .....	66
Şekil 3.5. Temel bileşenler analizi .....	69

Şekil 4.1. Maximum olabilirlik (MO) yöntemi kullanılarak oluşturulmuş eğitilmiş sınıflama görüntüsü .....	72
Şekil 4.2. Maksimum olabilirlik görüntüsünden (Şekil 4.1) çalışma alanını kapsayan bölüm büyütülmüş olarak verilmiştir .....	73
Şekil 4.3. Linear diskriminant analizi (LDA) yöntemi kullanılarak oluşturulmuş eğitilmiş sınıflama görüntüsü .....	74
Şekil 4.4. LDA sınıflama görüntüsünden çalışma alanını kapsayan bir kesit .....	75
Şekil 4.5. Hematit mineralinin spektral grafiği .....	76
Şekil 4.6. Kaolinit mineralinin spektral grafiği .....	77
Şekil 4.7. Diyasporit mineralinin spektral grafiği .....	77
Şekil 4.8. Gibsit mineralinin spektral grafiği .....	78
Şekil 4.9. Fe <sup>+3</sup> içeren mineraller (Hematit-Götüt vb.) için oluşturulmuş 2/1 band oranlanmasından elde edilen görüntü .....	79
Şekil 4.10. Kaolinit minerali için oluşturulmuş (4+6)/5 band oranlamalarıyla elde edilen görüntü .....	80
Şekil 4.11. Kaolinit minerali için oluşturulmuş 7/5 band oran görüntüsü .....	80
Şekil 4.12. Kil mineralleri için oluşturulmuş (5*7)/(6*6) band oran görüntüsü .....	81
Şekil 4.13. Karbonat içeren alanların tespiti için oluşturulmuş (7+9)/8 band oran görüntüsü .....	81
Şekil 4.14. Dolomit içeriği olan alanların tespiti için oluşturulmuş (6+8)/7 band oran görüntüsü .....	82
Şekil 4.15. Al-OH minerallerini (kil-boksit) içeren alanların tespiti için oluşturulmuş PCA band kombinasyonu görüntüsü .....	83
Şekil 4.16. Al-OH mineralleri için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	84
Şekil 4.17. Demir mineralleri (hematit) için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	84
Şekil 4.18. Kaolinit minerali için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	85
Şekil 4.19. Kaolinit minerali için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	85
Şekil 4.20. Kaolinit minerali için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	86
Şekil 4.21. Kalsit alanları için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	86
Şekil 4.22. Dolomit alanları için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	87
Şekil 4.23. LDA sonucuna göre boksit alanları için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü .....	87
Şekil 4.24. Boksit alanlarını gösteren sonuç görüntüsü (a-doğankuzu, b-mortaş boksit yatağı) .....	88
Şekil 4.25. Abartılmış sonuç görüntüsü (a-doğankuzu, b-mortaş boksit yatağı) .....	89

## **SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ**

**ASTER:** Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

**DN** : Digital Number

**EOS** : Earth Observing Sistem

**GCP** : Ground Control Points

**GPS** : Global Positioning System

**NTE** : Nadir Toprak Elementleri

**PC** : Principle Component

**PCA** : Principle Component Analıysis

**RGB** : Red-Green-Blue

**SWIR** : Short Wave InfraRed

**TIR** : Thermal InfraRed

**UA** : Uzaktan Algılama

**USGS** : US Geological Survey

**VNIR** : Visible and Near InfraRed

# 1. GİRİŞ

## 1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Ülkemizdeki boksit yataklarının büyük bir kısmı topografik olarak engebeli bir coğrafyaya sahip olan Toros Dağ Kuşağı içerisinde yer almaktadır. Bilinen bu cevherleşmelerle birlikte yeni yatakların bulunmasına yönelik çalışmalarda klasik yöntemlerin kullanılması zaman ve kaynak açısından önemli zorluklar içerirler.

Günümüzde gelişen uzay teknolojisine bağlı olarak yeryüzünde bulunan jeolojik kaynaklar (madenler, mineraller vb.) ile ilgili bilgiler uydu görüntüleri kullanılarak daha kolay bir şekilde elde edilmektedir. Uzaktan algılama (UA) teknikleri olarak tanımlanan bu tür uygulamalar, klasik yöntemlere göre daha ekonomik bir şekilde ve daha kısa sürelerde geniş ve topografik olarak ulaşılması güç olan arazilerin maden yatakları bakımından taranmasına olanak sağlamaktadırlar. Bu yöntemi en basit anlamıyla fiziksel bir temas olmaksızın cisimden bilgi elde edilmesi olarak tanımlanır [Esat, 2009]. Hızla gelişmekte olan bilim ve teknolojinin jeoloji alanına getirdiği en önemli yeniliklerden biri olan uzaktan algılama kavramı son yıllarda yapılan jeolojik çalışmalarda oldukça faydalı bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır. Jeolojik çalışmalar için oldukça önemli olan yeryüzü hakkındaki bilgilerin çoğu bu yöntem ile elde edilebilmektedir. Uzaktan algılama yöntemi son yıllarda jeolojik harita alımı ve kayaç alterasyon şekillerine yönelik çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama tekniğinin jeolojik çalışmalarda diğer klasik yer çalışmalarına göre sağladığı önemli bazı avantajları vardır. Bunlardan en önemlileri daha kısa sürede veri elde etmeyi sağlaması ve daha ekonomik olmasıdır. Uydu görüntülerin büyük alanları kapsaması, daha geniş alanlarda çalışma imkânı sunar. Bu yöntemin diğer bir avantajı görüntüler ve bunlardan elde edilen verilerin sayısal özellikte, bilgisayarda kaydedilebilir, defalarca kullanılabilir ve taşınabilir olmasıdır. Tüm bunların yanında uzaktan algılama yöntemi ulaşılması zor arazi koşulları olan bölgelerde bile çalışma imkânı sunmaktadır.

Ülkemizdeki önemli boksit yatakları Akdeniz Bölgesinde ve doğu-batı uzanımlı (batıda Milas-Muğla'dan başlayarak doğuda İslahiye-Gaziantep'e kadar uzanan) bir kuşak içinde yer almaktadır. Akseki-Seydişehir bölgesi boksit yatakları Türkiye'de alüminyum üretimi yapılan en önemli ve en büyük sahaların başında gelmektedir. Bu nedenle bölgedeki cevherleşmeler ve bölgenin jeolojisi önceki yıllarda yapılan çok sayıdaki çalışmalarda klasik yöntemlerle detaylı bir şekilde incelenmişlerdir. Ancak bu tür yatakların ortaya çıkarılmasında, uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilmiş herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olan bu çalışmanın amacı, bölgede bulunan boksit cevherleşmelerini uydu teknolojisi ve uzaktan algılama tekniği kullanılarak uydu görüntüleri üzerinde tespit edilip edilmeyeceğinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu doğrultuda, çalışma alanına ait Terra - ASTER uydu görüntüsü üzerinde çeşitli görüntü işleme teknikleri uygulanarak elde edilen veriler, daha önce çalışma alanında yapılan arazi çalışmaları, bölgeye ait jeoloji ve maden haritaları ile karşılaştırılarak yorumlanmış, potansiyel boksit alanları haritalandırılmaya çalışılmıştır.

## 1.2. ÇALIŞMA ALANININ TANIMI

Çalışma alanı Orta Toroslar'ın batısında, Seydişehir'in (Konya) güneyi ve Akseki ilçesi (Antalya) sınırları içinde yer almaktadır. 1/25.000 ölçekli Konya –N 27 b1, b2, b3, b4, c1, c2, d1, d2 paftalarının belirli bölgelerini kapsamaktadır. Uzaktan algılama çalışmaları bu bölgeyi kapsayacak şekilde bir ASTER uydu görüntüsünün kapladığı alan (60km x 60km) üzerinde yapılmıştır (Şekil 1. 1).

Çalışma alanının önemli yerleşim birimleri Konya'nın Seydişehir, Antalya'nın Akseki ilçeleridir. Seydişehir İlçesi Konya'ya 107 km uzaklıkta olup Küpe Dağı'nın eteğinde kurulmuştur. Seydişehir'in batı kesiminden başlayıp güneye doğru uzanan Küpe Dağı (yüksekliği 2551m'ye kadar ulaşır), güneyde Giden

Gelmez Dağı vadi ile devam eder. Kuzeybatıdan Güneydoğuya Suğla Gölü'ne kadar olan arazi ise ovalıktır. Güneyde ise Toros Dağları bulunur.



Şekil 1. 1. Çalışma Alanının ve yakın çevresinin uydu görüntüsü Google Earth'den alınarak hazırlanmıştır.

Bölge zengin boksit yatakları açısından önemli bir stratejik konuma sahiptir. Burada uzun yıllar önce kurulmuş Seydişehir Alüminyum Tesisleri bölge halkının önemli bir geçim kaynağı olmuştur. Türkiye’de birincil Alüminyum üreten tek kuruluş olan ETİ/Seydişehir Alüminyum A.Ş. 1999 yılında özelleştirme kapsamına alınmış ve 2005 yılında fabrikanın satışı Cengiz Grup’a gerçekleştirilerek özelleştirilmesi sonuçlandırılmıştır.

Akseki ilçesi, Antalya iline bağlı Batı Toroslar’ın güneyinde kurulmuş bir ilçedir. Antalya’ya 155 km uzaklıktaki ilçenin doğusunda Gündoğmuş, Bozkır, batısında Manavgat, İbrani, kuzeyinde Beyşehir, Seydişehir, güneyinde Manavgat ve Gündoğmuş ilçeleri yer alır. Yöre halkının başlıca geçim kaynakları; ormancılık, ticaret ve hayvancılık olup bağcılık ve badem yetiştiriciliğidir.

Bölgede genel olarak karasal iklim koşullarından Akdeniz iklimine geçişin etkin olduğu görülmektedir. Kışlar soğuk yazlar ise kurak ve sıcaktır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. UZAKTAN ALGILAMA İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Uzaktan Algılama son yıllarda hızla gelişen ve birçok alanda uygulanan bir yöntemdir. Uzaktan Algılama ile hızlı, ayrıntılı, güncel ve güvenilir veri elde etmek mümkün olduğundan bu yöntemin çeşitli bilim dallarında yapılan çalışmalarda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Jeolojide Uzaktan Algılama, kayaç ve mineral tiplerinin sınıflandırılmasında, çizgisel yapıların tespitinde ve jeolojik haritalamalarda sıkça kullanılmaktadır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda uzaktan algılamanın jeolojide uygulamalarına ilişkin daha önceden yapılmış birçok çalışma bulunmuştur. Ancak Türkiye'deki boksit yataklarının uzaktan algılama yöntemi ile uydu verileri kullanılarak aranmasına ilişkin daha önce yapılmış herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak doğal kaynakların ve maden yataklarının aranmasına ilişkin yapılmış olan önemli çalışmalardan bazıları şunlardır;

[Arcasoy ve Süzen, 2003], Aster ve Landsat TM 5 görüntülerini kullanarak Tuz Gölü civarında evaporit minerallerinin tespitine yönelik çalışmada her iki görüntüye ait veri setlerini analiz edilerek jips mineralinin tespiti yapılmıştır.

[Aydal vd., 2003], yaptıkları çalışmada Kızıldağ masifindeki jeolojik birimleri Landsat 7 TM görüntüsü kullanarak yorumlamışlardır. 731 band kombinasyonu ile ofiyolitik birimleri, 751, 531 kombinasyonları, dekorelasyon germesi ve birincil bileşenler analizi ile litolojik birimleri tanımlamışlardır.

[Crosta vd., 2003], yaptıkları çalışmada Arjantin Patagonia bölgesinde bulunan epitermal yatakların alterasyon minerallerini belirlemek için ASTER görüntülerinin SWIR bantları üzerinde uzaktan algılamada temel bileşenler analizi (PCA) yöntemini kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda ASTER görüntülerinin alterasyon minerallerini belirlemeye yönelik uygun görüntüler olduğunu ve temel

bileşenler analizinin (PCA) bu çalışmada oldukça etkili sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

[Filho vd., 2003], Güney Peru'da bulunan porfiri bakır cevherleşmelerine bağlı oluşmuş hidrotermal alterasyon zonlarının tespiti için yaptıkları çalışmada infrared spektroskopi yöntemi, X-ışınları difraksiyon yöntemi ve Aster uydu görüntüsünün analizlerinden yararlanmışlardır.

[Karaca vd., 2003], Fethiye ve yakın çevresinin jeolojik haritalamasını yapmak için saha gözlemleriyle birlikte uzaktan algılama yöntemlerini kullanmışlardır. Litolojik birimleri belirginleştirmek ve ayırt edebilmek için kenar belirginleştirme filtresi, kontrast iyileştirme tekniklerinin yanı sıra band oranlaması da uygulamışlardır. Ayrıca bu çalışmada bölgenin çizgisellik analizini de yapmışlardır.

[Yetkin, 2003], çalışmasında Hasandağ-Melendiz Kompleksine ait asidik volkanik kayalarda görülen alterasyon kuşaklarını haritalamak amacıyla uzaktan algılama yöntemini kullanmıştır. Landsat 5 TM görüntüsü üzerinde renk kombinasyonu, band oranlaması, temel bileşenler analizi (PCI) gibi çeşitli uygulamalar yapmıştır. Bunun sonucu minerallerin elektromanyetik spektrumlarından yararlanarak en uygun band oranlamalarını belirlemiş ve mineralleşme haritaları oluşturmuştur.

[Ranjbara vd., 2004], İran volkanik sedimanter kuşağının güney kısımlarında yaptıkları çalışmada Landsat ETM+ verilerini kullanarak porfiri bakır yataklarındaki hidrotermal alterasyon alanlarını belirlemişlerdir. Uydu görüntüleri üzerinde Crosta Tekniğini uygulamışlar ve olumlu sonuçlar almışlardır.

[San vd., 2004], yaptıkları çalışmada Biga-Çanakkale bölgesinde alterasyon zonlarında bulunan alunite ve kaolinit minerallerini ASTER görüntüsü üzerinde band kombinasyonu ve spektral indeks yöntemleri uygulayarak tespit etmişlerdir. Bu

çalışmada 4/5, 7/6 band oranlarının alunit ve kaolinit minerallerinin tespitinde uygun olduğu görülmüştür.

[Ünsal vd., 2004], Isparta Dedegöl Dağı civarında yaptıkları çalışmada bölgenin çizgisellik ve jeolojik özelliklerinin belirlenebilmesi için Landsat TM uydu verilerini kullanmışlardır. Uydu görüntüsüne koordinat dönüşümleri, spektral yansıma özellikleri, kontrast düzeltmeleri ve mekansal filtrelemeler uygulamışlar ve bunların yanında kontrollü sınıflandırma yapmışlardır. Çizgisellik haritası oluşturmak için uydu görüntüsü üzerinde uygun band kombinasyonları seçilmiş ve çizgisellik filtreleri uygulamışlardır. Sonuç olarak bölgenin jeolojik birimleri ayrırtlanarak jeoloji haritası oluşturulmuş ve çizgisellikleri belirlenmiştir.

[Gomez vd., 2005], çalışmalarında Namibya'da Kalahari Çölü batısında kalan bölgede jeolojik haritalama yapmak için ASTER görüntüsü kullanmışlardır. ASTER görüntüsünün görünür-yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bölgelerini kapsayan 9 spektral band üzerinde temel bileşenler analizi (PCA) ve kontrollü sınıflama yöntemlerini uygulamışlardır.

[Kalelioğlu, 2005], Arslanköy-Güzelyayla (Mersin) arasında yaptığı çalışmasında Landsat 5 TM uydu görüntülerini kullanarak bölgenin tektono-stratigrafik özelliklerini incelemiş uzaktan algılama verilerini ve saha çalışmalarını birleştirerek bölgenin jeolojik haritasını oluşturmuştur. Çalışmasında Landsat 5 TM görüntüsüne histogram zenginleştirme, kenar belirginleştirme filtreleri, dekorelasyon gemesi ve temel bileşenler analizi gibi tek bantlı ve çok bantlı görüntü zenginleştirme işlemleri uygulamış, uygun RGB (red green blue) band oranları belirlemiş ve elde ettiği verileri yorumlayarak jeoloji haritası oluşturmuştur. Uzaktan algılama yöntemi ile oluşturduğu jeoloji haritası ile saha çalışmaları ve arazi gözlemleri sonucu oluşturduğu jeoloji haritası karşılaştırılmış ve her iki yöntem sonucu ile oluşturulan haritaların birbiri ile uygunluk gösterdiği görülmüştür.

[Arda, 2006], Elazığ ili Baskil ilçesinde granitoid kayalara bağlı cevherleşmelerin çevresinde oluşan alterasyonların alanlarının tespiti için yaptığı

çalışmada Landsat 7 TM-ETM ve ASTER görüntülerini kullanmıştır. Görüntüler üzerinde kontrollü, kontrolsüz sınıflamalar, zenginleştirmeler yapılmış ve görüntülerin analizi için temel bileşenler analizinde Crosta tekniğini uygulamıştır. Uzaktan algılama ve arazi çalışmalarını birleştirerek bölgedeki alterasyon fillik, potasik, propilitik vb. zonlarını ayırt etmişlerdir.

[Kargı ve Sarı, 2006], Denizli bölgesinde yaptıkları maden arama çalışmasında alterasyon zonlarını belirleme amacıyla Landsat TM görüntülerinde band oranlaması, bunlardan band üzerinde gerçekleştirilen istatistiksel ana bileşenler analizi ve Crosta yöntemlerini uygulamışlardır. Demir oksit anomali noktaları için band oranlaması ve Crosta yönteminin sonuçlarının karşılaştığı gözlenmişlerdir.

[Aydal ve Uslu, 2007], Manyezit cevherleşmelerinin tespiti için İkonos, Aster ve Landsat uydu görüntülerinin kullanımını karşılaştırmışlardır. Bu görüntüler üzerinde yapılan tüm sınıflama ve filtreleme çalışmaları sonucunda İsoData, K means, Adaptive ve Fuzzy C means tipi sınıflama yöntemlerinin ve Edge detection tipi filtrelemenin manyezitçe zengin alanların tespiti için en iyi sonuçları verdiğini tespit etmişlerdir.

[Dağcez ve Süzen, 2008], Doğu Anadolu bölgesinde yaptıkları çalışmada, minerallerin farklı dalga boylarındaki soğurma değerlerinden yararlanarak ASTER uydu görüntüsünde sınıflandırmışlar ve alterasyon minerallerini haritalandırmışlardır.

[Kayadibi vd., 2008], Eldivan (Çankırı) Ofiyolitini ASTER görüntüsünün VNIR ve SWIR bölgesindeki spektral bantları kullanarak litolojik olarak haritalamışlardır. Bunun için band oranlaması, temel bileşenler analizi Crosta, dekompozisyon germe ve sınıflandırma gibi multispektral yöntemleri kullanmışlardır.

[Öztaş ve Süzen, 2008], Ankara Bala civarında yaptıkları çalışmada Aster görüntüsü kullanarak jipsli alanların haritalanabilmesi için orta kızılötesi ve termal bantlarda band oranlaması, ilişkisiz gerdirme temel bileşenler analizi Crosta tekniği ve spektral indeks yöntemlerini uygulamışlardır.

[Sanjeevi, 2008], Güney Hindistan'da Koli tepesinde bulunan boksit rezervlerinin ve Ariyalur bölgesindeki kireçtaşlarının tespiti için yaptığı çalışmada hiperspektral ve ASTER görüntülerden faydalanmış, hiperspektral görüntülerin VNIR ve SWIR bantlarını kullanmıştır. Hiperspektral verilerin boksit ve kireçtaşları tespiti için olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

[Sarp ve Erener, 2008], litolojik birimlerin uzaktan algılama yöntemi ile tanımlanması amacıyla yaptıkları çalışmada ASTER görüntüsü üzerinde eğitilmiş ve eğitimsiz sınıflama yöntemlerini uygulamışlardır. Eğitilmiş sınıflandırma yöntemi olarak en büyük olasılık yöntemini, eğitilmiş sınıflandırma yöntemi olarak ise K-ortalama yöntemi kullanmışlar ve en iyi sonucu eğitilmiş sınıflamadan elde etmişlerdir.

## 2.2. BÖLGEDE BULUNAN BOKSİT CEVHERLEŞMELERİ İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı ve yakın çevresi (Akseki-Seydişehir) Orta Toroslar'da yer almaktadır. Bölgenin jeolojisi, stratigrafisi, tektoniği, boksit yataklarının mineralojisi, jeokimyası ve oluşumu ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Daha önce yapılmış olan çalışmalardan bazıları şunlardır;

[Wipfern, 1962], çalışmasında Toros boksitlerini bunların tektonik durumlarını incelemiştir. Toroslar üzerindeki ofiyolitlerin çoğunluğunun yaşını Paleozoyik olarak kabul etmiştir.

[Atabey, 1976], Mortaş boksit yatağında yaptığı kimyasal ve mineralojik incelemeler sonucu Mortaş boksitlerinin kireçtaşı kökenli olduğunu belirtmiştir.

[Özlu, 1978], çalışmasında, Akseki-Seydişehir yöresindeki boksitlerin jeolojik, mineralojik, jeokimyasal özelliklerini ve bölgedeki boksit yataklarının kökenini incelemiştir. Senomaniyen yaşlı boksit yataklarının yapılan araştırmalar sonucu ultrabazik veya asidik kayaların ayrışması ile oluşmadığını ileri sürmüştür.

[Özlu, 1979], Akseki-Seydişehir bölgesi boksitlerinin kökenini belirlemeye yönelik yaptığı çalışmada Orta ve Batı Toroslardaki cevherleşmeleri mineralojik ve jeokimyasal yönden karşılaştırmış, paleocoğrafik ve tektonik özelliklerini irdeleyerek bölgedeki oluşumlarının Seydişehir şistleri ile kökensel bir ilişkide olmadığını belirtmiştir. Boksitlerin ve taban kireçtaşlarının mineralojik yönden farklılıklarını göz önüne alarak cevherin tabandaki kireçtaşlarının erimesi ile oluşmadığını ve boksitlerin taban kireçtaşlarına göre yabancı kökenli olduğunu ifade etmiştir. Boksit yataklarında gastropod fosillerinin ve sedimanter yapıların olması cevherin sulu bir ortamda kırıntılı olarak çökeldiğini ileri sürmüştür.

[Lauber, 1980], Seydişehir Mortaş boksit yatağında yaptığı çalışmasında, boksit yataklarının jenezini incelemiştir. Boksit yataklarının geçirdiği diyajenetik süreçler nedeniyle mineralojik dağılımının yer yer farklılık gösterdiğini belirtmiş, boksitin ana kayacının Seydişehir yöresinden olmadığını ve Mortaş boksit yataklarının karstik çöküntü sırasında bileşiminin ikincil süreçlerle değişmiş malzemenin taşınması sonucu oluştuğunu belirtmiştir. Boksiti oluşturan malzemenin Senomaniyen' deki erozyon sırasında karbonatlı kayalardan çözünemeyip arta kalan materyal den geldiğini ileri sürmüştür.

[Çağatay ve Arman, 1982], çalışmalarında boksit yataklarını jeolojik konumlarına göre sınıflandırmış, boksit cevherinin mineralojisi, kimyası ve kullanım alanlarına değinmiş ve Türkiye'deki boksit yataklarını bölümlere ayırarak incelemiştir.

[Karadağ, 1987], Seydişehir ve Akseki bölgesinde yaptığı çalışmasında bu bölgede bulunan boksit yataklarının özelliklerini, jeolojisini, jeokimyasını araştırmıştır. Yaptığı incelemeler sonucunda Seydişehir ve Akseki bölgesi ve yakın çevresine ait jeoloji haritaları ve bu bölgedeki önemli boksit yataklarına ait maden haritaları yapılmıştır. Çeşitli yataklardan boksit örnekleri alınmış jeokimyasal ve mineralojik analizleri yapılmış sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu bölgedeki boksitlerin birbirine benzer mineralojik bileşimde, böhmitik tipte olduğu ve Senomaniyen yaşlı kireçtaşları tavanındaki uyumsuzluk yüzeyi boyunca oluşan cep tipi karstik

boşluklarda yer aldığı belirtilmiştir. Karadağ çalışmasında, Seydişehir boksitleri ile aynı stratigrafik seviyede bulunan Akseki boksitlerinin kimyasal ve mineralojik açıdan benzer olduğunu ve her iki bölgedeki yatakların oluşumu hakkında birçok teori bulunması ile birlikte büyük bir olasılıkla aynı mekanizma ile oluştuğunu söylemiştir.

[Öztürk ve Hanılçı, 1999], Seydişehir'in güneyinde yer alan Doğanlı ve Mortaş boksit yataklarının jeolojisini ve sülfürlü zonların özelliklerini incelemiştir. Boksit yataklarında yaptıkları çalışmalarda genel olarak üç cevher tipi gözlemlemiştir. Bunlar tabanda sülfür mineralli düşük dereceli boksit cevheri, pizolitik yapılu cevher ve en üstte ise masif yapıda yüksek dereceli boksit cevherinden oluştuğunu tespit etmiştir. Sülfürlü zonların oluşumunu, Santoniyen yaşlı kireçtaşlarının çökelişi sırasında deniz suyunda bulunan sülfatların boksitik malzeme içine karışması ve burada olası bakteriler tarafından sülfürlere indirgenmesi şeklinde açıklamışlardır.

[Karadağ vd., 2006], Çatmakaya (Seydişehir-Türkiye) boksit yatağının kökenini jeostatistiksel ve jeokimyasal olarak araştırmışlardır. Boksitlere kaynak olabilecek kayalar tespit edebilmek amacıyla boksitlerden, karbonat kayalardan, terra-rossa ve ofiyolitik kayalardan örnekler alarak analiz etmişlerdir. Yapılan jeokimyasal ve jeostatistiksel çalışmalara göre ofiyolitik kayaların boksitlere köken olamayacağını, boksitlerin kökeninin Toros kuşağındaki karbonatlı kayalar üzerinde yayılım gösteren ve oluşumu günümüzde halen devam etmekte olan terra-rossalar olduğunu ifade etmişlerdir.

[Karadağ vd., 2009], yaptıkları çalışmada Mortaş (Seydişehir-Konya) boksit yatağını nadir toprak elementi (NTE) potansiyeli açısından incelemiştir. Mortaş boksit yatağının oluşum mekanizmasına göre boksitlere kaynak olabilecek kayalar karbonatlar, ofiyolitik kayalar, düşük dereceli metamorfik kayalar ve terra-rossalar olduğundan yola çıkarak NTE potansiyelini açıklamışlardır. Kaynak kayalar, terra-rossa boksit dönüşümü sırasında sürekli Ca, Mg, Na, K kaybı gerçekleştiğini, Si kaybının ise terra-rossa oluşumundan sonra silis asidinin

çözünmesi ile arttığını belirtmişler. Jeokimyasal olarak az hareketli olan Al, Ti, Ga, Zr, Fe, Th, Nb, Sc, V gibi elementler yerinde kalarak azalan kayaç kütesine göre zenginleşmişlerdir. NTE ise başlangıçta zenginleşme göstermelerine rağmen ilerleyen ayrışma ile kısmen taşınarak azaldıklarını ileri sürmüşlerdir.

## 2.3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE STRATİGRAFİSİ

### 2.3.1. Giriş

Bu çalışmada bölgenin genel jeolojisi çalışılmamış olup, önceki çalışmalardan ve özellikle de [Karadağ, 1987]'den faydalanılarak bu bölüm hazırlanmıştır. Orta Toros kuşağının kuzeybatısında yer alan çalışma alanının kuzeyinde az metamorfik birimler yüzeyleyken, bölgenin orta ve güney kesimlerinde yaygın olarak karbonatlı kayaçlar, çok az olarak da ofiyolitik ve filiş türü birimler gözlenmektedir. [Karadağ, 1987] bölgede yer alan birimleri Otokton ve Allohton seriler olarak iki kısma ayırarak incelemiştir.

### 2.3.2. Otokton Birimler

Çalışma alanındaki otokton konumlu birimler, [Özgül, 1976] tarafından tanımlanan Geyikdağı Birliğine karşılık gelmektedir. Birlik adını Batı Toroslar'ın doğu kesimindeki Geyik dağından almaktadır. Birlik tüm Toros kuşağı boyunca değişik yerlerde yüzeylemekte olup, Kambriyen'den Tersiyer'e kadar değişik kaya birimleri ile temsil edilmektedir. İnceleme alanındaki otokton konumlu birimler [Karadağ, 1987] tarafından 10 birime ayırılarak incelenmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir (Şekil 2.1).

Üst Sistem		Sistem		Seri/Kat		Formasyon		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Kuvaterner						Ofiyolit			
PALEOZOYİK	Devoniyen	Karbonifer	Orta	Alt	Orta	Üst		Alüvyon Uyumsuzluk Yeşil renkli serpantin ve kırmızı-koyu kahve renkli radyolarit	<p>→ <b>Tektonik Dokanak</b> Kumtaşı-kuvarsit ara seviyeli, masif görümlü, iri kristalli rekristalize kireçtaşı</p> <p>→ <b>Tektonik Dokanak</b> Kumtaşı, kırmızı renkli kireçtaşı</p>
Üst-Paleosen	Alt Eosen	Yarpuz	Koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı Numminites'li kireçtaşı						
				K r e t a s e	Senoniyen-Maastrihtiyen	Doğankuzu	Uyumsuzluk Koyu gri-siyah renkli, orta-ince tabakalı dolomitik kireçtaşı bantlı biyomikritik kireçtaşı	Boksit çimentolu breş	
Senomaniyen	Katrangediği	Boksit Uyumsuzluk	Gri-koyu gri renkli mikritik kireçtaşı						
				Jura	Dogger	İçeriklişla	Düzenli tabakalı, dolomit, gri-koyu gri renkli masif kireçtaşı	Uyumsuzluk	
Karmiyen	Sarıyendere	İnce tabakalı, silttaşı-kiltası, kumtaşı-kireçtaşı ardalanması							
			Ladinyen	Taraşçı	Masif, resifal kireçtaşı Bitümlü, siyah renkli kireçtaşı Alacalı renkli, yumru kireçtaşı				
Anisiyen	Pınarbaşı	Resifal, krinoid saplı kireçtaşı							
			Ordovisiyen	Alt	Seydişehir	Silttaşı-kumtaşı-kireçtaşı Konglomera Uyumsuzluk Kumtaşı-şeyl ardalanması			
Kambriyen	Üst	Çaltepe					Sarı-yeşil renkli, laminalı şeyl Trilobitli, yumru kireçtaşı		
					Dolomit	Ölçeksizdir			

Şekil 2.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş tektono-stratigrafik dikme kesiti [Karadağ, 1987]'den sadeleştirilmiştir.

### 2.3.2.1. Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen)

Birim, [Dean ve Monod, 1970] tarafından adlandırılmış olup, inceleme alanında yüzeyleyen birimlerin en yaşlısıdır ve Seydişehir'in 2 km kuzey kesimlerinde mostralara vermektedir. Çalışma alanında temeli oluşturan birimin, alt sınırı belli değildir. Birim stratigrafik olarak Seydişehir formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir (Şekil 2.1). Bölgedeki yoğun tektonizma nedeniyle birimin sınırları genellikle faylıdır. Birimin kalınlığı [Karadağ, 1987] tarafından 130 m olarak belirlenmiştir.

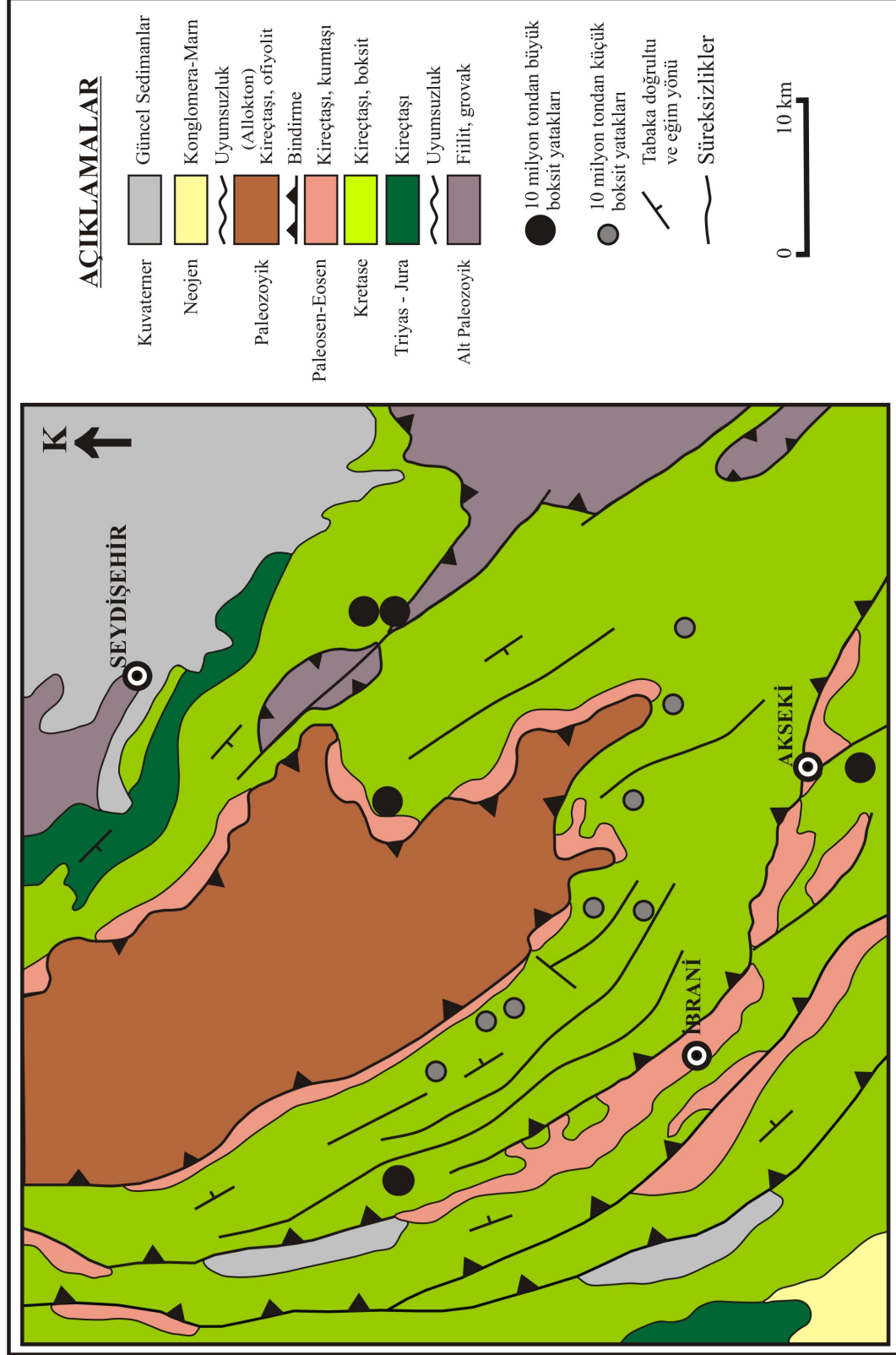
Çaltepe formasyonu, aşınmış yüzeyi kahverengi, taze kırık yüzeyi gri renkli, kalın tabakalı, kaba taneli dolomitlerle başlamakta olup, siyah-açık gri renkli kireçtaşları ile devam etmektedir. Birimin en üst seviyesi ise kırmızı, yumrulu kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Birimin yaşı paleontolojik veriler ve stratigrafik konumuna göre Alt-Orta Kambriyen'dir [Dean ve Monod, 1970; Termier ve Monod, 1978].

### 2.3.2.2. Seydişehir Formasyonu (Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen)

Genel olarak şeyllerden oluşan Üst Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı birim [Dean ve Monod, 1970] tarafından adlandırılmıştır. Birim, bölgede en tipik olarak Seydişehir'in batı kesimlerinde mostra vermektedir. Seydişehir formasyonu Alt-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte olup, stratigrafik olarak farklı yaştaki birimlerle uyumsuz olarak üzerlenir (Şekil 2.1, 2.2). Bölgedeki yoğun tektonizma nedeniyle birimin sınırları genellikle faylıdır. Birimin kalınlığı [Karadağ, 1987] tarafından 1200 m olarak belirlenmiştir.

Seydişehir formasyonu, yer yer 5-40 cm arasında değişen barit bantları ve kireçtaşı-dolomitik kireçtaşları ara bantları içeren meta kumtaşı, şeyl ve miltaşı araldanmasından oluşmaktadır. Birimin litolojik özelliklerine bakıldığında üstten alta doğru gidildiğinde metamorfizma derecesinin arttığı gözlenmektedir [Karadağ,

1987]. Birimin yaşı paleontolojik veriler ve stratigrafik konumuna göre Üst Kambriyen-Ordovisiyen'dir [Dean ve Monod, 1970; Termier ve Monod, 1978].



Şekil 2.2. Seydişehir-Akseki ve yakın civarının basitleştirilmiş jeoloji haritası ve boksit yataklarının yerleri [Öztürk vd., 2002]'den sadeleştirilmiştir.

Seydişehir formasyonunun litolojik özellikleri ve fauna içeriği, birimin açık deniz koşullarında çöktüğünü işaret etmektedir. Birimin içerisinde yoğun olarak gözlenen ince tabakalı ve laminalı şeyl seviyeleri ve bu seviyeler içerisinde gözlenen graptolit fosilleri açık deniz ortamını gösteren verilerdir. Şeyllerle yer yer arakatkılar şeklinde gözlenen kumtaşları türbiditik arakatkılar olarak yorumlanabilir [Karadağ, 1987].

#### 2.3.2.3. Pınarbaşı Formasyonu (Anisiyen)

Seydişehir'in batısında taban konglomerası ile başlayan ve kumtaşı-silttaşı, kireçtaşıdan oluşan birim ilk kez [Karadağ, 1987] tarafından adlandırılmıştır. Birimin tip yeri Seydişehir-Mortaş maden yolu üzerinde Pınarbaşı mevkiidir. Pınarbaşı formasyonu Seydişehir formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir (Şekil 2. 1). Birim Taraşçı kireçtaşı tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Birimin kalınlığı [Karadağ, 1987] tarafından 80 m olarak ölçülmüştür.

Pınarbaşı formasyonu, konglomera ile başlamakta olup, silttaşı-kumtaşı-kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Birimin yaşı Anisiyen olarak belirlenmiştir [Karadağ, 1987]. Birim litolojik özellikleri ve fosil içeriğine göre sığ bir denizel ortamda çöktüğünü işaret etmektedir.

#### 2.3.2.4. Taraşçı Kireçtaşı (Ladiniyen)

Seydişehir'in kuzeybatısında değişik özelliklerdeki kireçtaşlarından oluşan Ladiniyen yaşlı birim ilk kez [Karadağ, 1987] tarafından adlandırılmıştır. Birimin tip yeri Seydişehir'in 15 km kuzeybatısında yer alan Taraşçı kasabasıdır. Birim ayrıca Küpe Dağı'nın kuzey ve kuzeybatı eteklerinde de yüzlekler vermektedir. Taraşçı kireçtaşı Pınarbaşı formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte, Karniyen yaşlı Sarpyardere formasyonu tarafından ise uyumlu olarak üzerlenmektedir (Şekil 2.1). Birimin kalınlığı [Karadağ, 1987] tarafından 300 m olarak ölçülmüştür.

Siyah renkli, krinoidli kireçtaşları ile başlayan birim, gri-açık gri renkli, 10-20 m kalınlığında, masif, blok görümlü resifal kireçtaşları ile devam etmektedir. Bu seviye üzerine alacalı, yumrulu kireçtaşları gelmektedir. Birim, siyah renkli, bitümlü biyomikritik kireçtaşları ile devam etmekte olup, açık renkli, masif, biyosparitik kireçtaşları ile son bulmaktadır. Birim yaşı, fosil içeriği ve stratigrafik konumuna göre Ladiniyen'dir [Karadağ, 1987]. Birimin fosil içeriği ve litolojik özellikleri sığ, kısmen duraylı bir ortamda çökeldiğini işaret etmektedir.

#### 2.3.2.5. Sarpyardere Formasyonu (Karniyen)

Seydişehir yöresinde yüzeyleyen silttaşı, kiltası, kireçtaşı, kumtaşı ve marn araldanmasından oluşan Karniyen yaşlı birimler ilk kez [Karadağ, 1987] tarafından Sarpyardere formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birimin tip yeri, Seydişehir'in 15 km kuzeybatısında yer alan Taraşçı kasabasının KB'sındaki Sarpyar Deresidir. Birim ayrıca Küpedağı'nın eteklerinde, Pınarbaşı'nın batısındaki vadi de geniş yüzlekler vermektedir. Sarpyardere formasyonu Ladiniyen yaşlı Taraşçı kireçtaşı üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Birim Dogger yaşlı İçerikışla formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Şekil 2.1). Birimin kalınlığı [Karadağ, 1987] tarafından 160 m olarak ölçülmüştür.

Birim, ince tabakalı, silttaşı-kiltası, kumtaşı-kireçtaşı araldanmasından oluşur. Birim yaşı, fosil içeriği ve stratigrafik konumuna göre Karniyen'dir. Birim, litolojik özelliklerine göre türbidit akıntılarının etkili olduğu derin denizel ortam şartlarını yansıtmaktadır.

#### 2.3.2.6. İçerikışla Formasyonu (Dogger)

Seydişehir yöresinde yüzeyleyen tamamen karbonatlı kayalardan oluşan Dogger yaşlı birimler [Karadağ, 1987] tarafından İçerikışla formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birimin tip yeri, Seydişehir'in 9 km güneyinde yer alan İçerikışla mevkiidir. İçerikışla formasyonu Karniyen yaşlı Sarpyardere formasyonu üzerine

uyumsuz olarak gelmekte ve Senomaniyen yaşlı Katrangediği formasyonu tarafından uyumsuzlukla üzerlenmektedir (Şekil 2.1). Birimin kalınlığı [Karadağ, 1987] tarafından 160 m olarak ölçülmüştür.

İçerikışla formasyonu, düzgün tabakalı dolomit, gri-koyu gri renkli masif kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Birimin yaşı paleontolojik verilere ve stratigrafik konumuna göre Dogger'dır. Birimin litolojik özellikleri ve fosil içeriği sığ, duraysız bir ortamı işaret etmektedir [Karadağ, 1987].

#### 2.3.2.7. Katrangediği Formasyonu (Senomaniyen)

Seydişehir ile Akseki arasında oldukça geniş bir alanda yüzeyleyen tamamen karbonatlı kayalardan oluşan, Senomaniyen yaşlı birimler [Karadağ, 1987] tarafından Katrangediği formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birimin kuzeyde Seydişehir yakınlarından itibaren başlar, güneye doğru Mortaş, Doğankuzu, Morçukur, Çatmakaya, Değirmenlik, Cevizli, Yarpuz, Gömene ve Akseki'ye kadar olan geniş bir alanda yüzlekler vermektedir (Şekil 2.2).

Katrangediği formasyonu Dogger yaşlı İçerikışla formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmekte ve Senomaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Doğankuzu formasyonu tarafından uyumsuzlukla olarak üzerlenmektedir (Şekil 2.1). Birim Doğankuzu formasyonunda bu çalışmanın temelini oluşturan boksit çimentolu breş ve boksitli seviye ile ayrılır. Birimin kalınlığı 100-150 m arasında değişmektedir [Karadağ, 1987].

Katrangediği formasyonu tamamen kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim de karakteristik karstik yüzey şekilleri gelişmiştir. Birim gri-açık gri, pembe-bej renkli olup, tabaka kalınlıkları 20-100 cm arasında değişmektedir (Şekil 2.3). Birimin yaşı Senomaniyen'dir [Karadağ, 1987]. Birimin genellikle mikritik kireçtaşlarından oluşması düşük enerjili, sığ denizel (lagüner) bir ortamı işaret etmektedir. Katrangediği formasyonunun benzerleri Toros kuşağı boyunca oldukça geniş bir yayılım gösterir.

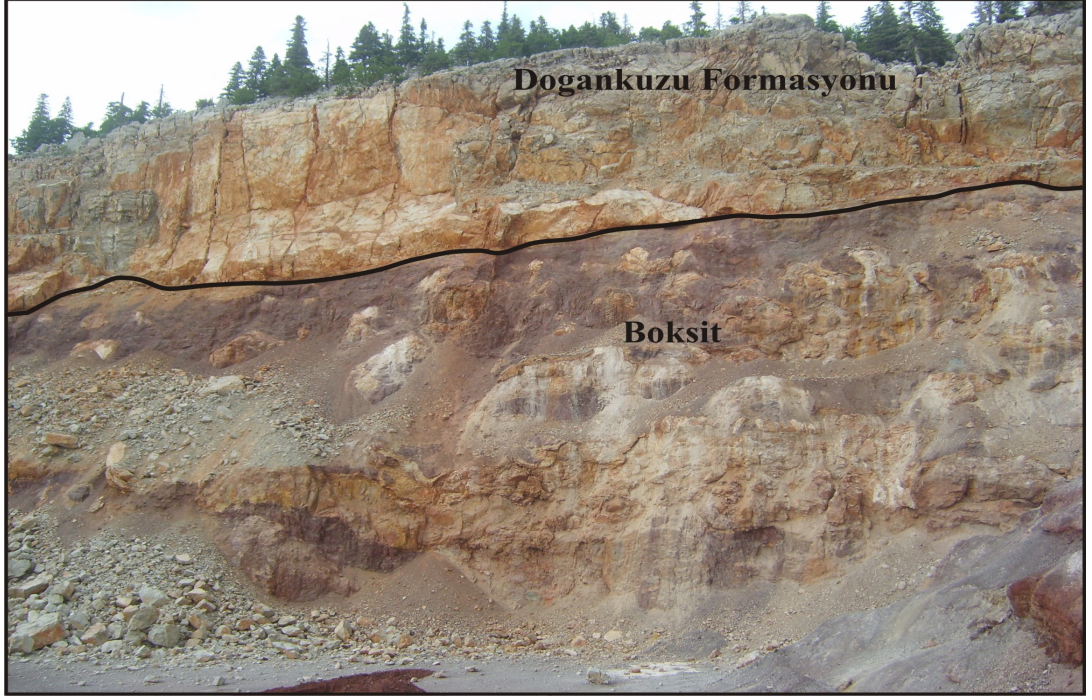


Şekil 2.3. Katrangediği formasyonunu (Senomaniyen) oluşturan kireçtaşlarından bir görüntü, (Morçukur boksit yatağının batı kesimi).

#### 2.3.2.8. Doğankuzu Formasyonu (Senoniyen-Maastrichtiyen)

Seydişehir ile Akseki arasında oldukça geniş bir alanda mostra veren, tabanda bol rudistli ve genellikle karbonatlı kayalardan oluşan, Senoniyen-Maastrichtiyen yaşlı birimler [Karadağ, 1987] tarafından Doğankuzu formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon adını Seydişehir'in kuzeybatısında yer alan Doğankuzu'dan alır. Birim çalışma alanında Mortaş, Doğankuzu, Morçukur, Değirmenlik yaylası, Değirmenlik, Süleymaniye köyleri arasında, Yarpuz, Zilan, Çatmakaya (Arvana) köyleri ve güneyde Akseki ilçesinin güneyine kadar çok geniş bir alanda yayılım göstermektedir (Şekil 2.2).

Doğankuzu formasyonu Senomaniyen yaşlı Katrangediğ formasyonu üzerinde yer alan boksitli seviye üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Şekil 2.4). Birim, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Yarpuz formasyonu tarafından ise uyumsuzlukla üzerlenmektedir (Şekil 2.1). Birimin kalınlığı 160-180 m arasında değişmektedir [Karadağ, 1987].



Şekil 2.4. Doğankuzu formasyonu (Senoniyen-Maastrichtiyen) ile altında yer alan boksitle olan dokanağının arazi görünümü, (Mortaş boksit yatağı).

Doğankuzu formasyonu 2 seviyeden oluşmaktadır. Altta 60-80 m kalınlığında bol rudistli kireçtaşları yer almaktadır. Bu seviye Katrangediği formasyonu üzerinde yer alan boksitli seviye üzerine 3-5 m kalınlığında, bloklu görümlü tabakalarla başlamaktadır. Bu kireçtaşları içerisinde 0-10 m arasında kalınlığa sahip, yanal olarak devam etmeyen boksit çimentolu breşik seviyeler izlenir (Şekil 2.5). Boksit çimentolu breşik seviyelerin üzerine gelen rudistli seviyelerde boksitin boyaması nedeniyle kireçtaşları pembemsi bir renk alırlar. Bu bol rudistli seviye üzerine breşik özellikle yeni bir boksitli seviye gelmektedir (Şekil 2.1).

Bu breşik boksit seviyesindeki breşler tamamen tek bileşenli kireçtaşı parçalarından oluşmuş olup, başlangıçta bir bütün olan Senomaniyen kireçtaşlarının su üstünde bulunmasıyla oluşmuş breşlerdir [Karadağ, 1987]. Tane araları çoğunlukla boksit, yer yer de kil ile çimentolanmıştır. Taneler dıştan içe doğru alterasyona uğramış olup, iç kısımları daha sert olup ana kayacın tüm özellikleri korunmuştur. Bunlar bazen boksitli sularla yıkanarak kırmızı, pembe, sarımsı renkler almıştır.



Şekil 2.5. Breşik boksit seviyelerine ait arazi resimleri (Morçukur boksit yatağı).

Birimin üst seviyeleri ise bu boksitli seviye üzerinde, açık renkli marnlı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı bantları içeren koyu gri-siyah renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları, iyi tabakalanmış, ince-orta tabakalı (3-40 cm) özelliktedir.

Dolomitik kireçtaşları daha yumuşak, killi olması nedeniyle eli boyamakta ve fosile rastlanılmamaktadır. Birimin yaşı fosil içeriği ve stratigrafik konumuna göre Senoniyen-Maastrihtiyen'dir [Karadağ, 1987]. Birim, Seydişehir-Akseki ve yakın civarında yüzeyleyen Senoniyen-Maastrihtiyen yaşlı birimlerle benzer özellikler göstermektedir [Monod, 1977; Özçelik, 1984].

#### 2.3.2.9. Yarpuz Formasyonu (Üst Paleosen-Alt Eosen)

Seydişehir ile Akseki yöresinde bol fosilli kireçtaşlarından oluşan Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı birimler [Karadağ, 1987] tarafından Yarpuz formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, Seydişehir-Akseki yöresinde Yarpuz, Zilan (Gümüştamla), Değirmenlik yaylası, Morçukur civarı, Ağaçtepesinin doğusu, Yalıncaftepe etekleri, Çatmakaya (Arvana) güneyi, Kızıldaş boksit yatağı ile Değirmenlik köyü arasında yayılım göstermektedir. Yarpuz formasyonu Senoniyen-Maastrihtiyen yaşlı Doğankuzu formasyonu üzerine bazı kesimlerde açısız bazı kesimlerde ise açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Birim Orta-Üst Eosen yaşlı Ağaçtepesi formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenir (Şekil 2.1). Birimin kalınlığı 40 ile 80 m arasında değişmektedir [Karadağ, 1987].

Yarpuz formasyonu genellikle koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşur. Yarpuz formasyonunun üst kesimlerinde boksit oluşumları görülebilmektedir. Birimin yaşı fosil içeriğine göre Üst Paleosen-Alt Eosen'dir [Karadağ, 1987].

#### 2.3.2.10. Ağaçtepesi Formasyonu (Orta-Üst Eosen)

Seydişehir ile Akseki yöresinde fliş özelliğindeki kayalardan oluşan Orta-Üst Eosen yaşlı birimler [Karadağ, 1987] tarafından Ağaçtepesi formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, Seydişehir-Akseki yöresinde Yarpuz köyü civarı, Zilan (Gümüştamla) köyünün batısında, Değirmenlik-Süleymaniye köyleri arasında, Cevizli yöresinde, Değirmenlik yaylasında, Morçukur boksit yatağının güneyinde, Morçukur boksit yatağının kuzeyindeki Yalıncaftepe ve Doğankuzu boksit

yatağının güneyindeki Ağaçtepesi eteklerinde ve Çatmakaya (Arvana) boksit yatağının güneyinde geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Ağaçtepesi formasyonu Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Yarpuz formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir (Şekil 2.1). Birimin üst sınırı ise farklı yazarlar tarafından adlandırılan farklı naplar yada allokton birimlerle tektonik olarak üzerlenmektedir. Birimin kalınlığı değişken olup, 100 m'den fazla görüldüğü yerler vardır [Karadağ, 1987].

Filiş özelliğindeki bu birim, kıltaşı, silttaşı, kumtaşı, marn ve konglomera litolojilerinin aralanmasından oluşmaktadır. Kumtaşları; kirli yeşil-gri renkli, orta-kalın tabakalı (10-40 cm), iri taneli, iyi boylanmalıdır. Taneler bir birine kalker çimento ile tutturulmuştur. Yer yer kireçtaşı ve killi seviyeler içerir. Kıltaşı ve silttaşları; soluk yeşil, kahverengi, gri renkli olup, 1-15 cm kalınlığında, ince tabaka ve laminalardan oluşmaktadır. Yoğun tektonizma nedeniyle yer yer şisti yapı kazanmışlar, plastik özellikte oldukları için de yoğun kıvrımlı ve kırıklı yapı kazanmışlardır. Kıltaşı-silttaşı seviyeleri arasında beyaz-gri renkli marn seviyeleri gözlenir. Birimin genellikle üst seviyelerinde gözlenen konglomeralar; beyaz-pembe renkli, kalsit çimentolu, orta boylanmalı, köşeli taneli ve blok görünümündedir. Birimin yaşı fosil içeriği ve stratigrafik konumuna göre Orta-Üst Eosen'dir [Karadağ, 1987]. Birimin litolojik özellikleri türbidit akıntılarının etkili olduğu çoğunlukla derin denizel ortamda çökelmiştir.

### 2.3.3. Allokton Birimler

İnceleme alanındaki allokton konumlu birimler ise [Özgül, 1976] tarafından tanımlanan Bozkır Birliğine karşılık gelmektedir. Bozkır Birliği Toros kuşağı boyunca "Hadım Napı" ve "Beyşehir-Hoyran Napı" olarak da bilinmektedir [Blumenthal, 1947,1949; Brunn vd., 1971; Monod, 1967]. Allokton birimlerin alt kesimlerinde ofiyolitik bir karmaşık ve kırmızı renkli radyolaritler yer almaktadır. Seydişehir-Akseki ve yakın civarının jeoloji haritası bu çalışmada yapılmamış olup, [Öztürk vd., 2002]'nin hazırladığı basit jeoloji haritası kullanılmıştır (Şekil 2.2).

Allokton birimlerin tabanında yer yer denizaltı volkanitlerini bulunduran ofiyolitik bir karışık ve kırmızı renkli radyolaritler, üstte doğru tabaka kalınlıkları birkaç metre olan kırmızı-kahve renkli kuvarsit ve kırmızı kireçtaşları yer almaktadır. Birimin üst kesimleri ise değişik boyutlarda, gri renkli kumtaşları ile beyaz renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Ofiyolitler başlıca diyabaz, serpantinit ve radyolaritlerden oluşmaktadır. Serpantinitler yeşil renk tonlarında, yer yer siyahımsı, yağsı parlak, kırılğan, çoğunlukla şist görünümlü ve ağ şeklindeki ince kalsit damarlarıyla kesilmişlerdir [Karadağ, 1987].

Allokton seriyi oluşturan diğer kayaçlar, kırmızı, pembe renkli, ince kristalli oldukça sert kuvarsit ara seviyeleri içeren, metamorfizma nedeniyle çoğunlukla bol kıvrımlı, fosil kavkı izli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Değişik kesimlerdeki kireçtaşlarında gözlenen fosil topluluğuna göre birimin yaşı Orta Devoniyen-Orta Karbonifer olarak belirtilmektedir [Karadağ, 1987].

#### 2.3.4. Kuvaterner Birimler

Çalışma alanındaki Kuvaterner birimler, Suğla Gölü civarı ile Seydişehir ovasının önemli bir kısmında görülen alüvyonlardır. Bunun dışında diğer önemli bir oluşukta karstik çukurluklarda, düzlük alanlarda gözlenen terra-rossalardır. Az miktarda da yamaç molazları, toprak oluşuklar görülür. Kuvaterner yaşlı birimler, 0-10 m arası kalınlığa sahip olup, bölgede yüzeyleyen tüm birimleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir ve yatay konumdadırlar.

Terra-rossalar, inceleme alanı ve yakındaki kireçtaşlarının üzerinde çok yaygın bir şekilde gözlenen kırmızı, sarımsı-kırmızı, siltli ve killi toprağımsı oluşuklar olarak tanımlanmıştır. Genellikle karbonatlı kayaçların ayrışması ile oluşan Al, Fe ve Si bakımından zengin olan bu oluşuklar, Akdeniz kuşağında yer alan ülkelerde (Fransa, İtalya, Yunanistan, İsrail ve Türkiye) kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı veya dolomitlerin üzerinde örtüler şeklinde bulunmakta ve karbonat tipi boksit yataklarının oluşumu için bir ara ürün olarak düşünülmektedir [Güldalı, 1978]. Karbonatlı kayaçların yüzeysel bozunmaları sırasında gelişen hızlı kimyasal

tepkimelerle karbonat mineralleri çözünmekte ve açığa çıkan alkali elementler sular aracılığıyla ortamdan uzaklaştırılarak kireçtaşlarında önemli miktarda hacim azalmasına neden olmaktadır. Kireçtaşlarının içerdiği kil ve diğer silikat mineralleri ise daha yüksek duraylılıkları nedeniyle ya yerinde kalarak, ya da kısa mesafelerde taşınarak terra-rossaları oluşturmaktadır.

### 2.3.5. Jeolojik Evrim

İnceleme alanında temeli oluşturan Alt Paleozoyik birimler yer almaktadır. Bu dönemden sonra bölgede Triyas'a kadar bir çökelmezlik dönemi görülmektedir. Triyas yaşlı çökeller ile başlayan Mesozoyik yaşlı seri kalın bir şelf türü karbonat istifini ile temsil edilmektedir. Birimlerin litolojik özelliklerine bakıldığında, Triyas süresince ortamın zaman zaman derinleştiği ve zaman zaman ise sığlaştığı, buna bağlı olarak da kırıntılı ve karbonatlı birimlerin aralandığı bir istif görülmektedir. Buda Triyas süresince bölgenin duraysız ortam şartlarının olduğunu göstermektedir. Dogger öncesinde ise çökeltide bir duraklama olmuştur. Bölge daha sonra Dogger de tekrar deniz altında kalmış ve bu dönemde sığ, çalkantılı ortamı işaret eden oolitik kireçtaşları çökelmiştir [Karadağ, 1987; Karadağ, vd. 2003].

Bölgede Dogger-Senomaniyen döneminde yine bir çökelmezlik dönemi gözlenmektedir. Senomaniyen-Koniasiyen [Öztürk vd., 2002] döneminde sığ bir denizel ortamda mikritik yer yer biyomikritik kireçtaşları (Katrangediği formasyonu) çökelmiştir. Bu çökeltinin devamında denizin aniden çekilmesiyle birlikte bölge kara haline gelmiştir [Karadağ, 1987]. Bu süreçte kireçtaşı çökeltimi durmuş olup, su üstüne çıkan kireçtaşları günleme ve tatlı su bozunması etkisinde kalmıştır. Bu süreçte bölgesel tektonizmanın etkisiyle kireçtaşları üzerinde karstik boşluklar gelişmiştir. Bu karstik boşluklarda da boksit çökeltimleri oluşmuştur. Daha sonra tekrar bir deniz basması ya da karaların çökmesi sonucunda bölge su ile kaplanmış ve kireçtaşı çökeltimi devam etmiş olduğu düşünülmüştür. Bunun sonucunda da Senoniyen-Maastrichtiyen yaşlı kireçtaşları (Doğankuzu formasyonu) çökelmiştir. Doğankuzu formasyonunun orta kesimlerinde görülen boksit oluşukları ise kısa bir çökelmezlik dönemi ile açıklanmaktadır [Karadağ, 1987]. Maastrichtiyen'den sonra

bölgede yeni bir karasal durum hakim olmuştur. Paleosen-Eosen de yeniden ortamın denizle kaplandığı ve karbonatlı, kırıntılı birimlerin çökeldiği görülmektedir [Karadağ, 1987].

Bütün bölgede Alpin hareketlerine bağlı deformasyondan etkilenmiş ve özellikle Eosen sonu, Miyosen başlangıcında etkili olan deformasyonlar neticesinde bugünkü konumunu kazanmıştır. Bunun sonucunda da bölgede bindirme fayları ve normal faylar gelişmiştir (Şekil 2.2) [Karadağ, 1987].

## 2.4. BOKSİT

### 2.4.1. Giriş

Alüminyum yer kabuğunda % 4.26 oranında bulunan, atom numarası 13, atom ağırlığı 26.98 olan parlak bir metaldir. Jeokimyasal olarak litofil bir element olan alüminyum, diğer metallere oranla atmosfer etkilerine, suya, florlu gazlara, sülfürlü ortamlara karşı daha dayanıklıdır. Kimyasal aktivitesinden dolayı doğada nabit halde bulunmayan bu element kayaçları oluşturan birçok minerallin (silikatlar, feldspat, mika, kil) en önemli bileşenidir.

Metal alüminyum üretilen tek jeolojik malzeme boksit olarak adlandırılan ve bileşiminde önemli miktarlarda alüminyum mineralleri bulunan cevheridir. Dünyadaki alüminyum üretiminin % 90'ı bu cevherden temin edilmektedir. Boksit bir mineral olmayıp, farklı boksit minerallerini değişik miktarlarda içeren bir kayaç olup bileşiminde % 45'den daha fazla  $Al_2O_3$  vardır. Bu kayaçta alüminyum hidroksit minerallerinin yanında demir oksit, hidroksit mineralleri, kil mineralleri, tali miktarlarda silis, titan ve diğer mineralleri içerir. Boksitlerdeki demir bileşikleri, amorf demir hidroksit, götit, hematit, lepidokrasit, manyetit, maghemit, pirit, markasit, siderit ve lökoksen şeklidir. Kil mineralleri olarak başlıca kaolinit, halloysit, klorit, dikit ve illit yer alır. Silis ise kuvars ve kalsedon şeklinde bulunur. Boksit bunların dışında % 4'e kadar varan miktarlarda Rutil ve Anastas içerebilir. Jeokimyasal açısında bakıldığında boksitler  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,

SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO vs. gibi ana element bileşenlerle beraber Mn, P, F, V, Ge, Ga, Ca, C, Ce, Cr, K, Mg, Th, U, Zn, Zr gibi elementleri iz miktarda içerirler [Temur, 2001].

Boksit cevherini oluşturan önemli alüminyum mineralleri böhmit, gibsit (hidrarjilit), diyaspor, korund, cliachit mineralleridir (Çizelge 2.1). Bu mineraller doğada değişik oranlarda karışım şeklinde bulunurlar ve toplu halde boksit olarak adlandırılırlar. Boksit homojen bir kimyasal bileşime ve kristal yapıya sahip bir mineral olmayıp, bu minerallerin heterojen karışımı şeklindedir [Gökçe, 2000]. Doğada en çok bulunan boksitler içeriğindeki mineral türlerine göre gibsitik, böhmitik ve diyasporitik boksit olarak adlandırılırlar. Boksitleri oluşturan alüminyum minerallerin önemli özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Çizelge 2.1. Boksitlerin bileşiminde rastlanılan alüminyum içerikli minerallerinin bazı önemli özellikleri.

Mineral	Bileşim	Sistem	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Sertlik (mohs)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
Böhmit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O / Al(OH) <sub>3</sub>	Romb.	84.94	4-5	3.0-3.1
Diyaspor	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O / Al(OH) <sub>3</sub>	Romb.	85.00	6.5-7	3.3-3.6
Gibsit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O / Al(OH) <sub>3</sub>	Mono.	65.35	2.3-3.5	2.3-3.5
Cliachit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O / Al(OH) <sub>3</sub>		80	1-3	2-2.55
Korund	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hegza.	100	9	3.8

**Böhmit:** Doğada genellikle dağılmış ve saçılmış taneler veya pizolitik agregalar halinde bulunan böhmit ortorombik sistemde kristalleşir. Saf halde iken rengi beyazın tonlarındadır ve Gibsitin dehidratasyonu sonucu oluşur.

**Diyaspor:** Ortorombik sistemde kristalleşen diyaspor doğada düz veya tabuler kristaller halinde bulunurlar. Diyaspor masif kütleler veya yapraklanmış formlarda ortaya çıkar. Rengi değişken olup içerdiği renklendirici elementlere göre beyaz, griden, kahverengi ya da pembe olabilir. Yüksek sıcaklıklarda oluştuğu ileri sürülmektedir.

**Gibsit (Hidrarjilit):** Monoklinik sistemde kristalleşir. Sferoidal kırıklar veya yapraklanmış kütleler ve toprağımsı yumrular karakteristik özellikleridir. Saf halde beyaz veya beyaza yakın, bileşimine göre pembe, kırmızı renklerde ortaya çıkar. Magmatik kayalardaki feldispat ve korundun alterasyonunun son ürünü olarak ortaya çıkar.

Boksitler saf halde iken beyaz renklidir. Ancak içeriğinde bulundurduğu demir oksit ve kil minerallerine göre genellikle doğada farklı renklerde gözlenir. Hematit içeriği fazla olan boksitler kırmızımsı kahverengimsi renklerde, limonit ve götit içeriği sarımsı renklerde görülürken, kil içeriğinin yüksek olması ise boksite grimsi yeşilimsi bir renk kazandırır. Boksitler doğada masif yapılı, toprağımsı, kilsli, oolitik ya da pizolitik yapılı olabilir. Oolitik ya da pizolitik yapılı boksitlerde mercimek şeklindeki alüminyum ve demirden oluşan boksit tanecikleri yine alüminyum ve demir içerikli hamur malzeme içerisinde dağılmış olarak bulunmaktadır.

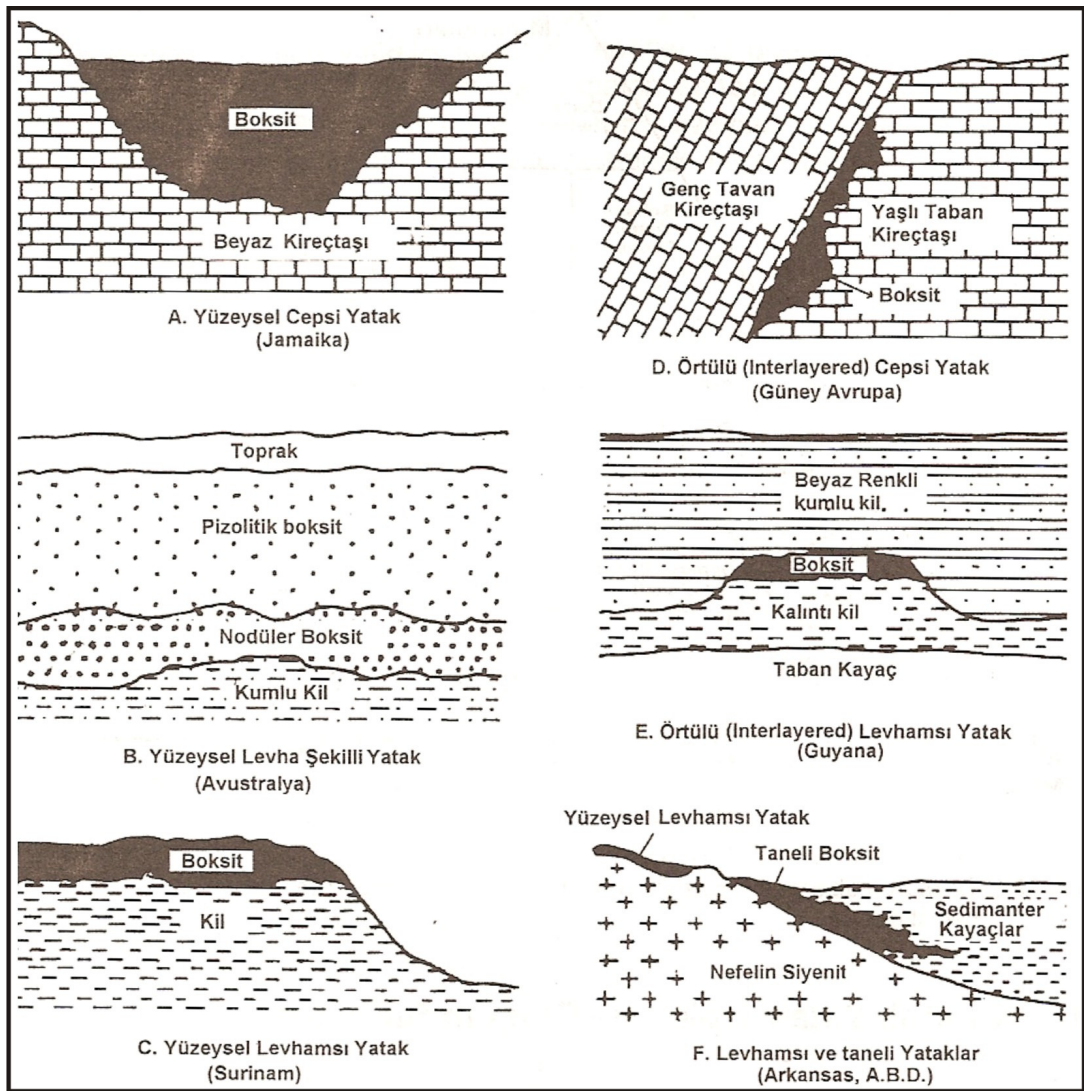
#### 2.4.2. Boksitlerin Jenezi

Boksitler genel olarak, silikatlı kayaların yüzey şartlarında gelişen fiziksel ve kimyasal ayrışmaları sonucunda oluşurlar. Özellikle Al içerikli kayaların kimyasal ayrışma sonucu açığa çıkan Ca, Na, Mg, K gibi hareketli (mobil) elementler yüzey sularının etkisiyle ortamdan uzaklaşırken, Al ve Fe gibi suda zor çözünen ve atmosferik koşullarda stabil olan elementler ayrıştıkları yerde kalarak birikirler ve boksitleri oluştururlar. Boksit yatakları oluşum şekillerine göre iki farklı tipte gelişirler. Bunlar yerinde zenginleşmenin olduğu otokton yataklar ya da yakın mesafelere taşınarak çökelmiş allokton yataklar şeklinde olabilirler.

Ayrıca boksit yatakları kimyasal kalıntı tipi ve sedimanter boksit yatakları olarak sınıflanmaktadır [Gökçe, 2000; Temur, 2001]. Kimyasal kalıntı yataklarda kendi aralarında ana kayaca bağlı olarak, karstik (karbonatlar içinde gelişen) ve lateritik (silikatlara üzerinde gelişen) boksit yatakları şeklinde ayrılmaktadır. Silikatlı Boksitler (Lateritik Silikatlı Boksitler) demirce fakir, alüminyumca zengin silikatlı

magmatik kayaların ayrışması ve SiO<sub>2</sub> nin ortamdan uzaklaşması ile oluşurlar. Bu tanıma en uygun kayalar feldispat (albit, anortit, ortoz, sanidin vb.) veya feldispatoid (nefelin, lösit vb.) açısından zengin kayalardır. Örnek olarak; nefelinli siyenit, andezit, diyorit, granitler, gnayslar, bazalt veya doleritler, şistler veya meta şistler, kumtaşları, ve killi kireçtaşı verilebilir. Tropik iklimlerin hakim sürdüğü üzerindeki bu tür kayalar yüzeysel alterasyon sonucu önce kaolinleşir ve tropik yağmurların etkisi ile bir taraftan silis, alkali ve toprak alkali elementler yıkanıp giderken, Al kılcal çatlaklar yoluyla hafif asitli sular tarafından yüzeye doğru taşınarak zenginleşir. Silikatlı boksit yataklarının egemen minerali gibsit olup, böhmit de görülür. Silikatlı boksitlerin genelde tavanı yoktur, yani yüzeye çıkmışlardır. Yataklar ya yatay ya da yataya yakın küçük eğilimlidir. Bu tip oluşumlar Tersiyer hatta Kretase'den beri gelen uzun bir morfolojik değişimin sonucudur. Karbonatların içerisinde gelişen Karstik Boksitler kireçtaşı üzerinde veya içerisinde otokton veya allokton şeklinde görülürler. Çoğu araştırmacı allokton görüşü desteklemektedir. Bu görüş, komşu kayalardan çözülen Al' un karbonatlı kayalar üzerinde nütürleşerek çökelmeleri şeklinde ifade edilmektedir. Otokton görüşte ise karbonatların çözülmeleri ile killi minerallerin oluştuğu ve zamanla çoğalan killerin Al-hidroksite dönüştüğü söylenmektedir. Burada kil minerallerinin çoğalmasından sonra silisin ortamdan uzaklaştırılması için de iklimde bir değişikliğin olması gerekmektedir. Bu tip yataklarda Böhmit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O) egemen olup, gibsit veya diyasorda bulunmaktadır. Bu tür boksitler, kireçtaşı ve dolomitlerdeki karstik çukurluklarda yerli yerinde veya taşınarak gelmiş malzemenin çukurluklarda çökmesiyle oluşmuşlardır. Bu çukurluklar kireçtaşı içinde bulunan kalsiyum karbonatın karbonik asitle tepkimesi sonucu kayacın çözünmesiyle oluşmuş çözünme-erime boşluklarıdır. Bu boşluklar yer üstündeki dolin, uvala, polye, obruk gibi boyutlarına göre adlandırılan çanak şeklindeki çukurluklar olabileceği gibi yeraltındaki mağaralar da olabilir. Karstik yataklar karbonatlar içindeki karstik çukurluklar içinde düzensiz cepler şeklinde gözlenirler. Çukurluklarda biriken boksit üzeri yine bir kireçtaşı tabakası ya da örtü şeklindeki toprak tabakasıyla kaplı olabilmektedir. Bu yataklar cep şeklinde olduğundan ve üzerinde örtü bulunabileceğinden işletilmeleri silikatlı boksitlere göre daha zordur. Genellikle daha genç transgresif kireçtaşları ile örtülüdürler. Bu da işletmede önemli bir faktördür.

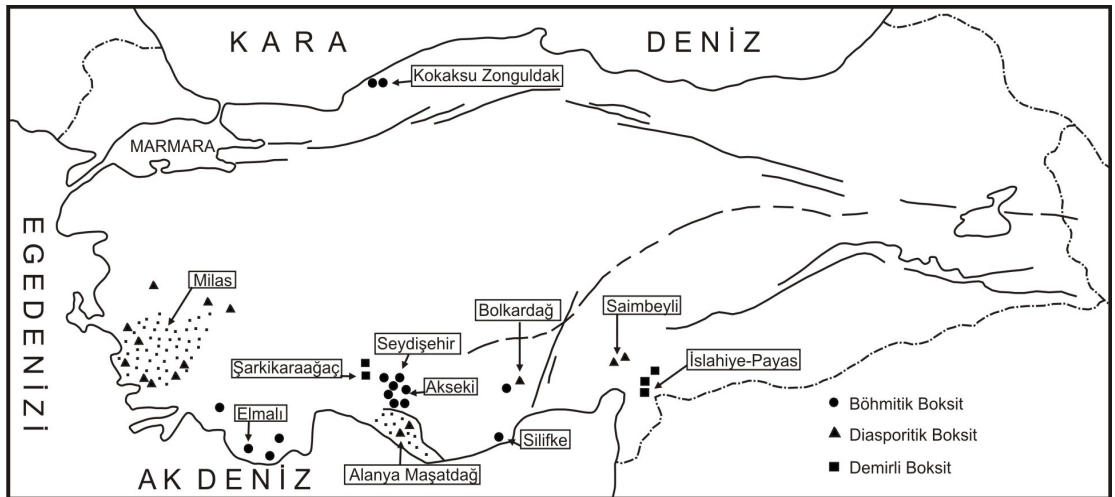
Karbonatlı boksitler özellikle Akdeniz ülkelerinde rastlanılmakta olup, “Akdeniz provensi-Mediterranean bölgesi” boksitleri olarak da bilinmektedir. Karbonatlı boksitler, Silikatlı boksitlerden daha yaşlıdır ve çoğunlukla Kretase döneminde oluşan birimler içerisinde gelişmişlerdir. Seydişehir ve Akseki bölgesinde bulunan boksit yatakları tipik karstik boksit yataklarıdır. Boksit yataklarının diğer bir sınıflama şekli de çevherleşmenin morfolojisine göre yapılır ve buna göre levha, cep, mercekle ve tabakalı (sedimanter) yataklar, konumuna göre; ise yüzeysel ve örtülü yataklar olarak sınıflandırılırlar. Bu yatak türlerinin bazıları (Şekil 2.6) da verilmiştir.



Şekil 2.6. Boksit yataklarında gözlenen önemli yataklanma şekilleri ve tipik örnekleri [Gökçe, 2000]'den.

### 2.4.3. Türkiye'deki Boksit Yatakları

Ülkemizdeki önemli boksit yatakları Muğla'dan başlayan ve Hatay'a kadar uzanan doğu-batı yönlü Toros kuşağı boyunca yer almaktadır. Türkiye boksit yatakları bakımından zengin bir ülkedir. 200'ün üzerinde boksit yatağı ve zuhuru vardır. Bu yatakların yaklaşık % 95'i Toros kuşağında bulunur. Bunlardan başlıcaları, Muğla ve Milas'ta (diasporit-zımpara), Isparta-Yalvaç-Şarkikaraağaç civarında (demirli boksit), Antalya-Alanya (diasporitik) Antalya-Akseki (böhmitik boksit), Konya-Seydişehir (böhmitik boksit), Bolkardağı-Mersin-Adana bölgesinde (diasporitik), Hatay-Payas ve Gaziantep-İslahiye bölgelerinde (demirli diasporitik) bulunmaktadır (Şekil 2.7). Toros kuşağı boksitleri dışında Zonguldak-Kokaksu bölgesinde (böhmitik), ve Bitlis civarında (disten) yataklar bulunmaktadır [Gökçe, 2000; Temur, 2001]. Türkiye boksit yataklarının toplam rezervi 350 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Dünyada ise boksit yataklarının çoğu sıcak, bol yağışlı tropikal iklimin hakim olduğu ülkelerde bulunmaktadır. Toplam dünya kaynakları 55-75 milyar ton arasında olup bunun % 33 Güney Amerika, % 27 Afrika, % 17 Asya, % 13 Avustralya ve % 10 diğer ülkelerde bulunmaktadır [Esenli, 1999; Gökçe, 2000].



Şekil 2.7. Türkiye Boksit Yataklarının dağılımı [Karadağ, 1987]'den.

#### 2.4.4. Seydişehir-Akseki Bölgesi Boksit Yataklarının Oluşum ve Özellikleri

Seydişehir-Akseki boksit yatakları rezerv ve üretim açısından ülkemizdeki en önemli boksit yataklarının bulunduğu bölgedir. Bölgede irili ufaklı birçok boksit yatağı bulunmaktadır. Bu bölgenin boksitleri karstik boşluklarda oluşmuş, cep tipi yataklardır. Seydişehir ve Akseki bölgesinde bulunan yatakların oluşumu ve kökeni uzun yıllardan beri çalışılmış olmasına karşın halen tartışmalıdır. Fakat yataklar kireçtaşları içinde karstik boşluklarda gözlemlendiği için oluşumun kimyasal kalıntı tipi karstik yataklar şeklinde olduğu, kökenlerinin ise taban kireçtaşları ve bunların bozunmaları sonucu oluşmuş terra-rossa türü topraklar, bölgedeki Seydişehir formasyonlarına ait şistler, bölgedeki ofiyolitik kayalar yada Şarkikaraağaç yöresindeki boksitlerden taşınma gibi oldukça farklı görüşler vardır [Bahçeci, 1987; Karadağ, 1987, 1996; Erkan vd., 1996; Gökçe, 2000]. Yataklar kireçtaşlarının içinde, Alt ve Üst Kretase arasındaki uyumsuzluk yüzeyinde gelişmişlerdir. Senomaniyen yaşlıdır [Temur, 2001]. Alt Kretase'de kırılma tektoniği ile birlikte aynı yaşlı kireçtaşları uygun iklim şartları altında kimyasal ayrışmaya uğramış ve içinde birçok karstik boşluk ortaya çıkmıştır [Karadağ, 1987]. Senomaniyen'de karstik boşluklar boksitle dolmuştur. Üst Kretase kireçtaşları boksitli yüzeyi uyumsuzlukla örtmüştür [Temur, 2001].

Bölgedeki tüm boksit yatakları birbirine benzer kimyasal ve mineralojik özelliklere sahiptir. Boksitlerin mineralojik olarak ana bileşeni böhmit olduğu için bu bölgedeki boksitlerin tümü böhmitik tip yataklar olarak isimlendirilirler. Boksitler içeriğindeki hematit, limonit ve kil (kaolinit) oranlarına göre yer yer farklı renklerde gözlenmektedir.

Bu çalışma kapsamında araziden boksit örnekleri alınarak mineralojik ya da jeokimyasal analizler yapılmamıştır. Önceki yıllarda yapılmış çalışmalarda bölge boksitlerine ait analiz sonuçları verilmiş olduğundan, bu çalışmada daha önceki mevcut analiz sonuçlarından yararlanılmıştır.

[Karadağ, 1987] çalışmasına göre Seydişehir-Akseki bölgesinde bulunan boksitler % 43.1–72.7 böhmit, % 0.3–7.8 diyaspor, % 3.5–22.7 kaolinit, % 0.9–20.4 hematit, % 0.1–9.2 götit, düşük miktarlarda limonit, % 1.3–3.3 anastas ve % 0.3–1 rutil içermektedir. Ayrıca bunların yanında çok az miktarlarda % 0.1–0.9 arasında değişen değerlerde kuvars, % 0.3–1.9 tridimit, % 0.2–7.5 ise kalsit içermektedir.

Seydişehir-Akseki bölgesindeki en önemli boksit yatakları Mortaş, Doğankuzu, Morçukur, Değirmenlik (Kızıлтаş), Çatmakaya boksit yataklarıdır. Bu yataklardan Mortaş yatağı 1997 yılına kadar işletilmiştir Morçukur yatağı ise halen işletilmekte olan tek yataktır. Bunların dışında Kızıllalan ve Değirmenlik bölgelerinde yer alan yataklar ise henüz işletmeye açılmamışlardır. Bu yatakların önemli özellikleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

#### 2.4.4.1. Mortaş ve Doğankuzu boksit yatakları

Mortaş ve Doğankuzu boksit yatakları rezervleri ve konumları açısından Seydişehir- Akseki boksit provensinin en önemli yataklarıdır [Öztürk ve Hanılçı, 1999]. Toroslar'daki en büyük boksit yatağı Doğankuzu yatağıdır. Mortaş boksit yatağı ise bölgede Doğankuzu'dan sonra gelen ikinci büyük yataktır. Açık işletme yöntemi ile her iki yataktan da cevher üretimi yapılmıştır. Bu yataklardan çıkarılan cevher Seydişehir alüminyum fabrikasında işlenmekte ve alüminyum metali üretilmektedir.

Mortaş boksit yatağı Seydişehir ilçesi Madenli köyü sınırları içerisinde, köyün 3 km güneybatısında yer alırken, Doğankuzu boksit yatağı yine Madenli köyü sınırları içerisinde Mortaş boksit yatağının 1 km güneyinde yer almaktadır. Bu yataklar KD-GB doğrultulu ve GB' ya eğimlidirler [Öztürk ve Hanılçı, 1999].

Mortaş boksit yatağı KB-GD yönünde 950 m, KD-GB yönünde ise 350 m uzunluğundaki elipsoid şekilli karstik bir çukurlukta oluşmuştur (Şekil 2.8). Mortaş ve Doğankuzu boksit yatakları ve yakın çevresinin detaylı jeoloji haritası (Şekil 2.9) verilmiştir. Bu yataklar Üst Kretase (Senomaniyen) yaşlı Katrangediği Formasyonu

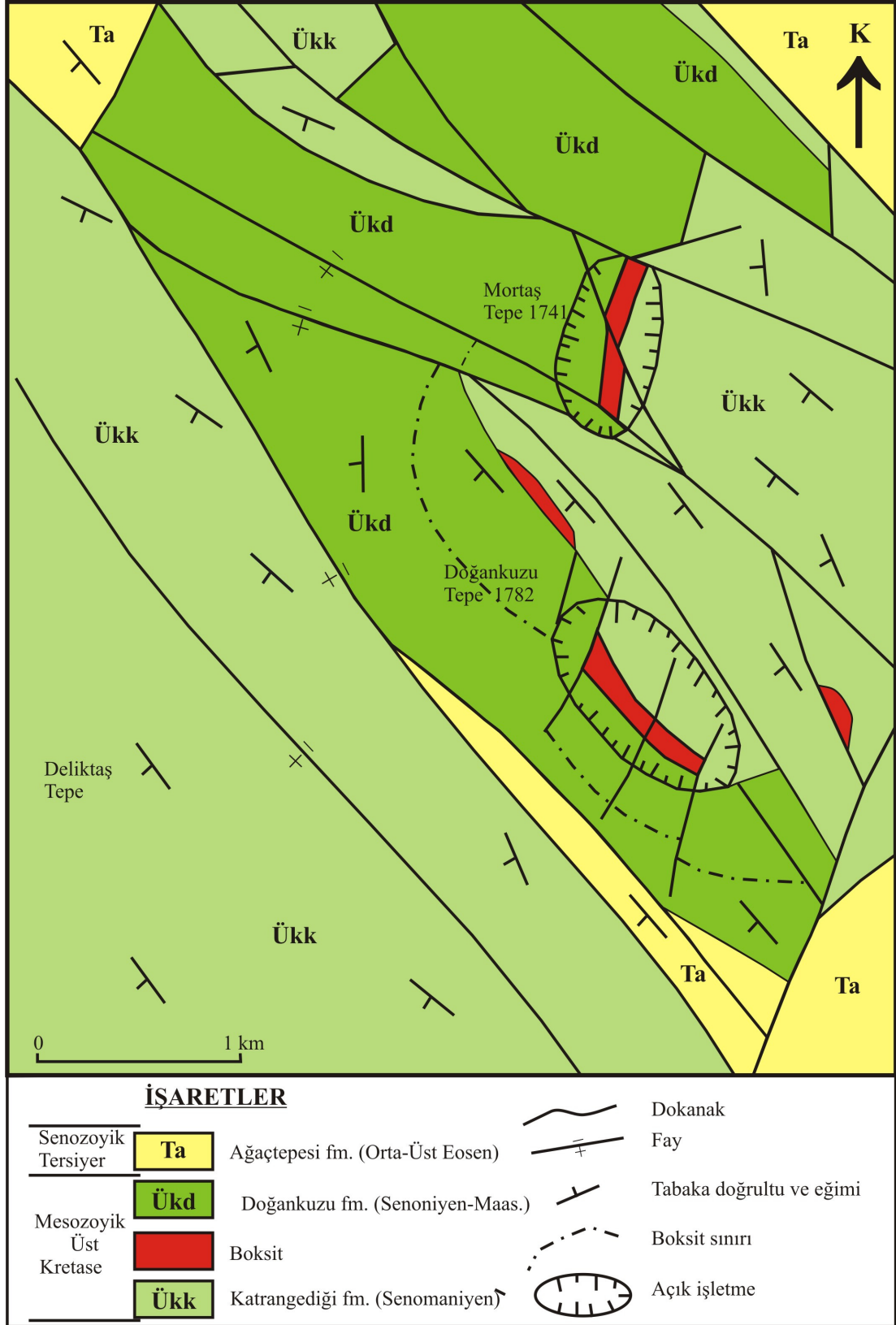
kireçtaşılarındaki paleo karstik çukurluklar içerisinde yer almaktadır [Karadağ, 1987]. Yatakta cevher kalınlığı yaklaşık 40 m'yi bulmaktadır. Mortaş yatağında şu anda üretime ara verilmiş, ancak dekapaj çalışmaları yapılmaktadır. Yatakta ortalama % 56 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeren 10,2 milyon ton toplam rezerv bulunduğu tahmin edilmektedir (sözlü bilgi).



Şekil 2.8. Mortaş boksit yatağından genel bir görüntü.

[Öztürk ve Hanılçı, 1999]'a göre Mortaş boksit yatağının doğrultu ve eğimi Doğanlı yatağına uymakta olup, bu yataklar eğim atımlı normal faylar ile birbirlerinden ayrılmışlardır.

Mortaş boksitleri bölgede bulunan diğer boksitler ile benzer fiziksel özellikler göstermektedir. Yatak içinde boksitler farklı özelliklerde gözlenebilmektedir. Yatağın bir kısmında boksitler masif, sert ve parlak görülürken, bazı kısımlarda killi, kumlu, toprağımsı yapıdadır. Yatakta oolitik ve pizolitik boksit seviyeleri de gözlenmiştir.



Şekil 2.9. Mortaş ve Doğankuzu boksit yatakları ve yakın çevresinin jeoloji haritası [Öztürk ve Hanlçı, 1999]'dan sadeleştirilmiştir.

Doğankuzu boksit yatağı bölgedeki en büyük yataktır. Yatak, % 58  $Al_2O_3$  tenörlü 14,9 milyon ton görünür cevher rezervine sahiptir (sözlü bilgi). Bu yatak uzun eksenini KB-GD yönünde 1.100 m, kısa eksenini ise KD-GB yönünde 400 m olan elipsoidal karstik bir çukurda oluşmuştur. Yatakta boksit zonu kalınlığı 40 m den 1-2 m'ye kadar değişmektedir. Cevherin altında 20–60 cm kalınlığında belirgin tabakalı, krem- sarımsı beyaz renkli kristalize kireçtaşları gözlenmektedir. Tabanda rudistli gri renkli kireçtaşları, tavanda ise daha açık renkli  $CaCO_3$  içeriği yüksek kireçtaşları ve yer yer dolomitleşmeler gözlenmektedir. Yatağın tabana yakın kesimlerinde kireçtaşı elemanlı çakıltaşı ile boksit aralanmaları bulunmaktadır. [Öztürk ve Hamıçlı, 1999; Karadağ, 1987]. Doğankuzu boksit yatağından şu anda üretim yapılmamaktadır.

Doğankuzu boksitleri mortaş boksitlerine göre daha kırılğan ve gevrek yapılıdır (Şekil 2.10). Yine Mortaş yatağında olduğu gibi masif, killi-toprağımsı, oolitlik, pizolitik yapıda boksit seviyeleri gözlenmektedir. Doğankuzu boksitleri demir bileşeni zengin koyu kahve-kırmızımsı renkli boksitlerdir.



Şekil 2.10. Doğankuzu boksit yatağının genel bir görünümü.

#### 2.4.4.2. Değirmenlik boksit yatağı

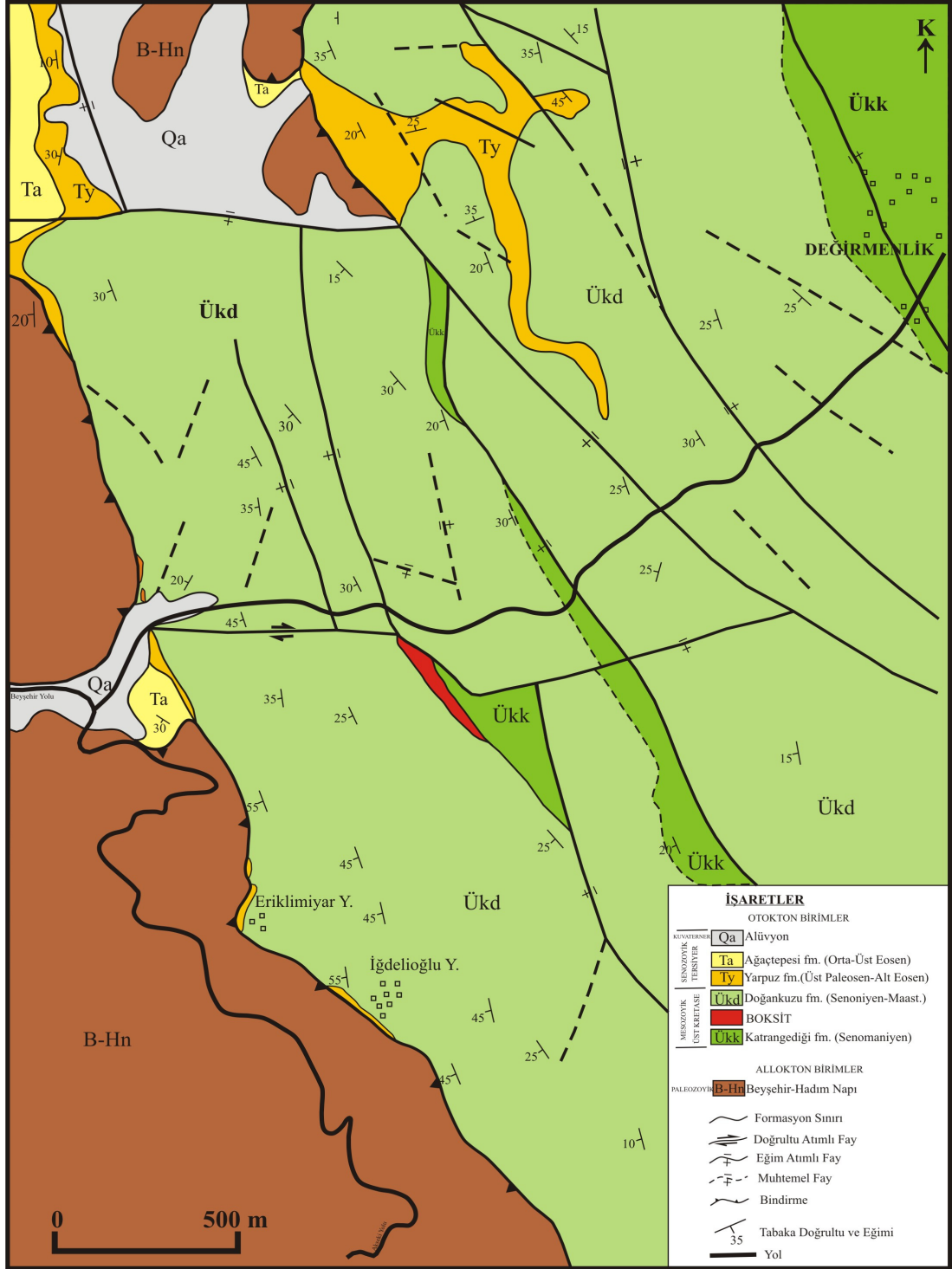
Değirmenlik boksit yatağı Akseki ilçesi Değirmenlik köyü Kızıldaş Mevkii'nde yer almaktadır. Yatak ortalama 1250 m rakımlarında yer almakta ve Giden Gelmez Dağlarından fay ile ayrılmaktadır [Karadağ, 1987]. Günümüzde işletilmeyen bu yatak 300 m uzunluğunda, 25 m genişliğinde KB-GD yönünde mostra vermiştir ve bir fay ile güney kuzey blok şeklinde ikiye ayrılmıştır. Değirmenlik boksit yatağının jeoloji haritası Şekil 2.11' de verilmiştir.

Değirmenlik boksit yatağındaki boksitler homojen bir şekilde gözlenmemektedir. Tabanda boksitik breş seviyesi gözlenmekte iken yataktaki en kalın boksit seviyesini kırıklı, gevrek yapıdaki kırmızı-kahverengi boksitler oluşturmaktadır.

#### 2.4.4.3. Morçukur boksit yatağı

Morçukur boksit yatağı Seydişehir İlçesi'nin Madenli Köyü sınırları içerisinde bulunan ve günümüzde boksit üretimi aktif olan bir yataktır (Şekil 2.12). Buradan çıkarılan cevher Seydişehir Alüminyum tesislerine taşınmakta ve burada metalik alüminyum üretimi gerçekleştirilmektedir.

Yatağın uzunluğu 440 m genişliği 230 m ve maksimum kalınlığı ise 97 m'dir. Cevher KB-GD yönünde uzun eksenli, KD-GB yönünde kısa eksenli karstik çukurluk içinde yataklanmıştır. Taban ve tavan kireçtaşları arasında açısız bir uyumsuzluk yoktur, sadece zaman boşluğu vardır. Tabanda (altta) ince tabakalı Senomaniyen yaşlı Katrangediği Formasyonuna ait kireçtaşları yer alırken, tavanda (üstte) kalın bloklu Üst Kretase'nin Üst kısmı olan Senomaniyen-Maasstrihtiyen yaşlı Doğankuzu Formasyonuna ait kireçtaşları bulunmaktadır. Tabanda boksit çimentolu breşik konglomera seviyeleri gözlenmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.11. Değirmenlik boksit yatağının jeoloji haritası [Karadağ, 1987]'den sadeleştirilmiştir.



Şekil 2.12. Morçukur boksit yatağından genel bir görünüm.

Morçukur yatağında cevher kırmızımsı kahve ve kiremit kırmızısı renklindedir. Cevher genelde oolitik-pizolitik yapıli kütleler halinde, yer yer masif yapıda yer yer gözenekli yapıda ve tabakalı şekilde gözlenmektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Morçukur yatağında gözlenen boksit yapıları (a) oolitik-pizolitik, (b) tabakalı boksit.

#### 2.4.4.4. Kızılalan boksit yatağı

Kızılalan boksit yatağı Akseki (Antalya) bölgesinde ormanlık alan içinde bulunmaktadır. Buradaki cevher üzerinde dekapaj çalışması yapılmamış olduğundan cevher orman içerisinde yer yer yüzeylenmiş cepler şeklinde gözlenebilmektedir. Akseki bölgesi boksitleri de Seydişehir bölgesi boksitleri gibi karstik oluşumlar olup yine Üst Kretase-Senomaniyen yaşlı kireçtaşları içinde çökelmişlerdir [Karadağ, 1987]. Kızılalan boksitleri yer yer kirli sarı, yer yer kahvemsi mor renklerde, benekli ve toprağımsı yapıda gözlenmektedir.

### 2.5. UZAKTAN ALGILAMA

#### 2.5.1. Uzaktan Algılamanın Tanımı

Yeryüzünden belirli uzaklıklara, atmosfer ya da uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm aletleri ile yeryüzünün doğal ya da yapay objeleri konusunda bilgi alma ve değerlendirme tekniğidir. Bu teknikte önemli olan algılamanın objeler ile fiziksel temas olmaksızın yapılmasıdır [Arda, 2006]. Uzaktan algılama elektromanyetik spektrumun mor ötesi- mikrodalga ışınları (bunlar dâhil) arasındaki bölümü kullanır [Tatar ve Tatar, 2006].

Uzaktan algılamanın temel prensibi; her cismin aynı ışık kaynağına farklı dalga boylarında gösterdikleri farklı tepkiler olarak ifade edilebilir. Bu görüşten yola çıkarak uzaktan algılama insan gözünün göremediği dalga boylarından da veri sağlayarak yorumlamaya giden süreçte eldeki veri setini zenginleştirir [MTA].

Uzaktan algılama geniş ve ulaşılması zor alanlarda çalışma imkânı sunar. Kullanıcının hızlı ve doğru bilgi edinmesini dolayısıyla zamandan tasarruf etmesini sağlar. Yöntem elde edilen verilerin bilgisayar ortamında depolayabilme, tekrar kullanabilme, aynı görüntülerin değişik amaçlara yönelik kullanabilme imkânı sağlar.

Uzaktan algılama bu özellikleri ile meteoroloji, oşinografi, jeoloji, jeomorfoloji, jeodezi, topografya, kartografya, ziraat, ormancılık, botanik, hidroloji,

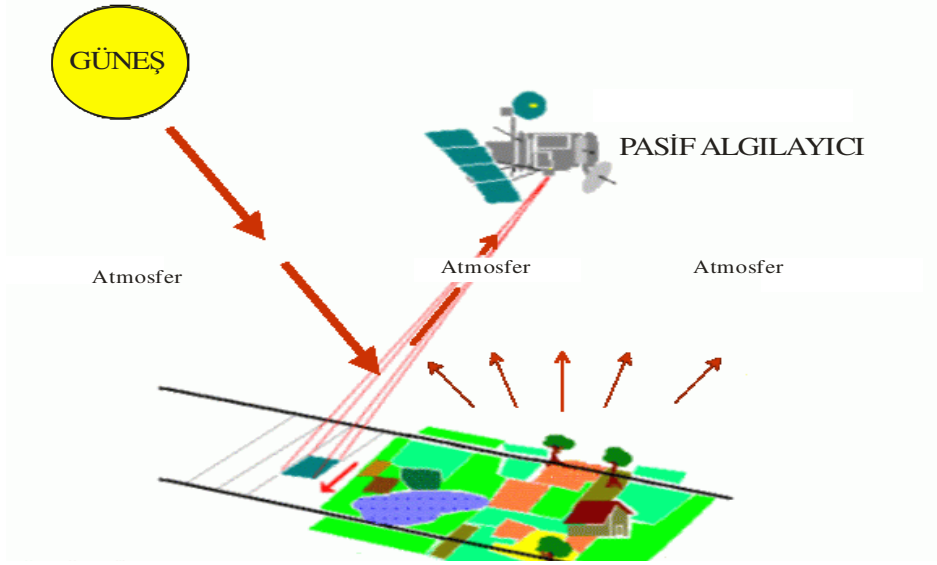
değişim saptanması, askeri vb. alanlarda yapılan çalışmalarda uygulanmaktadır. Jeolojik çalışmalarda yeryüzü şekillerinin incelenmesi, doğal afetler, yapısal jeoloji, tektonik çalışmalar, özellikle doğal kaynakların incelenmesi ve aranması gibi kullanım alanları bulunmaktadır.

Uzaktan algılamanın maden aramalarındaki uygulamalarında ise görüntüler, maden yataklarının yoğunlaştığı yerler olan fayların, kırıkların ve genel jeolojinin haritalanmasında ve tayfsal imzalarından yararlanılarak mineral zenginleşmesine sahip kayaçların belirlenmesinde ve böylelikle olası maden alanlarının tespitinde kullanılır [Esat, 2009].

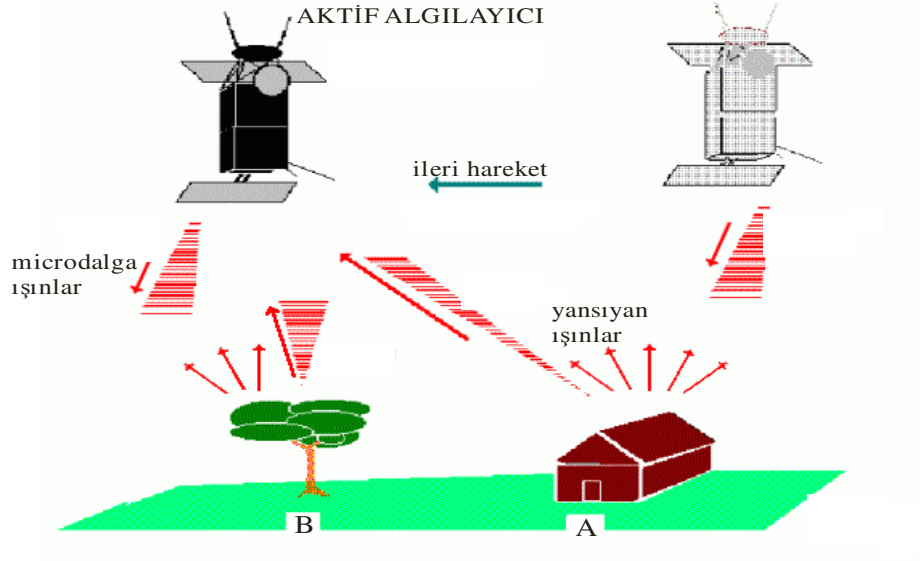
Uzaktan algılama uyduları kullanım alanlarına göre haberleşme, hava tahmini, askeri, GPS, uzay araştırmaları, yer gözlem amaçlı uydulardır. Yer gözlem uydusu olan ülkeler ABD, Rusya, Kanada, Hindistan, İsrail, İsveç, Japonya, Türkiye, Kore, Fransa, Çin'dir.

Uzaktan algılama genel olarak aktif ve pasif uzaktan algılama olmak üzere iki gruba ayrılır. Bunlardan pasif uzaktan algılama, tamamen doğal yollarla güneşten yayılan elektromanyetik radyasyonun cisimler ve yüzeylerle etkileşimde bulunarak onların fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında istenilen bilgileri sağlama yöntemidir. Pasif algılayıcılar atmosferik şartlardan etkilenirler, uygun güneş açısı olan koşullarda etkindirler. Landsat, ASTER, Spot, Ikonos multispektral tarayıcıları pasif algılama araçlarına örnektir (Şekil 2.14).

Aktif uzaktan algılama ise, algılayıcıların kendi sahip oldukları elektromanyetik enerji kaynağından cisim ya da yüzeye yapay olarak gönderdikleri enerjinin yansıdıktan sonra analiz edilmesiyle tanımlanır. Aktif algılayıcıların avantajı gece çekim yapabilmeleri, bulut ve atmosfer koşullarından etkilenmemeleridir [Kalelioğlu, 2005]. Radar (Radio detection and ranging) tekniği bu yöntem için en iyi örnektir (Şekil 2.15). Aktif uzaktan algılamanın avantajı herhangi bir zamanda güneşe bağlı kalınmaksızın uygulanabilmesidir.



Şekil 2.14. Pasif Algılayıcı (ESA).



Şekil 2.15. Aktif Algılayıcı (ESA).

Uzaktan algılama çalışmaları çoğunlukla pasif uzaktan algılama şeklinde yürütülmekte olmasına karşın son yıllarda aktif algılayıcı olan radar kullanımı artmış durumdadır.

### 2.5.2. Uzaktan Algılamının Tarihsel Gelişimi

Uzaktan algılama insanlığın varlığı ile beraber başlanmış bir kavramdır. İnsanların yüksek bir yerden çevresini gözlemlemesi ve yaşamı ile ilgili gereksinimlerini karşılama yolunda değerlendirmeler yapması, fikir edinmesi, bilgi toplaması uzaktan algılamının tarihsel süreç içindeki ilk uygulamalarıdır.

1860'lı yıllarda fotoğrafçılık keşfi ile ABD' de 630 m yükseklikte uçurulan bir balon ile havadan ilk fotoğraf çekimi yapılmıştır. 1903 yılında yine ABD'de ilk motorlu araç havada uçurulmuştur. Zaman içinde teknoloji ve bilimin gelişmesiyle uçaklar, roketler, uydular kullanılmaya başlanmıştır bu sayede insanlar Dünya dışında uzaydan çalışmalar yapma imkânı bulmuşlardır.

Modern anlamda uzaktan algılama kavramı 1950'li yılların başlarında gündeme gelmiştir. 1957'de Rusya'nın fırlattığı ilk yapay yer uydusu olan Sputnik1'in uzaya fırlatılması ile uzaktan algılama kavramı ortaya çıkmıştır. İnsansız Sputnik1 uydusu yüksekliği 229–946 km arasında değişen yörüngede Dünya çevresinde 21 gün dolaşmış ve parçalanmıştır. Sovyetler birliği uzaya ilk insanı J.A. Gagarin'i Vostok1 uydusu ile 1961 tarihinde göndermiştir. E.Aldrin ve N. Armstrong isimli astronotlar 21 Temmuz 1969 tarihinde Apollo 11'in Ay modülü ile Ay'a inen ve ayak basan ilk insanlardır [Tatar ve Tatar, 2006].

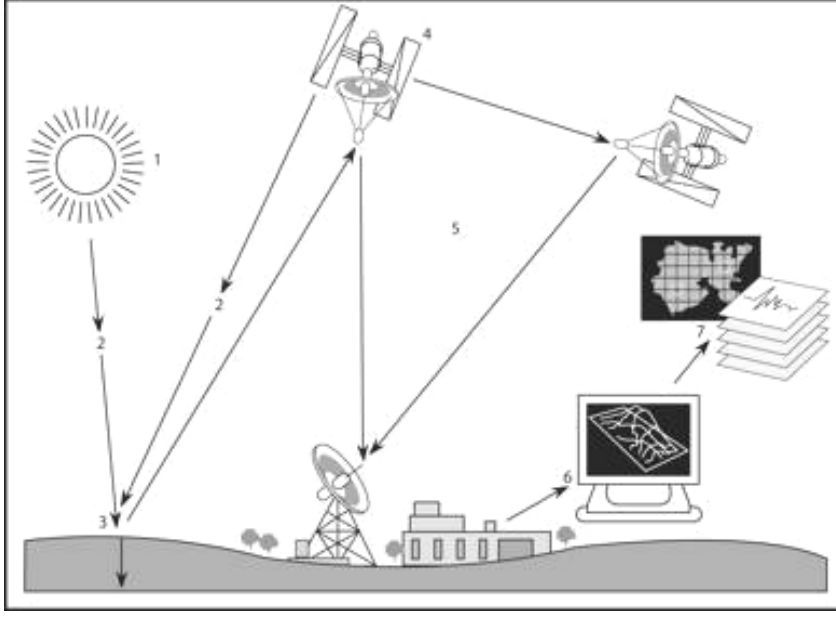
İnsanların uzay konusundaki çalışmaları gelişen bilim ve teknolojiye paralel olarak hızlı bir şekilde devam etmiştir. I. Dünya savaşı yılları hava fotoğrafı teknolojisinin en çok geliştiği dönemdir. Özellikle II. Dünya savaşında düşman kuvvetleri hakkında istihbarat amaçlı uçaklardan çekilen hava fotoğrafları uzaktan algılamının gerçek çalışmalarıdır. Ayrıca bu dönemde elektromanyetik spektrumun gözle algılanamayan aralıklarındaki çalışmalar yüksek bir ivme kazanmıştır. Bu teknolojinin pratikte uygulaması ise (kızılötesi hava fotoğrafları, uydu görüntüleri vb.) daha sonraki yıllarda gerçekleşmiştir.

1972 yılında ilk uzaktan algılama uydusu olan Landsat1 uzaya gönderilmiştir. ABD tarafından başlatılan ve özellikle yer kaynaklarını incelemeye yönelik olan Landsat programı ciddi anlamda uzaydan yapılan ilk uzaktan algılama programıdır. Landsat bugünkü dünya yörüngeli uzaktan algılama uydularının ilk ve temel örneğidir. 1980 ve 1990 yılları arasında hiperspektral uzaktan algılama teknolojileri geliştirilmiş, 1990 ve sonrasında uzaktan algılamada mekânsal ve spektral çözünürlük düzeyleri arttırılmış IRS, IKONOS, Quickbird gibi uydular kullanılmaya başlanmıştır. 80'li yıllarda Landsat uydusunda 80 m ile başlayan yersel çözünürlük 2001 yılında Quickbird uydusuyla 0.6 m' ye kadar yükselmiştir. Uzaktan algılama amaçlı uzay çalışmalarına Rusya, Amerika ve Fransa'dan başka Avrupa Ülkeleri ve Hindistan, Çin, Brezilya gibi birçok ülke zaman içinde katılmıştır.

Jeolojide uzaktan algılama tekniklerinin uygulamaları ise, foto jeoloji çalışmalarında hava fotoğraflarının kullanılması ile birlikte uzun bir zaman periyodundan günümüze kadar devam etmektedir. Günümüzde yeryüzü hakkındaki bilgilerin pek çoğu uydulardan elde edilmektedir. Hava fotoğraflarından farklı olarak, uydu yörüngelerindeki yüksekliklerin sağladığı geniş görüş, uydu sistemlerinin veri toplama hızı ve kullanılan spektral band sayısı nedeniyle yeryüzü hakkında çok tekrarlamalı ve çok fazla sayıda verinin ekonomik olarak elde edilmesi mümkündür. Günümüzde hızla gelişmekte olan uydu sistemleri sayesinde uydu görüntüleri muhteşem çözünürlük ve renk bileşimi zenginlikleriyle üstünlük kazanmıştır. Radar ve hiperspektral görüntülerin kullanımının yaygınlaşması çalışmalara oldukça detaylı veriler sağlamaktadır.

### 2.5.3. Uzaktan Algılama Sisteminin Temel Bileşenleri

Bir uzaktan algılama sistemi; enerji kaynağı, enerji atmosfer etkileşimi, enerji madde etkileşimi, algılayıcılar, platformlar, yer istasyonları ve kullanıcılardan oluşur (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Bir Uzaktan Algılama Sistemi [Tindall, 2006].

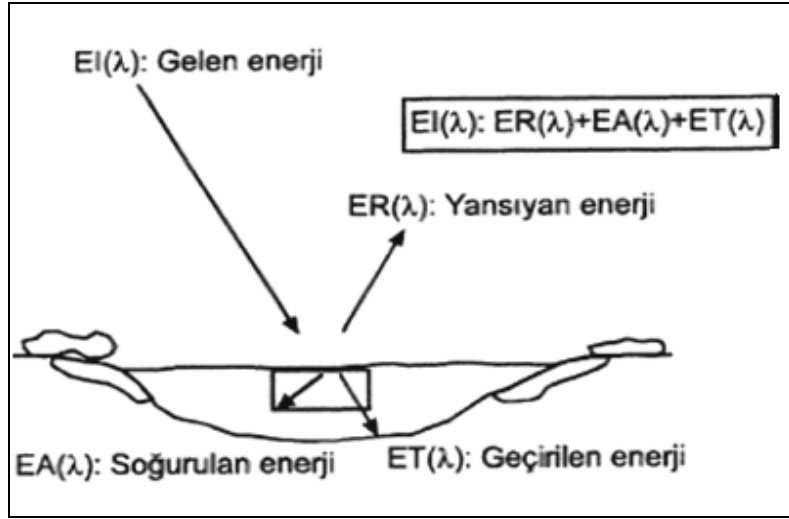
**Enerji Kaynağı:** Uzaktan algılama çoğunlukla güneş enerjisini kullanır. Güneş enerjisi, elektromanyetik dalgalar halinde sabit ışık hızı ile yeryüzüne ulaşmaktadır [Dinç vd., 2001]. Yeryüzüne ulaşan enerji objelere çarparak geri yansır ve yansıyan enerji uydular tarafından algılanarak uydu görüntüleri oluşturulur.

**Enerji-Atmosfer Etkileşimi:** Elektromanyetik enerji atmosferden geçerken, atmosfer bileşenleri ile etkileşime girer. Bu etkileşimin derecesi ışınların atmosferden geçtiği yolun uzunluğuna, ışınların dalga boylarına ve atmosferin söz konusu kesimdeki bileşimine bağlı olarak değişir. Atmosferin elektromanyetik enerji üzerindeki etkilerinden biri ışınların saçılması, diğeri atmosfer tarafından soğurulmasıdır. Saçılma, atmosfer bileşenleri ve özellikle büyük çaplı gaz molekülleri tarafından ışınların çeşitli yönlere dağıtılmasıdır. Soğurma, atmosfer bileşenlerinin enerjinin bir kısmını yutması ve dolayısıyla yere ulaşacak enerjiyi azaltmasıdır [Tatar ve Tatar, 2006].

**Hedef ile Etkileşim:** Atmosferden geçen enerji yeryüzü hedeflerine temas ettiğinde burada yüzey ya da cisimlerin fiziksel özelliklerine göre bir miktar soğurulur, geri yansıtılır veya kendi yapısı içerisinde iletilir ve ısı olarak yayılır. Uzaktan algılama sistemleri cisimlere çarparak geri yansıyan enerjiyi algılar.

Yansıma (reflection) gelen enerjinin belli kurallara göre geri dönmesidir. Geçirme (transmission) enerjinin cisim içinde yayılması ve bir kısmının cisim içinden geçmesidir. Soğurma (absorbtion) ise gelen radyasyonun kısmen veya tamamen yutulurak ısı gibi diğer enerji şekillerine dönüşmesi olarak tanımlanabilir [Kavak, 1998].

Bu etkileşimler bir su kütlesi üzerinde Şekil 2.17’de gösterilmiştir. Su üzerine gelen enerjinin ( $E_I$ ) bir kısmı yansımakta ( $E_R$ ), bir kısmı cisim tarafından soğurulmakta ( $E_A$ ) ve geçirilmektedir [Kavak, 1998].



Şekil 2.17. Elektromanyetik Enerji ile Yeryüzü Özellikleri Arasındaki Enerji Etkileşimi [Kavak, 1998].

**Algılayıcılar ve Platformlar:** Cisimlerle fiziksel temas kurmaksızın onların özellikleri hakkında veri algılayabilen ve bu verileri kaydedebilen gereçlere algılayıcılar (sensors) denilmektedir. Uzaktan algılamada algılayıcıları pasif algılayıcılar ve aktif algılayıcılar olmak üzere iki gruptur. Platformlar ise algılayıcıların üzerlerine yerleştirilmiş olduğu sistemlerdir. Uzaktan algılamada kullanılan platformlar kule, balon, uçak, uydular vb. olabilir.

**Verinin iletimi:** Uydular ve algılayıcılar tarafından kaydedilen verilerin telemetrik yoldan Dünya’ya iletilir. Bu verileri alan, arşivleyen ve kullanıcılara

ulaştıran donanımlara sahip kurumlar yer istasyonları olarak tanımlanır. Uydulardan alınan veriler yer istasyonlarında uydu görüntülerine dönüştürölür.

**Yorumlama ve Analiz:** Uydu görüntüleri, kullanıcılar (kişi ve kurumlar) tarafından bilgisayar programlarında dijital görüntü işleme işlemleri olarak adlandırılan değişik işlemlere tabi tutulur. Görüntü görsel, dijital ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlar elde edilecek veriye sahip olunur.

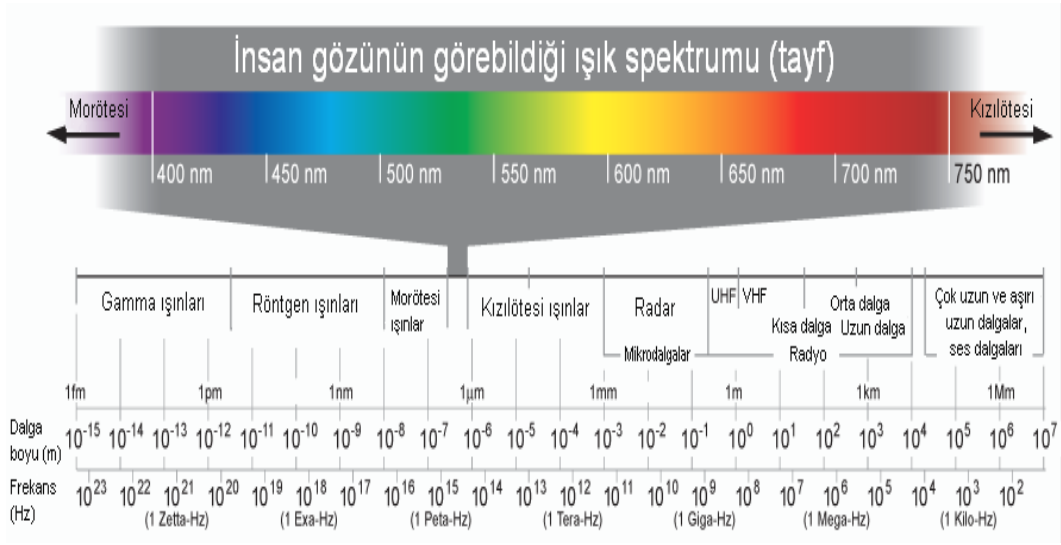
**Ürünler:** Dijital görüntüleme yapılan işlemler sonucu elde edilen veriler yorumlanarak birçok bilim dalında, çeşitli çalışmalarda kullanılmak üzere tematik haritalar, üç boyulu modeller vb. ürünler elde edilir.

#### 2.5.4. Elektromanyetik Enerji ve Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik enerji herhangi bir objeden yayılan elektrik enerjisi ve manyetik enerji bileşiminden oluşan bir enerji türüdür. Uzaktan algılama çalışmaları için en önemli enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş enerjisi evrende radyasyon (ışınım) yoluyla yayılır [Tatar ve Tatar, 2006].

Elektromanyetik ışınlar, atmosfer, su ve başka ortamlardan değişik oranlarda geçebildikleri gibi uzay boşluğundan da geçebilen tek enerji türüdür. Bu nedenle, uzaktan algılama tekniği uzaydan elektromanyetik dalgalarla uygulanabilmektedir.

Elektromanyetik enerji kaynaklarından dalgalar halinde yayılan enerjinin dalga boyları değişkendir. Dalga boylarındaki bu değişkenlik Elektromanyetik Spektrum ile tanımlanır. Elektromanyetik Spektrum (tayf), elektromanyetik ışınların en küçükten en büyüğe doğru dalga boylarına, ya da en büyükten en küçüğe doğru frekanslara göre, topluca ve kesintisiz olarak sıralanışını içeren bir tür grafiktir (Şekil 2.18) [Tatar ve Tatar, 2006].



Şekil 2.18. Elektromanyetik Spektrum [Kalelioğlu, 2006].

Elektromanyetik Spektrumda ışınlar dalga boylarına göre değişik isimlerle adlandırılan bölümlerden oluşmaktadır. Bunlar gama ışınları, X-ışınları, mor ötesi (UV) ışınlar, ışık ışınları, kızılötesi ışınlar (yakın kızılötesi- kısa dalga kızılötesi, orta ve uzak kızılötesi), mikrodalga ışınlar ve radyo dalgalarıdır. Elektromanyetik spektrumda dalga boyları bina mertebesinde uzunluğa sahip radyo dalgalarından bir atom çekirdeği mertebesindeki kısa dalga boylarına kadar uzanır. Elektromanyetik Spektrum içinde insan gözünün algıladığı dalga boyları 0.4-0.7 µm arası olup, bu aralık spektrumun sadece çok küçük bir bölümünü kapsamaktadır [Sabins, 1996].

Tüm cisimler elektromanyetik dalga şeklinde enerji yayarlar, yansıtırlar, soğururlar veya geçirirler. Bu cisimler için karakteristik olup onlar hakkında bilgi vermektedir [Dinç vd., 2001]. Enerji Spektrometre adı verilen aletler ile ölçülür ve ölçüm yapılan madde ya da cismin moleküler özelliklerine bağlı olarak değişen yansıma değerlerine göre spektral yansıma eğrileri oluşturulur. Spektrometre, doğal (güneş ışığı) veya yapay ışığın minerallerden veya maddelerden yansıma ve absorbe olma değerlerini ölçen ve bu ölçümleri grafiksel olarak sunan bir araçtır. Spektrometre 400-2500 nm (0,4–2,5 µm) arasındaki elektromanyetik spektrum değerini ölçmektedir.

Mineraller atomik, kristal yapısına ve kristal kompozisyonlarına bağı olarak farklı yansıma değerleri vermektedir. Yeryüzündeki objelerin µm cinsinden dalga boyu veya yansıma yüzdesinin mikron olarak X-Y koordinatı cinsinden grafiksel olarak gösterimi yansıma spektrumu olarak tanımlanmaktadır. Uzaktan algılama çalışmalarında spektral grafiklerden yararlanarak belirlenen bantlar üzerinde uygulanan dijital görüntü işlemleri ile daha sağlıklı analiz sonuçları elde edebilmektedir.

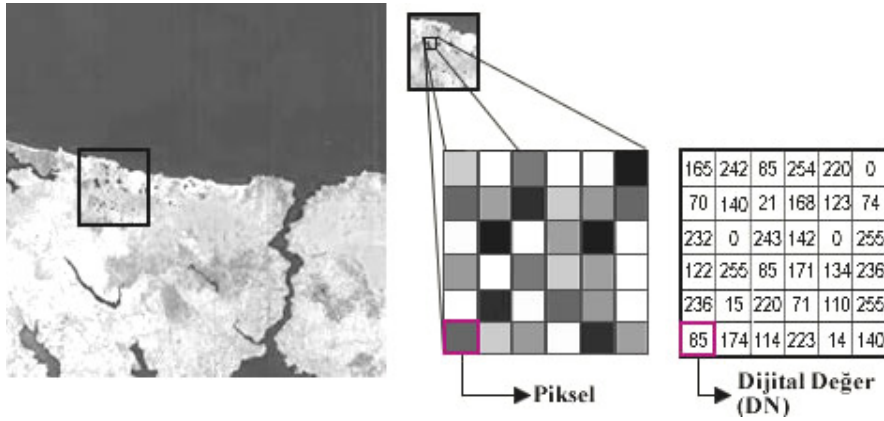
#### 2.5.5. Dijital Görüntü ve Özellikleri

**Renk:** Frekans veya dalga boylarına bağı olarak, cisimler tarafından yayılan veya yansıtılan elektromanyetik ışınların, sağlıklı bir insan gözü tarafından algılanma biçimidir [Tatar ve Tatar, 2006]. Bir radyasyon kaynağından yayılan ışık homojen değildir. Farklı dalga boylarına sahip farklı renklerin yaklaşık olarak eşit miktarda karışımından meydana gelmiştir. İnsan gözü sadece görünür bölgedeki dalga boylarını algılamaktadır. Bunlar spektrumda görünür bölgede yedi farklı renk (Kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert, mor) olarak tanımlanır.

Optik görüntüler oluşturulurken, sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi bantlara ait görüntüler bilgisayar ekranında görüntülendiğinde doğal renkli görüntü (gerçek görüntü), diğer tüm band kombinasyonlarının görüntülenmesi durumunda ise yapay renkli (false colour) görüntü elde edilir. Yapay görüntüler, özellikle insan gözünün duyarlı olmadığı (ör: kızılötesi) bir spektral bölgedeki yansımaya ilişkin bilgi sağlayarak gözün algılamadığının görünür hale getirildiği görüntüler olup bazı uygulama alanları için büyük öneme sahiptirler [İTÜ-UHUZAM].

**Dijital Görüntü:** Dijital görüntüler, yatay ve dikey biçimde yan yana sıralanmış piksellerden oluşur. Bir uzaktan algılama sisteminde algılayıcı enerjiyi (ışığı) algılar, ölçer ve miktarını bilgisayarın okuyabileceği bir sayıya çevirir. Yörüngedeki uzay aracı bu kodları sinyaller ile yeryüzündeki uydu yer istasyonuna gönderir. Bu sinyaller alınarak sayı dizilerine çevrilir, sıra ve sütunlar bir gri değerine denk gelen sayı ile ifade edilir ve bir dijital görüntü oluştururlar.

**Piksel:** Dijital görüntüyü oluşturan satır ve sütunların kesişim noktalarıdır. Her piksele ait olan ve temsil edilen alandan gelen ortalama ışınımı veren değer DN (Digital Number) ile gösterilir. Görüntünün piksel değerlerinin belirli aralıklarda olması, meydana gelen görüntünün niteliğini değiştirir. Örneğin DN değerleri genellikle 0–255 arasında olan bir görüntüde (Şekil 2.19) 0 siyah, 255 beyaz renge karşılık gelir ve görüntü 256 adet gri tondan oluşmuştur [İTÜ-UHUZAM].



Şekil 2.19. Dijital Görüntünün Piksel Değerleri [İTÜ-UHUZAM].

Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan sayısal değerlerle ifade edilen veriler raster ve vektör veriler olmak üzere iki şekildedir.

**Raster veri:** Mekâna ait bir özelliği belli ölçülerdeki bir alan (hücre-piksel) veya alanlar ile tanımlayan verilerdir [Turoğlu, 2000]. Resim içindeki her bir hücrenin mekânsal özelliklerini temsil eden bir rakamsal değeri vardır. Uydu görüntüleri ve taranmış haritalar raster verilere örnektir [Arda, 2006].

**Vektör veri:** Vektör veriler üç farklı unsurdan (nokta, çizgi ve poligon) oluşur. Noktalar herhangi bir boyut içermezler ve sadece bir koordinat değeri ile ifade edilirler. Çizgiler iki noktanın birleşmesi sonucu elde edilen doğrusallıklardır. Poligonlar ise, bir alan oluşturan çizgiler bütünüdür [Turoğlu, 2000; Arda, 2006].

**Çözünürlük:** Çözünürlük bir görüntüleme sisteminde kayıt edilen detayların ayırt edilebilirlik ölçüsüdür. Uzaktan algılamada uydu görüntüleri için

yersel, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük olmak üzere dört farklı çözünürlük türü tanımlanmaktadır.

**Yersel (alansal) Çözünürlük:** Yersel çözünürlük görüntü üzerinde seçilebilen en küçük cismin boyutuyla tanımlanır. Sayısal fotoğraf ve görüntülerde yersel çözünürlük içerdikleri piksellerin boyutuyla sınırlıdır, yani görüntü üzerinde ayırt edilebilen en küçük objenin boyutları piksel boyutlarından daha küçük olamaz.

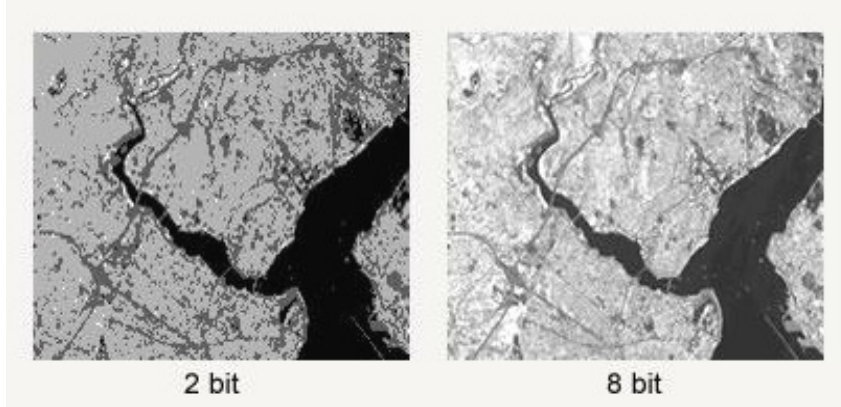
Yersel çözünürlük algılayıcı gerecin nitelikleri, algılama yörüngesinin yüksekliği, görüntü karesi alanının büyüklüğü gibi etkenlerin bir fonksiyonudur [Tatar ve Tatar, 2006]. Farklı uydulara ait farklı çözünürlüklerdeki görüntüler (Şekil 2.20)'de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2.20. Solda 1 m çözünürlükteki İkonos görüntüsü (Trabzon), Sağda 20 m çözünürlükteki Spot-5 görüntüsü (Lübnan), [İnta Space Türk].

**Radyometrik Çözünürlük:** Radyometrik çözünürlük; algılayıcı cihazın, araziden gelen farklı yoğunluktaki ışınlar arasında algılayabildiği, yani diğerlerinden ayırt edilecek şekilde kaydedebildiği en düşük yansıma değeriyle tanımlanan bir kavramdır [Tatar ve Tatar, 2006]. Radyometrik çözünürlük, bir görüntüleme sisteminin, enerji farklılıklarını ayırt edebilme yeteneğini gösterir. Enerji farklılıkları ayırt edilmesi mümkün olan gri tonun sayısına denk gelir [Güler, 2009]. Örneğin Şekil 2.21'de 2 bitlik ve 8 bitlik iki uydu görüntüsü verilmiştir. 2 bitlik görüntü  $2^2=4$  gri renk tonu içermekte iken 8 bitlik görüntü  $2^8=256$  gri renk tonundan oluşmaktadır. 8 bitlik görüntünün radyometrik çözünürlüğü daha yüksektir, daha fazla renk tonu

içerdiğinden detaylar ayrıntılı görülebilmektedir. Bit sayısı azaldıkça radyometrik çözünürlük azalmaktadır.



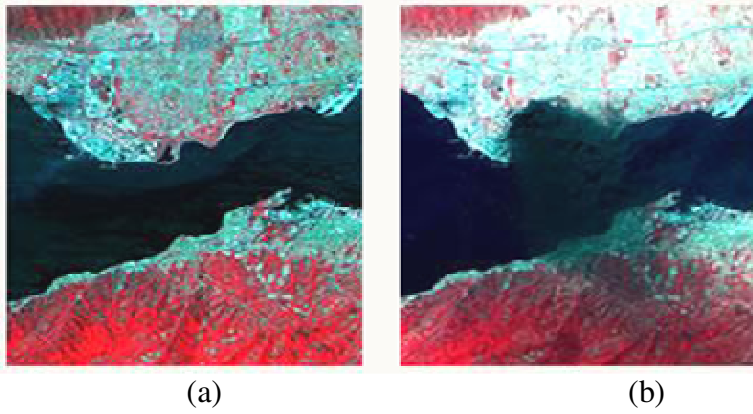
Şekil 2.21. Farklı radyometrik çözünürlüklerdeki görüntüler [İTÜ-UHUZAM].

**Spektral (tayfsal) Çözünürlük:** Spektral çözünürlük bir algılayıcının elektromanyetik spektrumdaki belli bazı dalga boyu aralıklarında algılanmış görüntülerini ifade eder [Duran, 2007]. Ölçülen dalga boyu dizisinin farklı bölümlerini ayırt etme kabiliyeti ya da algılayıcıların yansıma enerjisini topladıkları dalga boyları arasındaki aralık veya genişlik olarak adlandırılır. Bu aralık dar ise spektral çözünürlük düşük, geniş ise yüksektir. Landsat TM uydusu 7 band, ASTER uydusu 14 banda sahiptir [Kalelioğlu, 2005]. Spektral çözünürlüğün iyi olması bir kanal ya da bandın algıladığı dalga boyu aralığının küçük olduğunu gösterir.

Son yıllarda uydu teknolojisinin gelişmesiyle spektral çözünürlüğü çok yüksek olan hiperspektral görüntüler ile daha ayrıntılı çalışmalar yapılabilmektedir. Hiperspektral görüntüler çok sayıda spektral banttandır (Örn: 224 adet) oluşmaktadır. Bu görüntülerin kullanılarak yapılan uzaktan algılama tekniğine hiperspektral algılama denilmektedir.

**Zamansal Çözünürlük:** Uydunun taramış olduğu bir alanı tekrar tarayınca kadar geçen zaman olarak tanımlanabilir [Arda, 2006]. Zamansal çözünürlüğü yüksek olan görüntüler yeryüzündeki zamana bağlı değişimlerin belirlenmesinde önemli rol oynar.

Aynı alandan 12 saatte bir geçen uydu, 16 günde bir geçen uyduya göre, o alandan daha sık bilgi toplar. Ne kadar sık bilgi toplanırsa o alandaki değişimler daha rahat gözlemlenir [Güler, 2009]. Şekil 2.22’de İzmit depreminden önce Spot uydusundan alınmış bir görüntü ve deprem sonrası yine aynı bölgeye ait bir görüntü görölmektedir.



Şekil 2.22. Zamansal çözünürlük (a) depremden önceki görüntü, (b) depremden sonraki görüntü [İTÜ-UHUZAM].

#### 2.5.6. Dijital Görüntü İşleme Teknikleri

Uzaktan algılama çalışmalarında birçok görüntü işleme ve analizi yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden uygulanacak olan seçim, yapılan çalışmanın hedefleri doğrultusundadır. Uzaktan algılamada dijital görüntülerin işlenebilmesi için öncelikle görüntüler kaydedilebilir, sayısal ortamlarda olmalıdırlar bunun haricinde görüntüleri işleyebilmek ve yorumlayabilmek için uygun yazılım ve donanımlar gereklidir. Özel programlar ile bilgisayar ortamında piksellerin sayısal değerleri üzerinde sistematik değişiklikler yapılması, görüntülerin işlenmesi ve yorumlanmasının temelini oluşturur. Bu amaca yönelik özel olarak hazırlanmış ticari yazılım paketleri kullanılır. Bu yazılımlardan en yaygın olarak kullanılanlar Erdas İmagine, Er Mapper, TNT Mips, ENVI, IDRISI, vb. programlardır.

Dijital görüntü işleme oldukça ayrıntılı bir konudur ve daha çok matematiksel olarak kompleks olabilecek işlemleri içerir [Lillesand and Kiefer, 1994]. Görüntü işleme teknikleri genel olarak 4 grupta toplanabilir: bunlar ön

işlemler, görüntü zenginleştirme, görüntü dönüşümleri, görüntü sınıflandırma ve analizidir.

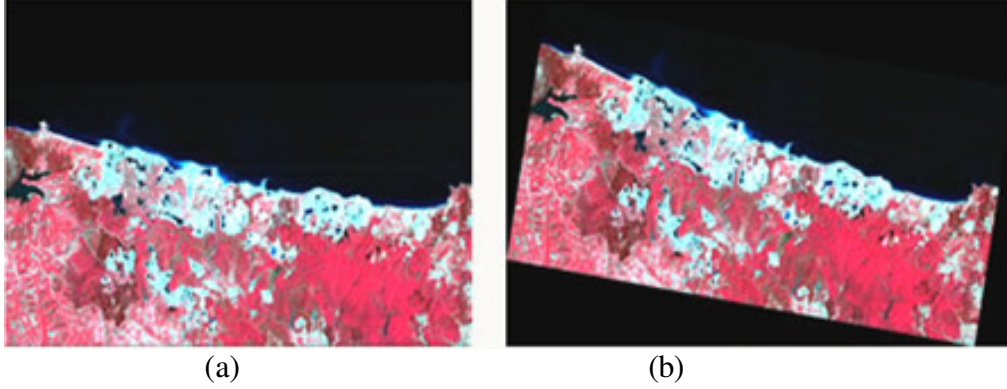
#### 2.5.6.1. Ön işlemler (preprocessing)

Ham görüntü üzerine yapılan ilk işlemler radyometrik ve geometrik düzeltmelerdir. Görüntü rektifikasyonu ve düzeltmesi olarak tanımlanan bu işlemler dijital görüntülerdeki bozuklukları düzeltmek, görüntüyü gerçeğe uygun hale getirmek için yapılan işlemleri kapsar [Lillesand and Kiefer, 1994].

Radyometrik düzeltmeler, bilgilerdeki düzensiz ve yanlış algılamalara neden olan atmosferik etkilerin giderilmesini ve algılayıcılar tarafından algılanan radyasyondan, objeleri tam olarak temsil etmeyen yansımaların düzeltilmesi ya da elemine edilmesini içerir [Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2002]. Geometrik düzeltme (Geometric Restoration) ise algılayıcı sistem tarafından algılanan görüntü elemanlarının gerçek dünya koordinatlarına dönüştürülmesi işlemidir (Şekil 2.24). Bu işlem geometrik bozuklukları önleme amacıyla, kalibrasyon datası kullanılarak görüntü koordinat sistemi ile jeografik koordinat sistemi arasında ilişkinin oluşturulmasıdır. Normal şartlarda orijinal uydu görüntüleri, sistematik veya sistematik olmayan geometrik bozukluklar içerdiğinden dolayı harita amaçlı kullanılmazlar. Bu bozuklukların nedeni uydunun bulunduğu konum, algılayıcı platformun hızındaki değişimler, yeryüzü eğriliği ve atmosferik etkenlerdir. Bu işlem ile tüm bu bozukluklar giderilerek görüntüye haritasal doğruluk kazandırılır ve görüntü tanımlı bir coğrafik konuma oturtulur. Geometrik düzeltme için ilk önce görüntü üzerinde iyi dağılmış yer kontrol noktaları (ground control points-GCP) konumlandırılır. Yer kontrol noktaları, hem görüntü hem de yer koordinatları (haritadan ölçülmüş enlem/boylam değerleri) bilinen noktalardır.

Düzeltilecek görüntüdeki nokta koordinatları yer kontrol noktalarının koordinatları ile tanımlanırken yapılan işleme rektifikasyon, bu işlem iki görüntünün aynı noktalarını eşleştirme ya da bir görüntüyü diğerine göre düzeltme şeklinde yapılıyor ise geometrik kayıt denilmektedir. Topoğrafik olarak engebelerin fazla

olduğu bir arazide çalışılıyorsa sadece rektifikasyon yeterli değildir, orthorektifikasyon adı verilen ve sayısal yükseklik modeli ile görüntünün birleştirilmesi sonucu düzeltilmiş bir topoğrafik harita ya da başka bir görüntü ile eşleştirme yapılması gerekmektedir [MTA]. Şekil 2.23’de ham görüntü ve geometrik düzeltmesi yapılmış görüntü örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.23. (a) Orijinal Landsat görüntüsü, (b) geometrik olarak düzeltilmiş Landsat görüntüsü [İTÜ-UHUZAM].

#### 2.5.6.2. Görüntü zenginleştirme (Image Enhancement)

Görüntünün görsel olarak daha iyi yorumlanabilmesi ve anlaşılabilmesi için yapılan işlemlerdir. Günümüzde çok sayıda görüntü zenginleştirme yöntemleri geliştirilmiştir ve kullanılacak zenginleştirme yöntemi çalışma amacına göre uygun seçilir. Görüntü zenginleştirme için kontrast zenginleştirme (parlaklık-histogram değişimleri) veya mekânsal iyileştirme (filtreleme) metotlarından sadece birini veya her ikisini de aynı anda kullanarak yapılabilir. Kontrast zenginleştirmede histogram değişimleri yani herhangi bir görüntüdeki yansıma (parlaklık) değerlerinin grafiksel tanımıdır. Grafikte, yansıma değerleri (0–255) X-ekseni üzerinde ve bu değerlerin görüntüde tekrar etme sıklığı (frekansları) ise Y-ekseninde görülmektedir [İTÜ-UHUZAM].

Genel olarak dar bir alana sıkışan histogram kontrast azlığını göstermektedir. Bu durumda görüntü kalitesini arttırmak için histogram açılmalıdır, her bir piksel parlaklığı yeni bir parlaklığa dönüştürülerek görüntü histogramı istenilen biçime getirilebilir [Dinç vd., 2001].

Mekânsal iyileştirme yani sayısal filtreleme matrisleri görüntülerdeki spesifik özellikleri belirtmek yada saklamak amacıyla kullanılır. Görüntüdeki farkların detaylandırılması, kenar çizgilerinin vurgulanması ya da giderilmesi işlemleri için farklı sayı matrisleri kullanılmaktadır. Bu yöntemde bir görüntüde istenilen detayı ortaya çıkarabilmek için; alçak, orta veya yüksek frekanslı filtrelerden birisi kullanılır. Alçak, orta geçiren bir filtre (Low-Pass filters) büyük, benzer tonda homojen alanları belirginleştirmek ve çok küçük detayları azaltarak sadeleştirmek için kullanılırken yüksek geçiren filtreler (High-Pass filters) küçük detayları keskinleştirmek ve mümkün olduğu kadar çok detayı ortaya çıkarmak için kullanılır.

#### 2.5.6.3. Görüntü dönüşümleri

Görüntü dönüşümleri, genellikle iki veya daha fazla görüntüden yararlanılarak ilgilenilen özelliklerin daha fazla ortaya çıktığı yeni bir görüntünün oluşturulması için yapılan işlemlerdir [İTÜ-UHUZAM]. Bu birden çok band kullanılarak yapılan çok bantlı görüntü zenginleştirme işlemidir. Bu dönüşümler için aritmetik hesaplamalar, indeksler, Temel Bileşenler Analizi (PCA) sıkça kullanılan işlemlerdir. Aritmetik işlemde çok bantlı görüntülerde bantlar arasında uygulanan toplama, çıkarma, çarpma, bölme gibi basit aritmetik operasyonları kapsar ve elde edilen veriler yeni bulgu ve yorumlara yol açacak yeni görüntüler elde edilmesini sağlar. Örneğin, görüntü çıkarma işlemi genellikle farklı tarihlerde alınmış olan görüntülerin arasındaki farklılıkları bulmak için yapılan bir uygulamadır. Oran görüntüleri ise bir banttaki yansıma (DN-dijital number) değerlerinin başka bir banttaki karşılığına bölünmesi sonucu oluşturulan görüntülerdir [Lillesand and Kiefer, 1994].

Aritmetik işlemlerden biri olan toplama bir ya da birden fazla görüntü üzerinde görüntü kirliliğini ortadan kaldırmak amacıyla yapılan bir işlem iken, çıkarma iki görüntünün birbirinden farklı olan kısımların ortaya konulmasını sağlar. Bölme işlemiyle görüntülerdeki gölge etkisinin ortadan kaldırılması için kullanılır. Bunun için iki görüntü matematiksel olarak birbirine bölünür. Tek bir görüntü

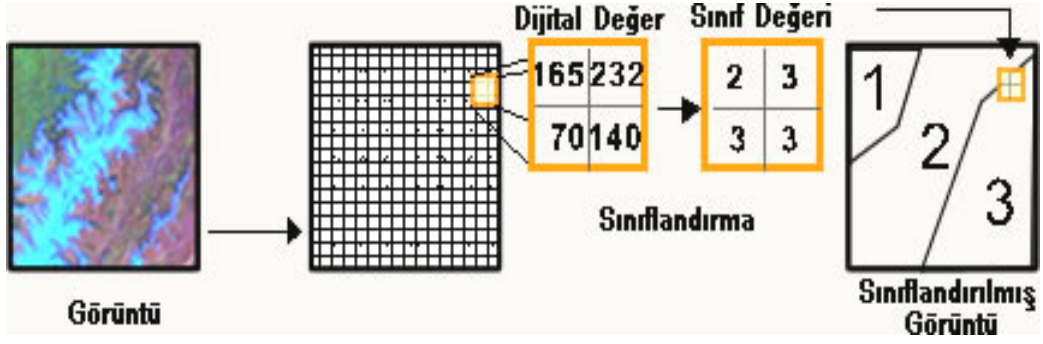
üzerinde yapılan çarpma işleminin amacı ise istenmeyen bölgelerin elimine edilmesidir. Buda görüntü değerlerinin 0 ve 1 ile çarpılması ile yapılır. Bu işlem aynı zamanda maskeleye olarak da adlandırılır [Kalelioğlu, 2005].

#### 2.5.6.4. Görüntü sınıflama ve analizi

Uydu görüntüsü üzerindeki farklı yüzeysel alanlar bazı görüntü sınıflandırma yöntemleri kullanarak birbirinden ayırt edilebilirler. Görüntü sınıflandırmada yeryüzüne ait ham halde bulunan bilgilerin tematik verilere dönüştürülmesi işlemidir. Bu işlem sonucunda oluşturulan tematik bilgi renklerle kodlanır. Buda elde edilen yeni görüntünün görsel olarak daha rahat yorumlamasına neden olur [Kalelioğlu, 2005].

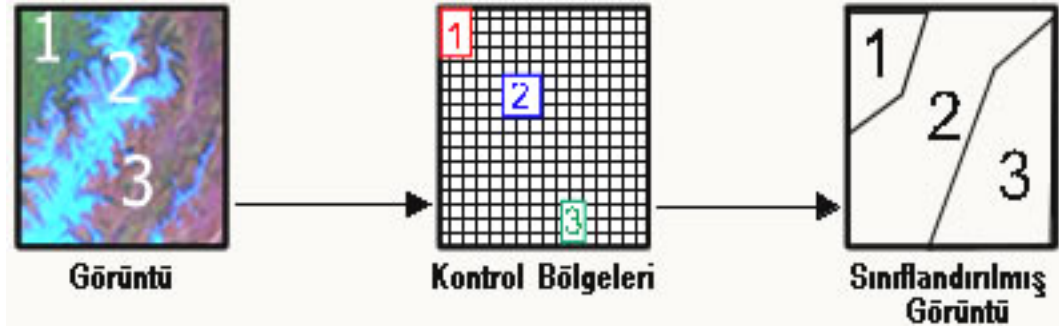
Görüntü Sınıflama ve Analizinde orijinal veriden elde edilmek istenen bilginin tipine bağlı olarak, sınıflar yer üzerinde bilinen bir özellik ile ilgili olabilir ya da basit olarak bilgisayarın farklı gördüğü alanları temsil edebilir. Sınıflandırılmış bir görüntü için bitki örtüsü-çayırliklar, çıplak kara veya sulak alanlar, kentsel alanlar örnek olarak verilebilir [Kayadibi vd., 2008; Erdas Field Guide, 1999].

Görüntü Sınıflama ve Analizi yöntemleri de kendi aralarında eğitilmiş (supervised) ve eğitimsiz (unsupervised) sınıflandırma yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır [Sabins, 1996]. Eğitimsiz bir başka ifadeyle kontrolsüz sınıflandırma işlemi, otomatik olarak kullanılan program tarafından gerçekleştirilen bir işlemdir ve çalışma alanı hakkında herhangi bir ön bilgiye sahip olmaksızın yapılan sınıflamadır. Bunun için hücrelerin spektral özelliklerine göre sınıflar oluşturulur ve her bir hücre bu sınıflardan hangisine yakın özellik gösteriyorsa ona dâhil edilir (Şekil 2.24). Bu aynı zamanda bir kümeleme yöntemi ile sınıflandırmadır ve yansıma değerlerine dayalı olarak belirlenir. Bu işlem sonucunda görüntünün belli sayıda sınıfa ayrılması ve bu sınıfların yeryüzünde hangi tematik sınıfı temsil ettiği veya bir sınıfı gerçekten temsil edip etmediğinin bilinmesi için, bu sınıflara karşılık gelebilecek bölgelerin arazi çalışmaları ile kontrol edilmelidir [Uslu,2007].



Şekil 2.24. Eğitimsiz Sınıflandırma [İTÜ-UHUZAM].

Eğitilmiş sınıflandırma ise görüntünün küçük bir kısmının kullanıcı tarafından tanımlandığı ve programın görüntünün bilinmeyen kısımları bu tanımlamaya göre belirlediği bir sınıflama türüdür. Kontrollü sınıflama olarak ta tanımlanan bu yöntemde kullanıcı çalışma alanı hakkında ön bilgiye sahiptir. Kullanıcı görüntü üzerinde homojen örnek alanları belirleyerek eğitim seti oluşturur, görüntüde kaç tematik sınıf olacağını belirler ve oluşturulan alanlar bilgisayar algoritma yardımı ile sınıflandırılır (Şekil 2.25).



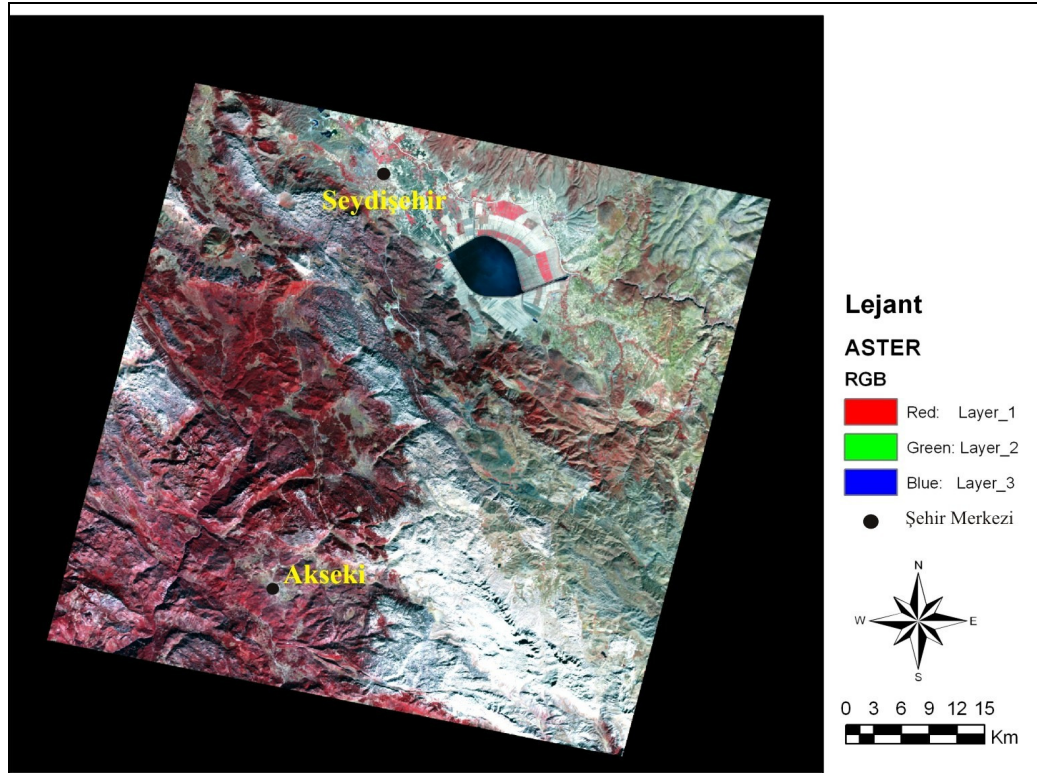
Şekil 2.25. Eğitilmiş Sınıflandırma [İTÜ-UHUZAM].

Eğitilmiş sınıflandırma yöntemde uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları farklı algoritmalar (Örneğin: Maksimum olasılık-maximum likelihood, En az mesafe-minimum distance, En yakın komşu-nearest neighbour, mahalobis mesafesi, paralel kenar) kullanılarak sınıflandırılır [Şatır, 2006].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

Çalışma alanı İç Anadolu'nun güneyi ve Akdeniz Bölgesinin kuzeyindeki Konya- Seydişehir ve Antalya- Akseki arasında yer almaktadır. Uzaktan algılama çalışmaları için bu bölgeyi ve yakın çevresini kapsayan 19.10.2004 tarihli ASTER (ASTL1B\_0410190850420912190032) uydu görüntüsü tez çalışması kapsamında satın alınarak kullanılmıştır (Şekil 3.1). Bununla birlikte çalışmada veri oluşturabilecek olan bölgenin 1/25.000 ölçekli topografik haritalarından, jeoloji haritalarından, boksit yataklarını detaylı bir şekilde gösteren maden haritasından yararlanılmıştır. Topografik haritalar Çukurova Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölümü harita arşivinden ve diğer haritalar ise Seydişehir/ETİ Alüminyum A.Ş.'den temin edilmiştir. Arazi çalışmasında GPS (Global Positioning System) cihazı kullanılarak boksit yataklarının koordinat verileri alınmıştır. ASTER uydu görüntüsünü analizinde Erdas Imagine, IDRISI, ArcGIS gibi çeşitli yazılımlar kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanına ait 19.10.2004 tarihli ASTER uydu görüntüsü

### 3.1.1. ASTER Uydu Verisi ve Özellikleri

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer-İleri Uzaydan Gözlem ile Termal Yayılım ve Yansıma Radyometresi) ilk dünya yer gözlem sistemi olan (EOS-Earth Observing Sistem) Terra uydusu üzerine monte edilmiştir (Şekil 3.2). ASTER Japonya tarafından üretilmiş olup 1999 yılında NASA tarafından California'dan fırlatılmıştır. ASTER algılayıcısı Terra uydusu üzerindeki beşinci sensördür. CERES, MISR, MODIS, MOPITT ise Terra uydusuna ait diğer sensörlerdir [Sümer vd., 2006; ASTER Referance Guide, 2003; NASA ].



Şekil 3.2. Terra Uydusu [NASA].

ASTER görüntüleri yeryüzündeki kar ve buzul, bitki, toprak, kaya türü belirlemede, doğal kaynakların aranmasında, doğal afet izlemede, su ve kara sınırlarının değişimlerinin izlemede, iklimselliğin incelemesinde yoğun bir şekilde kullanılırlar.

ASTER dünya çevresinde dairesel olarak yeryüzünden 705 km uzaklıkta, kutuplara yakın bir yörüngede dönmektedir. Aynı noktadan 16 günde bir görüntü alır. ASTER algılayıcısının görüntü büyüklüğü 60x60 km olup, 14 yansıma bandından oluşmaktadır. Bu bantlar dalga boylarına göre görünür kızılötesi, kısa

dalga kızılötesi, termal kızılötesi olmak üzere üç farklı spektral alandan oluşurlar ve her bir alanın yersel çözünürlüğü farklıdır. ASTER görüntüleri VNIR'de 15 m, SWIR'de 30 m, TIR'de 90 m yersel çözünürlüğe sahip olup, radyometrik çözünürlük bakımından VNIR ve SWIR'de 8 bit iken TIR'de 12 bittir (Çizelge 3.1). VNIR (Visible and Near InfraRed) görünür ve yakın kızılötesi alanda 3 spektral banda sahiptir. Bu alanın dalga boyu aralığı 0.52-0.86  $\mu\text{m}$ 'dir. ASTER algılayıcısının yakın kızıl ötesi alanda yüzeye dik görüntü alan sensörü dışında  $27.6^{\circ}$  açıyla görüntü alan geri bakış sensörü (3B-Backward band) bulunmaktadır. Bu sensör ile elde edilen veri sayesinde stereoskopik görüntü elde edilebilir [ASTER Reference Guide, 2003]. Jeoloji çalışmaları, demiroksit minerallerinin tespiti, buzul izleme, kara alanlarının sınıflandırılması ve değişimi, sulak alanların haritalanması, bitki örtüsü belirleme, sayısal yükseklik modeli oluşturma bu bölgede yer alan bandların kullanıldığı uygulama alanlarıdır [Sümer vd., 2006]. SWIR (Short Wave InfraRed) kısa dalga kızıl ötesi alanda yani 1.6-2.43  $\mu\text{m}$  dalga boyu aralığında ASTER görüntüsü 6 spektral banda sahiptir. Bu bölgedeki bandlar jeolojik haritalama gibi yer bilimleri alanında yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. TIR (Thermal InfraRed) termal kızılötesi spektrum alan son 5 bandı kapsamaktadır. Bu bandlar yardımı ile yüzey ısısı, yüzey yansımaları, toprak nemliliği belirleme, yangın alanlarının izlenmesi, volkanik faaliyetleri izleme gibi çalışmalar yapılabilmektedir. Bu alan 8.125-11.65  $\mu\text{m}$  dalga boyu aralığını kapsamaktadır [ASTER Reference Guide, 2003].

Çizelge 3.1. ASTER uydu görüntüsünün özellikleri

BAND	SPEKTRAL ARALIK ( $\mu\text{m}$ )			YERSEL
				ÇÖZÜNÜRLÜK (m)
1	0.52–0.60	Yeşil	Görünür (VNIR)	15
2	0.63–0.69	Kırmızı		15
3N 3B	0.78–0.86	Yakın kızılötesi		15
4	1.60–1.70	Kısa Dalga IR	Kısa dalga Kızıl ötesi (SWIR)	30
5	2.145–2.185	Kısa Dalga IR		30
6	2.185–2.225	Kısa Dalga IR		30
7	2.235–2.285	Kısa Dalga IR		30
8	2.295–2.365	Kısa Dalga IR		30
9	2.360–2.430	Kısa Dalga IR		30
10	8.125–8.475	Termal Kızılötesi (TIR)		90
11	8.475–8.825	Termal Kızılötesi (TIR)		90
12	8.925–9.275	Termal Kızılötesi (TIR)		90
13	10.25–10.95	Termal Kızılötesi (TIR)		90
14	10.95–11.65	Termal Kızılötesi (TIR)		90

## 3.2. YÖNTEM

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma ön çalışmalar, saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları-tez yazımı olarak dört aşamada yürütülmüştür.

### 3.2.1. Ön Çalışmalar

Bu aşama, çalışma alanı ile ilgili bilgi toplanma, literatür tarama, tez için gerekli kaynakları derlenme, arazi çalışmaları için hazırlıklar, tez çalışması kapsamında kullanılacak uydu görüntüsünün belirlenme ve temin edilmesini içermektedir.

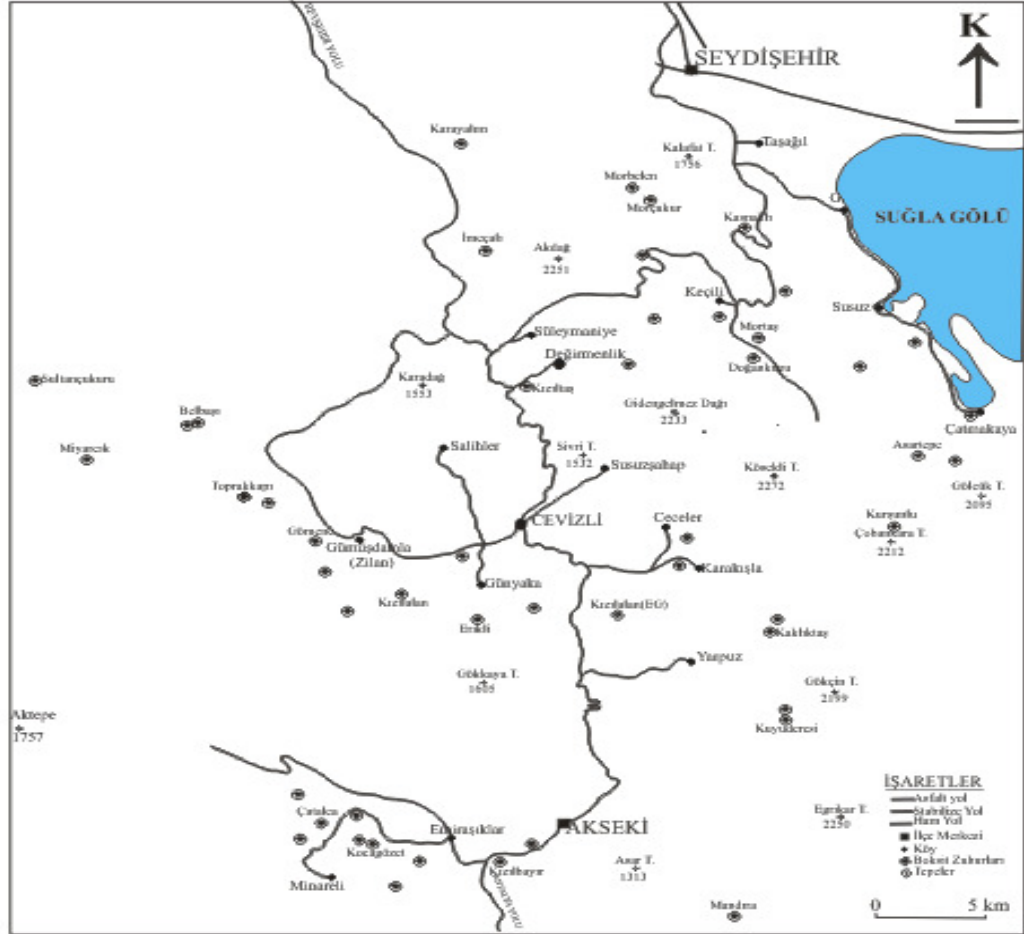
### 3.2.2. Saha Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında Konya'nın Seydişehir ilçesi civarında yer alan önemli boksit yataklarına gidilmiştir. Seydişehir Alüminyum A.Ş. ne ait boksit sahaları ve tesisler incelenmiştir. Bölgede yapılan arazi çalışmaları sırasında boksit yataklarından ve GPS ile ölçümler alınmıştır. Boksit sahalarının ve yakın çevresinin jeolojisi gözlemlenmiş, uzaktan algılama çalışmaları için veri oluşturabilecek incelemeler yapılmış notlar alınmıştır. Bunların yanında tez çalışmaları için gerekli fotoğraf çekimleri yapılmıştır.

### 3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Saha çalışmaları sırasında elde edilen verilerin incelendiği, uzaktan algılama çalışmalarının görüntü analizlerinin yapıldığı ve değerlendirildiği aşamadır. Uzaktan algılama çalışmaları Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünün Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışma boyunca laboratuvardaki mevcut yazılım ve donanımlardan yararlanılmıştır.

Laboratuvar çalışmalarının ilk aşamasında çalışma alanı ile ilgili kullanılacak tüm haritalar (jeoloji, maden haritası) taranarak sayısal ortama aktarılmıştır. Uzaktan algılama çalışmalarının ileri evresinde doğruluk analizi için kullanılması planlanan maden haritası koordinatlandırılmıştır (Şekil 3.3).



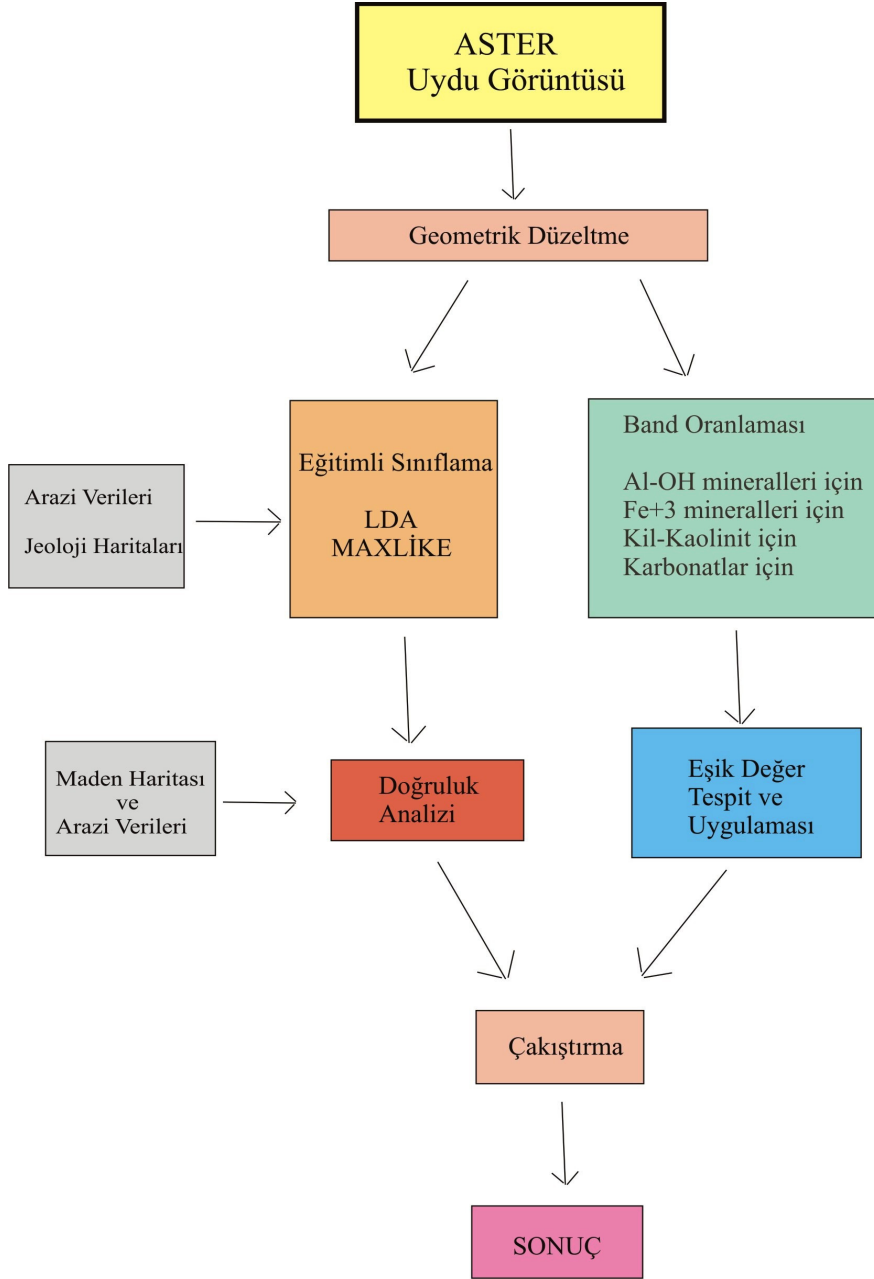
Şekil 3.3. Çalışma alanına ait boksit madeni haritası [Karadağ, 1987]'den sadeleştirilmiştir.

Uzaktan algılama çalışmalarının ilk aşamasında ASTER uydu görüntüsü koordinatlandırılarak görüntü analizi için kullanıma hazır hale getirilmiştir. Daha sonra görüntüye farklı sınıflama yöntemleri uygulanmıştır. Eğitimli sınıflama yöntemlerinden maksimum olasılık yöntemi ve linear diskriminant yöntemi uygulanarak sınıflama görüntüleri oluşturulmuştur. Ayrıca bazı minerallerin spektral kütüphaneden (USGS) temin edilen spektral yansıma grafikleri incelenmiş, literatür araştırmaları sonucu daha önce yapılmış bazı çalışmalardan yararlanılmış ve band

oranlaması yapılmıştır. Bu çalışmalarda daha önceden oluşturulmuş uygun band oranlamaları seçilmiş ve buna göre boksit yataklarını bulma amaçlı uygun olduğu düşünülen band oran görüntüleri oluşturulmuştur. Oluşturulan oranlama görüntülerinde incelenen minerallerin görüntülerde nerelerde olup olmadığına bakılarak eşik değerleri belirlenmiş ve bu eşik değerlere göre sonuç görüntüleri oluşturulmuştur. Band oranlamaları yardımı ile oluşturulan sonuç görüntüleri ile sınıflama haritaları toplanarak boksit tahmin sonuç görüntüsü oluşturulmuştur. Görüntü analizleri sonucunda elde edilen sonuç görüntüleri ile koordinatlı maden haritası karşılaştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Uzaktan algılama çalışmalarının son aşamasında ise elde edilen tüm veriler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Uzaktan algılama çalışmalarının aşamaları aşağıda grafiksel olarak verilmiştir (Şekil 3.4)

#### 3.2.3.1. Görüntü rektifikasyonu

İlk aşamada ASTER görüntüsü Erdas Imagine programında kullanılabilecek şekilde uygun formata dönüştürülmüş ve çalışmada kullanılması planlanan bandlar birleştirilmiştir. Analizlerde ASTER görüntüsünün VNIR ve SWIR spektral alanlarında bulunan ilk 9 bandı kullanılmıştır. GPS ile araziden alınmış olan koordinat değerleri Excel formatında hazırlanmış ve bu veriler ASTER görüntüsü üzerine aktarıldı. Görüntü rektifikasyonunda yani koordinatlandırma işlemi için en yakın komşu yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem çıktı hüccesine, yeni koordinat sistemindeki en yakın giriş hüccesini atar. İşlenmemiş orijinal görüntüde yeni piksel konumuna en yakın dijital piksel değerlerinden faydalanılarak düzeltilmiş piksel değerleri hesaplanır. Bu yöntemde orijinal piksel değerleri değişmedikleri için litoloji ve mineral araştırmalarının yapıldığı çalışmalarda en uygun bir yöntemdir.



Şekil 3.4. Uzaktan Algılamada uygulanan yöntemler

### 3.2.3.2. Maksimum olabilirlik/ bayesian (maximum likelihood) yöntemi

Maksimum Olabilirlik yöntemi Bayesian olasılık teorisine dayalı ve istatistiksel fonksiyonlara bağlı bir sınıflama yöntemidir. Çalışma sahasındaki yansıma değerlerinin dağılımı, Bayesian istatistiği temeli üzerine geliştirilmiş olasılık yoğunluğu fonksiyonu ile tanımlanır. Bu yöntem belirli bir pikselin kategoriye ait olma olasılığını değerlendirir ve en yüksek üyelik olasılıklarına göre kategorilere

ayırır. Sınıfların belirlenmesinde piksellerin varyans, kovaryans ve ortalama değerleri gibi istatistiksel parametreler kullanılır. Bu yöntemde her bir piksel parlaklık değerine göre kendisine en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır ve bandlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konur [Şatır, 2006; Eastman, 2003]. Maksimum olabilirlik/Bayesian kümeleyicisi için eşitlik (3.1) aşağıdaki gibidir:

$$D = \ln(ac) - [0.5 \ln(|Covc|)] - [0.5 (X-Mc)T (Covc-I) (X-Mc)] \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte; D= ağırlıklı uzaklık (olabilirlik), c= belirli bir sınıf, X= Aday piksel ölçüm vektörü, Mc= c sınıfının örneklerinin ortalama vektörü, ac= c sınıfı üyesi olan herhangi bir pikselin yüzde olasılığı (olağan olarak 1.0 veya önsel bilgidan girilir), Covc= c sınıfı örneği içindeki piksellerin kovaryans matrisi, |Covc|= Covc'nin determinantı (matris cebiri),  $Covc-I = Covc$ 'nin tersi (matris cebiri), ln= doğal logaritma fonksiyonu ve T= devrinim fonksiyonu (matris cebiri) ifade etmektedirler [Erdas Field Guide, 1999].

### 3.2.3.3. Linear diskriminant analizi (Doğrusal Ayıraç analizi)

İlk kez 1936 yılında Ronald A Fisher tarafından tanımlanan Linear Diskriminant analiz yöntemi özellikle sınıflandırma ve diğer birçok istatistiksel araştırmalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [Albayrak, 2006]. Bu analiz yöntemi önceden belirlenmiş iki veya daha fazla grubun ortalama niteliklerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ve grupların farklılıklarını ayırt etmede en fazla katkıyı hangi değişkenlerin yaptığını test etmekte kullanılan bir gruplama tekniğidir [Yurtkoru ve Sipahi, 2003]. Linear diskriminant analizinin iki temel kullanım amacı vardır; grup farklılıklarını araştırma ve birimleri sınıflara atamaktır. Değişkenlerin veya nesnelerin çeşitli özelliklerine ait ölçümlerinden yararlanarak, gruplar arası ayırma en fazla etki eden ayırıcı değişkenleri belirlemede ve hangi gruptan geldiği bilinmeyen bir birimin hangi gruba dahil edileceğini belirlemede kullanılacak uygun fonksiyonları belirleyerek bireylerin ait oldukları grupların sınıflandırılmasında kullanılmaktadır [Ovla, 2010].

Diskriminant fonksiyonu şu şekilde (3.2) hesaplanır;

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_m x_{im} \quad (3.2)$$
$$Z_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j x_{ij}$$

Eşitlikte,  $Z_i$ = Diskriminant Değeri,  $B_j$ = Diskriminant katsayıları ve  $X_{ij}$ = Bağımsız değişkenleri göstermektedir [Ovla, 2010].

Linear Diskriminant analizi iki gruplu olabileceği gibi çok gruplu olabilir. Çoklu diskriminant analizinde gruplar arasındaki farkları tanımlamak için tek bir diskriminant fonksiyonu yeterli olmayabilir, diskriminant fonksiyonu sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Çok bantlı spektral uydu görüntülerinde uygulanan sınıflama yöntemi band sayısının ikiden fazla olması nedeniyle çoklu linear diskriminant analizidir.

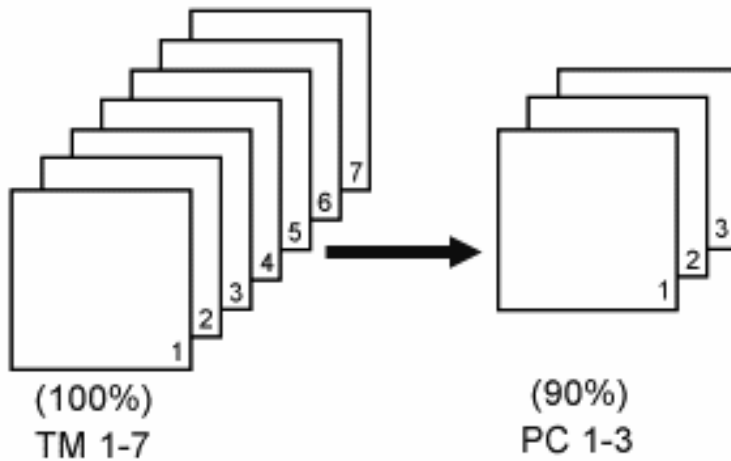
#### 3.2.3.4. Band oranlama

Jeolojide yapılan uzaktan algılama çalışmalarında en etkili yöntemlerden birisini oluşturan band oranlama yöntemi, kayaç yapıcı minerallerin enerji soğurma özelliklerini temel alarak kaya birimlerinin ve minerallerin ayrımlanmasına olanak sağlar [Kavak, 2005]. Materyaller ve mineraller özellikle de demiroksit/hidroksit ve kil mineralleri gibi hidrotermal alterasyon mineralleri belirli spektral aralıklarda yüksek yansımaya (reflektans) gösterirken, bazı spektral aralıklarda ise soğurulma (absorbsiyon) özellikleri gösterirler. Çok bantlı uydu görüntülerinde bu yansımaların her bir banttaki değeri dikkate alındığında yüksek yansımaya ve düşük yansımaya değerlerini veren aralık kullanılarak band oranlamaları oluşturulabilir. Oran görüntüleri bir spektral banttaki yansımaya (DN) değerlerinin diğer bir spektral bantta aynı piksele karşılık gelen değerine bölünmesi ile oluşturulur. Bu oranlamalar ile materyaller çevrelerine göre daha belirgin hale getirilebilir. Oran görüntülerinin en önemli avantajı, topografik düzensizliklerden ve ışığın yeryüzünde yansımından oluşan gölge etkilerini en aza indirmesine olanak sağlamasıdır [Lillesand and Kiefer, 1994; Kayadibi, 2008]. Band oranlamasında görüntüdeki spektral farklılıklar

belirginleştirilir ve RGB kompozit görüntüleri oluşturularak mineral ve kaya türleri daha belirgin hale getirilebilir. Buda görüntülerin gözle yorumlanmasını kolaylaştırır.

### 3.2.3.5. Temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis- PCA)

Temel bileşenler analizi istatistiksel bir teknik olmakla birlikte genelde veri sayısını azaltmak için kullanılan bir yöntemdir ve uydu görüntülerin içerdiği multispektral fazlalıkların ortadan kaldırılmasını amaçlar. Bu istatistiksel yöntemde aralarında korelasyon bulunan değişkenler setini, aralarında ilişki olmayan yeni bir değişken setine dönüştürür. Temel bileşenler (PC) dönüşümü, orijinal veri vektörünün bir matris çarpımı sonucunda elde edilen doğrusal bir veri kümesidir. Analiz, benzer verileri sıkıştırarak veri tekrarını önler ve orijinal veriden daha yorumlanabilir bir görüntü elde edilmesini sağlar. Verinin sayısının (band sayısı) azaltılmasıyla, ham veride gizlemiş ya da görülemeyen spektral özellikleri daha belirgin şekle getirilir. Temel bileşenler analizi potansiyel metalik maden alanlardaki alterasyon zonlarının haritalamasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir [Sümer vd., 2006; Dinç, 2001; Kayadibi, 2008]. Şekil 3.5’de Lansdat TM uydusuna ait yedi banda ait verilerin temel bileşenler analizi ile % 90 ın ilk üç banda dönüştürüldüğü şematik olarak verilmiştir.



Şekil 3.5. Temel Bileşenler Analizinde veri dönüşümü [Kalelioğlu, 2005].

#### 3.2.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı

Büro çalışmalarının ilk aşamasında literatür araştırmaları ile elde edilen kaynakların incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Daha önceden sayısal ortama aktarılmış olan jeoloji haritaları Corel Draw programında yeniden düzenlenmiştir. Tezde yer alan tablo, şekil ve çizelgeler bu aşamada hazırlanmıştır. Elde edilen veriler “Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans ve Doktora Tezi Yazım Kuralları Yönergesi” ne uygun şekilde bir araya getirilerek, yüksek lisans tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında bölgedeki var olan boksit yataklarının ASTER görüntüsü ait spektral yansıma özellikleri baz alınarak görüntüye değişik analiz yöntemleri uygulanarak çalışma alanını ve yakın çevresini kapsayan 60x60 km boyutlarındaki bölgede var olan ve potansiyel olarak bulunabilecek boksit alanları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Uzaktan algılama çalışmalarının ilk aşamasında ASTER uydu görüntüsünün çalışmaya uygun olarak VNIR ve SWIR alanları kapsayan ilk 9 bandı seçilmiş bunların çözünürlükleri 15 m olacak şekilde ayarlanmış ve görüntü rektifikasyonu (geometrik düzeltme-koordinatlandırma) yapılmıştır. Mineral ve kayaç araştırmalarında görüntünün piksel parlaklık değerleri önemli oldukları için nearest neighbour (yakın komşu) yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan görüntü eğitilmiş sınıflandırma, band oranlaması ve eşik değer uygulamasına tabi tutularak yeni görüntüler elde edilerek değerlendirilmiştir.

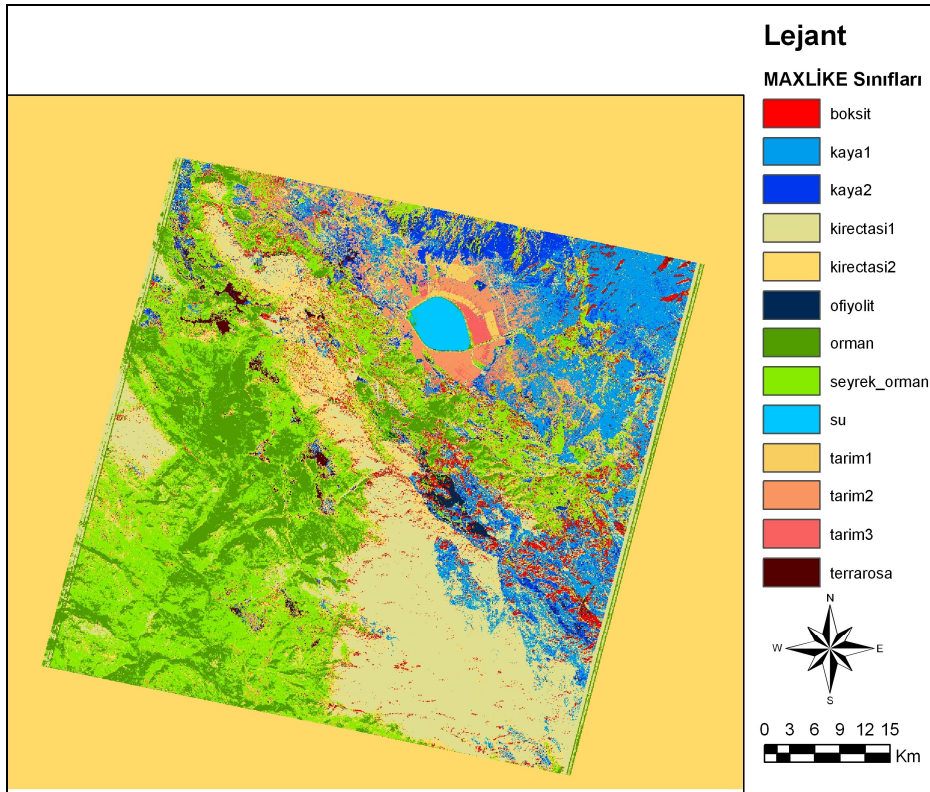
##### 4.1. EĞİTİMLİ SINIFLAMA GÖRÜNTÜLERİ

Geometrik düzeltmesi yapılmış, analiz işlemlerine hazır hale getirilmiş görüntü üzerinde ilk aşamada eğitilmiş sınıflama yapılmıştır. Bu işlemler için önce görüntü görsel olarak değerlendirilmiş ve bununla birlikte arazi çalışmaları esnasında toplanan veriler, jeolojik haritalar kullanılarak sınıflama işlemi için eğitim seti oluşturulmuştur. Görüntünün 13 sınıfa ayrılması planlanmış ve her bir sınıfı temsil edecek alanlardan homojen dağılım gösterecek şekilde poligon alanlar çizilmiştir. Farklı sınıfları görüntü üzerinde tanımlamak amacıyla her biri en az 70 pikselden oluşan poligon alanları tanımlanmıştır. Bu işlem ile tanımlanana eğitim setinde görüntü; su, tarım1, tarım2, tarım3, sık orman, seyrek orman, boksit, terra-rossa, kireçtaşı1, kireçtaşı2, ofiyolitik kayaçlar, kaya1, kaya2 olmak üzere 13 değişik sınıfa bölünmüştür. Daha sonra oluşturulan bu eğitim seti sınıflama yöntemlerine tabi tutularak tematik sınıf haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmada eğitilmiş sınıflama

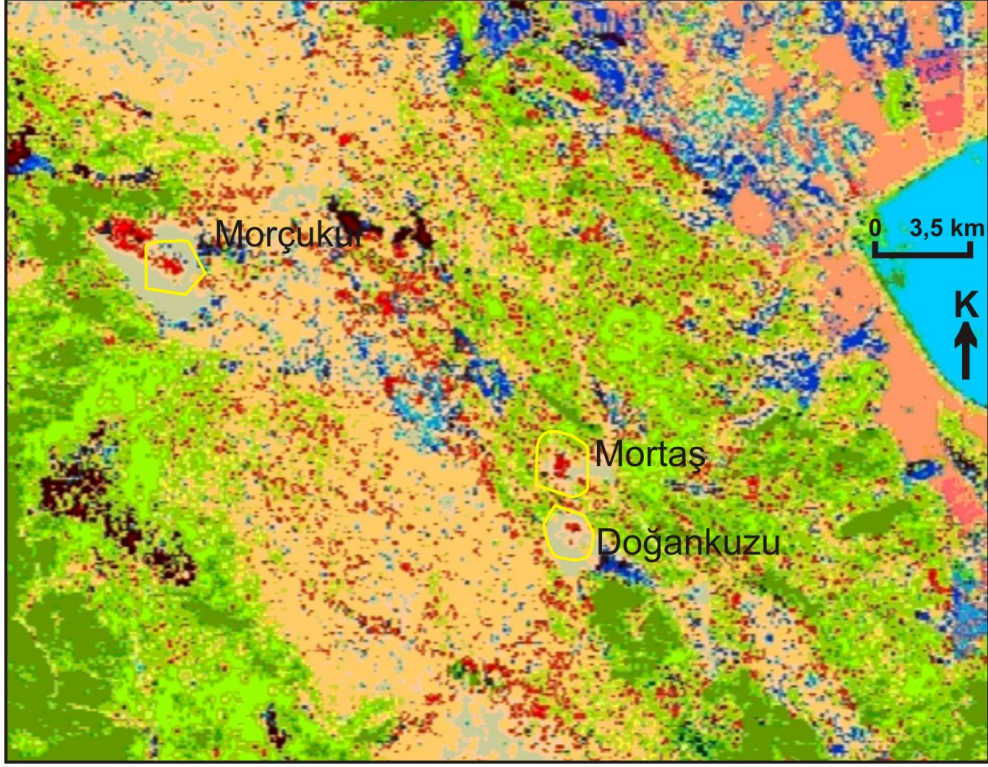
yöntemlerinden Maksimum Olabilirlik (MO) ve Linear Diskriminant Analizi (LDA) yöntemi uygulanmıştır.

#### 4.1.1. ASTER Görüntüsünün Maksimum Olabilirlik (MO) Yöntemiyle Sınıflandırması

Eğitilmiş sınıflama için oluşturulmuş veri seti kullanılarak maksimum olabilirlik (MO) yöntemi ile sınıflama yapılmıştır. Elde edilen sınıflama görüntüsü arazi gözlemleri, eldeki jeolojik haritalar, maden haritası göz önüne alınarak araziye uygunluğu değerlendirilmiştir. 13 sınıfa ayrılmış görüntüde her bir sınıf farklı renklerle temsil edilmektedir. Örneğin haritada kırmızı renklerin yoğunlaştığı bölgeler olası boksit alanlarını gösterirken, açık renkler (gri-bej) karbonat kayaçlarını (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı) temsil etmektedir (Şekil 4.1). Doğankuzu, Mortaş cevherleşmelerinin yer aldığı bölgelerin sınıflandırılmış görüntüsünün (Şekil 4.1) büyütülmesiyle elde edilen detaylı harita ise Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Maximum olabilirlik (MO) yöntemi kullanılarak oluşturulmuş eğitimli sınıflama görüntüsü.



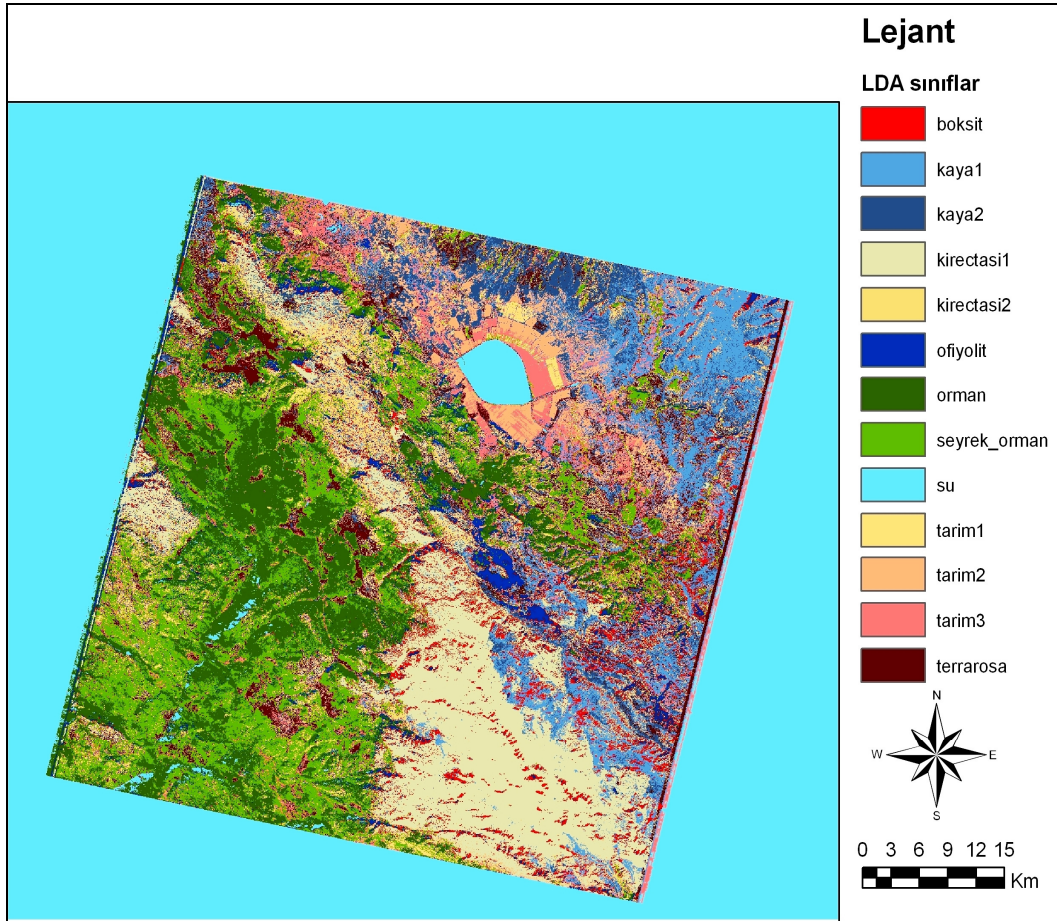
Şekil 4.2. Maksimum olabilirlik görüntüsünden (Şekil 4.1) çalışma alanını kapsayan bölüm büyütülmüş olarak verilmiştir. Kırmızı pikseller olası boksit alanlarıdır.

#### 4.1.2. ASTER Görüntüsünün Linear Diskriminant Analizi (LDA) Yöntemiyle Sınıflandırma

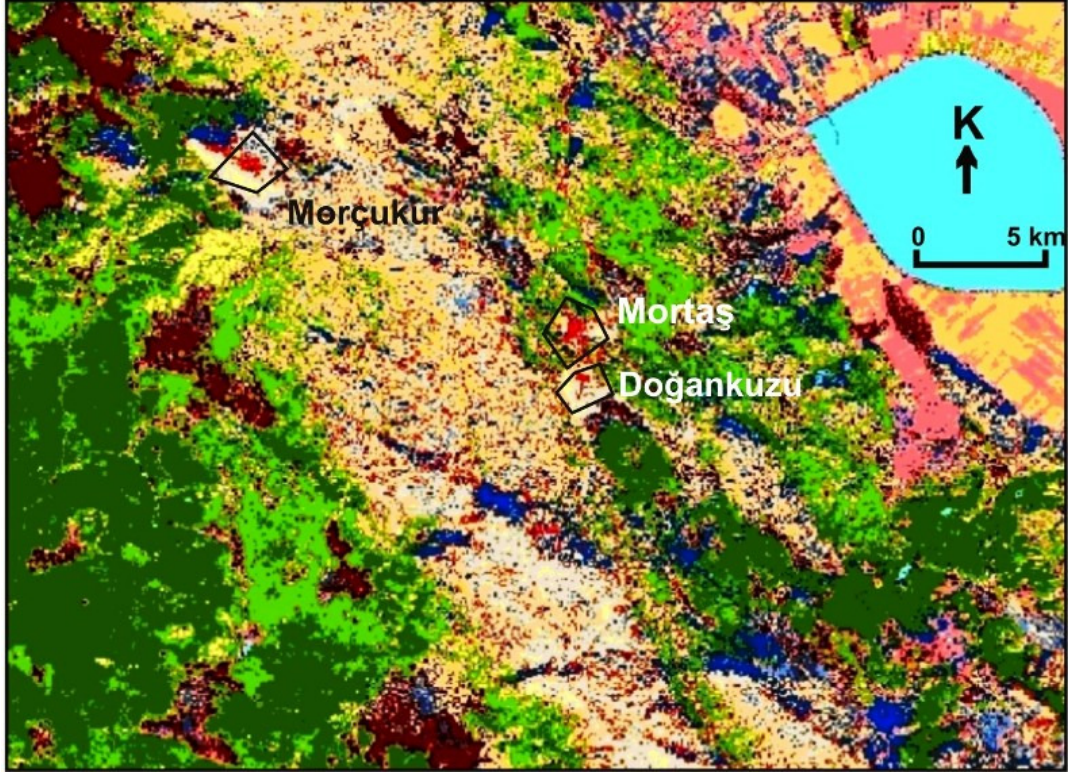
ASTER görüntüsünde yapılmış olan sınıflamalardan bulguların arazi çalışması ile en iyi örtüştüğü düşünülen sınıflama yöntemi linear diskriminant analizi (LDA) olmuştur. Maksimum olabilirlik yöntemi uzaktan algılama çalışmalarında eğitilmiş sınıflama yöntemleri içinde en çok tercih edilen yöntem olmasına rağmen bu çalışmada LDA ile yapılan sınıflama MO yöntemi ile yapılan sınıflamaya göre daha doğru, arazi verileri ile daha fazla oranda uyuşan bir sonuç verdiği görülmüştür. LDA sınıflama görüntüsünün doğruluk oranını belirlemek için LDA görüntüsü ile daha önceden koordinatlandırılmış olan boksit maden haritası karşılaştırılarak sınıflama görüntüsünün doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi için 50 adet referans noktası seçilmiştir. Rasgele seçilen 50 noktanın 23 tanesi maden alanından, 27 tanesi ise maden olmayan alandan alınmıştır. LDA görüntüsü maden haritası ile karşılaştırılmıştır maden haritasında yatak ve yakın civarı doğru, maden uzağı

noktalar yanlış olarak kabul edilmiştir. Referans olarak alınan noktalardan 23 boksit noktasından 14'ü doğru, 27 boksit olmayan noktadan 16 tanesi doğru olarak çıkmıştır. Karşılaştırmalı olarak yapılan doğruluk analizinde genel doğruluk %60 olarak belirlenmiştir.

13 alandan oluşan eğitim seti kullanılarak hazırlanmış olan LDA sınıflama görüntüsünde kırmızı alanlar olası boksit alanlarını göstermektedir (Şekil 4.3). Bunun yanında koyu kahverengi ile gösterilmiş alanlar kırmızı Akdeniz toprakları (terra-rossa), açık gri-bej renkleri ile gösterilmiş alanlar karbonat kayaçları (çoğunlukla kireçtaşı ve yer yer dolomitik kireçtaşları) temsil etmektedir. Şekil 4.4'de sınıflandırma görüntüsünde Doğankuzu ve Mortaş yataklarının da yer aldığı bir kesit büyütülerek verilmiştir.



Şekil 4.3. Linear diskriminant analizi (LDA) yöntemi kullanılarak oluşturulmuş eğitimli sınıflama görüntüsü.

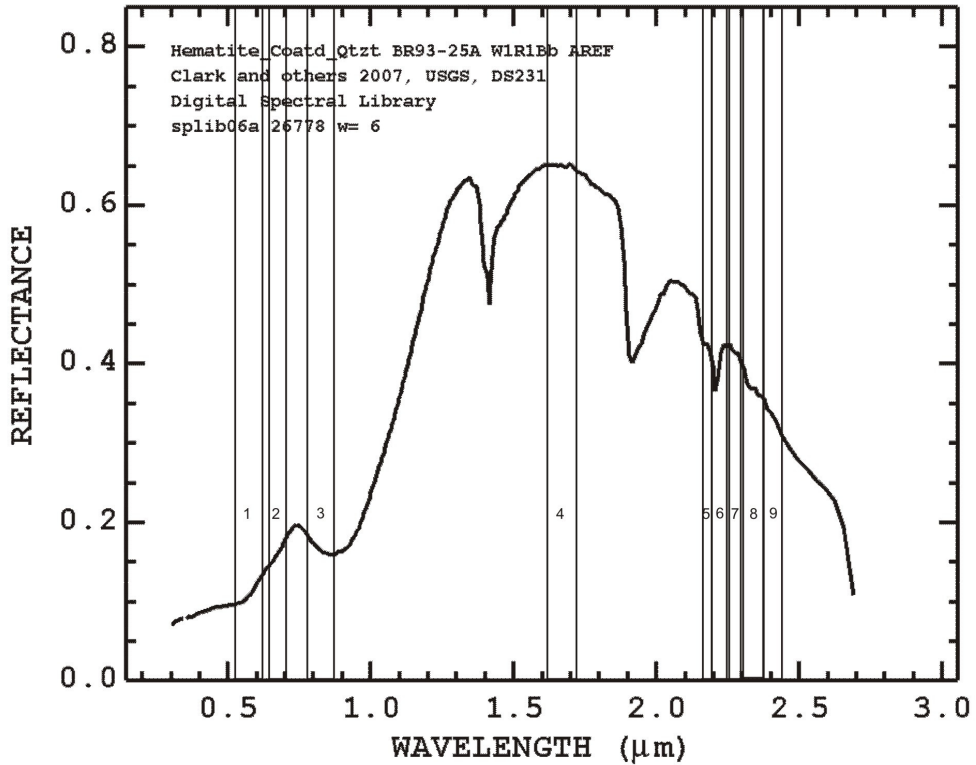


Şekil 4.4. LDA sınıflama görüntüsünden çalışma alanını kapsayan bir kesit (büyütülmüş olarak). Kırmızı pikseller olası boksit alanlarıdır.

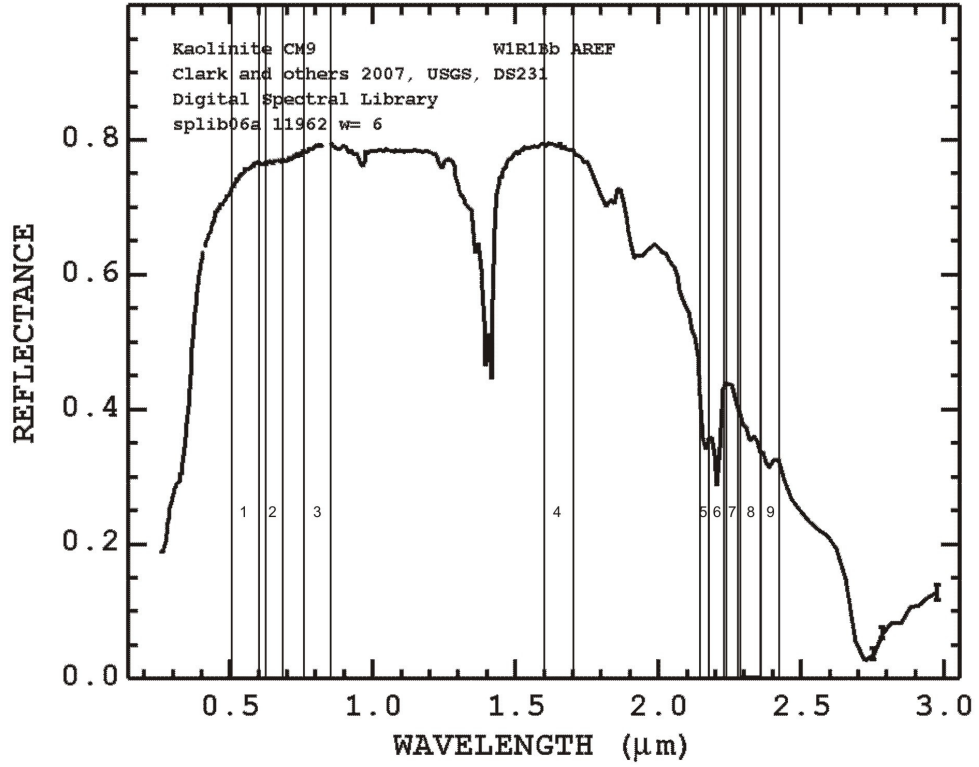
#### 4.2. BAND ORAN VE PCA GÖRÜNTÜLER

Band oranlama yöntemi mineral arama çalışmalarında en çok tercih edilen analiz şeklidir. Bu yöntem spektral farklılıkları belirginleştirmeyi baz alarak, incelenecek materyali, yani minerali ön plana çıkarmak amacıyla uygulanan bir istatistiksel tekniktir. Bunun için istenilen veri belirli bir spektral aralıkta incelenecek malzemenin yüksek yansımaya gösterdiği bandın, düşük yansımaya gösterdiği banda bölünmesiyle elde edilir [Kayadibi, 2008]. Analizlerden elde edilen oran görüntüleri ya olduğu gibi ya da oran görüntülerinden farklı renk kompozisyonları (band kombinasyonları) oluşturularak yorumlanabilir. Spektral kütüphanelerden minerallerin spektral yansımaya grafikleri araştırılmış fakat boksit cevheri için ya da böhmit minerali için hazırlanmış bir spektral grafiğe ulaşılamamıştır. Boksit minerallerinden diyaspor ve gibsit için spektral yansımaya eğrileri bulunmuş fakat bu minerallerin Seydişehir ve Akseki bölgesindeki boksitlerde bulunma oranı az

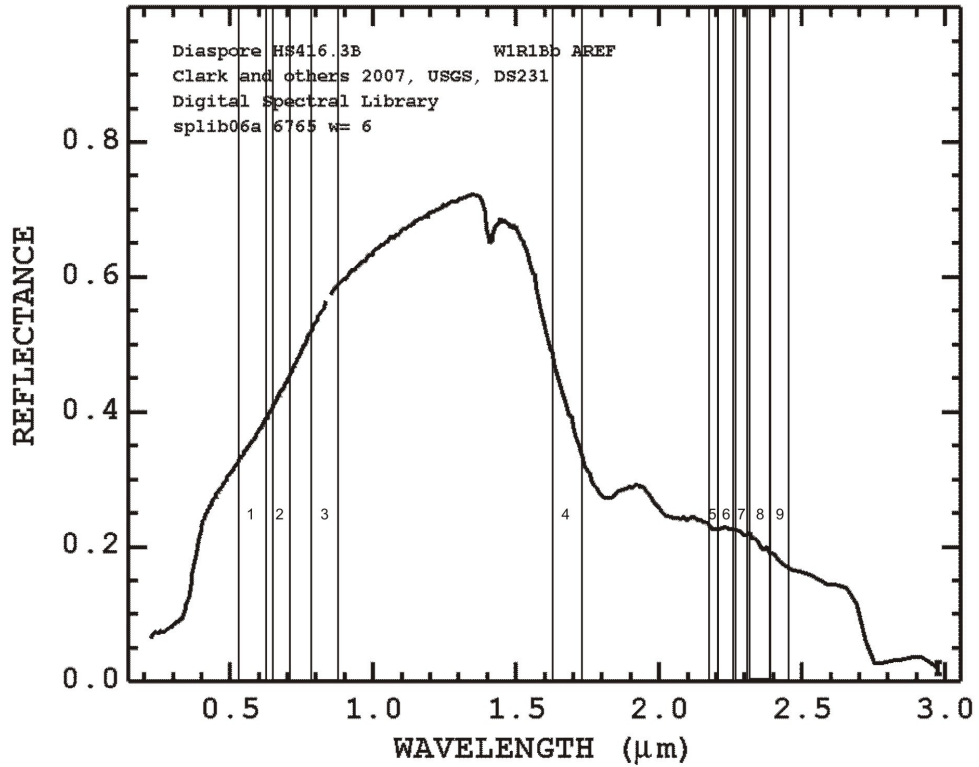
olduğundan bu minerallerin yansımaya değerlerinin band oranlamasında kullanılması uygun görülmemiştir. Bu durumda çalışma alanındaki boksitlerin mineralojik bileşimi dikkate alındığında böhmitten sonra en fazla hematit ve kaolinit minerallerinin bulunmasından dolayı bu bileşenler ve boksitlerin üzerinde yer aldığı karbonatların (kireçtaşı ve dolomit) band oranları kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen bazı minerallere ait spektral grafiklere (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8) USGS spektral kütüphanesinden ulaşılmıştır. Bu grafiklerde  $Fe^{+3}$  içeren minerallerden hematit yaklaşık 0.480-0.850  $\mu m$  dalga boyunda absorpsiyon piki gösterirken, OH/Al-OH içeren kil mineralleri (kaolinit, illit, montmorillonit vb.) yaklaşık 1.400-2.200  $\mu m$  dalga boyu aralığında absorpsiyon özelliği göstermektedirler [Kayadibi, 2008]. Şekil 4.5 ve 4.6'da Hematit mineralinin kaolinit mineralinin yansımaya değerleri görülmektedir. Bu grafiklerinde düşük ve yüksek yansımaya değerleri dikkate alınarak, bu değerlerin ASTER görüntüsünde karşılık gelen enerji bölgelerinde band oranlamaları yapılmıştır (Çizelge 4.1).



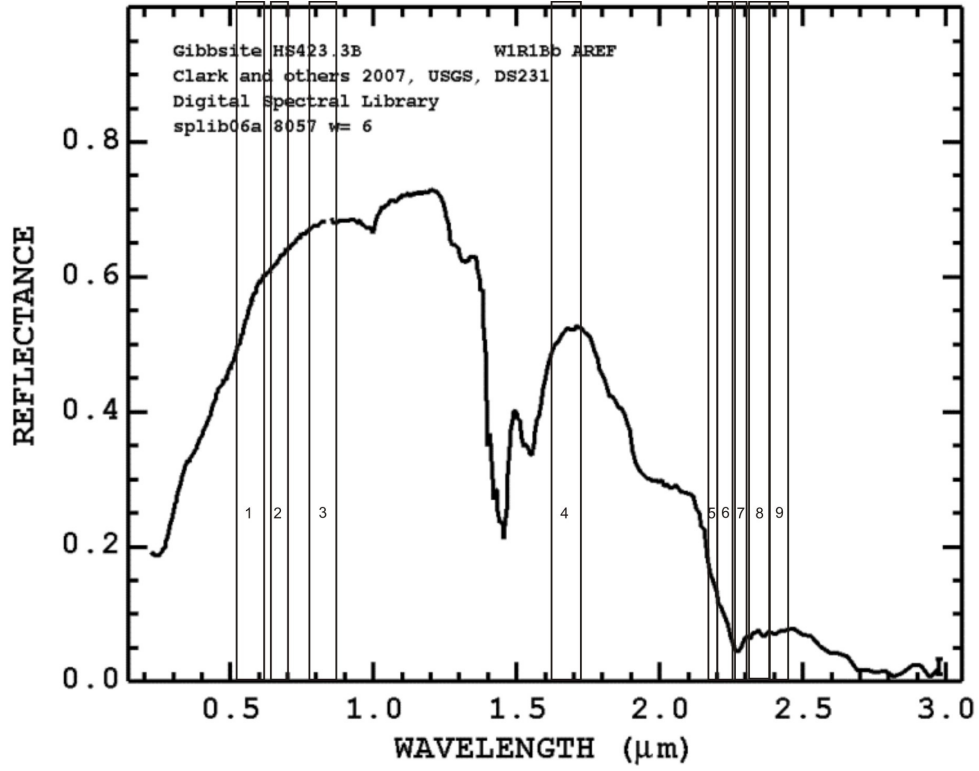
Şekil 4.5. Hematit mineralinin spektral grafiği [USGS].



Şekil 4.6. Kaolinit mineralinin spektral grafiği [USGS].



Şekil 4.7. Diyasporit mineralinin spektral grafiği [USGS].

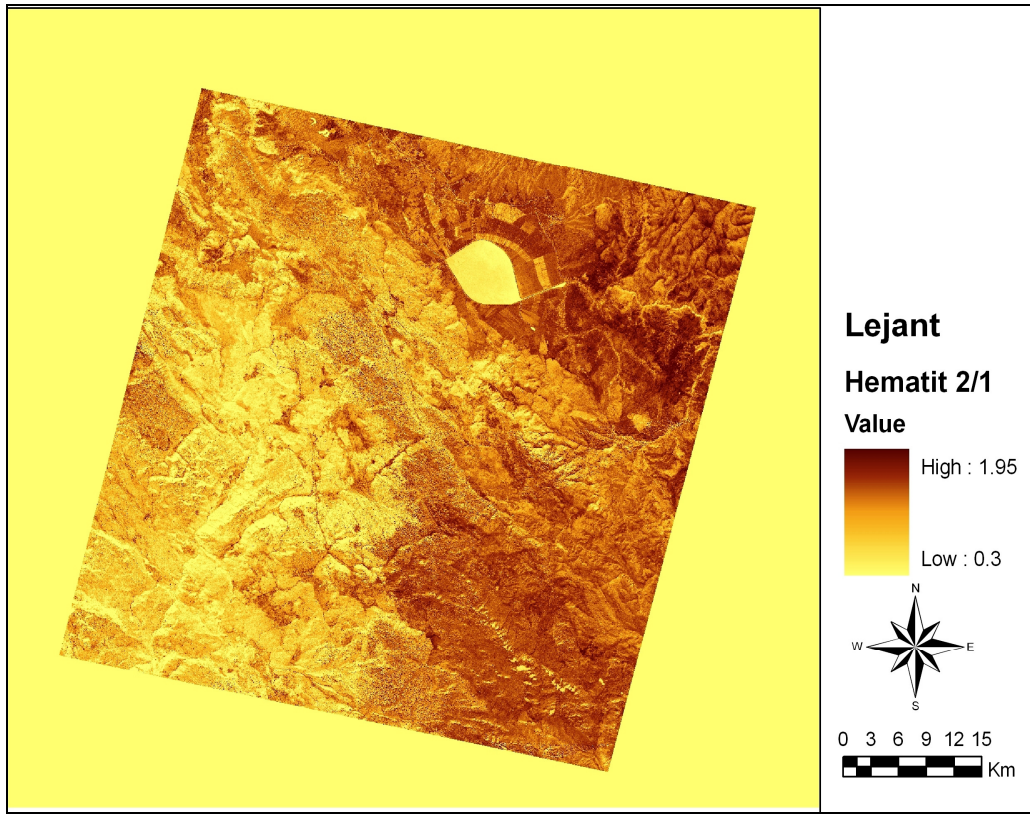


Şekil 4.8. Gibsit mineralinin spektral grafiği [USGS].

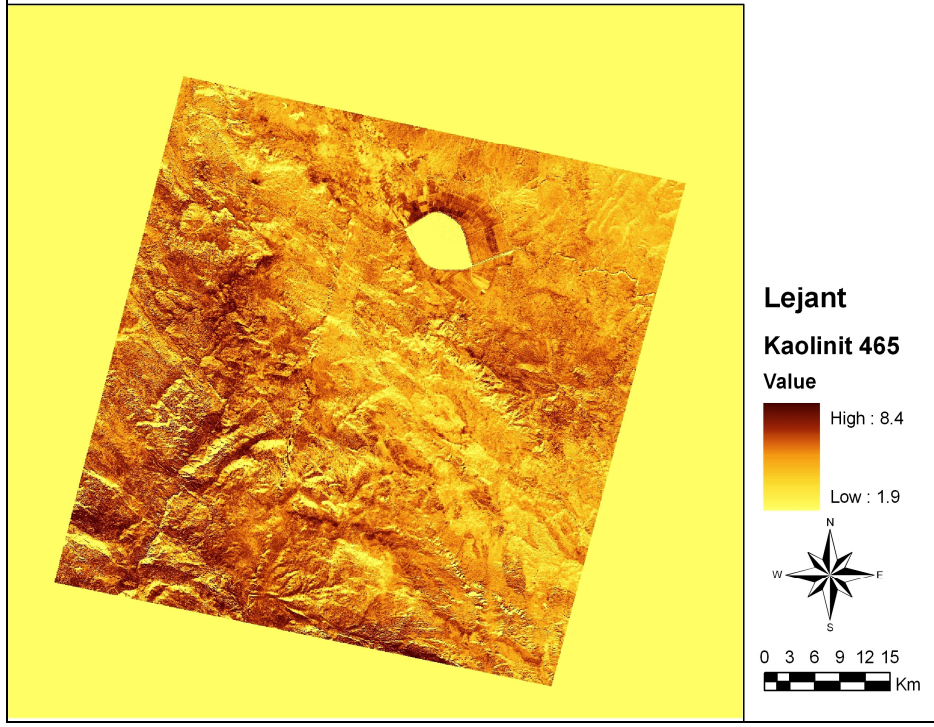
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan ASTER band oranlamaları ve kombinasyonları [Kaliknowski ve Oliver, 2004]'den alınmıştır.

Mineraller	Band Oranlama ve Kombinasyonlar	Referanslar
Fe <sup>+3</sup> içeren (Hematit)	2/1	Rowan, CSIRO
Alunit ve Kaolinit	(4+6)/5	Rowan (USGS)
Kaolinit	7/5	Hewson
Kil Mineralleri	(5x7)/6 <sup>2</sup>	Bierwith
Karbonat Mineralleri	(7+9)/8	Rowan
Dolomit	(6+8)/7	Rowan (USGS)
Al-OH mineralleri	RGB: (5/6) (7/6) (7/5)	Hewson (CSIRO)

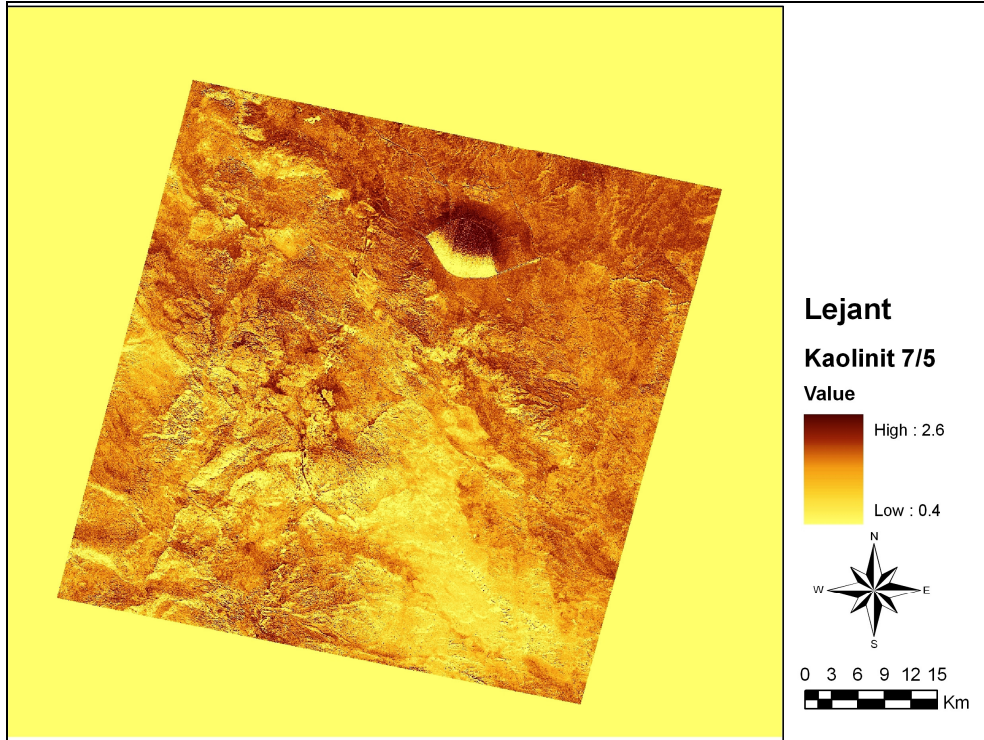
Bu oranlamalar kullanılarak oluşturulmuş görüntülerde koyu renkli alanlar (yüksek yansımaya değeri) incelenen malzemenin yoğun olarak bulunduğu alanları temsil ederken, açık renkli alanlar (düşük yansımaya değeri) ise malzemenin az veya hiç olmadığı alanları temsil etmektedir. Bu çalışmada görsel olarak koyu kahverengi tonlarda renklendirilmiş pikseller hematit, kil, karbonat içeriğinin yoğun olduğu alanları göstermektedir. Band oranlamaları sonucu oluşturulmuş görüntüler Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’ de verilmiştir.



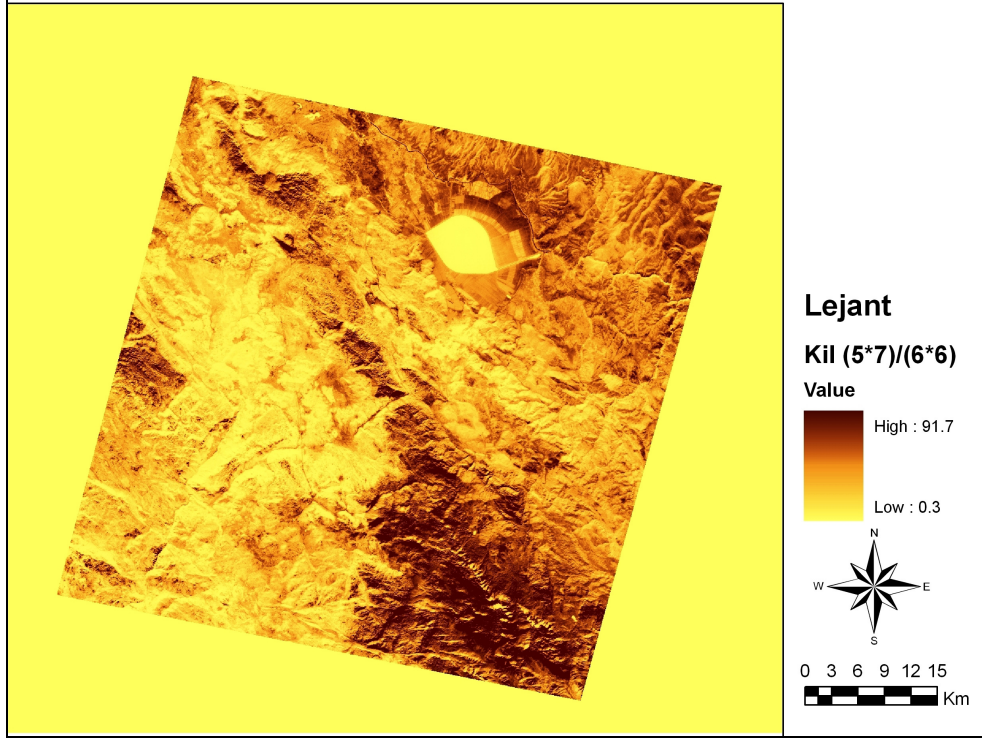
Şekil 4.9.  $Fe^{+3}$  içeren mineraller (Hematit-Götit vb.) için oluşturulmuş 2/1 band oranlanmasından elde edilen görüntü. Koyu renkli alanlar demir içeriği yüksek olan alanları, açık renkli alanlar ise demir içeriği düşük veya olmayan alanları temsil etmektedir.



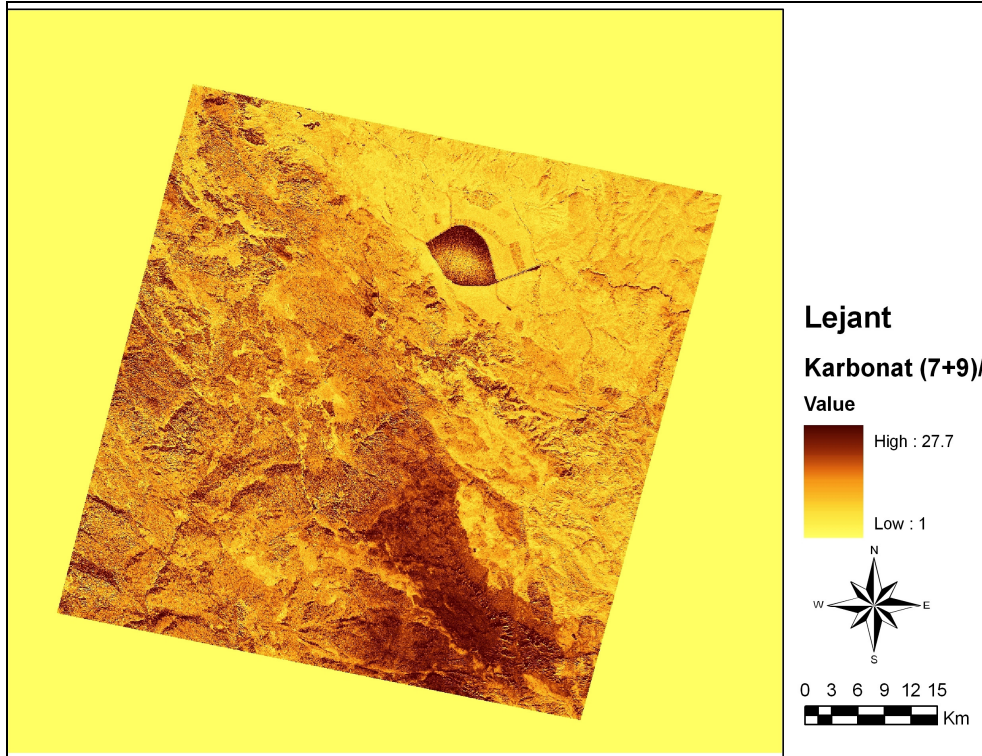
Şekil 4.10. Kaolinit minerali için oluşturulmuş (4+6)/5 band oranlamalarıyla elde edilen görüntü. Koyu renkli alanlar kaolinit içeriği olan alanları temsil etmektedir.



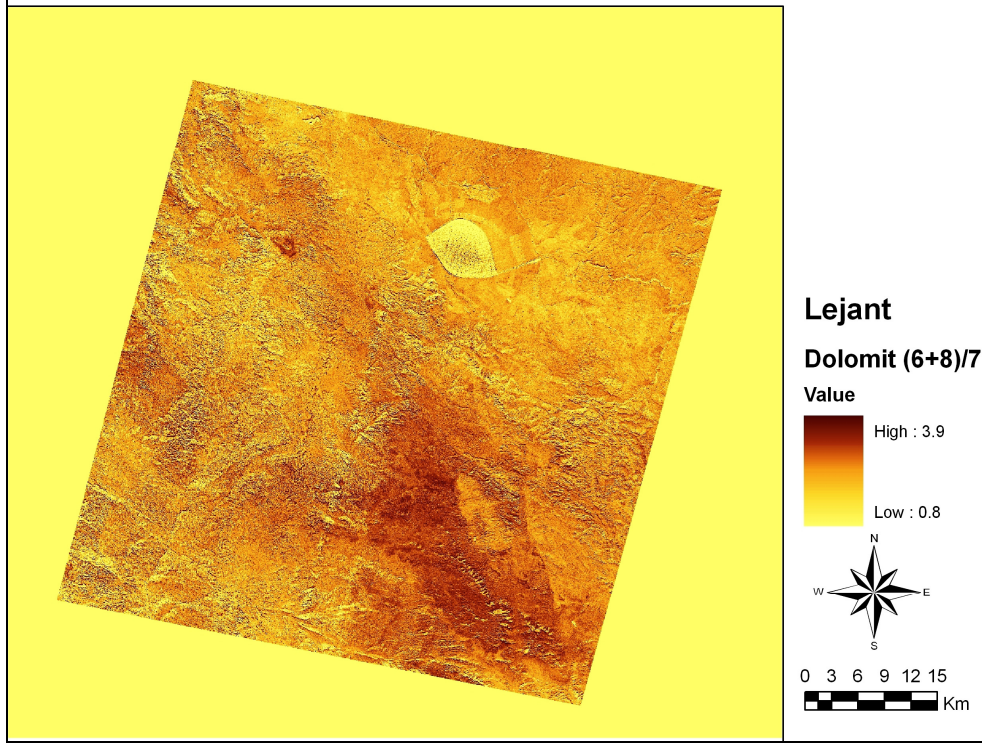
Şekil 4.11. Kaolinit minerali için oluşturulmuş 7/5 band oran görüntüsü. Koyu renkli alanlar kaolinit içeriği olan alanları temsil etmektedir.



Şekil 4.12. Kil mineralleri için oluşturulmuş (5\*7)/(6\*6) band oran görüntüsü. Koyu renkli alanlar kil içeriği olan alanları temsil etmektedir.



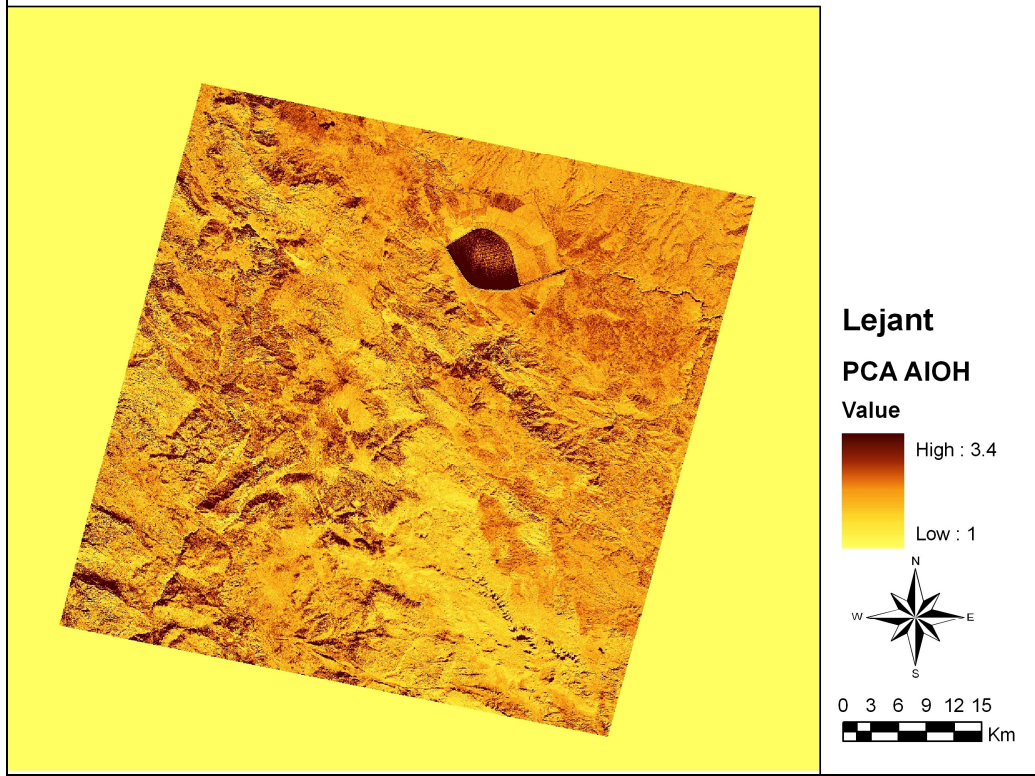
Şekil 4.13. Karbonat içeren alanların tespiti için oluşturulmuş (7+9)/8 band oran görüntüsü. Koyu renkli alanlar karbonat alanlarını temsil etmektedir.



Şekil 4.14. Dolomit içeriği olan alanların tespiti için oluşturulmuş (6+8)/7 band oran görüntüsü. Koyu renkli alanlar dolomit içeren alanları temsil etmektedir.

Al-OH içeren mineraller için oluşturulmuş oranlamalar band kombinasyonu şeklinde verilmiştir. Bunlar için uygulanan band oranları ve band kombinasyonu şu şekildedir; RGB:(5/6) (7/6) (7/5) [Hewson (CSIRO); Kaliknowski ve Oliver, 2004].

RGB kombinasyon görüntüsünün boyutunu azaltmak ve görüntüyü belirgin hale getirmek için (PCA) temel bileşenler analizi yapılmıştır. PCI Al-OH birleşim görüntüsü Şekil 4.15’de verilmiştir. Görüntüde koyu alanlar yani yüksek yansımaya değerine (DN) sahip alanlar Al-OH içeren mineralleri kapsayan alanları göstermektedir. Bu şeklin kuzeyinde yer alan Suğla Gölü oluşturan alanda yüksek yansımaya (koyuluk) değeri göstermesi, suyun önemli bir bileşeni olan OH moleküllerinin titreşimi sonucu absorbe edilen enerjiden kaynaklanmaktadır. Ayrıca uydu görüntüsünün batı- güney batı kesimlerinde gözlenen yüksek absorpsiyon değerleri büyük bir olasılıkla bitkilerin yapısında bulunan sudan kaynaklanmaktadır.

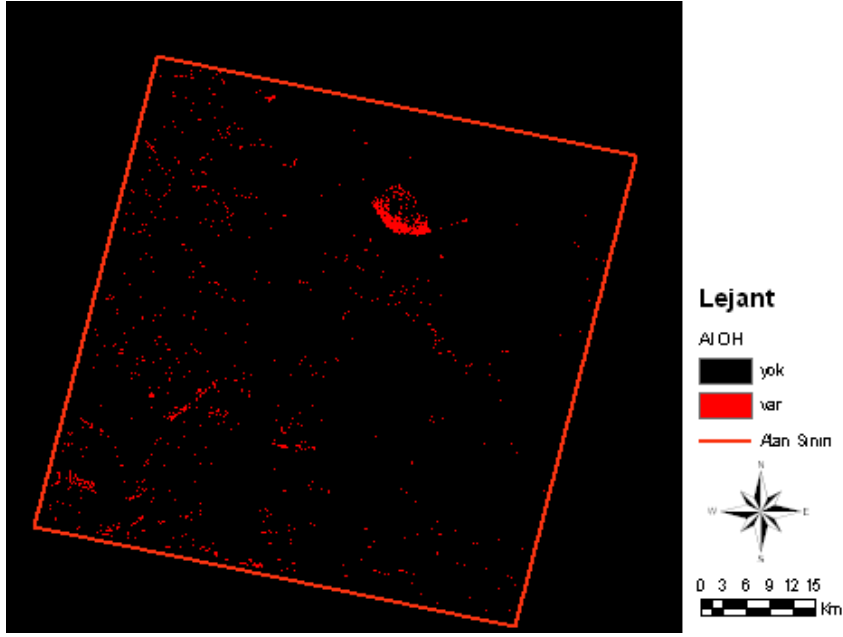


Şekil 4.15. Al-OH minerallerini (kil-boksit) içeren alanların tespiti için oluşturulmuş PCA band kombinasyonu görüntüsü. Koyu renkli alanlar Al-OH mineral, sulak alanlar ve bitki örtüsünü ile kaplı alanları göstermektedir.

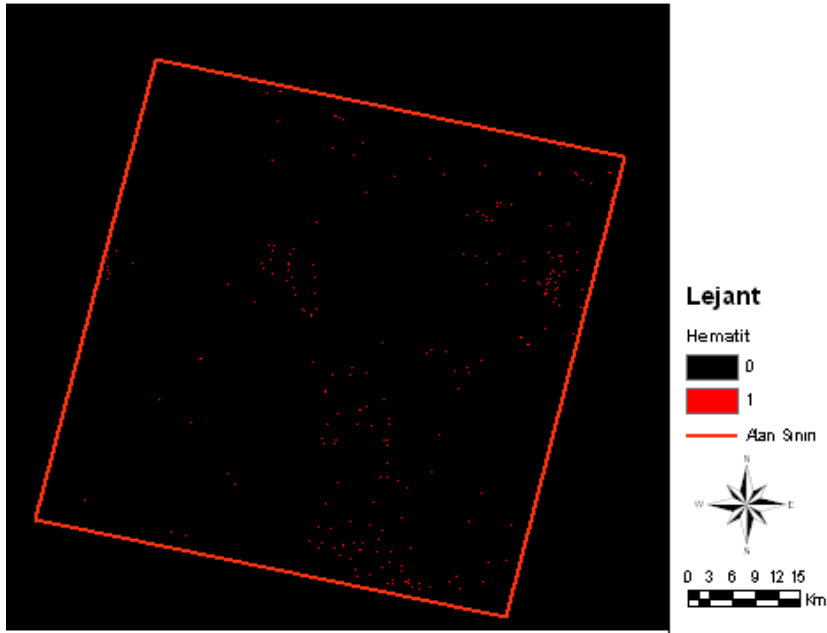
### 4.3. EŞİK DEĞER BELİRLEMESİ VE SONUÇ GÖRÜNTÜLERİ

Band oran görüntüleri üzerinden eşik değeri hesabı yapılabilmesi için band oranlamaları yapılmış olan mineraller ile ilgili ASTER görüntüsü üzerinden o mineralleri kapsamadığı düşünülen alanlar belirlenerek poligonlar çizildi. Bu işlemden sonra oluşturulan poligon alanlarının görüntüleri ile band oran görüntüleri çarpılarak eşik değer görüntüleri elde edildi. Bu görüntüler üzerinde bulunan maksimum yansımaya değeri baz alınarak görüntüde yer alan minerale ait en uygun eşik değeri belirlendi. Daha sonra tanımlanmış olan eşik değerler kullanılarak incelenen her bir minerale ait olası alanları gösteren var-yok görüntüleri oluşturuldu. Eşik değerinin altında kalan alanlarda o mineral bulunmadığı şeklinde kabul edilip sıfır ile, bu değerinin üzerinde bulunan alanlar ise o mineral var olduğu kabul edilerek ilgili alanlar bir sayısı ile çarpıldı. Bu işlemler sonucunda oranlaması bulunan her bir minerale ait var-yok görüntüleri oluşturuldu. Bu görüntülerde siyah renkli alanlar

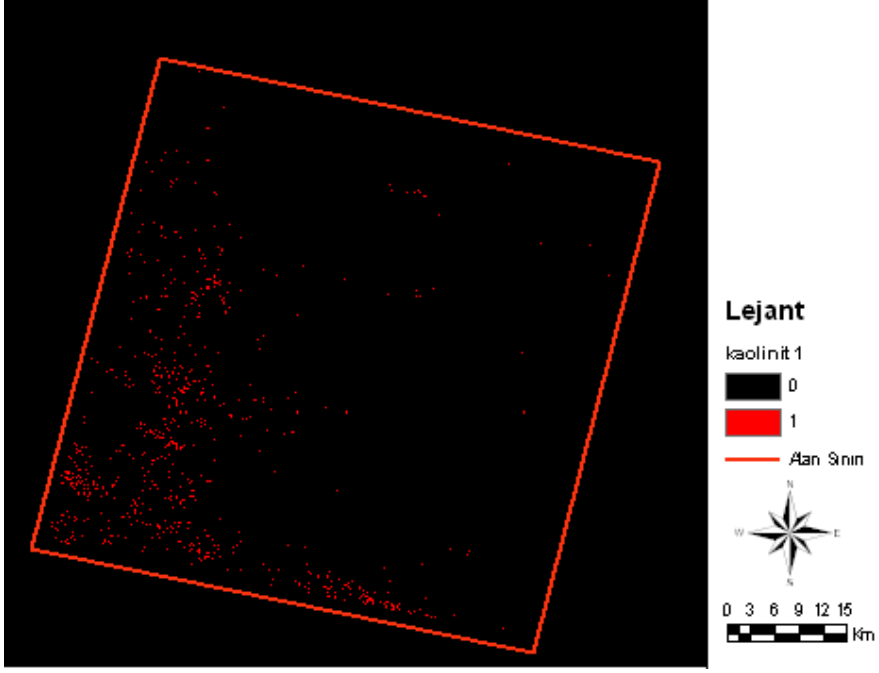
sıfır ile çarpılmış olan, yani mineralin bulunmadığı düşünölen alanları, kırmızı renkli alanlar ise bir ile çarpılmış olup yani mineralin var olma olasılığı olan alanları göstermektedir. Eşik değör uygulaması ile oluşturulmuş görüntöler Şekil 4.16; 4.17; 4.18; 4.19; 4.20; 4.21; 4.22; 4.23'de verilmiştir.



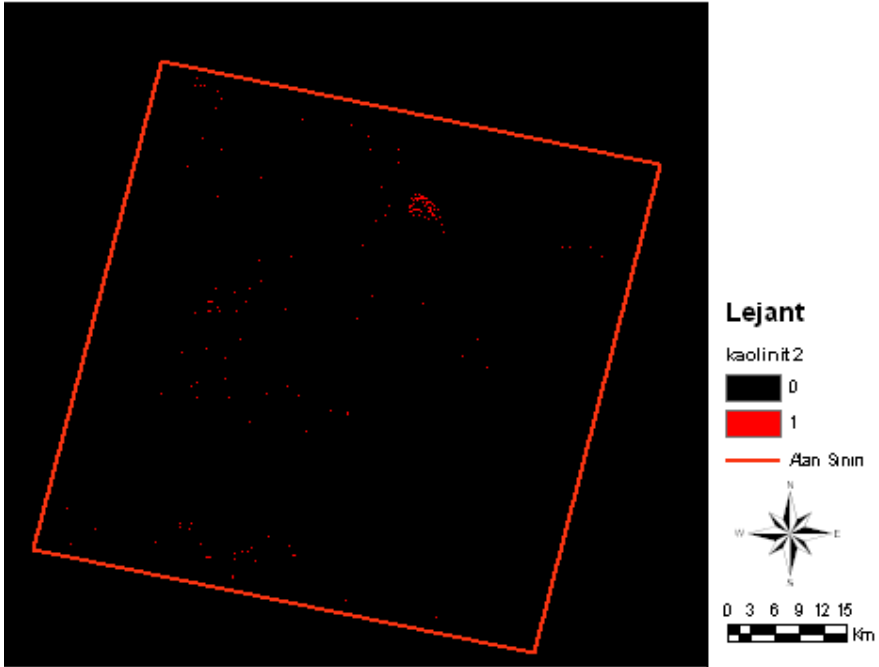
Şekil 4.16. Al-OH mineralleri için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.



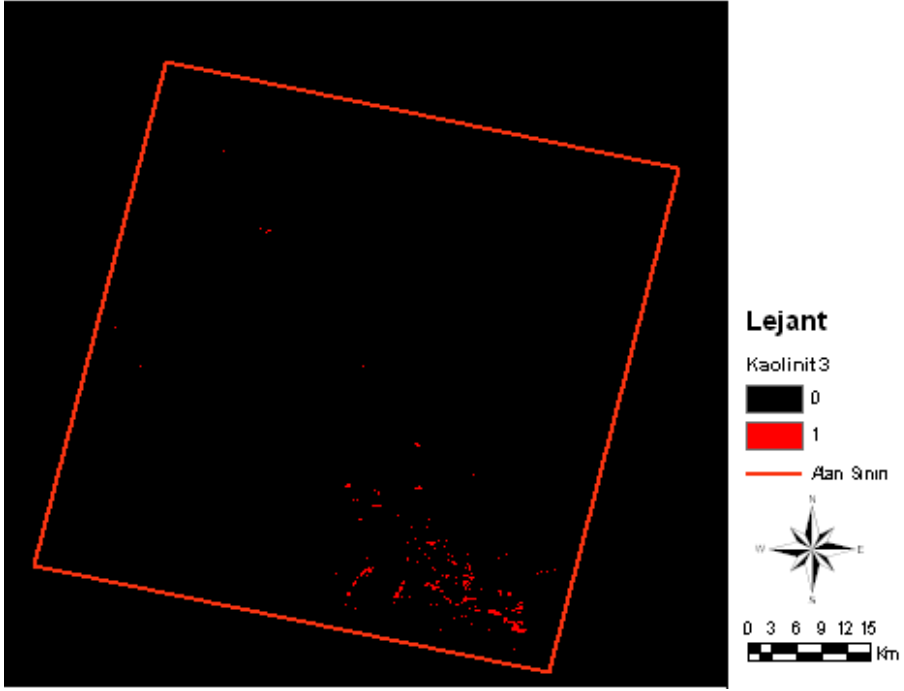
Şekil 4.17. Demir mineralleri (hematit) için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.



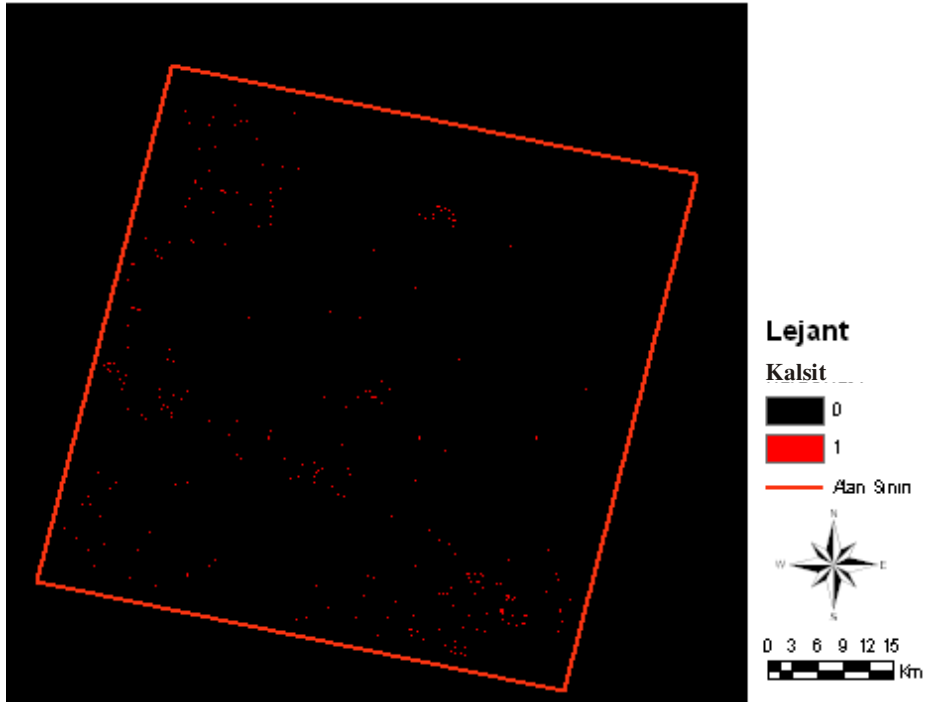
Şekil 4.18. Kaolinit minerali için (4+6)/5 oranlamasından oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.



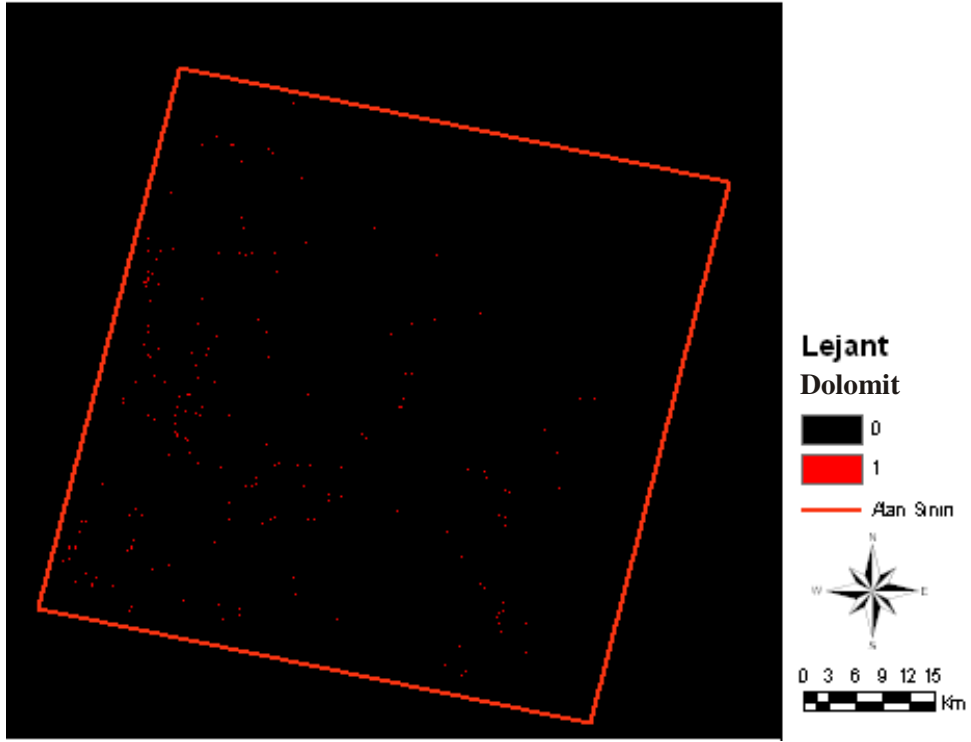
Şekil 4.19. Kaolinit minerali için 7/5 oranlamasından oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.



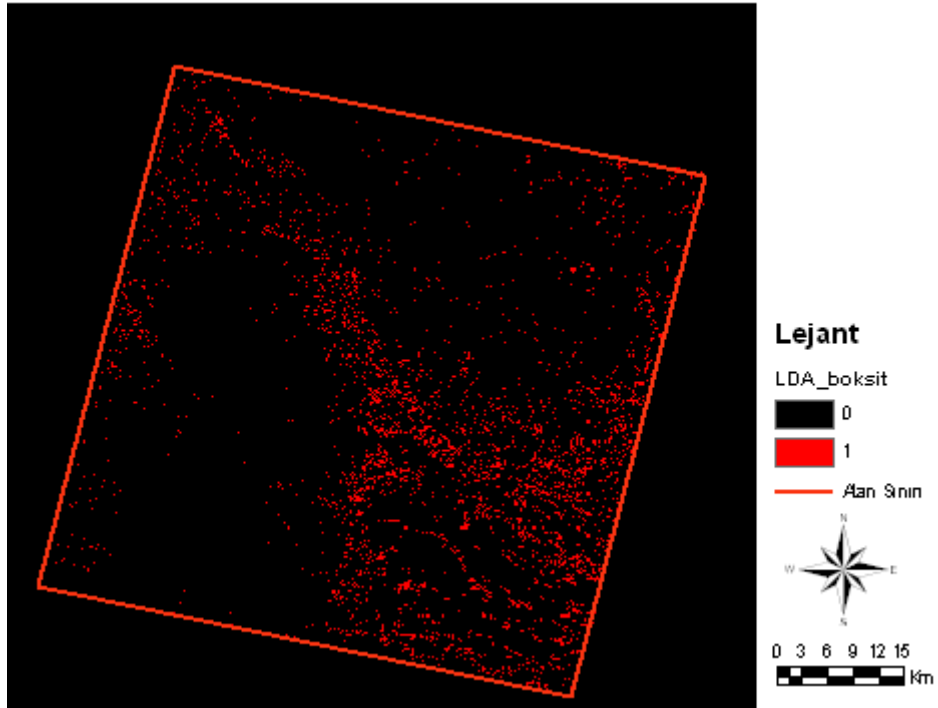
Şekil 4.20. Kaolinit minerali için  $(5 \times 7)/6^2$  oranlamasından oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.



Şekil 4.21. Kalsit minerali için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.



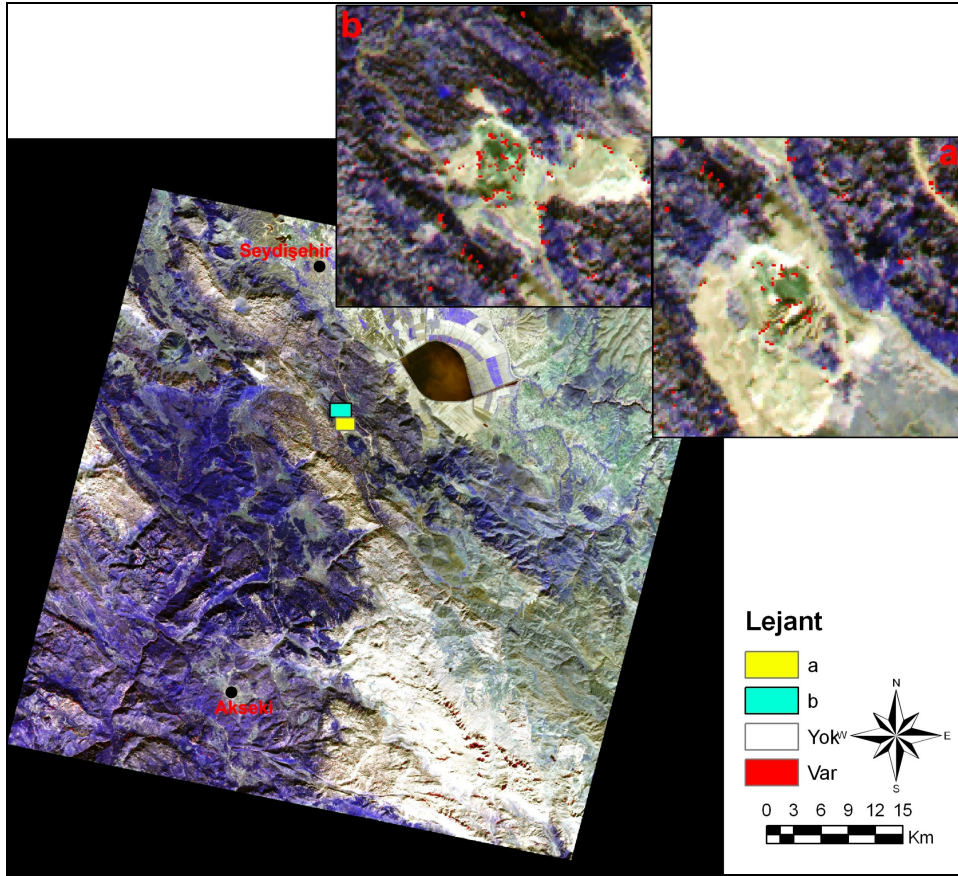
Şekil 4.22. Dolomit minerali için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.



Şekil 4.23. LDA sonucuna göre boksit alanları için oluşturulmuş olası sonuç görüntüsü.

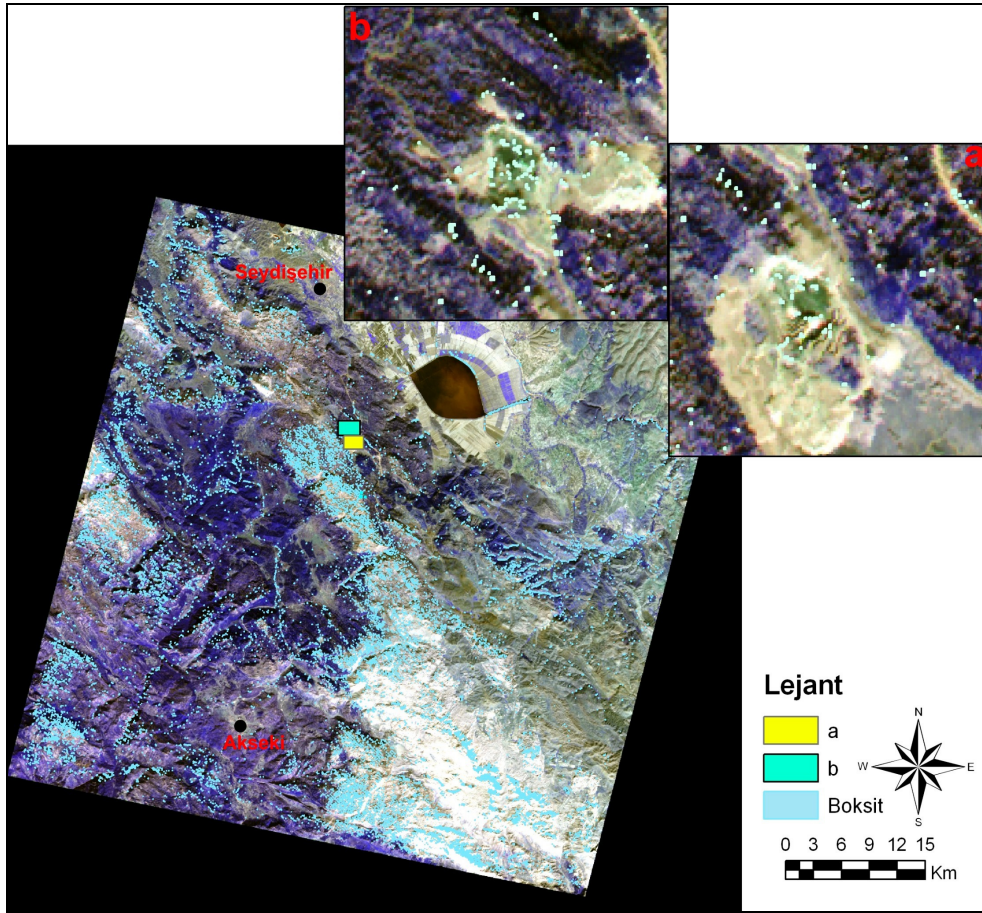
#### 4.4. SONUÇ GÖRÜNTÜLERİ

Band oran görüntülerinden eşik değer uygulaması sonucunda elde edilen var-yok görüntüleri (7 adet) ve MO yöntemine göre doğruluğu daha fazla olduğu belirlenen LDA yöntemi ile oluşturulmuş sınıflama görüntüsünden elde edilen boksit alanlarını veren görüntü toplanarak tüm verilerin ortak olarak çakıştığı alanlar belirlenmiştir (Şekil 4.24). Boksit olarak tahmin edilen alanların sonuç görüntüsü oluşturulurken özellikle Al-OH içerikli kaolinit, hematit ve LDA'dan çıkan sonuç görüntüleri çakıştırılarak bakılmıştır. Bu görüntülerde kesişen ortak noktalar alınarak boksit tahmin sonuç görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 4.24). Bu görüntüde kırmızı nokta şeklinde görülen pikseller boksit olduğu düşünülen alanları göstermektedir. Bu alanlarının küçük olması ve görüntü çözünürlüğünün düşük olmasından dolayı ASTER görüntüsü üzerinde tahmini boksit alanları çok net seçilememektedir.



Şekil 4.24. Boksit alanlarını gösteren sonuç görüntüsü (a-Doğankuzu, b-Mortaş boksit yatağı). Kırmızı pikseller olası boksit alanlarını ifade etmektedir.

Bu nedenle görüntünün bazı kesimleri büyütülerek boksit yataklarının olduğu kesitler ayrıca verilmiştir (Şekil 4.24). Burada sarı renk ile işaretlenmiş yatak Doğankuzu boksit yatağını, yeşil ile gösterilmiş yatak ise Mortaş boksit yatağını göstermektedir. Görüntü üzerindeki kırmızı pikseller boksit varlığı olan yerlere karşılık gelmektedir.



Şekil 4.25. Abartılmış sonuç görüntüsü (a-Doğankuzu, b-Mortaş boksit yatağı) Mavi pikseller abartılmış boksit pikselleridir, olası boksit alanlarını göstermektedir.

Sonuç görüntüsü üzerinde boksit alanlarının küçüklüğü ve yersel olarak görüntü çözünürlüğünün yetersiz kalması nedeniyle boksit alanlarının uydu görüntüsü üzerinden seçilebilmesini kolaylaştırmak ve görselliği arttırmak için normalde kırmızı ile gösterilmiş boksit pikselleri defalarca büyütülerek abartılmış bir sonuç görüntüsü daha oluşturulmuştur. Bu görüntüde (Şekil 4.25) açık mavi ile

renklendirilmiş pikseller tahmini boksit alanlarını vermektedir. Abartılmış görüntü gerçek değerleri yansıtmamakla birlikte sadece görsel olarak seçilebilmesini kolaylaştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Sonuç olarak orijinal uydu görüntüsüne değişik istatistiksel yöntemler uygulanarak elde edilen boksit görüntüsü, bölgenin boksit maden haritası ile 50 nokta esas alınarak karşılaştırıldığında, görüntü üzerindeki boksit alanlarının arazide çalışılarak elde edilen haritalarla % 70 oranında örtüştüğü tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Seydişehir-Akseki bölgesinde bulunan boksit yataklarının uzaktan algılama yöntemi ile tespit edilebilirliğinin araştırılmasını amaçlayan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada ASTER uydu görüntüsünün VNIR 15 m, SWIR ise 30 m çözünürlüğe sahip olan ilk 9 bandı kullanılmış olup değişik istatistiksel yöntemler denenmiştir.

İlk aşamada oluşturulan eğitim seti ve sınıflamasına uygulanan yöntemlerden Linear Diskriminant Analizi (LDA), Maksimum Olabilirlik (MO) metoduna göre boksit yataklarının ortaya çıkarılması için daha uygun sonuçlar vermiştir.

Daha sonra boksitlerin mineralojik bileşiminden yola çıkılarak yapılan uygun band oranlamaları, bunlardan elde edilen görüntülerin değerlendirilmesiyle her faz için belirlenen eşik değer ile olası sonuç görüntüleri elde edilmiştir. Bu verilerden (yansıma değerlerinden) yararlanılarak çalışma bölgesinde mineralleşme ile ilgili potansiyeli olan ve olmayan alanlar birbirinden ayırtlanmıştır.

Eşik değer uygulaması ile oluşturulmuş olan bu görüntüler incelendiğinde AIOH içerikli minerallerin (Boksit mineralleri, kaolinit) görüntüsünde büyük oranda su, nem ve bitkilerden kaynaklanan OH moleküllerini yansımalarıyla ortaya çıkan değerler boksit cevherleşme sınırlarının ortaya çıkarılmasını önemli miktarda zorlaştırmıştır. Aynı yöntemler uygulanarak elde edilen Hematit görüntüsünde yoğun yansıma değerlerinin toplandığı alanların büyük bir olasılıkla terra-rossa topraklarıyla kaplı bölgeler olduğu düşünülmektedir. Band oranlamaları ile oluşturulan kalsit ve dolomit görüntüleri incelendiğinde bölgenin büyük bir kısmının karbonatlarla kaplı olmasına rağmen sadece alanın sadece güney doğu kısmında yüksek yansıma değerlerinin (koyuluk) toplandığı görülmektedir. Diğer alanların düşük yansıma değerleri vermesinin sebebi bitki örtüsünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Eşik değer uygulaması ile oluşturulmuş olan Kalsit ve dolomit görüntüleri incelendiğinde çok dar alanlarda ortaya çıktıkları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar arazi verileriyle iyi bir uyum sağlamamaktadır. Bölgede karbonatlar büyük alanlarda yüzeylemeler sunarlar ve boksitlerin yan kayaçlarını oluştururlar. Sonuçların karbonatları oluşturan bu iki mineral açısından olumsuz çıkmasının nedeni, yöntemde saf karbonat minerallerine ait spektral değerlerin kullanılması, bölgede yoğun karstlaşma ve buna bağlı gelişen ince toprak ve bitki örtüsüne ait yansılardan kaynaklana bileceği düşünülmektedir. Boksitlerin değerlendirilmesinde karbonat yansıma değerleri (verileri) dikkate alınmamıştır.

Boksit yataklarının küçük cepler şeklinde bulunması, uydu görüntüsünde seçilebilirliğini zorlaştırmıştır. Bu da ASTER uydu görüntüsü mineral incelemeleri için spektral ve yersel çözünürlüğünün elverişli olmasına rağmen, boksit için önemli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bunun nedeni çalışma alanında küçük yüzlekler şeklinde ortaya çıkan boksit yataklarının belirlenmesinde ASTER görüntülerinin yersel çözünürlüklerinin yetersiz kalmasıdır.

Giderek gelişen teknolojiye bağlı olarak uydu tekniklerinde (uzaktan algılama) meydana gelebilecek gelişmelerle beraber, örneğin daha yüksek spektral ve yersel çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin elde edilmesi ve değerlendirilmesiyle karstik bölgeler için tipik olan küçük boyutlu boksit türü madenlerin tespitinin daha kolay olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak çalışma bölgesinin uydu görüntüsünün değerlendirilmesiyle elde edilen boksit görüntüsü ile yer alan boksitli alanlarının arazide çalışılarak elde edilen haritalar ile % 70 oranında örtüştüğü tespit edilmiştir

## KAYNAKLAR

- Arcasoy, A. ve Süzen, M.L. “Çok bantlı uzaktan algılamada evaporit minerallerinin saptanması” Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 10. Yıl Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, Mersin, 111, (2003).
- Albayrak, A.S. “Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri”, Asil Yayın, Ankara, 498 s., (2006).
- Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö. “Uzaktan Algılama Görüntülerinde Dijital Görüntü İşleme ve RSI mage Yazılımı”, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya, 434-442, (2002).
- Arda, E. “Baskil Elazığ Granitoid Kayaçlarına Bağlı Cevherleşmeler Çevresinde Oluşan Alterasyonların Landsat 7 TM-ETM ve ASTER Uydu Görüntüleri Kullanılarak İncelenmesi”, Ankara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 135 s., (2006).
- Atabey, E. “Mortaş boksit yatağının mineralojisi, kimyası ve kökeni”, TJK Bülteni, 19, 9-14, (1976).
- Aydal, D., Atlas, M. ve Polat, O. “ Kızıldağ ofiyolitlerinde jeolojik haritalama ve maden araştırmaları için Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tekniklerinin birlikte kullanılması” Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 10. Yıl Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, Mersin, 112, (2003).
- Aydal, U. ve Uslu, İ. “İkonos, ASTER ve Landsat uydu verilerinin manyezit araştırmalarında karşılaştırılması: Mihaliççık- Eskişehir- Türkiye örneği”, Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi, 22, 41-56, (2007).
- Bahçeci, A., “Türkiye Alüminyum Yataklarının Özellikleri, Ülke Olanakları, MTA'nın Alüminyum Aramacılığındaki Yeri, Bir Örnek Olarak Seydişehir Yatağı”, (Eds: Erden,M.E. ve Göncüoğlu, M.C.), 50. Yıl Sempozyumu Bildirileri, MTA Yayınları, Ankara, 45-53, (1987).
- Blumenthal, M.M. “Beyşehir-Seydişehir hinterlandındaki Toros dağlarının jeolojisi”, MTA yayını, Seri D, 2, 242 s., (1947).
- Blumenthal, M.M. “Batı Torosların örtü lamboları”, TJK Bülteni, 11 (1), 30-41, (1949).

- Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., and Poisson, A. "Outline of the geology of the Western Taurides in "Geology and History of Turkey", Guidebook for the 13<sup>th</sup> field session of PESL, Tripoli, A.S. Campbell Ed., 225-255, (1971).
- Crosta, A.P., Filho, C.R., Azevedo, F. and Brodie, C. "Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis", *Int. J. Remote Sensing*, 24 (21), 4233-4240, (2003).
- Çağatay, A. ve Arman, B. "Boksit ve Türkiye'deki boksit yatakları", *Jeoloji Mühendisliği*, 14, 23-35, (1982).
- Dağcez, D. A. ve Süzen, M.L. "ASTER görüntülerinin Doğu Anadolu bölgesinde spektral mineral haritalamasında kullanılması", I. Ulusal Jeolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Cumh. Üniversitesi, Sivas, 11-12, (2008).
- Dean, W.T. and Monod, O. "The Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey", *I Stratigraphy, Bull. British Museum, Geology*, 19, 411-426, (1970).
- Dinç, A.O., Peştamalci, V., Dinç, U., Kandırmaz, M., Yeğingil, İ. "Uzaktan Algılamanın Temel Esasları ve Bazı Uygulamaları", *Ders Notları. Çukurova Üniversitesi, Adana*, (2001).
- Duran, C. "Uzaktan Algılama Teknikleri İle Bitki Örtüsü Analizi", *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, DOA Dergisi*, 13, 45-67, (2007).
- Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC), *ASTER Reference Guide, Version 1*, 61 p., (2003).
- <http://www.science.aster.ersdac.or.jp/en/documnts/refernce.html> (20 Mart 2010).
- Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC), *Erdas Field Guide*, 5th ed., Atlanta, Georgia, USA, 698 p. (1999).
- <http://www.pdfgeni.com/book/erdas-imagine-tour-guide-pdf.html> (20 Mart 2010)
- Eastman, R.J., "IDRISI Kilimanjaro Tutorial", *Clark Labs Clark University, USA*, 271 p., (2003).
- Esat, K. "Madeni uzaktan algılamak", *Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 1 (3): 20-22, (2009).

Esenli, V. “Boksit”, in: Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, Mart Matbaacılık (Editör: Önal, G., Özpeker, I., Yüce, E., Güney, A.), İstanbul, 28-31, (1999).

European Space Agency (ESA), Erişim,

[www.eduspace.esa.int/subdocument/images/passensor.gif](http://www.eduspace.esa.int/subdocument/images/passensor.gif) (20 Nisan 2010).  
[www.eduspace.esa.int/subdocument/images/actsensor.gif](http://www.eduspace.esa.int/subdocument/images/actsensor.gif)

Erkan, A.N., Çelik, M., ve Karakaya, N. “Seydişehir-Akseki Yöresi Boksitlerinin Mineralojik-Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi”, KTÜ Jeoloji Müh. Bölümü 30.Yıl Semp. Bildirileri Kitabı, Trabzon, 177-185, (1996).

Filho, C.R., Tapia, C.H., Crosta, A.P. and Xavier, R.P. “Infrared spectroscopy and aster imagery analysis of hydrothermal alteration zones at the Quellaveco porphyry copper deposit, southern Peru”, AASPRS Annual Conference, Alaska, 1-12, (2003).

Gomez, C., Delacourt, C., Allemand, P., Ledru, P. and Wackkerle, R. “Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia”, Physics and Chemistry of the Earth, (30), 97–108, (2005).

Gökçe, A. “Maden Yatakları, 2’nci baskı.”, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, (85), 335 s., Sivas, (2000).

Güldalı, N. “Toros paleokarstı ve Seydişehir-Akseki boksit yatakları”, Jeomorfoloji Dergisi, 8, 1-23, (1978).

Güler, B. “Yerbilimsel Saha Çalışması, Yerbilimsel Harita Alımı ve Yerbilimde Uzaktan Algılama Yöntemi”, H.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Hidrojeoloji Müh. Programı Staj Çalışma Raporu, Ankara, 58 s., (2009).

İnta Space Türk, Uydu Görüntüsü Galerisi, Erişim,

<http://www.spaceturk.com.tr/showpage.aspx?top=0&id=115> (25 Haziran 2010).

<http://www.spaceturk.com.tr/showpage.aspx?id=27> (25 Haziran 2010).

İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi (İTÜ-UHUZAM), Erişim, <http://www.cscrs.itu.edu.tr/page.tr.php?id=10> (15 Mart 2010).

- Kalelioğlu, Ö. “Landsat 5 TM Uydu Görüntüleri Kullanılarak Arslanköy- Güzelyayla (Mersin) Arasının Tektono-Stratigrafik Özelliklerinin İncelenmesi”, Mersin Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 76 s., (2005).
- Kalelioğlu, Ö. “Uydu görüntülerinin yorumlanmasında ön işlemler”, Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D., Doktora Semineri Raporu, 26 s., (2006).
- Kalinnowski, A. and Oliver, S. “ASTER Mineral Index Processing Manual, Remote Sensing Applications ”, Remote Sensing Applications, Geoscience, Australia, 36 s., (2004).
- Karaca, Ö., Karagüzel, R. ve Ertunç, A. “Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak Fethiye ve çevresinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesi”, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20 (1), 52-61, (2003).
- Karadağ, M.M. “Seydişehir bölgesi boksitlerinin jeolojik, petrografik ve genetik incelemesi”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 265 s., (1987).
- Karadağ, M.M., Temur. S., Arık. F. ve Öztürk. A. “Çatmakaya (Seydişehir-Konya) boksit yatağının jeolojik ve petrografik özellikleri”, Yerbilimleri, 28, 109-122, (2003).
- Karadağ, M.M., Arık, F. ve Öztürk, A. “Çatmakaya (Seydişehir-Türkiye) boksit yatağının kökenine jeostatistiksel ve jeokimyasal bir yaklaşım”, Yerbilimleri, 27 (2), 63-85, (2006).
- Karadağ, M.M., Küpeli, Ş., Arık, F., Ayhan, a., Zedef, V. and Döyen, A. “Rare earth element (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortaş bauxite deposit (Seydişehir/Konya-Southern Turkey)”, Chemie der Erde, 69, 143-159, (2009).
- Kargı, H. ve Sarı, N. “Landsat TM görüntülerinde alterasyon zonlarının belirlenmesi- bir maden arama çalışması”, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilisim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 1-7, (2006).
- Kavak, K.Ş. “Uzaktan Algılamanın Temel Kavramları ve Jeolojideki Uygulama Alanları”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 52, 63-74 (1998).

- Kavak, K.Ş. “Menderes Masifi ve Gediz Grabeni Civarında Paleotektonik ve Neotektonik Yapıların Landsat TM Görüntülenmesi İncelenmesi”, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İstanbul, 157-163, (2005).
- Kayadibi, Ö. “Mineral haritalamada band oranlama ve crosta metodları ile elde edilen sonuçların jeostatistiksel olarak karşılaştırılması”, UZALCBS Sempozyumu, Kayseri, (2008).
- Kayadibi, Ö., Sarıfakioğlu, E., Dilek, Y. ve Esirtgen, E. “Ofiyolitik seriyi oluşturan birimlerin litolojik haritalanması: Eldivan (Çankırı) ofiyoliti örneği”, UZALCBS Sempozyumu, Kayseri, (2008).
- Lauber, T. “Zur Genese Des Bauxites Der Mine Mortaş Bei Seydişehir (Turkei)”, Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultat der Universitat Bern, Doktora Tezi, 207 s., (1980).
- Lillesand, T.M. ve Kiefer, R.W. “Remote Sensing and Image Interpretation”, 3rd ed., John Wiley&sons, Inc, 750 p., (1994).
- Maden Teknik Arama (MTA) Uzaktan Algılama Laboratuvarı, Uzaktan Algılama ile İlgili Dökümanlar, Erişim: [http://www.mta.gov.tr/RSC\\_WEB/tr.html](http://www.mta.gov.tr/RSC_WEB/tr.html) (20 Mart 2010).
- Monod, O. “Batı Toros kalkerlerinin temelindeki Seydişehir şistlerinde bulunan Ordovisiyen bir fauna”, MTA Erst. Dergisi, 69, 76-87, (1967).
- Monod, O. “Recherches geologiques dans le Taurus Occidental au sud de Beyşehir (Turquie)”, These d’etat, I’Univ. de Paris Sud, Center d’Orsay, sr. A, 896, 571 s., (1977).
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), Erişim, [http://www.terra.nasa.gov/Brochure/Sect\\_4-7.html](http://www.terra.nasa.gov/Brochure/Sect_4-7.html) (28 Nisan 2010).
- Ovla, H. D. “Diskriminant Analizi”, Ege Üniv. Tıp Fak. Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim A. D., Yaz Okulu Ders Notu, (2010), (yayınlanmamış).
- Özçelik, O. “Toroslar’da Bozkır yöresinin jeolojisi, jeolojik evrimi ve petrol olanakları”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 221 s., (1984).
- Özgül, N. “Torosların bazı temel jeoloji özellikleri”, TJK Bülteni, 19, 65-78, (1976).

- Özlu, N. "Etude Geologique, Mineralogique et Geochimique des Bauxites de la region d'Akseki-Seydişehir (Taurus occidental-Turquie)", Pierre ve Marie Curie Üniversitesi, Doktora Tezi, 455 s., (1978).
- Özlu, N. "Akseki-Seydişehir boksitlerinin kökeni hakkında yeni bulgular", TJK Bülteni, 22, 215-227, (1979).
- Öztan, N. S. ve Süzen, M. L. "Ankara-Bala civarında ASTER görüntüleri kullanılarak evaporit minerallerinin tespitine yönelik bir uygulama", I. Ulusal Jeolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Cumh. Üniversitesi, Sivas, 47-48, (2008).
- Öztürk, H. ve Hanılçı, N. "Doğankuzu ve Mortaş Boksit Yatağının Jeolojisi ve Sülfürlü Zonların Özellikleri, Orta Toroslar, Türkiye", MTA Dergisi, 121, 185-197, (1999).
- Öztürk, H., Hein, J.R. and Hanılçı, N. "Genesis of the Doğankuzu and Mortaş Bauxite Deposits, Taurides, Turkey: Separation of Al, Fe and Mn and Implications for Passive Magrin Metallogeny", Economic Geology, 97, 1-15, (2002).
- Ranjbara, H., Honarmand, M., Moezifar, Z. "Application of The Crosta Technique For Porphyry Copper Alteration Mapping, Using Etm Data in The Southern Part of The Iranian Volcanic Sedimentary Belt", Journal of Asian Earth Sciences, 24, 237-243, (2004).
- Sabins, F. F. "Remote Sensing Principles and Interpretation, 3rd ed.", W.H. Freeman and Company, NewYork, 481 p., (1996).
- San, B. T., Sumer, E. O. and Gurçay, B. "Comparison of Band Ratioing and Spectral Indesis Method for detecting alunite and kaolinite minerals using ASTER data in Biga Region, Turkey", ISPRS, İstanbul, (2004).
- Sanjeevi, S. "Targetting limestone and bauxite deposits in southern India by spektral unmixing of hiperspektral image data", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVII, 1189-1194, Beijing, (2008).
- Sarp, G. ve Erener, A. "Litolojik birimlerin farklı sınıflandırma yöntemleri ile uydu görüntülerinden belirlenmesi", I. Ulusal Jeolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Cumh. Üniversitesi, Sivas, 31-32, (2008).

- Sümer, E.Ö., San, B.T., Gürçay, B., Pekesin, B.F., Avcı, M.K., Koruyucu, M., Dağlıyar, A., Teoman, Ş., Topçu, T., Özgüner, C. “ASTER Uydu Verisi Uygulamaları; Türkiye’den Örnekler”, MTA Özel Yayın Serisi, 5, Ankara, 71 s., (2006).
- Şatır, O. “Uygun Bulanık (Fuzzy) Sınıflama Yöntemleri ile Aladağ Örneğinde Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 79 s., (2006).
- Tatar, Y. ve Tatar, O. “Jeolojide Uzaktan Algılama”, Cumhuriyet Üniversitesi yayınları No:102, Sivas, 248 s., (2006).
- Temur, S. “Metalik Maden Yatakları 1’inci baskı.”, Nobel Yayın Dağıtım, 285 s., Konya, (2001).
- Termier, G. Ve Monod, O. “Inarticulate Brachisopods from Cambro-Ordovician formations in the Western Taurus (Turkey)”, TJK Bülteni, 21, 145-153, (1978).
- Tindall, J. A. “Deconvolution of Plant Type(s) for Homeland Security Enforcement Using Remote Sensing on a UAV Collection Platform” , Homeland Security Affairs, II (I), 14 s., (2006).
- Turoğlu, H. “Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları,”, Acar Matbaa, İstanbul, 246 s., (2000).
- US Geological Survey (USGS) Spektral Laboratuvarı, Erişim, <http://speclab.cr.usgs.gov/index.html> (25 Nisan 2010).
- Uslu, İ. “Mihalıçcık Eskişehir Çevresindeki Kromit ve Manyezit Yataklarının Landsat 7 ETM+ ve Aster Uydu Verileri İle İncelenmesi”, Ankara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 125 s., (2007).
- Ünsal, A., Mert, A. ve Cengiz, O. “Landsat 7 TM Uydu Verileri Kullanılarak Dedegöl Dağı ve Çevresinin (Yenişarbademli-Isparta) Çizgisellik ve Jeolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 1-9, (2004).
- Wipperf, J. “Toros boksitleri ve bunların tektonik durumu”, MTA Dergisi, 58, 47-70, (1962).

Yetkin, E. "Alteration Mapping By Remote Sensing: Application to Hasandağ-Melendiz Volcanic Complex", The Middle East Technical University, Master Thesis, 97 s., (2003).

Yurtkoru, E. S. ve Sipahi, B. "Öğretim üyesi performans değerlendirme kriterinin cinsiyete göre belirlenmesi üzerine analitik bir çalışma", İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi, 2(4): 13-37, (2003).

## ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

**Adı Soyadı:** Tuğba SARAYKÖYLÜ

**Doğum Tarihi:** 20/05/1984

**Öğrenim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Y.Dil.Ağırlıklı Lise	Aydın Lisesi	1998-2002
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2003-2007
Yüksek Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2008-2010

### ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

**Sarayköylü, T.**, Öner, F. ve Sakarya, N. "Avanos (Nevşehir) Bölgesi Alkali Granitlerin Flotasyonu ve Seramik Sektöründe Feldspat Kaynağı Olarak Kullanımı", Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Jeoloji Sempozyumu, (Poster Sunumu) s. 42, Adana, (2007).