

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KROMİT OLUŞUMLARININ
SPEKTORADYOMETRİK YÖNTEMLE SPEKTRAL
YANSITMA EĞRİLERİNİN BELİRLENMESİ VE
UYDU VERİLERİ İLE SPEKTRAL ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Berna TANDAÇ**

Anabilim Dalı : JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Program : JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2004

**FARKLI KROMİT OLUŞUMLARININ
SPEKTORADYOMETRİK YÖNTEMLE SPEKTRAL
YANSITMA EĞRİLERİNİN BELİRLENMESİ VE
UYDU VERİLERİ İLE SPEKTRAL ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Berna TANDAÇ
(501011709)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Ocak 2005**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. H Gonca COŞKUN
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Cankut ÖRMECİ
Prof. Dr. Hikmet SUNER**

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen görüntüler, yeryüzü özellikleri hakkında hızlı, ekonomik ve güncel bilgiler vermekle birlikte jeoloji, jeomorfoloji ve toprak haritalama, arazi kullanım türlerinin belirlenmesi alanlarında büyük aşamalar kaydedilmesine yardımcı olmuştur.

Bu çalışmamın hazırlanmasında bana yardımcı olan sayın hocam Doç. Dr. H Gonca Coşkun'a, yol gösterici olarak rol alan ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Fikret Suner'e, çalışmalarında bana destek olan Yük. Müh. Elif Saroğlu ve Müh. Bülent Naci Alpay'a, öğrenim hayatı boyunca maddi ve manevi her konuda bana destek olan Çağatay Özdenir'e ve aileme, teşekkürü bir borç bilirim

Saygılarımla,
Berni TANDAÇ

İstanbul, 2004

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. UZAKTAN ALGILAMADA TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1. Elektromanyetik Spektrum	5
2.1.1. Uzaktan algılamada kullanılan bölgeler	6
2.1.2. Atmosfer etkisi	8
2.1.2.1. Atmosferik saçılma	8
2.1.2.2. Atmosferik yutulma	10
2.1.2.3. Atmosferik iletişim pencereleri	11
2.2. Cisimlerin Spektral Yansıtması	11
2.2.1. Zeminlerin spektral yansıtması	12
2.2.2. Yüzey cisimlerinin spektral yansıtması	13
2.3. Yeryüzü İncelemelerinde Kullanılan Belli Başlı Uydu Verileri	13
3. KAYAÇ VE CEVHER BİLGİSİ	16
3.1. Magmatik Yataklar	16
3.1.1. Erken magmatik evrede oluşan yataklar	17
3.1.1.1. Kristalleşmeyle ayrılaşma sonucu oluşan cevher yığınları	18
3.1.1.1.1. Yalancı katmanlı sokulumlar	18
3.1.1.1.2. Apinitik sokulumlar	18
3.1.1.2. Kronit yatakları ve genel özellikleri	19
3.1.1.2.1. Kronitin oluşumu	19
3.2. Kronit Oşunlarının Ülkemiz İçin Önemi	21
3.2.1. Rezervler	23
3.2.2. Tüketim alanları	24
4. DONANIM VE YAZILIM BİLEŞENLERİ	26
4.1. Giriş	27
4.2. Spektrometre	27
4.2.1. Çalışma sistemi	28
4.2.2. Işığın toplanması	29
4.2.3. Aydınlatma	30
4.2.4. Spektral çözünürlük ve spektral örnekleme	31
4.2.5. Optimizasyon	32
4.2.6. Karanlık akım	33

4.2.7. K�li brasyon	34
4.2.8. Spektrum ortalaması ve gürültü	36
4.2.9. Veri depolaması	36
4.3. Spektroyometrenin Kullanım Alanları	36
5. UYGULAMA	37
5.1. Giriş	37
5.2. Çalışmada Kullanılan Kromit Türleri	37
5.3. Yöntem	39
5.3.1. Tekrar sayısının belirlenmesi	40
5.4. Spektroyometrik �l�me ile H�de Edilen Sonuçlar	42
5.5. K�nyasal Analiz Sonuçları	51
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	52
KAYNAKLAR	62
�ZGE�M��	63

KI SALT MALAR

UV	: Ultraviolet
IR	: Infrared
M d IR	: Middle Infrared
EMR	: Electromagnetic Radiation
EPP	: Enhanced Parallel Port
VNI R	: Visible Near Infrared
S W R	: Short Wave Infrared
DC	: Direct Current
AC	: Alternative Current
DN	: Digital Number
TM	: Thematic Mapper
MS	: Multispectral

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Elektromanyetik Spektrum'da dalga uzunluklarına göre bölgeler...	7
Tablo 2.2 Optik dalga boyu kısımları	8
Tablo 2.3 Atmosferik saçılma	10
Tablo 2.4 Farklı uydu verilerinin geometrik ve spektral çözünürlüklerinin gösterimi	15
Tablo 3.1 Bowen'ın kristalleşme dizisi.....	17
Tablo 3.2 Kromit Yataklarının Karşılaştırmalı Özellikleri	22
Tablo 3.3 Kromit cevheri türlerinin kullanımlarına göre kimyasal dağılım.....	25
Tablo 5.1 Çalışmada ele alınan kromit türleri	37
Tablo 5.2 İncelen kromit türlerinin kimyasal analiz sonuçları.....	51

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Uzaktan Algılama Sistemi Bileşenleri.....	4
Şekil 2.2 : Elektromanyetik Spektrumda bulunan bölümlerin dalga boyları gözönüne alınarak ayrıştırılmış şekli.....	6
Şekil 2.3 : Dalga uzunluğuna bağlı olarak atmosferin geçirgenliği.....	11
Şekil 2.4 : Çayırılık toprak, beton, balçık, kiremit, nadasa bırakılmış arazi, asfalt, çim ve su için farklı yansıtma değerleri.....	12
Şekil 3.1 : Türkiye’deki önemli kromiyatların dağılımı.....	23
Şekil 4.1 : Spektro radyometreyi oluşturan temel bileşenler.....	27
Şekil 4.2 : Ortak fiber optik demetinin spektrometrelere birleştirilmesi nin gösterimi	29
Şekil 4.3 : Farklı ön optik çeşitleri	30
Şekil 4.4 : Spektral örnekleme aralığının ve spektral çözünürlüğün grafik gösterimi.....	31
Şekil 4.5 : Spektro radyometrenin optimizasyon işlemi nin program üzerinde gösterimi	32
Şekil 4.6 : Optimizasyon işlemi nin tanımlandığı nın program üzerinde gösterimi.....	33
Şekil 4.7 : Optimizasyon işlemi sırasında otomatik olarak hesaplanan karanlık akının (dark current) gösterimi	34
Şekil 4.8 : Beyaz referans panelinden referans verisi toplanırken gösterimi.....	35
Şekil 4.9 : Kalibrasyon işlemi nin tanımlandığı ve spektro radyometrenin ölçümlere hazır olduğunun gösterimi	35
Şekil 5.1 : İncelenen kromit türleri.....	38
Şekil 5.2 : A2 kayalık yüzeyine ait 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçümlerden elde edilen karşılaştırmalı spektral yansıtma eğrileri	40
Şekil 5.3 : A4 kayalık yüzeyine ait 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçümlerden elde edilen karşılaştırmalı spektral yansıtma eğrileri	41
Şekil 5.4a : A0 No’lu kayaya ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	42
Şekil 5.4b : A0 No’lu kayaya ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	42
Şekil 5.5a : A1 No’lu kayaya ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	43
Şekil 5.5b : A1 No’lu kayaya ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	43
Şekil 5.6a : A2 No’lu kayaya ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	44
Şekil 5.6b : A2 No’lu kayaya ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	44
Şekil 5.7a : A3 No’lu kayaya ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	45
Şekil 5.7b : A3 No’lu kayaya ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	45
Şekil 5.8a : A4 No’lu kayaya ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	46
Şekil 5.8b : A4 No’lu kayaya ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	46
Şekil 5.9a : A5 No’lu kayaya ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	47
Şekil 5.9b : A5 No’lu kayaya ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	47
Şekil 5.10a : A6 No’lu kayaya ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	48

Şekil 5 10b:	A6 No'lu kayaca ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	48
Şekil 5 11a:	A20 No'lu kayaca ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	49
Şekil 5 11b:	A20 No'lu kayaca ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	49
Şekil 5 12a:	B1 No'lu kayaca ait yüzey spektral yansıtma eğrileri.....	50
Şekil 5 12b:	B1 No'lu kayaca ait ortalama spektral yansıtma eğrisi.....	50
Şekil 6 1	: Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrileri	53
Şekil 6 2	: Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin ASTER multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesini gösterimi.....	56
Şekil 6 3	: Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin LANDSAT TM multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesini gösterimi	57
Şekil 6 4	: Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin SPOT- XS uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesini gösterimi.....	58
Şekil 6 5	: Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin IKONOS multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesini gösterimi.....	59
Şekil 6 6	: Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin QUICKBI RD multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesini gösterimi	60

FARKLI KROMİT OLUŞUMLARININ SPEKTORADYOMETRİK YÖNTEMLE SPEKTRAL YANSITMA EĞRİLERİNİN BELİRLENMESİ VE UYDU VERİLERİ İLE SPEKTRAL ANALİZİ

ÖZET

Dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak tükenen doğal kaynaklar, enerji yetersizliği, çevre sorunları, yerleşim konuları, yeryüzü hakkında yeni bilgiler edinme isteği gibi sorunlara çözümaacıyla uzay teknolojisiindeki gelişme hızla ilerlemektedir. Arada fiziksel bir temas olmaksızın bir cisimden yayılan ışının nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin, uzaktan ortaya konması ve ölçülmesi şeklinde tanımlanan uzaktan algılama, son yıllarda bir çok bilimsel içerisinde uygulama alanı bularak geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, cisimlerin uzaktan algılama ile yüksek doğrulukla belirlenebilmesi amacıyla doğal (güneş ışığı) veya yapay ışığın minerallerden veya maddelerden yansıtma ve yutulma değerlerini ölçen ve bu ölçümleri grafiksel olarak sunan spektoradyometre kullanılarak, kayaç türleri üzerinde ölçümler yapılmıştır.

Spektoradyometre kullanılarak, 350-2500nm dalga boyu aralığında, görünür ve kızılötesi bölgelerde, İ. T. Ü. M. den Fakültesi, Jeoloji M. hendisliği Bölümü Laboratuvarı'ndan alınan dokuz farklı kayaç üzerinde yapılan ölçümler sonucunda, her kromit türüne ait spektral yansıtma eğrileri belirlenmiştir. Ölçülen yüzeylerdeki tüm noktalardan bir kayaca ait tek bir grafik elde etmek için, "ortalama değer hesaplaması" yapılmıştır.

İ. T. Ü. M. den Fakültesi tarafından Bursa Bölgesi'nden temin edilen kromit türlerine ait verilerin spektral analizleri ile, kimyasal analiz sonuçları birlikte yorumlanmıştır.

Yer yüzeyini incelemek üzere kullanılan belli başlı uydulardan ASTER, LANDSAT, SPOT5, IKONOS ve QUICKBird multispektral uydu verileri, Bursa bölgesi çevresinde yer alan dokuz farklı kromit türlerinin belirlenebileceği band aralıkları ile örtüştürülerek değerlendirilmiştir.

DETERMINING SPECTRAL REFLECTANCE OF DIFFERENT CHROMITE FORMATIONS BY SPECTRORADIOMETRIC METHOD AND SPECTRAL ANALYSIS WITH THE SATELLITE DATA

SUMMARY

Space technology is improving rapidly in order to solve the problem of exhausting natural sources, lack of energy submit, ecological problems, settlement issues and desire to acknowledge further information about the earth's surface as the human population increases. By sensing and recording reflected or emitted energy and processing, analyzing and applying that information, remote sensing is used widely as the science of acquiring information about the Earth's surface without actually being in contact with it.

In order to determine the minerals or the materials under natural (sun) or artificial light source with high accuracy by using remote sensing, a spectroradiometer is used measuring the reflected and emitted values and presents the results graphically. In this study, different types of rocks are being measured using a special type of spectroradiometer.

Between the 350-2500nm wavelength interval, in the infrared & visible regions, spectral reflectance of nine different chromite types obtained from İ.T.Ü Faculty of Mines, Geological Engineering Department laboratory, are being determined by using a spectroradiometer to determine a single graphic from all the measured points of the rocks, "Mean Value Calculation" method is used.

The chromite samples, obtained from Bursa area by İ.T.Ü Faculty of Mines, interpreted together with the spectral and chemical analysis.

In this study, multispectral data from the major satellites ASTER, LANDSAT, SPOT5, IKONOS and QUICKBIRD which are used to investigate the earth's surface, are analyzed together with the spectral resolution band intervals in which all the nine chromite kinds can be specified.

1. GİRİŞ

Günümüzde insan nüfusunun hızla artması; beslenme, yerleşim ve çevre sorunları ile birlikte tükenen doğal kaynaklar yeryüzünün daha geniş boyutlar içinde hızlı ve ekonomik olarak araştırılmasını, sorunları nedenleri ile ortaya koyarak önlemlerin alınmasını gerektirmektedir.

Uzaktan algılama olarak deyinendirilen cisimlerle mekanik bir temas olmaksızın cisimden yayılan ışının algılanması ve değerlendirilmesi, böylece cismin özelliklerinin belirlenmesi, ölçme ve yorumlama yapılması olarak tanımlanan uzaktan algılama teknikleri ile maden arama çalışmaları, ürün rekolte tahminleri, orman alanlarının belirlenmesi, hava durumu tahminleri, kirlilik belirlenmesi, çevresel ve doğal kaynakların yönetimi gibi birçok uygulamaya gerçekleştirilebilir.

Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen görüntüler, yeryüzü özellikleri hakkında hızlı, ekonomik ve güncel bilgiler vermekle birlikte jeoloji, jeomorfoloji ve toprak haritalama, arazi kullanım türlerinin belirlenmesi alanlarında büyük aşamalar kaydedilmesine yardımcı olmuştur. Özellikle geniş yada ulaşım güç alanların, engebeli topografik yapıdaki arazilerin etütlerinde, zaman ve doğruluk açısından büyük yararlar sağlamaktadır.

Jeologlar toprak ve madencilik potansiyellerini belirlemek üzere minerallerin spektral yansıtma değerleri üzerine çalışmaktadırlar. Arazi spektrometrisi, uzaktan algılama kullanılarak ilgi duyulan bir materyalin nasıl tespit edileceği hakkında fizibilite çalışmalarının yapılması için kullanılır. Spektroradyometre, doğal (güneş ışığı) veya yapay ışığın minerallerden veya maddelerden yansıtma ve yutulma değerlerini ölçen ve bu ölçümleri grafiksel olarak sunan bir gereçtir. Spektroradyometre kullanılarak cisimler ve mineraller atomik, kristal yapısına ve kimyasal kompozisyonlarına bağlı olarak farklı yansıtma değeri vermektedir.

Türkiye, dünyadaki sayılı krom üreticisi ülkeler arasında yer almaktadır. Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral kromittir. Türkiye hamcevher, ferrokrom ve krom kimyasalları dışsatımından önemli döviz geliri sağlamaktadır.

Son yıllarda metalurji, kimya ve refrakter sanayiinin krom cevheri talebi 450x103 tona ulaşmıştır. Ham cevherin iç piyasadaki artan tüketiminin yanı sıra önemli miktarda parça ve konsantre cevher dışsatımı da yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ülkemiz için oldukça önemli bir yeri olan krom cevherlerini oluşturan farklı kromit türlerinin Uzaktan Algılama ile yüksek doğrulukla belirlenebilmesi için ‘‘Spektroradyometrik yöntem’’ ile spektral yansıtma analizlerinin yapılması ve elde edilen sonuçların yeryüzü incelemelerinde kullanılan belli başlı uydu verilerinin spektral çözünürlük aralıklarını kapsayan bölgeleri ile örtüştürülerek yorumlanmasıdır.

2. UZAKTAN ALGILAMADA TEMEL KAVRAMLAR

Uzaktan algılamada, dalga uzunluğuna ve cismin ısıısına bağlı olarak ışıyan enerji miktarı önemlidir [1]. Temel esas, cisimden yayılan elektromanyetik enerjinin algılanmasıdır.

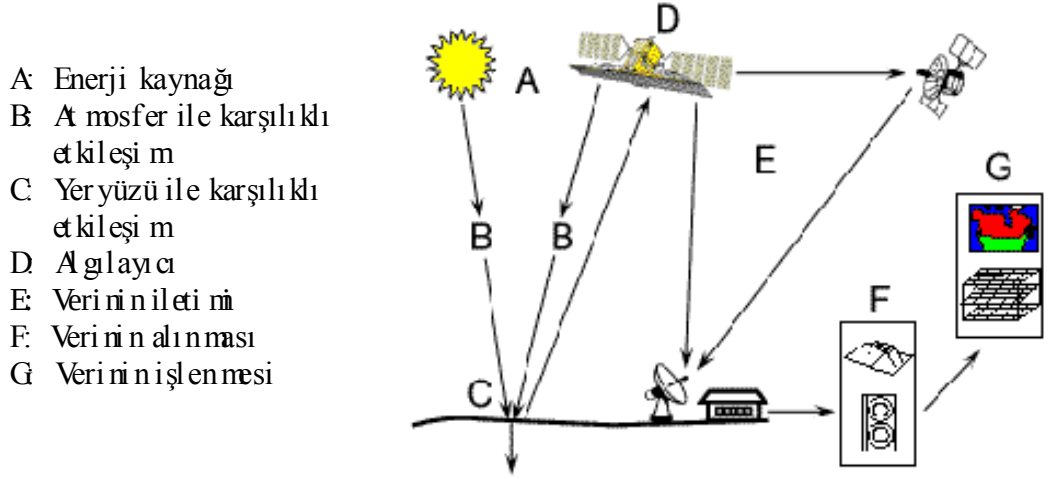
Elektromanyetik enerji ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsamaktadır. En bilinen elektromanyetik enerji şekli güneş ışığıdır.

Görünen ışık elektromanyetik enerji şekillerinden ancak bir tanesidir. Radyo dalgaları, ısı, mor ötesi ve x-ışınları diğer şekilleridir [2].

Yeryüzü kaynaklarının elektromanyetik enerji ile uzaktan algılanabilmesi için beş ana bileşen vardır:

- 1) Enerji Kaynağı: Güneş ışığı, yeryüzünün neşrettiği ısı ve radar ile algılamada olduğu gibi yapay elektromanyetik ışınlar, uzaktan algılamada ışınım kaynağını oluştururlar.
- 2) Atmosfer ile karşılıklı etkileşim Elektromanyetik enerji atmosferden geçerken, çeşitli etkilerle saçılmaya ve bozulmaya uğrar
- 3) Yeryüzü ile karşılıklı etkileşim Yeryüzünden yansıyan veya neşredilen ışınım miktarı ve ışınımın özellikleri, yeryüzündeki nesnenin özelliklerine bağlıdır.
- 4) Algılayıcı: Yeryüzü ile karşılıklı etkileşime uğrayan elektromanyetik ışınım algılayıcılar tarafından kaydedilir.

- 5) Verinin İletimi, Alınması ve İşlenmesi: Algılayıcı tarafından kaydedilen enerji genellikle elektronik formatta yer istasyonuna iletilir. Veri, bu istasyonlarda işlenerek görüntü haline getirilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Uzaktan Algılama Sistemi Bileşenleri [2]

Yeryüzünden elde edilen veriler aşağıdaki alanlarla ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır:

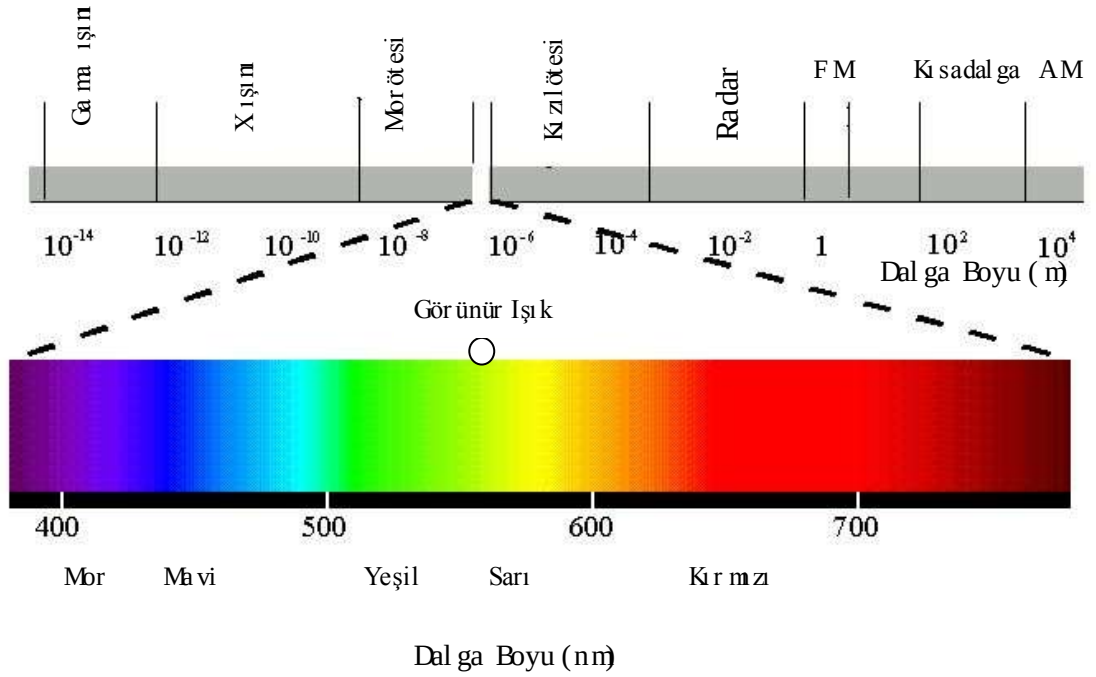
- Jeolojide: Kayaç tiplerinin tanımlanması, ana jeolojik birimlerin haritalanması, jeolojik haritaların revizyonu, magnetik kayaçların haritalanması, güncel volkanik yüzey istiflerinin haritalanması, jeomorfolojik haritalama ve mineral zonlarının belirlenmesi, bölgesel yapıların incelenmesi, çizgisel yapıların haritalanması ve depremsellik dahil güncel tektonik çalışmalarda.
- Su Kaynaklarında: Su alanlarının sınırlarının çizilmesi, yüzey su alanlarının ve boyutlarının belirlenmesi, akarsuların ve akarsu düzlüklerinin haritalanması, kar sınırları, yüzeysel genişlikleri ve miktarının belirlenmesi, buzul özelliklerinin ölçülmesi, su derinliğinin belirlenmesi, drenaj alanının çizilmesi ve göllerle ilgili çalışmalar.
- Tarım ve Ormancılıkta: Tarımsal alanların, otlakların ve orman alanlarının belirlenmesi, tarımsal ürün gelişiminin izlenmesi, sağlıklı ve hastalıklı ürünlerin ve orman alanlarının ayrımı, toprak şartlarının belirlenmesi, çeşitli (yangın, hastalık, sel vb.) nedenlerle zarar gören tarım orman ve otlak alanlarının çıkartılması.

- Arazi kullanımı ve Haritacılıkta: Arazi kullanımının sınıflandırılması, arazi örtüsünün haritalanması, kartoğrafik harita yapımı ve güncelleştirilmesi, kentsel ve kırsal alan ayırımı ve planlarının haritalanması.
- Okyanus ve Deniz Kaynaklarında: Kıyı çizgisindeki değişim denizde yaşayan organizmaların belirlenmesi, sediment taşınması ve özelliklerinin belirlenmesi, balık kümelerinin, sığ alanların tespiti ve ortaya çıkartılması, buzulların hareket yönlerinin ve alanlarının belirlenmesi, girdap ve dalgaların çalışılması, deniz suyu yüzey ısısının belirlenmesi.
- Çevre Çalışmalarında: Su kalitesinin, hava kirliliğinin ve etkilerinin, doğal afetlerin etkilerinin, yüzey madenciliğinin atıklarını ve diğer çevre kirliliklerinin zamanla bağlı değişim analizlerinin gerçekleştirilmesi.
- Meteorolojide: Bulut dağılımı, bulut kapsamı, yağışla ilgili bilgiler, hava akımları, yeryüzü ısı dağılımı gibi meteorolojik çalışmalar da Uzaktan Algılama konuları içinde yer alabilir [4].

2.1 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum ışık hızı ile hareket eden, dalga boyu nanometrelerden kilometrelere kadar uzanan, boşluk boyunca yayılan sürekli ve aralıksız enerji ortamıdır.

Her madde belli bir miktarda enerji yayar. Maddenin artan ısıyla birlikte kısa dalga boylarına doğru enerji miktarı artar. Elektromanyetik spektrum dalga boyunu esas alarak bölgelere ayrılmıştır [5]. Algılayıcıların tasarımı ve yapılacak bir çalışmada kullanılacak uydu görüntüsünün seçiminde, elektromanyetik spektrumun algılama aralıkları büyük önem taşımaktadır. Yeryüzündeki objelerin birbirinden farklı olarak sahip olduğu kimyasal ve fiziksel özelliğe bağlı olarak yaptığı yansımadan dolayı yeryüzü özellikleri farklı spektrum aralıklarında farklı algılayıcılar kullanılarak kaydedilebilmektedir. Şekil 2.2’de ‘‘Elektromanyetik Spektrum’’ gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Elektromanyetik Spektrumda bulunan bölümlerin dalga boyları, göz önüne alınarak ayrıştırmış şeması. $1\text{ mm}=1000\mu\text{m}$ $1\mu\text{m}=1000\text{nm}$ [6]

2.1.1 Uzaktan algılamada kullanılan bölgeler

Genellikle uzaktan algılamada cisten yansıtılan veya yayılan elektromanyetik ışınım kaynak olarak kullanılır. Uzaktan algılama teknolojisi çok küçük dalga boylarına sahip gamma ışınlarından çok büyük dalga boylarına sahip radyo dalgalarına kadar geniş bir yelpazeyi kullanabilir (Tablo 2.1). Tablo 2.2’de kısımlarıyla belirtilen optik dalga uzunlukları uzaktan algılamada uygulamalarında önemli bir yer tutar.

Mikrodalga bölgesi (1 mm - 1 m) değerli uzaktan algılamada bilgileri toplanan diğer bir elektromanyetik spektrum bölgesidir.

Tablo 2.1 Elektromanyetik Spektrum'da dalga uzunluklarına göre bölgeler

Bölge	Dalga boyu	Özellikler
Gama ışını	$\lambda < 0.03\text{nm}$	Gelen ışın mnta m atmosferin üst tabakalarında t m n yutulur ve uzaktan algılamada kullanılmaz.
X ışını	$0.03\text{nm} < \lambda < 3\text{nm}$	Atmosfer tarafından t m n yutulur. Uzaktan algılamada kullanılmaz.
Ultraviyole	$3\text{nm} < \lambda < 0.4\mu\text{m}$	$0.3\mu\text{m}$ den daha küçük dalga boyuna sahip ışın mnta m ozon tarafından soğurulur ve yutulur.
Fotografik UV	$0.3\mu\text{m} < \lambda < 0.4\mu\text{m}$	Atmosfer tarafından geçirilir. Fil m ve fotodedektörlerle saptanabilirler, fakat atmosferdeki saçılmaları fazladır.
Görünür	$0.4\mu\text{m} < \lambda < 0.7\mu\text{m}$	Fil m ve fotodedektörlerle görüntülenir. $0.5\mu\text{m}$ de yeryüzü tarafından yansıtılan maksimum enerjiyi içerir
Kızılötesi	$0.7\mu\text{m} < \lambda < 100\mu\text{m}$	Atmosferik iletim pencereleri yutulma bantlarıyla ayrılır.
Yansıyan IR	$0.7\mu\text{m} < \lambda < 3\mu\text{m}$	Bu kısım malzemenin ısı özellikleri hakkında bilgi vermez. $0.7\text{-}0.9\mu\text{m}$ arasındaki ışın m fil m ile saptanabilir ve fotografik kızılötesi ışın m olarak adlandırılır.
Isıl IR	$3\mu\text{m} < \lambda < 5\mu\text{m}$ ve $8\mu\text{m} < \lambda < 14\mu\text{m}$	Bu aralıklar ısıl bölgede temel atmosfer pencereleridir. Bu bölgede görüntü optik-mekanik tarayıcılarla elde edilir.
Mikro dalga	$1\text{mm} < \lambda < 1\text{m}$	Dalga boyları uzun olduğu için bulut, sis yağmur ve havadaki askıda maddelerden etkilenmezler. Her türlü hava koşulunda pasif veya aktif olarak görüntü elde edilebilir.

Tablo 2.2 Optik dalga boyu kısımları.

İsim	Dalga boyu (μm)
Optik dalga boyu	0.30-15.0
(a) yansayan kısım	0.38-3.00
(i) görünür	0.38-0.72
(ii) yakın IR	0.72-1.30
(iii) orta IR	1.30-3.00
(b) uzak IR (ısıtıl, yayılan)	7.00-15.0

Mikrodalga bölgesi (1 mm - 1 m) değerli uzaktan algılama bilgileri toplanan diğer bir elektromanyetik spektrum bölgesidir.

2.1.2 Atmosfer etkisi

Elektromanyetik ışının bir uzaktan algılama sistemi tarafından algılanmadan önce atmosferini içinden geçmek ve belli bir yol katetmek zorundadır. Atmosferde bulunan gazlar ve parçacıklar gelen ışının saçılma ve yutulma etkilerine sebep olur.

2.1.2.1 Atmosferik saçılma

Güneş ışını, atmosferde gaz molekülleri ve duman, toz, buhar, tuz kristalleri, yağmur damlaları gibi askıda maddeler (aerosol maddeler) nedeniyle saçılır. Saçılan ışık şiddeti:

$$I = I_0 \exp(-k \lambda^n s) \quad (2.1)$$

deyişi ile verilir. Burada,

I_0 : Başlangıçtaki ışık şiddeti

λ : Işığın dalga uzunluğu

k : Atmosfer koşullarına bağlı sayılar

s : Alınan yol

olup, elektromanyetik ışının saçılma teorisi 1908'de elektrik bilimleriyle yaptığı deneyler sonucu Mie tarafından ortaya konulmuştur. Büyüklükleri ışığın dalga

uzunluğundan kat kat küçük ($r \leq 0,1\lambda$) at moferdeki gaz molekülleri dielektrik bilyalar kabul edilip ışığın bu moleküllere çarpması sonucu ortaya çıkan saçılma için Rayleigh katsayısını (-4) olarak hesaplamıştır.

$I = I_0 \exp(-k \lambda^n s)$ ifadesinden saçılmanın dalga uzunluğunun dördüncü kuvveti ile ters orantılı olduğu, yani kısa dalga uzunluklarının uzun dalga uzunluklarına göre çok daha fazla saçıldığı görülür. Rayleigh saçılması adı verilen bu saçılma, büyüklükleri gelen güneş ışınının dalga uzunluklarına göre çok küçük olan gaz molekülleri nedeniyle ortaya çıkar. Rayleigh saçılması gökyüzünün mavi renkte gözükmesinin nedeni dir. Güneş ise mavi ışınının saçılmasından dolayı sarı mırak kırmızı gözükür. Saçılma olmasaydı gökyüzü siyah, güneş parlak beyaz renkte gözükenekti. Güneşin doğuş ve batışı sırasında gökyüzünün kırmızılığının nedeni de yine Rayleigh saçılmasıdır. Güneş ışınları bu sırada at moferde çok uzun bir yol izlediklerinden kısa dalga uzunluklu ışınmsaılır ve uzun dalga uzunluklu kırmızı ve turuncu renkler göze ulaşır [7].

Rayleigh saçılması temiz bir at moferi için geçerlidir. Oysa gerçekte at moferde çok sayıda askıda madde vardır. Çapları $0,01\mu m$ den $100\mu m$ ve daha büyük değerlere ulaşan duman, toz, buhar, tuz kristalleri, sis ve yağmur damlaları gibi askıdaki maddelerden boyutları gelenışının dalga uzunluğu civarında olanlar Mie saçılması olarak adlandırılan saçılmanın meydana gelmesine neden olurlar. Mie saçılması genel olarak dalga uzunluğu ile ters orantılı (λ^{-1}) olup, uzun dalga uzunluklu ışık Rayleigh saçılmasına göre daha fazla etkilenir. Öğle üzeri güneşin tam tepede olması durumunda at moferde en kısa yol izleyeceği için saçılma en alt düzeyde olduğundan gökyüzü beyaz renkte gözükür. Saçılma ışığı gölgelerin de tamamen koyu renk yerine mavi mırak gözükmesine neden olur. Bu saçılma görünümünü güneş ışınından ayırt etmek için buna ‘‘gökyüzü ışığı’’ veya ‘‘at moferi ışığı’’ adı verilir. At moferdeki askıda maddelerin büyüklükleri ışığın dalga uzunluğundan çok daha büyük ise ($>10\lambda$) bütün dalga uzunlukları eşit olarak saçılır (λ^0). Yağmur damlası örneğin böyle bir saçılmaya neden olur. Bu nedeni dir ki bulut ve sis, esas olarak su tanecikleri renksiz olmalarına rağmen beyaz renkte gözükürler (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Atmosferik saçılma

	Dalga uzunluğuna bağılılık	Tane boyutu (λ cinsinden)	Tane cinsi
Rayleigh	λ^{-4}	$\ll 0,1$	Gaz molekülleri
Me	λ^{-1}	0,1 - 10	Duman, is, pus
	λ^0	>10	Sis, su buharı, bulut

Me saçılması atmosferin alt tabakalarında (4560 metreye kadar), Rayleigh saçılması ise üst tabakalarda (9120 metre civarında) kendini gösterir. Bu yükseklikten yukarı kısımlarda atmosferik saçılma azdır [1].

Atmosferik saçılma, uzaktan algılama açısından önemlidir. Işığın, yüzeye ulaşmadan aerosoller ve gazlar tarafından atmosferde saçılması uzaktan algılanmış görüntüleri bozucu şekilde etkiler. Bu etki, elektromanyetik spektrumun görünür kısmının mavi bölgesinde daha yoğun hissedilir, çünkü Rayleigh saçılması kısa dalga boylarında çok kuvvetlidir.

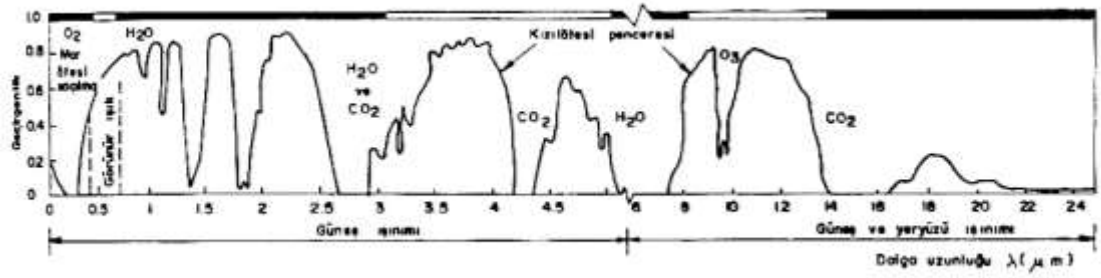
2.1.2.2 Atmosferik yutulma

Yutulma, enerjinin yeryüzüne ulaşmadan atmosferde bulunan moleküller tarafından çeşitli dalga boylarında soğurulmasıdır. Enerji, bir bakıma atmosferde depolanır, yeryüzüne ulaşmadan kaybolur.

Yutulmadan dolayı, ortama giren büyük frekanslı bir enerji daha küçük frekanslı bir enerjiye dönüştürülür, örneğin ışıksıya dönüşür. Yutulma sonucu atmosfer ısınır.

Yutulma daha çok görünür ve kızıl ötesi bantlarında etkilidir. Optik uzaktan algılama, güneş ışığının aydınlatma özelliğine dayanır. Yutulma, atmosferdeki gazların yutucu bantlarının etkisiyle güneş ışığının etkisini düşürür. Bu zayıflama dalga boyuna bağlıdır ve güneş ışığındaki zayıflama hedefin spektral izmasını değiştirir.

Güneş ışığının en fazla yutulduğu ortamlar su buharı (H_2O) ve karbondioksit (CO_2) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Dalga uzunluğuna bağlı olarak atmosferin geçirgenliği [2]

Atomların enerji seviyeleri arasındaki geçişler de yutulmaya etki eder. Bu geçişler her tür atom için farklı karakteristik dalga boylarında olur ve bu dalga boylarında yutulma saçılmaya kıyasla daha baskındır. [4]

2.1.2.3 Atmosferik iletim pencereleri

Kısa dalga uzunluğuna sahip güneş ışınımının büyük bir kısmı atmosferden geçerken, uzun dalga boyuna sahip yeryüzü ışınımının yaklaşık %1'i yutulur. Elektromanyetik enerjinin geçirildiği dalga uzunluğu bölgelerine *atmosfer pencereleri* adı verilir [1].

Gözün duyarlı olduğu bölge, güneş ışınımının en yoğun olduğu ve atmosfer penceresi ile çakıştığı bölgedir. Yeryüzü ve Güneş'in ısı enerjilerinin algılandığı bölgelere 'kızılötesi pencereleri' adı verilmektedir (Şekil 2.3).

Uzaktan algılamada, ışınım kaynağı, atmosfer etkisi ve algılayıcının duyarlılığı birbirini bütünleyen öğelerdir. Bu nedenle algılayıcı seçiminde şu özellikler göz önünde bulundurulmalıdır:

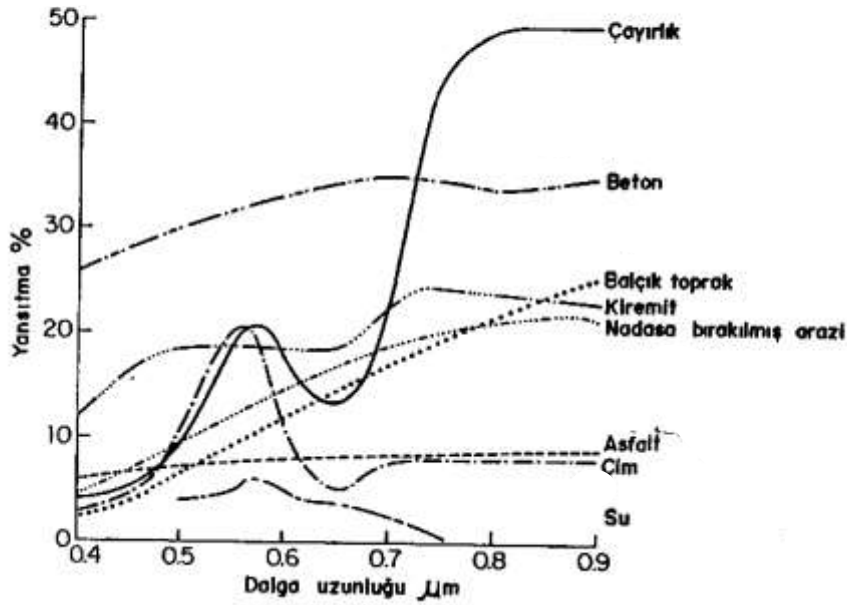
1. Algılanmak istenen spektral bölgede atmosferin geçirgenliği
2. Algılama yapılacak enerjinin kaynağı, şiddeti ve spektral bileşimi
3. Algılanan enerjinin incelenecek özelliklere etkisi

2.2 Cisimlerin Spektral Yansıtması

Bir cisme ulaşan enerji yansıtılır, yutulur ve geçirilir. Bu olaylar cisimlerin fiziksel özelliklerine ve gelen ışınımın dalga uzunluğuna bağlıdır. Görünür bölgede bu spektral değişiklikler renk olarak adlandırılan olgunun ortaya çıkmasına neden

olurlar. Gsne gelen toplam enerji, cismi yüzeyi tarafından yansıtılan, cismi tarafından yutulan ve geçirilen enerjinin toplamına eşittir.

Her cismi üzerine gelen ışık farklı oranlarda yansır ve yutar. Bu davranış ‘‘Spektral Yansıtma Eğrisi’’ denilen bir eğri ile gösterilebilmektedir. Bu eğriler, cisimlerin spektral özelliklerini belirlemektedir [7]. Uzaktan algılamada algılayıcının duyarlı olduğu spektral bölgelerde, farklı özellikteki cisimler, elde edilen görüntülerde farklı gri tonları, çeşitli renk tonları (ölçme değerleri - parlaklık) olarak gözükmektedir. Bu nedenle cisimlerin spektral yansıtma özelliklerinin bilinmesi, kanal seçiminde yardımcı olmaktadır. Şekil 2.4te bazı cislere ait spektral yansıtma eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Çayırılık, beton, balçık toprak, kiremit, nadasa bırakılmış arazi, asfalt, çim ve su için farklı yansıtma değerleri. [8]

2.2.1 Zeminlerin spektral yansıtması

Zeminlerin spektral yansıtmasında sadece yansıtma ve yutma söz konusudur. Zeminlerin spektral yansıtmasını etkileyen faktörler, zeminin su muhtevası, zeminin dokusu (kum, kil, çamur oranı), yüzey pürüzlülüğü ve organik madde muhtevasıdır. Genel olarak, bir zeminde su muhtevasının artmasıyla yansıtma özelliği azalır ve zeminler koyu renkte gözükürler. Kuru zeminler, ıslak zeminlere oranla daha fazla yansıtırlar. Su muhtevası; zeminin yapısı ve dokusu ile ilgilidir. Kaba ve kumlu

zeminler iç drenaj olanağı da fazla olduğundan bunların yansıtma özellikleri çok fazladır, buna karşılık ince dokulu, az drenaj imkânlı zeminlerde yansıtma özelliği azdır. Zeminlerde suyun bulunması durumunda, kaba dokulu zeminler yüzey pürüzlülüğünün fazla olması nedeniyle koyu, ince dokulu zeminler ise açık renk tonunda gözüktürler. Laboratuvar çalışmaları sonucunda, aynı cins zemin türü içi nane boyutunun azalmasıyla birlikte yansıtma değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Aynı özellikleri taşıyan zeminlerde, organik madde miktarındaki artış spektral yansıma azalmaya neden olur.

Isıl ıztması bölgede, su muhtevası fazla olan bölgeler buharlaşma nedeniyle soğuyacaklarından koyu renk tonlarında gözüktürler. Görünür ve ıztması bölgede koyu renk tonu su muhtevasının fazlalığına işaretler. Buna karşılık görünür bölgede açık renk tonu kuru bir zemin için oldukça yüksek organik madde varlığının göstergesidir [1].

2.2.2 Yüzey cismi neri n n spektral yansıtması

Yeryüzündeki cismi neri n yalnız gelen ışını nı yansıtma lar. Bün yeleri nde depoladıkları enerji yi geniş bir spektral bölgede öz ışını molarak neşrederler. Her cisim kendine has fiziksel ve bünye özellikleri nedeni ile aynı ışını metkisinde farklı ısı nı r ve bu ısı yı farklı miktar lar da neşrederler.

Cismi neri n ışını maları ve enerji neşre t meleri gece ve gündüz farklı bir değışim gösterir. Yeryüzündeki cismi neri n daha çok görünür bölgenin dış ında ıztması bölgede ışını m yaydıkları ndan, at mósfer pencereleri nin bulunduğu (3-5µm ve 3-14 µm) bölgelerde algı lama yapılabilir.

Isıl (ter mal) görüntülerde sıcak yüzeyler açık tonda, soğuk yüzeyler koyu tonda görünürler. Renk tonları çevre ve at mósfer koşulları ile ilgili olup günün her saati değışiklik gösterebilirler.

2.3 Yeryüzü İncelemeleri nde Kullanılan Belli Başlı Uydu Verileri

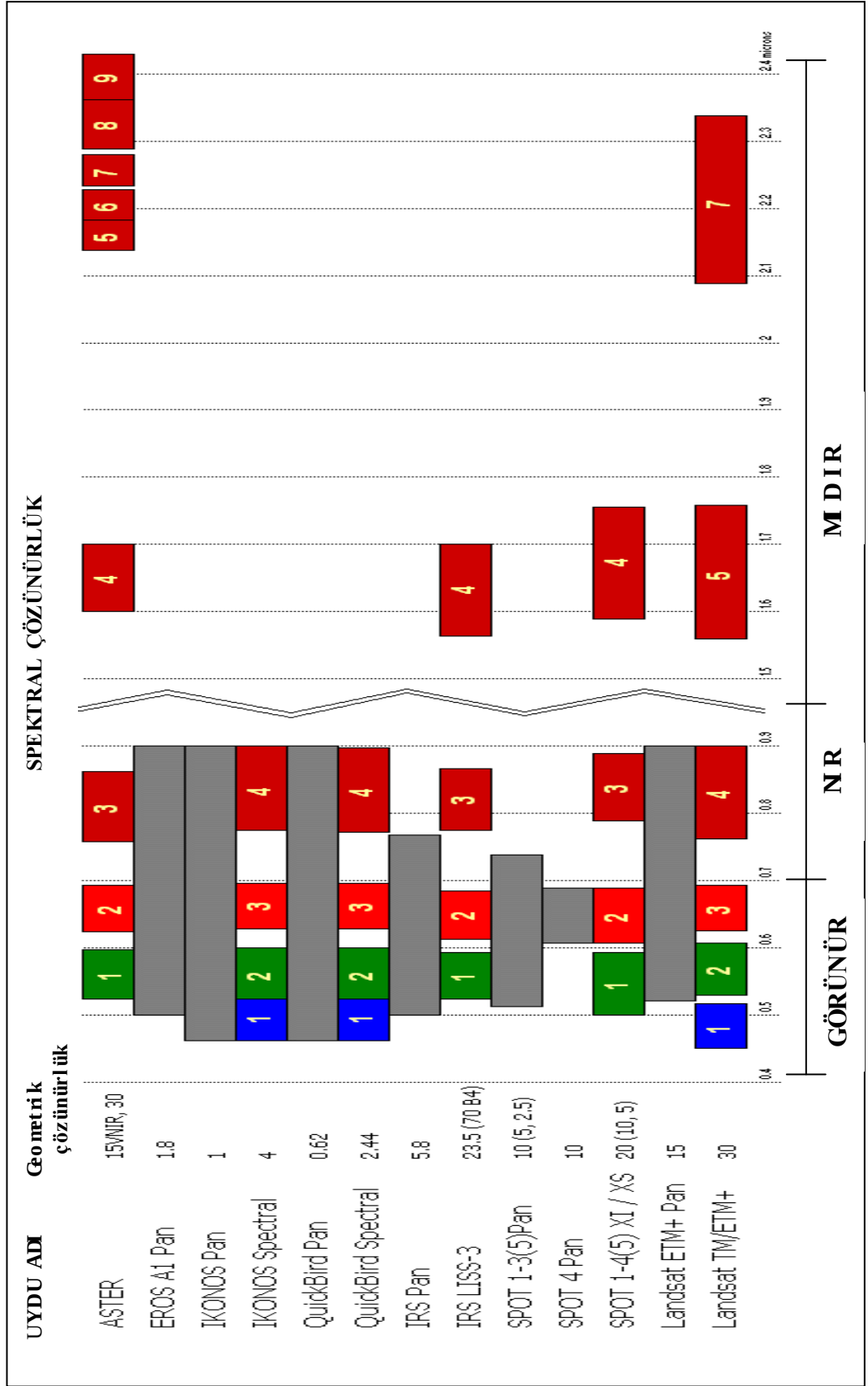
Yeryüzünü gözleyen, algılayıcı sistemleri taşıyan, uyduların gelişimiyle yer yüzeyi hakkında çok sayıda fotografik ya da sayısal for mda verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Bu veriler yer yüzeyindeki çeşitli kaynakların araştırılması, çevre

kirliliğinin izlenmesi ve azalan doğal kaynak stoklarını arttırmak gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.

Gerek yeni topografik ve tematik haritaların yapılmasında, gerekse güncelleştirme çalışmalarında, uzaktan algılama görüntüleri hız, doğruluk ve maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır [9]. Uydu yüksekliklerinin sağladığı geniş görüş, uydu algılayıcılarının hareket hızı ve kullanılan spektral band sayısı nedeniyle çok büyük miktarda veri üretebilir.

Yeryüzü incelemelerinde kullanılan belli başlı uydu isimleri, geometrik ve spektral çözünürlükleri ile birlikte, Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4 Farklı uydu verilerinin geometrik ve spektral çözünürlüklerini gösterimi



3. KAYAÇ VE CEVHER BİLGİSİ

3.1 Magmal Yatakları

Magmal kayaçlar, magmanın soğuyarak katılaşması sonucu meydana gelirler. Yer kabuğunun yaklaşık olarak %65'ini oluştururlar. Kökenlerini magma teşkil ettiğinden bunlara “magmatik kayaç” veya kısaca “magmatit” ismi verilir [10].

Magmal kayaçlara bağımlılığı belirgin birçok mineraller görülür. Bunlardan bazıları büyük ekonomik değere haizken, diğerleri sadece bilimsel yönden önemlidir. Ekonomik yönden önemli olan yatakları özellikle ultrabazik, bazik, ortoasit, derinsokulum kayaçlarıdır. Kayacın diğer mineralleri gibi doğrudan doğruya magmadan kristalleşmiş ürünlerdir. Bunları magmada kristalleştikleri evreye göre ikiye ayırmak olasıdır.

1- Erken Magmal Evre:

- A) Varsıllaşmadan katılaşan serpenti (dissemine) yatakları. Örneğin elmas, korundum
- B) Kristalleşmeyle ayrışma sonucu varsıllaşan cevher yığınları (seyragasyon). Örneğin kromit, platin

2- Geç Magmal Evre:

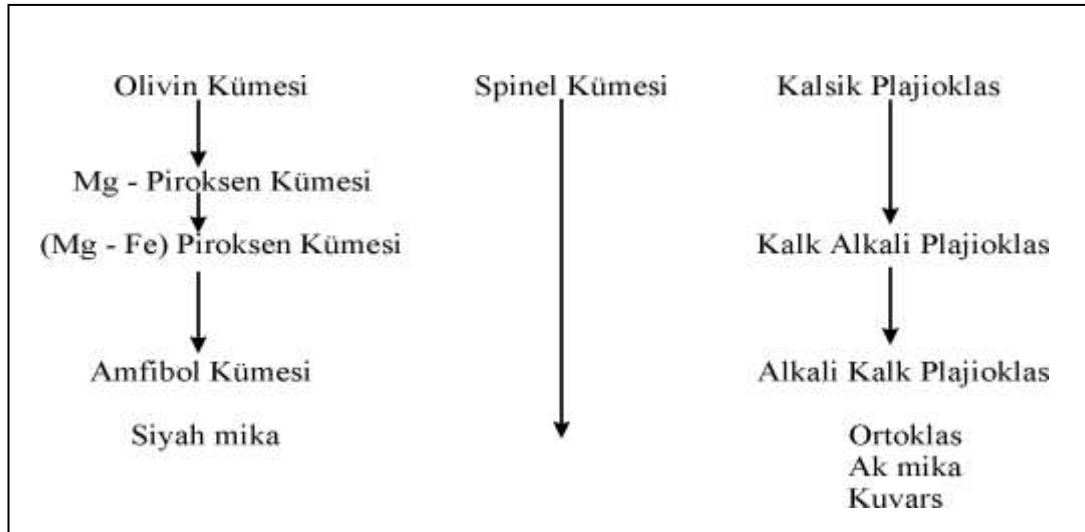
- A) Kalıntı sıvı ayrışması nedeniyle ağır metal oksit eriyiklerinin toplanması, katılaşması veya sokulumu sonucu oluşan yatakları. Örneğin manyetit, ilmenit, titanomanyetit.
- B) Sıvı karışmazlığı nedeniyle oluşan yatakları:
 - I - Noritler içinde sülfür yatakları. Örneğin Cu-Ni, Fe sülfürler, Pt kümesi mineralleri.
 - II- Kuvars monzonit, monzonit, granodiyoritlerde porfir türü yatakları. Örneğin Cu-Mo sülfürler.

3.1.1 Erken magmasal evrede oluşan yataklar

Bu evrede oluşan cevherleşmeler magmasal evrenin başlangıcını belirler, kristalleşmeleri ayrılaşmayla birlikte veya ondan bağımsız gelişebilir. Bazı durumlarda toplanarak ana kayaç içinde cevher yığınlarını meydana getirebilirler. Bu tür yataklar bağlı oldukları ana kayacın sınırları arasında yataklanırlar ve bu sınırların ötesine geçmezler. Bu özellik bu tür cevherleşmelerin gelişmelerinin yönünü saptamada jeodologlar ve maden mühendisleri için önemli ipucudur.

Magmanın uygun sıcaklık ve basınç koşullarına ulaşmasıyla kayaç yapıcı minerallerin kristalleşmeye başladıklarını evvelce belirtmiştir. Bu kristalleşmenin bazı ayrılıkları olmakla beraber Bowen'in ileri sürdüğü kristalleşme sırasına genellikle uyar. Bowen bilindiği gibi iki ayrı kristalleşme dizisi önermektedir. Spinel kümesi mineralleri hemen hemen ayrılaşmanın her kesitinde çökebilir [12].

Tablo 3.1 Bowen'in kristalleşme dizisi



Bir sonraki küme bir öncekinin magmasal sıvıyla tepkimeye girmesiyle oluşur. Bu olay plajioklaslar için sürekli, diğer kümeler için kesiklidir. Görüldüğü gibi magmadan ilk ayrılmalar oksitlerin özellikle Mg, Fe, Al, G oksitlerin kristalleşmesiyle başlar ve Bowen'in dizilerine uygun olarak devam eder. Kayaç oluşum sürecinden maden yatakları yönünden iki durum gelişebilir:

- i) Magmadan ilk ayrılan ve kristalleşen ürünler ana kayacın katılaşması tanımlanmaya dek varsıllaşma veya bir arada toplanma olanağı bulamazlar ve kayaç içinde serpinti meydana getirirler.
- ii) Magmadan ilk ayrılan kristaller magmanın geri kalan kısm

kristalleşinceye kadar ağır olmaları nedeniyle tabana doğru çökelirler ve bir araya toplanarak varsıllaşır.

3.1.1.1 Kristalleşmeyle ayrılaşma sonucu oluşan cevher yığınları

Belirli magmalarda özellikle ultrabazik ve bazik bileşimi olanlarda kristalleşmeler belli cevher minerallerinin kristalleşmesiyle başlar ve bazikten aside doğru minerallerin çökmesiyle devam eder. İlk ayrılan mineraller genellikle oksitlerdir. Magmadan daha yoğun olduklarından dişe çökmeye başlarlar. Çökme sürecinde büyürler ve magnetik aşınmaya uğrayabilirler. Yavaş yavaş tabanda toplanarak cevher yığınlarını oluştururlar. Böylece kristalleşmeyle ayrılaşma sonucu tabanda hemen hemen saf cevherleşme oluşurken yukarı kısımlarda ağır Mg-Fe silikatlar, daha yukarıda da asidik mineraller katılaşırlar. Bu evrede peridotit, piroksenit, anortosit, noritlere bağlı olarak ana cevher kromit olmak üzere az miktarda Pt'li N'li mineraller ve manyetit oluşur. Cevherleşmelerin biçimi, büyüklükleri ve bulundukları yerler ana kayalar ultrabaziklerin olduğu çevreyle yakından ilgili olduklarından yalancı katmanlı sokulumlarla Alpin tipi sokulumları ayırmak gereklidir [11].

3.1.1.1.1 Yalancı katmanlı sokulumlar

Prekambrien veya Alt Paleozoik yaşlı, çanak biçiminde veya dik kenarlı koni biçiminde, çok geniş alanlara yayılan bu tür sokulumlarda kristalleşme ile ayrılaşmanın bütün geçiş kayaçları izlenebilmektedir. Ayrılaşma sonucu meydana gelen katmanları oluşturan kayaçların bileşimi tabandan peridotitten başlayarak tabana doğru norit, piroksenit, gabro, anortosit almasılarına geçer ve en üstte de granodiyorit, granit bileşimi kayaçlarla son bulur. Sokulumun ortalama bileşimi gabroidir. Katmanlaşma çok düzenlidir, yüzlerce kilometre uzanabilir. Kalınlıkları 3-4cm ile yüzlerce metre arasında değişmektedir. Bazı katmanları gerçekte, ana kayadan daha genç uyumlu sokulumlardır.

3.1.1.1.2 Alpin tipi sokulumlar

Bunlar genellikle daha genç yaşlılardır. Paleozoik, Mezozoik veya Tersiyer yaşlılardır. Oşumları çok karmaşık olduğundan jeologlar arasında en çok tartışılan tiptir. Umumiyetle jeosenklinallerin yönleriyle ilişkili bindirme zonlarında tesbih tanesi gibi dizilmiş ufak sokulumlar veya dar uzun serpantin kuşakları halinde görülürler. Yer yer başkalaşma uğramışlardır. Çevrelerinde bazaltik spilitik ve

andezitik püskürüklere ve türevlerine rastlanılır. Bu nedenle Alpin tipi sokulumları sığ sokulumlar olarak düşünenler de vardır.

Diğer bir görüş peridotitlerin mantonun parçaları oldukları çok derinlerde soğuduktan sonra dağ oluşumu sürecinde tektonik etmenler nedeniyle bugün bulundukları yerlere soğuk halde itilip sokulduklarını savunur. Bunun dışında bu tür sokulumlarının oluşumunu açıklamaya çalışan, bazı denizaltı lav akıntıları'nın ayrılaşması ürünü ve bazı bir lav üzerine karasal ortamda bir peridotit akıntısının geldiğini kabul eden görüşler de vardır. En yeni düşüncelerden biri de bu tür sokulumların levha tektoniği ile oluştuğunu kabul eder.

Bu tür sokulumlar genellikle nercek biçimi, yaklaşık 500-1000 km²'lik yer kaplayan sokulumlardır. Bazıları peridotit kuşakları halinde görülür. Bu kuşakların bindirne fayları zonlarında ve eski jeosenklinallerin yönüne paralel görülmesi ilgi çekicidir. Bu sokulumlarda devamsız ve düzensiz katmanlaşma görülebilir.

3.1.1.2 Kromit yatakları ve genel özellikleri

3.1.1.2.1 Kromitin oluşumu

Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral kromittir. Kromit, mineralojik olarak spinel grubuna ait bir mineral olup, küp sisteminde kristallenir. Teorik formülü $FeCr_2O_4$ olmakla birlikte, doğada bulunan kromit mineralinin formülü $(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)_2O_4$ olarak verilmektedir [13].

Kromit minerali ve krom yatakları kökensel olarak ilişkili oldukları ultrabazik kayalar içinde bulunurlar. Ultrabazik kayanın oluşturduğu hamura gömülü kromit kristalleri krom cevherini oluşturmaktadır. Ultrabazik hamur malzemesi içinde kromit kristallerinin ve/veya tanelerinin bulunuş yoğunluğu, sergiledikleri doku ve yapı özellikleri krom cevherinin masif, saçılmış nodüllü, orbiküler, bantlı, masif bantlı ve dissemine bantlı gibi nitelendirilmelerini sağlar. Mg, Cr, Fe, Al elementleri kromit mineralini oluşturan elementler olmakla birlikte, gang minerallerinden kaynaklanan silis de krom cevheri analizlerinin ayrılmaz bir parçasıdır.

Kromit yataklarının, her iki sokulumda da kristalleşmeyle ayrılaşma sonucu oluşukları konusunda görüş birliği vardır. Ancak yataklarda gözlenen doku ve yapı ayrıcalıklarını açıklamada değişik düşünceler ileri sürülmektedir. Katmanlı yapıyı, buharlaşma ürünlerinin çökmesi ne benzetilerek, magmasal tortullaşma denebilecek

bir olaya bağlayanlar vardır. Magma belirli bir zaman kesitinde krom açısından doygunlaşınca kromit kristalleri çökmeye başlarlar, kromit sıvıdan ayrıldıktan sonra, eriyik giderek krom açısından yoksullaşır, kromit çökelişi birden veya yavaşlayarak durur. Böylece bir kromit katmanı oluşur. Bu süreçte magma Mg-Fe silikatlar yönünden varsıllaştığından, kromit çökelişini olivin, piroksen v.b. çökelişleri izler. Silikatların ayrılması eriyikte krom derişimi, çökeliş düzeyine ulaşmaya dek devam eder. Bu çevrim kromit ükeniye durur.

Kromit oluşumlarının çoğunlukla sokulumun kenar ve taban kuşaklarını yeglenelerini ve katmanlı yapıyı açıklayıcı diğer savlar:

1- Sıcaklık ayrıcalığından ötürü geniş konveksiyon hücrelerinin meydana gelmesi. Bunlara uyumlu magma devrimini ve soğuk kenar ve taban yörelerinde kromit kristalleri çökelişi ve katmanlaşmasının gerçekleşmesi.

2- Daha derin bir kaynaktan düzensel olarak türev magma ile beslenme.

3- H_2O O_2 vb. gazların oransal basınçlarının değişimine bağlı olarak neral dengelerinin değişmesi sonucu alması veya çevrimsel düzende değişimi nerallerin çökelişi.

Alpin türü yataklarındaki bazı yapı ve doku biçimlerini bu varsayımlar pek açıklayamamaktadır. Hermann Borchert'e göre, doku çeşitliliği kristalleşmeyle magmasal ayrışma sürecinde, ultrabazik magmadan birincil katmanlaşma eğimiyle ilgilidir. Eğim $0-10^\circ$ ise bulutsu veya yalancı katmanlı somcevher, $10-15^\circ$ ise benekli cevher $25-50^\circ$ leopar cevher 50° den yukarı eğimlerde küresel, torba, kese, baca biçiminde cevherler oluşur. Diğer bir sav da kromatin subvolkanik evrede katılaştığı, içinde bulunduğu serpantinleşmiş kütlelerin dağ oluşumu süresinde itilmesi ve sıkışması sırasında, fiziksel yapıları birbirinden ayrı iki kütlelerin birlikte sürüklenmesi sonucunda kromitin gözlenen yapı ve doku biçimlerini mercek, baca vb. aldığı ileri sürer [11].

Kromit yataklarının karşılaştırmalı özelliklerinin gösterimi Tablo 3.2'de yer almaktadır.

3.2 Kromit Oşunlarının Ülkemiz için Önemi

Dünyadaki sayılı krom üreticisi ülkeler arasında yer alan Türkiye ham cevher, ferrokrom ve krom kimyasalları dışsatımından önemli döviz geliri sağlamaktadır. Son yıllarda metalurji, kimya ve refrakter sanayinin krom cevheri talebi 450x103 tona ulaşmıştır. Ham cevheri iç piyasadaki artan tüketiminin yanı sıra önemli miktarda parça ve konsantre cevher dışsatım da yapılmaktadır [13].

Buna karşılık Alpin tipi kromiyatları olarak adlandırılan ülkemiz kromiyatlarının düzensizlikleri nedeniyle, bilinen rezervler yıllık üretimi göre yetersiz kalmaktadırlar. Gerek yerli sanayinin hammadde güvenliğini sağlamak ve gerekse artan dış talebi karşılamak için, bir yandan bilinen yatakların rezervlerinin geliştirilmesi, bir yandan da yeni cevher potansiyelleri bulmak amacıyla yeni sahalарın aranması büyük öneme sahiptir.

Tablo 3.2 Kromit Yataklarının Karşılaştırmalı Özellikleri [11]

<i>Yalancı Katmanlı Sokulunlar</i>		<i>Alpini Tipi Sokulunlar</i>
Ana Kayacın Biçimi	Büyük hacimli tabak veya dik kenarlı koni biçiminde, yalancı katmanlar halinde ayrılmış, bazı katmanları uyumlu daha genç sokulunlar dâhil, birlerce km ² alanı kaplarlar.	Uzun nercek yapıları 500 – 1000 km ² alanı kaplayan tekil düşükler halinde veya dar peridotit kuşakları biçiminde, yalancı katmanlaşma nadiren görülür, düzensiz ve devamsıdır. Katmanlaşmanın nedeni bilinmemekle beraber iç akıntılar etkisiyle oluşması olasıdır.
Tektonik	Etkisi pek görülmez, oldukça duraylı bölgelerde oluşmuşlardır. Bazı kırılma ve kırıklar görülse de şiddetli değildir.	Tektoniğin etkisi çok açıktır. Duraysız ve jeosenklinalleri hareketli kısımlarında görülürler. Bndirne fayları ile ilişkileri çok sıkıdır. Yer yer şiddetli kırılma, kırılmaya, başkalaşma uğramışlardır.
Yaş	Prekambriyen, At Paleozoik nadiren Tersiyer	Nadiren Paleozoik, Mesozoik, Tersiyer
Kayaç Bileşimi	Ortalama gabroik bileşiminde peridotit – pirokсенit – norit – gabro – anortazit – granodiyorit – granit	Peridotit, dunit, pikrit, serpantinleşme çok yaygındır. İnciye göre MgO yüksek, Al ₂ O ₃ düşüktür.
Bulunduğu Yerler	Grönland'da Skaergaard (tersiyer), Transval'da Bushveld karmaşığı, Rodezya'da Great Dayk, Montana'da Stillwater karmaşığı	Rusya'da Ural sıradağları, Türkiye, Küba, İran, Pakistan, Hindistan, Filipinler, Yeni Kaledonya, Yugoslavya, Yunanistan
Cevherleri	Kromitler, nikel (sülfür, arsenür ve silikatları), doğal platin (platin sülfür, arsenür, anti monürleri), az miktarda manyetit.	Kromit, doğal platin, nikel (İnciye göre daha az %0,2 – 0,5), garnierit veya nikelli diavin veya petlandit şeklinde.
Cevher Yataklarının Bulunuş Biçimi	Düzenli, geniş alana yayılan katmanlar halinde, ayrılmışma sonucu oluşmuş diğer kayaç katmanlarıyla alması k cevher katmanlarının kalınlıkları 1–5–6 m arasında değişir, yer yer 15 m'ye ulaşabilir. Uzunlukları birkaç km'yi bulur. Yan kayaca geçişleri derecelidir. Keskin sınırlar görülmez. Yer yer kama veya yassı nercek biçimlerinde görülür. Katmanlara ayrılma, toplanma, boşluk dolurma görülebilir. Kromit kristalleri genellikle güzel şekillidir.	Düzensiz yataklar halinde, devamsız kromit kuşakları bulut, şerit, kaytancık tipleri, küt adese, boru, baca biçimlerinde, tesbih tanesi gibi dizilmiş nercekler halinde veya torba ve kese biçiminde kafalar halinde görülebilir. Kromit serpintilerinden bulut, kaytancık (tane büyüklüğü 3–5 mm), benekli cevher, leopar derisi cevher (1.5 cm), küresel (3–5 cm) ve kompakt kromit görülür. Kristaller yuvarlaklaşmıştır. Genellikle magmatik aşınmaya uğramışlardır. İççe kromit ve serpantin hallerinden oluşmuş orbüklükler kromit kürelerine de rastlanabilir. Bazılarında kaytancıkların uzunlarına yönleri ana kayacın çizgisel yapısına genellikle paraleldir.
Kromitin Bileşimi	MgO / FeO 3/5 – 1/1 %10 ≤ Fe ₂ O ₃ ≤ %24 Cr ₂ O ₃ geniş aralıklarla değişir. Al ₂ O ₃ / Cr ₂ O ₃ alpini tipine nazaran daha yüksektir. Cr / Fe 0.75–1.75 ortalama 1	MgO / FeO 1/1 – 7/3 Fe ₂ O ₃ ≤ %8 %16 ≤ Cr ₂ O ₃ ≤ %5 %6 ≤ Al ₂ O ₃ ≤ %2 Cr / Fe 1.5–4.5 ortalama 2.5 Kromit tanelerinin merkeziinden dışa doğru kuşaklanma vardır. Çekirdek MgO, Cr ₂ O ₃ yönünden, çeperler ise FeO ve Fe ₂ O ₃ yönünden varsıdır.

3.2.1 Rezervler

Türkiye'de 800 kadar tek veya grup halinde kromyatağı ve kromcevherinin ortaya çıkarıldığı bilinmektedir. Coğrafi yönden krom yataklarının dağılımı altı bölgede toplamak mümkündür [13] (Şekil 3.1):

- 1- Guleman (Hazıgözü) yöresi
- 2- Fethiye- Köyceğiz- Denizli yöresi
- 3- Bursa- Kütahya- Eskişehir yöresi
- 4- Mersin- Karsantı- Narbaşı yöresi
- 5- Erzinca- Kopdağ yöresi
- 6- İskenderun- Kahramanmaraş yöresi



Şekil 3.1 Türkiye'deki önemli krom yataklarının dağılımı [14]

3.2.2 Tüketi mal anları

Krom cevheri başlıca metalurji, kimya, refrakter ve döküm sanayiinde kullanılır[13].

Metalurji: Metalurji sanayiinde krom cevherinin en önemli kullanı mal anı paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferrokrom üretimidir. Ferrokrom ise paslanmaz çelik metal ve silah sanayiinin çok önemli bir maddesidir. Krom çeliğe sertlikle kırılma ve darbelere karşı direnç verir, aşınma ve oksitlenmeye karşı koruma sağlar.

Son yıllarda metalurji sanayiinde kullanılan kromun (krom demir alaşımları ve krom metalinin) yaklaşık %95'i ferrokrom şeklinde, ferrokrom ise başlıca paslanmaz ve ısıya dirençli çelik yapımında tüketilmektedir. Paslanmaz çelikler %12-40 arasında krom içerir. Paslanmaz çelik sanayii, ABD'de krom demir alaşımları ve krom metal toplam tüketiminde yaklaşık %9'luk bir paya sahiptir. Bu oran düzenli bir şekilde artış sergilemektedir.

Krom çeliğe başlıca yüksek karbonlu ferrokrom şeklinde ilave edilir. ABD'de son 10 yılda toplam ferrokrom tüketimi içinde yüksek karbonlu ferrokrom tüketiminin payı %71'den %91 oranına yükselmiştir.

Krom metal, yüksek performans alaşımlarında, Al, Ti, Cu alaşımlarında, ısıya ve elektriğe dirençli alaşımlarda kullanılmaktadır.

Kimya: Çoğu krom kimyasalları, kimyasal kalitedeki krom cevherinden doğrudan elde edilen sodyum bikromattan üretilir. Krom kimyasalları paslanmayı önleyici özellikleri nedeniyle uçak ve gemi sanayiinde yaygın olarak, kimya endüstrisinde de sodyumbikromat, kromik asit ve boya hammaddesi yapımında kullanılmaktadır.

Krom kimyasalları; metal kaplama, deri tabaklama, boya maddeleri, seramikler, parlatici gereçler, katalizör, boyalar, konserve kutulama, su işleme, temizleme, çamuru ve diğer birçok alanda tüketilir.

Refrakter: Refrakter özellikteki krom cevheri, çelik üretiminde yüksek fırınlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [13]

Kromit yataklarında bulunan cevher türlerinin kullanım alanlarına göre kimyasal dağılımları Tablo 3.3'de gösterilmektedir.

Tablo 3.3 Kromit cevheri türlerinin kullanımlarına göre kimyasal dağılımı [14]

Cevher türü	Cr ₂ O ₃	Cr/ Fe (Ratı o)	Cr ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Ca O
Met alürjik	> %46	>2,1	-	< %10	-	-
Kimyasal	> %44	>1,5	-	< %3,5	-	-
Refrakter	> %30	2-2,5	>%57	% 6	%25-30	-
Döküm	> %44	2	-	< %4	-	< %0,5

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN DONANIM VE YAZILI MİLEŞENLERİ

4.1 Giriş

Spektroskopi, elektromanyetik ışınım (EMR) ile cisim arasındaki karşılıklı etkileşimi inceleyen bir disiplindir. Yeryüzünün pasif algılanması durumunda doğal ışık kaynağı güneştir. Güneşten gelen ışının dalga uzunluğu nanometrelerden kilometrelere kadar uzanır. Özellikle güneş ışığının aydınlattığı doğal çevre içerisinde yapılan yansıma değerinin belirlendiği ölçümler ile ilgili çalışmalar ‘‘Alan Spektrometrisi’’ (Field Spectrometry) olarak adlandırılır [15].

Elektromanyetik ışınım cisim ile etkileşime girdiğinde, cismin moleküler özelliğine bağlı olarak farklı davranışlar gösterir. Örneğin, cismi yeşil bir yaprak ise, üzerine gelen görünür bölgedeki ışığın mavi ve kırmızı aralığı yaprak tarafından yutulup yeşil yansıtıldığı için biz onu yeşil olarak algılarız.

Atmosferdeki saçılma, alan spektrometrisinin etkilendiği faktörlerden birisidir. Benzer şekilde yutulma bandları, güneşten gelen enerjinin her bir dalga boyunda yeryüzüne ne oranda ulaşacağını belirler ve atmosferin yapısına bağlı olarak yutulan ışının alan spektrometrisi ölçümlerini etkileyeceği açıktır.

Alan spektrometrisi, ele alınan bir cismin uzaktan algılanma ile özelliklerinin ortaya konabileceği, cisim hakkında bilgilerin elde edilebileceği diğer bir deyişle fizibilite çalışmalarının yapılabilceği bir araç olarak kullanılır [16].

Çalışmanın ele alındığı cismin, çevresindeki diğer materyallerle ayrılabilirliği için bazı soruları sormak gerekir:

- 1) Araştırma için gereken spektral çözünürlük ne kadardır?
- 2) Araştırma için gereken geometrik çözünürlük ne kadardır?
- 3) Araştırma için gereken en uygun temporal çözünürlük ne kadardır?
- 4) Araştırma için gereken radyometrik çözünürlük ne kadardır?

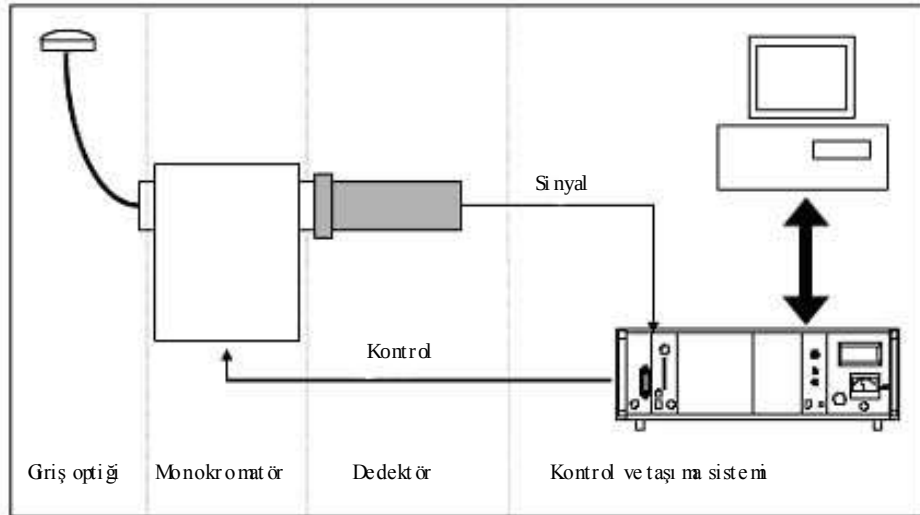
Uzaktan algılanma çalışmalarında eş zamanlı alan spektrometrisi ile yapılan örneklemeler çalışmaların doğruluğunu arttıracaktır.

4.2 Spektoradyometre

Spektoradyometri, ışığın cisimler karşısındaki davranışını veren spektral dağılımın ölçülmesi ve analizidir. Ölçümler, spektoradyometre kullanılarak yapılır.

Bir spektoradyometre sistemi, Şekil 4.1’de görüldüğü gibi dört temel birimi içerir[17]:

- Giriş optiği, tanımlanan görüş alanındaki ışınımı toplar ve monokromatöre taşır.
- Monokromatör, gelen ışınımı dalga uzunluğu bileşenlerine ayırır.
- Dedektör, her bir dalga uzunluğundaki ışınımı ölçer
- Kontrol ve taşıma sistemi, toplanan veriyi tanımlar ve belleğe kaydeder.



Şekil 4.1 Spektoradyometreyi oluşturan temel bileşenler [17]

4.2.1 Çalışma Sistemi

Çalışmada kullanılan spektoradyometrenin türü ‘‘Fieldspec FR’’ olarak adlandırılmaktadır. Fieldspec FR, aktif veya pasif ışık enerjisine ihtiyaç duyan birçok uygulamada yararlı dan genel amaçlı, taşınabilir bir spektoradyometredir.

Fieldspec FR spektoradyometre, doğrudan spektoradyometreyi besleyen 1 metre fiber optik girişine sahiptir. Bu ayarlanamamın iki avantajı vardır:

- Birincisi; fiber optik giriş, kullanıcıya, tüm spektoradyometreyi hareket ettirmekten çok hafif dan fiber optik probu hızlı hareket ettirmeyi ve hedeflemeyi sağlar.

- İkinci olarak, fiber optik spektrometreye doğrudan bağlı olduğu için, sinyal kayıpları yaşanmaz [18].

Fiber optik kablo aracılığıyla, hedef üzerinden yansıyan ışık toplanır. Aletin iç kısmına bakıldığında ışık, bağımsız ölçümü için, fiber optiklerden, dalga uzunluğu bileşenlerinin ayrıldığı ve yansıtıldığı holografik dağıtma ızgaralarına (diffraction grating) yöneltilir. Her bir dedektör okuma işlemini bitirene kadar gelen fotonları elektronlara dönüştürür ve bu elektronlar depolanır. Okuma işlemi (read out) sırasında, her bir dedektör için olan fotoelektrik akım voltaja çevrilir ve analog dijital dönüştürücü tarafından sayılaştırılır. Sayısal veri, kontrol sistemindeki geliştirilmiş paralel port (EPP) kullanılarak bilgisayarın ana belleğine aktarılır. Sayısal spektral veri bundan sonra yazılım tarafından işlenmeye hazır hale gelmiştir [17].

Fiel dspec FR, kendi içerisinde 3 ayrı spektrometreden oluşmaktadır:

- VNIR (Visible/NIR) spektrometresi, 350-1050 nm
- SWR1 (Short waveIR) spektrometresi, 900-1850 nm
- SWR2 (Short waveIR) spektrometresi, 1700-2500 nm

dalga boyu aralığı bölgesini kapsamaktadır.

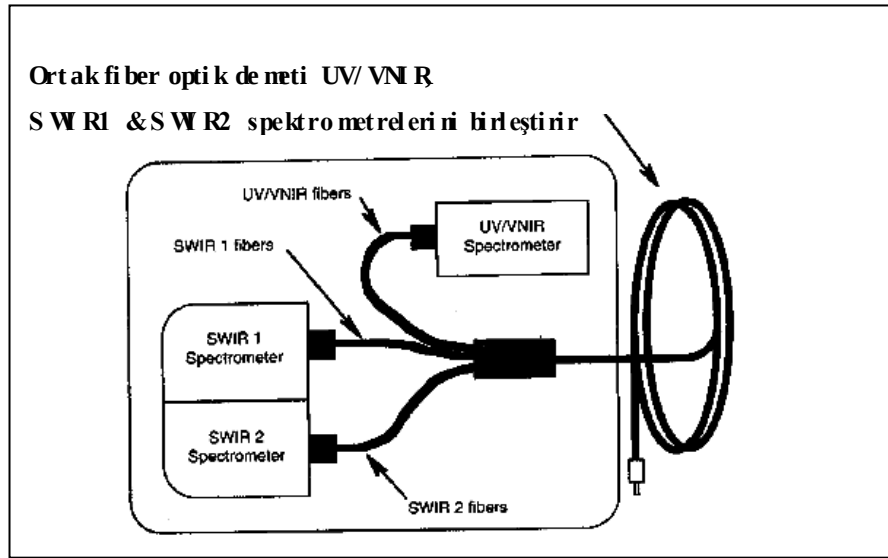
Spektrumun VNIR (Görünür/ Yakın kızılötesi) bölgesinde, dalga boyu aralığı daha çok sıralı ayrıştırıcı filtre ile kaplanmış 512 kanallı silikon fotodiyot dizisi tarafından ölçülür. Kendi başına ayrı bir dedektör olan her bir kanal, dar bir band içinde ışığı alıyacak şekilde geometrik olarak konumlandırılmıştır.

Spektrumun SWR (short wave infrared), yakın kızılötesi (NIR) olarak adlandırılan kısmi ki tane tarayıcı spektrometre kullanmaktadır. Bunlar, görünür yakın kızılötesi (VNIR) bölgesinde kullanılan dizilerden farklı olarak, eşzamanlı yerine ardışık olarak dalga uzunluklarını ölçerler. Her bir spektrometre bir dışbükey holografik ızgara (grating) ve bir termoelektrik soğutulmuş InGaAs (indium gallium arsenide) dedektör içermektedir. Izzaralar, 200 ns periyotla salınım yapan ortak bir mil üzerine monte edilmiştir. VNIR spektrometrelere farklı olarak her bir SWR spektrometre, ızgara salındıkça ışığın farklı dalga uzunluklarına maruz kalan tek bir dedektöre sahiptir [17].

Spektrometrelerden elde edilen elektromanyetik ışının elektriksel işaretlere dönüştürüldükten sonra tek bir grafik halinde sonuç veren yazılım (the controlling software), dalga boyu aralıklarındaki örtüşmeyi otomatik olarak hesaplar.

4.2.2 Işığın toplanması

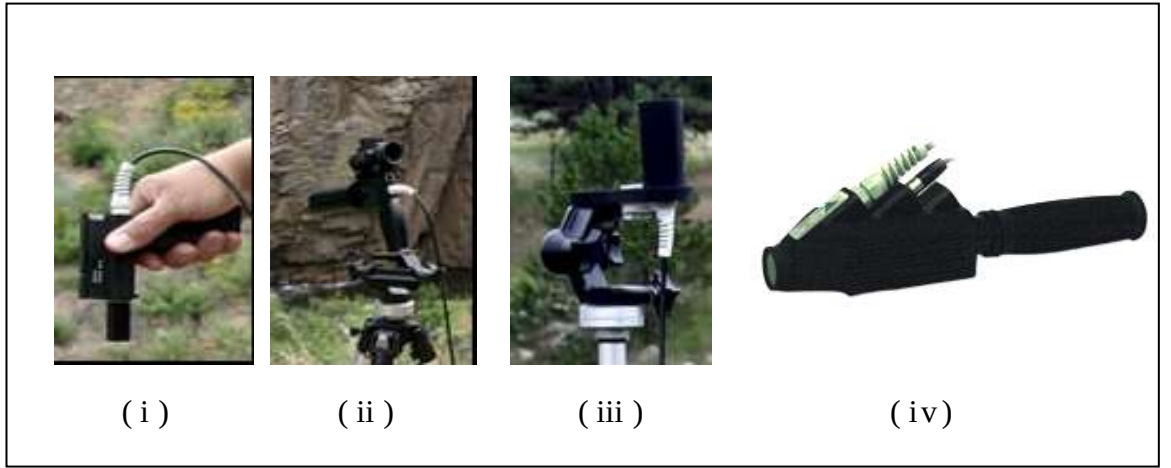
Fiber optik kablo yaklaşık 25 derecelik bir açıyla tamkoni bir görüşe sahiptir. Daha uzun fiber optik kabloların kullanımı mümkün olsa da $2,2\mu\text{m}$ 'den büyük dalga uzunluklarında performans azalmaktadır. Fiber optik kablo, cihaz içinde üç ayrı parçaya ayrılarak toplanan ışığı her üç spektrometreye ulaştırır (Şekil 4.2). Işık başlı başına uygulamalar için tasarlanmış yalın fiber optik veya önoptik cihaz ile toplanabilir. Farklı önoptik çeşitleri kullanıldığında cihazın vereceği yanıt (response) şiddetli bir şekilde değişir. Opsiyonel ileri optikler; irradyans ölçümleri için uzak kosinüs alıcılar (remote cosine receptor), yansıtma ve neşretme ölçümleri için görünür alan önoptikleri içermektedir [17].



Şekil 4.2 Ortak fiber optik demetinin spektrometreleri birleştirme şeklinin gösterimi [19]

- Pistol : Yansıtma ve neşretme (radyans) ölçümlerinde kullanılır. 25 derecelik görüş açısına sahiptir. Ayrıca eklenebilen 1 ve 8 derecelik önoptik lensleri mevcuttur (Şekil 4.3(i)).
- Dürbünl ü pistol: Ölçüm yapılacak geometri ile hizalanak amacıyla üzerinde bir hedef alına dürbünü yer alır. 25 derecelik görüş açısına sahiptir (Şekil 4.3(ii)).

- iii. Uzak kosi nüs alıcısı (remote cosine receptor): Işık geçirgen bir önoptiktir. İrradyans ölçümleri için kullanılır. 180 derecelik görüş açısına sahiptir (Şekil 4.3(iii)).
- iv. Yüksek yoğunluklu kontak prob (High Intensity Contact Probe): Diğer önoptiklerden farklı olarak, laboratuvar ortamında da kullanılır. Ham materyallerin analiz edilmeleri için tasarlanmıştır. Örneklerin ölçümü daha kolaydır. Ayrıca, özel optik tasarımı sayesinde, ışık kayıplarıyla (stray light) ilişkili ölçme hatalarını minimize eder. Kontak prob, içerisinde kendi ışık kaynağına (1500 saatlik halojen lamba) ve 10mm görüş çapına sahiptir (Şekil 4.3(iv)). Mineral, tohum ve granül uygulamaları için idealdir [20].



Şekil 4.3 Farklı önoptik çeşitleri [21]

4.2.3 Aydınlatma

Sahada yapılan spektral ölçümler, varolan çevre aydınlatmasıyla gerçekleştirilir. Hedef, gölgede olmadığı sürece, aydınlatma kaynağı doğrudan güneş ışığıdır. Sahada yapılan spektral ölçümler ile uzaktan algılanan görüntüler arasındaki uyumu korumak adına birçok durumda aydınlatma olarak çevreyi saran güneş ışığı kullanılmak istense de, bazen yapay aydınlatmanın kullanılacağı durumlar söz konusudur.

Yapay aydınlatma aşağıdakilere olanak sağlar:

- Aydınlatma ve görüntüleme geometrisi üzerinde daha fazla kontrol
- Hedeflenen geometri üzerinde daha fazla kontrol
- Uygun olmayan durumlar esnasında ölçüm yapılması (bulutlu veya gece)

- Atmosferik yutulan bandlarında yansıtma ve geçirgenlik ölçümü [22].

Işık kaynağı tercihe bağlı olarak, alan spektrometresi içinde birleşik veya ayrıntılı ışık toplayıcı optiklerine monte edilmiş halde kullanılabilir.

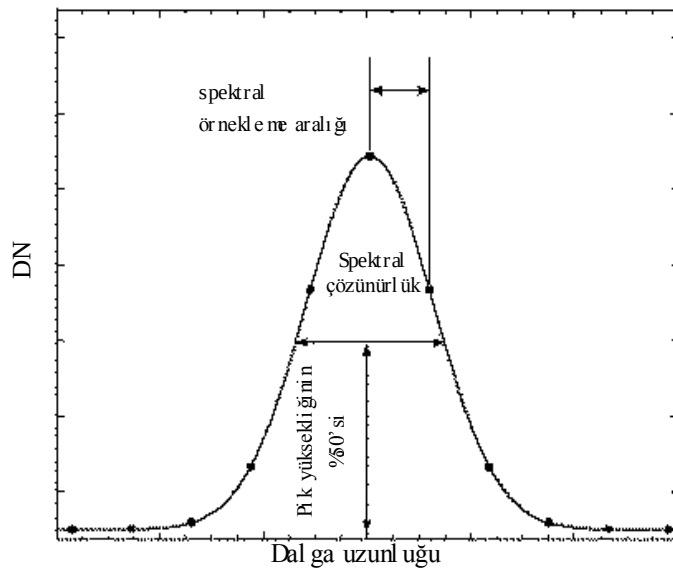
Kapalı alanda ışık kaynağı seçilirken sabit bir doğru akım (DC) güç kaynağı kullanılması önemlidir. Alternatif akım (AC) lambaları spektral alanda istenmeyen dalgalanmalar üretebilirler, ki bunlar bazen cismin spektral özelliklerine benzeyebilir.

Floresan ışıkları kullanılmamalıdır, çünkü karşılaştırmalı spektral ölçümleri yapacak geniş bantlı enerji mevcut değildir.

4.2.4 Spektral çözünürlük ve spektral örnekleme aralığı

Spektral çözünürlük, spektrometre tarafından ölçülebilen en küçük spektral aralığa karşılık gelir (Şekil 4.4).

Spektral örnekleme aralığı, spektrometre tarafından ölçülen spektrumdaki veri noktaları arasındaki mesafenin dalga boyu cinsinden değeridir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Spektral örnekleme aralığının ve spektral çözünürlüğün grafik gösterimi

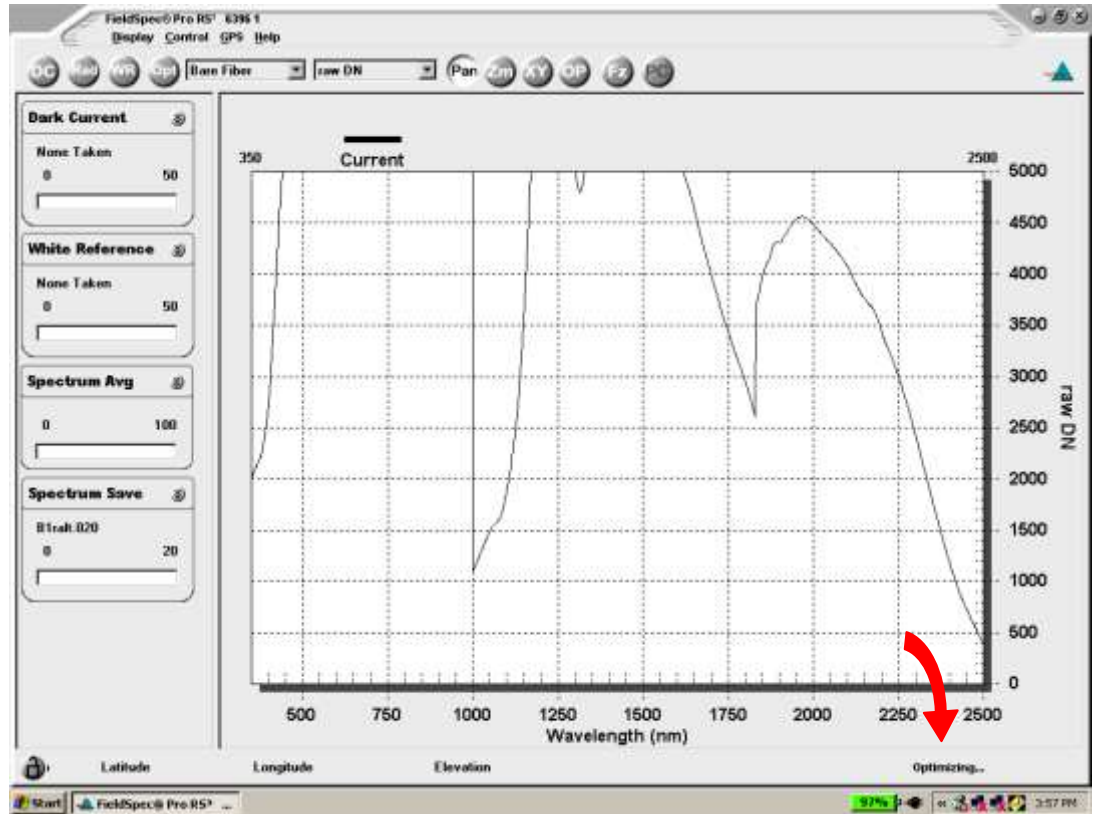
Fiel spec FR spektrometre, hiperspektral uzaktan algılamaya uygulamaları için gereken değerleri karşılayacak şekilde, 2nm-3nm spektral örnekleme aralığına 10 nm-12nm spektral çözünürlük değerine sahiptir.

VNI R spektrometresi 700 nm civarında, yaklaşık 3 nm spektral çözünürlüğe sahiptir. Her bir SWR bölgesi için spektral örnekleme aralığı yaklaşık 2 nm'dir. ve dalga boyunun tarama açısına bağlı olarak spektral çözünürlüğü 10 ile 12 nm arasında değişir [17].

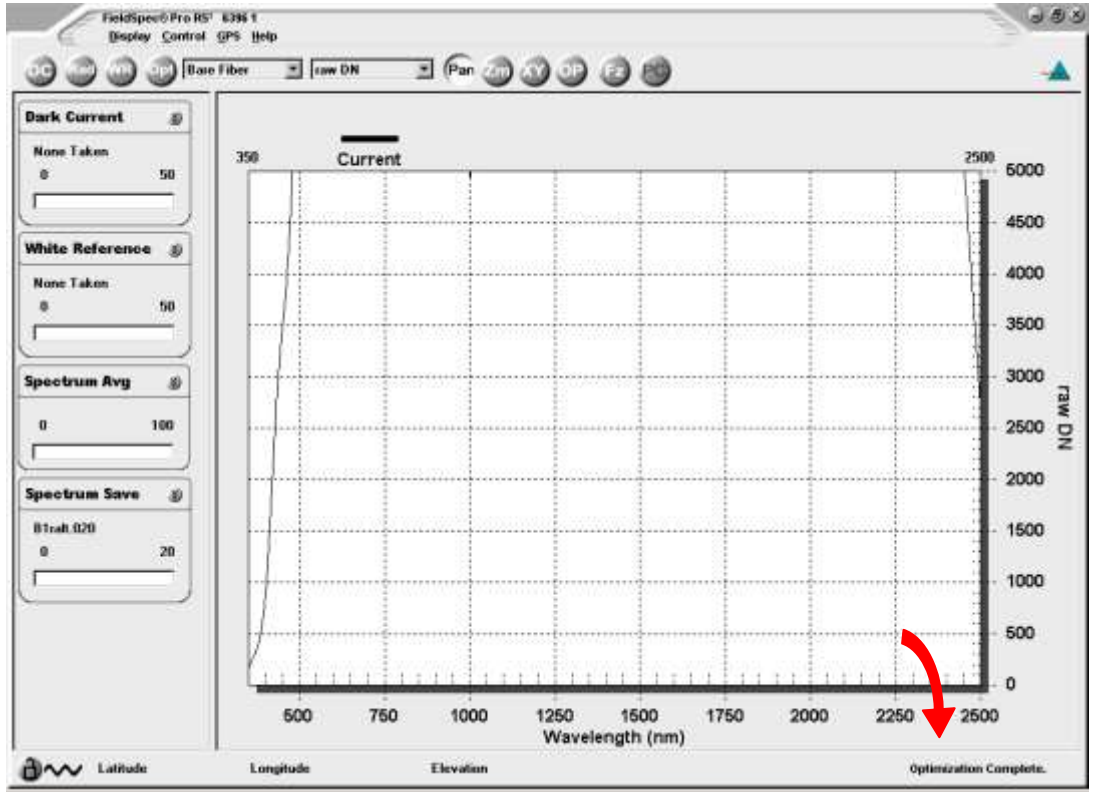
4.2.5 Optimizeasyon

Spektroradyometrenin optimizeasyon işlemi yazılım tarafından kullanıcının talimatıyla otomatik olarak gerçekleştirilir. Aletle ölçüm yaparken ortamda çok küçük ışık değişimleri olsa da, sık aralıklarla optimize edilmesi gerekmektedir. Alet yansıtma modunda iken ekranın üst köşesinde sinyal doygunluğu (signal saturation) uyarısını görmek için programda ham DN moduna sıkça dönülmesi önemlidir.

Şekil 4.5'te spektroradyometre optimizeasyon işlemi gerçekleştirirken, Şekil 4.6'da tarama hızı gösterilmektedir.



Şekil 4.5 Spektroradyometrenin optimizeasyon işlemi nin program üzerinde gösterimi [23]

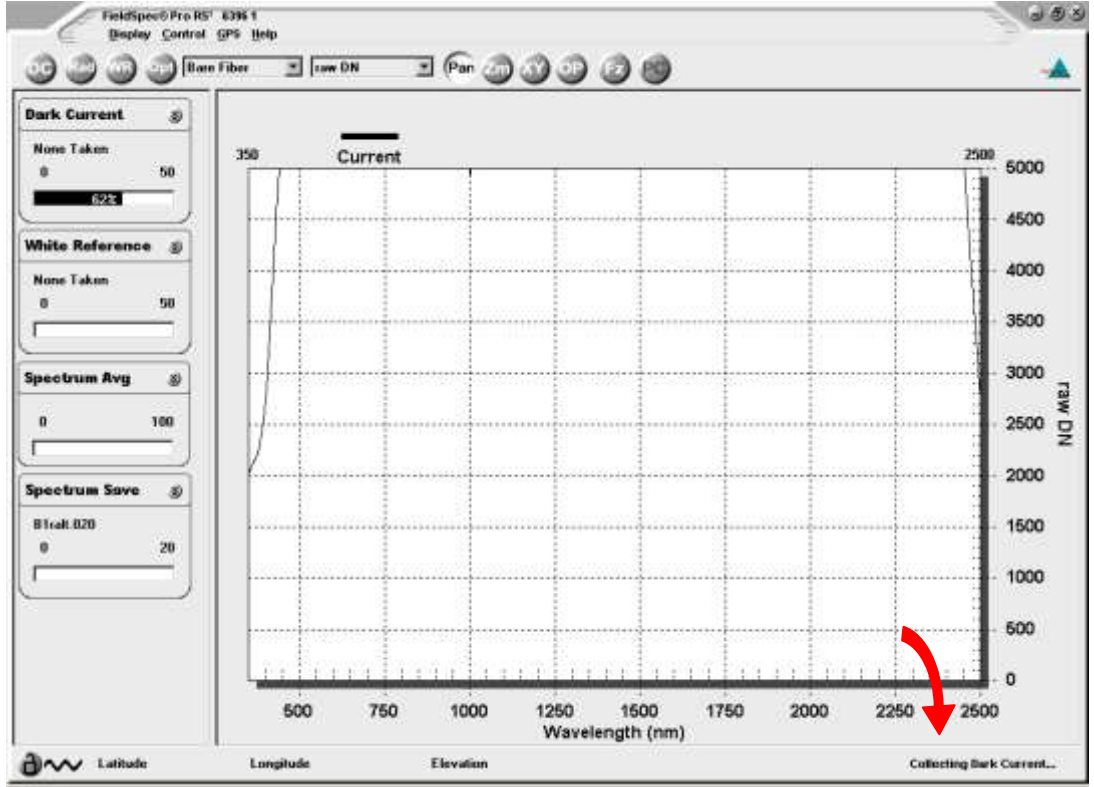


Şekil 4.6 Opti nizasyon işleminin tanımlandığı program üzerinde gösterimi

4.2.6 Karanlık akımı (dark current)

Belirli bir miktar elektrik akımı termal elektronlar (karanlık akımı olarak da adlandırılır) tarafından üretilir, ve gelen fotonların ürettiği elektrik akımına eklenir. Bu, dedektör ve ilişkilendirilmiş elektronik (ışık kaynağı hariç) aletlerin bir özelliğidir, ısı ve entegrasyon zamanı ile değişim gösterir.

Kesin veri elde edilme gerekiyorsa, her kanaldaki karanlık akımı toplam sinyalden çıkartılmalıdır. Karanlık akımı ölçümü, kullanıcı yazılına talimat verdiği zaman gerçekleşir. Genellikle yansıtma değeri ölçümlerinde ‘beyaz referans (White Reference)’ aşamasında otomatik olarak yapılır. Şekil 4.7’de spektrometre nin optimizasyonu sırasında karanlık akımın otomatik olarak hesaplandığı gösterilmektedir [17].



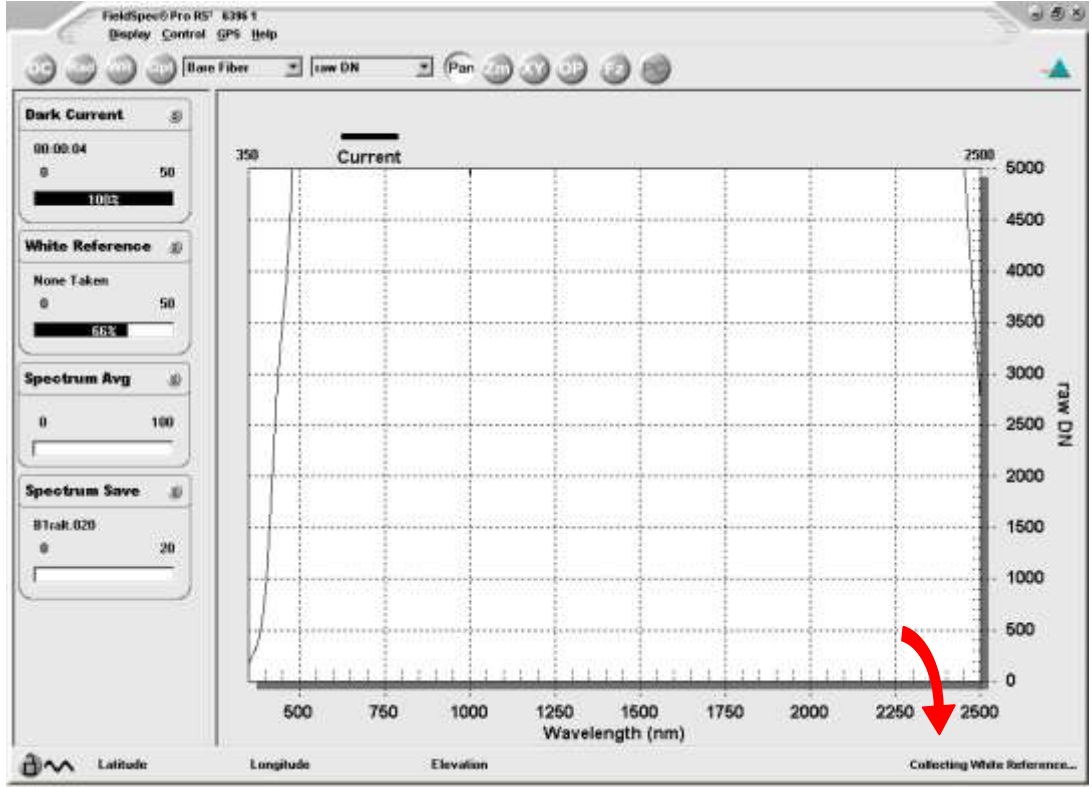
Şekil 4.7 Opti mizasyon işle mi sırasında otomatik olarak hesaplanan karanlık akı mın (dark current) gösteri mi

4.2.7 Kalibrasyon

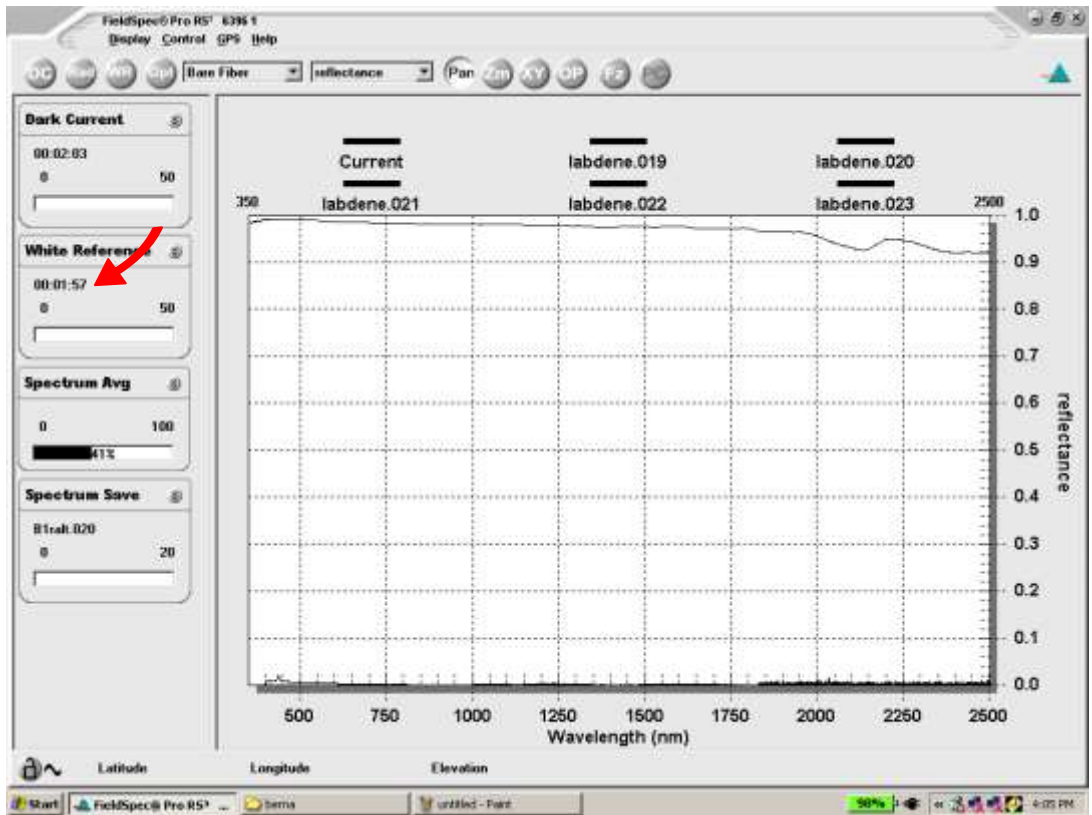
Spektroradyometre, cis min bir nokt a boyunca ışı k alan ı n n yoğunlu ğ unu ölç t ü ğ unden yansı t m a oran ı , çalış ılacak materyal ve yansı t m a özellik leri bilinen bir referans materyalini n her ikisi ni n de ölç ü m leri kullanılarak hesaplanır [17].

Referans olarak alınan materyal, ‘referans paneli’ veya ‘referans standardı’ diye adlandırılır. Tüm spektrum boyunca yaklaşık olarak %100 yansı t m a oran ı na sahip olan bir materyal ‘beyaz referans paneli’ ya da ‘beyaz referans standardı’ olarak adlandırılır. Birçok uygulam a için, kalibre edilme miş %99 ‘Spectralon’ gibi bir ‘referans standardı’, yeterli yansı t m a verisi toplanması için, gereken mükemmel e yakın özellik lere sahiptir. Öl ç ü m lere başlamadan önce son olarak spektroradyometreni n kalibrasyonu yapılmalıdır.

‘beyaz referans paneli’nden referans verisi ni n toplanması nı gösteren, bilgisayar ekran ı ndan alınmış sayfa Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Şekil 4.9’da kalibrasyon işle mi ni n t a m a m l a n d ı ğ ı gösterilmiştir.



Şekil 4.8 ‘Beyaz referans paneli’nden referans verisi toplanırken gösterimi



Şekil 4.9 Kalibrasyon işleminin tamamlandığı ve spektrometrenin ölçümlere hazır olduğunu gösterimi

4.2.8 Spektrum Ortalama ve Gürültü

Her elektriksel veri analizinin başlıca sorunu gürültüdür. Gürültü tümformlarında algılayıcı ekipman içerisinde kendisini doğru olmayan ölçüm olarak açıkça gösterir. Gürültünün en belirgin özelliği, doğasından da kaynaklandığı üzere rastlantısal olmasıdır. Bu, ‘spektrumortalama’ olarak adlandırılan bir tekniikle istenilen spektral sinyali içerisinde şiddeti genellikle azaltılabilir anlamına gelmektedir.

Birçok araştırmacı, ortalama 10 ila 25 adet tekrar sayısının yeterli olduğunu göstermiştir. Ölçülen spektral değerlerin hiçbirisi tek başına doğru bir grafiğin gösterimini olamaz ancak işlemsonrası hesaplanan grafik değerlerin ortalaması en iyi sonuca yaklaştırabilir [18].

4.2.9 Verilerin depolanması

Verilerin gösterimi ve depolanması, spektrometreye entegre edilmiş bir dizüstü bilgisayar aracılığı ile yapılır. Her spektrometreden elde edilen spektral değerler, yazılım ve elektronik donanım tarafından, 350-2500nm arasında sürekli bir spektral eğri oluşturmak üzere birleştirilir.

Yazılım kontrolün yapıldığı bilgisayarın belleğini, kullanıcının seçimiyle spektral değerleri kaydetmek için kullanır. Spektral değerler kaydedilmeden önce dosyalar için bir ‘yol adı’(pathname) ve bir ‘taban adı’(basename) seçilmelidir. Ayrıca kaç tane dosyanın kaydedileceği (tekrar sayısı), başlangıç dosya numarasının ne olacağı ve duruma uygun ek açıklayıcı bilgi kullanıcının tercihi ne göre belirtilebilir.

4.3 Spektrometrenin Kullanım Alanları

Yansıma, radyans ve irradyans ölçümleri yapmak üzere tasarlanan spektrometre, madencilik, oşinografi, ormancılık, bitki fizyolojisi ve jeoloji uygulamalarında kullanmak için idealdir.

Spektrometreni laboratuarda, çevrede, sanayi de ve tıbbi dünyada, kimyasal unsurların tespit edilmesinden miktar ölçümlerine, kalite kontrolü ve emniyet değerlendirmelerine kadar birçok kullanım alanı vardır [24].

5. UYGULAMA

5.1 Giriş

Bu çalışmanın uygulama aşaması, İ. T. Ü. Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı'ndan alınan dokuz farklı kayaç üzerinde gerçekleştirilmiştir. İncelenen bu kayaç türleri, Bursa ili çevresinden Maden Fakültesi tarafından temin edilmiştir.

Dokuz farklı kromit türünün spektrometrik ölçümleri İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Uzaktan Algılama Laboratuvarı'nda bulunan özel olarak geliştirilmiş bir donanımla olan FieldSpec FR spektrometre (bölüm 4.2) ile, cismin farklı dalga uzunluklarındaki 'yansıtma' değerlerini hesaplayan özel bir yazılım kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.2 Çalışmada Kullanılan Kromit Türleri

Çalışmada ele alınan kromit türlerinin isimleri ve numaraları Tablo 5.1'de yer almaktadır. İncelenen kromit türleri, Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Çalışmada ele alınan kromit türleri

Kayaç No:	İncelen kromit türü:
A0	masif kromit (kristalize)
A1	masif kromit (fay zonu)
A2	masif kısmi benekli kromit
A3	kromit dünit
A4	bantlı kromit (yan kayacı altere dünit)
A5	kromit içeren dünit
A6	hızlı kristalize kromit +dünit
A20	bantlı yapıya geçiş gösteren oluşturma evresine ait kromit
B1	harzbuhtit (kromit içerikli)



A0: masif kromit (kristalize)



A1: masif kromit (fay zone)



A2: masif kısmi benekli kromit



A3: kromitü dunit



A4: bantlı kromit (yan kayacı altere dunit)



A5: kromit içeren dunit



A6: hızlı kristalize kromit+dunit



A20: bantlı yapıya geçiş gösteren oluşum evresi ne ait kromit



B1: harzbuht (kromit içerikli)

Şekil 5.1 İncelenen kromit türleri

5.3 Yöntem

İlk olarak, incelenecek kayaç türleri numaralandırılmıştır (Tablo 5.1). Spektroradyometre, laboratuvar koşullarında, donanıma yazılı olarak ölçümler için hazırlandıktan sonra, ölçümlerde kullanılacak olan önoptik düzeneği ‘‘kontak prob’’ olarak belirlenmiştir.

Spektroradyometrenin çevre şartlarına uyumu ölçümler için esas olacağından, yazılında hazır olarak bulunan optimizasyon işlemi uygulanmıştır. Ölçümlere başlamadan önce, ‘‘beyaz referans’’ paneli kullanılarak aletin kalibrasyonu yapılmıştır.

Ölçümlere başladıktan sonra, donanım 15-20 dakikalık periyotlarda optimize edilerek, kalibrasyon işlemi tekrarlanmıştır.

İlk olarak ‘‘tekrar sayısı’’ belirlenmiştir. Bunun için rasgele alınan iki kayaç örneği üzerinde belirlenen bir yüzey alanında 30 tekrarlı ölçüm yapılmıştır. Her kayaç örneği için elde edilen ilk 10, ilk 20 ve ilk 30 yansıtma değerleri, ortalamaları alınarak kaydedilmiştir. Her kayaca ait ortalama değerler, grafik ortamına aktarılmış ve değerlendirilmiştir.

Tekrar sayısı belirlendikten sonra, tüm kayaçlar için birer dosya oluşturulmuştur. Her bir kayaç örneğinin tüm yüzeylerinde ölçüm yapılacak alanlar belirlenmiştir. Belirlenen her noktada yapılan tekrarlı ölçümler o kayaca ait dosyaya kaydedilmiştir.

Ölçülen yüzeydeki tüm noktalardan bir kayaca ait tek bir grafik elde etmek için, ‘‘ortalama değer hesaplaması’’ yapılmıştır. Bu işlem için, yazılında hazır olarak yer alan komutlardan yararlanılmıştır.

Kayaçlar, Şekil 5.1’de gösterildiği gibi, düzensiz yüzeylere sahiptir. Önce, her kayacın farklı yüzeylerinin alansal büyüklük ve yapısına göre her yüzey üzerinde iki veya üç farklı ölçüm yapılmış, ayrı ayrı ortalamaları alınmıştır. Ardından, tek bir yüzeye ait ortalama yansıtma eğrisini elde etmek için, aynı yüzeydeki ölçümlerden elde edilen iki veya üç ‘‘ortalama alansal spektral verini’’ ortalama çıkartılmıştır. Her kayaç için ayrı ayrı hesaplanan ‘‘yüzeysel spektral yansıtma eğrileri’’ grafik ortamına aktarılmıştır. Bundan sonraki aşamada, her bir kayaca ait yüzeylerdeki yansıtma eğrilerinin ortalama değer eğrisi hesaplanmıştır. Böylece, her bir kayaca ait

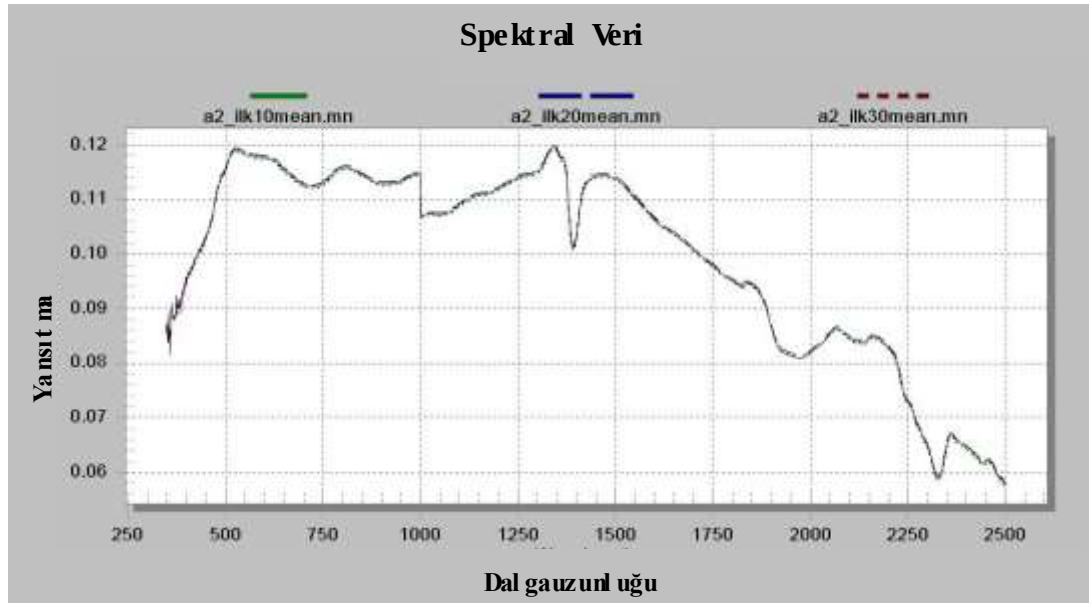
farklı yüzeylerin çeşitli noktalarında yapılan ölçümlerle, o kayaca ait spektral yansıtma grafiği elde edilmiştir.

Tüm kayalara ait ‘spektral yansıtma eğrileri’, karşılaştırmalı olarak grafik ortamında birarada değerlendirilmiştir.

5.3.1 Tekrar Sayısının Belirlenmesi:

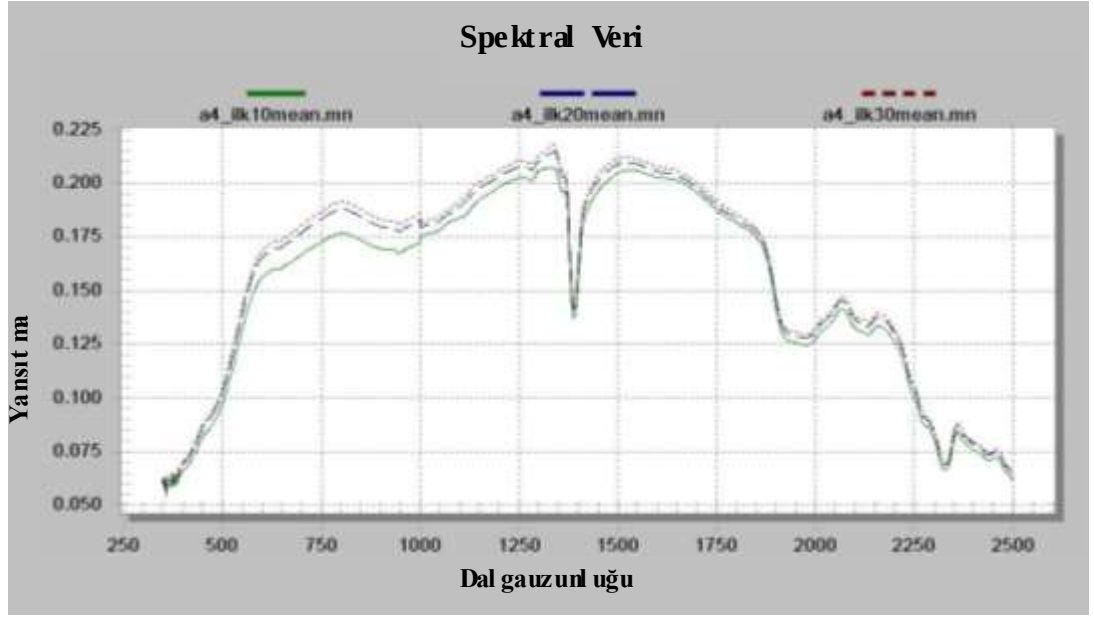
Uygulama esnasında kullanılan her bir örnekten elde edilecek verilerin tutarlılığı, ileride yapılacak çalışmaları da etkileyecektir. Bu nedenle, her bir noktada yapılacak ölçme tekrar sayısının belirlenmesi oldukça önemlidir.

Spektroradyometrenin kullanım kılavuzunda tekrar sayısının en az 10 olması gerektiği belirtildiğinden [17], minimum 10 tekrar, bunu takiben 20 ve 30 tekrar sayılarıyla elde edilen grafikler bir araya getirilmiştir (Şekil 5.2). Böylece, tek bir örnekten farklı tekrar sayılarıyla elde edilen ölçümler karşılaştırmalı olarak grafiklerle incelenmiştir.



Şekil 5.2 A2 kayacın yüzeyine ait 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçümlerden elde edilen karşılaştırmalı spektral yansıtma eğrileri

Şekil 5.2’deki grafikten görüldüğü üzere, tekrar sayısındaki artış, elde edilen spektral yansıtma eğrisinde büyük bir değişime sebep olmamıştır. Yapılan ölçümlerde elde edilecek sonuçların her iki çalışmada da tutarlı olması açısından bir başka örnek ile aynı çalışma tekrarlanmıştır (Şekil 5.3).



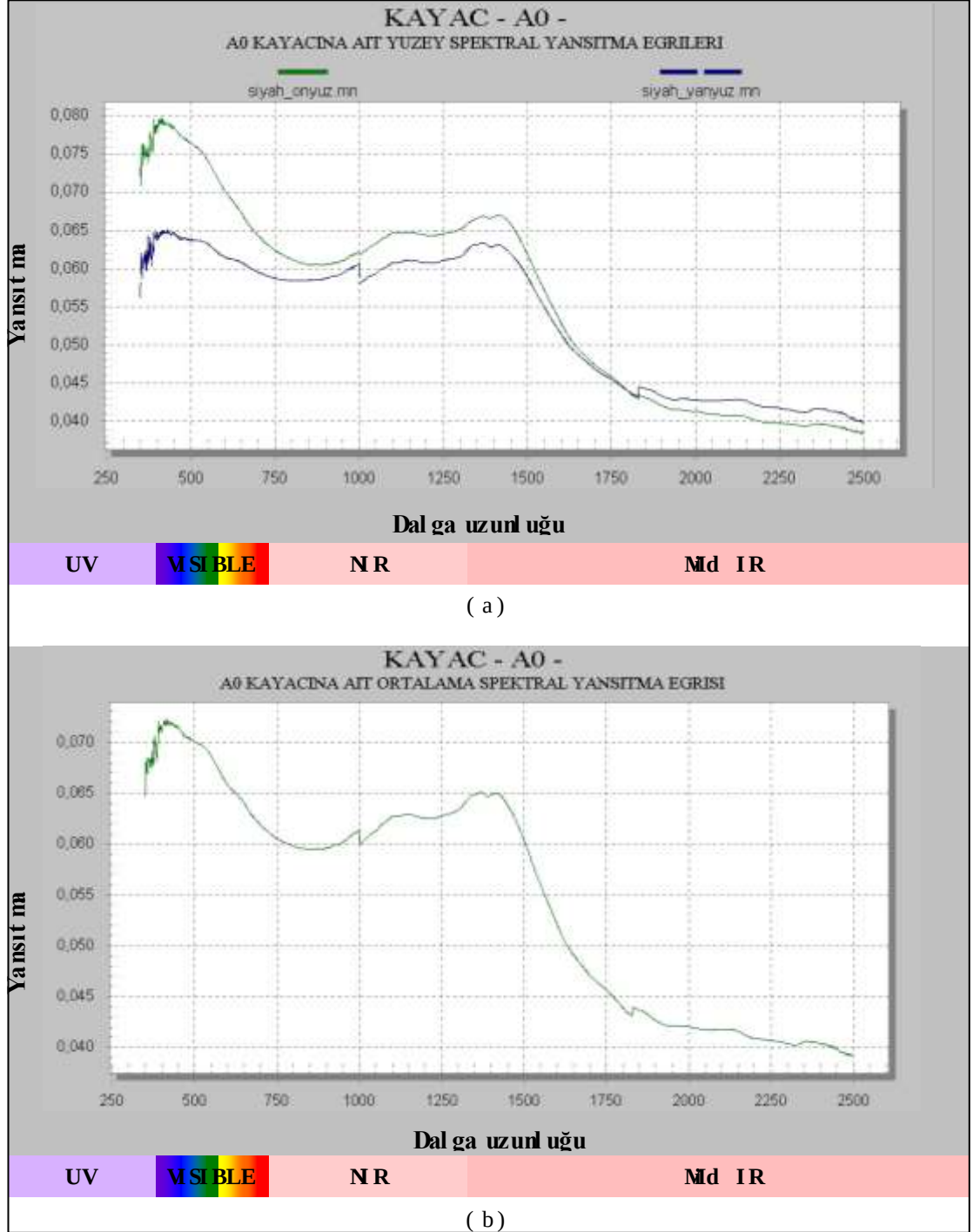
Şekil 5.3 A4 kayaç yüzeyine ait 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçümlerden elde edilen karşılaştırılabilir spektral yansıma eğrileri

İncelenen örnekten elde edilen ilk 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçümlerden oluşan spektral yansıma eğrilerine bakıldığında açıkça görülmektedir ki, her noktada yapılacak 20 tekrarlı ölçüm ile, daha yaklaşık bir sonuç elde edilmektedir. Bu uygulamayı içi tekrar sayısı bu yöntemle 20 olarak belirlenmiştir. Uygulama sırasında her bir kayaç ile yapılan çalışmada yukarıda belirlendiği gibi tekrar sayısı 20 olarak alınmıştır.

5.4 Spektroradyometrik Ölçme Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçlar

KAYAÇ NO A0

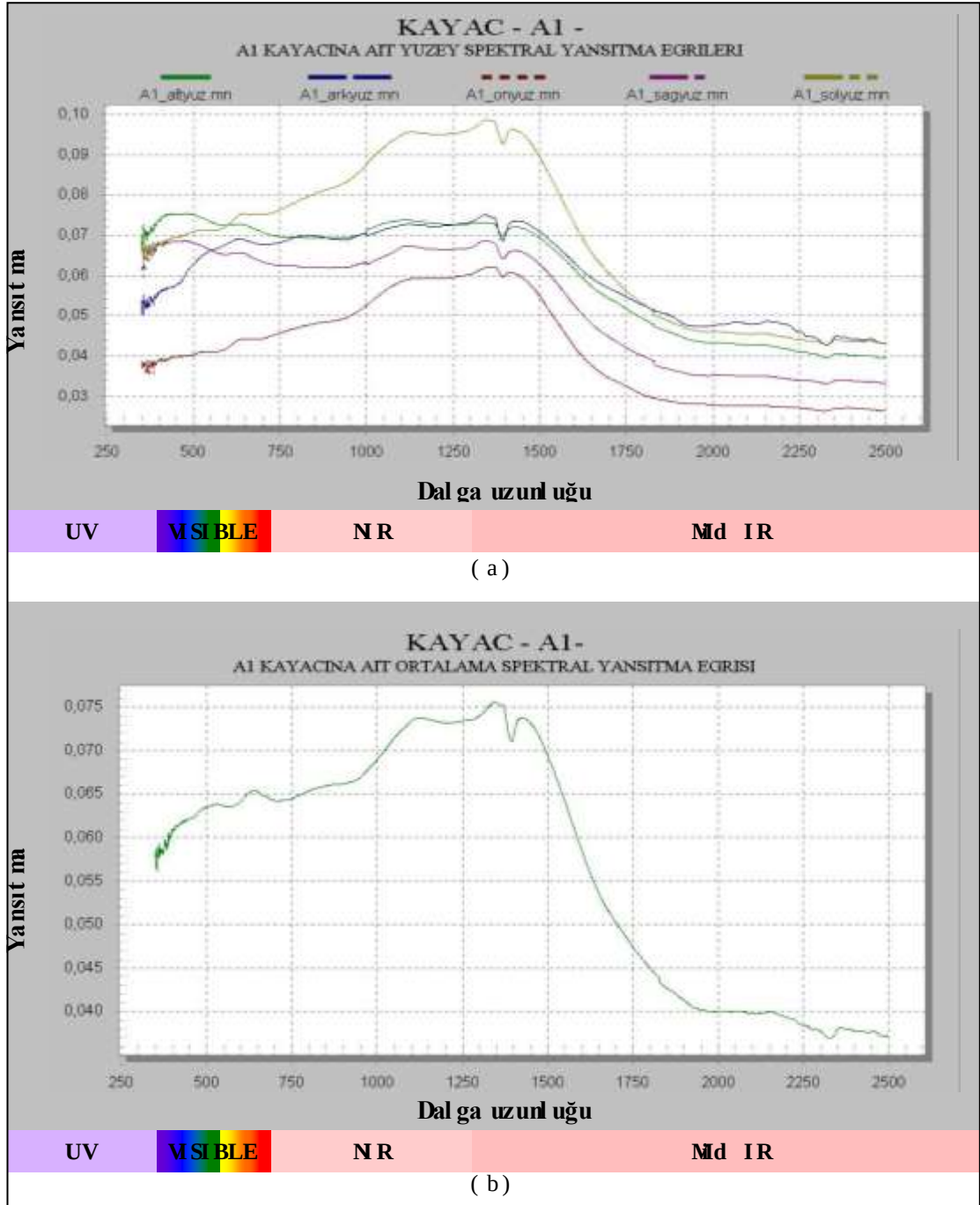
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A0 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A0 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.4 (a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 A0 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO A1

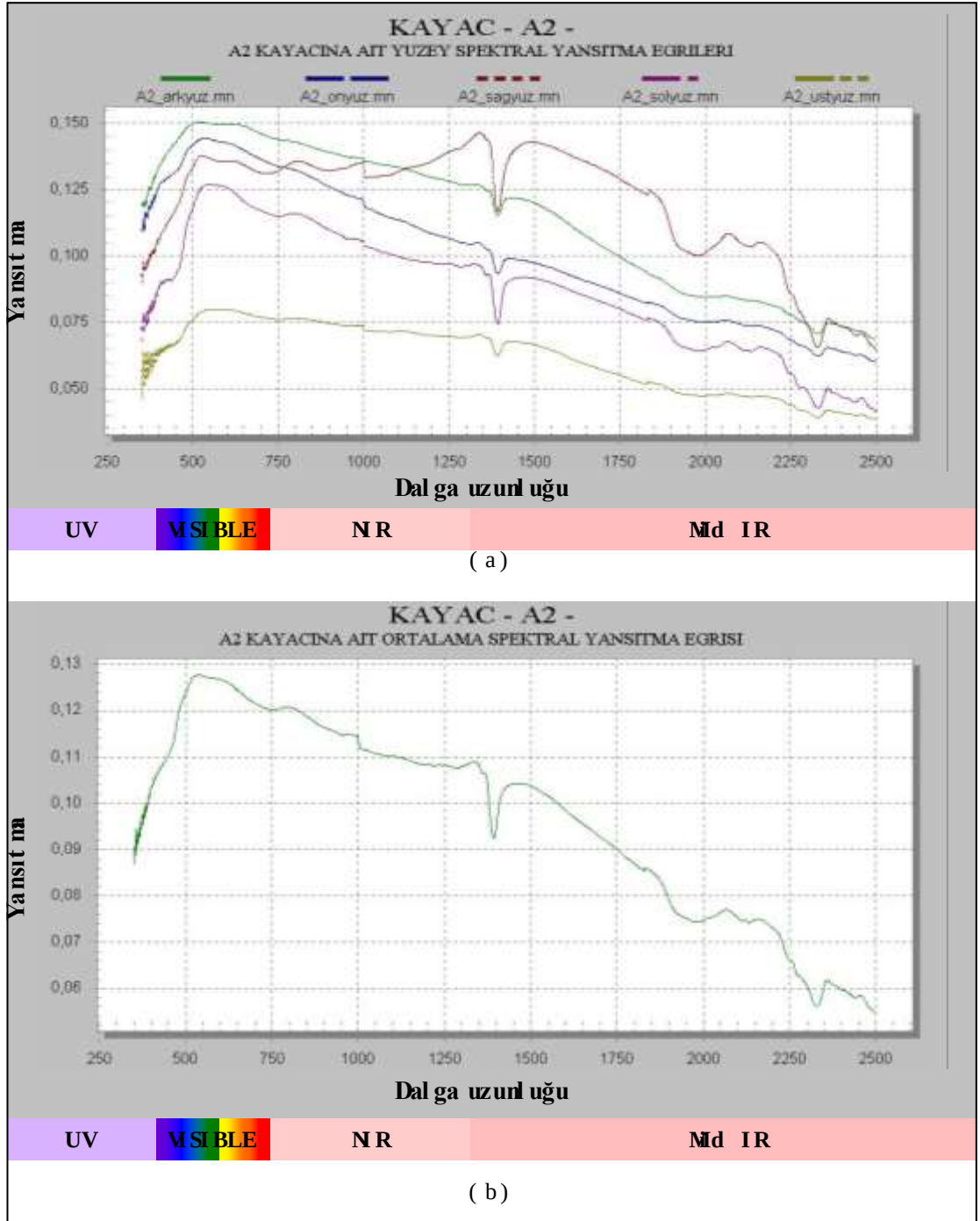
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A1 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A1 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.5 (a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5 A1 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO A2

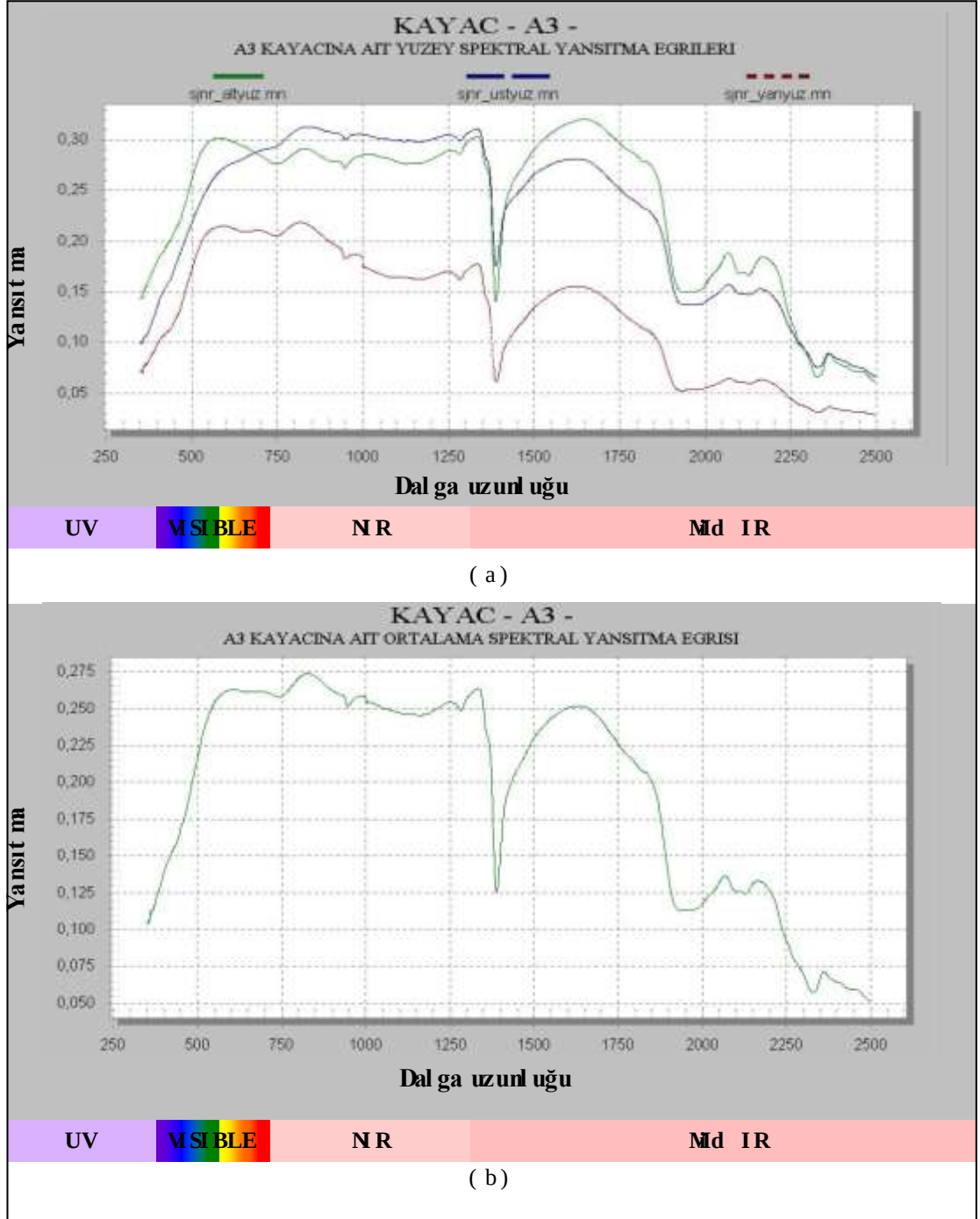
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A2 No'lu kayacın üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A2 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.6 (a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.6 A2 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO A3

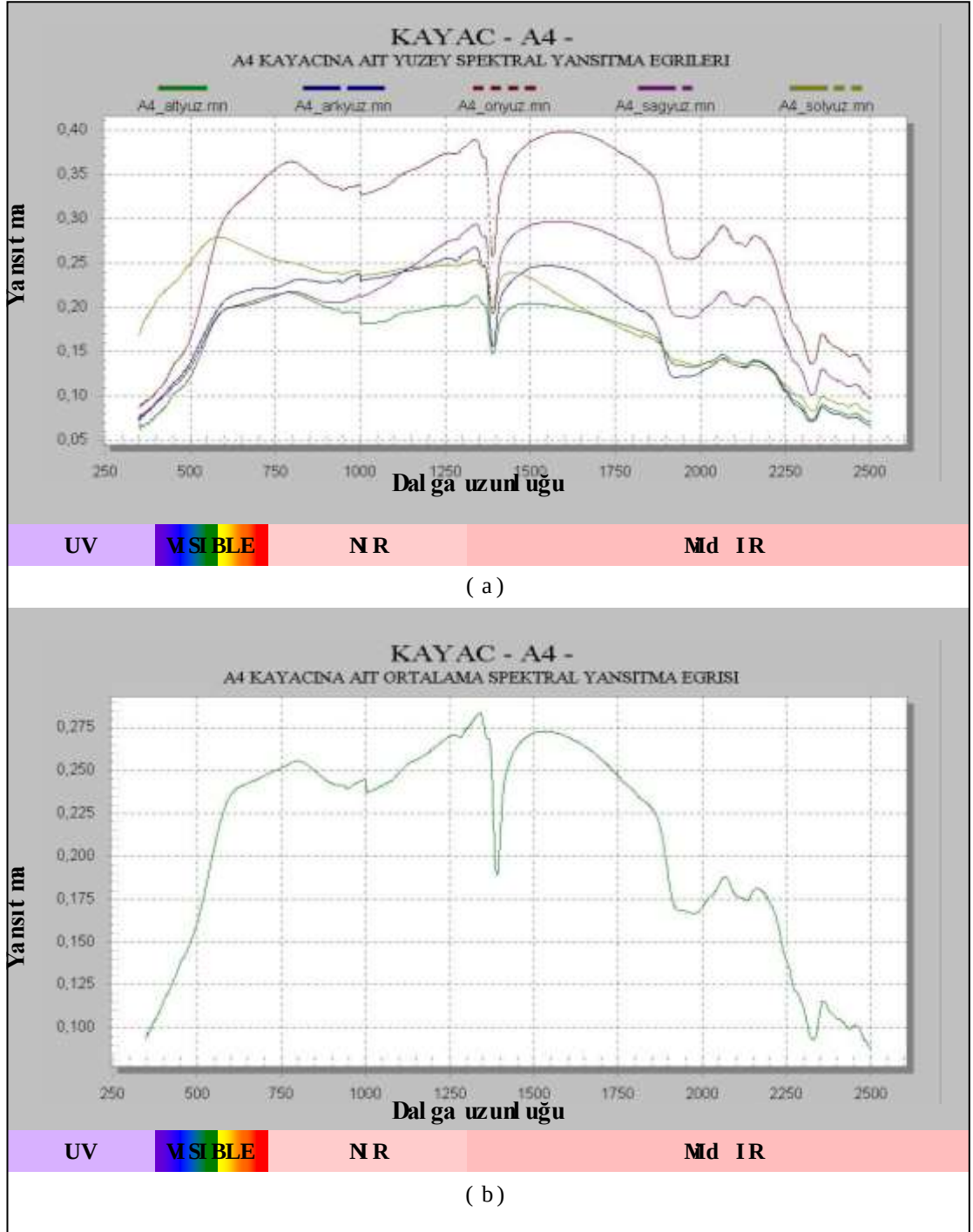
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A3 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A3 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.7 (a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 A3 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO A4

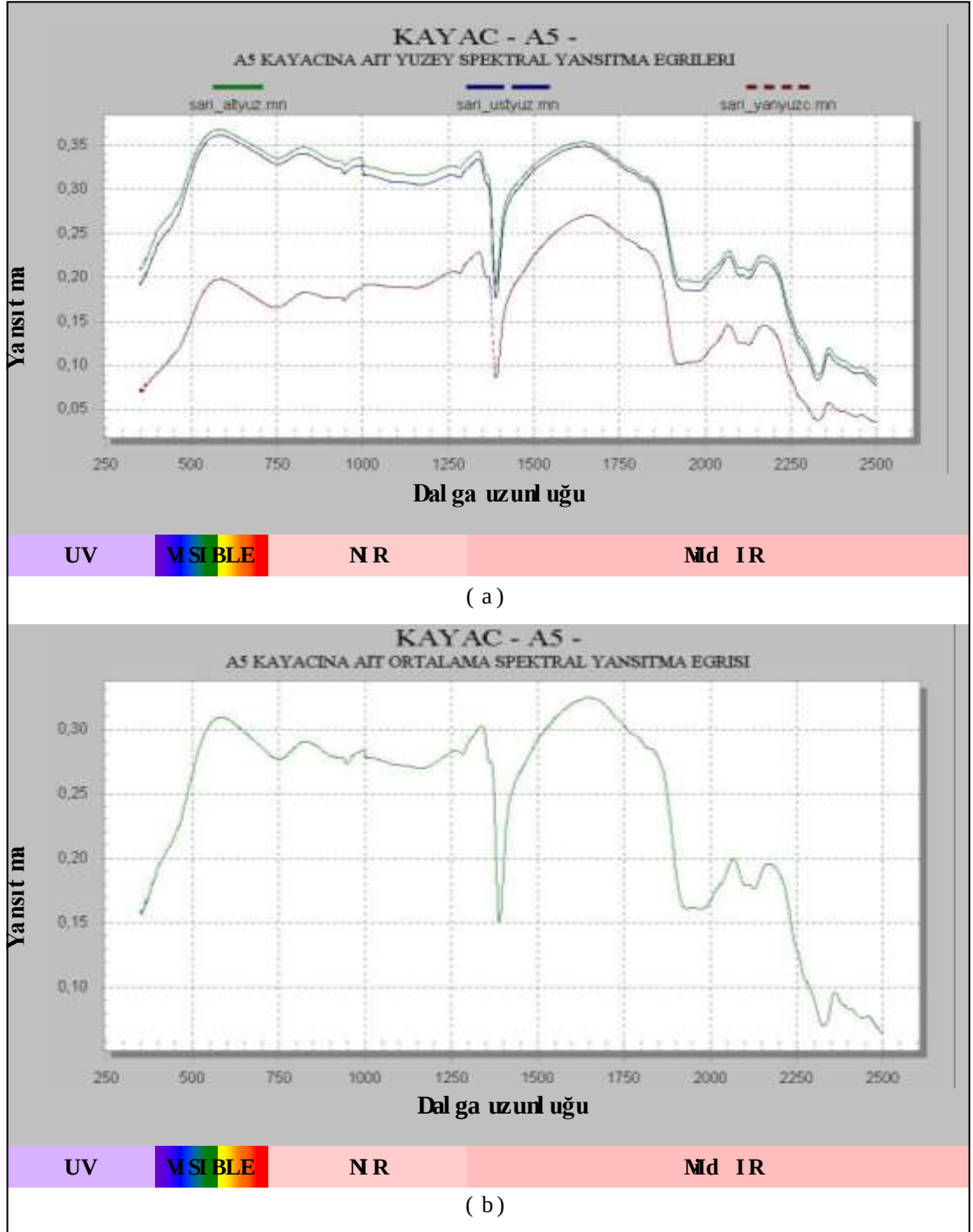
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A4 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A4 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.8 (a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 A4 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO A5

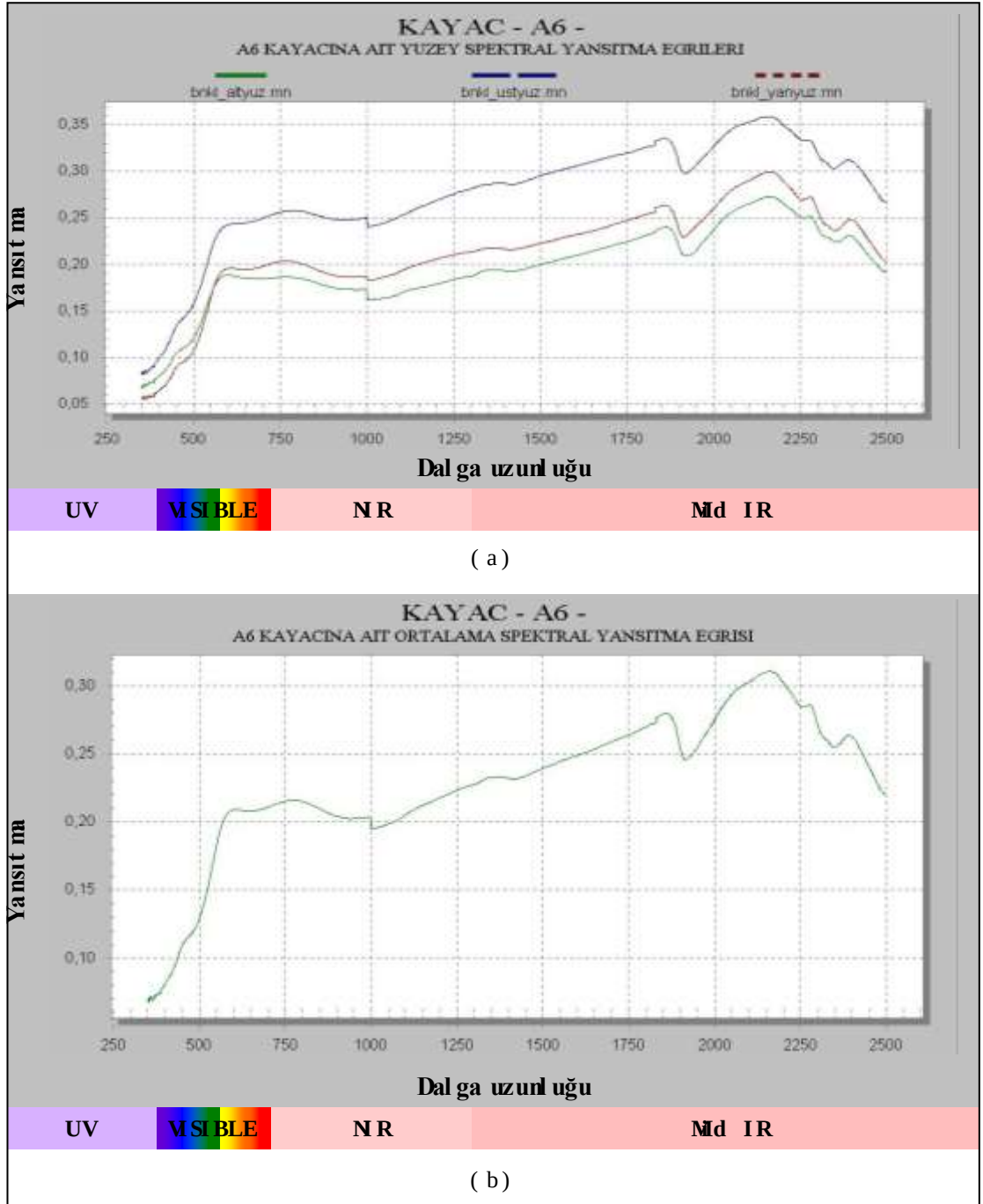
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A5 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A5 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.9(a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.9 A5 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO A6

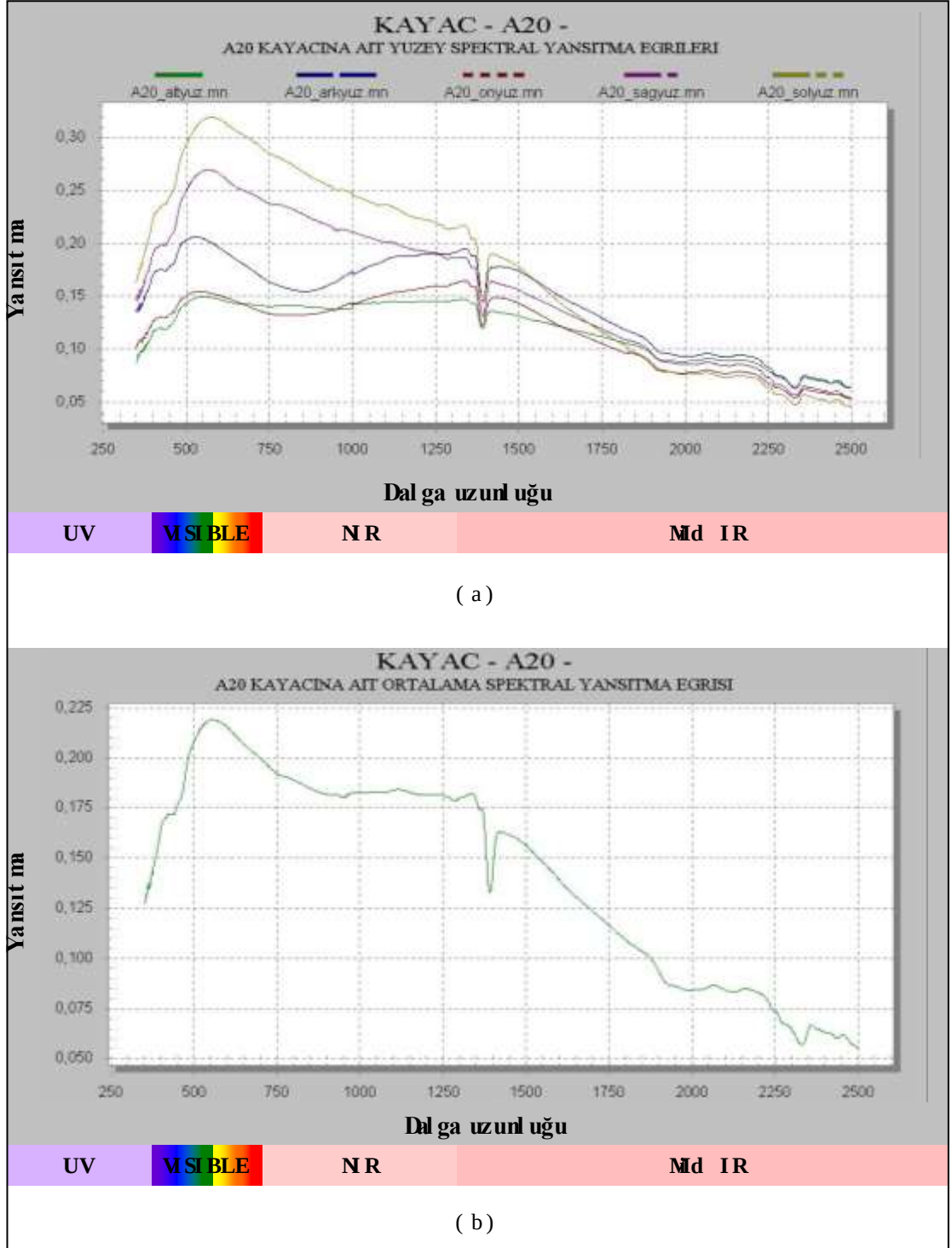
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A6 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A6 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.10 (a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.10 A6 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO A20

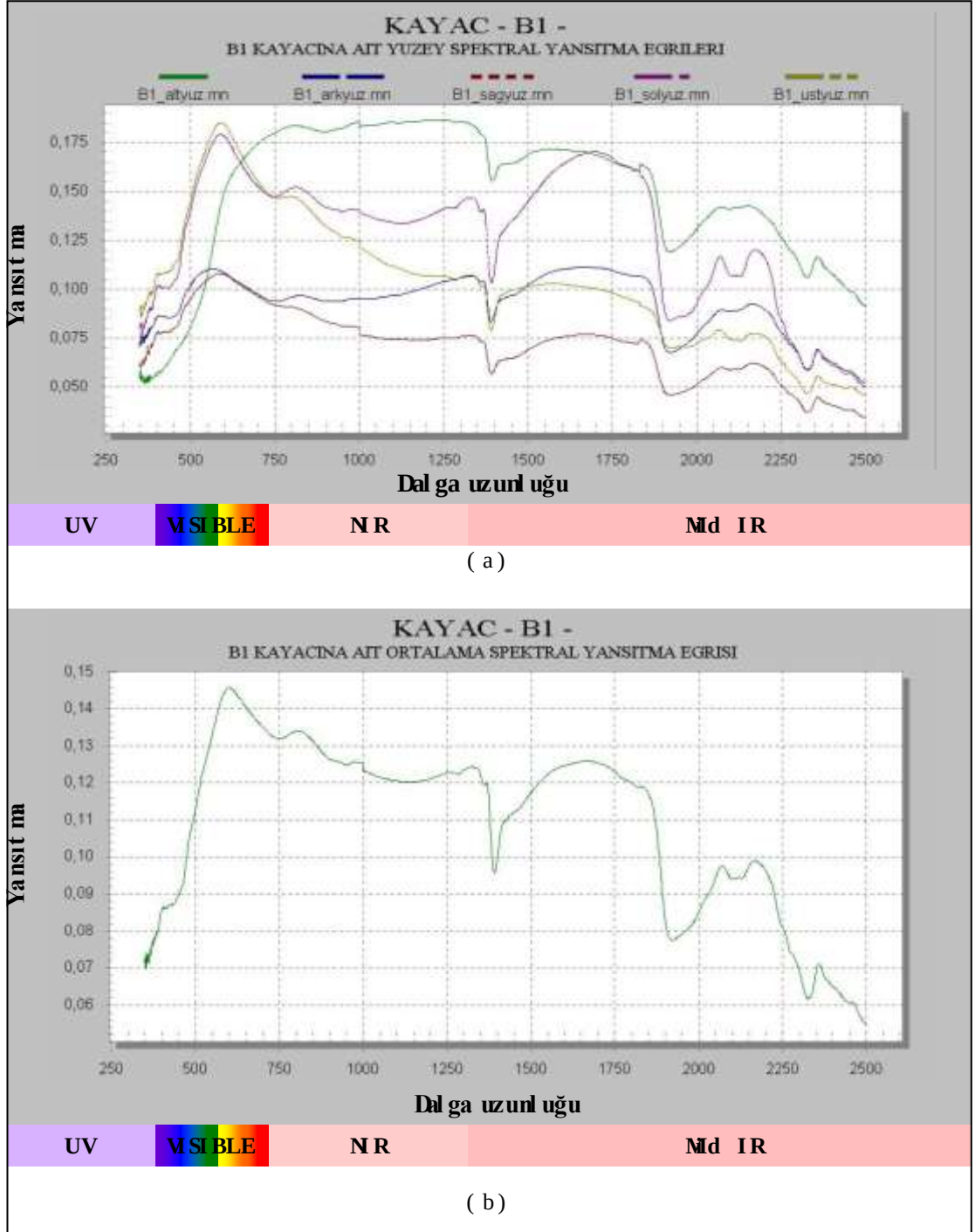
350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A20 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve A20 kayacına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.11(a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.11 A20 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

KAYAÇ NO B1

350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında B1 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ‘ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri’ ve B1 kayaçına ait ‘ortalama spektral yansıtma eğrisi’ Şekil 5.12 (a) ve (b)’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12 B1 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

5.5 Kinyasal Analiz Sonuçları

İ. T. Ü. Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından yapılan farklı kromit türlerine ait kinyasal analizlerden elde edilen sonuçlar Tablo 5.2’de görülmektedir.

Tablo 5.2 İncelen kromit türlerinin kinyasal analiz sonuçları

Kayaç No	Kinyasal İçeri k Oranları (%)			
	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Mg O
A0	44, 45	18, 4	17, 25	16, 5
A1	39, 5	19, 9	19, 45	17, 25
A2	35	18, 75	25, 2	17, 9
A3	14, 8	12, 25	1, 25	31, 45
A4	15, 5	7, 9	1, 95	28, 5
A5	17, 9	9, 8	0, 8	42, 6
A6	22, 5	11, 75	1, 5	38, 5
A20	25, 75	12, 8	2, 85	19, 75
B1	12, 5	9, 5	2, 05	32, 5

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada ele alınan 9 farklı kromit türüne ait spektral yansıtma eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Şekil 5.1’de yer alan grafik incelendiğinde özellikle 650-1100nm ve 1150-1300nm bölgelerinde bu dokuz farklı kromit türünün, Bursa ili çevresinde uzaktan algılama ile birbirinden ayrılabilceği görülmektedir.

Renklerine göre bakıldığında, görünür bölgede (400-700nm) tüm kayaç türlerinin 550-600 nm dalga uzunluğu aralığında (yeşil-sarı) pik yaptıkları gözlenmiştir.

Farklı kromit türlerine ait spektral eğriler, kimyasal analiz sonuçlarına (Tablo 5.2) göre yorumlandığında bir başka önemli sonuç çıkmaktadır: Kayaçtaki kromit oranı arttıkça yansıtma eğrilerinde genel olarak daha düşük değerler elde edilmektedir. İçerdiği Cr_2O_3 oranı en fazla olan kayaç A0’dır. Spektral yansıtma oranı, diğer kayaçlarla kıyaslandığında en düşük seviyede kendisini göstermektedir (Şekil 6.1). İçerilen Cr_2O_3 oranının artmasıyla, genel olarak yansıtma değerlerinin azaldığı spektral eğriler elde edilmiştir. Bu kapsamda 650-1100nm spektral aralığında Cr_2O_3 oranının maksimumdan minimuma doğru olduğu kayaçlar sırasıyla, A0, A1, A2, A20, A6, A5, A4, A3 ve B1’dir. Belirtilen aralıktaki spektral yansıtma değerleri, kayaç numaraları sırasıyla A0, A1, A2, B1, A20, A6, A4, A3, A5 şeklinde artmaktadır. Görülmektedir ki, A5 ve B1 kayaçları grafik üzerinde bu sonuca uygun davranış göstermektedir. Bunun nedeni, her iki kayaç türünün de kimyasal yapısında diğerlerinden daha yüksek veya daha düşük bir başka kimyasal içerik olabilir. Örneğin, MgO oranlarına bakıldığında bu iki kayaç türündeki içeriğin diğerlerinden daha yüksek olduğunu görülmektedir.

1150-1300 nm aralığında, yansıtma değeri eğrilerinin sıralanmasında bir değişim gözlenmiştir. Sıralama yeni haliyle, artan yönde A0, A1, A2, B1, A20, A6, A3, A4, A5 şeklinde değişmiştir. Bu noktada, kimyasal analizlerden yola çıkarak şöyle bir yorum getirilebilir. A3 kayacı belirtilen dalga uzunluğu aralığında, içerdiği Fe_2O_3 ve MgO oranlarının yüksek olması sebebiyle daha yüksek spektral yansıtma değeri

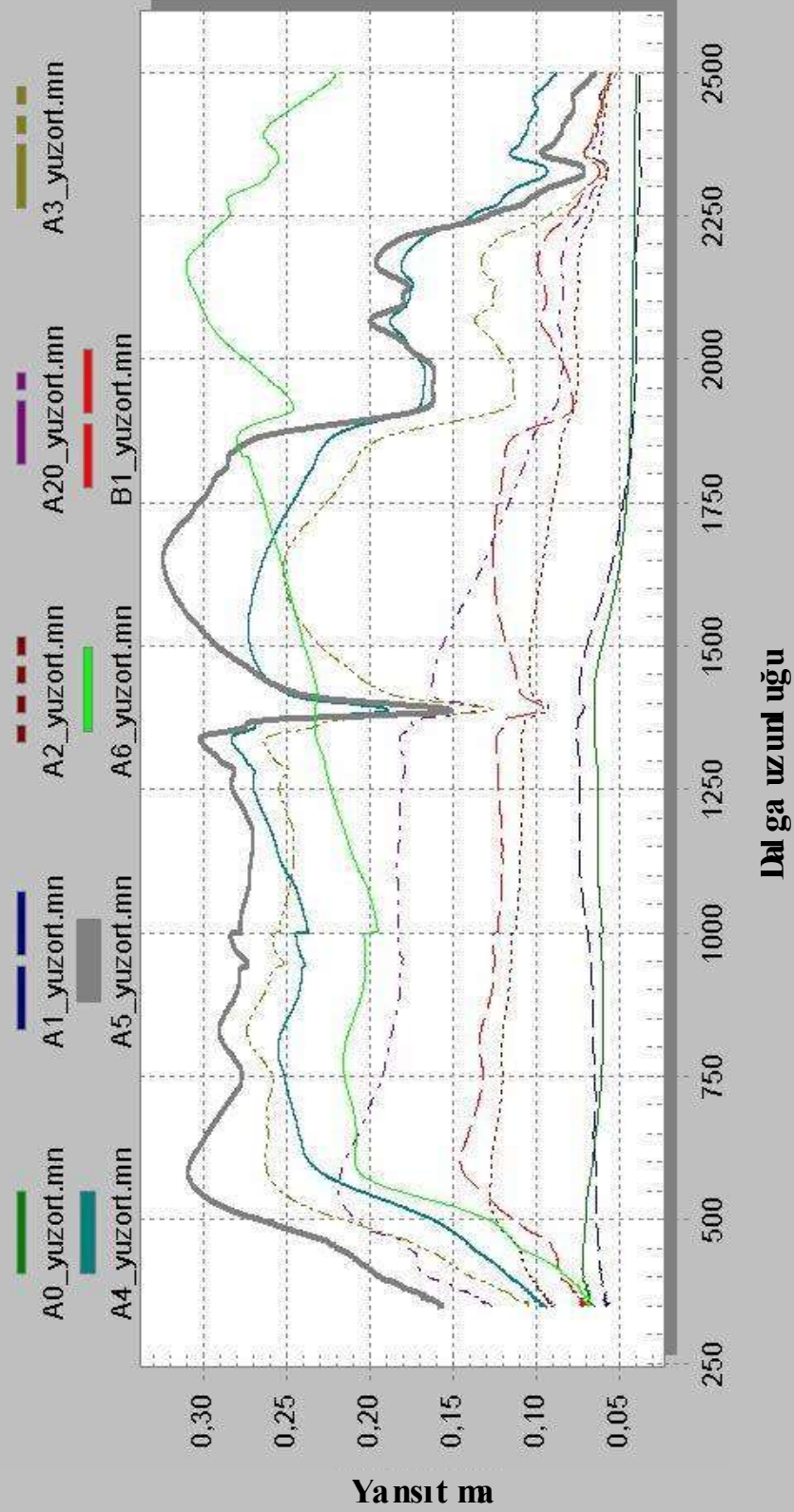
vermiş olabilir. Bunu anlamak için, ki manyasal içeriklerinin saf haliyle ayrıca ölçümleri yapılmalı, ve bulunan sonuçlar ilişkilendirilerek değerlendirilmesi gerekmektedir.

İncelenen yapılan spektrum bölgesinde gözle görünür şekilde farkedilen bir diğer sonuç A6 kayacının, özellikle 1250- 1900nm aralığında diğerlerinden farklı bir pattern vermiş olmasıdır. A6 kayacının içerdiği kromit, gözle de görülebileceği gibi kayac yüzeylerinde kum taneciklerine benzer şekilde rastgele dağılmaktadır. Ancak bu kayaç türünün, ki manyasal analizinin yanı sıra detaylı bir araştırmanın konusu olması gerekmektedir.

Yeryüzünün araştırılmasına yönelik olarak projelendirilerek hala hazırda faaliyetini sürdüren mühendislik araştırmaları için veri sağlayan güncel uydu verilerinin geometrik ve spektral çözünürlükleri Tablo 2.4’de gösterilmektedir. Bu tabloda ele alınan multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları, Şekil 6.1’de yer alan farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrileri grafiğinin üzerinde gösterilerek spektral analizin bu bölgelerdeki davranışları yorumlanmıştır.

ASTER görüntüleri özellikle kayaç tipi tanımlaması, ayrıntılı volkanik aktivite haritalaması, çizgisel ve dairesel yapıların belirlenmesi, hidrotermal alterasyon alanlarının ve mineralojik zon haritalarının hazırlanması, jeotermal alanların belirlenmesi, stereoskopik üç boyutlu görüntü elde edilmesi vb. gibi jeolojik amaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır [25]. Bu kullanımlarından en önemlisi ASTER görüntülerinin 14 spektral aralığına sahip olmasından dolayı, mineral ve alterasyon haritalarının daha ayrıntılı bir şekilde oluşturulmasıdır. Bu işlem sonucunda olası maden potansiyeline sahip bölgeler hakkında mineral bazında ayrıntılı bilgiye sahip olunmaktadır. Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin ASTER Uydu verilerinden MS band aralığı ile örtüştürülmesinin gösterimine bakıldığında (Şekil 6.2) 3N 5 ve 8 ile tanımlanmış bölgelerde bu kromit türlerinin ayrılabilmesini, bu band aralıklarında çalışılabileceği sonucu çıkartılabilir. Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin Landsat TM (Thematic Mapper) Uydu verilerinden MS band aralığı ile örtüştürülmesinin gösterimine bakıldığında (Şekil 6.3) yalnızca 4. bandda bu türler birbirlerinden rahatlıkla ayrırt

FARKLI KROMİT TÜRLERİNE AİT SPEKTRAL YANSITMA EĞRİLERİ



Şekil. 6.1 Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrileri

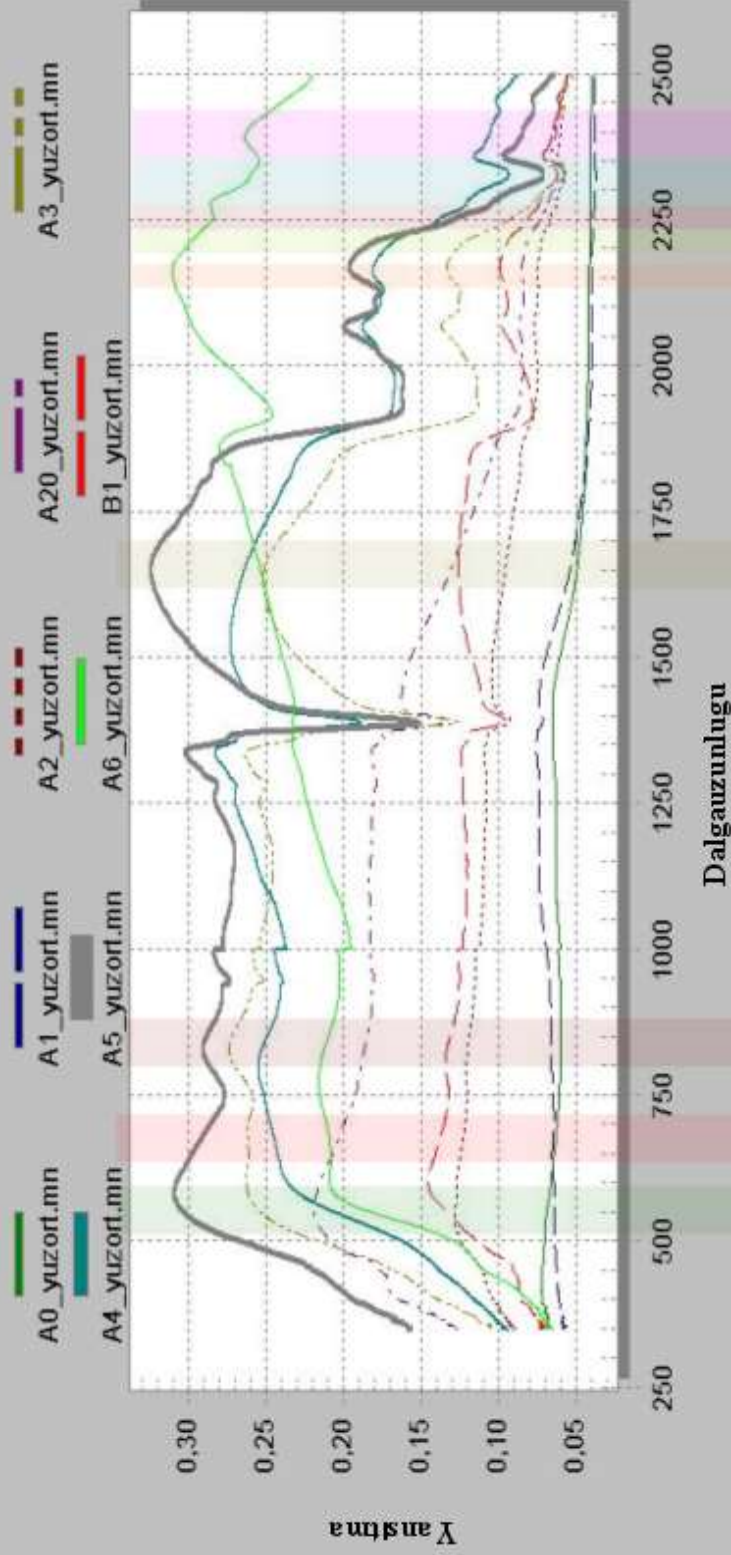
edilebilirken, band 3 ve band 5'te bazı türler karışabilir. Landsat TM Uydu görüntüleri de, ana kayaç tipi tanımlaması (magnetik, metamorfik, sedimenter), geniş bölgesel yapıların belirlenmesinde jeolojik amaçlar için kullanılabilir.

SPOT5- XS, uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan bir diğer uydu verisidir. Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin SPOT5- XS Uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesinin gösterimine bakıldığında (Şekil 6.4) 3 no'lu bölgenin dışında kalan tüm bölgelerde eğrilerin çakıştığı görülür.

IKONOS ve QUICKBIRD çok kanallı uydu verilerinin band aralıkları ile farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin örtüştüğü bölgelerin gösterimi sırasıyla Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da görülebilir. Geometrik çözünürlükleri oldukça yüksek olmasına karşın, bu tür uydu verileri genellikle dar spektral aralıklarda görüntü sağladığından, jeolojik çalışmalarda tercih edilebilir. Bununla birlikte, geometrik çözünürlüklerinin yüksek olması bazı maden türleri için tercih nedeni olabilir.

Günümüzde özellikle kıymetli minerallerin *Uzaktan Algılama* ile belirlenmesinde Hiper spektral çalışmaların yapılması geometrik ve spektral çözünürlüğün yüksek olması nedeniyle önerilebilir.

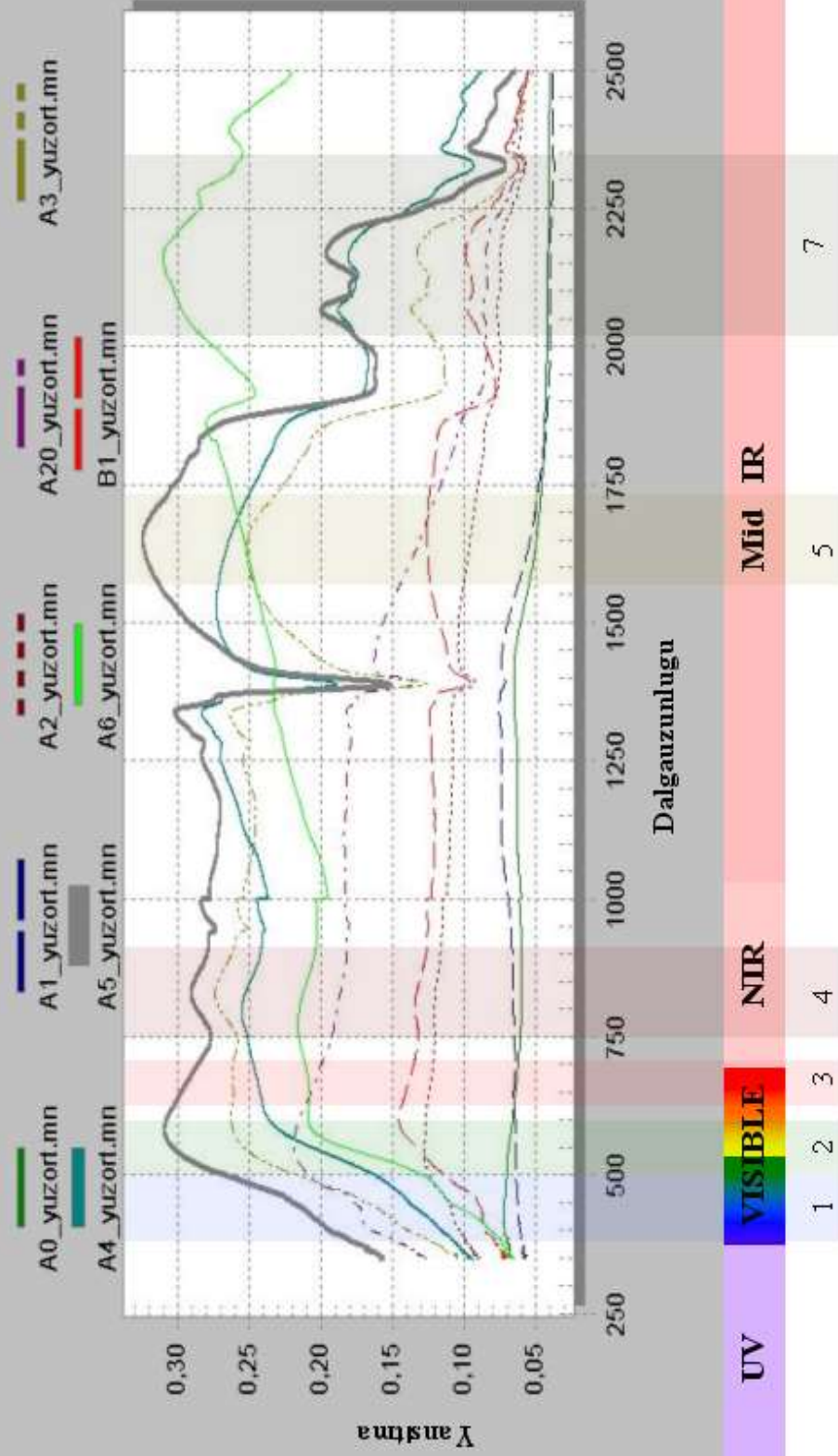
FARKLI KROMİT TÜRLERİNE AİT SPEKTRAL YANSITMA EGRİLERİ



UV	VISIBLE			NIR			Mid IR		
	1	2	3N				4	5	6 7 8 9

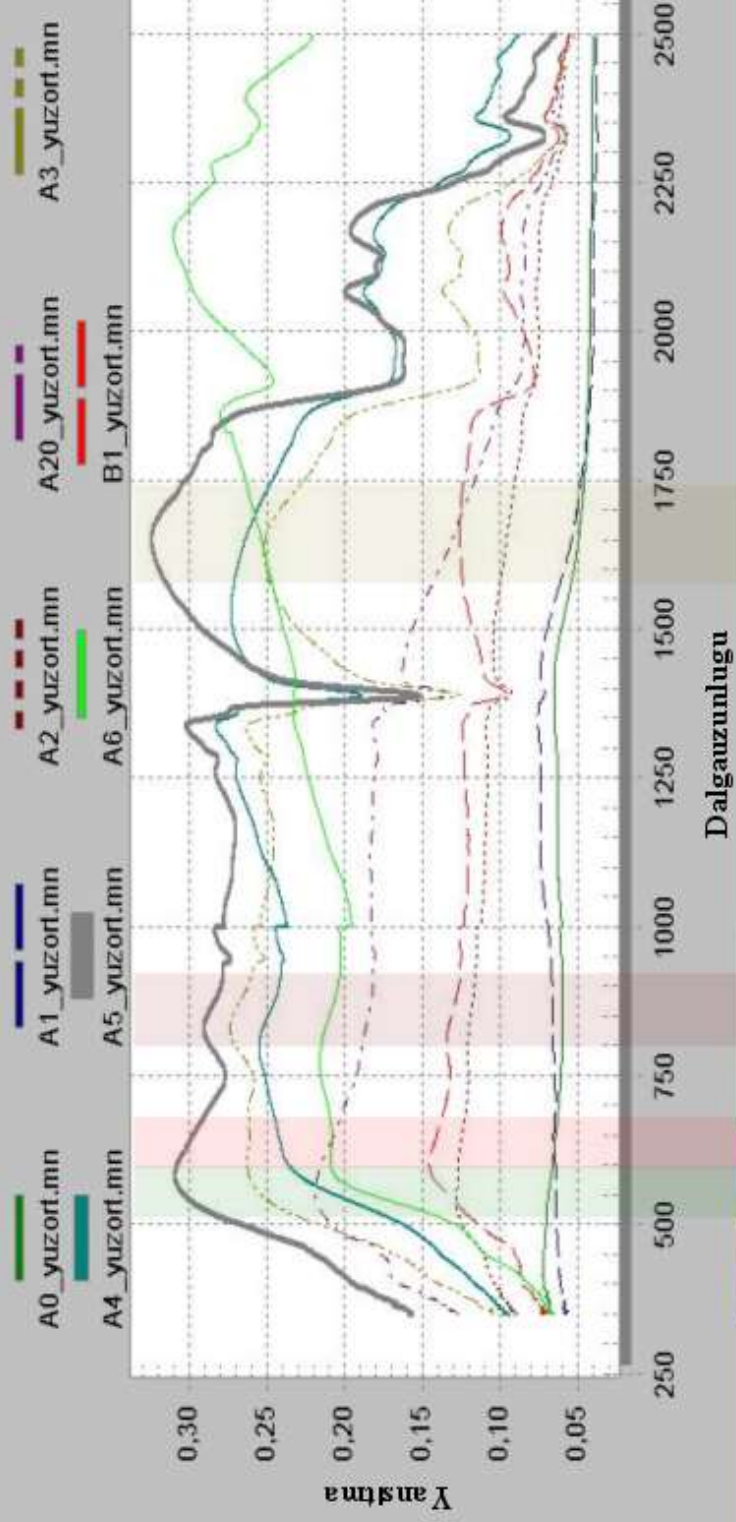
Şekil 6.2 Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin ASTER multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesinin gösterimi

FARKLI KROMİT TÜRLERİNE AİT SPEKTRAL YANSITMA EGRİLERİ



Şekil 6.3 Farklı kromit türlerine ait Spektrel Yansıtma Eğrilerinin LANDSAT TM multispektral (MS) uydu verilerinin b and aralıkları ile örtüştürülmesinin gösterimini

FARKLI KROMİT TÜRLERİNE AİT SPEKTRAL YANSITMA EGRİLERİ



UV

VISIBLE

NIR

Mid IR

1

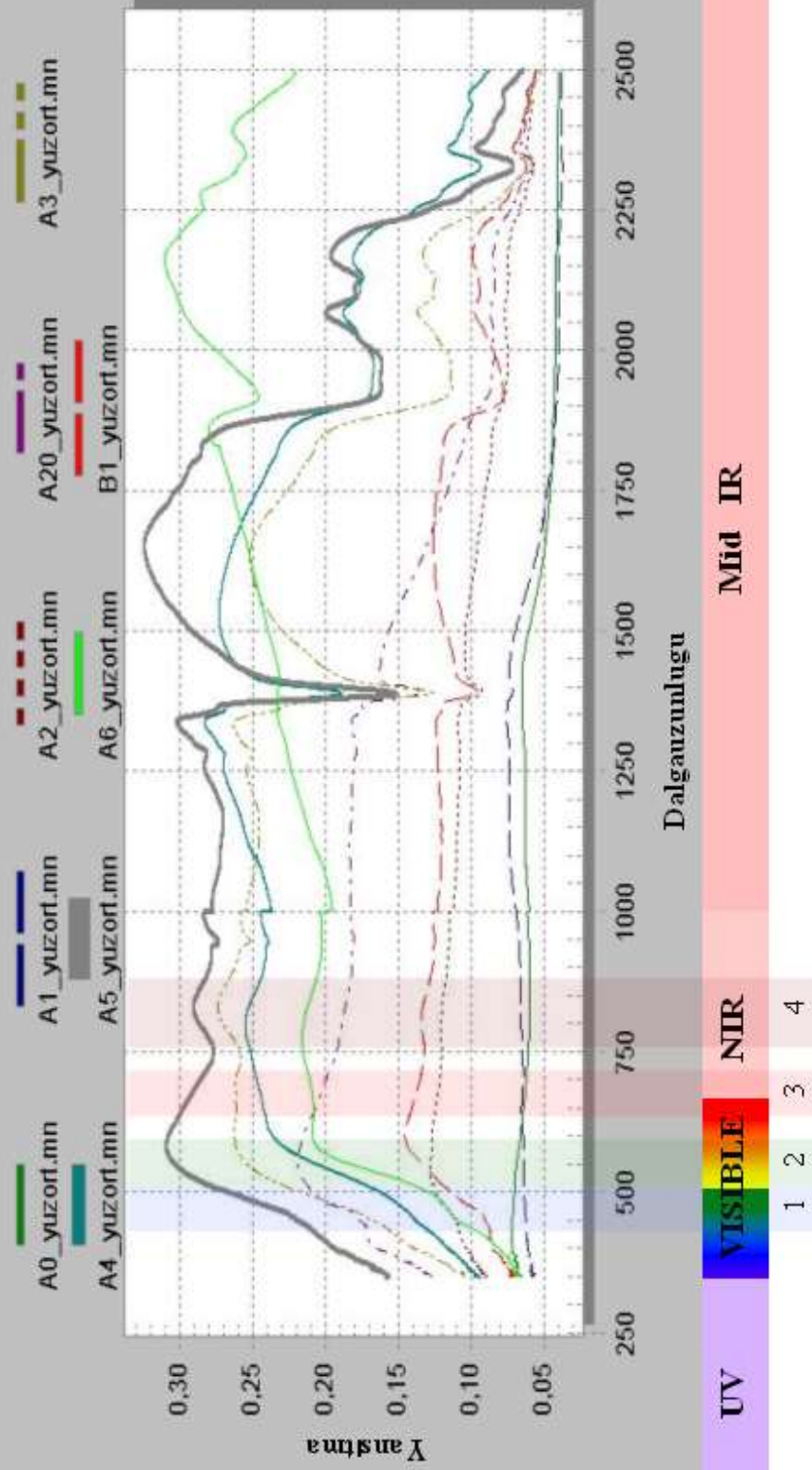
2

3

4

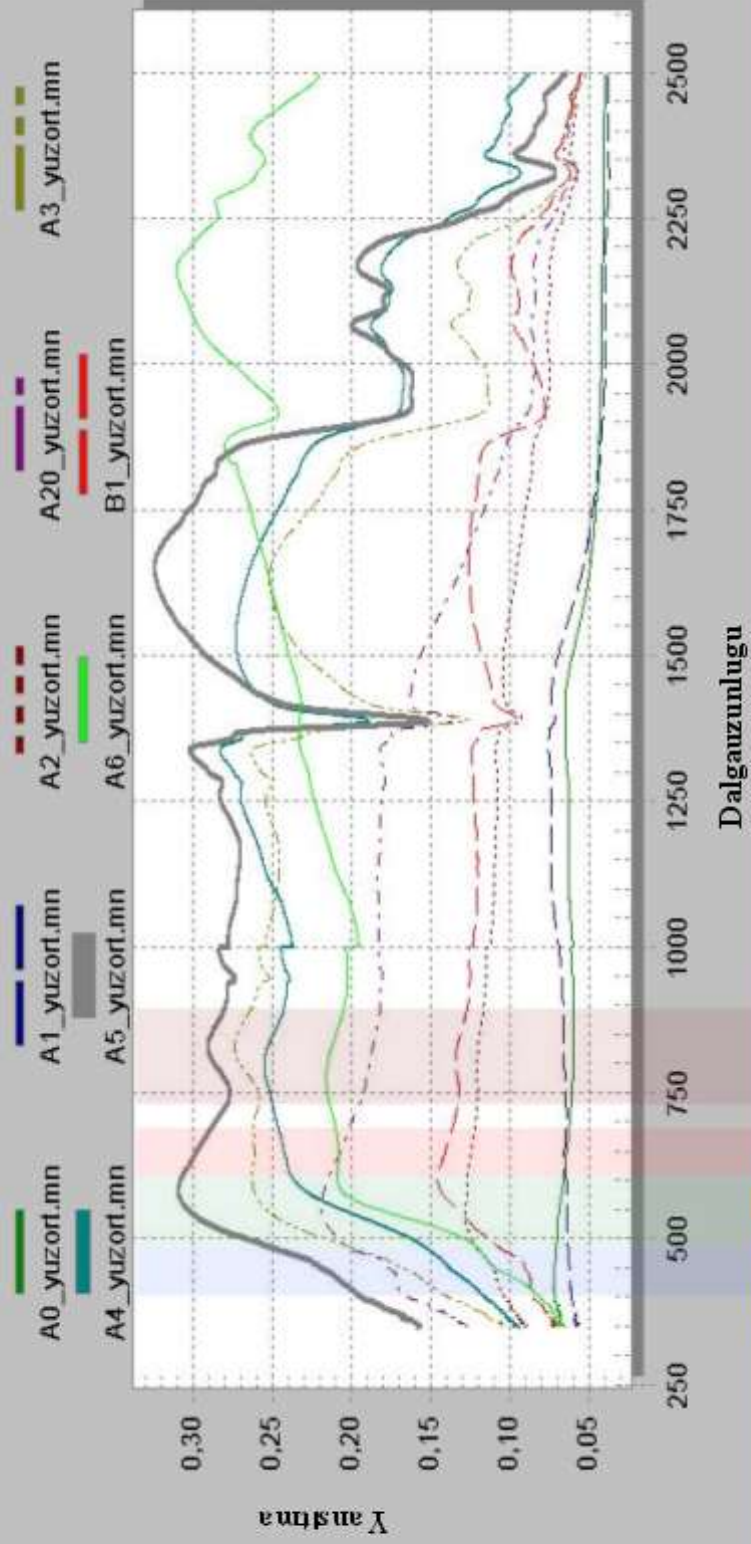
Şekil 6.4 Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin SPOT5-XS uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesinin gösterimi

FARKLI KROMİT TÜRLERİNE AİT SPEKTRAL YANSITMA EGRİLERİ



Şekil 6.5 Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin IKONOS multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesinin gösterimi

FARKLI KROMİT TÜRLERİNE AİT SPEKTRAL YANSITMA EGRİLERİ



UV	VISIBLE			NIR		Mid IR	
	1	2	3	4			

Şekil 6.6 Farklı kromit türlerine ait Spektral Yansıtma Eğrilerinin QUICKBIRD multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesinin gösterimi

KAYNAKLAR

- [1] **Örneçi, C.**, 1987. Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İ. T. Ü. Matbaası, İstanbul.
- [2] **Tandaç, B.**, 2001. Uydu Verileri ile İstinye Koyu'nda Su Kirliliği ve Hidrodinamik Yapının İncelenmesi, *Lisans Tezi*, İ.T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul..
- [3] **www.ccrs.mrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundamental/chapter1_1e.htm**
- [4] (**Gülergün**) **Bayraktar, Ö.**, 2002. İstanbul'da IRS uydu verileri kullanarak zamanla bağlı değişim analizi nin izlenmesi, *Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Sabins, E.**, 1996. Remote Sensing: Principles and Interpretations, W H Freeman & Co., New York.
- [6] **http://www.yorku.ca/eye/spectrum.htm**
- [7] **Coşkun, H G.**, 1992. Uydu Verileri ile İstanbul Boğazı, Haliç, ve Marmara'da Su Kirliliğinin Mikro Düzeyde Belirlenmesi, *Doktora Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **Manual of Remote Sensing 3rd Edition**, 1999. Earth Science Applications of Remote Sensing, John Wiley and Sons Publishers.
- [9] **Ökan, C.**, 2000. Uzaktan algılama verileriyle orman yangını analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] **www.e-cografya.com/jedoji/yerkabugununmalzelesi/kayac/magnetik**
- [11] **Öpeker, Işık**, 1987. Maden Yatakları Ders notları
- [12] **Kınkoğlu, MSezai**, 1994 Maden Yatakları, İTÜ Yayını, 1994

- [13] www.maden.org.tr/yeni3/yayinlar/kitap/madenciliksektoru2002/krom.htm
- [14] **Çeçen, A. A.**, Maden Yatakları Ders notları
- [15] <http://spedab.cr.usgs.gov/PAPERS/refl-nrs/refl4.htm#section1.1>
- [16] **Curtis, B. ve Goetz, A. F. H.**, Field Spectrometry: Techniques and Instrumentation, Fieldspec Pro User's Guide, s. 94
- [17] **A Guide to Spectroradiometry Instruments & Applications for the Ultraviolet**, Fieldspec Pro User's Guide, 1997, Bentham Instruments Ltd, s. 5
- [18] **ASD Technical Guide**, 1999 3rd Edition, section 2-1
- [19] **Sarah L. Davis**, 2004 Kişisel görüş me
- [20] <http://www.asd.com/products-accessories-HCP.asp>
- [21] www.asd.com/products-accessories-foreoptics.asp
- [22] **Curtiss B. and S. L. Ustin**, 1988 Spectral changes in Ponderosa Pine associated with natural ozone exposure. *Proc. US Forest Service Forest Response Program Annual Meeting*, Corpus Christi, Texas, February 23 - 26
- [23] **Fieldspec Pro RS³ program**
- [24] <http://www.bentham.co.uk/pdf/UVGuide.pdf>
- [25] http://www.nta.gov.tr/RSC_WEB/notlar.htm
- [26] http://www.agrecon.canberra.edu.au/Products/Satellite_Imagery/Landsat_TM

ÖZGEÇMİŞ

Berna TANDAÇ 1977 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokulu İstanbul Bahariye İlkokulu'nda, ortaokul ve liseyi Vehbi Koç Vakfı Koç Özel Lisesi'nde tamamladı. 1996 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Uzay Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2001 yılında Uzay Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü Uzaktan Algılama Anabilim Dalı Geomatik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'na girdi. 2001 sonrasında 3 yıl kadar özel sektörde çalışmıştır.