OFİYOLİTİK SERİYİ OLUŞTURAN BİRİMLERİN LİTOLOJİK HARİTALANMASI: ELDİVAN (ÇANKIRI) OFİYOTİ ÖRNEĞİ

Önder Kayadibi[1], Ender Sarıfakioğlu[2], Yıldırım Dilek[3], Esra Esirtgen[2]

[1]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Uzaktan Algılama ve CBS Koordinatörlüğü, kayadibi@mta.gov.tr*
[2]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, esarifakioglu@mta.gov.tr; esraalkazak@mynet.com*
[3]*Miami Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Oxford, OH, 45056, ABD, dileky@muohio.edu*

ÖZET

Eldivan (Çankırı) Ofiyoliti, İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonunda, yaklaşık 30 km uzunluğunda ve 10 km genişliğinde bir alan boyunca uzanır. Hemen hemen eksiksiz bir ofiyolit dizisi sunar ve tüm ultramafik-mafik birimleri birbiri ile tektonik ilişkilidir. Ultramafik tektonitler, mafik kümülatlar, spilitik bazaltlar ve radyolaryalı çörtler tektonik dilimler halinde gözlenir. Ayrıca, Eldivan Ofiyolitinin üzerinde uyumsuz olarak bulunan Üst Kretase denizel çökelleri (kiltaşı, silttaşı, pelajik kireçtaşı), ofiyolit istifinin ultramafik-mafik kaya birimleri ile birlikte kıtalar (Pontidler, Anatolid-Torid Kıtası) arası sıkışma tektoniğinin etkisinden dolayı imbrike bir yapı sunar. Bununla birlikte, Geç Pliyosen'de neotektonik hareketlerin etkisi ile Çankırı Havzasının Neojen birimlerine tektonik kama gibi sokulan Eldivan Ofiyolitinin Tersiyer'e ait sedimanter-volkanosedimanter kayaçları ile olan dokanağı genellikle faylıdır.

1970'lerin başından itibaren multispektral görüntüler, 1980'lerden itibaren de hiperspektral görüntüler jeolojinin birçok disiplinin de yaygın olarak kullanılmakta olup mineral ve jeolojik haritalama çalışmalarında önemi giderek artmıştır. Bu çalışmada, arazide litolojik birimler ayırt edilmiş ve 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış ve Eldivan ofiyolitinin birimleri, Aster Görüntüsü kullanılarak haritalanmıştır. Hem arazi çalışması hem de uydu görüntüsü yardımı ile elde edilen haritalar korele edilmiştir.

Aster, görünürden termal kızılötesi bölgeye kadar 14 spektral banda sahiptir. Elektromanyetik spektrumun 0.52-0.86 µm aralığında (VNIR) 15 m. alansal çözünürlüklü 3 banda, 1.60-2.43 µm aralığında (SWIR) 30 m. alansal çözünürlüklü 6 spektral banda ve termal bölgede (8.125-11.65 µm) ise 90 m. Alansal çözünürlüklü 5 spektral banda sahiptir.

Aster görüntüsünün görünür yakın kızılötesi (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgedeki spektral bantları kullanılarak bir ofiyolitk istifin hemen hemen tüm birimlerini kapsayan Eldivan Ofiyolitini oluşturan litolojik birimler multispektral yöntemler kullanılarak ayırtedildi. Ayrıca inceleme alanındaki ofiyolitik birimler dışında diğer sedimanter ve volkanosedimanter birimler haritalandı. Ofiyotik serinin birimleri ve diğer birimlerin litolojik haritalanmasında bant oranlama, temel bileşenler analizi/Crosta, de-korelasyon germesi ve sınıflandırma gibi multispektral metotlar kullanıldı.

Anahtar Sözcükler: Eldivan (Çankırı) Ofiyoliti, Arazi Çalışması, Aster, Litolojik Haritalama, Multispektral Metotlar

THE LIHTOLOGIC MAPPING OF THE UNITS OF FORMING A SERIES OF OPHIOLITIC: THE EXAMPLE OF ELDİVAN (ÇANKIRI) OPHIOLITE

ABSTRACT

The Eldivan (Çankırı) Ophiolite are lain along the areas about a length of 30 km and a width of 10 km at the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone. They are presented almost the complete ophiolite series and the contact of all ultramafic and mafic units are tectonic. Ultramafic tectonites, mafic cumulates, spilitic basalts and chertes containing radiolarite are shown as tectonic slices. The Eldivan (Çankırı) Ophiolite are unconformity overlaid by the Upper Cretaceous marine sediments (claystone, siltstone, pelagic limestone). Among these marine sediments and ophiolitic units have an imbricate structure because of an influence of compression tectonic among continents (Pontides, Anatolide-Tauride continent). The Eldivan (Çankırı) Ophiolite was thrust to a Neogene units of a Çankırı Basin due to the affect of neotectonic activity at Late Pliocene. Contact among sedimentary-volcano sedimentary rocks of Tertiary and the Eldivan (Çankırı) Ophiolite are usually fault.

Multispectral imagery since the early 1970's and hyperspectral imagery since the early 1980's have been widespread used in many geologic disciplines and the importance in the study of mineral and geologic mapping have been more and more increase. In this study, lithological units have been distinguished and

prepared the geologic map with 1:25 000 scaled. Then the units of Eldivan (Çankırı) Ophiolite have been mapped using Aster image. Also both of this map have been correlation .

ASTER has 14 spectral bands from visible up to thermal infrared area. It has the three bands with 15 m spatial resolution in 0.52-0.86 μm interval, six bands with 15 m spatial resolution in 1.60-2.43 μm interval and five bands with 90 m spatial resolution in 8.125-11.65 μm interval of electromagnetic spectrum.

The lithologic units of Eldivan (Çankırı) Ophiolite nearly containing all units of ophiolitic series were distinguished using multispectral methods and bands at the Visible-Near Infrared (VNIR) and the Shortwave Infrared (SWIR) spectral region of Aster image. Also except ophiolitic units in study area, other sedimentary and volcano sedimentary units were mapped. The multispectral methods such as band ratio, principal component analysis/Crocta technique, Decorrelation Stretch and classification were used the mapping of ophiolitic units and sedimentary and volcano sedimentary units in study area.

Keywords: Eldivan (Çankırı) Ophiolite, Aster, Fields Study, Lithologic Mapping, Multispectral Methods

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama sahasında, 1972 yılında Landsat uydusunun fırlatılması ile başlayarak Landsat MMS/TM/ETM+, Aster, ALI ve Spot gibi multispektral uydu görüntüleri jeoloji, ekoloji, hidrojeoloji, oşinografi gibi birçok disiplinde yaygın olarak kullanılmıştır (Abrams, vd.,1991; Hook vd., 2001; Kruse, 2002; Rowan and Mars, 2003; Rowan vd., 2003; Hubbard and Crowley, 2005; Rowan, Schmidt and Mars, 2006).

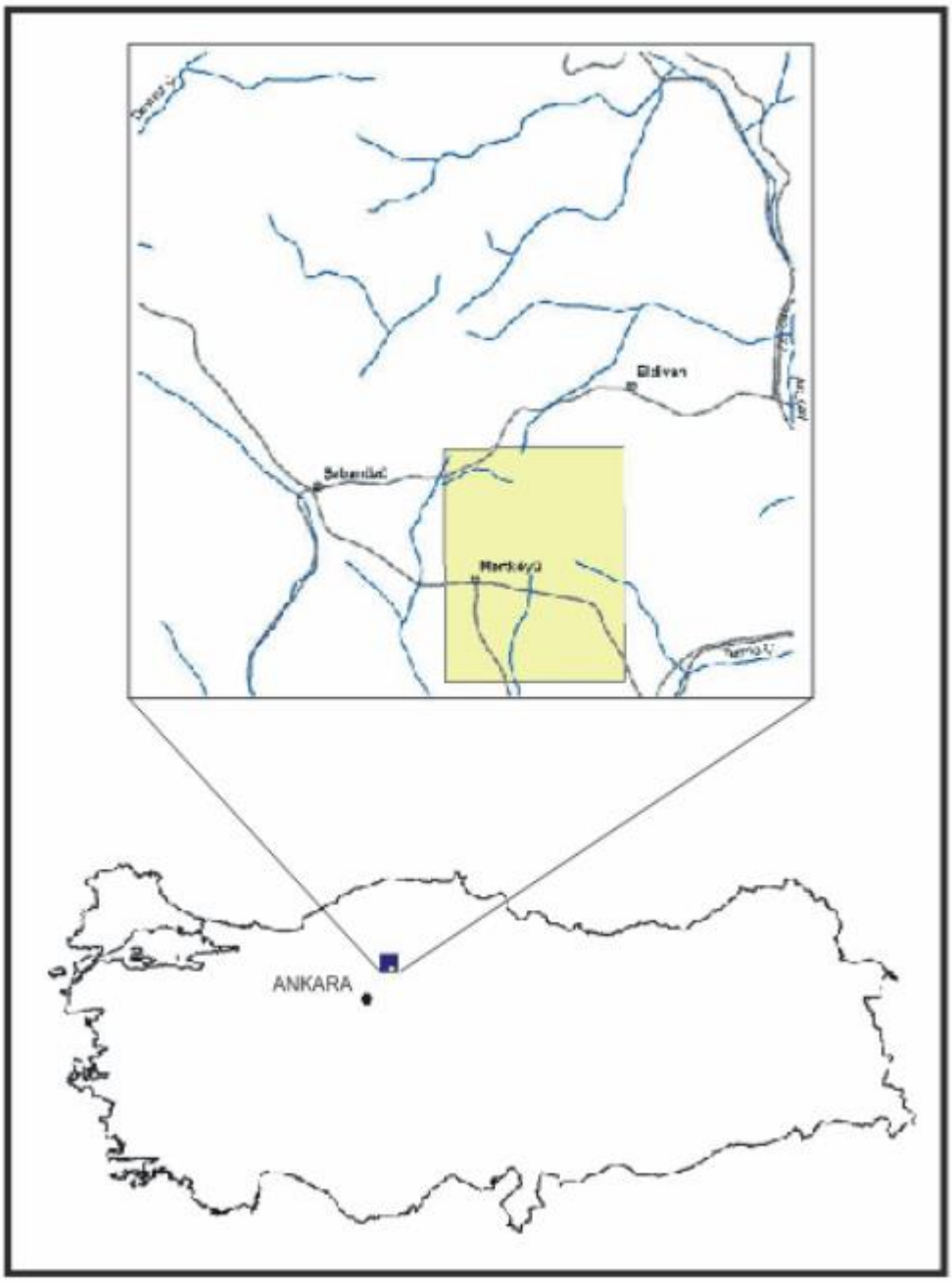
Landsat görüntülerinin 7 adet spektral bantına karşılık Aster görüntülerinin 14 adet banta sahip olması jeolojik amaçlı çalışmalarda daha fazla avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında Aster görüntüsü kullanılarak hemen hemen bir ofiyolitik serinin tüm birimlerini kapsayan Eldivan (Çankırı) Ofiyolit'inin birimleri haritalanmaya çalışıldı.

Çalışma alanı olarak Eldivan (Çankırı) Ofiyoliti'nin temsil eden birimlerin birçoğunun yüzeylediği H30b2 paftası seçildi (Şekil 1). Bu bölgede Eldivan Ofiyolitine ait peridotitler (harzburjit ve dunit), gabro, diyabaz daykı, bazalt ve radyolarit ile diğer sedimanter ve volkanosedimanter birimler yeralmaktadır. Bölgedeki peridotitlerserpantinleşmeler çoğunlukla serpantinleşmiştir. Bu birimler Aster görüntüsü kullanılarak bant oranlama, temel bileşenler analizi, dekorelasyon germesi ve sınıflandırma metotları ile haritalanmaya çalışılmıştır. Bu metotların uygulanması sonucunda ofiyolitik birimler ve diğer birimlerin litolojik olarak ayıredilmesinde elde edilen iyi sonuç veren metotlar verildi (Bölüm 5).

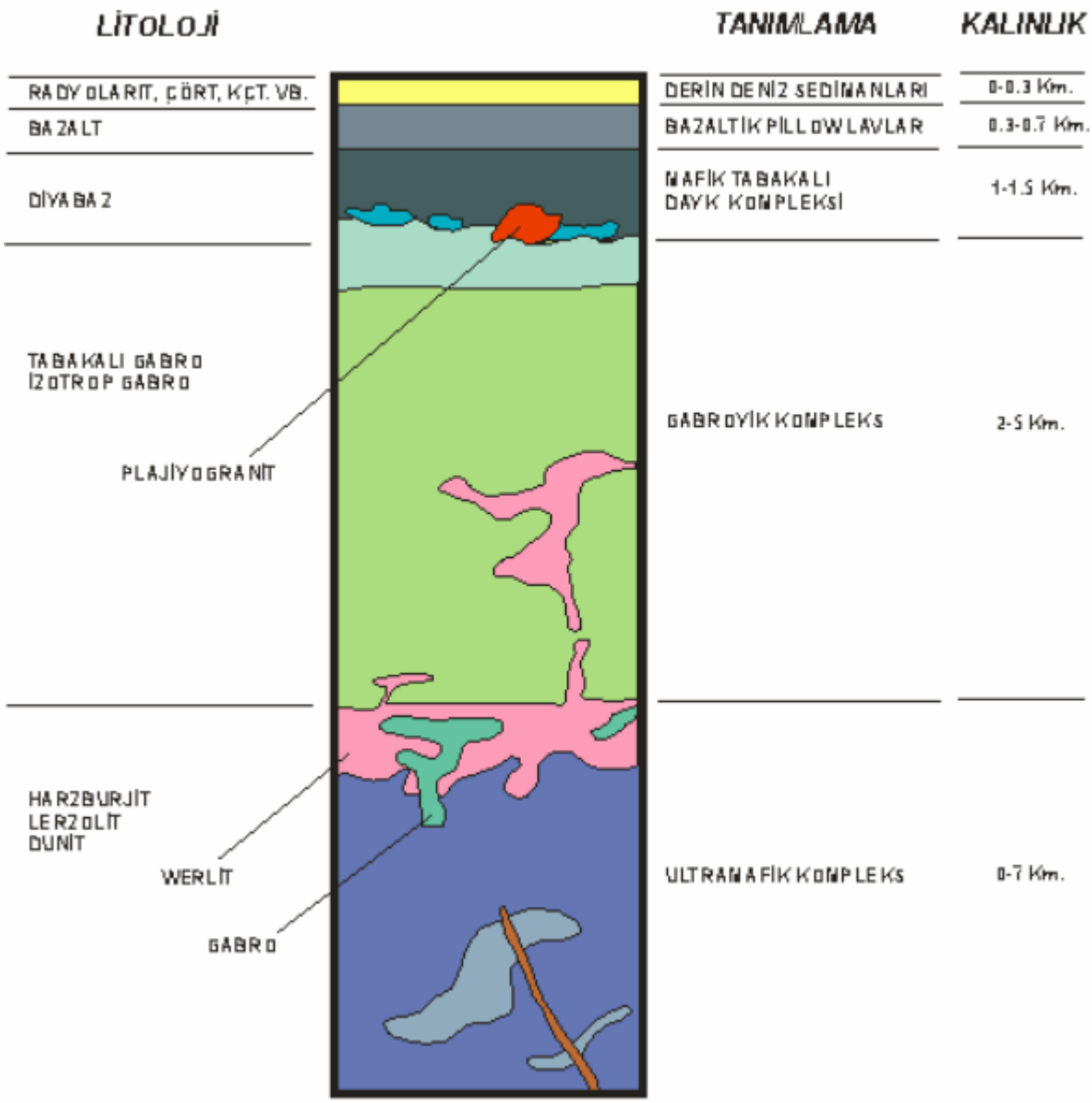
Ofiyolit terimi, ilk defa melanj içindeki serpantinleri açıklamak için bir Fransız mineraloğu olan Alexandre Brongniart (1740-1847) tarafından kullanılmıştır (Dilek, 2003; Engin, 2001). Ofiyolit kelimesi Yunanca'da ophis:yılan ve lithos:kayaç kelimelerinden gelir (Moores, 2003). Gustav Steinmann (1927), ofiyolit kayaç terimini yeni bir konsepte yükseltti. Steinmann (1927), Akdeniz dağ zincirlerindeki derin deniz sedimanlarıyla ilişkili peridotit (serpantin), gabro ve diyabaz-spilitin genel bulunuşunu vurguladı. 1972'deki Penrose Konferansı'nda, deniz tabanı açılmasının bir sonucu olarak tabakalı dayk komplekslerle birlikte ideal ofiyolit sırası onaylandı (Dilek, 2003; Engin, 2001).

İdeal bir ofiyolit serisinde alltan üste doğru aşağıdaki kayaç tipleri oluşur (Şekil 2):

- Ultramafik Kompleks: Genellikle metamorfik tektonik yapıyla birlikte harzburjit, lerzolit ve dunit,
- Gabroyik Kompleks: Genellikle ultramafiklerden daha az deforme
- Mafik Tabakalı Dayk Kompleksi
- Deniz Sedimanları: Radyolarit, çört, kireçtaşı vb.



Şekil 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.



Şekil 2: İdeal ofiyolitik seriyi oluşturan birimlerin kolon kesiti

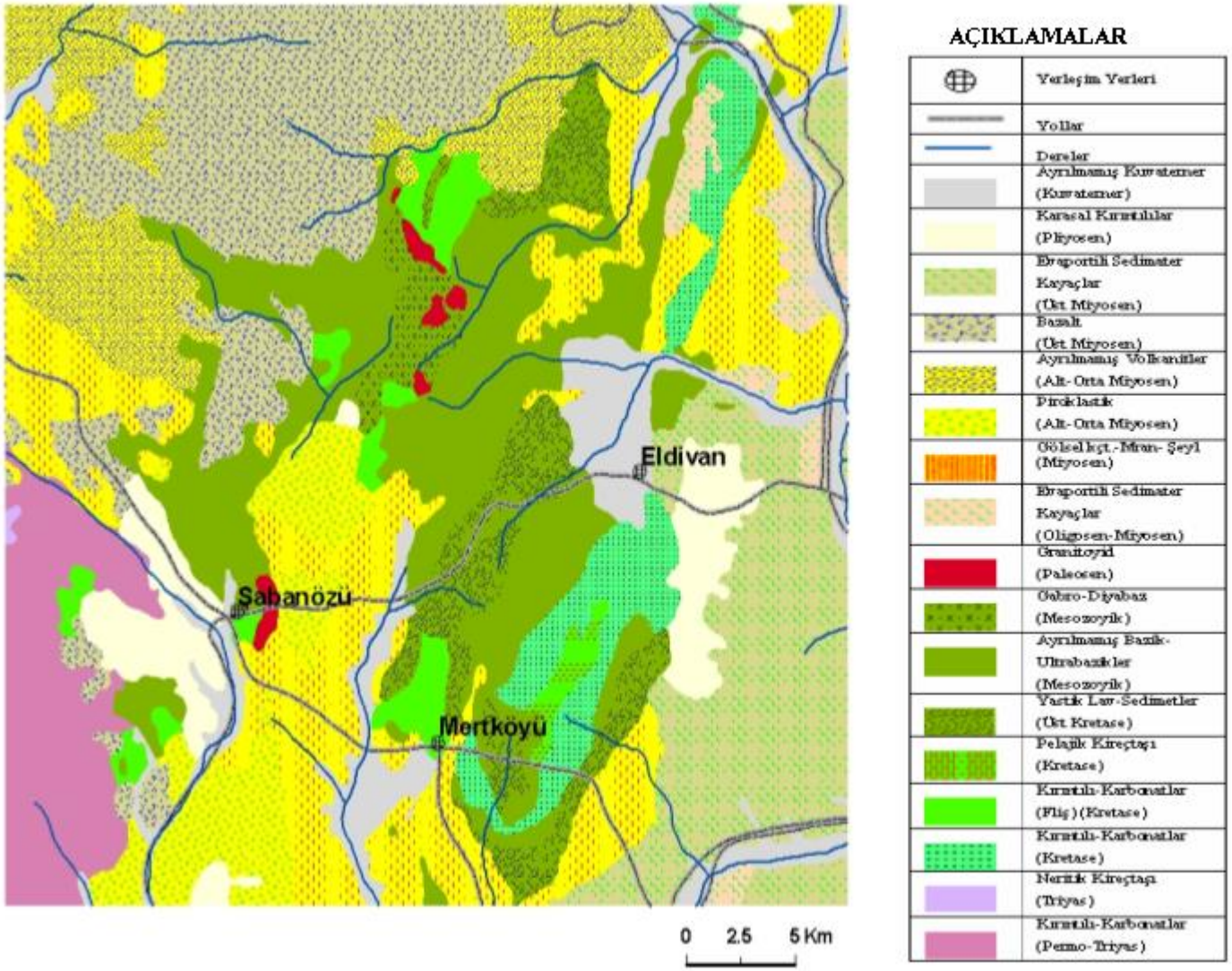
2. BÖLGESEL JEOLOJİ

Kırıkkale-Ankara-Çankırı dolayında, Sakarya ve Kırşehir kıtasal blokları arasında gelişmiş olan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAEKZ) boyunca çoğunlukla ofiyolitik diziden kopmuş değişik kaya türleri gözlenir. Ultramafik-mafik kayaçlar ile radyolaryalı çört, çamurtaşı ve pelajik kireçtaşlarından oluşan okyanusal litosfer kalıntıları, Tetis okyanusunun kuzey kolunu temsil eder (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bölgede gözlenen Triyas'tan Kretase'ye kadar farklı yaşlardaki ve birbiri ile tektonik ilişkili metamorfik, kireçtaşı ve ofiyolitik kayaç bloklarını içeren birim, Ankara Melanjı olarak adlandırılmıştır (Bailey ve McCallien, 1950). Üst Kretase yaşlı ofiyolitli melanjın nadiren izlenen serpantin ve kil çamurundan oluşan hamuru içerisinde haritalanabilir kilometre boyutunda ya da birkaç metre büyüklükteki blok şeklinde bulunan peridotit, bazalt ve derin denizel çökellere ait radyolaryalı çört, çamurtaşı ve pelajik kireçtaşları izlenir (Sarıfakıoğlu ve diğ. 2007; Sarıfakıoğlu ve Dilek, 2008). Yanal devamlılığı olmayan bu büyük bloklar, birbirleri ile tektonik dokanaklıdır. Bununla birlikte, deniz dağı volkanik kayaları, aglomeralar, volkanik tüfler, volkanoklastitler ve neritik kireçtaşları da gözlenir (Şekil 3). Genç tektonik hareketler nedeni ile Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı Karadağ Formasyonu, Eldivan ofiyolit dilimleri ve/veya ofiyolitli melanj ile genellikle ekaylıdır (Akyürek ve diğ. 1980). Bununla birlikte, Hisarcık Köyü (Çankırı) dolayında ofiyolitik kayaçların üzerine uyumsuz olarak geldiği gözlenmiştir. Derin denizel ortamda çökelen Karadağ Formasyonu tabanda volkanik taneli çakıltaşı, kumtaşı ile başlar ve üste doğru killi kireçtaşı düzeylerine geçer. Yer yer bazalt ve radyolarit olistolit veya olistostromlarını içerir. Tersiyer'de, İAEKZ üzerinde, Çankırı-Çorum Havzasının bugüne kadar devam eden karasal ortamın birimleri egemen olur. Okyanusun kapanmasına neden olan kıtalararası sıkışmayı takip eden genişlemeli tektonik rejiminin etkisinde gelişen havzalarda çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, killi kireçtaşı, volkanasedimanter kayaçlar ve jips seviyeleri oluşur (Karadenizli ve diğ. 2004). Geç Pliyosen'de, Kuzey Anadolu Fayı ve onun bir kolu olanı Kırıkkale-Erbaa Fayı arasındaki neotektonik rejim ile ilişkili KB-GD yönlü sıkışmanın etkisi ile Oligo-Miyosen Çankırı-Çorum Havzasına bir tektonik kama şeklinde sokulan ofiyolitik kuşak, batı kenarı normal faylı fakat doğu kenarı bindirmeli olarak bugünkü pozisyonunu kazanmıştır (Seyitoğlu ve diğ. 2000).

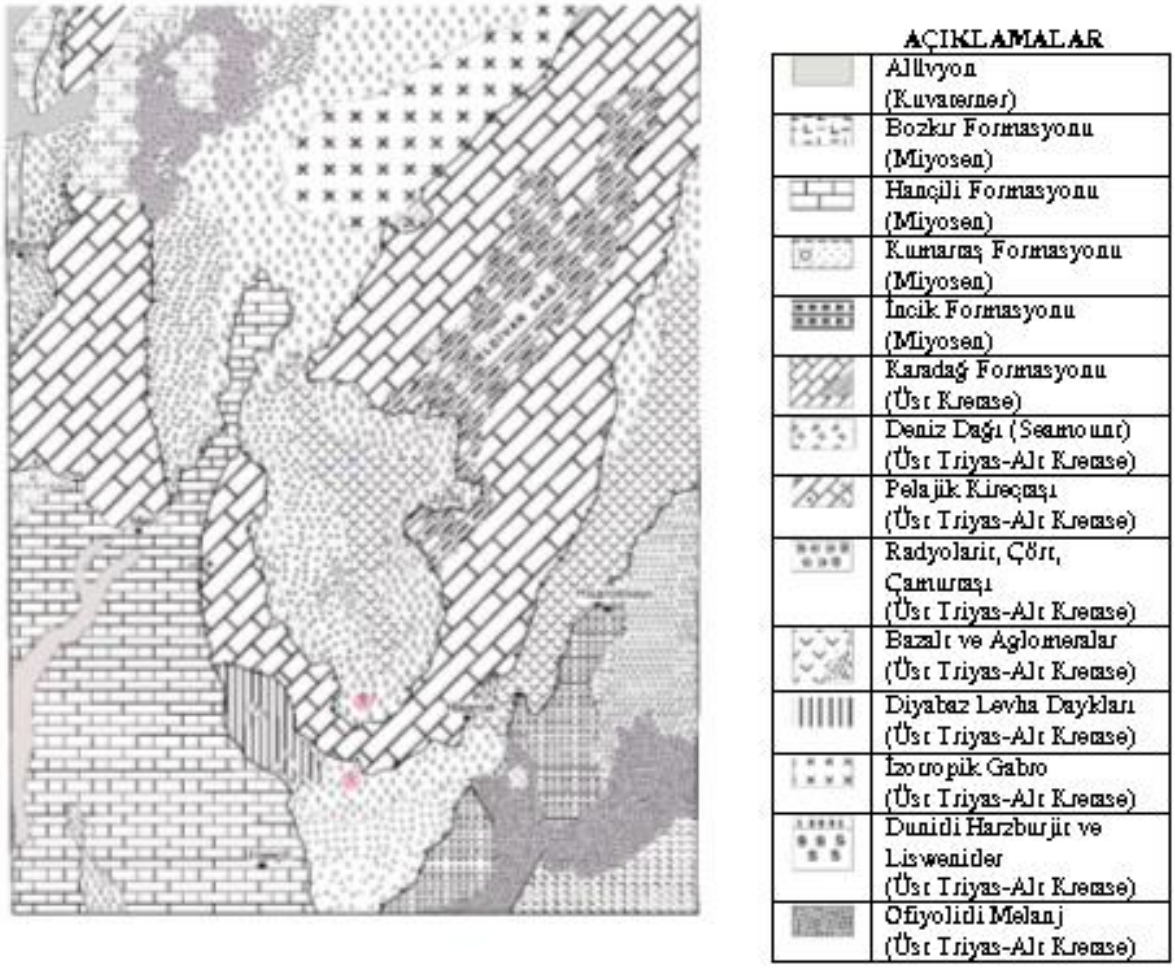
3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ

Çalışma alanı olarak H30b2 paftası seçilmiştir. Bu paftada yüzeyleyen birimler Eldivan Ofiyoliti'ni oluşturan birimleri hemen hemen temsil etmektedir. Ayrıca bölge kuzey bölümü dışında bitki örtüsü bakımından fakirdir. Bu paftada Eldivan Ofiyolitine ait mostra veren birimler: Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Ofiyolitli melanj (Okyanusal kabuktan kopmuş tektonik dilimleri, blokları, breşleşmiş ve makaslanmış ofiyolitik matriksi içerir), harzburjitler (Çoğunlukla serpantinleşmiş dunit lens ve bantlarını içerir. Tektonik zonlar boyunca listvenitler gözlenir), izotropik gabro, diyabaz levha daykları, bazalt ve aglomeralar, radyolarit-radyolaryalı çörtler-çamurtaşı ve pelajik kireçtaşıdır (Şekil 4). Daha sonra Üst Kretase yaşlı Karadağ Formasyonu gelir ve Eldivan Ofiyoliti ile dokanağı faylıdır. Bu formasyon altta volkanoklastik kumtaşı ve çakıltaşı ile başlar, üst kesimlerde ise pelajik killi kireçtaşı bulunur. Kurşunludüz kireçtaşı (çört bantlı kırmızı renkli kireçtaşı) üyesini içerir.

Karadağ Formasyonu üzerine Miyesen yaşlı İncik Formasyonu (Yer yer marn ve tüf ara seviyeli çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı), Kumartaş Formasyonu (Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı), Hançili Formasyonu (Killi kireçtaşı, marn, kumtaşı) ve Bozkır Formasyonu (Jips, çamurtaşı, kumtaşı, tüfit) gelir (Şekil 4). En üstte ise Kuvaterner yaşlı Alüvyon yeralır.



Şekil 3: Bölgesel jeoloji (Ref: MTA 1:500 000 ölçekli Jeoloji Haritası'ndan alınmıştır).



Şekil 4: Çalışma alanının jeolojisi (Akyürek vd., 1988'den revize edilmiştir)

4. MATERYAL VE METOD

NASA'nın Terra uzay aracı ile 18 Aralık 1999'da uzaya fırlatılan Aster, görünür kızılötesinden termal kızılötesi bölgeye kadar 14 spektral banda sahiptir. Bu bantlar dışında stereo görüntü elde etmeyi sağlayan bir tane geriye bakış bantı (0.78-0.86 μm) kapsamaktadır. Aster'in elektromanyetik spektrumun görünür yakın kızılötesi bölgesinde-VNIR (0.52-0.85 μm) 15 m. alansal çözünürlüklü 3 adet spektral bantı, kısa dalga kızılötesinde-SWIR (1.600-2.430 μm) 30 m. alansal çözünürlüklü 6 spektral bantı ve termal kızıl ötesinde-TIR ise (8.125-11.65 μm) 5 adet spektral bandı bulunmaktadır (Abrams, Hook & Ramachandran, 2002).

Ofiyolitik birimler ile diğer sedimanter ve volkanosedimanter birimleri haritalamaya yönelik gerçekleştirilen görüntü analiz .alışmalarında Aster görüntüsünün VNIR ve SWIR bantları kullanılmıştır. Aster görüntüsü ile görüntü analiz çalışmalarından önce VNIR ve SWIR bölgedeki herbir banttaki koyu alanlar çıkarılmıştır (İngilizce: Lpath remove/dark subraction).

Görüntü analiz çalışmaları PCI Geomatica ve Erdas Imagine yazılımları kullanılarak yapılmıştır.

Aster görüntüleri ile litolojik birimleri haritalamaya yönelik görüntü analiz işlemlerinde aşağıdaki 4 metot kullanılarak çalışma alanındaki litolojik birimler ayırt edilmeye çalışılmıştır:

1) Bant Oranlama
2) Temel Bileşen Analizleri
3) De-korelasyon Germesi
4) Sınıflandırma

4.1. Bant Oranlama Tekniği

Bant oranlama tekniği mineral arama çalışmalarında ve bitki örtüsünün belirlenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bant oranlaması ile materyaller arasındaki spektral farklılıklar belirginleştirilir. Ayrıca topografik ve gölge etkileri en aza indirilir. Ayrıca oran görüntülerinden renkli kombinizasyonlar yapılarak daha yorumlanabilir görüntüler elde edilebilir (ERDAS Field Guide, 2003; Introduction to Remote Sensing of Environment (RSE) with TNTmips, 2008; Kariuki vd., 2004)

Elektromanyetik spektrumun dalga boylarındaki belirli absorbsiyona, bazı kimyasal element ve iyonların bulunuşu, bazı elementlerin iyonik yüklemesi ve elementler arasındaki kimyasal bağların geometrisi neden olur (Introduction to Hyperspectral Imaging with TNTmips, 2008). Materyaller ve özellikle demiroksit/hidroksit ve kil mineralleri gibi hidrotermal alterasyon mineralleri belirli spektral aralıklarda yüksek yansıma (reflektans) gösterirken, belirli spektral aralıklarda ise soğurulma (absorbsiyon) özellikleri gösterirler. Bant oranlaması yöntemi ile materyallerin bu spektral özellikleri kullanılarak çevrelerine göre ile daha belirgin hale getirilebilir.

4.2. Temel Bileşen Analizleri

Mineral arama çalışmalarında kullanılan diğer bir yöntem temel bileşenler analizleridir (Principal Components Analysis-PCA). Temel bileşenler (PC) dönüşümü korelasyonlu bir çok değişken veriyi, orjinal değişkenlerin yeni korelasyonsuz doğrusal kombinizasyonlarına dönüştüren istatiksel bir tekniktir. PC dönüşümü genelde spektral fazlalığı azaltmak için kullanılır. Diğer bir anlatımla, verinin boyutunu (bant sayısını) azaltmakta önemlidir. Ayrıca PC dönüşümü, ham veride gizlemiş ya da görülemeyen spektral özellikleri daha belirgin hale getirir. PC dönüşüm görüntüsünün KYM bant kombinizasyonları daha yorumlanabilir olabilirdir (Erdas Field Guide,2003; Kariuki vd., 2004, Abera, 2005).

Crosta ve Moore (1989), PC dönüşümünü esas alan ve 'Özellik Yönelimli Temel Bileşen Seçme' (Feature Oriented Principal Component Selection-FPCS) adlı bir teknik geliştirerek demiroksit/hidroksitlerini saptamıştır. Daha sonra Loughlin (1991), FPCS tekniğini değiştirerek Landsat TM görüntüleri ile demiroksit/hidroksitleri, hidroksil ve karbonatları haritalamıştır. Bu tekniğe de "Crosta Tekniği" adını vermiştir (Loughlin, 1991). Bu teknik ile hidrotermal alterasyon minerallerini belirlemek için birçok araştırmacı tarafından yapılmış çalışma bulunmaktadır.

4.3. De-korelasyon Germesi

Dekorelasyon germesi, multispektral verilerde genellikle bulunan yüksek korelasyonu kaldırmak ve daha canlı renk bileşik görüntüleri üretmek için kullanılır.

Bir multispektral görüntüdeki bir hücrenin spektral örneği, varsayımsal bir "spektral uzay" daki bir noktadaki ayrılmış koordinat eksenleri üzerinde herbir banttan sayısal değerleri yerleştirmek yoluyla hesaplanabilir. Bu spektral uzay, görüntüdeki herbir band için bir boyuta sahiptir. Birçok sınıflama metodları, spektral örneklerin benzerliğini değerlendirmek için bu spektral uzaydaki noktalar arasındaki ölçüleri kullanır. Spektral uzayda yakın olan hücreler, benzer spektral özelliklere ve aynı yüzey özelliklerini görüntüleme olasılığına sahiptirler (Combining Rasters with TNTmips, 2008).

4.4. Sınıflandırma

Multispektral görüntüleri sınıflandırma işlemi, piksellerin veri dosya değerlerini esas alarak bireysel sınıflara yada veri kategorilerine sıralama işlemidir. Eğer bir piksel, kriterin belirli bir koşulunu sağlıyorsa, piksel o kritere bağlı sınıfa atanır. Ayrıca bu işlem görüntü bölümleme olarak belirtilebilir.

Orjinal veriden elde etmek istediğiniz bilginin tipine bağlı olarak, sınıflar yer üzerinde bilinen bir özelliklerle ilgili olabilir ya da basit olarak bilgisayarın farklı gördüğü alanları temsil edebilir. Sınıflandırılmış bir görüntü için kara örtüsü haritası, görülen bitki örtüsü, çıplak kara alanları, çayırlıklar, kensel alanlar vb. sınıflandırılması örnek olarak verilebilir (ERDAS Field Guide, 2003).

5. GÖRÜNTÜ ANALİZ ÇALIŞMALARI

Aster görüntülerinin VNIR ve SWIR bölgedeki 9 adet spektral bantı kullanılarak bant oranlaması, temel bileşenler analizi, de-korelasyon germesi ve sınıflandırma yöntemleri ile çalşma alanında yeralan ofiyolitik birimler ve diğer birimlerin ayırt edilmesine yönelik görüntü analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Görüntü analiz çalışmaları ile inceleme alanı olarak seçilen bölgede, yüzeyleyen aşağıdaki ofiyolitik seriye ait birimler ve diğer sedimanter ve volkanosedimanter birimler ayırt edilerek haritalanmaya çalışılmıştır. H30b2 paftası içersinde yeralan ve görüntü analiz çalışmaları ile hartalanmaya çalışılan birimler;

a) Peridotitler (harzburjit ve dunit)
b) Serpantinleşmeler
c) Bazalt ve Aglomeralar
d) Radyolarit-Radyolaryalı çörtler-Çamurtaşı
e) İzotropik Gabro
f) Diyabaz Levha Daykları
g) Hançili Formasyonu
h) Karadağ Formasyonu
i) Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi
j) Bozkır Formasyonu

5.1. Bant Oranlaması

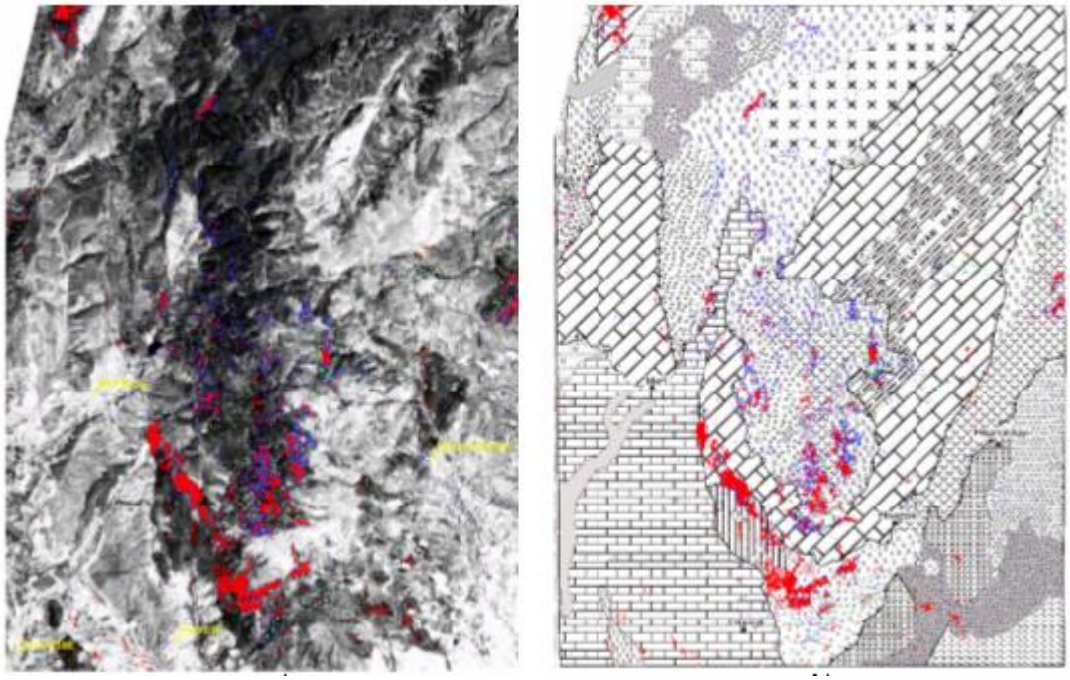
Aster görüntüsü ile litolojik haritalama bant oranlama çalışması iki bölümde gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi; bir bant oranlama görüntüsü sonuçlarına eşik değer vererek ikincisi ise bant oranlama sonuçları KYM'de görüntülenerek renkli kompozit görüntüleri oluşturmak şeklinde uygulanmıştır.

5.1.1. Bir Bantlı Bant Oranlama

Minerallerin belirli spektral özellikleri dikkate alınarak bant oranlamaları yapılmıştır. Bu oranlamalar ile litolojik birimler ayırt edilmeye çalışılmıştır.

a) 9/8, 6+9/7+8 ve 1/3 Bant Oranlamaları;

Aster görüntüsü ile 9/8 ve 6+9/7+8 bant oranlamaları ofiyolitik seri içersindeki peridotitlerde yaygın olarak görülen serpantinleşmiş alanları belirginleştirmiştir. 6+9/7+8 bant oranlaması ile peridotitlerdeki serpantinleşmeleri belirlemede daha iyi sonuç elde edilmiştir. 1/3 bant oranlaması ise ofiyolitk seri içersinde yer alan peridotitlerin (harzburjit ve dunit) yüzeylediği alanlarda anomali vermiştir (Şekil 5a ve 5b).

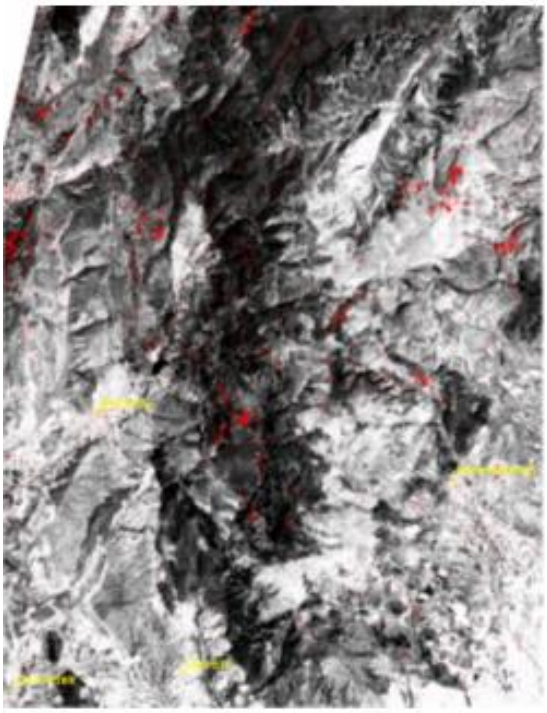


a) b)

Şekil 5: a) Aster Görüntüsü (Bant 3) ve 9/8, 6+9/7+8, 1/3 Bant Oranlamaları b) Çalışma Alanının Jeoloji Haritası ve 9/8, 6+9/7+8, 1/3 Bant Oranlamaları (Kırmızı: 1/3, Mavi: 6+9/7+8, Açık Yeşil: 9/8 Bant Oranlaması)

b) 2/1 Bant Oranlaması:

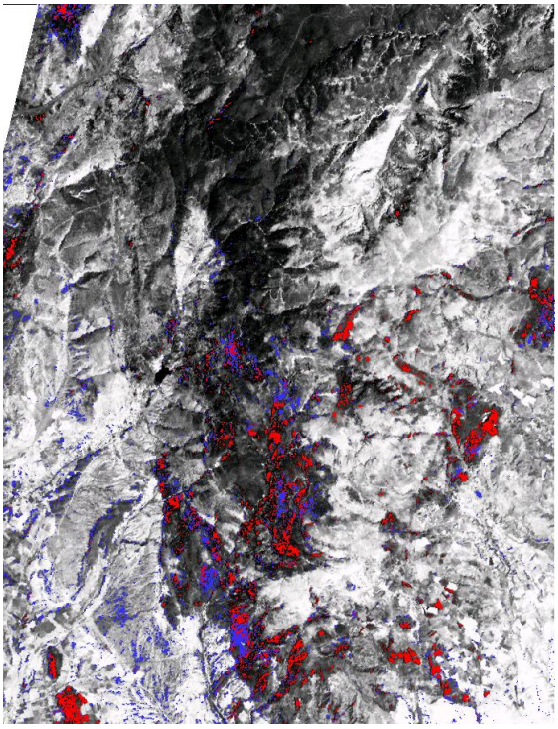
Uygulanan 2/1 bant oranlaması özellikle radyolaritlerin mostra verdiği yerlerde anomali göstermiştir (Şekil 6).

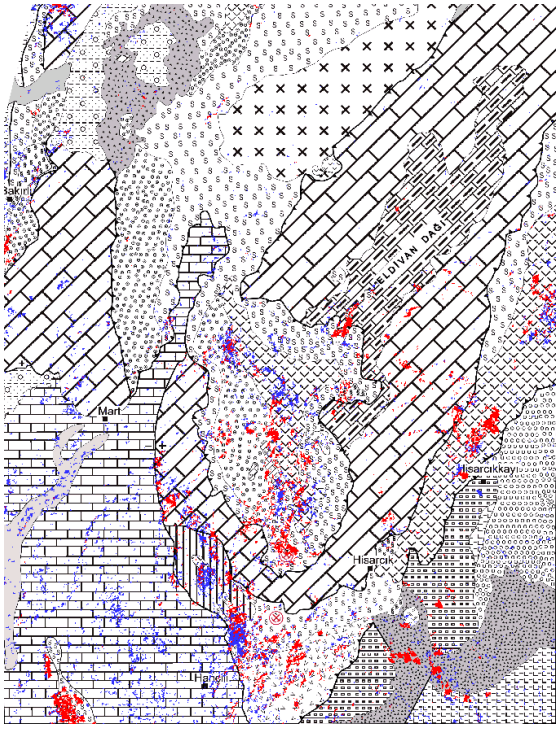


Şekil 6: Aster Görüntüsü (Bant 3) ve 2/1 Bant Oranlaması (Kırmızı: 2/1)

c) 9/3, 7/3 ve 4/3+8 Bant Oranlamaları:

Uygulanan 9/3, 7/3 ve 4/3+8 bant oranlamaları sonucunda elde edilen anomaliler özellikle bazalt ve aglomera birimlerini göstermiştir (Şekil 7a ve 7b).





a) b)

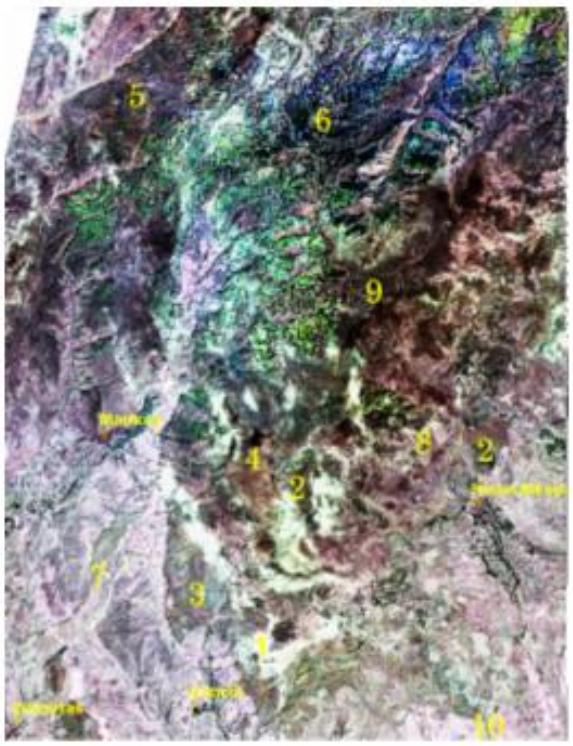
Şekil 7: a) Aster Görüntüsü (Bant 3) ve Bant Oranlamasıları b) Çalışma Alanının Jeoloji Haritası ve Bant Oranlamaları (Kırmızı: 9/3 ve Mavi: 4/8+3)

5.1.2. Üç Bantlı Oran Kompozit Görüntüsü

Aster görüntüsünün belirli bantları ile elde edilen bant oranlama sonuçları KYM'de üç bantlı (kompozit) olarak görüntülendiği zaman litolojik birimlerin sınırlarını belirlemede yararlı sonuçlar vermiştir.

a) 1/6; 1/8;1/9 (KYM) Bant Oran Kompozit Görüntüsü:

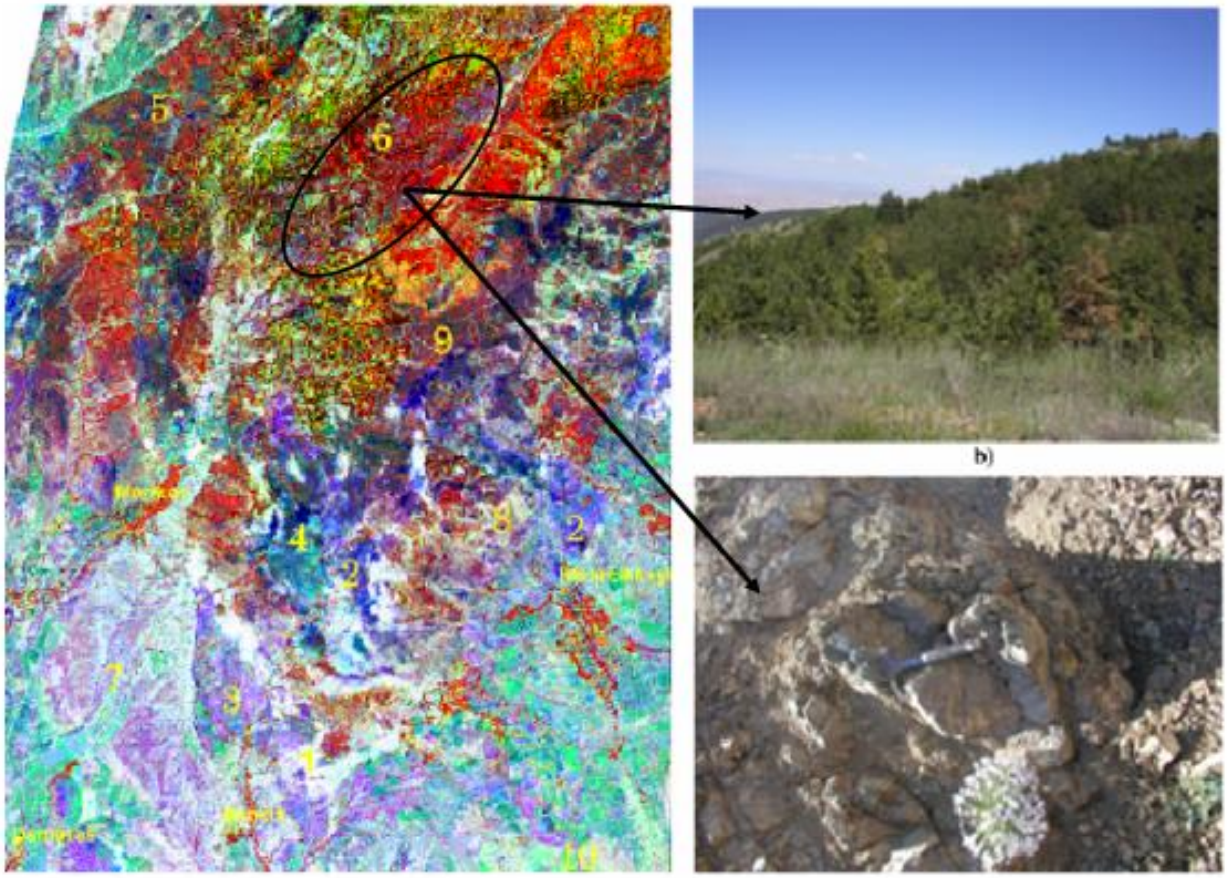
Şekil 8'de görüldüğü gibi 1/6, 1/8 ve 1/9 bant oranlaması ile elde edilen bantlar sırasıyla KYM'de birlikte görüntülendiği zaman özellikle bitki örtüsü ile kaplı olan kuzeydeki izotropik gabroların sınırları belirginleştirmiştir (Şekil'de 6 nolu bölgedeki mavi renk tonları). Ayrıca bu kompozit görüntü Şekil 8'de 3 ile gösterilen bölgede yüzeyleyen diyabaz levha daykının ayırt edilmesini sağlamıştır.



Şekil 8: 1/6;1/8;1/9 (KYM) Bant Oranlama Kompozit Görüntüsü (1: Peridotitler, 2:Bazalt ve Aglomera, 3:Diyabaz Levha Daykı, 4:Radyolarit-Radyolariyalı Çört-Çamurtaşı, 5:Serpantinleşmeler, 6:İzotropik Gabro, 7:Hançili Formasyonu, 8:Karadağ Formasyonu, 9:Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi, 10:Bozkır Formasyonu)

b) 1/2; 1/6;1/3 (KYM) Bant Oran Kompozit Görüntüsü:

1/2, 1/6 ve 1/3 bant oranlama görüntülerinin KYM'deki 3 bantlı kompozit görüntüsü aşağıdaki Şekil'de görüldüğü gibi kuzeydeki izotropik gabroların, radyolaritlerin ile bazalt ve aglomeraların, diyabaz levha daykının ve Kurşunludüz Kireçtaşı üyesinin sınırlarını belirginleşmektedir.



a) b)

Şekil 9: a) 1/2;1/6;1/3 (KYM) Bant Oranlama Kompozit Görüntüsü b) İzotropik Gabro-1 c) İzotropik Gabro-2 (1: Peridotitler, 2:Bazalt ve Aglomera, 3:Diyabaz Levha Daykı, 4:Radyolarit-Radyolariyalı Çört-Çamurtaşı, 5:Serpantinleşmeler, 6:İzotropik Gabro, 7:Hançili Formasyonu, 8:Karadağ Formasyonu, 9:Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi, 10:Bozkır Formasyonu)

c) *1/6;1/9;1/2 (KYM) Bant Oran Kompozit Görüntüsü:*

1/6; 1/9;1/2 bant oranlamalarının KYM'deki bant kompozit görüntüleri ile özellikle radyolarit ile bazalt ve aglomeraların sınırları, diyabaz levhe daykı, peridotitlerin sınırları kolaylıkla ayırt edilebilmektedir (Şekil 10).

a) b)

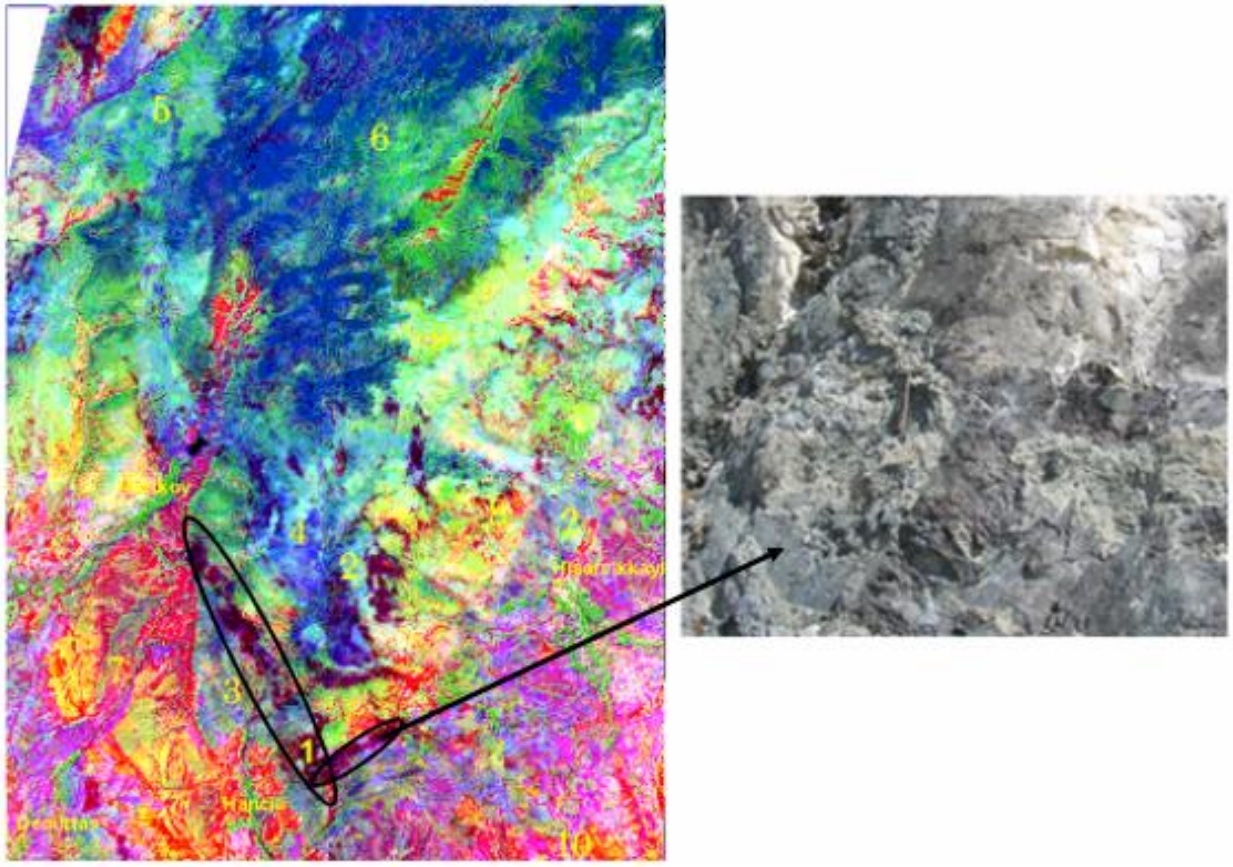
Şekil 10: a) 1/6;1/9;1/2 (KYM) Bant Oranlama Kompozit Görüntüsü b) Radyolaritlerin arazi görünümü (1: Peridotitler, 2:Bazalt ve Aglomera, 3:Diyabaz Levha Daykı, 4:Radyolarit-Radyolariyalı Çört-Çamurtaşı, 5:Serpantinleşmeler, 6:İzotropik Gabro, 7:Hançili Formasyonu, 8:Karadağ Formasyonu, 9:Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi, 10:Bozkır Formasyonu)

5.2. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

Aster görüntüsünün VNIR ve SWIR bölgedeki bantlarından 3 veya 4 bant seçilerek uygulanan temel bileşenler analizleri ile bölgedeki litolojik birimlerin sınırlarını ortaya çıkaran olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

a) Temel Bileşenler Analizleri-1

Aster görüntüsünün 4,5,6 ve 8. bantları; 1,4,6 ve 8. bantları ve 1,2,4 ve 5. bantları seçilerek gerçekleştirilen üç ayrı PCA analizi sonucunda her üç sonucun Pc1 bileşenleri KYM'de üç bantlı olarak görüntülendiğinde bölgedeki peridotitler, diyabaz levha daykı, bazalt ve aglomeralar ve Hançili Formasyonu'nun sınırları diğer birimlere göre daha belirginleşmiştir (Şekil 11).

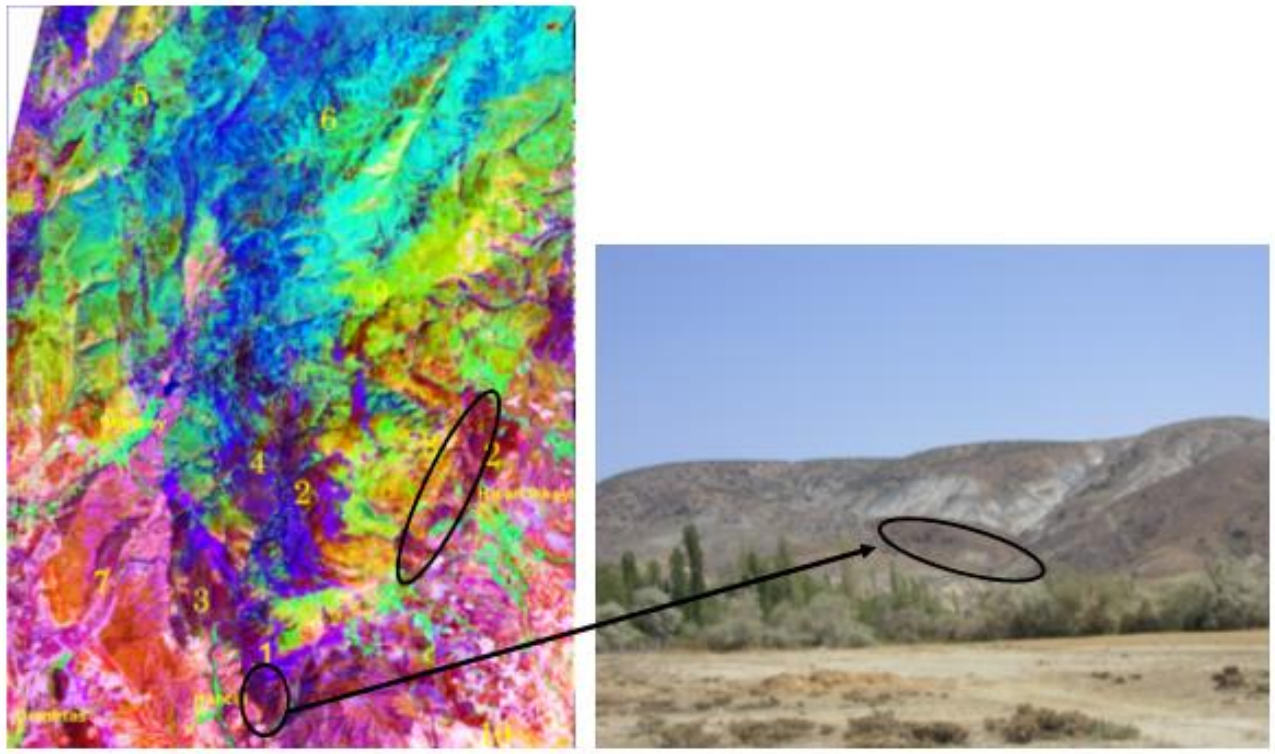


a) b)

Şekil 11: a) Temel Bileşenler Analizleri Sonucu, b) Peridotitlerin arazi görünümü (1: Peridotitler, 2:Bazalt ve Aglomera, 3:Diyabaz Levha Daykı, 4:Radyolarit-Radyolariyalı Çört-Çamurtaşı, 5:Serpantinleşmeler, 6:İzotropik Gabro, 7:Hançili Formasyonu, 8:Karadağ Formasyonu, 9:Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi, 10:Bozkır Formasyonu)

b) Temel Bileşenler Analizleri-2

Aster görüntüsünün 2,3,6 ve 8. bantları seçilerek gerçekleştirilen temel bileşenler analizi sonucunda elde edilen bileşenlerden sırayla Pc1, Pc2 ve Pc3 bileşenleri KYM'de görüntülendiğinde peridotitler (harzburjit ve dunit), bazalt ve aglomeralar, radyolaritler, diyabaz levha daykı, ve Karadağ Formasyonu'nun sınırları ayırt edilmektedir (Şekil 12).



a) b)

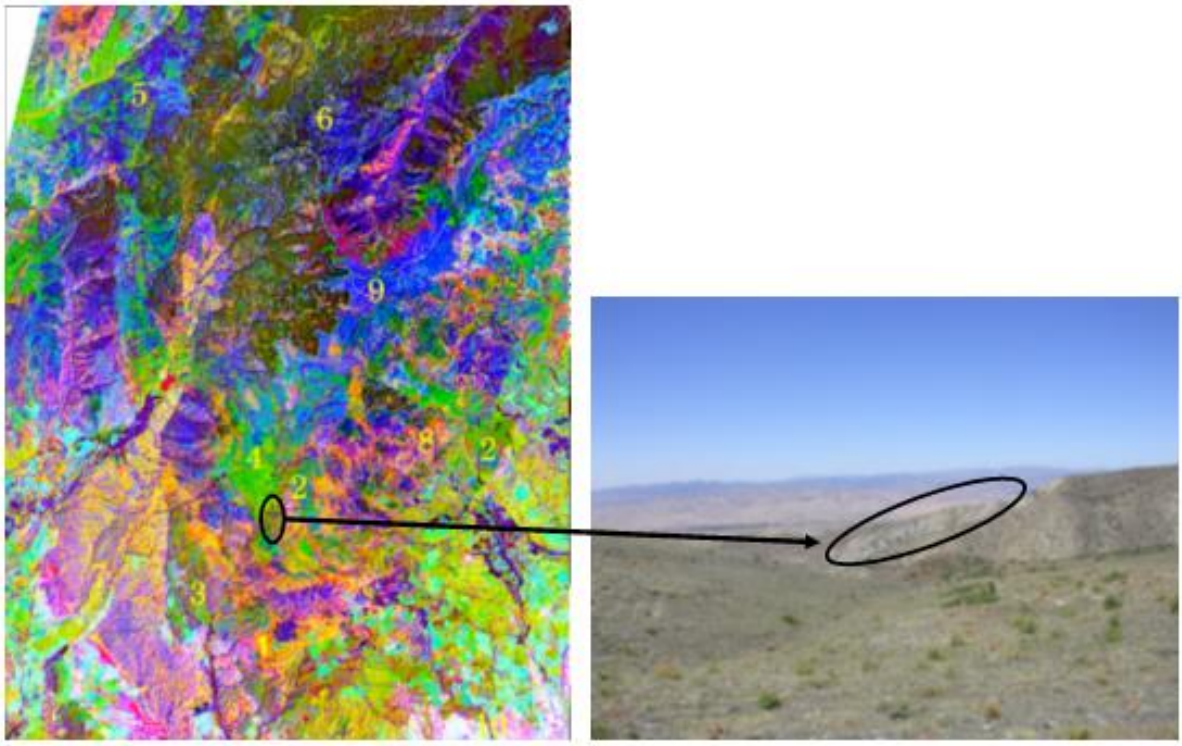
Şekil 12: a)Temel Bileşenler Analizleri Sonucu b) Bazalt ve Aglomeraların arazi görünümü (1: Peridotitler, 2:Bazalt ve Aglomera, 3:Diyabaz Levha Daykı, 4:Radyolarit-Radyolariyalı Çört-Çamurtaşı, 5:Serpantinleşmeler, 6:İzotropik Gabro, 7:Hançili Formasyonu, 8:Karadağ Formasyonu, 9:Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi, 10:Bozkır Formasyonu)

5.3. De-korelasyon Germesi

İnceleme alanındaki ofiyolitik serinin ve diğer litolojik birimlerin haritalanmasında uygulanan diğer bir metot da dekorelasyon germesidir. Aster uydu görüntüsünün görünür ve yakın kızılötesi bölgedeki 9 spektral bantı seçilerek uygulanan işlen sonucunda elde edilen görüntünün 1,2, 4 ve 1,3,8. bantlarının kompozit görüntüleri ile iyi sonuçlar elde edilmiştir.

a) De-korelasyon 1;2;4 (KYM) Görüntüsü

De-korelasyon işlemi ile elde edilen sonuç görüntünün 1, 2 ve 4. bantlarının (KYM) üç bantlı kompozit görüntüsü ile serpantinleşmeler, izotropik gabro ve diyabaz levha daykı ile Kurşunludüz Kireçtası üyesi ve Hançili Formasyonu'nun sınırları belirginleşmiştir (Şekil 13).

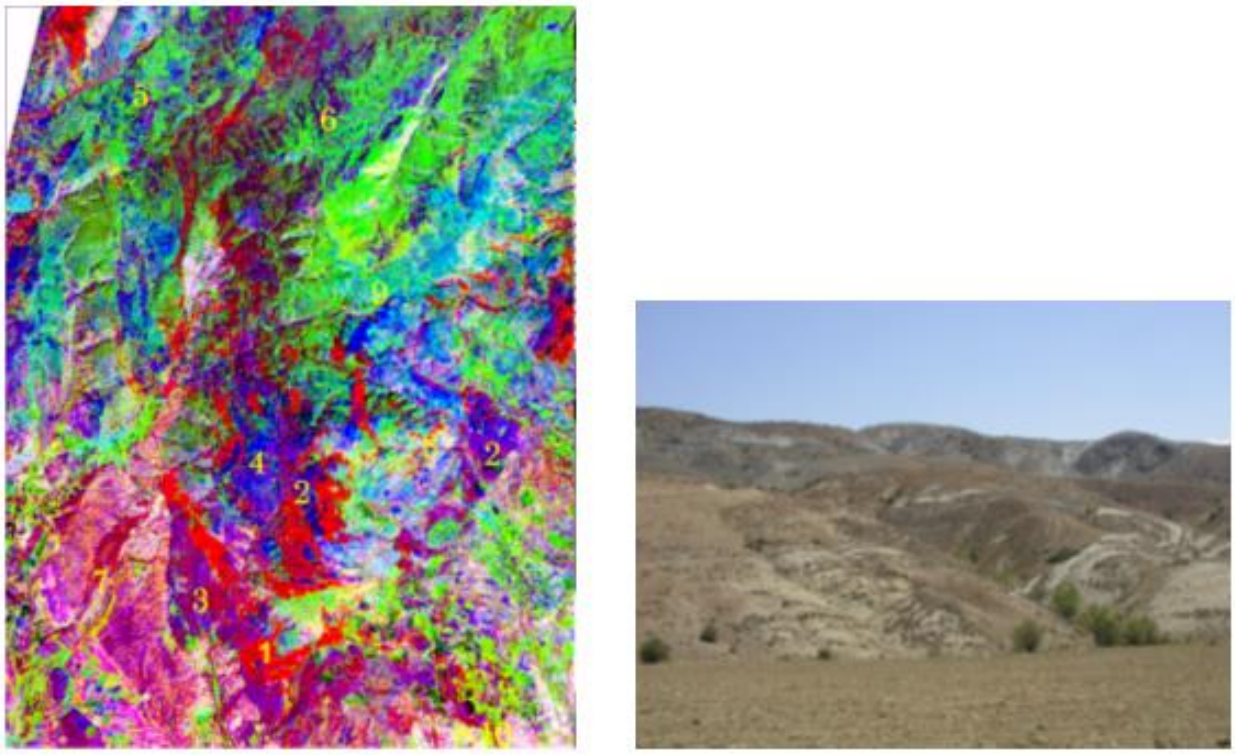


a) b)

Şekil 13: a) De-korelasyon 1;2;4 (KYM) Görüntüsü b) Serpantinleşmelerin arazi görünümü (1: Peridotitler, 2:Bazalt ve Aglomera, 3:Diyabaz Levha Daykı, 4:Radyolarit-Radyolariyalı Çört-Çamurtaşı, 5:Serpantinleşmeler, 6:İzotropik Gabro, 7:Hançili Formasyonu, 8:Karadağ Formasyonu, 9:Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi, 10:Bozkır Formasyonu)

b) De-korelasyon 1;3;8 (KYM) Görüntüsü

De-korelasyon germesi sonucunda elde edilen görüntünün 1, 3 ve 8. bantlarının (KYM) üç bantlı kompozit görüntüsü peridotitleri, bazalt ve aglomeraları, radyolaritleri ve Hançili Formasyonu'nu belirginleştirmiştir (Şekil14).



a) b)

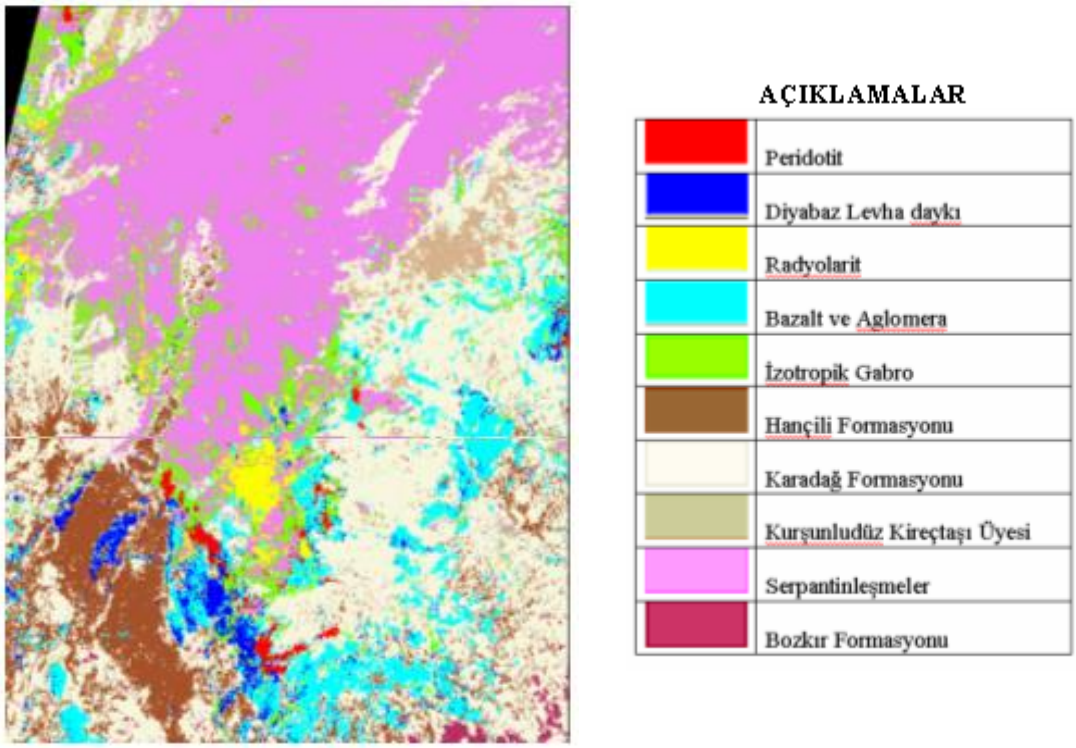
Şekil 14: a) De-korelasyon 1;3;8 (KYM) Görüntüsü b) Hançili Formasyonunun arazi görünümü (1: Peridotitler, 2:Bazalt ve Aglomera, 3:Diyabaz Levha Daykı, 4:Radyolarit-Radyolariyalı Çört-Çamurtaşı, 5:Serpantinleşmeler, 6:İzotropik Gabro, 7:Hançili Formasyonu, 8:Karadağ Formasyonu, 9:Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi, 10:Bozkır Formasyonu)

5.4. Sınıflandırma

Uzaktan algılamada uydu verilerini kullanarak yer yüzeyi üzerindeki materyalleri ayırt etmek için kullanılan diğer bir yöntemde sınıflandırmadır. Uydu görüntüsü üzerinde belirli materyaller hakkında bilgi biliniyorsa bu bilgi kullanılarak yer yüzeyi üzerindeki materyaller tanımlanarak eğitimli sınıflandırma yapılabilir. Bu çalışmada mevcut 1:25 000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanarak çalışma alanındaki litolojik birimler gruplanarak haritalanmaya çalışılmıştır. Ayrıca yer yüzeyi hakkında herhangi bir veri kullanılmadan test amaçlı eğitimsiz sınıflandırma yapılmıştır.

5.4.1. Eğitimli Sınıflandırma

Çalışma alanında yüzeyleyen ofiyolitik diziye ait peridotitler, diyabaz levha daykı, radyolarit-radyolaryalı çört-çamurtaşı, bazalt ve aglomera, izotropik gabro ve serpantinleşmeler ile Hançili Formasyonu, Karadağ Formasyonu (Şekil 16) ve Kurşunludüz Kireçtaşı üyesi ile Bozkır Formasyonu'nun mostra verdiği bölgelerde bu birimleri temsil edecek sınıflar oluşturularak eğitimli sınıflandırma işlemi uygulanmıştır (Şekil 15).



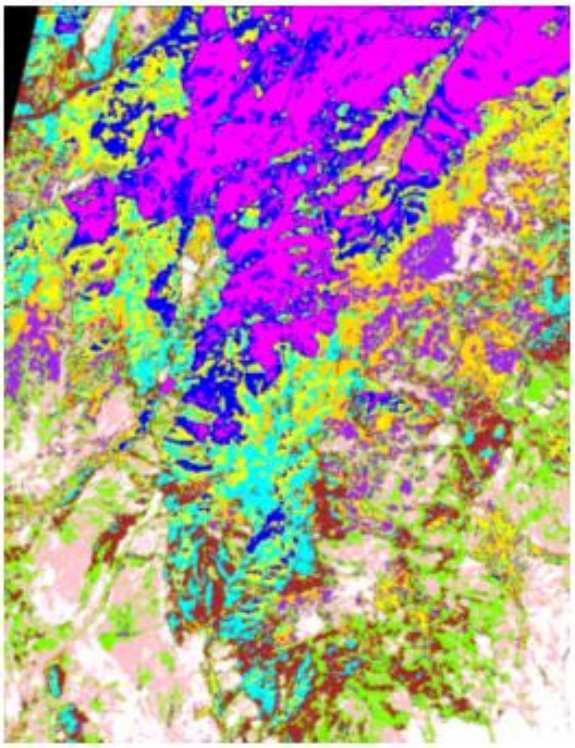
Şekil 15: Eğitimli sınıflandırma ile elde edilen sonuç

Eğitimli sınıflandırma işlemi sonucunda inceleme alanındaki peridotitler, radyolaritler, bazalt ve aglomeralar, diyabaz levha daykları, Kurşunludüz Kireçtaşı üyesi ve Bozkır Formasyonu iyi şekilde gruplanmıştır. Hançili Formasyonu ve Karadağ Formayonu kısmen iyi gruplanmış olup diğer birimlerin sınıflanmasında karışma olmuştur (Şekil 15).

Şekil 16: Karadağ Formasyonunun arazi görünümü

5.4.2. Eğitimsiz Sınıflandırma

Test amaçlı olarak yer yüzeyi hakkında herhangi bir bilgi tanımlanmadan 10 sınıf için eğitimsiz sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır (Şekil 17). Eğitimsiz sınıflandırma yöntemi ile elde edilen sonuç bölgedeki litolojik birimlerin ayırt edilmesinde başarılı olmamıştır.



Şekil 17: Eğitimsiz sınıflandırma ile elde edilen sonuç.

6. SONUÇ

Aster görüntüsü kullanarak Eldivan (Çankırı) Ofiyoliti'ne ait birimler ile bölgedeki diğer sedimanter ve volkanosedimanter birimlerin litolojik olarak ayırtlanmasına yönelik gerçekleştirilen görüntü analiz çalışmaları ile elde edilen iyi sonuçlar litolojik birimlere göre aşağıda gruplandırılarak verilmiştir.

1) Peridotitler (Harzburjit ve dunit):
- a) 1/3 bant oranlaması
- b) 1/6, 1/9, 1/2 oran kompozit görüntüsü
- c) Temel Bileşenler analizi: 4568, 1468, 1245 (KYM)
- d) Dekorelasyon Germesi Bant: 138 (KYM)
- e) Eğitimli Sınıflandırma

2) Serpantinleşmeler:
- a) 6+9/7+8 ve 9/8 bant oranlaması
- b) Dekorelasyon Germesi Bant: 124 (KYM)

3) Bazalt ve Aglomeralar:
- a) 9/3, 7/3 ve 4/3+8 bant oranlaması
- b) 1/6, 1/9, 1/2 oran kompozit görüntüsü
- c)1/2, 1/6, 1/3 oran kompozit görüntüsü
- d) Temel Bileşenler analizi: 4568, 1468, 1245 (KYM)
- e) Temel Bileşenler analizi: 2368
- f) Dekorelasyon Germesi: 138
- g) Eğitimli Sınıflandırma

4) Radyolarit-Radyolaryalı Çörtler-Çamurtaşı:
- a) 2/1 bant oranlaması
- b) 1/2, 1/6, 1/3 oran kompozit görüntüsü
- c) Temel Bileşenler analizi: 2368
- d) Dekorelasyon Germesi Bant: 138
- e) Eğitimli Sınıflandırma

5) İzotropik Gabro:
- a) 1/6, 1/8, 1/9 oran kompozit görüntüsü
- b) 1/2, 1/6, 1/3 oran kompozit görüntüsü
- c) Dekorelasyon Germesi Bant:124

6) Diyabaz Levha Daykları:
- a) 1/6, 1/8, 1/9 oran kompozit görüntüsü
- b) 1/2, 1/6, 1/3 oran kompozit görüntüsü
- b) 1/6, 1/9, 1/2 oran kompozit görüntüsü
- c) Temel Bileşenler analizi: 4568, 1468, 1245 (KYM)
- d) Dekorelasyon Germesi Bant:124
- e) Eğitimli Sınıflandırma

7) Hançili Formasyonu:
- a) Dekorelasyon Germesi Bant: 138
- b) Dekorelasyon Germesi Bant: 124

8) Karadağ Formasyonu:
- a)Temel Bileşenler analizi: 2368

9) Kurşunludüz Kireçtaşı Üyesi:
- a) Dekorelasyon Germesi Bant: 138
- b) Dekorelasyon Germesi Bant: 124
- c) Eğitimli sınıflandırma

10) Bozkır Formasyonu:
- a) Eğitimli Sınıflandırma

7. KAYNAKLAR

Abrams M, Hook S. & Ramachandran B., (2002), "ASTER user handbook", JPL Publication 2, p.135, http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/ 04_Documents/aster_user_guide_v2.pdf.

Abera, G.B., (2005), "Application of Remote sensing and Spatial Data Integration Modeling to Predictive Mapping of Apatite-Mineralized zones in the Bikilal Layered Gabbro Complex", Western Ethiopia, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.

Abrams, M., Abbot, E. and Kahle, A.B., (1991), "Combined use of visible, reflected infrared, and thermal infrared images for mapping Hawaiian lava flows", Journal of Geophysical Research, 96 (B1), (475-484).

Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağer, Z., Soysal, Y ve Sunu, O., (1980), "Eldivan-Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi", MTA Derleme Rapor no: 6741 (yayınlanmamış).

Bailey, E.B. ve McCallien, W.J., (1950), "Ankara Melanjı ve Anadolu Şariyajı", *MTA Dergis*, 40.

Combining Rasters with TNTmips, (2008), "TNTmips Reference Manual", MicroImages, Inc., Lincoln, Nebraska 68508 2010, USA. P. 24, http://www.microimages.com/getstart/ (Ekim 2008).

Crosta, A. P., And Moore, J. Mcm., (1989), "Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State Brazil: a prospecting case history in greenstone belt terrain", Proceedings of the 9th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology, Calgary (Ann Arbor, MI: Environmental Research Institute of Michigan), (1173–1187).

Dilek, Y., (2003), "Ophiolite Concept and Its Evolution", Ophiolite Concept and Its Evolution of Geological Thought (Editör: Dilek, Y., vd.,), (1-16).

Engin, T., (2001), "Ofiyolitler ve Ofiyolitlere Bağlı Metal Maden Yatakları", Magmatik Petrojenez, Akçakoca-Düzce, (445-473).

Erdas Field Guide, (2003), Seventh Edition, Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, Georgia, USA, (698).

Hook, S. J., Myers, J.J., Thome, K.J., Fitzgerald, M. and Kahle, A. B., (2001), "The MODIS/ASTER airborne simulator (MASTER) – a new instrument for earth science studies", Remote Sensing of Environment., v. 76, (93-102).

Hubbard, B.E. and Crowley, J.K., (2005), "Mineral mapping on the Chilean–Bolivian Altiplano using co-orbital ALI, ASTER and Hyperion imagery: Data dimensionality issues and solutions", Remote Sensing of Environment, 99, (173 – 186).

Introduction to Remote Sensing of Environment (RSE) with TNTmips, (2008), "TNTmips Reference Manual", MicroImages, Inc., Lincoln, Nebraska 68508-2010, USA. P. 32, http://www.microimages.com/getstart/ (Ekim 2008).

Introduction to Hyperspectral Imaging with TNTmips, (2008), "TNTmips Reference Manual", MicroImages, Inc., Lincoln, Nebraska 68508-2010, USA. P. 24, http://www.microimages.com/getstart/ (Ekim 2008).

Karadenizli, L., Saraç, G., Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Antoine, P.O., Kazancı, N., Varol, B., Alçiçek, C., Gül, A., Ertan, H., Esat, K., Özcan, F., Savaçcı, D., Antoine, A., Filoreau, X., Hervet, S., Bouvrain, G., Bonis, L. ve Hakyemez, Y., (2004), "Çankırı-Çorum Havzasının batı ve güney kesiminin memeli fosillere dayalı Oligo-Miyosen biyostratigrafisi ve dolgulama evrimi", MTA Derleme Rapor no: 10706 (yayınlanmamış).

Kruse, F. A., (2002), "Combined SWIR and LWIR Mineral Mapping Using MASTER/ASTER. in Proceedings", IGARSS 2002, Canada.

Loughlin, W., (1991), "Principal component analysis for alteration mapping. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing", 57, (1163–1169).

Moores, E.M., (2003), "A Personal History of the Ophiolite Concept", Ophiolite Concept and Its Evolution of Geological Thought, (Editör: Dilek, Y., vd.,), (17-29).

Rowan L.C. and Mars J.C., (2003), "Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data", Remote Sensing of Environment, 84, (350–366).

Rowan, L.C., Hook, S.J., Abrams, M.J. and Mars, J.C., (2003), "Mapping Hydrothermally Altered Rocks At Cuprite, Nevada, Using The Advanced Spaceborne Thermal Emission And Reflection Radiometer (Aster), A New Satellite-Imaging System", Economic Geology, Vol. 98, (1019–1027).

Rowan, L.C., Schmidt, R.G.. and Mars, J.C., (2006), "Distribution of hydrothermally altered rocks in the Reko Diq, Pakistan mineralized area based on spectral analysis of ASTER data", Remote Sensing of Environment, 104, (74–87).

Sarıfakıoğlu, E., Dilek, Y., Duran, S., Esirtgen, E., Alemdar, S. ve Sevin, M., (2007), "Yitim Zonu Melanjının Gelişimi: İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağındaki Ankara Melanjından Jeolojik ve Yapısal Bulgular", 61. Türkiye Jeoloji Kongresi, Ankara, Bildiri Özleri.

Sarıfakıoğlu, E. ve Dilek, Y., (2008), "Evolution Of Mesozoic Ophiolitic And Mélange Units In The İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (Turkiye) Within A Neo-Tethyan Subduction-Accretion System", 33. International Geological Congress, Oslo (Norway). Abstracts

Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B., Karabıyıkoğlu, T., (2000), "Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı basin: implication fort he post-collisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone". *Terra Nova* 12 (6), (245-251).

Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: *Tectonophysics* 75, 181-241.