

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇANKIRI İLİ CİVARINDAKİ OFİYOLİTİK KAYA  
TÜRLERİNİN ASTER UYDU GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ İLE  
AYIRTLANMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Yük.Müh. Bora GÜRÇAY**

**Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği  
Danışman: Doç.Dr. Ömer Feyzi GÜRER**

**KOCAELİ, 2007**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇANKIRI İLİ CİVARINDAKİ OFİYOLİTİK KAYA  
TÜRLERİNİN ASTER UYDU GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ İLE  
AYIRTLANMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Yük.Müh. Bora GÜRÇAY**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 17 Ağustos 2007**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 17 Ekim 2007**

**Tez Danışmanı**

**Doç.Dr. Ömer Feyzi GÜRER**

(.....)

**Üye**

**Prof. Dr. Selçuk TOKEL**

(.....)

**Üye**

**Prof.Dr. Can AYDAY**

(.....)

**Üye**

**Prof.Dr. Şerif BARIŞ**

(.....)

**Üye**

**Yrd.Doç.Dr. Ömer Faruk ÇELİK**

(.....)

**KOCAELİ, 2007**

## **ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR**

Dünya’da ve ülkemizde hızlı sanayileşmeye bağlı olarak artan hammadde talebini karşılayabilmek amacıyla madencilik sektöründe daha etkin yöntemlerin kullanılması ve daha kısa sürede ihtiyaca cevap verebilme gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda geliştirilen algoritmaların, maden aramalarında gün geçtikçe uygulanabilirliği kabul gören uzaktan algılama yöntemleri ile ultramafik kayaların ofiyolit istifindeki diğer kaya türlerinden ayrılmasına yardımcı olacağını düşünmekteyim.

Pasif uzaktan algılamanın jeolojik amaçlı uygulamaları genellikle görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi özellikler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yönüyle çalışma, ASTER termal kızıl ötesi verisinin jeolojik özelliklerdeki farklılıkların ortaya konulması konusundaki az sayıdaki örneklerden biri olarak değerlendirilebilir. Diğer taraftan tez çalışması ile ofiyolitik kaya türleri içerisinde yer alan ve krom cevherleşmelerinin yoğun olarak gözleendiği peridotit tipi kayaların belirgin olarak sınırlarının ortaya çıkartılabilmesi mümkün olduğundan krom madeni aramacılığında hedef alanlara daha kolay ulaşılabilmesine yardımcı olacaktır.

Çalışma, ülkemizde ASTER uydu verilerinin ilk kullanılmaya başlandığı projelerden biri olan MTA-JICA Jeolojik Uzaktan Algılama Projesi sırasında, birbirinden farklı çok sayıdaki analiz yöntemlerinin doğrudan jeolojik çalışmalarda kullanılarak gerçekleştirilmiş uygulamaları sonucu elde edilen bilgi birikimi sonrasında ortaya çıkartılmıştır.

Doktora çalışmamın ders aşamalarındaki değerli katkıdan dolayı Sayın Prof. Dr. Sefer ÖRÇEN’e, derslerini aldığım ve her türlü konudaki yardımlarından dolayı Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nün değerli öğretim üyelerine, çalışma konusu değişikliğinden itibaren sonlandırılmasına kadar geçen süre içerisinde hiç bir zaman desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ö. Feyzi GÜRER’e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca her türlü idari işlerde sıklıkla yardımcı olan Fen Bilimleri Enstitüsü idari personeli Sayın Mehmet GÜRLÜK’e de teşekkür ederim.

Her aşamasını sorgulayan, yılmadan tez çalışmamı bitirmem için beni yüreklendiren babama ve anneme, bana güvendiklerini her vesileyle dile getiren eşime ve kızıma da ayrıca teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmam süresince sağladıkları uygun çalışma ortamı ve verdikleri destekten dolayı MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı’na, gerek saha çalışmalarında ve gerekse tez yazım aşamasındaki katkılarından dolayı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Koordinatörlüğü çalışanlarından değerli arkadaşlarım Sayın Dr. Engin Öncü SÜMER’e, Sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi

Murat KORUYUCU'ya, Sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi Taner SAN'a, derlenen örneklerin mineralojik ve petrografik tanımlamalarını yapan değerli arkadaşım Sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi Okan ZİMİTOĞLU'na yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Çalışmamın yazımı sırasında ve sonrasında tez içeriğinin değerlendirilmesi ile ilgili katkılarından dolayı değerli arkadaşlarım Sayın Dr. Bahadır ŞAHİN'e ve Sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi Koray TÖRK'e, çeşitli zamanlarda yaptığımız tartışmalarda ultramafik kaya türleri ile ilgili değerli fikirlerine danıştığım değerli arkadaşım Sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi İlhan ODABAŞI'na ve çalışmalarım sırasında katkısı olan adını hatırlayamadığım herkese teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
TABLolar DİZİNİ .....	viii
ÖZET .....	ix
İNGİLİZCE ÖZET .....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Gerekçe.....	1
1.2. Çalışma Alanı .....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	3
1.3.1 . Jeolojik çalışmalar.....	3
1.3.2. Uzaktan algılama çalışmaları.....	8
1.4. Çalışma Yöntemi .....	13
2. JEOLojİ.....	15
2.1 Triyas Yaşlı Birimler.....	15
2.2. Ofiyolitik Kayalar .....	17
2.3. Üst Kretase Yaşlı Birimler .....	19
2.4. Tersiyer Yaşlı Birimler.....	20
2.5. Kuvaterner Çökelleri .....	21
3. TEMEL BİLGİLER.....	22
3.1. Ofiyolit ve Kayaları.....	22
3.2. Uzaktan Algılama ve Temel Kavramları.....	26
3.3. ASTER Uydu Verisi .....	29
3.4. Spektral Özellikler ve Yansıma Spektrometresi.....	30
3.5. Bant Oranlama Tekniği .....	32
3.6. Peridotitlerin Spektral Yansıma ve Termal Yayılım Özellikleri .....	33
4. GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ.....	39
4.1. Ön İşlemler .....	40
4.2. Analizler .....	51
5. SAHA ÇALIŞMALARI .....	61
6. GÖRÜNTÜ ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	70
6.1. VNIR-SWIR Analizleri.....	70
6.2. TIR Analizleri.....	72

7. SONUÇLAR .....	76
8. TARTIŞMA ve ÖNERİLER .....	78
KAYNAKLAR.....	80
EKLER .....	85
ÖZGEÇMİŞ.....	110

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Çalışma sahasının yer bulduru haritası .....	2
Şekil 2.1: Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesiti .....	16
Şekil 3.1: Okyanus kabuğu yapısının gelişimini gösteren okyanus ortası sırtın kuramsal kesiti.....	23
Şekil 3.2: Eksiksiz ofiyolit istifinin farklı nitelikler sunan birimleri. ....	24
Şekil 3.3: Ultramafik kayaların modal sınıflaması.....	25
Şekil 3.4: Elektrik ve manyetik dalgalar yoluyla taşınan enerjinin bileşenleri.....	26
Şekil 3.5: Elektromanyetik spektrum ve bölümleri.....	27
Şekil 3.6: Yer istasyonunda farklı seviyelerde üretilen ASTER verileri.....	31
Şekil 3.7: Olivin, piroksen ve serpantin minerallerinin görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi bölgelerinde sergiledikleri farklı spektral özellikleri.....	34
Şekil 3.8: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Olivin mineralinin termal spektral eğrisi.....	34
Şekil 3.9: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Ojit (Klinopiroksen) mineralinin termal spektral eğrisi ve ASTER termal kızıl ötesi bantları. .35	
Şekil 3.10: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Enstatit (Ortopiroksen) mineralinin termal spektral eğrisi ve ASTER termal kızıl ötesi bantları. .35	
Şekil 3.11: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Serpantin mineralinin termal spektral eğrisi ve ASTER termal kızıl ötesi bantları.....	36
Şekil 3.12: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Dünit kayacına ait termal spektral eğri ve ASTER termal kızıl ötesi bantları.....	36
Şekil 3.13: Silikatlı kayaların termal kızıl ötesi bölgesinde gözlenen belirgin özellikleri.....	37
Şekil 3.14: Kuvars mineralinin termal yayılım özellikleri ve ASTER termal kızıl ötesi bantları. ....	38
Şekil 4.1: Tez çalışmasında kullanılan ASTER L3A görüntüleri ve çalışma alanını kapsayan 1/25.000 ölçekli pafta sınırları.....	39
Şekil 4.2: Bant oranlama yöntemi ile peridotit türü kayaların ASTER uydu verileri yardımıyla elde edilmesine yönelik gerçekleştirilen işlemlerin akış şeması.....	41
Şekil 4.3: Mozayiklenen ve çalışma alanını içine alacak şekilde kesilmiş ASTER RGB-432 renkli kompozit görüntüsü. ....	42
Şekil 4.4: Elektromanyetik dalgaların atmosferdeki saçılma oranları.....	44
Şekil 4.5: Ham ASTER verisi üzerinde atmosfer düzeltmesinin ve bağıl yansımaya dönüşümü için hazırlanmış ERDAS modülünün şeması .....	45
Şekil 4.6: ACORN yazılımının ASTER seviye 3A arayüzü ve bağıl yansımaya dönüşümü için girilen parametreler. ....	46

Şekil 4.7: Atmosferik düzeltme yapılmış veri üzerinde gerçekleştirilen maskeleme işlemlerinin akış şeması.....	48
Şekil 4.8: Tümleşik maske uygulanmış ASTER RGB-432 renkli kompozit görüntüsü.....	49
Şekil 4.9: ASTER termal kızıl ötesi verilerinin radyans dönüşümü sırasında kullanılan ERDAS Modeller grafiksel şeması .....	51
Şekil 4.10: Olivin mineralinin ayırtlanmasına yönelik ASTER VNIR-SWIR kullanarak geliştirilen bant oranlamalarının ERDAS Modeller grafiksel şeması.....	52
Şekil 4.11: Serpantin mineralinin ayırtlanmasına yönelik ASTER VNIR-SWIR kullanarak geliştirilen bant oranlamasının ERDAS Modeller grafiksel şeması.....	53
Şekil 4.12: 2/3 bant oranlama görüntüsü.....	53
Şekil 4.13: 4/3 bant oranlama görüntüsü.....	54
Şekil 4.14: 1/3 bant oranlama görüntüsü.....	54
Şekil 4.15: 5/3 bant oranlama görüntüsü.....	55
Şekil 4.16: 6/7 bant oranlama görüntüsü.....	55
Şekil 4.17: Peridotitler için geliştirilen (14/13)*(12/13) termal spektral bant oranlamasının ERDAS Modeller'daki şematik gösterimi .....	58
Şekil 4.18: Peridotitler için geliştirilen $[14/13]/(13/12)^3$ termal spektral bant oranlamasının ERDAS Modeller'daki şematik gösterimi .....	58
Şekil 4.19: Peridotitlerin ayırtlanmasına yönelik geliştirilen (14/13)*(12/13) termal spektral bant oranlamalarının, çalışma alanını kapsayan kesiminin mozayiklenmiş görüntüsü .....	59
Şekil 4.20: Peridotitlerin ayırtlanmasına yönelik geliştirilen $[14/13]/(13/12)^3$ termal spektral bant oranlamalarının, çalışma alanını kapsayan kesiminin mozayiklenmiş görüntüleri .....	60
Şekil 5.1: Yer doğrulama çalışmaları sırasında gözlem yapılan lokasyonlar.....	61
Şekil 5.2: Ofiyolitik birimlere ait farklı kaya türlerinin çalışma sahasındaki yüzeylenmeleri. A) Eldivan Dağı güneyinde Hisarcık köyü civarında yüzeylenen serpantinitle ve peridotitler, Korgun doğusunda Alanpınar civarında gözlenen B) radyolaritler, C) volkanikler ve serpantinitle, D) yastık lavlar.....	62
Şekil 5.3: Eldivan Dağı'nın kuzeybatı kesiminin bitki örtüsü yoğunluğu.....	63
Şekil 5.4: Eldivan Dağı'ndan kuzeybatıya uzanan çalışma alanının bitki örtüsündeki belirgin değişimi.....	63
Şekil 5.5: Saha çalışmalarında derlenen bazı örneklerin ince kesitlerinden elde edilmiş tek ve çift nikol görüntüleri. A) 061004-2, B) 070531-1 C) 070531-2 D) 070531-6.....	65
Şekil 5.6: A) 070531-2 numaralı lokasyonda yer alan lertzolit olarak tanımlanmış kaya türleri, B) 070531-3 numaralı lokasyonda gözlenen harzburjitler. ..	66
Şekil 5.7: Ahlatköy güneyinde yer alan görüntü analizlerinde anomali veren peridotit türü kayalar.....	66
Şekil 5.8: Ortaköy yaylası ve civarında geniş bir alanda yüzeylenen peridotitlerin kuzeybatıya doğru görünümü.....	66



Şekil 5.9: 2006 yılı saha örneklerinin TSG Spectral Geologist yazılımı kullanılarak elde edilen spektral analiz sonuçları.....	68
Şekil 5.10: 2007 yılı saha örneklerinin TSG Spectral Geologist yazılımı kullanılarak elde edilen spektral analiz sonuçları.....	69
Şekil 6.1: 6/7 bant oranlaması görüntüsünün ofiyolitik kayalar ile karşılaştırılması.....	73
Şekil 6.2: Peridotitler için oluşturulmuş bant oranlama anomalilerinin ofiyolitik kayalar ile karşılaştırılması. A. $(14/13)*(12/13)$ , B. $[14/13]/(13/12)^3$ .....	75

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1: Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan elektromanyetik spektrum dalga boyu aralıkları. ....	27
Tablo 3.2: ASTER algılayıcısının bantları, spektral ve alansal özellikleri.....	30
Tablo 4.1: Görüntü analiz çalışmalarında kullanılan ASTER görüntüleri. ....	40
Tablo 4.2: ASTER termal kızıl ötesi bantlarının radyans dönüşüm katsayıları.....	50
Tablo 5.1: 2006 yılı saha çalışmaları ile derlenen örnekler ve 7 tanesi için istenen petrografik kaya tanımlamaları.....	64
Tablo 5.2: 2007 yılı saha çalışmaları ile derlenen örnekler ve petrografisi istenen 8 adet örneğe ait kaya adlamaları. ....	67

# ÇANKIRI İLİ CİVARINDAKİ OFİYOLİTİK KAYA TÜRLERİNİN ASTER UYDU GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ İLE AYIRTLANMASI

**Bora GÜRÇAY**

**Anahtar Kelimeler:** Eldivan Ofiyoliti, Peridotit, Olivin, ASTER, Termal Spektral Analiz

**Özet:** Çankırı ve civarında özellikle de Eldivan Dağı'nda yüzeylenen Eldivan Ofiyoliti, Orta Anadolu'da gözlenen ofiyolit istifleri içerisinde iç düzeni kısmen korunmuş okyanus kabuğu malzemesidir. Bölgede yer alan ofiyolitik kaya türleri iç yapısının karmaşıklığı nedeniyle önceki çalışmalarda melanj olarak haritalanmıştır.

ASTER uydu görüntüleri, görünür-yakın kızıl ötesi (520-860 nm.), kısa dalga kızıl ötesi (1600-2430 nm.) ve termal kızıl ötesi (8125-11650 nm.) spektral aralıklarını içerir ve sırasıyla 15, 30, 90 m. alansal çözünürlüğe sahiptir. İçerdiği bu 14 bant ile jeolojik çalışmalarda ve maden yataklarının belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Okyanus kabuğu malzemesi olan ultramafik kaya türleri, özellikle de peridotitler ekonomik krom cevherleşmelerinin yoğun olarak gözlemlendiği kaya türleridir. Çalışmada, ASTER uydu görüntüleri ile bu kaya türlerinin termal spektral özellikleri kullanılarak ayırtlanması amaçlanmıştır.

Ultramafik kayaların ve bozunma ürünlerinin termal spektral özellikleri göz önüne alınarak geliştirilen algoritmalar neticesinde, olivin içeriğinin yüksek olduğu kaya türleri belirgin olarak ayırtlanmıştır. Belirlenen bu kaya türleri saha gözlemleri ve derlenen örneklerin petrografik tanımlamaları ile de denetlenmiştir. Elde edilen görüntü analiz sonuçları bölge jeolojisi ile karşılaştırıldığında, olivin içeriği yüksek peridotit türü kayaların melanj olarak haritalandığı gözlenmiştir.

# **DISCRIMINATION OF OPHIOLITIC LITHOLOGIES BY USING ASTER SATELLITE IMAGE ANALYSIS AROUND CANKIRI CITY**

**Bora GÜRÇAY**

**Keywords:** Eldivan Ophiolite, Peridotite, Olivine, ASTER, Thermal Spectral Analysis

**Abstract:** Among the other ophiolitic mélanges, Eldivan ophiolite which internal structure is partially preserved, observing at Central Anatolia exposed around Cankiri area is an oceanic lithosphere. Ophiolitic rock units around the area were mapped on previous studies as mélange due to the internal structural complexity.

ASTER satellite image has a spectral ranges covering as VNIR (visible-near infrared, 520-860 nm.), SWIR (short wave infrared, 1600-2430 nm.) and TIR (thermal infrared, 8125-11650 nm.) and has a spatial resolution of 15, 30, 90 m. respectively. Those 14 bands of ASTER data are mostly used for geological and mineral research studies.

Ultramafic rock units which belong to oceanic lithosphere, especially peridotites are important for economical chromite mineralization. Here in this study, it is objected to discriminate those rock units by their thermal spectral properties using ASTER satellite images.

As a result of algorithms developed according to the ultramafic rocks and their secondary products, types of rocks rich in olivine were clearly identified. Those extracted rock units checked with ground truth and petrographical determinations of collected samples. While comparing image analyses results with regional geology, it is observed that the peridotite rocks rich in olivine was mapped as mélange.

## **1. GİRİŞ**

Yer yüzeyinden çeşitli amaçlara yönelik bilgilerin çıkartılması ile ilgili çalışmalar, 20. yüzyılın ilk yarısında stratejik ve askeri amaçlara yönelik olarak hava fotoğraflarının kullanılması ile başlamıştır. Günümüz teknolojisinin hızla ilerlemesi ile orantılı olarak, hava fotoğraflarının yanında Dünya yörüngesine yerleştirilmiş farklı niteliklerdeki uydular kullanılmaya başlanmış, yerküre ile ilgili daha detaylı bilgi elde edilmesine yönelik çalışmaların da artmasına olanak sağlamıştır.

### **1.1. Amaç ve Gerekçe**

Ülkemizde jeolojik amaçlı uydu görüntüleri ilk kez, 1970'li yılların başlarında MTA Genel Müdürlüğü'nde Uzaktan Algılama Laboratuvarı'nın kurulmasından sonra kullanılmaya başlamıştır. Uzaktan Algılama Laboratuvarı'nın gelişen teknolojiye uyum sağlaması amacıyla farklı zamanlarda çeşitli projeler yürütülmüştür. Bunun son örneği MTA-JICA Jeolojik Uzaktan Algılama Projesi olmuş ve bu proje ile ASTER uydu görüntüleri kullanılmaya başlamıştır.

Ülkemizde son yıllarda maden sektörüne olan yoğun talep sonucu, madencilik faaliyetlerine yapılacak katkılar, kısa sürede düşük maliyetle uygulanacak yöntemlerin kullanılması ile olacaktır. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen çalışma, krom cevherleşmelerini içeren peridotit (harzburjit-dünit) türü kayaların uzaktan algılama yöntemleri ile tanımlanmasını amaçlamaktadır.

Bilindiği gibi ülkemizde, Kuzey, Orta (Toros) ve Güney ofiyolit kuşağı olarak tanımlanmış üç ana ofiyolit kuşağı mevcuttur (Engin ve diğ., 1986). Bunların oluşturduğu zon boyunca gözlenen ofiyolitik kayalar içerisinde çok önemli kromit cevherleşmeleri yer almakta ve bunlar ile ilişkili yoğun madencilik faaliyetleri

yürütülmektedir. Kromit cevherleşmeleri ağırlıklı olarak okyanusal kabukta magmatik hareketliliğin başladığı ilk safhalarda oluşan dünit, harzburjit türü ultramafik kayalarda zenginleşmektedir.

Çankırı yöresinde seçilen çalışma alanı, diğer bölgelerdeki ofiyolitik kayaların yüzeylenmeleri ile karşılaştırıldığında yapısal ve kaya türü özellikleri açısından sadelik sunması ve bölge ile ilgili yapılmış çok fazla çalışmanın bulunmaması nedeni ile seçilmiştir. Bunun yanında, karasal iklim şartlarının yoğun bitki örtüsüne çok fazla izin vermeyişi uzaktan algılama çalışmaları açısından önemli olup, bu alanın seçilmesinde büyük rol oynamıştır.

## 1.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Orta Anadolu'da Ankara ili kuzeydoğusunda, Çankırı ili Şabanözü ve Eldivan ilçelerini içine alır (Şekil 1.1). 12 adet 1:25.000 ölçekli paftadan (G30c1, G30c2, G30c3, G30c4, G30d2, G30d3, G31d1, G31d4, H30a2, H30b1, H30b2, H31a1) oluşan bölge yaklaşık 1750 km<sup>2</sup>'lik bir alan kapsamaktadır.



Şekil 1.1: Çalışma sahasının yer bulduru haritası

Çalışma alanında Üst Paleozoyik'ten Pliyosen'e kadar değişen yaşlarda farklı özelliklere sahip sedimanter, volkanik, magmatik ve okyanus kabuğu nitelikli derinlik kayaları yüzeylemektedir.

### **1.3. Önceki Çalışmalar**

Çalışma alanında bir çok araştırmacı farklı yıllarda çeşitli amaçlara yönelik çalışmalar yürütmüştür. Araştırma bölgesinin jeolojisine yönelik yapılmış çalışmalardan önemli olanları aşağıda verilmektedir.

#### **1.3.1 . Jeolojik çalışmalar**

Ankara-Çankırı-Çorum civarında yüzeyleyen tüm blokları, karmaşık görünümlü kayaç topluluklarını içine alan birimleri ilk kez Bailey ve McCallien (1950) Ankara Melanjı olarak isimlendirmiştir. Toros kuşağını oluşturan kuzeyde Pontidlerden gelen ve güneye ilerleyen napın, tektonik olarak parçalanması ve Kırşehir masifine bindirmesi sırasında oluştuğunu ve bu kaya topluluğunun yaşının Triyas-Jura olduğunu belirtmişlerdir.

Ketin (1962), 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası hazırladığı çalışmasında bölgedeki ofiyolitli melanjın oldukça karmaşık bir yapı sergilediğini belirtmiş ve bunları Mesozoyik Ofiyolitik Seri (MOF) olarak isimlendirmiştir.

Bocaletti (1966), Ankara Melanjı'nın olistostrom oluşumlarının da içinde yer aldığı orojenik heyelanlar sonucu olduğunu, ayrıca yaptıkları çalışma ile bu kaya topluluklarının; kireçtaşı ve ender ofiyolit blokları ve yaygın ofiyolit blokları içeren, Steinman üçlüsünden<sup>1</sup> oluşan topluluk olarak iki ayrı kısımdan meydana geldiğini savunmuştur.

---

<sup>1</sup> Ultramafik peridotit, masif ya da tabakalı gabro, levha daykları ve yastık lavlardan oluşan kaya grubuna verilen isimdir.

Sestini (1971) yaptığı çalışmada, kaya türlerini serpantin, diyabaz, bazalt, radyolarit, kireçtaşı, kumtaşı, marn ve şeyl mercekleri ve bunlara ilave olarak polijenik breşlerden oluşan kaotik bir topluluk olarak tanımlamış, gravite etkisiyle kayarak birbirleri üzerine bindirdiği görüşünü benimsemiştir.

Norman (1973), melanjin batıdan doğuya doğru metamorfik bloklı, kalker bloklı ve ofiyolit bloklı olarak üç ana birimden oluştuğunu, birbirleriyle olan dokanak yüzeylerinin faylı olmayıp tektonik olarak aktif bir havzadaki denizaltı kayma ve akma yüzeyleri olduğunu belirtmiştir.

Akyürek ve diğ. (1979, 1980, 1981) tarafından Eldivan-Şabanözü civarında jeolojik etüt amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalara göre bölgede, yaşları Alt Triyas'tan Kuvaterner'e kadar çıkan kaya birimleri yüzeyler. Amaç bölgede var olan ofiyolitli melanjin yerleşmesine ilişkin yeni bulguları sergilemektir. Alt Triyas, metadetritiklerden oluşan Kösrelilik formasyonu ve alt Permiyen ve Karbonifer yaşlı bloklar içeren metaspilit, metadiyabaz tipindeki metavolkanitlerden oluşan Yağızali formasyonları ile temsil edilir. Orta Triyas (Anisiyen) yaşlı Elmalı formasyonu, konglomera ve kumtaşları ile Alt Triyas yaşlı formasyonları uyumsuz olarak örter. Orta-Üst Triyas (Ladiniyen-Karniyen yaşlı kireçtaşlarından oluşan Yeniçöte formasyonu, Elmalı formasyonu ile geçişlidir, Yeniçöte formasyonu gabro, diyabaz, serpantin, spilit, çörtlü kireçtaşı, radyolarit, çamurtaşlarından oluşan Eldivan ofiyolitli melanji ile tektonik olarak örtülür. Bu çalışma ile bölgedeki ofiyolitik melanj Eldivan Ofiyolit Kompleksi olarak isimlendirmişlerdir. Eldivan Ofiyolit Kompleksi, Orta Anadolu'da gözlenen ofiyolitli melanj yayılımında iç düzeni kısmen korunmuş okyanus kabuğu malzemesidir. Eldivan Dağı'nda izlenen ofiyolit kompleksi tam bir istif olarak, Kalecik güneybatısında ve Hasayaz doğusunda üstten eksikli olarak ayrılanmıştır. Bu birimler içinde değişik yaşlarda kireçtaşı blokları yer almaktadır. Bu kireçtaşı bloklarından elde edilen en genç yaş Berriaziyen-Valanginiyen, Barremiyen yaşlarıdır. Bu verilere göre çalışmada Eldivan ofiyolitli melanjinin Barremiyen'den sonra Senomaniyen-Türoniyen'den önce, olasılıkla Austriyen fazı sırasında bölgeye yerleştiği savunulmaktadır. Filiş fasiyesindeki



Senomaniyen-Türoniyen yaşlı Mart formasyonu, konglomera ile ofiyolitli melanjin üstüne gelir. Mart formasyonu ile düşey yönde geçişli olan ve kireçtaşlarından oluşan Kurşunludüz formasyonu da, Senomaniyen-Türoniyen yaşlıdır. Yaptıkları çalışmalarda ayrıca bölgede manyezit, kil, linyit, kromit ve asbest oluşumlarına ilişkin veriler sunmuşlardır.

Şengör ve Yılmaz (1981)'e göre, Liyas-Geç Kretase aralığında bölge genişlemeli rejimin etkisi altındadır ve riftleşmeyle birlikte Lavrasya ile Sakarya kıtası arasında Intra-Pontid Okyanusu (Neo-Tetis'in kuzey kolu), Sakarya kıtası ile Kırşehir bloğu arasında da İzmir-Ankara okyanusu (Neo-Tetis'in kuzey kolu) oluşmuştur.

Çankırı Havzası, diğer Orta Anadolu havzaları gibi Kretase-Eosen zaman aralığında Sakarya kıtası ve Anatolidlerin içerisinde yer alan Kırşehir bloğunun yaklaşmasıyla oluşmuştur (Görür ve diğ., 1984; Koçyiğit, 1991; Şengör and Yılmaz, 1981).

Hakyemez ve diğ. (1986), İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı üzerinde yer alan bir alanda yaptıkları jeolojik sorunların çözümü, jeotektonik evrimin yorumlanmasını amaçlayan çalışmalarında, Jura başında açılmaya başlayan Neo-Tetis'in kuzey kolunu oluşturan çökellerin yörenin güneyinde bulunduğunu, açılan okyanusun tabanının bugün tektonik dilimler halinde bulunan Eldivan Ofiyolit Kompleksi ve kaotik bir oluşum olan Ahlat Ofiyolit Melanjı ile Karabürçek formasyonlarının oluşturduğunu belirtmektedirler. Çalışmaya göre, Erken Lütasiyen'de okyanusal rejim sona ermeye başlamış ve Orta Lütasiyen'de kıta çarpışması gerçekleşerek, bölge sığ platform özelliği kazanmıştır.

Türkecan ve diğ. (1991), Bolu-Ankara-Çankırı illeri arasında kalan Köroğlu volkanik masifinde yer alan çökel ve volkanik kayalarda ayrıntılı stratigrafik çalışmalar yapmış, volkanik kayalarda yapılan petrokimyasal çalışmalarla da volkanik kayaları plaka tektoniği açısından yorumlamışlardır. Bölgede, kristalize kireçtaşları ve metamorfikler Triyas öncesi birimleri, Ankara Grubu olarak tanımlanan klastikler ve yeşil şist fasiyesindeki metamorfikler Triyas yaşlı birimleri, bunların üzerindeki

platform nitelikli kireçtaşları da Jura-Alt Kretase yaşlı birimleri oluşturmaktadır. Bunları üzerleyen ve peridotitlerden oluşan Eldivan Ofiyolit Kompleksi yöreye Apsiyen-Albiyen döneminde yerleşmiştir. Daha üst kesimlerde gözlenen kireçtaşı-peridotit olistostromları, farklı nitelikteki karasal karbonat ve kırıntılıları Maestrihtiyen yaşlıdır. Paleosen, kumtaşı-silttaşı-kireçtaşı ve kireçtaşı-marn-tüf-volkanik kumtaşı ve bazik volkanitler ile temsil edilir. Eosen, kireçtaşı-kilttaşı-marn ardalanması ve bazaltik ve andezitik lavlardan oluşur. Çalışmada ayrıca, volkanitlerde yapılan petrokimyasal çalışmalar, kalkalkalen ürünlerin And tipi kıta kenarı volkanitleri ile benzerlik gösterdiği, şoşonitik volkanizmanın ise büyük olasılıkla kıta kabuğu altında dikleşen ve derinlere dalan okyanus kabuğu malzemesinin son ürünleri olduğu düşünülmektedir.

Tüysüz ve Dellaloğlu (1992), Çankırı havzası ve çevresinde altı adet tektonik birlik tanımlamışlardır. Bu çalışmaya göre; Kırşehir masifinin kaya türlerinden oluşan Kırşehir birliği; havzanın batısında Galatya masifi, kuzeyinde Ilgaz-Kargı masifi ve doğusunda Tokat masifinin metamorfik kayalarından oluşan Karakaya birliği, bunların üzerinde Liyas-Üst Kretase yaşlı kalın, transgresif bir istiften oluşan Sakarya birliği, ofiyolitik melanj ile ofiyolitik blok ve dilimleri içeren volkanik-çökel ardalanmasını ve bunlar üzerine regresif gelen kırıntılı bir istiften oluşan Kalecik birliği; Eosen-Oligosen yaşlı kırıntılı ve eş yaşlı volkanitleri içeren İskilip birliği ve Neojen yaşlı kırıntılı ve evaporitlerden oluşan Çankırı birliği tanımlanmıştır.

Koçyiğit ve diğ. (1995), “Ankara Orojenik Safhası” olarak tanımladıkları çarpışma sonrası sıkışmalı rejimin sonlanma yaşının Geç-Erken Pliyosen olduğunu belirtmektedirler. Sakarya Kıtası, Menderes-Toros ve Kırşehir blokları arasındaki kıta içi yakınsama Geç-Erken Pliyosen’e kadar devam etmiştir ve bu dönem içerisinde yaşlı temel kayaları, Sakarya kıtasının aktif kenar depoları ve ofiyolitik melanj bindirme dilimleri şeklinde güneye doğru, Menderes-Toros platformu ve Kırşehir bloğu üzerine taşınmışlardır.

Seyitoğlu ve diğ. (1997), KB Orta Anadolu'nun Neojen gelişimi üzerine ortaya konan görüşlere bağlı kalmakla birlikte, Pliyosen'de, Kuzey Anadolu Fayı ile Kırıkkale-Erbaa fayı arasında yer alan ankırı havzasında, Neo-Tetis kenet zonu kayaçlarının, bu iki fayın sıkıştırma etkisi sonucunda varolan Neojen havzayı, bir tektonik kama şeklinde sokularak, batı kenarı normal faylı ve doğu kenarı bindirmeli olarak parçaladığı görüşündedirler.

Sümer (1997), ankırı-şabanözü ve yakın çevresinde, st solunum yolu hastalıklarının yoğun olarak görülmesi ve bununla ilişkili olarak bölgede yüzeyleyen ofiyolitik melanj birimlerine ait, jeolojik kirlenmeye neden olan mineral ve kaya türlerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılmasını amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu alışma sırasında, bölgede yüzeyleyen ofiyolitik melaja ait ultramafik ve mafik kayalarda detaylı mineralojik-petrografik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bunların saha içerisindeki yayılımları haritalanmıştır. Bu kapsamda, sepantinitler üzerindeki alterasyon etkisinin güneyden kuzey doğu azaldığı, buna karşın batıdan doğuya doğu arttığı sahadan derlenen örneklerin laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir. İkincil oluşum olan krizotil asbestin bölge kayalarında çok yaygın olarak gözlendiği ve özellikle kırık zonlarında geliştiği tespit edilmiştir.

Gökalp (1999), Kuzey Anadolu Ofiyolit kuşağı boyunca tam olarak izlenebildiği Eldivan Dağı civarının jeolojik haritalamasını, ofiyolitik birimlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin ve tektonik özelliklerinin saptanmasını amaçlayan çalışmasında, saha gözlemlerinin yanı sıra, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal analiz sonuçları yardımıyla kayaçların sınıflandırılarak ayırtlanmasını ve bölgede etkin olan bozunma süreçlerini tanımlamıştır. Çalışmaya göre, Eldivan Ofiyoliti KD-GB doğu rultusuna sahiptir. Ofiyolit istifi içerisinde; harzburjit ve dünit bileşimli tektonitler, dünit, piroksenolit ve gabrolar ile temsil edilen kümülatlar, piroksenolit ve gabro filonları ile diyabaz dayklarından oluşan damar kayaçları, bazaltik volkanik ve pelajik sedimanter kayaçlar tanımlanmıştır.

Dilek ve Thy (2006), İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı içerisindeki Ankara Melanjının, Erken Mesozoyik'te Sakarya ve Kırşehir kıtasal bloklarının arasında gelişen okyanus tabanının kalıntılarını gösterdiğini ve bu ofiyolitler içerisindeki serpantinleşmiş üst manto peridotitleri ve alt kıtasal kabuk kayalarının, ilksel okyanusal litosfer ile eş zamanlı yerleşen dolerit ve plajiyogranit daykları ile kesildiğini belirtmektedirler. Ayrıca çalışmada, bu plajiyogranit dayklarından yapılan zirkon (U-Pb) yaş tayinleri neticesinde farklılaşan bu kayaların kristallenme yaşının  $\sim 179 \pm 15$  milyon yıl olduğu tespit etmişlerdir.

### **1.3.2. Uzaktan algılama çalışmaları**

Vincent (1975), çok bantlı termal kızıl ötesi tarayıcılarda 8-14  $\mu\text{m}$ . dalga boyu bölgesinin, silikatlı kayalar ve minerallerin belirgin kompozisyon bilgisini içerdiğini, jeolojik uzaktan algılamada çok önemli olduğunu belirtmiştir. Silikatlı kayaların türüne bağlı olarak, atom içi titreşimlerden kaynaklanan farklı dalga boylarında yayılmalar meydana geldiğini açıklamıştır. Çalışmada, iki farklı termal banttaki radyans değerlerinin birbirine oranlanması ile silikatlı kayaların kompozisyonlarındaki değişimlerle orantılı olarak haritalanabileceği sonucuna varmıştır.

Hunt (1979), güneybatı Oregon ve kuzeybatı Kaliforniya'daki kromca zengin alanlardan derlediği örneklerle yaptığı çalışmada, ultramafik kayaların 0.35-2.5  $\mu\text{m}$ . aralığında belirgin yansıma spektrumu olduğunu belirtmiştir. Kromit örneklerinin, 1.0  $\mu\text{m}$ . dalga boyu yakınındaki FeO minerallerinin neden olduğu belirgin soğrulma özelliği ile ayırtlanabileceğini ve 1.0  $\mu\text{m}$ . dalga boyundaki soğrulma özelliğinin tipik olarak mafik ve ultramafik kayalarda bulunmakta olduğunu savunmuştur.

Ninomiya ve Matsunaga (1997), yer yüzeyinin ana bileşeni olan silikat mineralleri en güçlü moleküler titreşimini termal kızıl ötesi (8-12  $\mu\text{m}$ .) dalga boyu bölgesinde gösterdiğini belirtmiştir. Buna karşın yaptıkları çalışmaya göre, silikat mineralleri görünür-yakın kızıl ötesinde (0.4-1.0  $\mu\text{m}$ .) ve kısa-dalga kızıl ötesinde (1.5-2.5  $\mu\text{m}$ .)

düşük spektral özellikler göstermektedir. Termal kızıl ötesi bölgesindeki bu belirgin spektral özellik büyük oranda kimyasal bileşimle özellikle de silikat ( $\text{SiO}_2$ ) içeriği ile ilişkilidir. 1999'da, ASTER yörüngeye yerleştirilmeden daha önce çok bantlı termal kızıl ötesine sahip uzaktan algılama uydusunun bulunmadığını belirtmektedir. Bu çalışma sırasında, Cuprite bölgesinin termal kızıl ötesi deneme görüntüleri kullanılmış ve magmatik kayaların termal kızıl ötesi spektrası ile ASTER spektral bantları arasındaki ilişki ve buna ilave olarak kimyasal olarak tanımlanmış  $\text{SiO}_2$  içeriğinin çoklu regresyon analizi ile bu içeriğin spektral değerlendirilmesine yönelik bir formül oluşturulmasına çalışılmıştır.

Kruse (1995) tarafından hazırlanan başvuru notları, görüntü spektrometre verisinin analizi ile ilgili metotların birbirleri ile karşılaştırılmasını, bunun yanında yer yüzeyini temsil eden uydu verisinin her bir pikselinin homojen bir yapıda olmayıp farklı maddelerin ve dolayısıyla farklı spektral özelliklerin bir piksel içerisindeki dağılımlarının nasıl çözümlenebileceğini açıklamaktadır. Bunun için ise, spektral olarak karışmayanlar yöntemini kullanarak, bu karışımın sanki bir pikselmiş gibi nasıl yorumlanabileceğini anlatmaktadır. Buna göre, karışım oranı büyükse (makroskopik), karışım doğrusal bir biçim izler. Eğer bu karışım oranı küçükse (mikroskopik), karışım genellikle doğrusal değildir. Bu çalışmada kullanılan teknik çoğu karışımın makroskopik olduğunu var saymaktadır.

Chabrilat ve diğ. (2000) çalışmasında, Güney İspanya'da Ronda peridotit masifinde AVIRIS görüntüleri yardımıyla, en zıt spektral pikselleri çıkartmak, görüntü spektral bilgisini yorumlamak ve alansal-spektroskopik özelliklere dayalı en uygun uç üyeyi tanımlamak için ana bileşen analiz yöntemini kullanmıştır. Saha gözlemleri sırasında derlenen örneklerin kimyasal analizleri ve ince kesitlerinden elde edilen piroksen/olivin oran değişimleri ile laboratuvarında ölçülen yansıma spektrometresi sonuçlarını karşılaştırmıştır. Bu çalışma göstermiştir ki, önerilen yöntem ile hiperspektral veriler kullanarak bazı bilgiler elde edilmesini, ultramafik kütleler içindeki kaya türü birimlerinin spektral olarak ayırt edilebilmesini mümkün kılmıştır.

Ninomiya (2002) çalışmasında, ASTER çok bantlı termal kızıl ötesi verisi için kuvars, karbonat mineralleri ve silikatlı kayalardaki esas SiO<sub>2</sub> içeriği ile ilgili indekslerin oluşturulmasını hedeflemiştir. Dünya'daki en fazla bileşime sahip olan silikat mineralleri ve kuvars, termal kızıl ötesi bölgesinde kendilerine özgün spektral özelliğe sahiptir. Kuvars termal spektral özellikler açısından incelendiğinde, ASTER bant 10 ve bant 12'de, bant 11'den daha düşük yayılım gösterir. Çoğu karbonat mineralleri ASTER bant 14 spektral bölgesinde düşük yayılım, ASTER bant 11 ve bant 13 spektral bölgesinde ise yüksek yayılıma sahiptirler. Silikatlı kayalarda termal kızıl ötesi spektral dalgaboyu bölgesindeki yayılım özellikleri, kaya türünün felsikten ultramafike değişimi ile daha büyük dalga boyuna doğru sistematik olarak kaymaktadır. Felsik kayalar için bant 12'deki yayılım bant 13'ten daha düşüktür. Ancak ultramafik kayalar için yayılım bant 13'ten daha büyüktür. ASTER termal kızıl ötesi verisinden türetilen ve spektral yayılım kullanılarak silikatlı kayaları en iyi tanımlayan SiO<sub>2</sub> ağırlık yüzdesi yaklaşımı için algoritma geliştirilmiş ve silikat indeksi olarak tanımlanan bu algoritma ile mafik-ultramafik, ortaç ve felsik kaya türlerinin haritalanabileceği sonucuna varılmıştır.

Chellaiah (2003), ultramafikler ve bununla ilişkili kaya türlerini haritalama konulu çalışmasında, yaptığı analizlerde Landsat TM uydu verisini kullanmıştır. Ultramafik kayaların fazla miktarda ekonomik değere sahip olduğu vurgulanan çalışmada, yapay renklendirilmiş görüntüler oluşturmak için TM 754 bantları kompozitini ve TM 5/7 4/5 3/1 bant oranlama kompozitini kullanılmıştır. Kullanılan bu kompozit görüntülerin ultramafik kayaların ve silikatlı kayaların alterasyon ürünlerinin haritalanmasında kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Ninomiya (2003), günümüze kadar genellikle çok bantlı termal kızıl ötesi uzaktan algılama verisi ile kaya türü veya mineral haritalama yönteminde girdi olarak kullanılacak verinin termal yayılım verisi olması gerektiğinin önerildiğini bildirmiştir. Ancak, atmosfer düzeltmesi yapılmaksızın kullanılan seviye 1B algılayıcıdaki radyans verisinin uygulandığı metotların veri üretiminde daha avantajlı olduğunu belirtmiştir. Diğer bir avantajının ise, ASTER seviye 1B için kullanılan

metotların ASTER seviye 3A verisine dönüştürülebilme kabiliyetinin olduğudur. Çalışma, kuvars indeksi, karbonat indeksi ve silika içerik indeksinin ASTER seviye 1B verisini kullanarak teorik ve pratik uygulamalarını gerçekleştirmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda seviye 1B ve 3A verileri kullanılarak oluşturulan indeksler, Tibet Yarlang Zangbo ofiyolit kuşağında bölge jeolojisi ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, düşük maliyet ve yüksek doğrulukta özellikle ultramafik kaya kütlelerinde kullanılan metodun geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

De Carvalho ve diğ. (2004), spektral karışım analizi uygulayarak mafik veya ultramafik kayalar üzerindeki bitki örtüsü türlerini tespit etmek amacıyla yaptıkları bu çalışmayı üç ana aşamada gerçekleştirmişlerdir. Bunlar; konumlandırma ve maskeleye gibi ön işlemleri kapsayan birinci aşama, uç üyelerin tanımlanması aşaması ve son olarak da spektral karışım analizi (SMA) aşamasıdır. Uç üyelerin belirlenmesi sırasında, en küçük parazit oranı (MNF) dönüşümü, piksel saflık indeksi (PPI) ve n-boyutlu görüntüleyici kullanılmıştır.

Rowan ve diğ. (2004) çalışmalarında, 126 bant ve 6 m. yersel çözünürlüğe sahip HyMap verisini kullanmışlar ve spektral yansıma dönüşümü için geniş alan kaplayan alüvyal birimlerde yerinde spektrometre ölçümleri yapmışlardır. Saha ve laboratuvar spektralarının analizi ve piksel saflık indeksi kullanılarak seçilen eşlemeli filtre işlemi sonucu bölgeyi çeşitli sınıflara ayırmışlardır. Spektral olarak çeşitlilik sunan bir bölgedeki kaya türlerini temsil eden örneklerde, 0.4-2.5  $\mu\text{m}$ . dalga boyunda sahada ve laboratuvarında yansıma ölçümleri yapılmıştır. Mafik-ultramafik kaya türlerindeki Fe, Mg-OH soğrulmaları 2.35  $\mu\text{m}$ .’de biyotit, 2.32-2.38  $\mu\text{m}$ .’de şonkinit ve piroksenit gibi flagopit içeren kayalarda çarpıcı bir özellik sunmaktadır. Tüm bu mafik-ultramafik kaya türleri 2.25  $\mu\text{m}$ .’de zayıf Fe, Mg-OH özelliği göstermektedir. Yüksek çözünürlüğe sahip HyMap verisinin kullanıldığı eşlemeli filtre analizi sonucunda Mordor Pound çalışma bölgesinde 11 Al-OH spektral sınıf ayırtlanmıştır.

Saldanha (2004) çalışmasında, toprak ve kayaların spektral karakterleri, bunların kimyasal ve mineralojik bileşimleri hakkında yararlı bilgiler verebileceğini

vurgulamış, mafik/ultramafik kayalardan kaynaklanan toprağın mineralojik ve kimyasal bileşimi ile spektrometre ölçümleri sonucu elde edilmiş spektral veri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Spektral yansıma eğrisi ile toprağın kimyasal ve mineralojik bileşimi arasındaki ilişkiyi araştırmak için ana bileşen analizini kullanmıştır. Üçüncü ana bileşenin, toprak örneğindeki demir içeren ve kalsiyum/magnezyum içeren mineralleri temsil ettiğini belirlemiştir.

Swayze ve diğ. (2004), AVIRIS uydu görüntüleri kullanılarak Kaliforniya'da ultramafik, serpantin ve tremolit-aktinolit içeren kayaların elde edilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, ATREM yazılımı kullanılarak gerekli düzeltmeler yapılmış, spektral kütüphane içerisinde seçilen belli sayıdaki spektrum ile eşleme yapılarak seçilen spektrumlara en uygun olanlar ortaya çıkartılmıştır. Belli bir bölgede bir nesnenin spektral olarak hakim olma özelliğine dayanan analiz tekniğinde; 0.4.-1.35  $\mu\text{m}$ . aralığında görünür-yakın kızıl ötesi, 1.35-2.5  $\mu\text{m}$ . aralığında da kısa dalga kızıl ötesi spektral dalgaboyu kullanılarak renk kodlu mineral haritaları elde etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda serpantinler ve bunlara ilave olarak bitki örtüsü belirgin olarak tanımlanabilmiştir.

Hook ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada, uzaktan algılamanın çok bantlı termal kızıl ötesi (8-13  $\mu\text{m}$ .) görüntülerinin artan oranda yüzey silikat mineralojisinin haritalanmasında kullanılmakta olduğunu vurgulamıştır. Çalışmada termal kızıl ötesi dalga boyundaki ana spektral özelliklerin, daha uzun dalga boyuna doğru olan kayma değişimleri kullanılmaktadır. Kaymanın miktarının hesaplanması için yapılan bu çalışma, laboratuvar verisinden elde edilen spektral referans eğri ile olan kayma miktarı kullanılarak, bir yüzeydeki  $\text{SiO}_2$  ağırlık yüzdesinin uzaktan belirlenmesini amaçlamıştır. Çalışmada, MASTER<sup>1</sup> ve ASTER görüntüleri kullanılmış, atmosferik etkiler MODTRAN (Berk, 1989) modeli ile yok edilmiştir. Daha sonra termal yayılım ayrımı (TES) tekniği (Gillespie, 1998) ile yayılım bilgisi çıkartılmıştır. Çalışmada kullanılan teknik, spektral kütüphanelerden alınan laboratuvar yayılım

---

<sup>1</sup> MODIS/ASTER Airborne Simulator



verisini, Si-O gerilme bölgesindeki daha uzun dalga boyuna doğru minimum kayma miktarı ve azalan silika ağırlık yüzdesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Ultramafikten felsike kadar değişen kompozisyondaki laboratuvar spektral verileri ASTER spektral kütüphanesinden alınarak kullanılmıştır. Silikat ağırlık yüzdelerinin haritalanmasında kullanılan algoritmada, girdi olarak yüzey yayılım değerleri kullanılmaktadır. Bu ilişki, daha sonra görüntülerden elde edilen yayılım verisine uygulanmakta ve hangi oranda Si-O gerilme bölgesini kapsadığı araştırılmaktadır. Bölgelerin jeoloji haritaları, MASTER verisi için oluşturulmuş dekorelasyon germesi ve silika ağırlık yüzdesi görüntüleri karşılaştırılarak tartışmaya açılmıştır. Termal kızıl ötesi görüntüler daha önceden haritalanmamış jeolojik birimlerin ve yapıların tanımlanmasına olanak sağlamıştır. Aynı zamanda bu görüntüler, belli birimlerin silikat ağırlık yüzdelerinin sayısal olarak tahmin edilmesine de yardımcı olmaktadır.

Rowan ve diğ. (2005), Mordor Pound çalışma alanında ASTER, laboratuvar ve yerinde yapılan görünür-yakın ve kısa dalga kızıl ötesi spektral ölçümlerinde; felsik kaya spektrasında AL-OH ve FeO için, mafik-ultramafik kaya spektrasında ise Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe, Mg-OH için soğrulma özellikleri gözlemlemiştir. ASTER bant oranlama görüntüleri, eşleme filtresi ve spektral açı haritalama (SAM) işlevleri, kaya türlerinin haritalanması için kullanılmıştır. ASTER termal kızıl ötesi spektral yayılım verisi ve laboratuvar yayılım ölçümleri, Mordor ultramafik kompleksi ve komşu kayalarının litolojik çeşitliliğini yansıtan Si-O spektral özelliklerinin geniş bir dalga boyundaki aralığını sunmaktadır. Spektral yayılım verisinin spektral açı haritalama analizi sonucunda, mafik-ultramafik kayaları temsil eden 2 sınıf ve kuvarstan ortaç bileşime değişen kayaları kapsayan 4 sınıf tanımlanmıştır.

#### **1.4. Çalışma Yöntemi**

Gerçekleştirilen çalışma 4 temel aşamada yürütülmüştür. Öncelikli olarak çalışma alanı ve konusunu kapsayan jeolojik amaçlı yapılmış önceki çalışmaların, bununla birlikte ultramafik kaya türlerini konu alan uzaktan algılama yöntemlerinin kullanıldığı çalışmaların araştırılmasıdır.

Çalışılan alanı içine alan uygun ASTER uydu verilerinin elde edilmesinin ardından, internet aracılığı ile JPL<sup>1</sup> spektral kütüphanesi araştırılarak, içerisinde çalışma konusu kapsamındaki kaya ve minerallerin sayısal spektral eğri bilgilerinin derlenmesi, yansıma ve yayılım özelliklerinin belirlenmesi ve konu ile ilgili kaya türlerinin yansıma/soğrulma özelliklerindeki farklılıklar değerlendirilerek kaya türlerinin en yüksek doğrulukta elde edilmesine olanak sağlayacak algoritmaların geliştirilmesi ve bunların görüntülere uygulanması aşaması ise ikinci aşamayı oluşturmuştur. Ayrıca elde edilen sonuçlar, MTA Genel Müdürlüğü 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarının sayısal verileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada; görüntü analizleri, değerlendirme, karşılaştırma amacıyla yönelik PCI Geomatica (versiyon 9.1), ERDAS Imagine (versiyon 8.5/8.7), RSI ENVI (versiyon 4.3), ArcGIS (versiyon 9.1) yazılımları, spektral ölçümler için ASD FieldSpec Pro RS (versiyon 1.13), spektral değerlendirmeler için TSG Spectral Geologist (versiyon 5.0), SPECMIN Pro (versiyon 3.1) ve spektral ölçümleri görüntülemek için ASD ViewSpecPro (versiyon 3.03) ve RSI ENVI (versiyon 4.3) yazılımları kullanılmıştır. Sonraki aşama, görüntü analizleri neticesinde elde edilen sonuçların saha gözlemleri ile deneştirilmesi, bu sırada örneklerin derlenmesi, derlenen örneklerin spektrometre ile ölçülerek değerlendirilmesi ve MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Mineraloji Petrografi Araştırmaları Koordinatörü Jeoloji Yüksek Mühendis Okan ZİMİTOĞLU tarafından petrografik tanımlamalarının yapılması şeklinde yürütülmüştür.

Son aşamada ise, görüntü analizleri, spektral ölçümler, petrografik tayinler, jeolojik haritalar ve bölge ile ilgili derlenen jeolojik özellikler karşılaştırılmış, yapılan çalışmanın doğruluğu değerlendirilerek, elde edilen sonuçlar maddeler halinde verilmiştir.

---

<sup>1</sup> Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology

## 2. JEOLojİ

Çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fayı ile Kırşehir Masifi arasında yer almaktadır. Bu bölge içerisinde Permiyen-Karbonifer blokları içeren Triyas'tan Kuvaterner'e kadar değişen sedimanter, volkanik ve derinlik kayalarından oluşan birimler gözlenmektedir. Çalışma, uzaktan algılama yöntemleri ile peridotit türü ofiyolitik kayaların belirlenmesini hedeflediğinden bölge jeolojisi oluşum ortamı ve gerekse yaş özellikleri dikkate alınarak belli devirleri temsil edecek şekilde 5 kısma ayrılarak açıklanmıştır. Bölgenin genelleştirilmiş dikme kesiti şekil 2.1'de ve sadeleştirilmiş jeolojik haritası EK 1'de sunulmuştur.

### 2.1 Triyas Yaşlı Birimler

Bölgedeki en yaşlı kaya türleri olup Triyas ve öncesi tüm kaya türleri Ankara Grubu içerisine dahil edilmiştir (Akyürek ve diğ., 1988; Türkecan ve diğ., 1991). Triyas yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayalar yer yer Permiyen ve Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını, spilit türü deniz altı volkanik kayaları, diyabaz dayklarını ve bunların üzerine gelen düşük dereceli metamorfizma geçiren kumtaşı, konglomera ve volkanitleri içermektedir (Akyürek ve diğ., 1988).

Çalışma alanı içerisinde H30a2 paftası içerisinde killi, kumlu ve volkanik kayaçların bölgesel metamorfizması sonucu yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kaya türleri Emir formasyonu olarak isimlendirilmiştir (Akyürek ve diğ., 1982). Çoğunlukla sarı, boz, kahverenginde izlenen birim sık kıvrımlıdır. Yapılan yaş tayinleri neticesinde Alt Triyas yaşı verilmiştir. Tabanı çalışma alanı içerisinde izlenmeyen birimin üst sınırı Elmadağ formasyonu'nun alt düzeyleri ile deneştirilebilir (Akyürek ve diğ., 1982; Türkecan ve diğ., 1991). Çalışma alanının H30a2 paftası içerisinde Kutluşar, Köşrelik ve Dalyasan köyleri arasında

ÜST SİSTEM		SİSTEM		GRUP	FORMASYON	ÜYE	KAYA TÜRÜ	A Ç I K L A M A			
Seri - Kat											
SENZOZOYİK		Kuvaterner						Bozdağ bazaltı UYUMSUZLUK Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı Bazalt			
		Tersiyer		Pliyosen	Gölbashi Bozdağ Bazaltı						
				Üst Miyosen	Kumtaşı Hancıllı Marmak				Kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı Konglomera, kumtaşı		
		Paleosen							UYUMSUZLUK Granodiyorit		
		MESOZOYİK		Kretase		Üst	Hisarköy - Karadağ	Kuşunludüz		Kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı Killi kireçtaşı	
				Alt		ELDIVAN OFİYOLİT KOMPLEKSİ			Cengizpınar volkaniti		Spilit, diyabaz daykları UYUMSUZLUK Çörtlü, kireçtaşı Radyolarit, çamurtaşı
				Triyas		Üst	Keçikaya				Gabro, diyabaz
Alt				ANKARA GRUBU		Emir	Elmadag Ortaköy	Imrahor		Peridotit, piroksenit	
										TEKTONİK Kireçtaşı Metavolkanit, spilit, bazalt Kireçtaşı Permian, karbonifer blokları içeren metakumtaşı, metakonglomera, metavolkanit	
								Diyabaz daykları			
								Ölçeksiz			

Şekil 2.1: Çalışma alanının geliştirilmiş dikme kesiti.

kalan bölgede en iyi gözlenen ve metamorfizma izlerinin alttan üste doğru azaldığı ve kısmen ilksel halini korumuş metakonglomera, metakumtaşı, metaçamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, kireçtaşı ile aglomera, metavolkanit ve metatüften oluşan birimler Akyürek ve diğ. (1988) tarafından Elmadağ formasyonu olarak tanımlanmıştır. Sarı, boz, kahverengi ve gri renkte gözlenen birim içerisinde çeşitli

boyutlarda Karbonifer ve Permiyen blokları görülmektedir. Birim altta Emir formasyonu, üstte ise Keçikaya formasyonu ile geçişlidir. Birim içerisinde bantlar halinde bulunan kireçtaşlarından alınan örneklerin paleontolojik yaş tayinleri neticesinde yaşının Orta-Üst Triyas olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanının H30a2 paftası güneybatısında küçük yüzeylemeler veren ve kısmen ilksel halini korumuş ve kısmen de düşük dereceli metamorfizmaya uğramış spilit, diyabaz gibi volkanik kayalar, volkanik kumtaşı ve aglomeradan oluşan kaya türleri Ortaköy formasyonu olarak adlandırılmıştır (Akyürek ve diğ., 1988). Ortaköy formasyonu, Elmadağ ve kısmen de Keçikaya formasyonlarının çökelişi süresince bölgede etkin olan volkanizma ürünleri olup yanal olarak bu formasyonlar ile geçişlidir. Elmadağ ve Ortaköy formasyonları içinde sıkça izlenen kireçtaşı bantları İmrahor üyesi olarak ayırtlanmıştır. Birim, ince-orta tabakalı, gri, beyaz, yer yer kırmızı renkte gözlenmektedir. Yapılan paleontolojik tayinler ile yaşı Orta-Üst Triyas olarak saptanmıştır (Akyürek ve diğ., 1988).

Çalışma alanı içinde gri, beyaz, yer yer pembe renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşan Keçikaya formasyonu (Akyürek ve diğ., 1982), gri renkli düzeylerinde bol fosil içermekte olup, derlenen örneklerden Orta-Üst Triyas yaşı elde edilmiştir. Altta Elmadağ formasyonu ve Ortaköy formasyonu ile geçişli, üstte ise çalışma alanı dışında güney kesimlerde yüzeyleyen Liyas yaşlı Hasanoğlan formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Akyürek ve diğ., 1982, 1988).

## **2.2. Ofiyolitik Kayalar**

Çalışma konusunu oluşturan Ankara-Çankırı-Çorum civarındaki bloklu ve karmaşık görümlü kayaç toplulukları, ilk kez Bailey ve McCallien (1950) tarafından tanımlanmış ve Ankara Melanjı olarak isimlendirilmiştir. Bu ofiyolitik melanjın karmaşık bir yapıya sahip olduğu düşünülmüş (Ketin, 1962), son yıllardaki çalışmalarda bu birimlerin daha yaşlı kaya türleri ile tektonik dokanaklı bir sınır ilişkisine sahip olduğu anlaşılmıştır (Akyürek ve diğ., 1979, 1980, 1981, 1988;

Hakyemez, 1986; Gökalp, 1999). Bu birimlerin, kuzeyde oluşan bir dalma-batma sonucu ve bindirme hareketleri ile yerleştiğini, üst manto ve okyanus kabuğu malzemesinin değişik kesimlerinin tektonik dilimleri halinde olduğu anlaşılmıştır (Akyürek ve diğ., 1979, 1980, 1981, 1988; Hakyemez, 1986; Tüysüz ve Dellaloğlu, 1992; Koçyiğit, 1995; Seyitoğlu ve diğ., 1997; Gökalp, 1999). Orta Anadolu'da gözlenen ofiyolitli melanjlarda arasında iç yapısı kısmen korunmuş olan bu birimler Akyürek ve diğ. (1979, 1980, 1981) tarafından Eldivan Ofiyolit Kompleksi olarak isimlendirilmiş, bunun yanında istif içerisinde yer alan çeşitli yaşlardaki bloklardan yapılan yaş tayinleri ile yerleşme yaşının Barremiyen'den sonra Senomaniyen'den önce olduğu belirlenmiştir (Akyürek ve diğ., 1979).

Eldivan Dağı'nda yüzeylenen ofiyolitik seri istifinde dünit, harzburjit ve piroksenitleri içeren peridotit birimi G30c3, H30b2 paftalarında yaygın olarak gözlenir ve en alt seviyeyi oluşturmaktadır. Diyabaz daykları tarafından kesilen gabrolar ikinci seviyeyi oluşturmakta olup Eldivan Dağı'nda G30c3 ve H30b2 paftaları içerisinde, bunların içinde yer alan katmanlı gabrolar ise Eldivan'dan Eldivan Dağı'na çıkan yol üzerinde yüzeylenmektedir. Eldivan Dağı'nda H30b2 paftasında ve batı-kuzeybatısında G30c3 paftası içerisinde yastık yapılı spilit, bazalt ve diyabazdan oluşan daha sonraki seviyeyi meydana getiren kaya türleri yeşil, siyah veya koyu kahverengindedir. Daha üst seviyeyi oluşturan ve sık kıvrımlanmalar gösteren koyu bordo-kızıl kahve renkli radyolarit-çamurtaşlı birimi Eldivan Dağı'nda G30c3 ve H30b2 paftalarında yüzeylenmektedir. Yumrulu-bantlı çört içeren kireçtaşları sarımsı bej renkli ince katmanlı olup Eldivan Dağı güneybatısında (H30b2) ve batı-kuzeybatısında (G30c3) yüzeylenmekle birlikte ofiyolit istifinin en üst seviyesini oluşturmaktadır (Akyürek ve diğ., 1988; Hakyemez 1986).

Kısmen iç düzeni korunmuş Eldivan Ofiyolit Kompleksi'ne ait birimlere ilave olarak yine ofiyolitik kayalara dahil edilen ve Hakyemez ve diğ. (1986) tarafından ayrılan Ahlat Ofiyolit Melanjı da yer almaktadır. Birincil istiflenmesi bozulmuş, içerdiği blokların yanal yönde devamlılığı birden bire kesilen, ortamsal açıdan farklı niteliklere sahip yan yana gelmiş blokları içeren, çökel kaya bloklarının yer yer

serpantinitler ile çevrelenmiş olması ve çok yaygın makaslama kırıkların gözlenmesi nedeniyle melanj olarak düşünülmüştür. Ayrıca bu birimlerden türemiş ve çeşitli boyutlardaki serpantinit ve kireçtaşı bloklarından oluşan (Türkecan ve diğ. 1991), peridotit, piroksenit, serpantinit, gabro ve diyabazdan oluşan birimler Hakyemez ve diğ. (1986) ve Akyürek ve diğ. (1988) tarafından olistolit ve olistostrom olarak tanımlanmıştır.

### **2.3. Üst Kretase Yaşlı Birimler**

Çalışma alanı içerisinde H30a2 ve H30b2 paftaları içerisinde, Şabanözü-Martköy arasında yüzeylenen, kahverengi-kırmızı renkli gözlenen ve volkanik kökenli taneler içeren konglomera, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan birim Hisarköy formasyonu olarak adlandırılmıştır (Akyürek ve diğ., 1988). Eldivan Ofiyolit Kompleksi üzerine uyumsuz olarak gelen birim üstte ve yanal yönde Karadağ formasyonu ile geçişlidir. Formasyon içerisinde kaya türü özelliğine göre ayrıtılan Cengizpınar volkanit üyesi, çalışma alanında Korgun güneydoğusunda gözlenmekte olup yastık yapılı lavlardan, diyabaz ve bunlara bağlı dayklardan oluşmaktadır. Yapılan paleontolojik yaş tayinlerine göre formasyonun yaşı Senomaniyen-Kampaniyen olarak saptanmıştır (Akyürek ve diğ., 1988).

Çalışma alanında G30c2, G30c3 ve G30c4 paftalarında Kamışköy-Çukurören arasında yeşil-kahverenkli ve volkanik kökene sahip taneler içeren konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan kaya türleri Karadağ formasyonu olarak tanımlanmıştır (Akyürek ve diğ., 1988). Formasyon içerisinde bazı kesimlerde artış gösteren pelajik killi kireçtaşı seviyeleri Kurşunludüz üyesi olarak ayrıtılmıştır. Altta Hisarköy formasyonu ile geçişlidir. Üstte ve yanal yönde, Eldivan Ofiyolit Kompleksi'ni ve Karadağ formasyonunu keserek çıkmış granodiyoritler gözlenmektedir. Paleontolojik yaş tayinleri neticesinde yaşı Senomaniyen-Kampaniyen olarak belirlenmiştir (Akyürek ve diğ., 1988).

## 2.4. Tersiyer Yaşlı Birimler

Eldivan Ofiyolit Kompleksi'ni oluşturan birimler üzerine uyumsuz gelen ve kırmızı renkli orta-kalın tabakalı konglomera, kumtaşı, silttaşı ardalanması yanında yer yer marn ve killi kireçtaşından oluşan birimler Kumartaş formasyonu olarak adlandırılmış, üstüne gelen Hançili formasyonu ve Tekke volkaniti ile geçişlidir. Stratigrafik konumu itibarıyla yaşı Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir (Akyürek ve diğ., 1988).

Çalışma alanının güneydoğu kesimlerinden izlenen Hançili formasyonu, killi kireçtaşı, marn, kiltası, konglomera, kumtaşı ve tüfit ardalanmasından oluşmakla birlikte jips, bitümlü şeyl ve kömür içermektedir. Alt sınırı Kumartaş formasyonu ve üst sınırı ise Mamak formasyonu ile geçişli olan birimin yaşı içerdiği makro fosillere göre Üst Miyosen olarak verilmektedir (Akyürek ve diğ., 1988).

Mamak formasyonu, beyaz, gri, kırmızı renkli ve değişik boyutlardaki andezit çakılları içeren aglomera, ince tabakalanmalı tuf ve aglomeralar içerisinde sil halinde sokulan andezitten oluşur. Formasyon altta Hançili formasyonu ve bazen de Karakoçuş formasyonu üzerine gelmektedir. Üstte ise Tekke volkaniti ya da bazen Bozdağ bazaltı tarafından örtülmekte olup bu sınır ilişkileri göz önünde tutularak yaşı Üst Miyosen olarak düşünülmüştür (Akyürek ve diğ., 1988).

Çalışma alanı içerisinde H30b1 paftası güneybatısında Gündoğmuş ile Bulgurcu köyleri arasında gözlenen kırmızı, pembe renkli andezit, trakiandezit, bazalt ve az oranda da gri, beyaz renkli tuf ve aglomeradan oluşan ve Tekke volkaniti olarak tanımlanmış birim, çoğunlukla Mamak formasyonu üzerine gelmektedir. Girik ve siller halinde içinde bulunduğu formasyonlar ile eş yaşlı olan birimin yaşı Üst Miyosen olarak belirtilmektedir (Akyürek ve diğ., 1988).

Koyu siyah, sert, masif, bol gaz boşluklu ve bu boşlukların kalsit mineralleri ile dolu olduğu Bozdağ bazaltı olarak tanımlanmış birim, Mamak formasyonu ve Tekke



volkaniti üzerinde küçük yüzeylenmeler şeklinde görülür. Bozdağ bazaltı bölgenin en genç volkanik ürünü olup yanal olarak Gölbaşı formasyonu ile geçişlidir (Akyürek ve diğ., 1988).

Çalışma alanında Şabanözü batısında gözlenen, değişik boyutlardaki farklı kökenlere ait çakılları içeren gri, kırmızı renkli konglomera, kumtaşı ve miltaşlarından oluşan Gölbaşı formasyonu, altta Bozdağ bazaltı ve daha önceki birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Stratigrafik konumu ve önceki çalışmalar ile yaşı Pliyosen olarak verilmiştir (Akyürek ve diğ., 1988).

## **2.5. Kuvaterner Çökelleri**

Çalışma alanı içerisinde, dere yataklarında gözlenen kum, mil ve çakıl içeren güncel sedimanlardan oluşan birimleri kapsamaktadır.

### **3. TEMEL BİLGİLER**

Bu bölümde, konunun daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla çalışma konusunu oluşturan ofiyolitik kayalar, uzaktan algılamanın temel kavramları, çalışmada kullanılan ASTER uydu görüntüleri, ofiyolitik kayalardan peridotitlerin spektroskopik özellikleri ve bant oranlama analiz yöntemi hakkında bilgi verilecektir.

#### **3.1. Ofiyolit ve Kayaları**

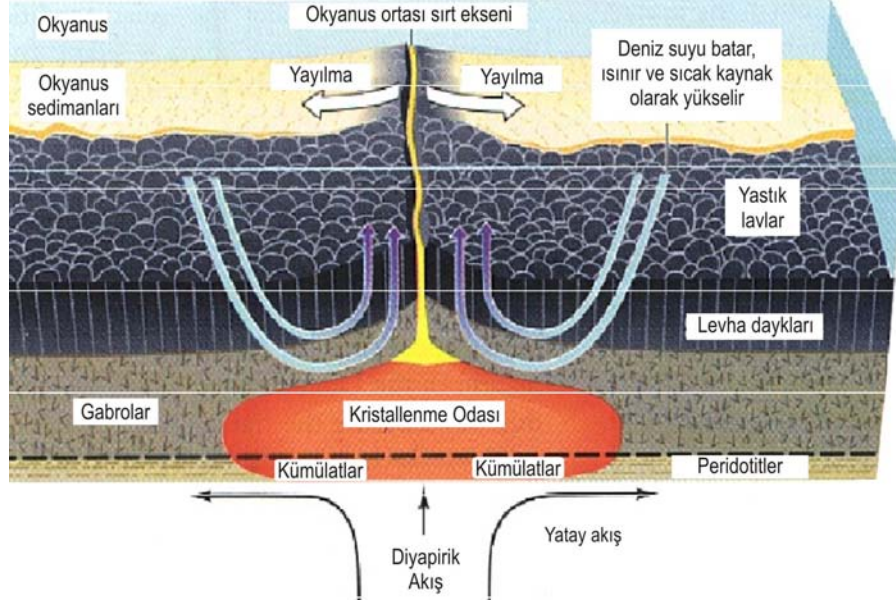
Ofiyolit, derin kökenli magmatik sıvıların kıtasal kabuğa göre daha ince olan okyanusal plakanın zayıf kesimlerinde, okyanus ortası sırtlar şeklinde gelişen mafik, ultramafik lavlardan, buna ilave olarak grovak ve çörtler gibi derin deniz sedimanlarından oluşan okyanus kabuğu olup, dalma-batma zonunda çarpışan kıtasal kabuk üzerine yerleşmesi sonucu yüzeylenen üst mantoya ait kaya topluluğu olarak tanımlanabilir (Şekil 3.1).

Okyanusal kabuk ya da eksiksiz bir ofiyolit istifinde aşağıdan yukarı doğru; ultramafik tektonit, ultramafik-mafik kümülatlar, mafik lehva-dayk karmaşığı, mafik volkanik kompleks ve en üstte ise sedimanter kayalar yer almaktadır (Şekil 3.2).

Ultramafik Tektonit: Mantoda yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında metamorfizma ve deformasyon geçirmiş peridotit ve/veya tektonit adı verilir. Değişik oranlarda harzburjit, lertzolit ve dünit ile bunların serpantinleşmiş kısımlarından oluşmakta olup düzensiz ve merceksi yapıya sahiptir. Bu kesimde podiform tipi kromit cevheleşmeleri görülür.

Ultramafik-Mafik Kümülatlar: Genellikle kümülat yapılı peridotit ve piroksenitler ile üzerindeki kümülat yapılı gabro ve granofirlerden oluşur. Ultramafik kümülatlardan

daha az oranda deformasyon gösterir. Kümülatlar ile birlikte, yanal devamlılığı olan, büyük rezervler sunan stratiform kromit cevherleşmeleri içerir.



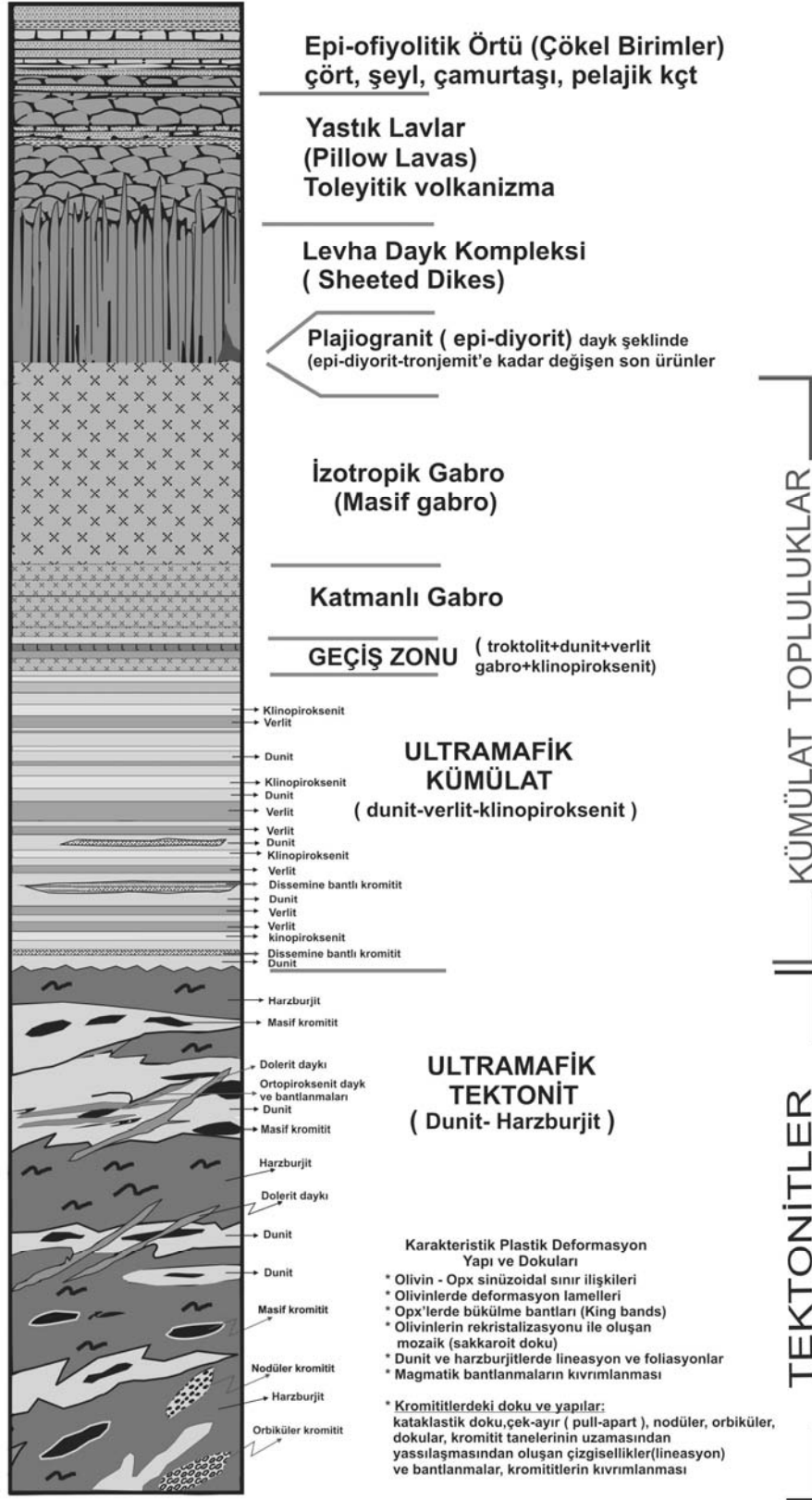
Şekil 3.1: Okyanus kabuğu yapısının gelişimini gösteren okyanus ortası sırtın kuramsal kesiti (Brown and Musset, 1981'den değiştirilerek alınmıştır).

**Mafik Levha-Dayk Karmaşığı:** Diyabaz/dolerit bileşiminde birbirini kesen, iç içe oluşan dayklar, tronjemit, plajiyogranit ve kuvars porfirden oluşur.

**Mafik Volkanik Kompleks:** Çoğu kez bazalt, spilit gibi yastık lavların oluşturduğu volkanik karmaşıktan oluşan topluluktur.

**Sedimanter Kayaçlar:** Volkanik kompleks üzerini örten radyolaryalı çört, şeyl ve kireçtaşı arakatmanlarının oluşturduğu pelajik sedimanlar ile temsil edilmektedir.

Çalışma konusunu oluşturan ultramafik türü kayalar kapsamında peridotitler ve bunların uydu görüntü analizleri ile elde edilmesi amaçlandığından, peridotitlerin mineralojik bileşimi ve bu kaya türlerinin spektral özellikler ile ilişkisi bu bölümde açıklanacaktır.



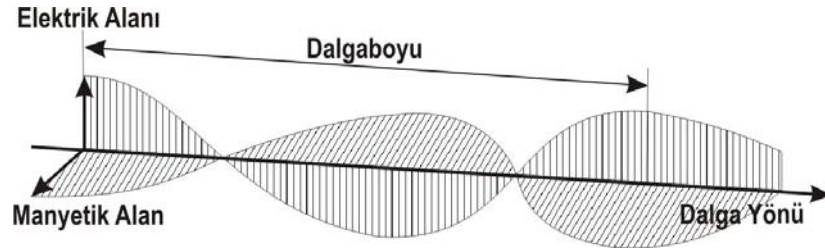
Şekil 3.2: Eksiksiz ofiyolit istifinin farklı nitelikler sunan birimleri (İlhan Odabaşı, yayınlanmamış).



### 3.2. Uzaktan Algılama ve Temel Kavramları

Uzaktan algılama; araştırma bölgesindeki nesnelere, bir alana ya da bir olaya fiziksel temas olmadan bu nesnelere, bölge ya da olay hakkında spektral, alansal ve zamansal bilgi elde etme sanatı ya da bilimi olarak tanımlanabilir. Uzaktan algılamada bilgi genellikle elektromanyetik ışınım (EMR) vasıtasıyla elde edilir.

Elektromanyetik dalgalar, periyodik olarak elektrik ve manyetik alanlar şeklinde uzayda enerjinin taşınmasıdır (Şekil 3.4).



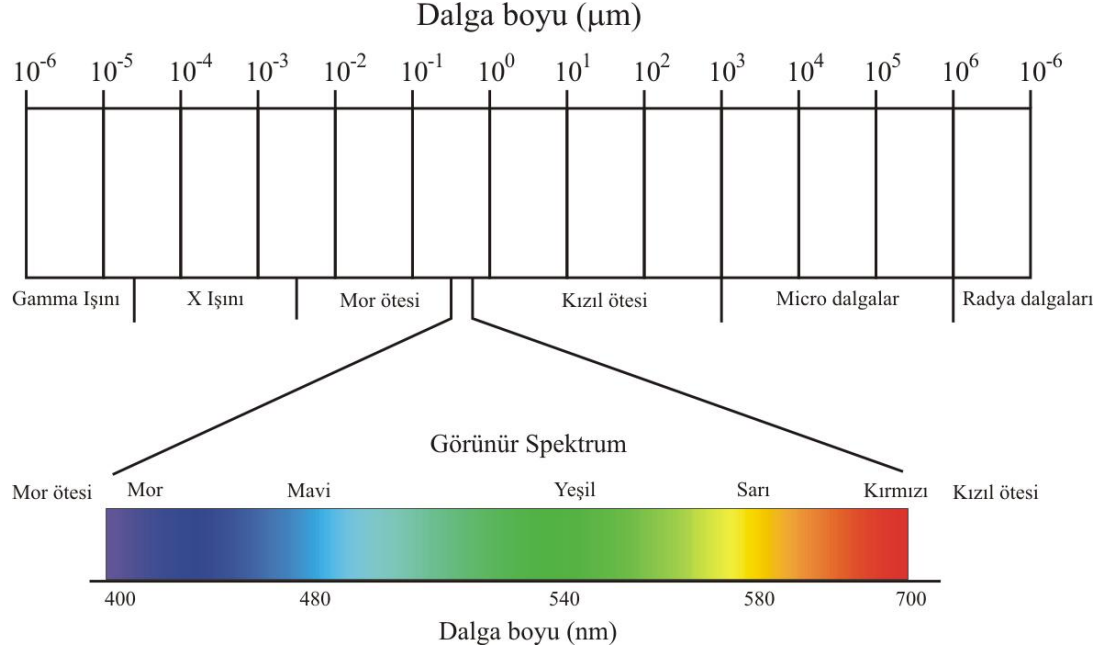
Şekil 3.4: Elektrik ve manyetik dalgalar yoluyla taşınan enerjinin bileşenleri.

Tüm elektromagnetik dalgalar uzayda ışık hızı olarak bilinen  $2.99792458 \times 10^8$  m/s'lik hızda yol alırlar. Elektromanyetik dalga, frekans ve dalga boyu ( $\lambda$ ) ile tanımlanır ve birbiri ile çarpımına eşittir.

Fizikteki anlamıyla frekans, elektrik dalgalarının düşük dalga boyundan gamma ışınlarının çok yüksek dalga boyuna kadar değişen geniş bir aralığı içermektedir. Bu geniş frekans aralığı elektromanyetik spektrumu oluşturur (Şekil 3.5).

Elektromanyetik enerji, değişik dalga boyu (frekans) bölgelerine ayrılabilir ki bunlar arasında 400-700 nm'lik dar aralık ancak insan gözü ile görülebilir (Şekil 3.5). Uzaktan algılama teknolojisi, çok kısa dalgadan (gamma ışınları) çok uzun (radyo dalgaları) dalga boyuna kadar geniş bir aralığı kullanmaktadır. Bu çalışmalarda genelde dalga boyu için mikrometre ( $1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$ ), nanometre ( $1 \text{ nm} = 1/1000$

$\mu\text{m}$ ) birimleri kullanılır. Uzaktan algılamada kullanılan dalga boyu aralıkları tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.5: Elektromanyetik spektrum ve bölümleri. İnsan gözü bu spektrum içerisinde çok dar bir aralığı algılayabilmektedir.

Tablo 3.1: Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan elektromanyetik spektrum dalga boyu aralıkları.

Sınıf	Dalga boyu
Mor	400 - 430 nm
Çivit	430 - 450 nm
Mavi	450 - 500 nm
Yeşil	500 - 570 nm
Sarı	570 - 590 nm
Turuncu	590 - 610 nm
Kırmızı	610 - 700 nm
Yakın kızıl ötesi (NIR)	0.7 - 1.5 $\mu\text{m}$
Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR)	1.5 - 3 $\mu\text{m}$
Uzun dalga /Termal kızıl ötesi (LWIR/TIR)	8 - 15 $\mu\text{m}$
Uzak kızıl ötesi (FIR)	15 $\mu\text{m}$ 'den büyük

Uzaktan algılama dalga boyu bölgelerine göre; görünür ve yansıma kızıl ötesi, termal kızıl ötesi ve mikrodalga kızıl ötesi olarak 3 türe ayrılır. Gazlardan elektromanyetik ışınım yayılması atomlara ve gaz içerisindeki moleküllere bağlıdır. Atomlar, yörüngesindeki farklı enerji düzeylerine sahip elektronlar tarafından çevrelenen pozitif yüklü çekirdekten oluşur. Elektronların bir enerji düzeyinden diğer bir enerji düzeyine geçişi, farklı dalga boylarındaki yayılan ışımadan etkilenir. Moleküller, titreşime ve dönüşe ait enerji düzeylerini içerirler. Atomlar ya da moleküller tarafından yayılan dalga boyları aynı zamanda kendileri tarafından da soğurulur. Katı ve sıvılardan yayılan ışımaya, bunlar ısıtıldığında meydana çıkar ve devamlı spektrum olarak gözlenir, bu ise uzaktan algılama açısından elektromanyetik ışımının önemli kaynağını oluşturur ve termal yayılım olarak isimlendirilir.

Uzaktan algılama, enerji kaynağına göre iki kısma ayrılır. Bunlardan birincisi; kaynağı doğal (çoğunlukla güneş) olan ve nesnelere yansıyan ya da yayılan elektromanyetik ışınımı kaydeden algılayıcıların kullanıldığı pasif uzaktan algılama, ikincisi ise radar gibi yapay enerji kaynaklarından gönderilen ve gönderilen enerjinin nesnelere yansıması ile geri dönen karşılıklarını kaydeden algılayıcıları kullanan aktif uzaktan algılamadır. Her iki türde de bu uzaktan algılayıcılar platformlar yardımıyla taşınır. Bu platformlar; uydular, uçaklar hatta radyo dalgası kontrollü hava araçları olabilir.

Yerküreyi gözlemlemek için algılayıcı taşıyan uydular, yer izleme uydusu ya da uzaktan algılama uydusu olarak isimlendirilir ve yükseklikleri, yörüngeleri ve algılayıcılar ile tanımlanırlar.



### 3.3. ASTER Uydu Verisi

Yer yüzeyinden 705 km. yükseklikteki bir yörüngede hareket eden, ilk Dünya gözlem sistemi (EOS) olan TERRA platformu, üzerine yerleştirilmiş beş farklı aygıt sisteminden (ASTER<sup>1</sup>, MODIS, MISR, CERES, MOPITT) oluşmaktadır.

Japonya-ABD ortak projesi sonucu geliştirilen ve bu platform üzerine monte edilmiş ASTER algılayıcısı, 18 Aralık 1999 yılında Kaliforniya’da Vandenberg hava üssünden fırlatılmıştır. 2001 yılından itibaren güvenilir veri akışına başlamıştır.

16 günde bir aynı bölgeden geçen uydu, 60 km genişlikte bir alanı taramaktadır. Bunun yanında, istek duyulduğunda özel alanlar için de görüntü kaydı programlanabilmektedir. 4 farklı kameraya sahip (VNIR-Nadir, VNIR-Backward, SWIR, TIR) olan ASTER; 15 metrelik 4 adet görünür yakın kızıl ötesi (VNIR), 30 metrelik 6 adet kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) ve 90 metrelik 5 adet termal kızıl ötesi (TIR) spektral aralığına sahiptir (Tablo 3.2). Ayrıca, bu verilerin radyometrik çözünürlüğü de değişken olmakla birlikte, görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi 8 bit ( $2^8$ ), termal kızıl ötesi ise 12 bit ( $2^{12}$ )’lik bilgi içermektedir. ASTER verileri yer istasyonlarında; radyometrik düzeltme, atmosferik düzeltme ya da coğrafik düzeltme gibi bir takım işlemlerden geçirilerek farklı seviyelerde satışa sunulmaktadır (Şekil 3.6).

Yakın kızıl ötesi aralığında yer alan 3N ve 3B bantları, farklı bakış açlarına sahip kameralardan elde edilmesi nedeniyle  $60 \times 60 \text{ km}^2$ ’lik stereoskopik görüntü üretme yeteneğine sahiptir. Bu verinin en büyük avantajı, sürekliliği olan stereoskopik görüntüler yardımıyla fotojeolojik çalışmalar yapılması ve bu çalışmalar neticesinde kaya türü farklılıkları, drenaj sistemleri ve en önemlisi yapısal jeoloji ile ilgili yorumlamalara gidilebilmesidir.

---

<sup>1</sup> Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

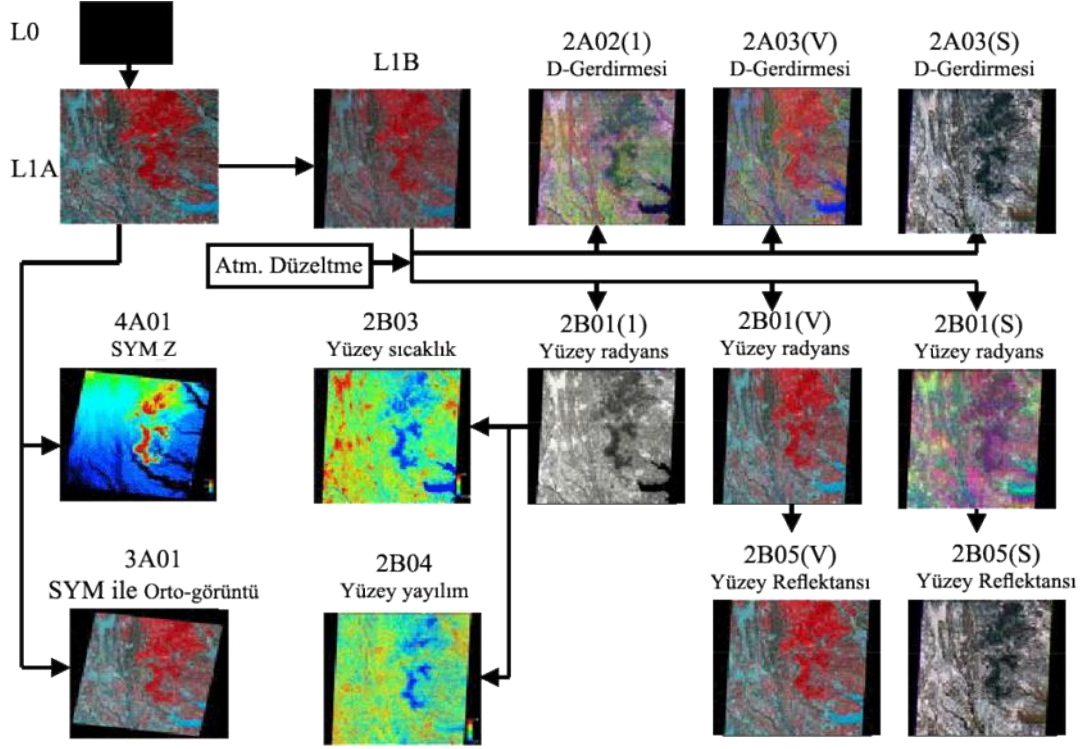
Tablo 3.2: ASTER algılayıcısının bantları, spektral ve alansal özellikleri.

BANT	SPEKTRAL ARALIK ( $\mu\text{m}$ )		ALANSAL ÇÖZÜNÜRLÜK (m)	
1	0.52 - 0.60	Yeşil	VNIR	15
2	0.63 - 0.69	Kırmızı		15
3N	0.78 - 0.86	YAKIN KIZIL ÖTESİ		15
3B Geri bakış	0.78 - 0.86	YAKIN KIZIL ÖTESİ		15
4	1.60 - 1.70	KISA DALGA KIZIL ÖTESİ (SWIR)		30
5	2.145 - 2.185			30
6	2.185 - 2.225			30
7	2.235 - 2.285			30
8	2.295 - 2.365			30
9	2.360 - 2.430			30
10	8.125 - 8.475	TERMAL KIZIL ÖTESİ (TIR)		90
11	8.475 - 8.825			90
12	8.925 - 9.275			90
13	10.25 - 10.95			90
14	10.95 - 11.65			90

### 3.4. Spektral Özellikler ve Yansıma Spektrometresi

Doğadaki tüm maddeler belirli bileşimlerdeki molekül ve atomlardan oluşur. Bundan dolayı maddeler belirli bir dalga boyundaki elektromanyetik ışımayı iç yapısı ile ilgili olarak soğurmakta ya da yaymaktadır. Tüm maddeler kendilerine özgü olarak elektromanyetik ışımayı yansıtır, soğurur ya da yayar. Atmosferden yer yüzeyindeki maddelere gelen ya da maddelerden kaynaklanan elektromanyetik ışınım yansıtılır, saçılır, kırılarak yansıtılır ya da dağıtılır, soğrulur, iletilir ve dağılır. Bununla ilgili olarak bir yaprağın yeşil görünmesinin nedeni araştırıldığında, içerdiği klorofilin mavi ve kırmızı dalgaboyunu soğururken yeşili yansıtması sonucu olduğu görülür. Maddelerin kendilerine özgü bu niteliği spektral özellik olarak ifade edilir. Yansıyan,

soğrulan ya da iletilen enerji miktarları, maddenin türü ve koşullarına bağı olarak farklı yeryüzü özellikleri için değışiklik göstermektedir. Bu farklılıklar görüntüdeki farklı özellikleri ayırt etmemizi sağlamaktadır.



Şekil 3.6: Yer istasyonunda farklı seviyelerde üretilen ASTER verileri.

Yansıma spektrometresi, minerallerin analiz edilmesi için, elektromagnetik spektrumun görünür ( $0.4-0.7 \mu\text{m}$ ), yakın ( $0.7-1.3 \mu\text{m}$ ) ve kısa dalga ( $1.3-2.5 \mu\text{m}$ ) kıızıl ötesindeki enerjiyi kullanan teknik olarak tanımlanabilir. Yansıma spektrometresi tekniğı nesnelere spektral özelliklerine dayanmaktadır. Belli atom ve moleküller atomik yapılarının bir fonksiyonu olarak enerji soğururlar. Nesnenin yansıttığı, soğurduğu ya da yaydığı bu dalga boyu ile spektral yansıma değerleri arasındaki grafiksel ilişki spektral yansıma eğrisi olarak tanımlanmaktadır. Spektral yansıma grafiğinin biçimi, nesnenin tipini anlamamıza yardımcı olur ve belirli uygulamalar için edinilen uzaktan algılama verisinin dalga boyu seçiminde de etkili olur. Spektral yansıma grafikleri farklı bileşimlerdeki nesnelere için özgün eğriler sunar, buna karşın büyük benzerlikler de gösterebilir.

Termal kızıl ötesi ışınım, elektromanyetik spektrumun 3.5 ve 20  $\mu\text{m}$ . arasındaki dalga boyuna karşılık gelmektedir. Çoğu uzaktan algılama uygulamaları 8-13  $\mu\text{m}$ . aralığını kullanmaktadır. Termal kızıl ötesi ile kızıl ötesi arasındaki temel fark, termal kızıl ötesi sayısal olarak algılanan yayılan enerji ile görünür-yansıma kızıl ötesi ise yansıyan enerji ile ilgilenmektedir.

### **3.5. Bant Oranlama Tekniği**

Çok bantlı uydu verilerinde, aranan özelliklerdeki nesnelere ayırt edebilmek amacıyla spektral açı haritalama, spektral uygunluk, bant oranlama ve çeşitli indeksler gibi birçok analiz tekniği kullanılmaktadır (Ninomiya, 2002; De Carvalho ve diğ., 2004; San ve diğ., 2004). Bu tekniklerden bant oranlama oldukça sık kullanılan bir görüntü analiz yöntemidir. Basit ancak çok bantlı görüntüler için çok kullanışlı olan hücresel birleştirme, bir spektral bantın diğerine oranıdır. Bu teknik için seçilecek olan bantlar, yansıma ya da soğrulma miktarları arasındaki en büyük farklılığa sahip bantlar ile doğrudan ilişkilidir. Amaç, yansıma ve soğrulma özellikleri arasındaki spektral farklılığı artırarak daha belirgin şekilde ifade etmektir. Bantlar, belirli bir maddenin varlığını vurgulamak için seçilir. Oldukça fazla yansımaya sahip (parlak görülür) bir madde ile ilişkili dalga boyu bantı ve güçlü soğrulmaya sahip (koyu görülür) diğer bir dalga boyu bantı kullanıcı tarafından seçilir. Genellikle, yansıması daha yüksek olan bant, oranlamanın pay kısmında kullanılır. Bu nedenle, hedef maddenin varlığı, yüksek oran değerlerinde gözlenir ve oranlanmış görüntüde parlak renk tonunda görülür. Gri tonlarındaki bir bant oranlama görüntüsünde en koyu ve en açık renk tonları, iki spektral bant için yansımadaki en büyük farklılığa sahip alanları tanımlamaktadır. Benzer yansımaya sahip alanlar orta derecedeki gri tonlarında görülmektedir.

Özgün bir spektral bantta, özdeş yüzey maddeleri bir yerden başka bir yere farklı parlaklık değerlerine sahiptir, çünkü aydınlanma yamaç eğimi ya da yamaç yönü (bakı) ile ve hatta komşu özelliklerden kaynaklanan gölgelenmeler ile değişiklik gösterir. Çünkü bu aydınlanma etkileri, dalga boyundan bağımsız olarak hemen

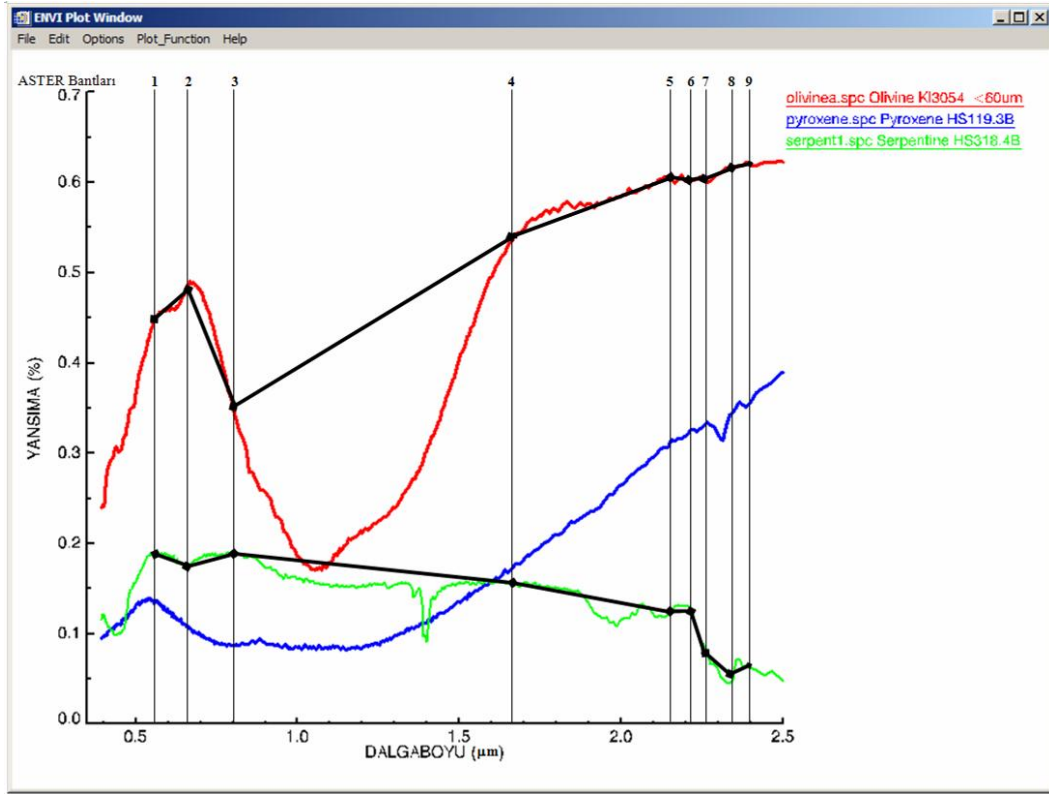
hemen aynı şiddette olur. Bir bant diğerine bölündüğünde her ikisinde de mevcut olan bu etkiler birbirini yok ederler. Böylelikle bant oranlama yöntemi ile yer yüzeyindeki maddelerin doğal özellikleri ortaya çıkartılabilir.

Bant oranlama tekniği, bitki örtüsü durumunun haritalanmasında, mineral haritalamada ve maden aramacılığında alterasyon zonlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (San ve diğ. 2004; Rowan ve diğ., 2005, 2006). Bant oranlama, sahadaki nesnelere saflık derecesi, atmosferik iletim ve topoğrafya ile gizlenmiş parlaklık şiddeti ile ilişkili görüntü verisi değişimlerini hafifletmek amacıyla sıklıkla kullanılır (Crippen, 1987).

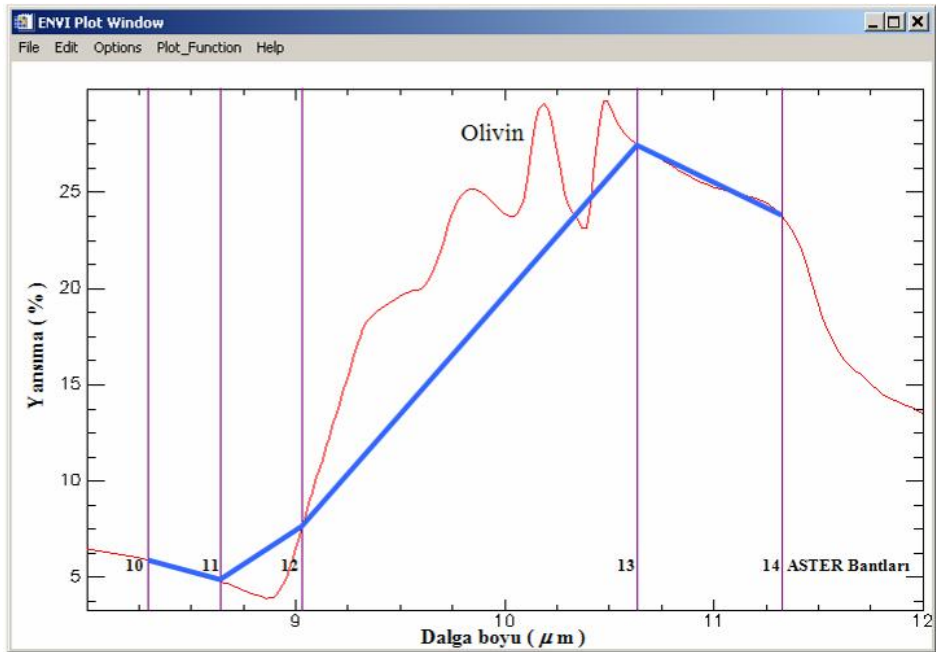
### **3.6. Peridotitlerin Spektral Yansıma ve Termal Yayılım Özellikleri**

Peridotitler, şekil 3.3'deki sınıflamadan da görüleceği üzere, %40'tan fazla miktarda olivin minerali içeren, bunun yanında değişik oranlarda piroksenlerden oluşan kaya türleridir. Tezin konusunu oluşturan bu birimlerin görüntü analizleri ile ayırt edilmesi sırasında, bu grup içerisinde yer alan ultramafik kayaların görünür-yansıma kızıl ötesi spektral özellikleri RSI ENVI yazılımı içerisinde yer alan USGS spektral kütüphanesinden, termal spektral özellikleri ise NASA'nın bünyesinde oluşturulmuş JPL spektral kütüphanesinden hem sayısal veriler hem de hücresel veriler şeklinde kaya türü ya da minerallerin spektral eğrileri elde edilmiştir. Bu sayısal veriler 0.4-14 µm. aralığındaki görünür-yakın kızıl ötesi, kısa dalga kızıl ötesi ve termal kızıl ötesi bölgelerine göre sınıflandırılmış ve ENVI yazılımı kullanılarak görüntülenmiştir (Şekil 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.14). Görüntülenen eğriler üzerine ASTER bant aralıkları yerleştirilmiş ve hangi dalga boyunda ne tür spektral değişimler olduğu araştırılmıştır.

JPL Spektral kütüphanesinde lerzolit, harzburjit ve verlit bulunmadığından bünyelerinde yer alan minerallerin spektral eğrileri değerlendirilmiştir. Ultramafik kayalarda özellikle de peridotitlerde sıkça gözlenen serpantinleşme yaygın olması

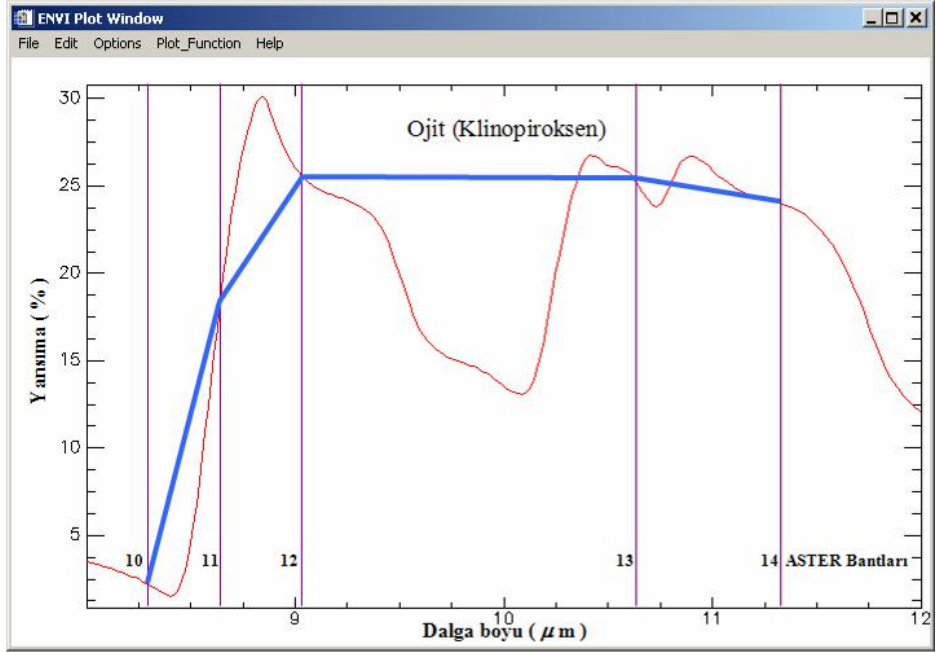


Şekil 3.7: Olivin, piroksen ve serpantin minerallerinin görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi bölgelerinde sergiledikleri farklı spektral özellikleri.

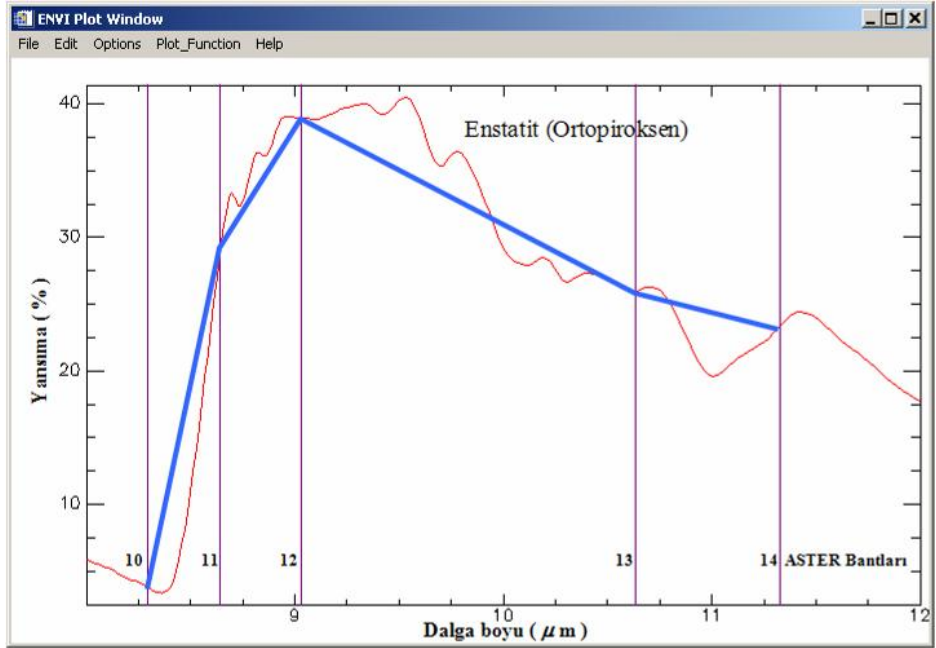


Şekil 3.8: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Olivin mineralinin termal spektral eğrisi.

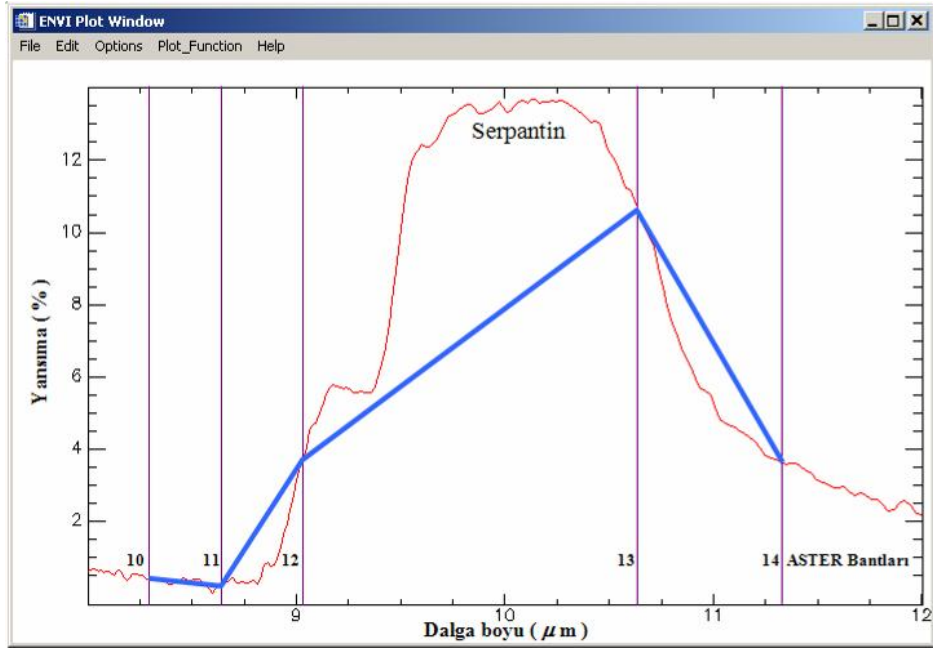
nedeniyle, serpantin mineralinin de spektral eğrileri elde edilmiş ve peridotitlere göre ne tür spektral farklılıkları olabileceği konusu da araştırılmıştır.



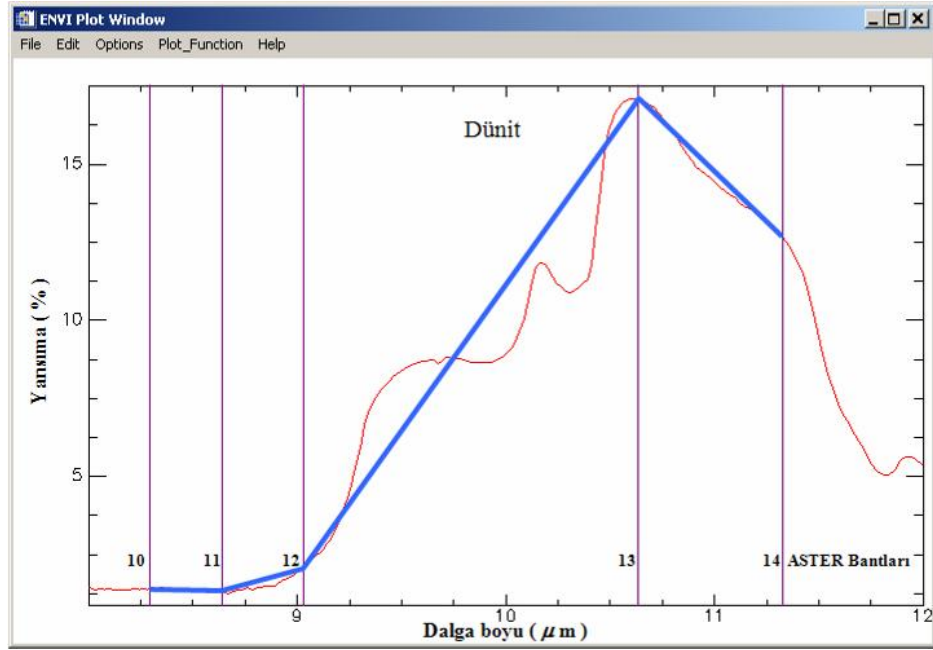
Şekil 3.9: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Ojite (Klinopiroksen) mineralinin termal spektral eğrisi ve ASTER termal kızıl ötesi bantları.



Şekil 3.10: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Enstatit (Ortopiroksen) mineralinin termal spektral eğrisi ve ASTER termal kızıl ötesi bantları.



Şekil 3.11: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Serpantin mineralinin termal spektral eğrisi ve ASTER termal kızıl ötesi bantları.



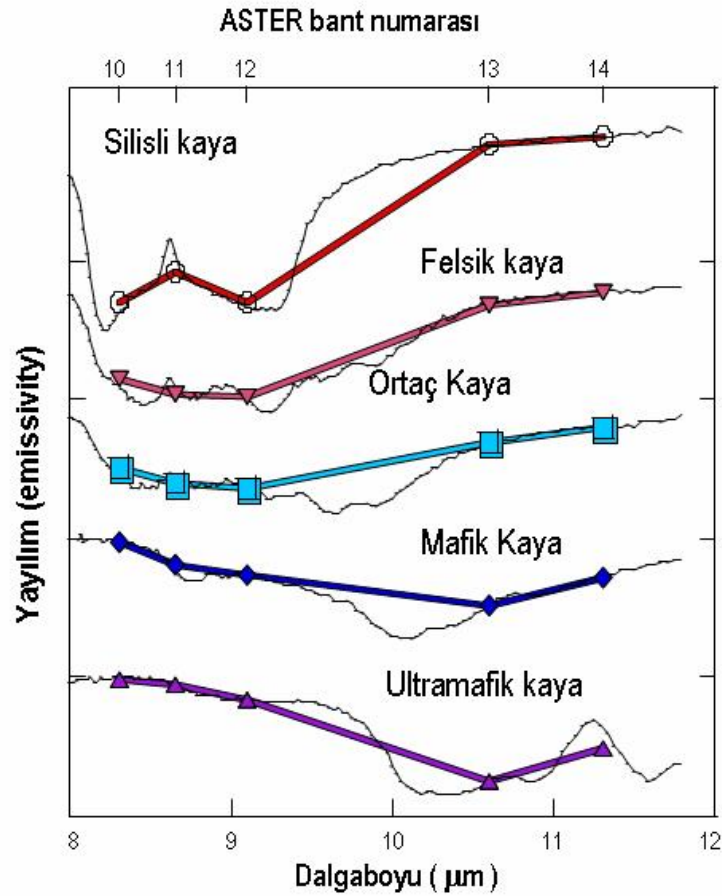
Şekil 3.12: JPL spektral kütüphanesinden elde edilmiş Dünit kayacına ait termal spektral eğri ve ASTER termal kızıl ötesi bantları.

Derinlik kayaları doğaları gereği silikatlı kayaları içermektedir. Bu kayalardaki silikat bileşimi, felsikten mafik kayalara doğru azalan oranda değişim

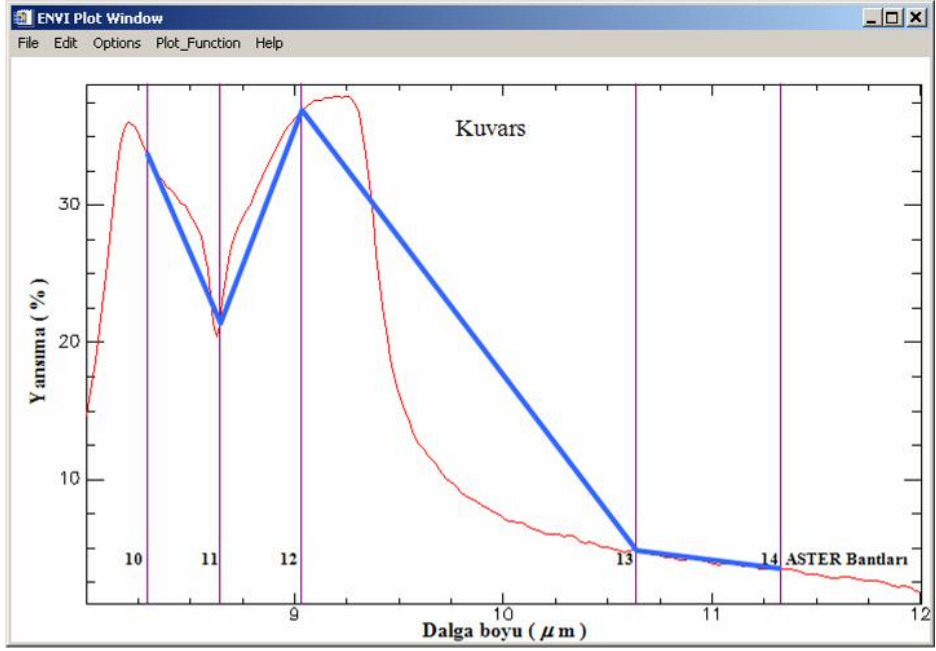


göstermektedir. Silikat bileşimleri ile ilgili bu değişimler termal kızıl ötesi bölgesinde belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 3.13). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, bu silikat değişimleri yardımıyla kaya türlerinin birbirinden ayırt edilmesi mümkün olmuştur (Ninomiya, 2002; Rowan ve diğ., 2005).

Silikatlı kayalarda Si ve O elementlerinin belli oranlarda bir araya gelerek kayaç bünyesinde bulunan silis ya da kuvars mineralinin termal spektral bölgesinde gösterdiği termal yayılım özelliği de belirgin bir farklılığa sahiptir (Şekil 3.14).



Şekil 3.13: Silikatlı kayaların termal kızıl ötesi bölgesinde gözlenen belirgin özellikleri (Ninomiya 2003'den Türkçeleştirilerek alınmıştır).

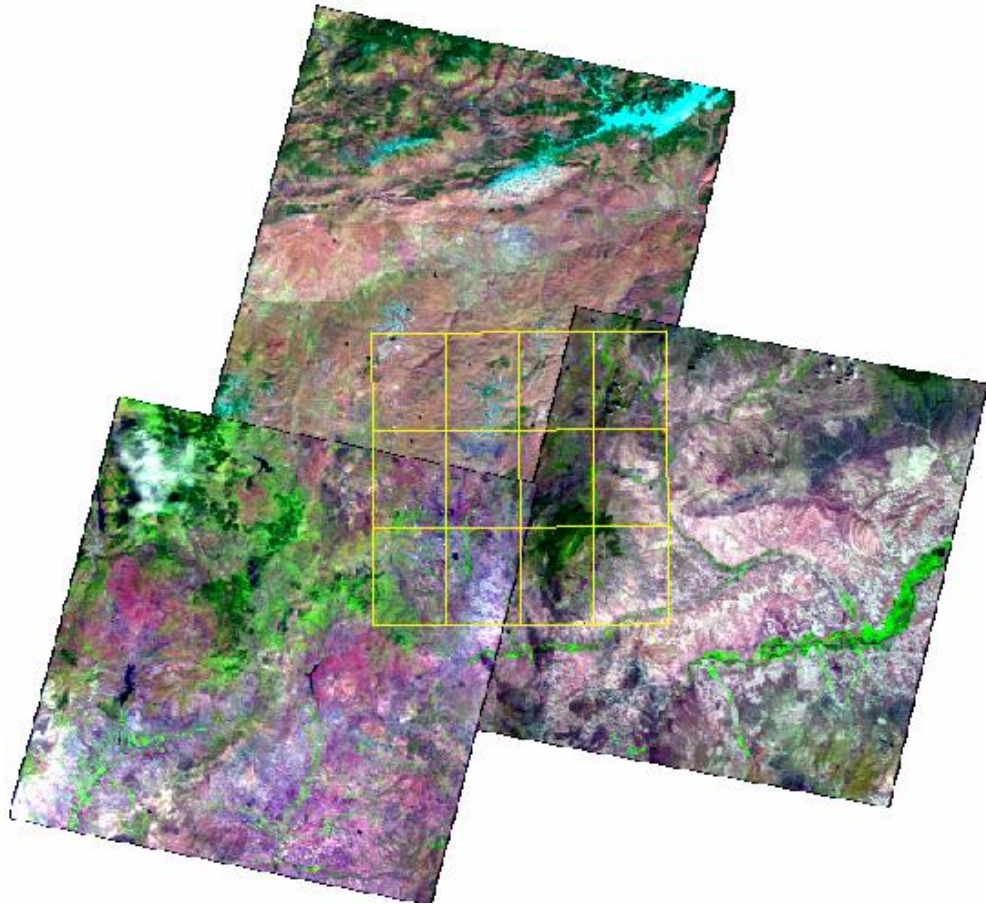


Şekil 3.14: Kuvars mineralinin termal yayılım özellikleri ve ASTER termal kızıl ötesi bantları.

#### 4. GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ

Bu bölümde, peridotit türü ultramafik kayaların uydu görüntü analizleri ile en belirgin şekilde görüntülenebilmesi amacıyla geliştirilen bant oranlama algoritmalarının oluşturulma aşamalarındaki işlemler açıklanacaktır.

Çalışma alanında MTA Genel Müdürlüğü Dr. İsmail SEYHAN Uzaktan Algılama Merkezi bünyesinde yer alan, coğrafik ve radyometrik düzeltmeleri yapılmış 3 adet ASTER L3A görüntüsü kullanılmıştır (Şekil 4.1). Tablo 4.1’de kullanılan görüntülerin detaylı bilgileri verilmiş olup, bu görüntülerde gerçekleştirilen işlemler şekil 4.2’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Tez çalışmasında kullanılan ASTER L3A görüntüleri ve çalışma alanını kapsayan 1/25.000 ölçekli pafta sınırları.

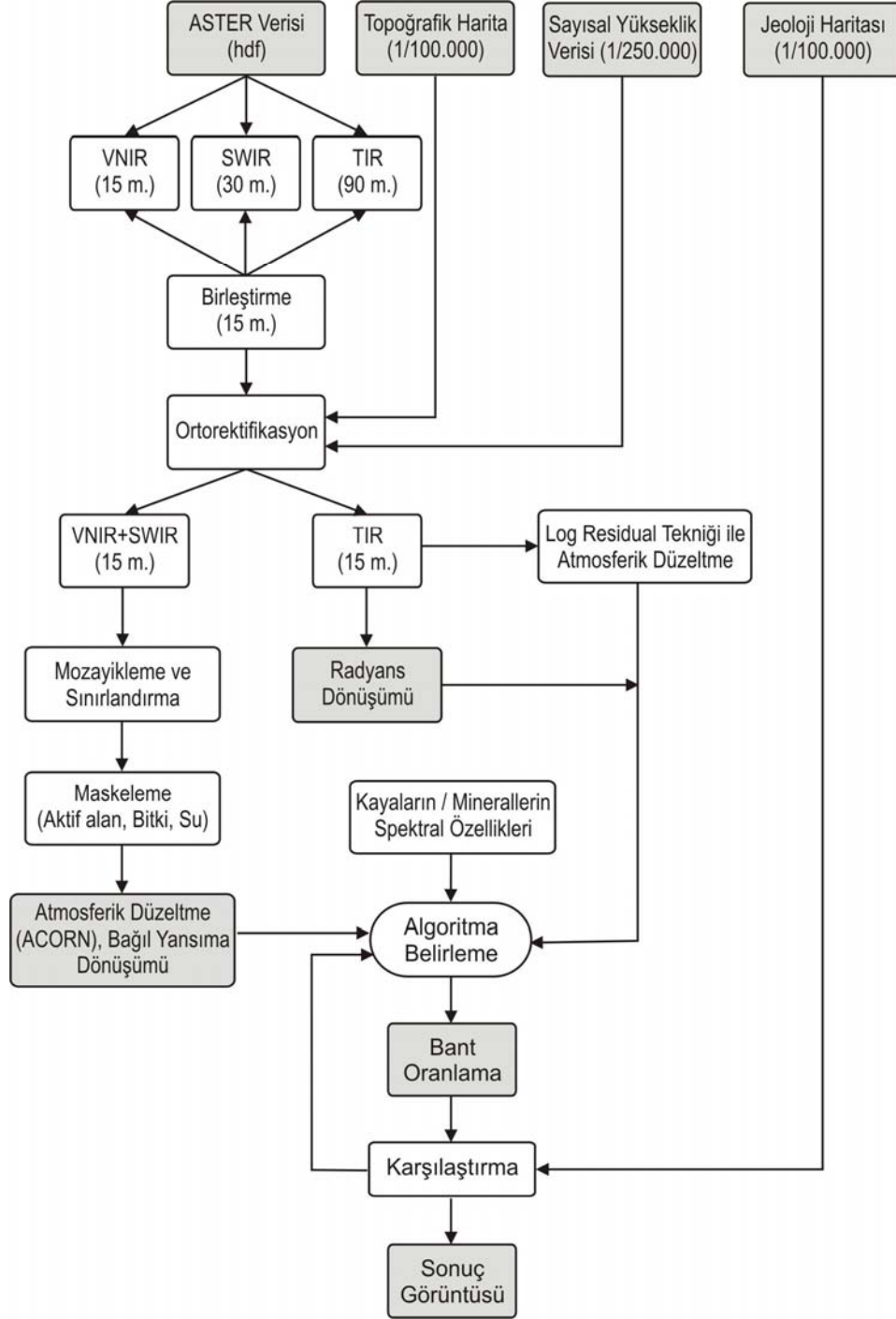
Tablo 4.1: Görüntü analiz çalışmalarında kullanılan ASTER görüntüleri.

Görüntü Kodu	Kayıt Tarihi	Seviye	Bulutluluk (%)
AST3A1 0507270844010603311228	27 Temmuz 2005	3A01	0
AST3A1 0207260852290603310610	26 Temmuz 2002	3A01	1
AST3A1 0404100850300702020025	10 Nisan 2004	3A01	0

#### 4.1. Ön İşlemler

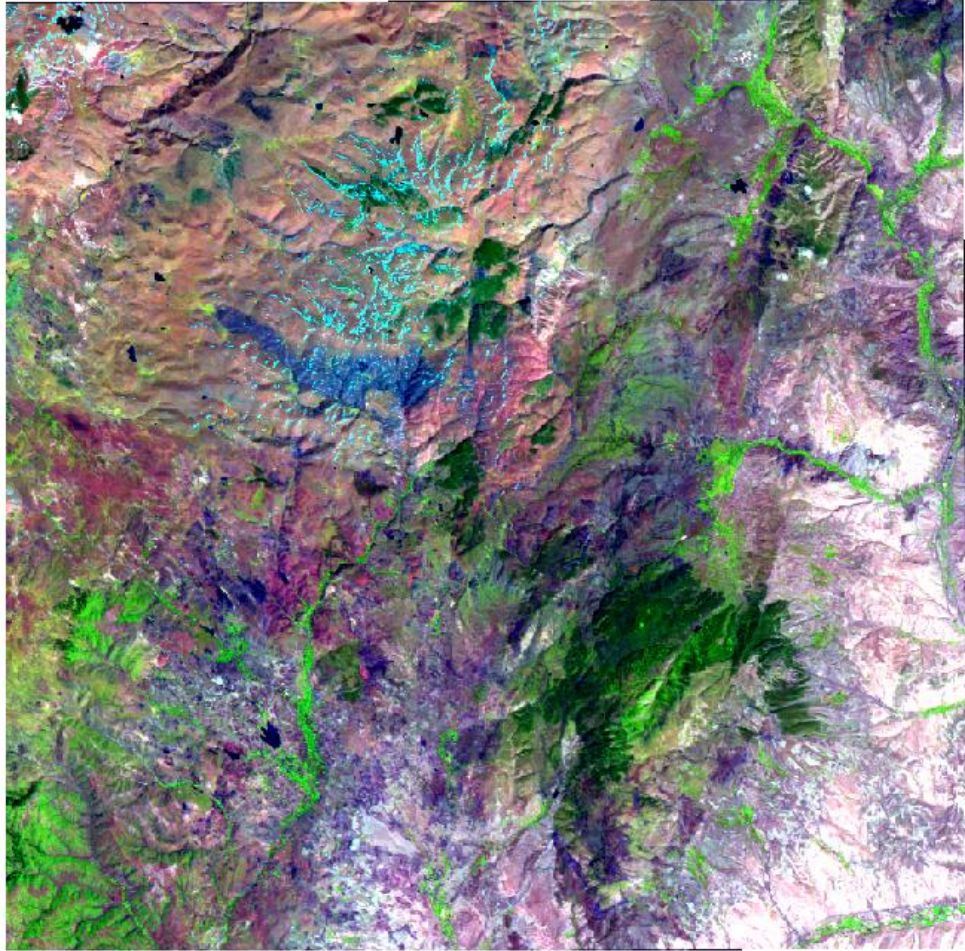
Her hangi bir amaç için satın alınan görüntüler, kendi formatı bünyesinde farklı özelliklere sahip bölümleri barındırabilmektedir. Bu nedenle öncelikli olarak yapılması gereken, bu farklı özelliklerdeki bölümlerin kullanılacak yazılım formatına dönüştürülmesidir. Bu çalışmada, PCI Geomatica 9.1 yazılımı kullanılarak mevcut ASTER görüntülerinin görünür–yakın kızıl ötesi (VNIR), kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) ve termal kızıl ötesi (TIR) kısımları oluşturulmuştur. Elde edilen her bir bileşen farklı alansal ve spektral çözünürlüğe sahip olması nedeniyle yapılacak çalışmalarda spektral özelliklerin daha belirgin olarak gözlenebilmesi, spektral eğri özelliklerini yansıtabilmesi amacıyla tüm bantların tek bir veri içerisinde toplanması ile mümkün olmaktadır. Bu kapsamda alansal çözünürlük 15 metreye indirgenerek verinin yeniden örneklenmesi ile tüm ASTER bantları birleştirilmiştir. Çalışmada kullanılacak ASTER görüntüleri Şekil 3.6’da verilen seviyelerden 3A olmasından dolayı, yer istasyonunda yükseklik verileri ile 3 boyut kullanılarak koordinatlandırılmıştır. Mevcut ASTER verileri; yer istasyonunda coğrafik projeksiyonda ve WGS-1984 datumunda koordinatlandırılmıştır. Bu ilksel koordinatlar, çalışma alandaki diğer veriler ile birlikteliğinin sağlanması amacıyla UTM Zon 36 projeksiyonuna dönüştürülmüş datum olarak da ED-1950 seçilmiştir. Akış şemasında yer alan ortorektifikasyon işlemi, seviye 1 ya da seviye 2 görüntüleri için planlanmış olup ön işlemlerin yapılış sırası açısından önemli olması nedeniyle şemada yer verilmiştir.

ASTER verisinin ön işlemleri sırasında ortorektifikasyon işlemi yapılmamış, ASTER verisinin alt bileşenleri birleştirildikten hemen sonra 15 metrelik alansal çözünürlüğe sahip iki kısma ayrılmıştır.



Şekil 4.2: Bant oranlama yöntemi ile peridotit türü kayaların ASTER uydu verileri yardımıyla elde edilmesine yönelik gerçekleştirilen işlemlerin akış şeması.

ASTER verisi, yansımaya ve yayılım olmak üzere genel anlamda iki farklı veriyi içermektedir. Yansımaya verisi, görünür-yakın kızıl ötesi (VNIR) ve kısa dalga kızıl ötesini (SWIR) yani 0.4-2.5  $\mu\text{m}$ . arasındaki elektromanyetik spektrumu kapsamaktadır. Yayılım verisi ise 3.5-20  $\mu\text{m}$ . arasındaki termal kızıl ötesini (TIR) içine almaktadır. Buna göre, ASTER verisi içerisinde yer alan 1-9 arasındaki bantlar yansımaya ve 10-14 arasındaki bantlar ise yayılım ile ilgili bilgileri vermektedir. Bu nedenle yapılan görüntü analiz çalışmaları iki kısım için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesini içeren 3 farklı ASTER görüntüsü, önce mozayiklenerek alansal olarak birleştirilmiş, daha sonra çalışma alanını kapsayan 1/25.000 ölçekli paftaların toplam alanına göre kesilmiştir (Şekil 4.3).

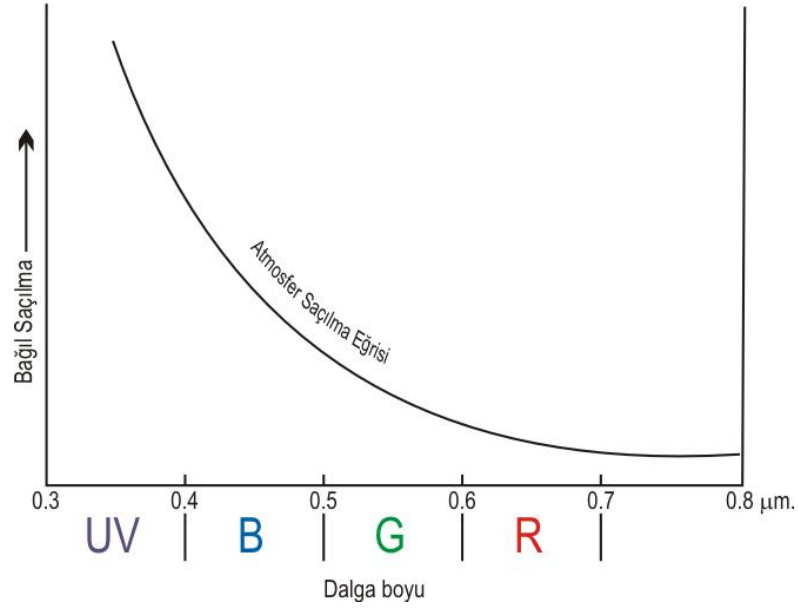


Şekil 4.3: Mozayiklenen ve çalışma alanını içine alacak şekilde kesilmiş ASTER RGB-432 renkli kompozit görüntüsü.

Ham olarak gelen ASTER seviye 3A verileri coğrafik ve radyometrik düzeltmeleri içeriyor olsa da yansıma ya da ışınım (radyans) dönüşümlerine sahip değildir. Bu nedenle spektral özellikler kullanılarak yapılacak görüntü analiz çalışmalarında bu dönüşümlerin yapılmış olması zorunludur. Bu amaçla yansıma dönüşümleri iki farklı yöntem kullanılarak gerçekleştirilir. Bunlardan birincisi, basit analitik hesaplamalar ile ham verinin bağıl yansıma verisine dönüştürülmesi şeklinde yapılmaktadır. Diğer bir yöntem ise daha karmaşık algoritmaları içeren, uydunun uçuş yüksekliği, atmosferdeki su buharı miktarı, atmosferin görüş netliği, ortalama topoğrafik yükseklik gibi bir çok farklı parametrenin birlikte değerlendirildiği ve genellikle doğruya en yakın sonuçların alındığı ACORN, FLAASH, ATCOR gibi atmosferik düzeltme hazır programlarıdır. Bu programlar ham veriyi kullanarak hem atmosferik düzeltme işlemini gerçekleştirmektedir hem de bağıl yansıma verisi üretmektedir (San ve Suzen, 2007). Görüntü analizleri sırasında atmosferik düzeltmeler, basit analitik yöntemle ve ACORN yazılımı ile yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Uydu verilerinin kaydedilmesi aşamasında, yer yüzeyinden algılayıcıya ulaşan ışınlar atmosferden geçmektedir. Atmosfer içerisinde yer alan çok küçük tanecikler, H<sub>2</sub>O (subuharı), CO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> gibi moleküller bu ışınların bir kısmını soğurmakta, saçılmasına ya da dağılmasına neden olmaktadır. Işık dalga boyunun küçük olduğu bölgelerde saçılma daha şiddetli olmaktadır (Şekil 4.4). Görüntü analizlerinde bu gibi etkilerin giderilmesi amacıyla, görüntü içerisinde yer alan bantların her biri için ayrı ayrı en düşük sayısal numara (DN) değeri hesaplanır. Saçılma ya da dağılma olmasa idi, doğrudan ışık almayan bir bölge hep karanlık kalacağı düşüncesi ile, her bir bant için ayrı ayrı hesaplanan bu en düşük DN değeri tüm bant değerlerinden çıkartılır. Buradan elde edilen değerler, saçılmanın ya da dağılmanın olmadığı durumdaki aydınlanma miktarını vermekte olup, yöntem koyu piksel çıkartma yöntemi olarak bilinir (Crane, 1971; Chávez ve diğ., 1977).

Bu işlem sonucundaki bant değerleri, bant ortalama değerine bölünerek bağıl yansıma değerleri elde edilir (Kruse, 1995). Elde edilen bağıl yansıma değerleri analizlerde, 0 ile 1 arasında normalize edilerek kullanılmıştır.



Şekil 4.4: Elektromanyetik dalgaların atmosferdeki saçılma oranları (Ditchburn, 1963).

Atmosfer düzeltmesi, bağıl yansıma ve maskeleye gibi işlemlerde ERDAS Imagine yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım içerisinde yer alan hazır algoritmalar kullanıcılara çoğu zaman kısıtlamalar getirebilmektedir. Bu nedenle yazılımın ayrı bir modülü olan Modeler, kullanıcılara daha detaylı ve istekleri doğrultusunda işlevler yapabileceği yeteneği sağladığından çalışmada yapılan işlemler bu modül içerisinde yazılmış küçük programlar ile gerçekleştirilmiştir. Akış şeması görünümünde grafiksel bir arayüze sahip olan ERDAS Modeler, kullanıcının isteğine bağlı olarak değiştirilebilen hücre, vektör ya da tablo türünde veri girdi ve çıktı kısımları, çeşitli hesaplamalar yapmaya olanak sağlayan ana bileşenleri içermektedir. ASTER ham verisinin, atmosfer düzeltmesi yapılarak bağıl yansıma verisine dönüştürülmesi işleminin ERDAS Modeler'daki grafiksel gösterimi şekil 4.5'de sunulmuştur.

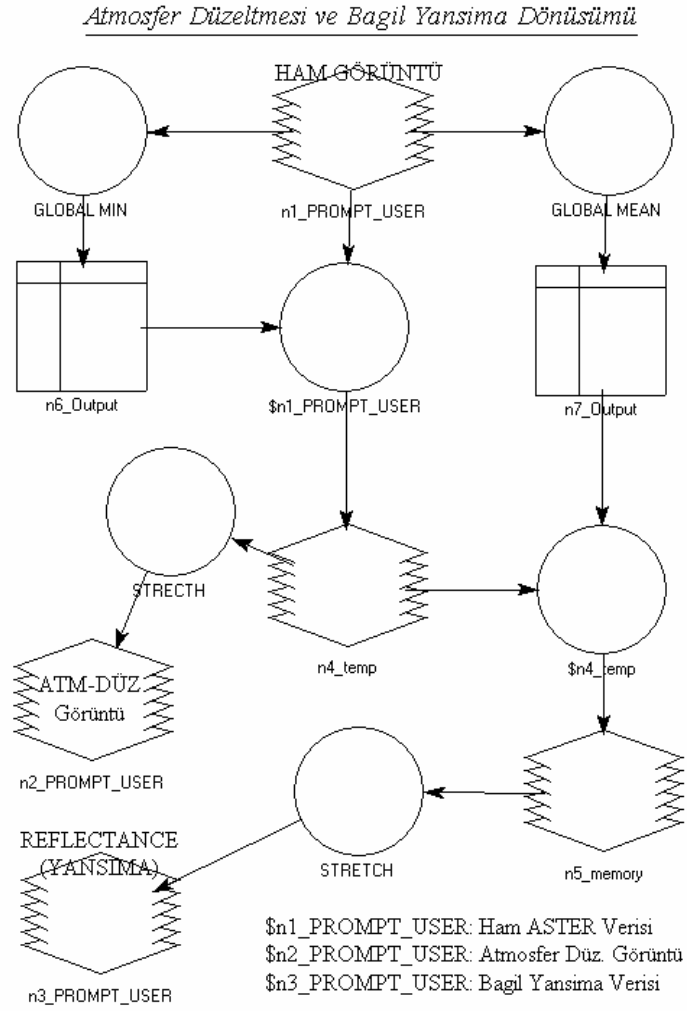
Çeşitli parametrelerin kullanıldığı atmosferik düzeltme ve bağıl yansıma dönüşüm yazılımlardan ASTER için en uygun olan ACORN yazılımında, gerekli bilgiler girildikten sonra her bir veri için bağıl yansıma dönüşümü yapılmıştır (Şekil 4.6).

Yansıma verilerinin kullanıldığı görüntü analiz çalışmalarında, hedef nesnelerin yansıma özellikleri ile bölgede yer alan ve çalışma konusuna ait spektral yansıma değerleri üzerinde doğrudan etkisi olabilecek deniz, göl, bitki örtüsü, bulut gibi diğer

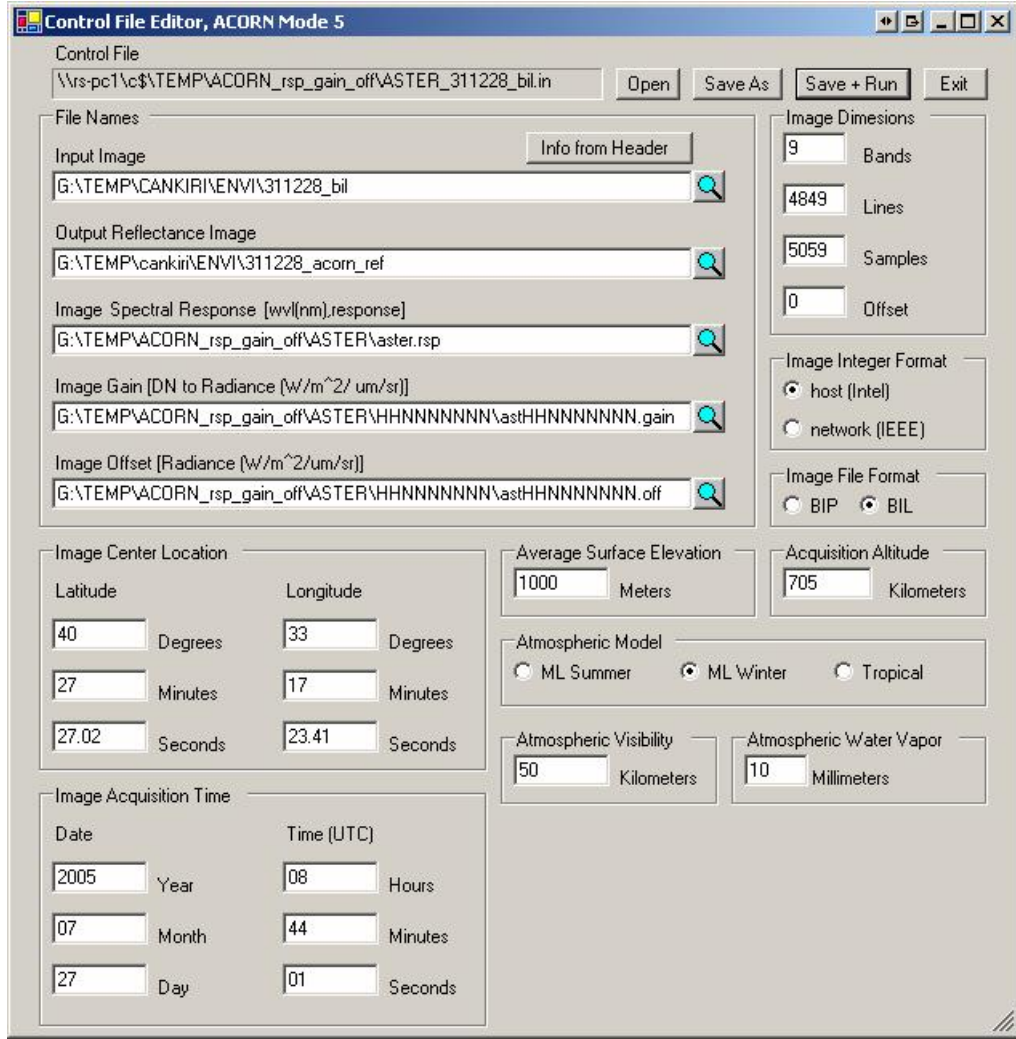


bileşenlerin etkisinin azaltılması hatta mümkün ise yok edilmesi gerekmektedir. Buna yönelik olarak maskeleye yani hedef alan dışında kalan kesimlerin spektral yansımalarını en aza indirme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Yapılan çalışmalarda ASTER verisinin her bir bantının kenar kesimlerinde bazı düzensizlikler görülmekte olup her aşamada hesaplanan verinin kesin sınırlara sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle, tüm bantları kapsayan ortak alanının ortaya konması ve bu ortak alana uygun olarak verinin yeniden yapılandırılması da aktif alan maskeleyesi olarak tanımlanabilir.



Şekil 4.5: Ham ASTER verisi üzerinde atmosfer düzeltmesinin ve bağlı yansımaya dönüşümü için hazırlanmış ERDAS modülünün şeması (EK 2).



Şekil 4.6 : ACORN yazılımının ASTER seviye 3A arayüzü ve bağıl yansımaya dönüşümü için girilen parametreler.

Tez çalışmasında görüntü analizlerinin yapılacağı ASTER verilerinde, bitki örtüsünün yoğun olduğu kesimler, göl-gölet-baraj alanları ve nehirler maskelenmiştir. Bitki örtüsü için NDVI (Normalize Edilmiş Bitki İndeksi) kullanılmıştır (Rouse ve diğ., 1973). Bu bitki indeksi, yakın kızıl ötesinde yüksek yansımaya gösteren klorofilin düşük yansımaya gösteren kırmızı dalga boyuna oranlanması ile oluşturulmuş sık kullanılan bir yöntemdir. Su içeren alanların belirlenmesinde çoğunlukla yakın kızıl ötesi bant kullanılır. ASTER bant 3 içerisinde gözlenen en yüksek yansımaya değeri eşikdeğer olarak alınmaktadır. Bunlara ilave olarak, bulut ve gölgesi ile ilgili maskeleyiş işlemi eğer görüntü içerisinde %5'ten daha fazla oranda bulut ve gölgesi bulunuyorsa uygulanmalıdır. Bu işlemde ilk dört

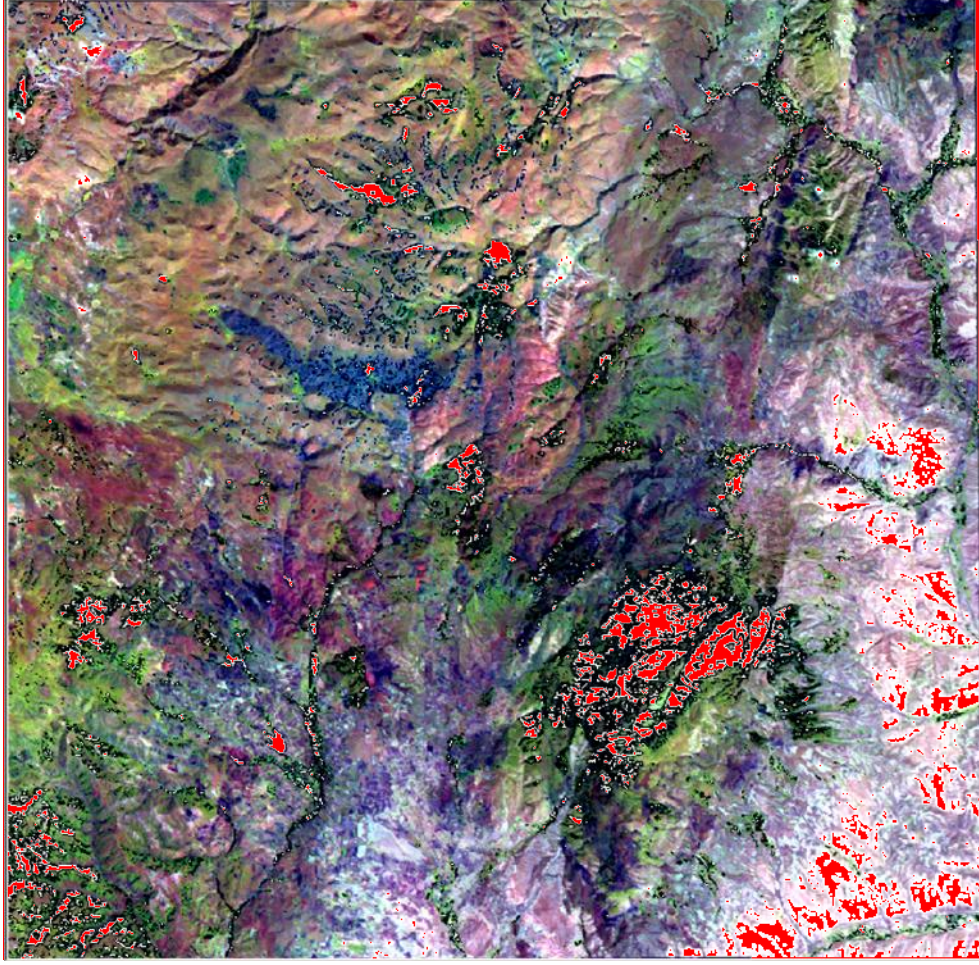
bant için, görüntü üzerinde bulut sınırına yakın kesimlerden eşik değerler yani parlaklık değerleri belirlenir, gölgesi için ise bant 3 içerisindeki en düşük değer alınarak maskeleye işlemi gerçekleştirilir. Elde edilen maskeler birleştirilerek, tümleşik bir maske oluşturulur ve görüntüden çıkartılır. Böylelikle görüntü içerisindeki istenmeyen yansıma değerlerinin hedef nesnelere üzerindeki etkisi en aza indirilmiştir olur.

Tüm maskeleye işlemlerinin tümleşik hesaplanması ile ilgili ERDAS Imagine Modeller modülünde bir algoritma oluşturulmuştur (Şekil 4.7). Pafta sınırlarına göre kesilmiş ASTER verisi, tümleşik maskeleye işleminden geçirilmiş ve yoğun bitki örtüsü alanları, nehir, göl, gölet gibi su içeren alanlar, bulut ve gölgeleri maskelenerek spektral dönüşümlerde kullanılacak görüntü elde edilmiştir (Şekil 4.8).

15 metrelik alansal çözünürlükte üretilmiş ortorektifiye termal kızıl ötesi verinin atmosferik düzeltmesi yansıma verisi gibi basit değildir ve bölgeden bölgeye, kara ya da okyanus oluşuna, yüzeye, yüksekliğe göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle termal kızıl ötesi verinin atmosferik düzeltmesi için sıklıkla logaritmik residual kalibrasyon tekniği kullanılır. Bu kalibrasyon tekniği ilk kez Green ve Craig (1985) tarafından tanımlanmış olup çeşitli araştırmacılar tarafından farklı şekillerde uygulanmıştır. Bu teknik, her bir görüntü hücresi için elde edilmiş radyans değerini yüzey yansımasının, aydınlanmanın (güneş ışınları) ve topoğrafik etkilerin (yamaç yönü ve gölgesi) bir ürünü olarak modellemektedir. Buna karşın termal kızıl ötesi verilerin radyans dönüşümü sonrasında atmosferik düzeltme yapılmadan da etkin olarak kullanılabilmesi bilinmektedir (Ninomiya, 2003). Çalışma sırasında, termal kızıl ötesi görüntü analizleri atmosferik düzeltme yapılmadan gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan ASTER verilerinin termal kızıl ötesi bileşenleri birbirinden ayrı olarak analiz edilmiş, sonuçları birleştirilerek mozayik görüntüleri oluşturulmuş ve daha sonra ise pafta sınırlarına göre kesilerek sunulmuştur.





Şekil 4.8: Tümleşik maske uygulanmış ASTER RGB-432 renkli kompozit görüntüsü (Kırmızı renk, maskelenmiş alanları temsil etmektedir).

ASTER termal kızıl ötesi verisinin radyans dönüşümü için,

$$\text{Radyans} = (\text{DN değeri} - 1) \times \text{Birim Dönüşüm Katsayısı}$$

formülü kullanılmaktadır. ERSDAC<sup>1</sup> (Japonya) laboratuvarında her bir bant için ayrı ayrı belirlenmiş katsayılar ile çarpılarak yüzey radyans değerlerine dönüştürülmektedir (Tablo 4.2). Kayıt tarihi, hücre boyutları, koordinatlandırma tanımlamaları, bulutluluk oranı, çeşitli dönüşüm katsayıları gibi bir takım özellikler ASTER verisi içinde sunulmakta olup çeşitli yazılımlar ile bu bilgilere ulaşılabilmektedir. Çalışmada kullanılan görüntülere ait bu bilgiler EK 4, 5 ve 6'da

---

<sup>1</sup> Earth Remote Sensing Data Analysis Center

verilmiştir. Kullanılan ASTER termal kızıl ötesi verilerinin radyans dönüşümü için oluşturulan ERDAS Modeler modülü Şekil 4.9’da verilmiştir.

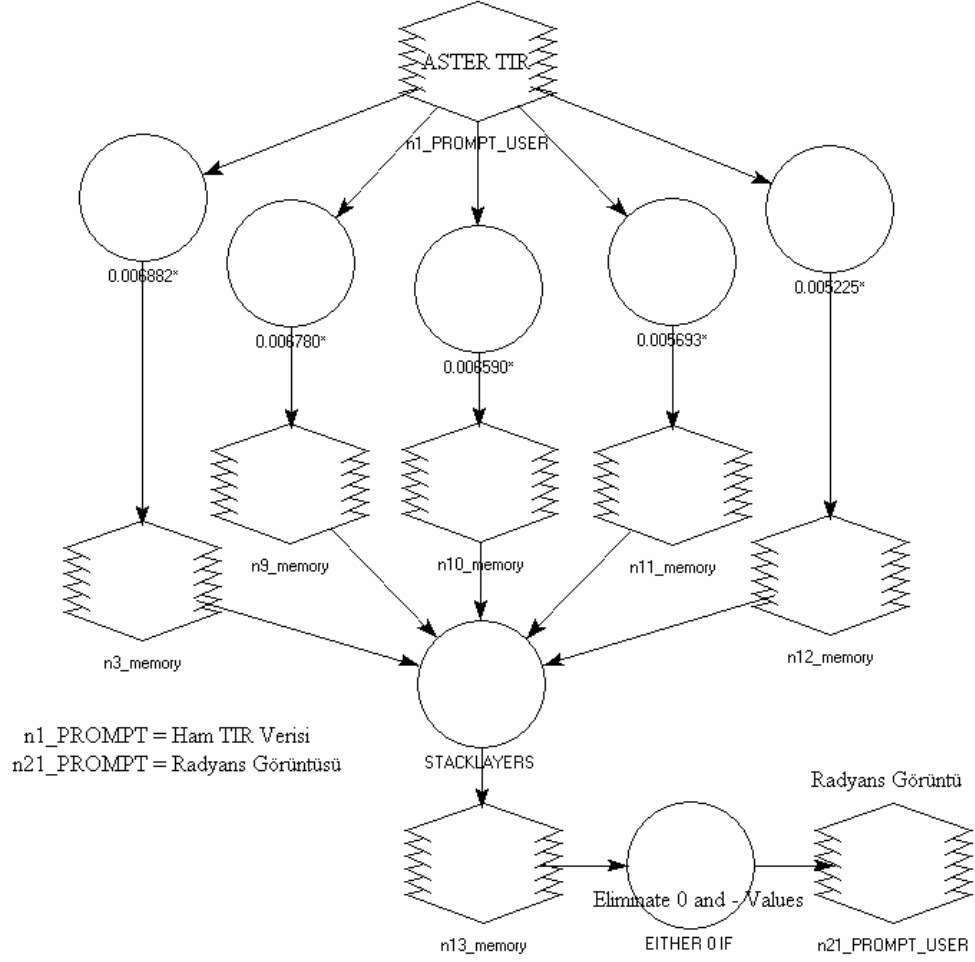
Tablo 4.2: ASTER termal kızıl ötesi bantlarının radyans dönüşüm katsayıları.

ASTER TIR Bantları	Katsayı (W/(m <sup>2</sup> *sr*um)/DN)
10	6.822 x 10 <sup>-3</sup>
11	6.780 x 10 <sup>-3</sup>
12	6.590 x 10 <sup>-3</sup>
13	5.693 x 10 <sup>-3</sup>
14	5.225 x 10 <sup>-3</sup>

Görüntü analizleri için uygun verinin hazırlanması amacıyla yapılan ön işlemler sonrasında gerçekleştirilen ultramafik kaya türlerinden peridotit kayalarını kapsayan en uygun algoritmanın belirlenmesi aşamasında, temel bilgiler bölümünde açıklanan ultramafik kayaların ve içerdikleri minerallerin spektral özellikleri değerlendirilmiştir

Görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi bölgesi için derlenen olivin, piroksen ve ultramafikler içerisinde sıklıkla gözlenen serpantin minerallerinin spektral eğrileri şekil 3.7’de verilmektedir. Peridotitlerin %40’tan fazla oranda olivin minerali içerdiği göz önüne alındığında olivin minerali için oluşturulacak algoritma büyük oranda bu kaya türlerini temsil edecektir. Olivin mineralinin spektral yansıma eğrisi ve ASTER bantları karşılaştırıldığında, kesişen noktalarından birleştirilen doğrusal yapı, bu mineralin kullanılan veri dahilinde nasıl elde edilebileceğine yardımcı olacaktır. Buna göre ASTER bant 3’te belirgin bir soğrulma özelliği görülmektedir. Şekil 3.7’deki diğer mineraller ile karşılaştırıldığında bu özelliğin ayırt edici özellik olduğu anlaşılmaktadır. Piroksen minerali için de benzer yapı gözlenmesine karşın komşu bantlar arasındaki soğrulma miktarındaki farklılık olivin mineralinin daha belirgin şekilde ayırt edilmesini sağlayacaktır. Bunun yanında piroksenlerin peridotit mineral bileşenlerinden olması bu kayaların daha keskin sınırlar ile ayrılmasına olumlu yönde etki edecektir.

## HAM ASTER TIR Verisinin Radyans Dönüşümü



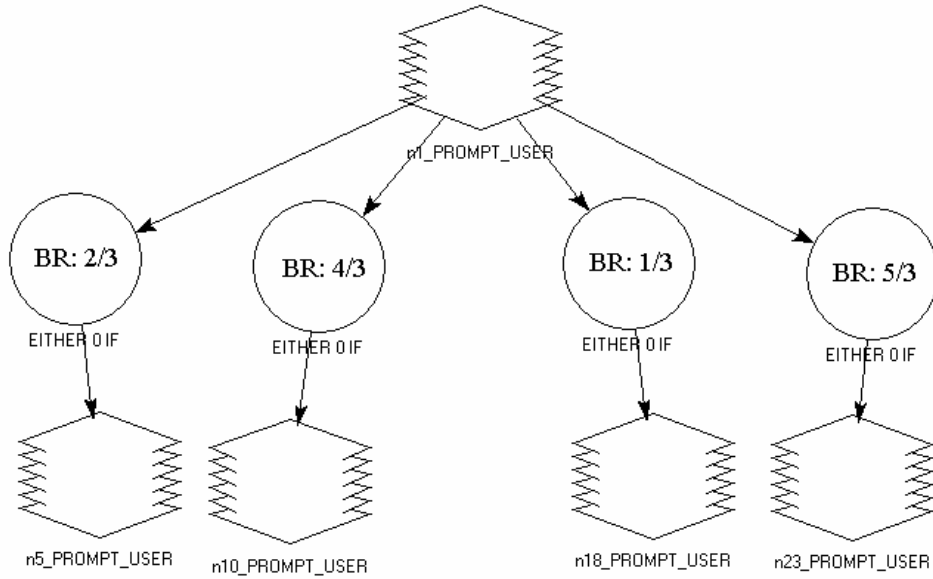
Şekil 4.9 : ASTER termal kızıl ötesi verilerinin radyans dönüşümü sırasında kullanılan ERDAS Modeler grafiksel şeması (EK 7).

### 4.2. Analizler

Bant oranlama tekniğinde temel noktanın soğurulmanın olduğu bant ile komşu bantlar arasında bir ilişki kurulması olduğu düşünüldüğünde, olivin minerali için bant 2 / bant 3, ya da bant 4 / bant 3 oranı bu alan için olivin minerallerince zengin olan kaya türlerini ortaya çıkartacaktır. Burada önemli olan diğer bir konu da, doğrusal yapı üzerinde seçilecek komşu bantlar arasındaki değişimin daha fazla olduğu yani, bu iki bant arasındaki yansıma ve soğurulma miktarlarının en fazla olduğu bantlar da etkin neticeler verecektir. Benzer şekilde olivin mineralinin doğrusal yapısı içinde aynı yönelime sahip komşu bantları da oranlama içerisine dahil edilebilir. Böyle bir

durumda geliştirilen bant oranlama ise bant 1 / bant 3 ya da bant 5 / bant 3 oranı şeklinde olacaktır. Bunlara ilave olarak, bozunma ürünü olarak ortaya çıkan serpantin mineralinin spektral eğrisi incelendiğinde, ASTER bant 7’de belirgin bir soğrulma, buna karşın bant 6’da yansıma özelliği görülmektedir (Şekil 3.7). Bu yansıma ve soğrulma özellikleri ile oluşturulan bant oranlama bant 6 / bant 7 şeklinde olacaktır. Yapılan tüm oranlama işlemleri için ERDAS Modeler’da oluşturulan algoritmalar kullanılmıştır (Şekil 4.10 ve 4.11) Geliştirilen algoritmalar neticesinde bant oranlama görüntüleri elde edilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır (Şekil 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16). Verilen bant oranlama görüntülerinde beyaz renkli alanlar analizi yapılan mineralin bulunma olasılığının fazla olduğu alanları temsil etmektedir.

VNIR-SWIR için oluşturulmuş Bant Oranlamaları



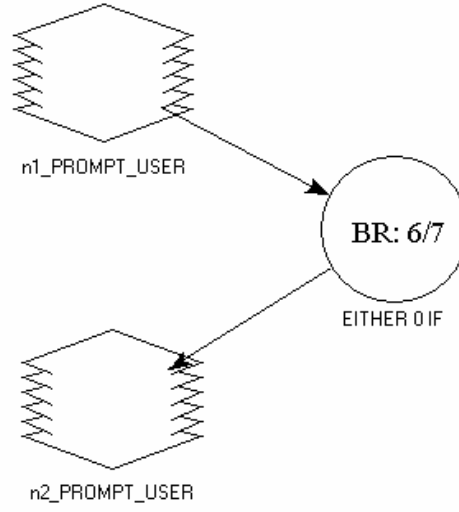
\$n1\_PROMPT\_USER= Maskelenmiş-Lpath Görüntü

\$n5\_PROMPT\_USER= 2/3 Bant Oranlama Görüntüsü    \$n18\_PROMPT\_USER= 1/3 Bant Oranlama Görüntüsü  
 \$n10\_PROMPT\_USER= 4/3 Bant Oranlama Görüntüsü    \$n23\_PROMPT\_USER= 5/3 Bant Oranlama Görüntüsü

Şekil 4.10: Olivin mineralinin ayırtılmasına yönelik ASTER VNIR-SWIR kullanarak geliştirilen bant oranlamalarının ERDAS Modeler grafiksel şeması (EK 8).

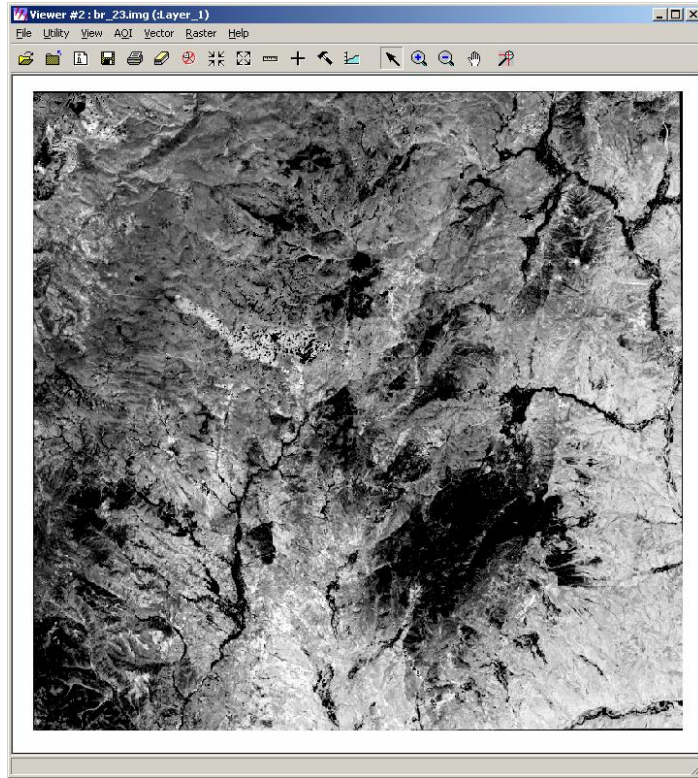


## SERPANTİN BANT ORANLAMASI

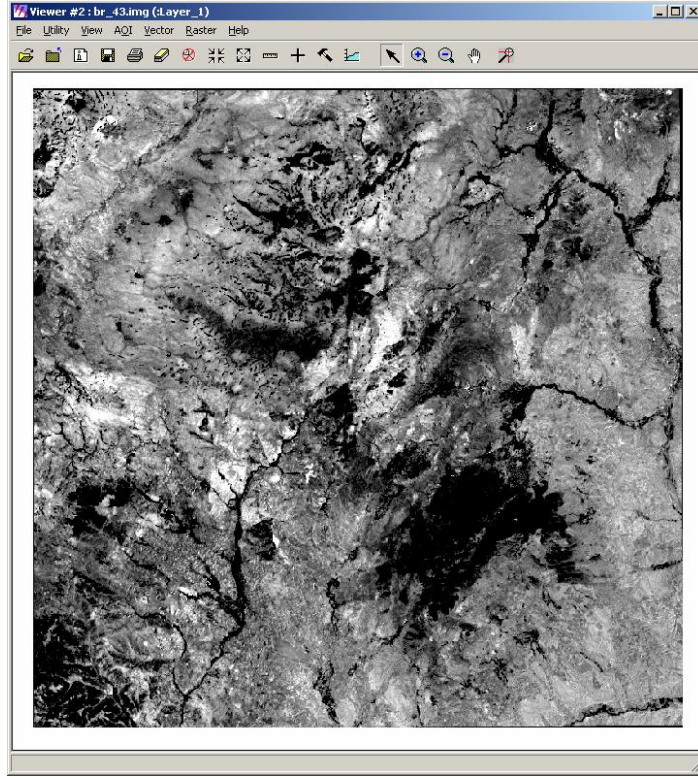


\$n1\_PROMPT\_USER: Maskelenmiş ASTER Verisi  
\$n2\_PROMPT\_USER: Bant Oranlama Görüntüsü

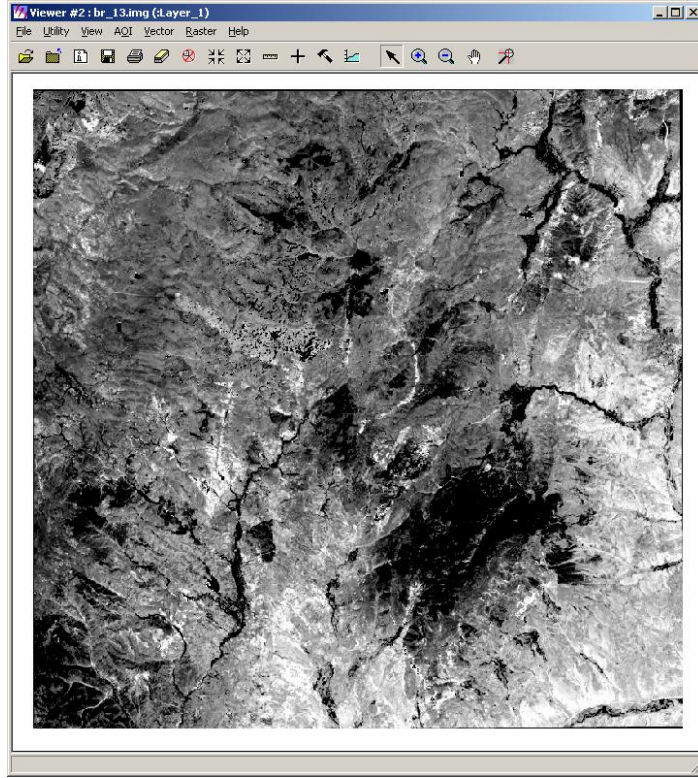
Şekil 4.11: Serpantin mineralinin ayrılmasına yönelik ASTER VNIR-SWIR kullanarak geliştirilen bant oranlamasının ERDAS Modeler grafiksel şeması (EK 9).



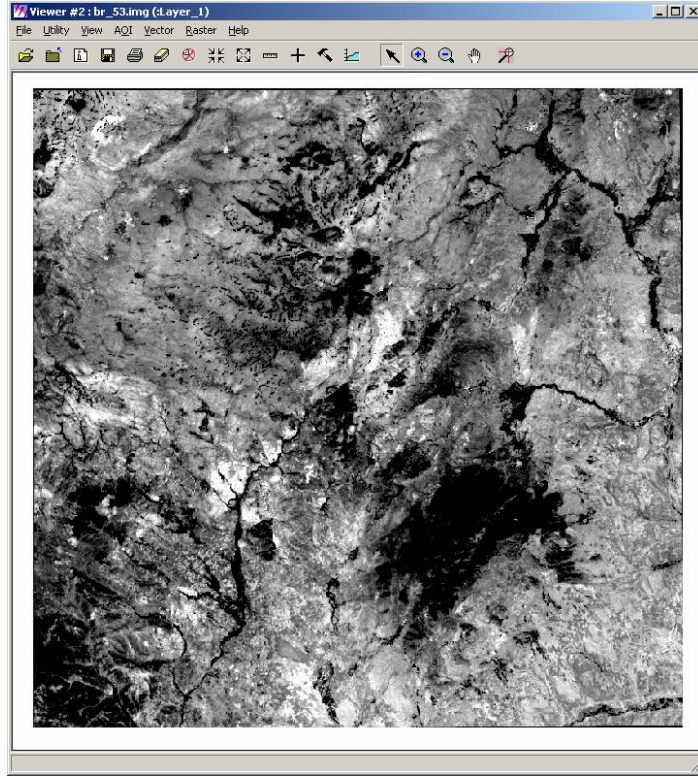
Şekil 4.12: 2/3 bant oranlama görüntüsü.



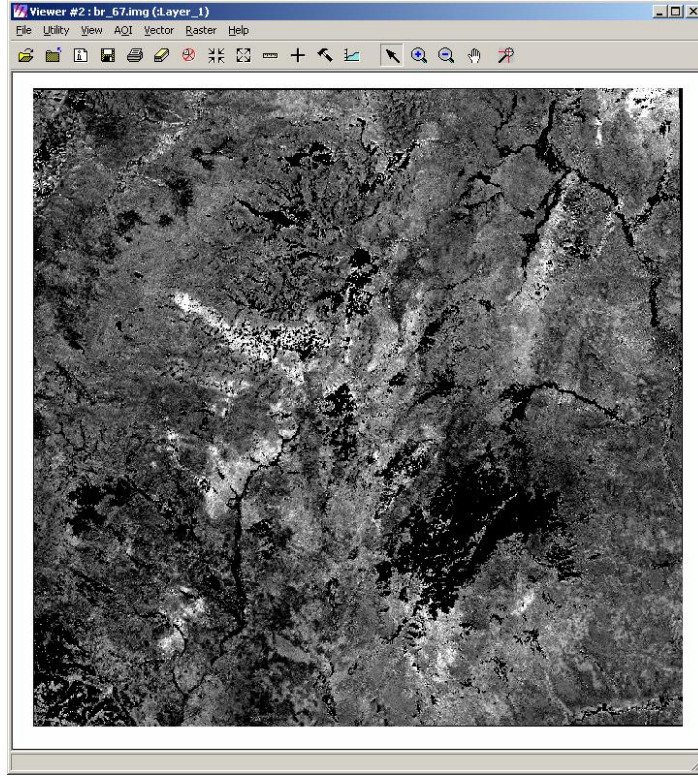
Şekil 4.13: 4/3 bant oranlama görüntüsü.



Şekil 4.14: 1/3 bant oranlama görüntüsü.



Şekil 4.15: 5/3 bant oranlama görüntüsü.



Şekil 4.16: 6/7 bant oranlama görüntüsü.

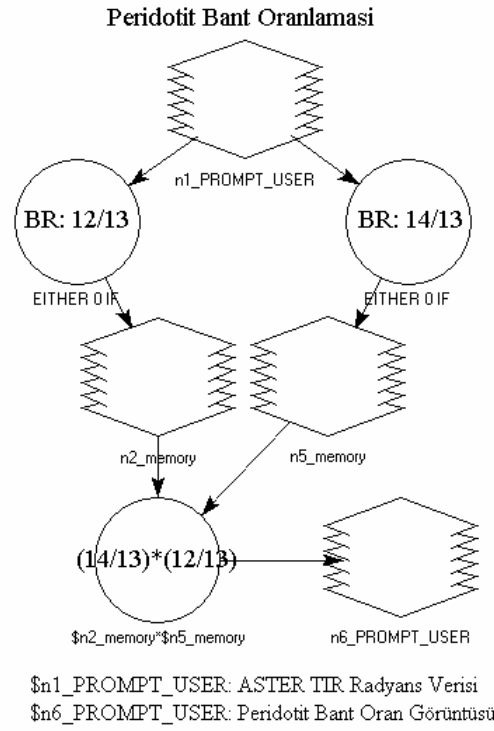
Peridotitlerin ve bunların bozunması sonucu ortaya çıkan serpantin minerallerinin termal yayılım özellikleri ile ilgili referans eğriler JPL spektral kütüphanesinden alınarak termal kızıl ötesi bölgesinin yayılım eğrisi ENVI yazılımında 8.0-14.0 mm. aralığı tanımlanarak görüntülenmiştir (Şekil 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.14).

Şekil 3.8, 3.9, 3.10, 3.11’de verilen termal yayılım eğrilerine göre; enstatit ve ojit gibi piroksen mineralleri ASTER bant 11 ve bant 12’de belirgin yayılım özelliği göstermektedir. Buna karşın olivin minerali ASTER bant 13’de yüksek yayılıma ve bant 11’de çok düşük yayılıma sahiptir. Bu özellikler piroksen ve olivin minerallerinin birbirinden ayırt etmek için kullanılacak spektral özelliklerdir. Olivin minerallerinin bozunma ürünü olan serpantin minerali ise olivin yayılım özelliklerine paralel nitelikler sunmakla birlikte ASTER bant 12’de olivine oranla daha fazla, bant 14’de ise daha düşük yayılım özelliğine sahiptir. Sahada bozunmamış ilksel özelliklerini koruyan olivin mineralleri çok kısıtlı yüzeylemeler vermektedir. Benzer spektral nitelikler sunan olivin mineralleri büyük oranda serpantin minerallerine dönüşmüş olmakla birlikte petrografik çalışmalar ile serpantinleşme derecesine bağlı olarak ilksel mineralojileri gözlenecektir. Bu kapsamda, olivin ve serpantin minerallerinin termal spektral özellikleri kullanılarak birbirinden ayırtlanması oldukça güçtür.

Mineralojik bileşimlerinin büyük kısmını olivin ve buna ilave olarak da piroksen minerallerinin oluşturduğu, silis bileşiminin çok düşük bir düzeyde olduğu dünit için şekil 3.12’de verilen termal spektral yayılım eğrisi incelendiğinde ASTER bant 13’de yüksek yayılım, bant 11, bant 12 ve bant 14’de düşük yayılım gözlenmektedir. Bu eğrideki bant 11 ve bant 14 düşük yayılımı, kuvars için sergilenen termal spektral özellikler (Şekil 3.14) ile benzerlik göstermektedir. Ancak her iki kaya türü ve mineralin termal spektral eğrilerindeki farklılık, ASTER bant 12 ve 13’de belirgindir. Bu ise kayalar içerisindeki silikat bileşiminden kaynaklanmaktadır (Ninomiya 2003). Termal spektral özellikler değerlendirildiğinde, silikat bileşiminin termal yayılım ile ilişkili olduğu ve felsikten mafik hatta ultramafiklere doğru azalarak değiştiği yapılan çalışmalarla belirlenmiş (Ninomiya, 2002; Hook ve diğ., 2005) olup şekil 3.13’de

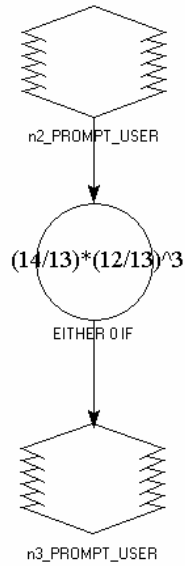
verilen kaya türleri için silikat içeriğine bağlı olarak ASTER 12. ve 13. bantlarında termal spektral eğrilerde belirgin bir değişim gözlenmektedir. Ultramafik kaya türleri içerisinde değişen oranlarda gözlenen olivin, piroksen ve hatta serpantin mineralleri bant 13 ve 14'de ise yüksek bir yayılım sergilemektedirler. Bu benzer çatı, bant 11 ve bant 12'de tamamen değişmekte olup, olivin ve serpantin için düşük yayılım özelliği gösteren bant 11 ve bant 12, piroksenler için çok daha yüksektir (Şekil 3.8, 3.9, 3.10, 3.11). Peridotitlerin ana minerallerini kapsayan bu tanımlamalar neticesinde olivin mineralinin yüksek yayılım sunan bant 13 ve komşu iki bant (bant 12 ve bant 14) kullanılarak oluşturulan oranlama  $(14/13) \cdot (12/13)$  şeklinde olacaktır. Bunun yanında, silikat bileşimi düşünülerek oluşturulan  $[14/13]/(13/12)^3$  oranlamasında, belirgin yayılım niteliği sunan bant 14 / bant 13 oranlaması, içereceği silikat bileşimlerinin en aza indirilmesine yönelik olarak silikat bileşimleri ve kuvars minerali için belirgin nitelik sunan bant 13 / bant 12 oranlamasına bölünmektedir. Bu oranlama formülü içerisinde yer alan üssel ifade; analiz sonucundan silikat bileşenlerini uzaklaştırmaya yönelik bölme işlemi ile etkinin artırılmasını amaçlamaktadır. Bu üssel bileşen büyüdükçe, sonuç görüntüdeki ana oranlamaya ait bileşenler daha belirgin olarak gözlenmektedir. Oranlamada kullanılan 3 üssel değeri yapılan değerlendirmelerde en iyi sonucu vermesinden dolayı seçilmiştir. 3'ten büyük değerlerde sonuç çok belirgin olarak değişmemektedir. Elde edilen bu oranlamalar ERDAS Modeller'da uygun şekilde yazılmıştır (Şekil 4.17, 4.18).

Peridotitlerin termal yayılım özellikleri yardımıyla ayırtılmasına yönelik yapılan bu oranlamalar ayrı ayrı uygulanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen görüntüler RSI ENVI yazılımında mozayiklenmiş daha sonra ise çalışma alanı pafta sınırlarına göre kesilerek tüm sahayı kapsayan ultramafik kaya türlerinin dağılımı ortaya çıkartılmıştır (Şekil 4.19 ve 4.20).



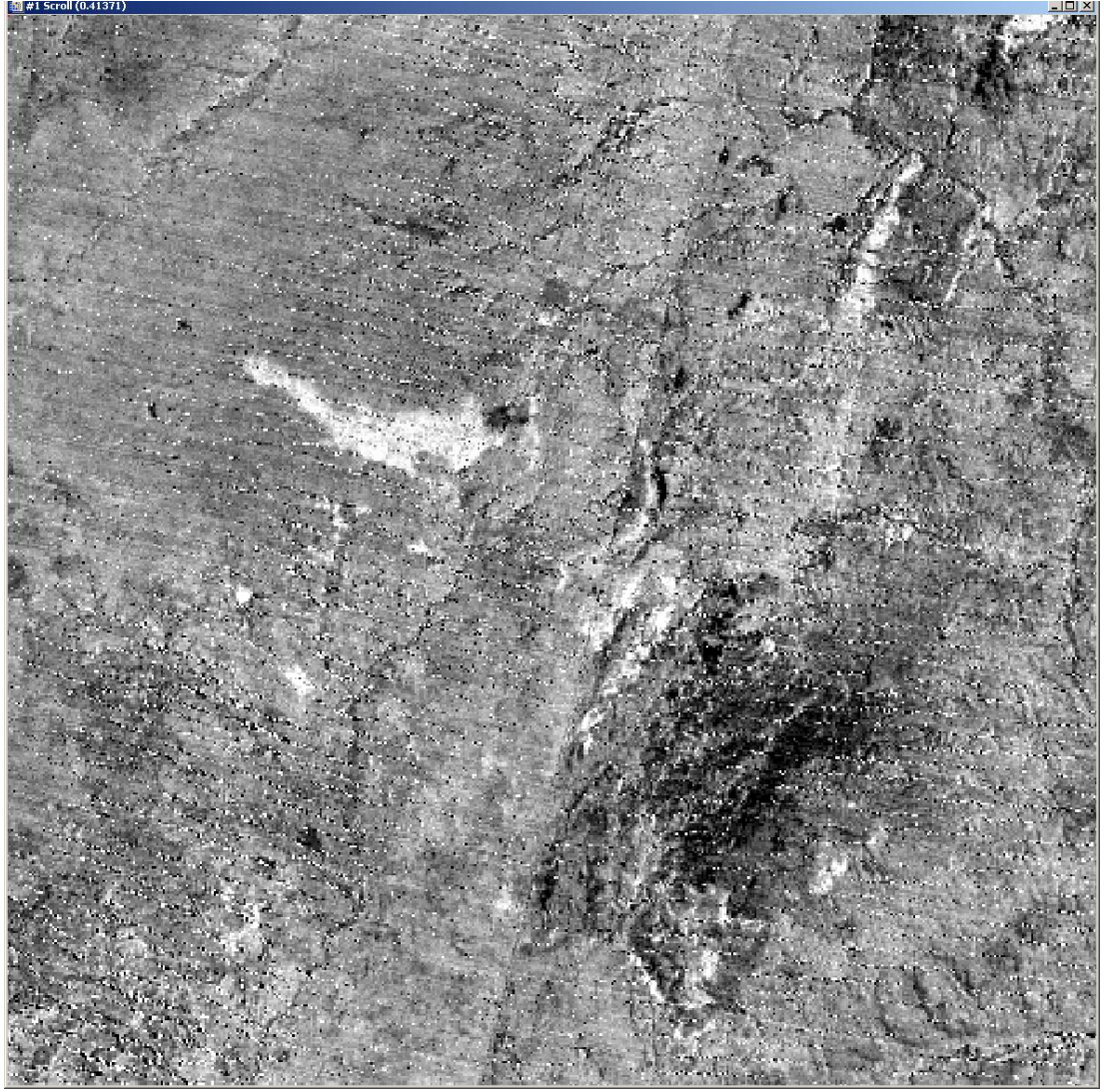
Şekil 4.17: Peridotitler için geliştirilen  $(14/13)*(12/13)$  termal spektral bant oranlamasının ERDAS Modeler'daki şematik gösterimi (EK 10).

**Peridotit Bant Oranlamasi**

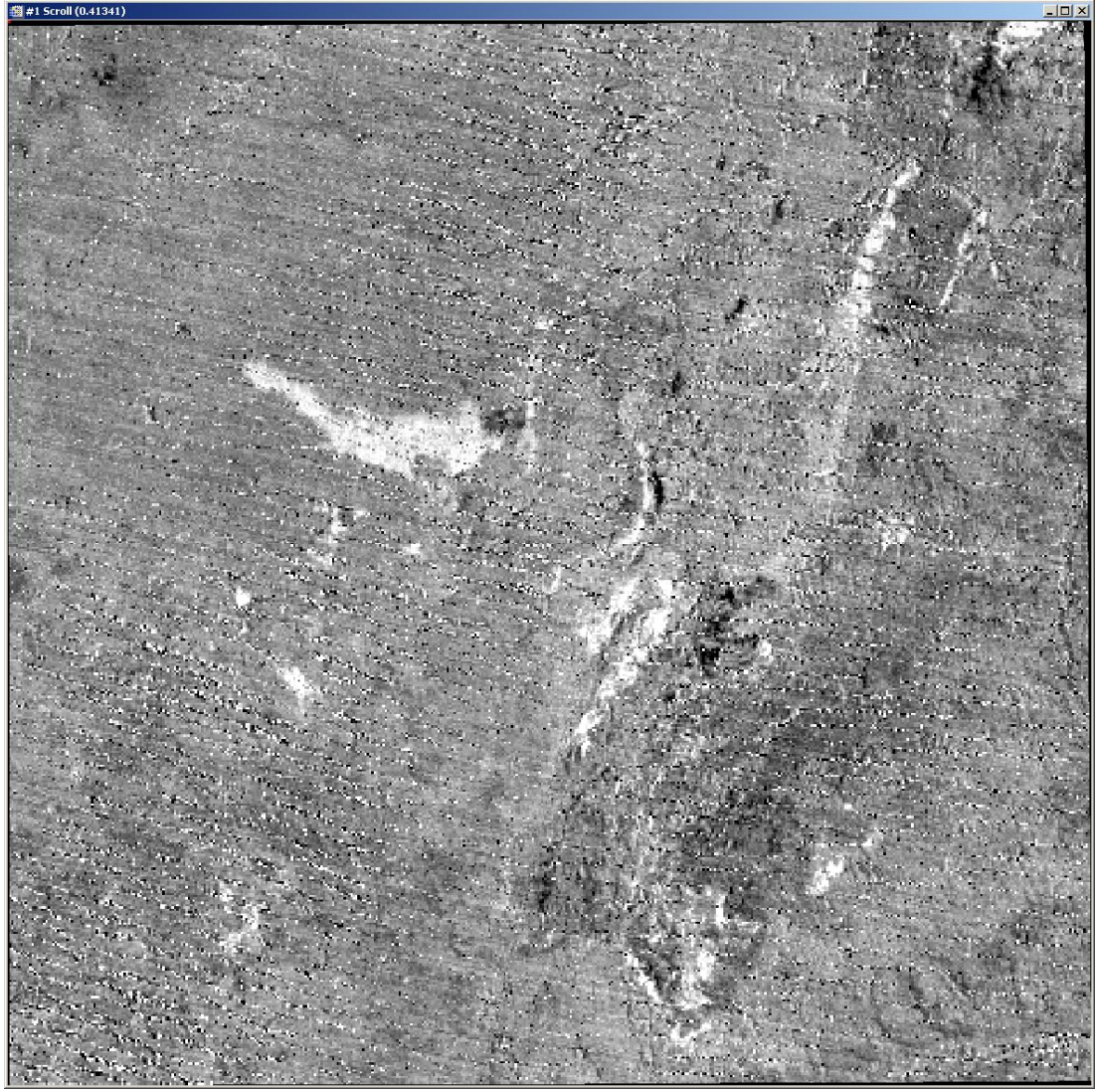


\$n2\_PROMPT\_USER: ASTER TIR Radyans Verisi  
\$n3\_PROMPT\_USER: Peridotit Bant Oran Görüntüsü

Şekil 4.18: Peridotitler için geliştirilen  $[14/13]/(13/12)^3$  termal spektral bant oranlamasının ERDAS Modeler'daki şematik gösterimi (EK 11).



Şekil 4.19: Peridotitlerin ayırtılmasına yönelik geliştirilen  $(14/13) \cdot (12/13)$  termal spektral bant oranlamalarının, çalışma alanını kapsayan kesiminin mozayiklenmiş görüntüsü. Gri tonlarındaki sonuç görüntüde parlak renkli alanlar yüksek olasılıktaki peridotitleri göstermektedir.

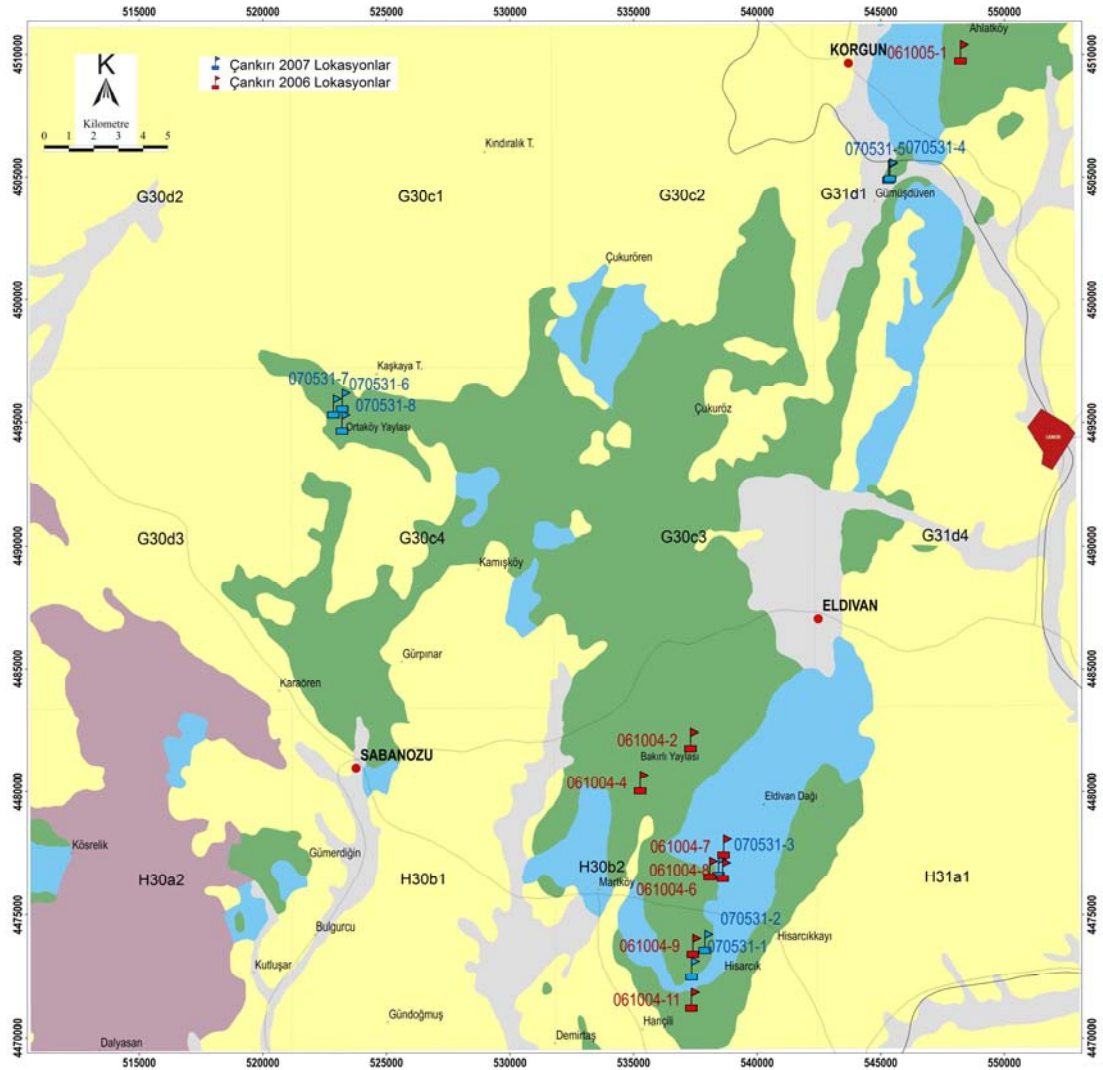


Şekil 4.20: Peridotitlerin ayırtılmasına yönelik geliştirilen  $[14/13]/(13/12)^3$  termal spektral bant oranlamalarının, çalışma alanını kapsayan kesiminin mozayiklenmiş görüntüleri. Gri tonlarındaki sonuç görüntüde parlak renkli alanlar yüksek olasılıktaki peridotitleri göstermektedir.



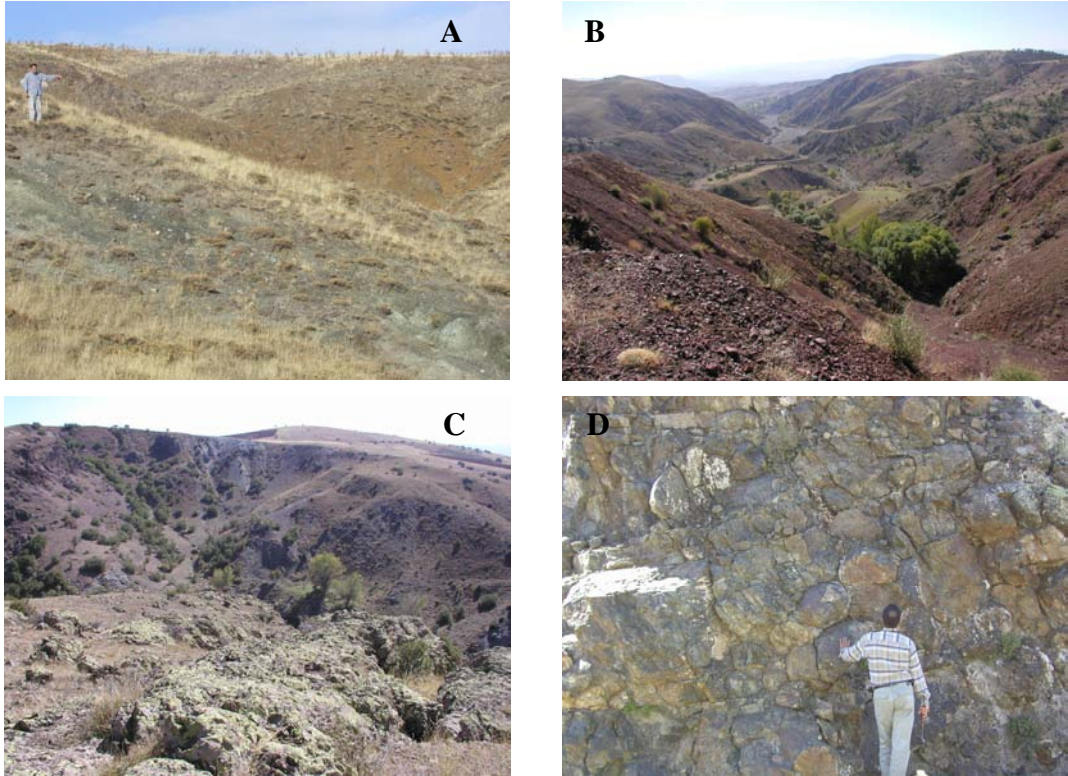
## 5. SAHA ÇALIŞMALARI

Yapılan görüntü analizlerinin saha gözlemleri ile denştirilmesi amacıyla 04 – 05/10/2006 ve 31/05/2007 tarihlerinde çalışma bölgesinde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasındaki gözlem noktalarının dağılımı şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1: Yer doğrulama çalışmaları sırasında gözlem yapılan lokasyonlar.

2006 yılında yapılan saha çalışmaları sırasında 16 lokasyonda gözlem yapılmış 28 adet örnek derlenmiştir. Bu kapsamda bölgenin genel jeolojik özellikleri ve özellikle de ofiyolitik kayaların alansal yayılımına yönelik arazi faaliyetleri yürütülmüştür (Şekil 5.2, 5.3, 5.4). Görüntü analizleri ile örtüşen alanlarda yüzeyleyen ultramafik kayalardan alınan örnekler içerisinde 7 tanesi için petrografik tanımlama istenmiştir (Tablo 5.1). Petrografik ve mineralojik tayinler neticesinde hemen hemen tüm örneklerin büyük oranda serpantinleştiği elek dokularının geliştiği görülmekte olup 061004-8 numaralı örnek içerisinde ortopiroksen kalıntılarına, 061004-11 numaralı örnekte ise ortopiroksen kalıntılarına ilave olarak olivin kalıntılarında da rastlanmıştır. Ayrıca, 061004-2 numaralı örnek olivin klinopiroksenit olarak tanımlanmıştır (Şekil 5.5 A).



Şekil 5.2: Ofiyolitik birimlere ait farklı kaya türlerinin çalışma sahasındaki yüzeylenmeleri. A) Eldivan Dağı güneyinde Hisarcık köyü civarında yüzeyleyen serpantinitler ve peridotitler, Korgun doğusunda Alanpınar civarında gözlenen B) radyolaritler, C) volkanikler ve serpantinitler, D) yastık lavlar.

Termal görüntü analizleri neticesinde anomali veren alanların, jeolojik haritada yer alan ofiyolitik kaya türleri ile karşılaştırılması amacıyla planlanan 2007 yılı arazi

çalışmaları sırasında 11 lokasyon belirlenmiştir. Belirlenen lokasyonlardan 8 lokasyonda gözlem yapılmış, toplam 26 adet örnek derlenmiştir (Şekil 5.6, 5.7, 5.8). Lokasyonları en iyi temsil eden 8 adet örnek için petrografik tanımlamalar istenmiştir. Yapılan petrografik-mineralojik tayinler neticesinde örneklerin büyük çoğunluğunda serpantinleşme yaygın olup elek dokuları gelişmiştir. Serpantinleşme oranının yüksek



Şekil 5.3: Eldivan Dağı'nın kuzeybatı kesiminin bitki örtüsü yoğunluğu.



Şekil 5.4: Eldivan Dağı'ndan kuzeybatıya uzanan çalışma alanının bitki örtüsündeki belirgin değişimi.

olmasına rağmen kalıntı mineraller tespit edilebilmiştir. Buna göre; 070531-1, 070531-6B, numaralı örneklerde yaygın olivin ve ortopiroksen mineralleri gözlenirken (Şekil 5.5 B, D), 070531-2, 070531-7B numaralı örneklerde olivin, ortopiroksen ve klinopiroksenler tanımlanabilir düzeydedir (Şekil 5.5 C). 070531-3 numaralı örnekte olivin veya klinopiroksen kalıntılarına rastlanamazken ortopiroksen kalıntıları yaygın olarak gözlenmektedir. Derlenen 8 adet örneğin petrografik kaya tanımlamaları içerisinde ağırlıklı olarak harzburjitler görülmekle birlikte 2 adet örnek lertzolit olarak adlandırılmıştır (Tablo 5.2, Şekil 5.5).

Tablo 5.1: 2006 yılı saha çalışmaları ile derlenen örnekler ve 7 tanesi için istenen petrografik kaya tanımlamaları.



Olivin-klinohiproksenit



Serpantin

Serpantin



Serpantin

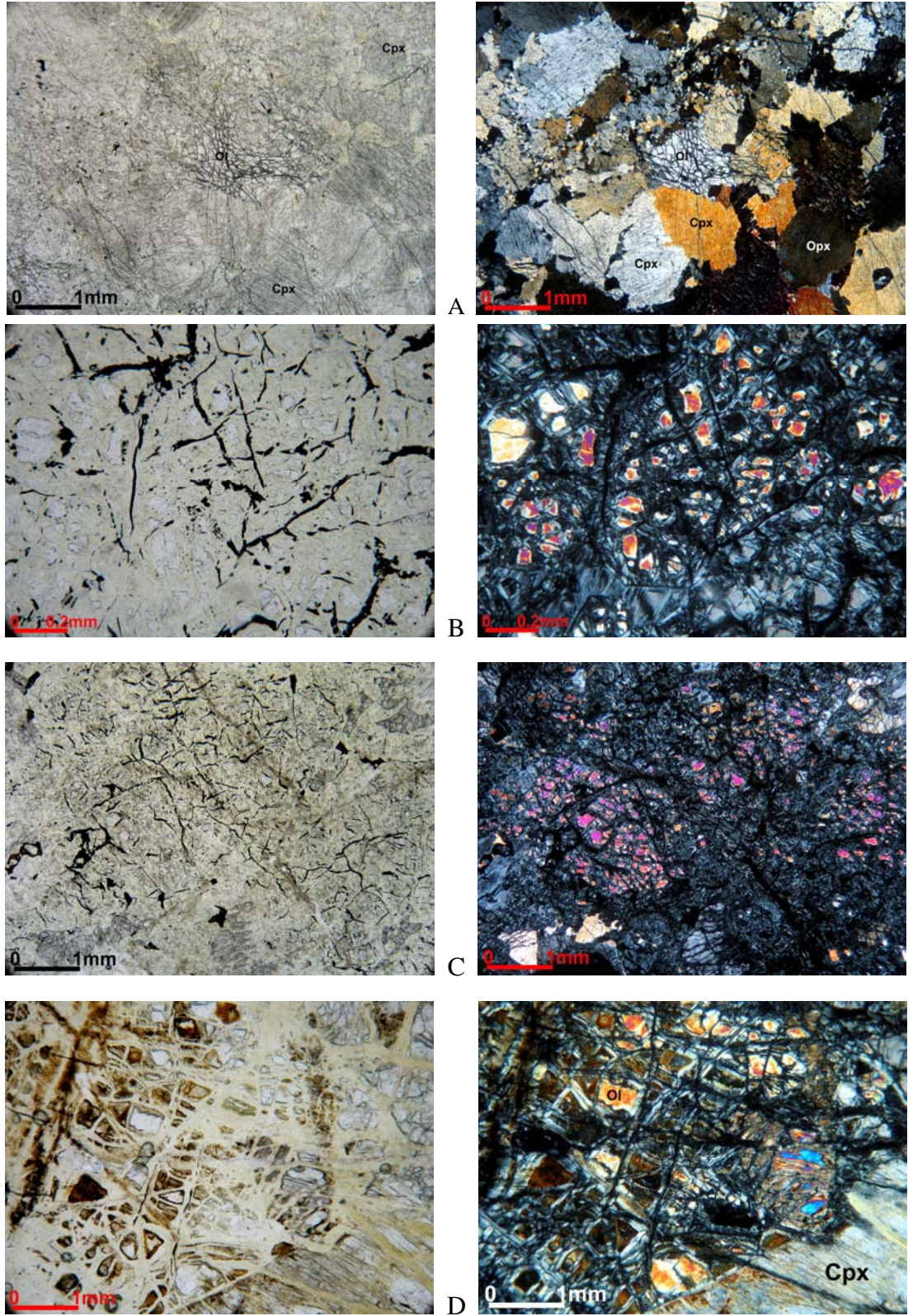
Serpantin

Serpantin (Harzburjite)



Trakit-trakibazalt





Şekil 5.5 :Saha çalışmalarında derlenen bazı örneklerin ince kesitlerinden elde edilmiş tek ve çift nikol görüntüleri. A) 061004-2, B) 070531-1 C) 070531-2 D) 070531-6



A



B

Şekil 5.6: A) 070531-2 numaralı lokasyonda yer alan lerzolit olarak tanımlanmış kaya türleri, B) 070531-3 numaralı lokasyonda gözlenen harzburjitler.



Şekil 5.7: Ahlatköy güneyinde yer alan görüntü analizlerinde anomali veren peridotit türü kayalar.



Şekil 5.8: Ortaköy yaylası ve civarında geniş bir alanda yüzeylenen peridotitlerin kuzeybatıya doğru görünümü.

Tablo 5.2: 2007 yılı saha çalışmaları ile derlenen örnekler ve petrografisi istenen 8 adet örneğe ait kaya adlamaları.



Serpantinit (Harzburjit)



Lerzolit



Serpantinit (Harzburjit)



Serpantinit



Piroklastik breş, lav breşi



Metadiyorit



Serpantinit (Harzburjit)



Serpantinit



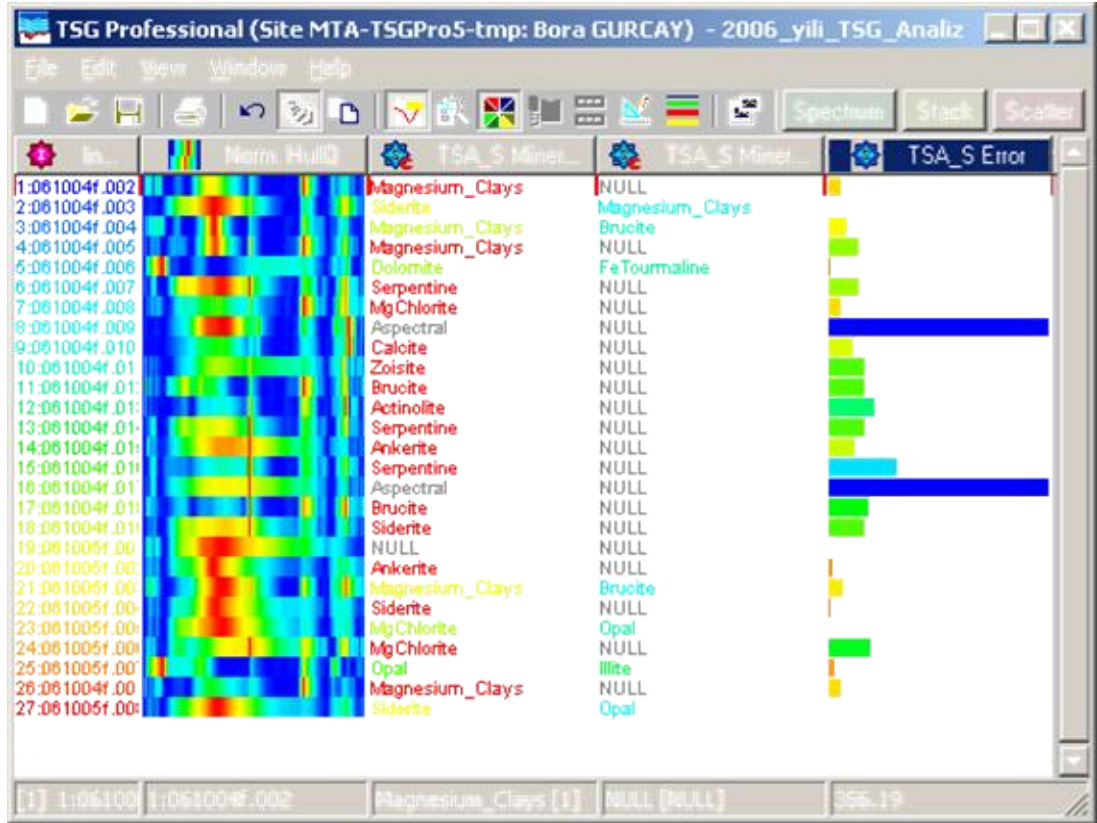
Serpantinit (Lerzolit)



Serpantinit

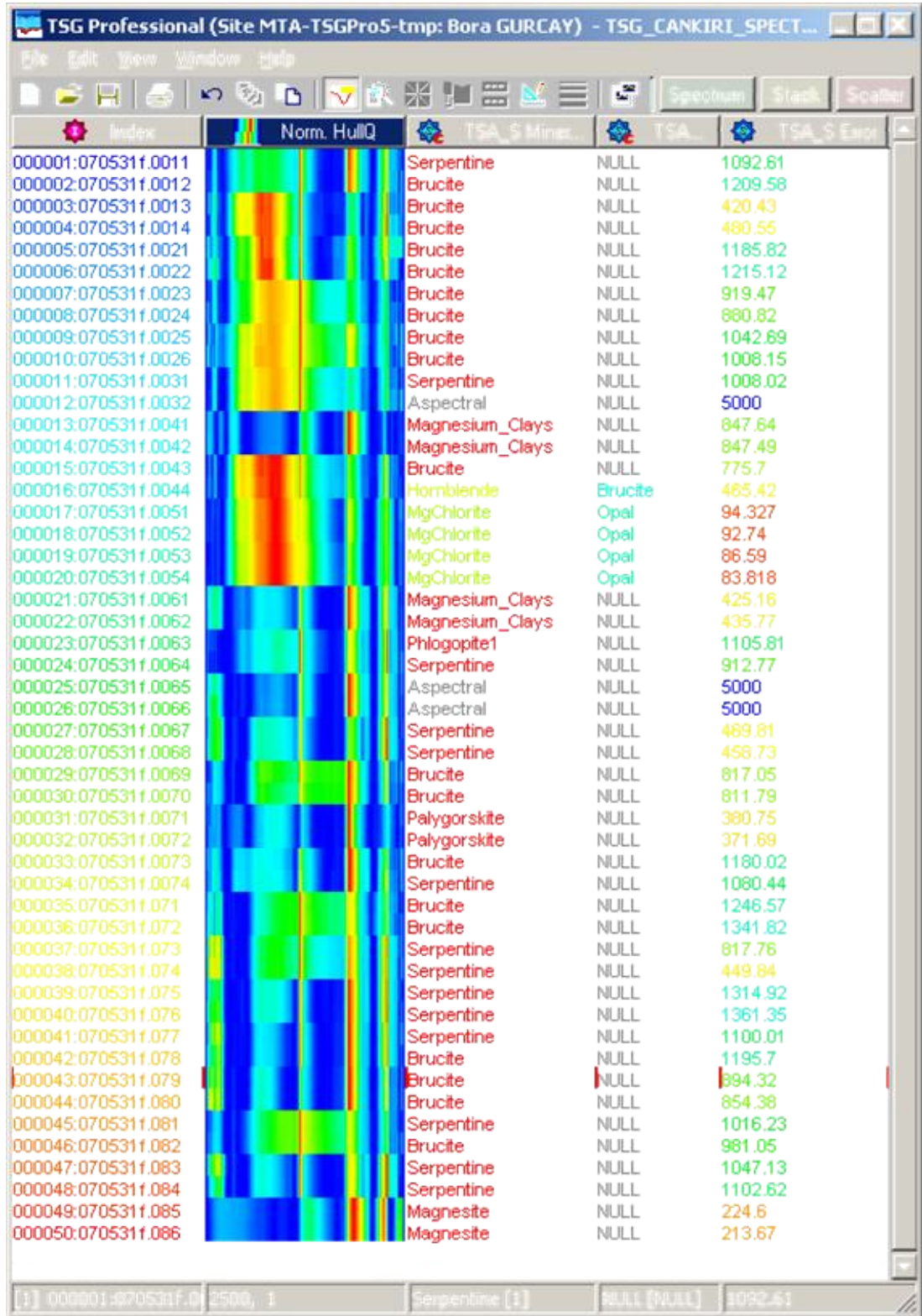
Saha çalışmaları sırasında derlenen örneklerin, MTA Genel Müdürlüğü Uzaktan Algılama Merkezi bünyesinde bulunan ASD Field SpecPro spektrometre cihazı ile spektral ölçümleri yapılmıştır. Yansıma ölçümleri her bir örnek için iki kez tekrarlanmış, ölçüm sırasında ortaya çıkan spektrometrenin farklı nitelikteki

sensörleri (VNIR-SWIR) arasındaki eklenti yerlerinin düzeltilmesi aşamasında AdjustASD yazılımı kullanılmıştır. Spektral değerlendirmeler TSG Spektral Geoloist yazılımında gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.9, 5.10). Elde edilen sonuçlara göre örneklerin spektral tanımlamalarında büyük oranda serpantin, brusit mineralleri görülmektedir.



Şekil 5.9: 2006 yılı saha örneklerinin TSG Spectral Geologist yazılımı kullanılarak elde edilen spektral analiz sonuçları.





Şekil 5.10: 2007 yılı saha örneklerinin TSG Spectral Geologist yazılımı kullanılarak elde edilen spektral analiz sonuçları.

## 6. GÖRÜNTÜ ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ASTER uydu verilerinin VNIR, SWIR ve TIR gibi farklı spektral aralıklara sahip bölümleri kullanılarak gerçekleştirilen peridotit tipi kaya türlerinin tanımlanmasına yönelik görüntü analizleri, saha gözlemleri ve petrografik sonuçlar birlikte değerlendirilmiştir.

### 6.1. VNIR-SWIR Analizleri

Çalışma alanını kapsayan ASTER uydu verilerinin 1/3, 2/3, 4/3, 5/3 ve 6/7 bant oranlamalarından elde edilen sonuçlar ile bölgenin jeoloji haritası karşılaştırıldığında ultramafik kaya türlerinin sınırlarının çoğu alanda belirgin olarak elde edilemediği, maskelenmiş alanlarda da sürekliliği olan ofiyolitik kayaların tespit edilemediği görülmektedir.

1/3 bant oranlamasında, en belirgin gözlenen alanlar Eldivan dağı'nın kuzeybatısında yer alan G30c3 paftası içerisinde Çukuröz ile Kamışköy arasında yay şeklinde gözlenen kesimdir. 1/3 oranlaması Şabanözü kuzeyinde G30c4 paftası içerisindeki Karaören-Gürpınar arasındaki geniş bir alanda, ayrıca Kamışköy kuzeyinde yer alan Ortaköy yaylasının doğu kesimlerinde anomali vermektedir. Bunlara karşın bu oranlama G31d4 ve H31a1 paftaları içerisindeki Eldivan-Çankırı arasında yer alan Tersiyer yaşlı kırıntılılar içerisinde de geniş bir anomali sunmaktadır.

2/3 oranlaması, çalışma alanı içerisinde H30b1 paftası ve H30b2 paftasının güneybatı kesimlerinde yoğun bir anomaliye sahip olmakla birlikte, Tersiyer birimleri içerisinde de gözlenmektedir.

Oluşturulan 4/3 ve 5/3 bant oranlamalarına ait anomaliler, G30d3, G30c2, G30c3 ve G30c4 paftaları içerisindeki Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayalar ve Tersiyer yaşlı kırıntılı birimlerinde gözlenmekle beraber, Gürpınar civarında ve Çukuröz güneybatısında ofiyolitik kayaları da kapsayan yaygın bir anomali vermektedir. Bunlara ilave olarak 5/3 oranlaması anomali alanları, 2/3 oranlamasına benzer şekilde Tersiyer birimlerini de içermektedir.

Görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi dalga boyu aralıklarını kapsayan bant oranlamalarından en iyi netice veren oranlama 6/7'dir. G30c4 paftası içerisinde yer alan Gürpınar çevresinde ofiyolitik kayaların sınırları ile benzerlik göstermektedir. Genel olarak saha içerisinde ofiyolitik kaya türleri ile örtüşen anomaliler Şabanözü güneyinde ve Kamışköy civarında Tersiyer birimleri içerisinde de gözlenmektedir. Anomali değerleri çok belirgin olmamakla birlikte, G31d1 paftası güneybatısında yani Çankırı-Korgun yolunun güneyinde yer alan kesimde kama şekilli ofiyolitik kayaları da ayırt edebilmektedir (Şekil 6.1).

Geliştirilen bant oranlamalar içerisinde gerek ofiyolitik kaya sınırları ile benzerlik sunan yayılımı ve gerekse ofiyolitik kaya türleri dışındaki diğer birimler içerisinde az oranda gösterdiği anomali özellikleri açısından 6/7 bant oranlaması, görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi dalga boyu aralıkları için ofiyolitik kayalarda genel dağılımı göstermesi açısından en uygun sonucu vermektedir.

Jeolojik amaçlı görüntü analiz çalışmalarında, analizlerde kullanılacak görüntülerin mümkün olduğunca birbirine yakın tarihlerde çekilmiş olması istenir. Ancak, tez çalışmasında kullanılan ASTER görüntülerinin tarihlerinde mevsimsel değişiklikler mevcuttur. Çalışma öncesinde, ASTER görüntü arşivinin incelenmesi sırasında çalışma alanına düşen ve bulutluluk oranı 0-1 arasında olan az sayıda görüntü belirlenebilmiştir. Tez çalışmasına konu olan birimler jeolojik süreç içerisinde kimyasal ya da fiziksel bazı değişikliklere maruz kalmakla birlikte kısa dönemsel değişiklikler yani mevsimsel değişimler neticesinde kaya türlerinin spektral özellikleri değişmemektedir. Mevsimsel değişimler, bölgede yer alan toprak ve kaya

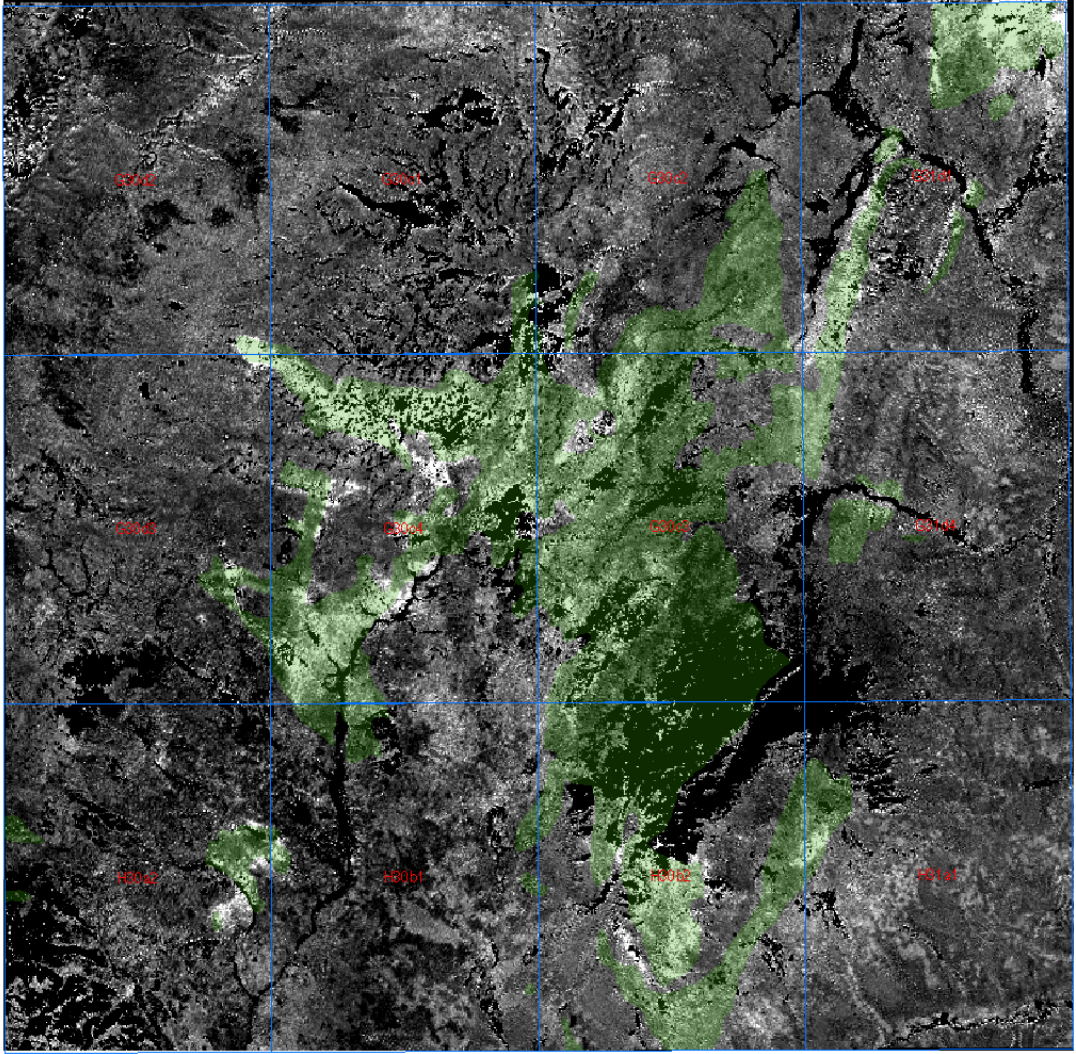
türlerinin bünyesinde var olan su miktarında, dolayısıyla da üzerlerinde gelişen bitki özelliklerini ve çeşitliliğini artırmakta ya da azaltmaktadır. Farklı mevsimlere ait kullanılan görüntülerden, Nisan 2004 tarihine ait olan AST3A1 0404100850300702020025 görüntüsü yağışların fazla olduğu bir dönemde çekilmiş olması nedeniyle belirgin bitki örtüsü artışı göstermektedir. Bu artan bitki örtüsü ise ön işlemler sırasında bitki örtüsü için kullanılan maskeleye alanında bir farklılık yaratabilmektedir. Bununla birlikte, 6/7 bant oranlaması haricindeki diğer tüm algoritma sonuçlarının istenmeyen kaya türlerini temsil etmesi nedeniyle elde edilecek sonuçlarda da çok fazla bir değişiklik ortaya çıkmayacaktır.

## 6.2. TIR Analizleri

Ultramafik kayaların özellikle de peridotitlerin termal yayılım özellikleri incelenerek oluşturulan  $(14/13) \cdot (12/13)$  ve silikat bileşimindeki değişimler göz önüne alınarak geliştirilen  $[14/13]/(13/12)^3$  bant oranlama sonuçları büyük oranda birbiri ile benzerlik göstermekle birlikte çalışma alanı içerisinde haritalanmış ofiyolitik kayalarla doğrudan karşılaştırılabilme imkanı sunmaktadır (Şekil 6.2).

Genel olarak beş farklı alanda belirgin sınırlar sunan anomaliler, G31d1 paftası içerisinde Gümüşdüven köyü güneyinde gözlenen kama şekilli iki yüzeylenmeyi, G30c4 paftasında Ortaköy Yaylası civarındaki tekne şekilli ultramafikleri, G30c3 paftası içerisinde Eldivan-Şabanözü yolu kuzeybatısındaki ve Çukuröz güneyindeki kama şeklindeki yüzeylenmeleri, H30b2 paftasının Eldivan Dağı güney yamacında Martköy ve Hisarcık civarındaki ultramafikleri, H30a2 paftası içerisindeki Gümerdiğin köyü güneyindeki küçük ultramafik yüzeylenmeyi dahi belirgin şekilde tanımlayabilmektedir.

Geliştirilen bu oranlama görüntüleri, ofiyolitik kayalar olarak haritalanmış alanlara düşmekte ve bunlar içerisinde daha dar alanları temsil eden anomaliler şeklinde gözlenmektedir. Olivin ve piroksen minerallerinin termal yayılım özellikleri kullanılarak geliştirilen bu oranlamalar, ultramafik kaya türlerini özellikle de



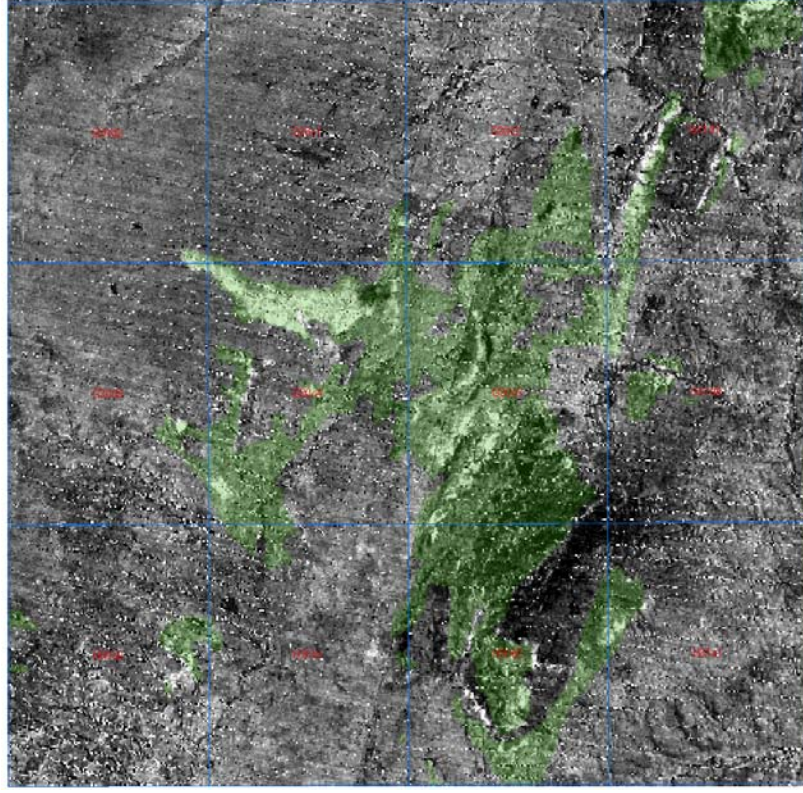
Şekil 6.1: 6/7 bant oranlaması görüntüsünün ofiyolitik kayalar ile karşılaştırılması. Yeşil alanlar, çalışma alanı içerisindeki ofiyolitik kayaların MTA Genel Müdürlüğü'nün ürettiği 1/100.000 ölçekli jeolojik haritasındaki dağılımıdır.

peridotitleri tanımlamaktadır. Bahsedilen beş anomali alanının tümü örneklenmemiş olsa da, derlenen kısıtlı sayıdaki örneğin spektroskopik ve petrografik analizleri (Tablo 5.1, 5.2, Şekil 5.5, 5.9, 5.10) bu yargıyı desteklemektedir. Anomali veren alanlarda yapılan gözlemler ve derlenen örneklerde, ofiyolitik kayalar içerisindeki ultramafikler haricindeki kaya türlerine rastlanmamıştır. Bununla birlikte, ofiyolitik kayaların sınırları dışındaki yakın kesimlerde gözlenen bazı anomali alanlarının da ultramafiklere ait olduğu, saha gözlemleri ile (070531-3 numaralı gözlem) anlaşılmıştır (Şekil 5.6 B).

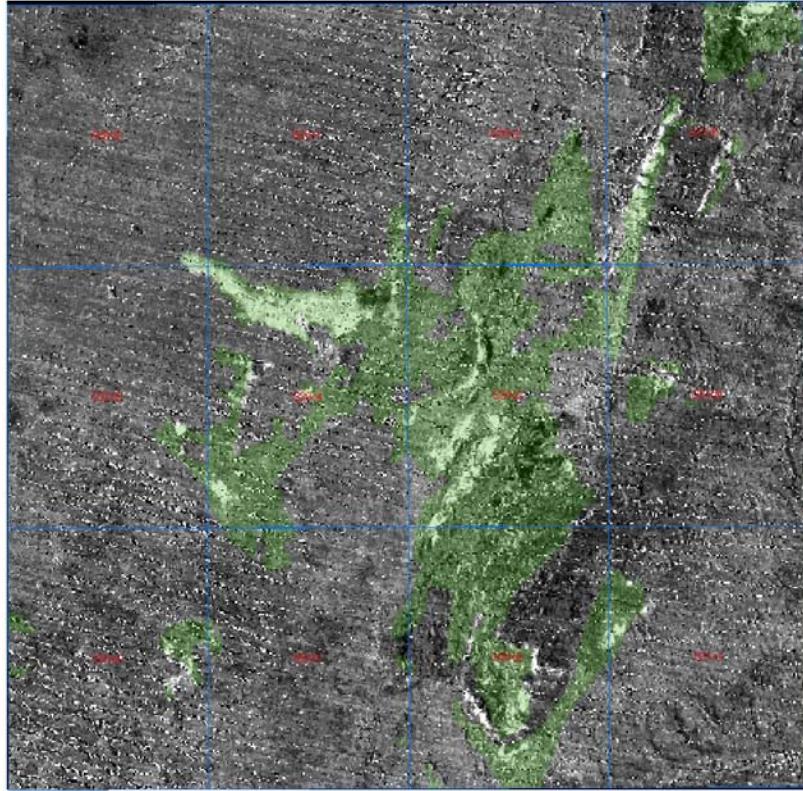
Her iki termal bant oranlama görüntüsü de topoğrafik etki açısından farklılıklar gösterebilir dahi kaya türü ayrımı açısından benzer sonuçlar vermektedirler (Şekil 4.19 ve 4.20). Şekil 4.19’da verilen termal oranlama görüntüsü içerisinde drenaj sistemi belirgin olarak gözlenmekte iken, Şekil 4.20’deki oranlama görüntüsünde drenaj sistemi ile ilgili bilgiler yok edilmiş sadece anomali bilgisi ön plana çıkmıştır. Bu ise termal özellikler kullanılarak elde edilen sonuçlarda topoğrafya etkisinin olmayacağı sonucunu ortaya koymaktadır.

Özet olarak görünür-yakın kızıl ötesi dalga boyu kullanılarak oluşturulan bant oranlamalarının sonuçları, hedef kaya türlerinin bir kesimini içeriyor olsa da, Tersiyer yaşlı kırıntılılar ya da Mesozoyik yaşlı karbonatlar gibi istenmeyen özelliklerdeki kaya türlerini de içerebilmektedir. Bu durum, hedef kaya türleri ve diğer kaya türlerinin spektral yansıma eğrileri ile, geliştirilen oranlamalarda kullanılan bantların benzerlik göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Termal kızıl ötesi dalga boyu kullanılarak peridotitleri ayırtlamaya yönelik geliştirilmiş algoritmaların her ikisi de ofiyolitik kayalar içerisinde daha dar alanları, görünür-yakın kızıl ötesi dalga boyu ile oluşturulan oranlama görüntülerine göre çok daha belirgin bir şekilde tanımlamaktadır (EK-12). Buna ilave olarak, görünür-yakın kızıl ötesi dalga boyu ile oluşturulan oranlama görüntülerinde uygulanması gerekli olan maskeleme işlemi neticesinde hedef saha olabilecek kesimler de kaybolabilmektedir. Bunun yanında, Eldivan Dağı’nın kuzeybatı kesimlerinde gözlenen anomaliler karşılaştırıldığında, termal kızıl ötesi ile oluşturulan algoritma sonuçlarının maskeleme yapılamaksızın bitki örtüsünün çok sık olmadığı alanlarda da iyi sonuç verdiği görülmektedir.



A



B

Şekil 6.2: Peridotitler için oluşturulmuş bant oranlama anomalilerinin ofiyolitik kayalar ile karşılaştırılması. A.  $(14/13)*(12/13)$ , B.  $[14/13]/(13/12)^3$ .

## 7. SONUÇLAR

1. ASTER görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi bantlar ile geliştirilen 1/3, 2/3, 4/3, 5/3 ve 6/7 oranlamalardan elde edilen sonuçlar, bölgenin basitleştirilmiş jeoloji haritası ile karşılaştırıldığında ultramafik kaya türlerinin sınırlarının çoğu alanda belirgin olarak elde edilemediği, buna karşın doğruya en yakın sonucun 6/7 bant oranlaması ile elde edildiği belirlenmiştir.
2. Oluşturulan  $(14/13) \cdot (12/13)$  ve  $[14/13]/(13/12)^3$  bant oranlama sonuçları büyük oranda birbiri ile benzerlik göstermekte olup, çalışma alanı içerisinde haritalanmış ofiyolitik kayalarla doğrudan karşılaştırılabilmektedir. Termal bant oranlama sonuçlarının, ofiyolitik kayalar olarak haritalanmış alanlara düşmesinin yanında, bu sınırlar içerisinde daha dar alanlarda verdikleri anomalilerin, ofiyolitik kayalar içerisindeki olivince zengin kayaları (peridotitler) temsil ettiği anlaşılmıştır.
3. Ofiyolitik kaya türleri içerisinde yer alan ve içinde kromit cevherleşmelerini barındıran olivince zengin peridotit tipi kayaların dağılımının belirgin şekilde belirlenebilmesi, cevherleşmeye yönelik hedef alanlara ulaşılmasını kolaylaştıracağı düşünülmektedir.
4. Geliştirilmiş algoritmalarda, alansal çözünürlüğü görünür-yansıma kızıl ötesine göre çok daha büyük olmasına rağmen ASTER TIR bantlarda, görünür-yakın kızıl ötesi bantlara oranla doğruya çok daha yakın sonuçlar elde edilmiştir.
5. Görünür-yakın kızıl ötesi dalga boyu ile oluşturulan oranlama görüntülerinde uygulanması gerekli olan maskeleme işlemi neticesinde hedef saha olabilecek kesimler de kaybolmaktadır. Ancak, termal kızıl ötesi ile oluşturulan algoritma sonuçlarının maskeleme yapılamaksızın bitki örtüsünün çok sık olmadığı alanlarda da iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.



6. Termal veriler ile geliştirilen her iki algoritmanın sonuçları benzer olsa da,  $[14/13]/(13/12)^3$  oranlaması ile elde edilen görüntü içerisinde drenaj sistemi ile ilgili bilgilerin yok edilmiş olduğu, sadece anomali bilgisini ön plana çıktığı görülmüştür. Her iki sonuç görüntü karşılaştırıldığında, termal özellikler ile elde edilen bilgilerde topoğrafya etkisinin olmayacağı sonucuna varılmıştır.
7. Analizler neticesinde anomali veren alanlarda yapılan gözlemler ve derlenen örneklerde ofiyolitik kayalar içerisindeki ultramafikler haricindeki spilit, bazalt, diyabaz, gabro, çörtler, pelajik sedimanlar gibi diğer kaya türlerine rastlanmamıştır. Bunun yanında, ofiyolitik kayaların sınırları dışında, yakın kesimlerde gözlenen bazı anomali alanlarının da ultramafiklere ait olduğu tespit edilmiştir.
8. Pasif uzaktan algılamanın jeolojik amaçlı uygulamaları genellikle görünür-yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi özellikler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Çalışma bu yönüyle düşünüldüğünde, kayatürleri arasındaki farklılıkların ASTER termal kızıl ötesi verisi yardımıyla daha belirgin şekilde ortaya çıkartılabildiği görülmüştür.
9. Araştırılan olivin ve piroksen minerallerindeki VNIR-SWIR spektral özelliklerindeki benzerlikler nedeni ile etkin algoritmaların elde edilemeyeceği, buna karşın minerallerin termal spektral özelliklerindeki belirgin farklılıkların analiz sonuçlarını doğrudan etkileyebileceği görülmüştür.
10. VNIR-SWIR analizlerinin aksine TIR analizleri ile elde edilen sonuçlardaki belirgin farklılık göz önüne alındığında, TIR verilerindeki mevsimsel farklılıkların önem taşımadığı görülmüştür.

## 8. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Gerçekleştirilen görüntü analizleri ve bunların saha çalışmaları ile doğrulanması sırasında elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, tez çalışmasının amacını oluşturan ofiyolitik kayaların diğer kayatürlerinden ayırtlanması ASTER uydu verilerinin VNIR-SWIR bileşeni ile oldukça zor olmasına karşın TIR bileşeni ile belirgin olarak tanımlanabilmektedir. Saha çalışmaları sırasında gözlemlenen kaya türlerinin büyük oranda serpantinleşmiş olduğu, bunun yanında kalıntı mineraller içerdiği ve bunların da olivin, piroksen mineralleri olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada belirgin olarak dünitlere rastlanamamakla birlikte, harzburjit, lertzolit gibi diğer olivince zengin kaya türleri belirlenebilmiştir. Mineralojik-petrografik tanımlamalarda, belirlenen bu kaya türlerinin petrografik amaçlı hazırlanan ince kesitlerinde serpantinleşme derecesinin yüksek olmasına rağmen, piroksen ve olivin kalıntıları kaya türü adlanmasını kolaylaştırmıştır. Buna karşın dünitler harzburjit ve lertzolitlere oranla çok daha düşük miktarda piroksen içermekte iken daha fazla miktarda olivin içermektedirler. Bu değişen mineraloji, serpantinleşme süreçleri sırasında olivinlerin çok daha kolay bozulmalarına olanak vermekte olup ince kesitlerde yoğun serpantinleşmiş mineraller şeklinde gözlenmektedir. Bu nedenle dünitlerin petrografik tanımlamaları genellikle serpantinintler ile benzerlik sunmaktadır. Çalışma alanı içerisinde detaylı olarak haritalanmış ofiyolitik kaya türleri olmadığından, çalışma ofiyolitik kaya türleri içerisindeki peridotitlerin sınırlarının belirlenmesine olanak sağlamıştır. Ancak, jeolojik haritalarda sınırları belirlenmiş ofiyolitlerin olduğu diğer sahalarda, peridotit olarak sınırlandırılmış bölgelerin içerisindeki görüntü analiz sonuçları, bu alanlardaki olivin içeriğinin yüksek olduğu kesimleri niteleyecektir. Geliştirilen algoritmaların, Orta(Toros) ve Güney Ofiyolit Kuşakları'nda uygulamaları denetlenmelidir.

Görüntü analizlerinin uygulanması öncesindeki veri hazırlama sürecinde akış şeması içerisinde yer alan mozayikleme işlemi, kullanılan spektral verilerde uygulanacak

işlemler ile değişikliğe uğraması ve ilksel spektral verinin kaybolması nedeni ile çoğu çalışmalarda görüntü analizleri sonrasında elde edilen sonuçların mozayiklenmesi şeklinde yapılmaktadır. Tez çalışmasında bu işlemin analizlerden önce yapılması, VNIR-SWIR analiz sonuçlarının, araştırılan piroksen ve olivin minerallerindeki spektral özelliklerinin benzer olmaları nedeniyle doğrudan etkileyebilecek bir işlem değildir.

Çalışma, çok bantlı uydu verisi olan 14 bantlı ASTER verileri ile gerçekleştirilmiştir. Gelişen teknoloji ile 200 ve üzerinde bant sayısında sahip yeni veriler ile bahsi geçen kaya türlerinin daha detaylı şekilde ayırt edilmesi mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR

Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağer, Z., Soysal, Y., ve Sunu, O., “Eldivan-Şabanözü (Çankırı) dolayında ofiyolit yerleşmesine ilişkin bulgular”, *Jeoloji Mühendisliği*, Eylül, 9, 5-12, (1979).

Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağer, Z., Soysal, Y., ve Sunu, O., “Eldivan-Şabanözü (Çankırı) Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) Dolayının Jeolojisi”, *MTA Raporu*, No: 6741, (1980).

Akyürek, B., “Ankara Melanji’nin Kuzey Bölümünün Temel Jeoloji Özellikleri”, *İç Anadolu’nun Jeolojisi Sempozyumu*, TJK Vol.35, 41-45 (1981).

Akyürek, B., Bilginer, Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., E., Dağer, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. Ve Hakyemez, Y., “Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının Jeolojisi”, *MTA Raporu*, No: 7298, (1982).

Akyürek, B., Akbaş, B., ve Dağer, Z., “1:100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Çankırı E16 Paftası”, *Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi*, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (1988).

Bailey, E. B. and McCallien, W. J., “The Ankara Melange and The Anatolian Thrust”, *Nature*, Vol.166, 938-960, (1950).

Berk, A., Bernstein, L. S., and Robertson, D. C., “MODTRAN: A Moderate Resolution Model for LOWTRAN 7” *AFGL-TR-89-0122, Bedford, MA7 Air Force Geophysics Laboratory*, (1989).

Boccaletti, M., Bortoletti, V., Sagri, M., ”Ricerche sulle ofioliti della Catena Alpina. 1. Osservazioni sull, Ankara Melange nella zona di Ankara”, *Boll, Soc. Geol., Lt.*, Vol.85, 485-508, (1966).

Brown G. C. and Musset, A. E., “The Inaccessible Earth” *George Allen and Unwin Ltd.*, London, (1981).

Chabrillat, S., Pinet, P.C., Ceuleneer, G., Johnson, P.E., Mustard, J.F., “Ronda Peridotite Massif: Methodology For Its Geological Mapping and Lithological Discrimination From Airborn Hyperspectral Data” *Int., J. of Remote Sensing*, Vol.21, No:12, 2363-2383, (2000).

Chávez, E. A. M. L. Sevilla y E. Hidalgo, “Estudio hidrográfico de dos lagunas costeras de Oaxaca” *In: Mem. V. Congr. Nac*, Ocean (México): Manrique, F. A. (Ed), 201-232, (1977).

Chellaiah, S., “Mapping of Ultramafic and Associated Lithological Units Using Satellite Data”, *Map Asia Conference*, Emerging Application, 5, (2003)

Crane, R. B., “Preprocessing Techniques to Reduce Atmospheric and Sensor Variability in Multispectral Scanner Data” *Proceedings of the 7th Int. Symposium on Remote Sensing of Environment*. Ann Arbor, Michigan, 1345, (1971).

Crippen, R. E., “The Regression Intersection Method of Adjusting Image Data for Band Ratioing”, *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 8, No.2, 137-155, (1987).

De Carvalho, O. A. Jr., Guimaraes, R. F., De Carvalho, A. P. F., De Souza Martins, E., “Spectral Mixture Analysis of ASTER Image to Geobotanical Investigation Between Ultramafic and Mafic Rocks from Niquelandia, Brazil”, *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Proceedings of the IEEE, Vol.1, 250-253, (2004).

Dilek, Y. ve Thy, P., “Age and petrogenesis of plagiogranite intrusions in the Ankara mélangé, central Turkey”, *Island Arc*, 15 (1), 44–57, (2006).

Ditchburn, R.W., “Light”, *Blackie & Sons*, 2<sup>nd</sup> Ed., London, 582–585, (1963).

Engin, T., Özkocak, O and Artan, U., “General geological setting and character of chromite deposits in Turkey”, *Petrasccheck*, IGCP Project No. 197, W., Karamata, S., Kravchenko, G. G., Johan, Z., Economou, M., Engin., eds., T. Fac. Min. and Geol., Belgrade, Yugoslavia, 199-228, (1986).

Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothorn, S., Hook, S., & Kahle, A., “Temperature and Emissivity Separation Algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer (ASTER) Images”, *Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 36, 1113– 1126, (1998).

Goetz, A. H. F., Rowan, L. C. and Kingston, M. J., “Mineral Identification from Orbit: Initial results from the Shuttle Multispectral Infrared Radiometer” *Science*, Vol.218, 1020-2024, (1982).

Gökalp, F. G., “Yapraklı (Çankırı)-İskilip (Çorum) Ofiyoliti Eldivan Dağı Bölümünün Petrolojisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeoloji Müh. Böl., Ankara, 107, (1999).

Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, İ., Şengör, A. M. C., “Paleotectonic Evolution of the Tuzgölü Basin Complex, Central Turkey: Sedimentary Record of a Neo-Tethyan Closure”, The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (Ed. by Dixon, J. E. & Robertson, A. H. F.), *Geol. Soc. London Spec. Paper*, Vol.17, 467-482, (1984).

Hakyemez, Y. Barkurt, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağcı, Z., Sözeri, B., “Yapraklı-Ilgaz-Çankırı-Çandır Dolayının Jeolojisi”, *MTA Raporu*, No: 7966, (1986).

Harte, B., “Mantle Peridotites and Processes–The Kimberlite Sample” *In Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, C. J., Hawkesworth & M. J. Norry, (eds), Nantwich: Shiva, 46-91, (1983).

Hook, S. J., Dmochowski, J. E., Howard, K.A., Rowan, L. C., Karlstrom, K. E., Stock, J. M., “Mapping Variations in Weight Percent Silica Measured From Multispectral Thermal Infrared Imagery-Examples From the Hiller Mountains, Nevada and Tres Virgenes-La Reforma. Baja California Sur, Mexico”, *Remote Sensing of Environment*, Nevada, 273-289, (2005).

GIS Development Pvt Ltd, *The Geospatial Resource Portal, Tutorials, Remote Sensing* [online], India, <http://www.gisdevelopment.net/tutorials/tuman008.htm> (Ziyaret tarihi: 7 Temmuz 2007).

Hunt, G.R., Wynn, J.C., “Visible and Near-Infrared Spectra of Rocks from Chromium-Rich Areas”, *Geophysics*, Vol:44, Issue:4, 820-825, (1979).

Ketin, İ., “1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Sinop, 1:500.000)”, *MTA Yayınları*, Ankara, (1962).

Koçyiğit, A., “An Example of an Accretionary Forearc Basin From Northern Central Anatolia and Its Implications For the History of Subduction of Neo-Tethys in Turkey”, *Geological Society of America Bulletin*, Vol.103, 22-36, (1991).

Koçyiğit, A., Türkmenoğlu, A., Beyhan, A., Kaymakçı, N., Akyol, E. “Post-Collisional Tectonics of Eskişehir-Ankara-Çankırı Segment of İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (IAESZ): Ankara Orogenic Phase”, *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, Vol.6/1, 69-86, (1995).

Kruse, F. A., “Use of Airborne Imaging Spectrometer Data to Map Minerals Associated with hydrothermally Altered Rocks in the Northern Grapevine Mountains, Nevada and California” *Remote Sensing of the Environment*, Vol. 24, No.1, 31-51, (1988).

Kruse, F.A., “Imaging Spectrometer Data Analysis-A Tutorial”, *Dept. of Geological Sciences, University of Colorado*, 12, (1995).

Ninomiya, Y. and Matsunaga, T., “Estimation of SiO<sub>2</sub> Content Using Simulated TIR Remote Sensing Data Generated From Spectra Measured on the Sawed Surfaces of Rocks at Cuprite, Nevada”, *30<sup>th</sup> International Geology Congress*, Proceedings, Vol.10, 49-62, (1997).

Ninomiya, Y., "Mapping Quartz, Carbonate Minerals and Mafic-Ultramafic Rocks Using Remotely Sensed Multispectral Thermal Infrared ASTER Data", *Proceedings of SPIE*, Vol. 4710, 191-202, (2002).

Ninomiya, Y., "Advanced Remote Lithologic Mapping in Ophiolite Zone with ASTER Multispectral Thermal Infrared Data", *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, IEEE International, IGARSS '03. Proceedings, Vol. 3, 1561- 1563, (2003).

Norman, T. N., "Ankara Melanjının Yapısı Hakkında" *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi*, Tepliğler, MTA Yayınları, 77-94, (1973).

Rouse, J. W., Jr., R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering. "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS", *Earth Res. Tech. Satellite-1 Symp.*, Proceedings, Goddard Space Flight Cent., 309-317, Washington, DC. 10-14 Dec. 1973, (1973).

Rowan, L. C., Mars, J. C., Simpson, C. J., "Lithologic Mapping of the Mordor, NT, Australia Ultramafic Complex by Using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 99, No:1-2, 105-126, (2005).

Rowan, L. C., Simpson, C. J., Mars, J. C., "Hyperspectral Analysis of the Ultramafic Complex and Adjacent Lithologies an Mordor, NT, Australia", *Remote Sensing of Environment*, V. 91, 419-431, (2004).

Saldanha, D. L., Lime E Cunha, M. C., Haertel, V., "Spectral Analysis of Soils from Mafic/Ultramafic Rocks of Cerro Mantiqueira, SW of Rio Grande do Sul", *International Journal of Remote Sensing*, Vol:25, No:20, 4381-4393, (2004).

San, B. T., Sumer, E. O., and Gurcay, B., "Comparison of Band Ratioing and Spectral Indices Methods for Detecting Alunite and Kaolinite Minerals using Aster Data in Biga Region,Turkey" *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, XX<sup>th</sup> Congress*, Commission 7, Istanbul, July, (2004).

Sestini, G., "The Relation Between Flysh and Serpentinities in North Central Turkey. Geology and History of Turkey", *The Petroleum Exploration Socceity of Libya*, Tripoli, 369-383, (1971).

Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakuş, K., Fodor, L., Araz, H., Karadenizli, L., "Does Continuous Compressive Tectonic Regime Exist During Late Paleogene to Late Neogene in NW Central Anatolia, Turkey Preliminary Observations", *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol.6, 77-83, (1997).

Streckeisen, A., "To Each Plutonic Rock its Proper Name" *Earth Science Reviews*, Volume 12, pages 1-33, (1976).

Sümer, M., “Çankırı-Şabanözü Çevresinde Jeolojik Kirlenmeye Neden Olan Minerallerin Kökenleri, Çevreye Etkileri ve Riskleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeoloji Müh. Böl., Ankara, 119, (1997).

Swayze, G. A., Higgin, C. T., Clinkenbeard, J.p., Kokaly, R. F., Clark, R. N., Meeker, G. P., and Sutley, S. J., “Preliminary Report on Using Imaging Spectroscopy to Map Ultramafic Rocks, Serpentinities, and Tremolite-Actinolite-Bearing Rocks in California”, *USGS Open File Report*, 2004-1304, 9, (2004).

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., “Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach”, *Tectonophysics*, Vol.75, 181-241, (1981).

Türkecan, A, Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Dinçel, A., Karataş, S., Özgür, İ. B., Akay, E., Bedi, Y., Sevin, M., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E. Ve Saraç, G., “Seben-Grede (Bolu)–Güdül-Beypazarı (Ankara) ve Çerkeş-Orta-Kurşunlu (Çankırı) Yörelerinin (Köroğlu Dağları) Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi”, *MTA Raporu*, Jeoloji Etütleri Kütüphanesi, Rap. No. 361, 118, (1991).

Tüysüz, O. ve Dellaloğlu, A. A., “Çankırı Havzasının Tektonik Birlikleri ve Jeolojik Evrimi”, *Türkiye 9. Petrol Kongresi*, 333-349, (1992).

Vincent, R. K., “The Potential Role of Thermal Infrared Multispectral Scanners in Geological Remote Sensing”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 63, Issue:1, 137-147, (1975).



## **EKLER**

**EK 1.** Çalışma alanının 1/100.000 ölçekli sadeleştirilmiş jeoloji haritası (ceptedir)

## EK 2. ASTER verisi için hazırlanmış bağıl yansıma dönüşümünün ERDAS programlama dilindeki yazımı

```
1 COMMENT "Generated from graphical model: g:/my
documents/doktora/tez/erdas_gmd/1.rawdn2_atcor_ref_scale.gmd";
2 # Atmosfer Düzeltmesi ve Bağıl Yansıma Dönüşümü
3 # HAM GÖRÜNTÜ
4 # REFLECTANCE
5 # (YANSIMA)
6 # ATM-DÜZ
7 # Görüntü
8 # $n1_PROMPT_USER: Ham ASTER Verisi
9 # $n2_PROMPT_USER: Atmosfer Düz. Görüntü
10 # $n3_PROMPT_USER: Bağıl Yansıma Verisi
11 #
12 # set cell size for the model
13 #
14 SET CELLSIZE MIN;
15 #
16 # set window for the model
17 #
18 SET WINDOW UNION;
19 #
20 # set area of interest for the model
21 #
22 SET AOI NONE;
23 #
24 # declarations
25 #
26 Integer RASTER n1_PROMPT_USER FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE
"f:/doktora/aster_data/331228_sub_vsw.img";
27 Integer RASTER n2_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC 8 BIT
UNSIGNED INTEGER "f:/doktora/aster_data/3311228_vsw_lpath.img";
28 Float RASTER n3_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT
SINGLE "f:/doktora/aster_data/331228_sub_ref.img";
29 Float RASTER n4_temp;
30 INTEGER TABLE n6_Output;
31 INTEGER TABLE n7_Output;
32 #
33 # function definitions
34 #
35 n7_Output = GLOBAL MEAN ( $n1_PROMPT_USER, IGNORE 255 ) ;
36 n6_Output = GLOBAL MIN ( $n1_PROMPT_USER , IGNORE 0 ) ;
37 n4_temp = $n1_PROMPT_USER - $n6_Output;
38 #define n5_memory Float($n4_temp / $n7_Output)
39 n3_PROMPT_USER = STRETCH ( $n5_memory , 9 , 0 , 1, IGNORE 0 ) ;
40 n2_PROMPT_USER = STRECTH ( $n4_temp, 9, 0, 255, IGNORE 0 );
41 QUIT;
```

### EK 3. ASTER verisi için hazırlanmış birleşik maskeleye için oluşturulmuş algoritmanın ERDAS programlama dilindeki yazımı

```
1 COMMENT "Generated from graphical model: g:/my
documents/doktora/tez/erdas_gmd/11.rawdn2lpath_all_masking.gmd";
2 # RELATIVE REFLECTENCE CALCULATION
3 # $n1_PROMPT_USER: RAW DN IMAGE
4 # $n4_PROMPT_USER: LPATH IMAGE
5 # $n5_PROMPT_USER: REFLECTENCE
6 # $n16_PROMPT_USER: SPECTRAL INDICES
7 # ACTIVE AREA MASKING
8 # ACTIVE TOTAL
9 # MEAN
10 # ST DEV
11 # Mean+Sigma
12 # IR - Visible
13 # IR + Visible
14 # THR NDVI
15 # MASKED IMAGE
16 # VEGETATION MASKING
17 # VEGETATION
18 # MASK
19 # MASKED IMAGE
20 # WATER+ACTIVE TOTAL+VEG
21 # Water
22 # ACTIVE TOTAL+VEGETATION
23 # MASKED IMAGE
24 # MASK
25 # WATER
26 # WATER MASKING
27 # MASK
28 # NDVI
29 # IMAGE
30 # Vegetation
31 # Active Area
32 # Masking
33 # ACTIVE AREA
34 # MASK
35 # MASK
36 # MASK
37 # Masking
38 # Masking
39 # AA+VEG+W
40 # $n31_PROMPT_USER: ACTIVE AREA MASKED IMAGE
41 # $n58_PROMPT_USER: NDVI IMAGE
42 # $n63_PROMPT_USER: ACTIVE+VEG. MASKED IMAGE
43 # $n72_PROMPT_USER: ACTIVE+VEG.+WATER MASKED IMAGE
44 # $n111_PROMPT_USER: DN MINIMUM TABLE
45 # Cloud
46 # Masking
47 # Shadow
48 # Masking
49 # CLOUD MASKING
50 # SHADOW MASKING
51 #
52 # set cell size for the model
53 #
54 SET CELLSIZE MIN;
55 #
56 # set window for the model
57 #
58 SET WINDOW UNION;
59 #
60 # set area of interest for the model
61 #
62 SET AOI NONE;
63 #
64 # declarations
65 #
66 Integer RASTER n1_PROMPT_USER FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE "c:/temp/subset.img";
67 Integer RASTER n4_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC 8 BIT UNSIGNED
INTEGER "c:/temp/lpath.img";
68 Float RASTER n31_temp;
69 Float RASTER n54_temp;
70 Float RASTER n63_temp;
71 Integer RASTER n72_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC 8 BIT UNSIGNED
INTEGER "c:/temp/masked.img";
72 INTEGER TABLE n44_Output;
73 INTEGER TABLE n56_Output;
74 INTEGER TABLE n57_Output;
```

```

75 FLOAT SCALAR n33_Float;
76 FLOAT SCALAR n117_Float;
77 #
78 # load scalar n33_Float
79 #
80 n33_Float = 0;
81 #
82 # load scalar n117_Float
83 #
84 n117_Float = 35;
85 #
86 # function definitions
87 #
88 #define n115_memory Float(EITHER 0 IF ( $n1_PROMPT_USER(3) > $n117_Float ) OR 1 OTHERWISE )
89 #define n114_memory Float(EITHER 1 IF (( $n1_PROMPT_USER(4) >90) OR 0 OTHERWISE)
90 #define n112_memory Float(EITHER 1 IF (( $n1_PROMPT_USER(3) >125) OR 0 OTHERWISE)
91 #define n110_memory Float(EITHER 1 IF (( $n1_PROMPT_USER(2) >160) OR 0 OTHERWISE)
92 #define n108_memory Float(EITHER 1 IF (( $n1_PROMPT_USER(1) >245) OR 0 OTHERWISE)
93 #define n106_memory Float(EITHER 0 IF (( $n108_memory)*(n110_memory)*( $n112_memory)
  *($n114_memory) ==0) OR 1 OTHERWISE)
94 #define n120_memory Float($n106_memory+$n115_memory)
95 #define n9_memory Float($n1_PROMPT_USER - GLOBAL MIN($n1_PROMPT_USER, IGNORE 0) )
96 n4_PROMPT_USER = $n9_memory;
97 #define n34_memory Binary(EITHER 0 IF ( $n4_PROMPT_USER LE $n33_Float) OR 1 OTHERWISE)
98 #define n36_memory Binary(EITHER 0 IF ( $n34_memory(1)*$n34_memory(2)*$n34_memory(3)
  *$n34_memory(4)*$n34_memory(5)*$n34_memory(6)*$n34_memory(7)*$n34_memory(8)*$n34_memory(9) GT
  0 ) OR 1 OTHERWISE)
99 #define n122_memory Float(EITHER $n4_PROMPT_USER IF ( $n36_memory LE 0 ) OR 0 OTHERWISE)
100 n31_temp = EITHER $n122_memory IF ( $n120_memory LE 0 ) OR 0 OTHERWISE;
101 #define n50_memory Float($n31_temp(3) + $n31_temp(2))
102 #define n48_memory Float($n31_temp(3) - $n31_temp(2))
103 #define n58_memory Float(EITHER 0 IF ( $n50_memory == 0.0 ) OR $n48_memory / $n50_memory
  OTHERWISE)
104 n54_temp = ($n58_memory - GLOBAL MIN ( $n58_memory )) / ( GLOBAL MAX ( $n58_memory ) - GLOBAL
  MIN ( $n58_memory )) * 255;
105 n57_Output = GLOBAL STANDARD DEVIATION ( $n54_temp) ;
106 n56_Output = GLOBAL MEAN ( $n54_temp);
107 n44_Output = $n56_Output + $n57_Output*2;
108 #define n62_memory Binary(EITHER 1 IF ( $n54_temp < $n44_Output) OR 0 OTHERWISE)
109 n63_temp = EITHER $n31_temp IF ( $n62_memory GT 0 ) OR 0 OTHERWISE;
110 #define n76_memory Float($n63_temp(4) / ($n63_temp(1) + .0001) * 100)
111 #define n78_memory Float(EITHER 1 IF (( $n76_memory > 1) and ( $n76_memory <= 40)) OR 0
  OTHERWISE)
112 n72_PROMPT_USER = EITHER $n63_temp IF ( $n78_memory LE 0 ) OR 0 OTHERWISE;
113 QUIT;|

```

**EK 4.** Çalışmada kullanılan AST3A1 0404100850300702020025 ASTER verisinin  
detay bilgileri

Short Name : AST3A01  
Granule ID : AST3A1 0404100850300702020025  
Processing Level : 3  
Acquisition Date : 20040410  
Processing Date Time : "2007-02-02T09:34:04.000Z"  
Source Data Product : ASTL1A 0404100850300404230208  
Observation Mode : VNIR1-ON, VNIR2-ON, SWIR-ON, TIR-ON  
Scene ID : [178, 91, 7]  
Scene Center : 40.842697, 33.288959  
Scene Upper Left : 41.174803, 32.827865  
Scene Upper Right : 41.172430, 33.759170  
Scene Lower Right : 40.507734, 33.751623  
Scene Lower Left : 40.510052, 32.829577  
Processed Bands : "01023N3B0405060708091011121314"  
Gain Information : 01-HGH, 02-HGH, 3N-NOR, 3B-NOR, 04-NOR, 05-NOR, 06-  
NOR, 07-NOR, 08-NOR, 09-NOR  
Orbit No. : 22936  
Flying Direction : "DE"  
Solar Direction : 154.564836, 54.916538  
Pointing Angle : VNIR=8.578000, SWIR=8.558000, TIR=8.567000  
Path, Row, Swath : 178, 91, 7  
QA Percent Missing Data : 0.000000  
QA Percent Out of Bounds Data : 0.000000  
QA Percent Interpolate Data : 0.000000  
Cloud Coverage : 0  
Quadrant Cloud Coverage : (0, 0, 0, 0)  
MapProjectionName : "Universal Transverse Mercator"  
Spatial Resolution : (15, 30, 90)  
MapOrientationAngle : "AST3A1 0404100850300702020025"  
SceneOrientationAngle : 0.251487  
>>>>>VNIR  
VNIR1  
ImageDataInformation : (5208, 4920, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
VNIR2  
ImageDataInformation : (5208, 4920, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
VNIR3N

ImageDataInformation : (5208, 4920, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 VNIR3B  
 ImageDataInformation : (5208, 4920, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 EllipsoidandDatum1 : ("WGS84", "WGS84")  
 DatumPara1 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
 MPMMethod1 : "UTM"  
 ProjectionParameters1 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
 UTMZoneCode1 : 36  
 PSDirection1 : "N/A"  
 ResMethod1 : "NN"  
 SpacingSize1 : 15  
 Unit1 : "M"  
 PixelSpacing1 : (15.000000, 15.000000)  
 ConUnit1 : "W/m2/sr/um"  
 VNIR1  
 Incl : 0.676000  
 Offset : -0.676000  
 VNIR2  
 Incl : 0.708000  
 Offset : -0.708000  
 VNIR3N  
 Incl : 0.862000  
 Offset : -0.862000  
 VNIR3B  
 Incl : 0.862000  
 Offset : -0.862000  
 >>>>>SWIR  
 SWIR4  
 ImageDataInformation : (2604, 2460, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 SWIR5  
 ImageDataInformation : (2604, 2460, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 SWIR6  
 ImageDataInformation : (2604, 2460, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 SWIR7

ImageDataInformation : (2604, 2460, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR8  
ImageDataInformation : (2604, 2460, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR9  
ImageDataInformation : (2604, 2460, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
EllipsoidandDatum4 : ("WGS84", "WGS84")  
DatumPara4 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
MPMethod4 : "UTM"  
ProjectionParameters4 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCode4 : 36  
PSDirection4 : "N/A"  
ResMethod4 : "NN"  
SpacingSize4 : 30  
Unit4 : "M"  
PixelSpacing4 : (30.000000, 30.000000)  
ConUnit4 : "W/m2/sr/um"  
SWIR4  
Incl : 0.217400  
Offset : -0.217400  
SWIR5  
Incl : 0.069600  
Offset : -0.069600  
SWIR6  
Incl : 0.062500  
Offset : -0.062500  
SWIR7  
Incl : 0.059700  
Offset : -0.059700  
SWIR8  
Incl : 0.041700  
Offset : -0.041700  
SWIR9  
Incl : 0.031800  
Offset : -0.031800  
>>>>>TIR  
TIR10

ImageDataInformation : (868, 820, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR11  
ImageDataInformation : (868, 820, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR12  
ImageDataInformation : (868, 820, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR13  
ImageDataInformation : (868, 820, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR14  
ImageDataInformation : (868, 820, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
EllipsoidandDatum10 : ("WGS84", "WGS84")  
DatumPara10 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
MPMethod10 : "UTM"  
ProjectionParameters10 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCode10 : 36  
PSDirection10 : "N/A"  
ResMethod10 : "NN"  
SpacingSize10 : 90  
Unit10 : "M"  
PixelSpacing10 : (90.000000, 90.000000)  
ConUnit10 : "W/m2/sr/um"  
TIR10  
Incl : 0.006882  
Offset : -0.006882  
TIR11  
Incl : 0.006780  
Offset : -0.006780  
TIR12  
Incl : 0.006590  
Offset : -0.006590  
TIR13  
Incl : 0.005693  
Offset : -0.005693  
TIR14  
Incl : 0.005225



Offset : -0.005225  
>>>>>DEMZ  
ImageDataInformationV : (5208, 4920, 2)  
ImageDataInformationS : (2604, 2460, 2)  
ImageDataInformationT : (868, 820, 2)  
EllipsoidandDatumV : ("WGS84", "WGS84")  
DatumParaV : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
ProjectionParametersV : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCodeV : 36  
PSDirectionV : "N/A"  
ResMethodV : "BL"  
SpacingSizeV : 15  
SpacingSizeS : 30  
SpacingSizeT : 90  
SupplementValueS : -9999  
SupplementValueT : -9999  
SupplementValueV : -9999  
ImageDataInformationF : (5208, 4920, 1)

**EK 5.** Çalışmada kullanılan AST3A1 0207260852290603310610 ASTER verisinin  
detay bilgileri

Short Name : AST3A01  
Granule ID : AST3A1 0207260852290603310610  
Processing Level : 3  
Acquisition Date : 20020726  
Processing Date Time : "2006-03-31T12:33:31.000Z"  
Source Data Product : ASTL1A 0207260852290208275815  
Observation Mode : VNIR1-ON, VNIR2-ON, SWIR-ON, TIR-ON  
Scene ID : [178, 92, 7]  
Scene Center : 40.340913, 32.951949  
Scene Upper Left : 40.672177, 32.492056  
Scene Upper Right : 40.672540, 33.417413  
Scene Lower Right : 40.006955, 33.413331  
Scene Lower Left : 40.006601, 32.497023  
Processed Bands : "01023N3B0405060708091011121314"  
Gain Information : 01-HGH, 02-HGH, 3N-NOR, 3B-NOR, 04-NOR, 05-NOR, 06-  
NOR, 07-NOR, 08-NOR, 09-NOR  
Orbit No. : 13849  
Flying Direction : "DE"  
Solar Direction : 143.002826, 65.349945  
Pointing Angle : VNIR=8.580000, SWIR=8.542000, TIR=8.567000  
Path, Row, Swath : 178, 92, 7  
QA Percent Missing Data : 0.000000  
QA Percent Out of Bounds Data : 0.000000  
QA Percent Interpolate Data : 0.000000  
Cloud Coverage : 1  
Quadrant Cloud Coverage : (2, 0, 0, 0)  
MapProjectionName : "Universal Transverse Mercator"  
Spatial Resolution : (15, 30, 90)  
MapOrientationAngle : "AST3A1 0207260852290603310610"  
SceneOrientationAngle : -0.038103  
>>>>>VNIR  
VNIR1  
ImageDataInformation : (5214, 4926, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
VNIR2  
ImageDataInformation : (5214, 4926, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
VNIR3N

ImageDataInformation : (5214, 4926, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 VNIR3B  
 ImageDataInformation : (5214, 4926, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 EllipsoidandDatum1 : ("WGS84", "WGS84")  
 DatumPara1 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
 MPMMethod1 : "UTM"  
 ProjectionParameters1 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
 UTMZoneCode1 : 36  
 PSDirection1 : "N/A"  
 ResMethod1 : "NN"  
 SpacingSize1 : 15  
 Unit1 : "M"  
 PixelSpacing1 : (15.000000, 15.000000)  
 ConUnit1 : "W/m2/sr/um"  
 VNIR1  
 Incl : 0.676000  
 Offset : -0.676000  
 VNIR2  
 Incl : 0.708000  
 Offset : -0.708000  
 VNIR3N  
 Incl : 0.862000  
 Offset : -0.862000  
 VNIR3B  
 Incl : 0.862000  
 Offset : -0.862000  
 >>>>>SWIR  
 SWIR4  
 ImageDataInformation : (2607, 2463, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 SWIR5  
 ImageDataInformation : (2607, 2463, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 SWIR6  
 ImageDataInformation : (2607, 2463, 1)  
 NumberofBadPixels : 0  
 SWIR7

ImageDataInformation : (2607, 2463, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR8  
ImageDataInformation : (2607, 2463, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR9  
ImageDataInformation : (2607, 2463, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
EllipsoidandDatum4 : ("WGS84", "WGS84")  
DatumPara4 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
MPMethod4 : "UTM"  
ProjectionParameters4 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCode4 : 36  
PSDirection4 : "N/A"  
ResMethod4 : "NN"  
SpacingSize4 : 30  
Unit4 : "M"  
PixelSpacing4 : (30.000000, 30.000000)  
ConUnit4 : "W/m2/sr/um"  
SWIR4  
Incl : 0.217400  
Offset : -0.217400  
SWIR5  
Incl : 0.069600  
Offset : -0.069600  
SWIR6  
Incl : 0.062500  
Offset : -0.062500  
SWIR7  
Incl : 0.059700  
Offset : -0.059700  
SWIR8  
Incl : 0.041700  
Offset : -0.041700  
SWIR9  
Incl : 0.031800  
Offset : -0.031800  
>>>>>TIR  
TIR10

ImageDataInformation : (869, 821, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR11  
ImageDataInformation : (869, 821, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR12  
ImageDataInformation : (869, 821, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR13  
ImageDataInformation : (869, 821, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR14  
ImageDataInformation : (869, 821, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
EllipsoidandDatum10 : ("WGS84", "WGS84")  
DatumPara10 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
MPMethod10 : "UTM"  
ProjectionParameters10 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCode10 : 36  
PSDirection10 : "N/A"  
ResMethod10 : "NN"  
SpacingSize10 : 90  
Unit10 : "M"  
PixelSpacing10 : (90.000000, 90.000000)  
ConUnit10 : "W/m2/sr/um"  
TIR10  
Incl : 0.006882  
Offset : -0.006882  
TIR11  
Incl : 0.006780  
Offset : -0.006780  
TIR12  
Incl : 0.006590  
Offset : -0.006590  
TIR13  
Incl : 0.005693  
Offset : -0.005693  
TIR14  
Incl : 0.005225

Offset : -0.005225  
>>>>>DEMZ  
ImageDataInformationV : (5214, 4926, 2)  
ImageDataInformationS : (2607, 2463, 2)  
ImageDataInformationT : (869, 821, 2)  
EllipsoidandDatumV : ("WGS84", "WGS84")  
DatumParaV : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
ProjectionParametersV : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCodeV : 36  
PSDirectionV : "N/A"  
ResMethodV : "BL"  
SpacingSizeV : 15  
SpacingSizeS : 30  
SpacingSizeT : 90  
SupplementValueS : -9999  
SupplementValueT : -9999  
SupplementValueV : -9999  
ImageDataInformationF : (5214, 4926, 1)

**EK 6.** Çalışmada kullanılan AST3A1 0507270844010603311228 ASTER verisinin  
detay bilgileri

Short Name : AST3A01  
Granule ID : AST3A1 0507270844010603311228  
Processing Level : 3  
Acquisition Date : 20050727  
Processing Date Time : "2006-03-31T18:15:23.000Z"  
Source Data Product : ASTL1A 0507270844010508010461  
Observation Mode : VNIR1-ON, VNIR2-ON, SWIR-ON, TIR-ON  
Scene ID : [177, 92, 5]  
Scene Center : 40.457506, 33.734548  
Scene Upper Left : 40.786887, 33.289836  
Scene Upper Right : 40.781127, 34.188870  
Scene Lower Right : 40.126169, 34.177381  
Scene Lower Left : 40.131798, 33.287034  
Processed Bands : "01023N3B0405060708091011121314"  
Gain Information : 01-HGH, 02-HGH, 3N-NOR, 3B-NOR, 04-NOR, 05-NOR, 06-  
NOR, 07-NOR, 08-NOR, 09-NOR  
Orbit No. : 29824  
Flying Direction : "DE"  
Solar Direction : 140.860375, 64.360418  
Pointing Angle : VNIR=2.834000, SWIR=2.769000, TIR=2.863000  
Path, Row, Swath : 177, 92, 5  
QA Percent Missing Data : 0.000000  
QA Percent Out of Bounds Data : 0.000000  
QA Percent Interpolate Data : 0.000000  
Cloud Coverage : 0  
Quadrant Cloud Coverage : (0, 0, 0, 0)  
MapProjectionName : "Universal Transverse Mercator"  
Spatial Resolution : (15, 30, 90)  
MapOrientationAngle : "AST3A1 0507270844010603311228"  
SceneOrientationAngle : 0.625001  
>>>>>VNIR  
VNIR1  
ImageDataInformation : (5058, 4848, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
VNIR2  
ImageDataInformation : (5058, 4848, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
VNIR3N

ImageDataInformation : (5058, 4848, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
VNIR3B  
ImageDataInformation : (5058, 4848, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
EllipsoidandDatum1 : ("WGS84", "WGS84")  
DatumPara1 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
MPMethod1 : "UTM"  
ProjectionParameters1 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCode1 : 36  
PSDirection1 : "N/A"  
ResMethod1 : "NN"  
SpacingSize1 : 15  
Unit1 : "M"  
PixelSpacing1 : (15.000000, 15.000000)  
ConUnit1 : "W/m2/sr/um"  
VNIR1  
Incl : 0.676000  
Offset : -0.676000  
VNIR2  
Incl : 0.708000  
Offset : -0.708000  
VNIR3N  
Incl : 0.862000  
Offset : -0.862000  
VNIR3B  
Incl : 0.862000  
Offset : -0.862000  
>>>>>SWIR  
SWIR4  
ImageDataInformation : (2529, 2424, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR5  
ImageDataInformation : (2529, 2424, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR6  
ImageDataInformation : (2529, 2424, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR7



ImageDataInformation : (2529, 2424, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR8  
ImageDataInformation : (2529, 2424, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
SWIR9  
ImageDataInformation : (2529, 2424, 1)  
NumberofBadPixels : 0  
EllipsoidandDatum4 : ("WGS84", "WGS84")  
DatumPara4 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
MPMethod4 : "UTM"  
ProjectionParameters4 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCode4 : 36  
PSDirection4 : "N/A"  
ResMethod4 : "NN"  
SpacingSize4 : 30  
Unit4 : "M"  
PixelSpacing4 : (30.000000, 30.000000)  
ConUnit4 : "W/m2/sr/um"  
SWIR4  
Incl : 0.217400  
Offset : -0.217400  
SWIR5  
Incl : 0.069600  
Offset : -0.069600  
SWIR6  
Incl : 0.062500  
Offset : -0.062500  
SWIR7  
Incl : 0.059700  
Offset : -0.059700  
SWIR8  
Incl : 0.041700  
Offset : -0.041700  
SWIR9  
Incl : 0.031800  
Offset : -0.031800  
>>>>>TIR  
TIR10

ImageDataInformation : (843, 808, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR11  
ImageDataInformation : (843, 808, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR12  
ImageDataInformation : (843, 808, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR13  
ImageDataInformation : (843, 808, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
TIR14  
ImageDataInformation : (843, 808, 2)  
NumberofBadPixels : 0  
EllipsoidandDatum10 : ("WGS84", "WGS84")  
DatumPara10 : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
MPMethod10 : "UTM"  
ProjectionParameters10 : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCode10 : 36  
PSDirection10 : "N/A"  
ResMethod10 : "NN"  
SpacingSize10 : 90  
Unit10 : "M"  
PixelSpacing10 : (90.000000, 90.000000)  
ConUnit10 : "W/m2/sr/um"  
TIR10  
Incl : 0.006882  
Offset : -0.006882  
TIR11  
Incl : 0.006780  
Offset : -0.006780  
TIR12  
Incl : 0.006590  
Offset : -0.006590  
TIR13  
Incl : 0.005693  
Offset : -0.005693  
TIR14  
Incl : 0.005225

Offset : -0.005225  
>>>>>DEMZ  
ImageDataInformationV : (5058, 4848, 2)  
ImageDataInformationS : (2529, 2424, 2)  
ImageDataInformationT : (843, 808, 2)  
EllipsoidandDatumV : ("WGS84", "WGS84")  
DatumParaV : (6378137.000000, 298.257224, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
ProjectionParametersV : (0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000,  
0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000, 0.000000)  
UTMZoneCodeV : 36  
PSDirectionV : "N/A"  
ResMethodV : "BL"  
SpacingSizeV : 15  
SpacingSizeS : 30  
SpacingSizeT : 90  
SupplementValueS : -9999  
SupplementValueT : -9999  
SupplementValueV : -9999  
ImageDataInformationF : (5058, 4848, 1)

## EK 7. ASTER termal kızıl ötesi verisinin radyans dönüşümü için hazırlanmış algoritmanın ERDAS programlama dilindeki yazımı

```
1 COMMENT "Generated from graphical model: g:/my
documents/doktora/tez/erdas_gmd/1.rawdn2_tir_radyans.gmd";
2 # HAM ASTER TIR Verisinin Radyans Dönüşümü
3 # ASTER TIR
4 # Radyans Görüntü
5 # Eliminate 0 and - Values
6 # n1_PROMPT = Ham TIR Verisi
7 # n21_PROMPT = Radyans Görüntüsü
8 #
9 # set cell size for the model
10 #
11 SET CELLSIZE MIN;
12 #
13 # set window for the model
14 #
15 SET WINDOW UNION;
16 #
17 # set area of interest for the model
18 #
19 SET AOI NONE;
20 #
21 # declarations
22 #
23 Integer RASTER n1_PROMPT_USER FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE "c:/temp/sub_tir.img";
24 Float RASTER n21_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/sub_tir_rad.img";
25 #
26 # function definitions
27 #
28 #define n12_memory Float(0.005225*($n1_PROMPT_USER(5)-1))
29 #define n11_memory Float(0.005693*($n1_PROMPT_USER(4)-1))
30 #define n10_memory Float(0.006590*($n1_PROMPT_USER(3)-1))
31 #define n9_memory Float(0.006780*($n1_PROMPT_USER(2)-1))
32 #define n3_memory Float(0.006882*($n1_PROMPT_USER(1)-1))
33 #define n13_memory Float(STACKLAYERS ($n3_memory, $n9_memory, $n10_memory, $n11_memory,
$n12_memory))
34 n21_PROMPT_USER = EITHER 0 IF ($n13_memory LE 0) OR $n13_memory OTHERWISE;
35 QUIT;
```

## EK 8. Olivin mineralinin elde edilmesine yönelik ASTER VNIR-SWIR kullanarak geliştirilen algoritmanın ERDAS programlama dilindeki yazımı

```
1 COMMENT "Generated from graphical model: g:/my
documents/doktora/tez/erdas_gmd/3.vsw_br_olivin_23_43_13_53.gmd";
2 # $n1_PROMPT_USER= Maskelemis-Lpath Görüntü
3 # $n5_PROMPT_USER= 2/3 Bant Oranlama Görüntüsü
4 # VNIR-SWIR için olusturulmus Bant Oranlamalari
5 # BR: 2/3
6 # BR: 4/3
7 # $n10_PROMPT_USER= 4/3 Bant Oranlama Görüntüsü
8 # $n18_PROMPT_USER= 1/3 Bant Oranlama Görüntüsü
9 # BR: 1/3
10 # BR: 5/3
11 # $n23_PROMPT_USER= 5/3 Bant Oranlama Görüntüsü
12 #
13 # set cell size for the model
14 #
15 SET CELLSIZE MIN;
16 #
17 # set window for the model
18 #
19 SET WINDOW UNION;
20 #
21 # set area of interest for the model
22 #
23 SET AOI NONE;
24 #
25 # declarations
26 #
27 Float RASTER n1_PROMPT_USER FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE "c:/temp/masked.img";
28 Float RASTER n5_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/br_vsw_23.img";
29 Float RASTER n10_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING USEALL ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/br_vsw_43.img";
30 Float RASTER n18_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/br_vsw_13.img";
31 Float RASTER n23_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING USEALL ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/br_vsw_53.img";
32 #
33 # function definitions
34 #
35 n18_PROMPT_USER = EITHER 0 IF ($n1_PROMPT_USER(3)==0) OR ($n1_PROMPT_USER(1)
/$n1_PROMPT_USER(3)) OTHERWISE;
36 n23_PROMPT_USER = EITHER 0 IF ($n1_PROMPT_USER(3)==0) OR ($n1_PROMPT_USER(5)
/$n1_PROMPT_USER(3)) OTHERWISE;
37 n5_PROMPT_USER = EITHER 0 IF ($n1_PROMPT_USER(3)==0) OR ($n1_PROMPT_USER(2)
/$n1_PROMPT_USER(3)) OTHERWISE;
38 n10_PROMPT_USER = EITHER 0 IF ($n1_PROMPT_USER(3)==0) OR ($n1_PROMPT_USER(4)
/$n1_PROMPT_USER(3)) OTHERWISE;
39 QUIT;
```

## EK 9. Serpantin mineralinin elde edilmesine yönelik ASTER VNIR-SWIR kullanarak geliştirilen algoritmanın ERDAS programlama dilindeki yazımı

```
1 COMMENT "Generated from graphical model: g:/my
documents/doktora/tez/erdas_gmd/3.vsw_br_serpantin_67.gmd";
2 # SERPANTIN BANT ORANLAMASI
3 # $n1_PROMPT_USER: Maskelenmiş ASTER Verisi
4 # $n2_PROMPT_USER: Bant Oranlama Görüntüsü
5 # BR: 6/7
6 #
7 # set cell size for the model
8 #
9 SET CELLSIZE MIN;
10 #
11 # set window for the model
12 #
13 SET WINDOW UNION;
14 #
15 # set area of interest for the model
16 #
17 SET AOI NONE;
18 #
19 # declarations
20 #
21 Float RASTER n1_PROMPT_USER FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE "c:/temp/masked.img";
22 Float RASTER n2_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/br_vsw_67.img";
23 #
24 # function definitions
25 #
26 n2_PROMPT_USER = EITHER 0 IF (($n1_PROMPT_USER(7)) ==0) OR ($n1_PROMPT_USER(6))
/($n1_PROMPT_USER(7)) OTHERWISE;
27 QUIT;
```

## EK 10. Peridotitler için geliştirilen $(14/13) \cdot (12/13)$ termal spektral algoritmanın ERDAS programlama dilindeki yazımı

```
1 COMMENT "Generated from graphical model: g:/my
documents/doktora/tez/erdas_gmd/tir_peridotit2.gmd";
2 # Peridotit Bant Oranlamasi
3 # BR: 12/13
4 # BR: 14/13
5 # $n1_PROMPT_USER: ASTER TIR Radyans Verisi
6 # $n6_PROMPT_USER: Peridotit Bant Oran Görüntüsü
7 #  $(14/13) \cdot (12/13)$ 
8 #
9 # set cell size for the model
10 #
11 SET CELLSIZE MIN;
12 #
13 # set window for the model
14 #
15 SET WINDOW UNION;
16 #
17 # set area of interest for the model
18 #
19 SET AOI NONE;
20 #
21 # declarations
22 #
23 Float RASTER n1_PROMPT_USER FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE "c:/temp/sub_tir_rad.img";
24 Float RASTER n6_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/sub_tir_peridotit2.img";
25 #
26 # function definitions
27 #
28 #define n5_memory Float(EITHER 0 IF ($n1_PROMPT_USER(4) == 0) OR ($n1_PROMPT_USER(5) /
$n1_PROMPT_USER(4)) OTHERWISE)
29 #define n2_memory Float(EITHER 0 IF ($n1_PROMPT_USER(4) == 0) OR ($n1_PROMPT_USER(3) /
$n1_PROMPT_USER(4)) OTHERWISE)
30 n6_PROMPT_USER = $n2_memory*$n5_memory;
31 QUIT;
```

## EK 11. Peridotitler için geliştirilen $[14/13]/(13/12)^3$ termal spektral algoritmanın ERDAS programlama dilindeki yazımı

```
1 COMMENT "Generated from graphical model: g:/my
documents/doktora/tez/erdas_gmd/tir_peridotit1.gmd";
2 # Peridotit Bant Oranlamasi
3 # $n2_PROMPT_USER: ASTER TIR Radyans Verisi
4 # $n3_PROMPT_USER: Peridotit Bant Oran Görüntüsü
5 #  $(14/13) * (12/13)^3$ 
6 #
7 # set cell size for the model
8 #
9 SET CELLSIZE MIN;
10 #
11 # set window for the model
12 #
13 SET WINDOW UNION;
14 #
15 # set area of interest for the model
16 #
17 SET AOI NONE;
18 #
19 # declarations
20 #
21 Float RASTER n2_PROMPT_USER FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE "c:/temp/sub_tir_rad.img";
22 Float RASTER n3_PROMPT_USER FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT SINGLE
"c:/temp/sub_tir_peridotit1.img";
23 #
24 # function definitions
25 #
26 n3_PROMPT_USER = EITHER 0 IF (((n2_PROMPT_USER(4)**4) ==0) OR ((n2_PROMPT_USER(5)
* ((n2_PROMPT_USER(3)**3) / ((n2_PROMPT_USER(4)**4) OTHERWISE;
27 QUIT;
```



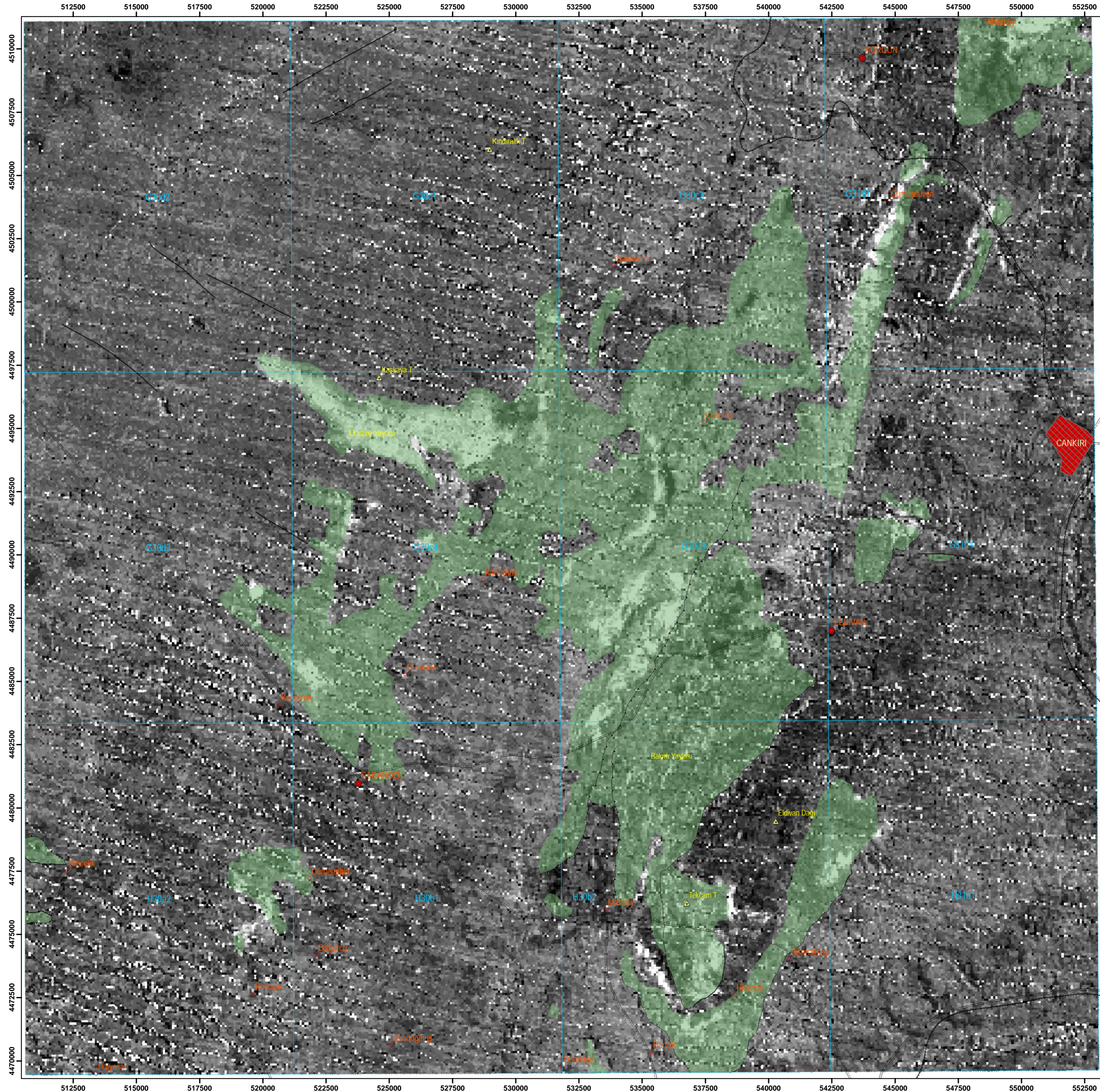
**EK 12.** Çalışma alanının ASTER termal [14/13]/(13/12)<sup>3</sup> oranlaması üzerine aktarılmış 1/100.000 ölçekli ofiyolitik kayaların dağılımı (ceptedir).

## ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Tekirdağ (Çorlu)'da doğdu. İlk öğrenimini Ankara'da, orta öğrenimini Kıbrıs (Güzelyurt)'da ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1987 yılında girdiği Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 1993 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 1998 yılında Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 1998 yılından 2000 yılına kadar Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Jeoloji Araştırmaları Koordinatörlüğü'nde, 2000 yılından bugüne ise Jeoloji Etütleri Dairesi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Koordinatörlüğü'nde Jeoloji Yüksek Mühendisi olarak görev yapmakta olup, evli ve bir çocuk babasıdır.



Çalışma Alanının Termal [14/13]/(13/12)^3 Bant Oranlama Görüntüsü Üzerine Aktarılmış  
1/100.000 Ölçekli Ofiyolitik Kayatürleri Haritası

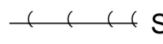
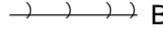
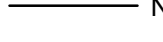


## SEMBOLLER


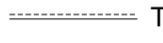
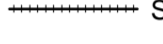

## YERLEŞİM

-  İl
-  İlçe
-  Kasaba - Köy

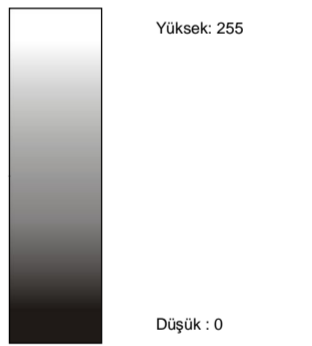
## FAY

-  Sürüklenim
-  Bindirme
-  Normal Fay

## YOL

-  Çift şerit asfalt yol
-  Tek şerit asfalt yol
-  Stabilize yol
-  Eldivan Dağı

-  Ofiyolitik kayalar

Görüntü Analizi  
Olasılık Değeri

Kilometre 5

