



**T. C.  
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KURLAPA (SIVAS) VE CİVARININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ,  
UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ VE KAYA TÜRÜ  
SPEKTRAL YANSIMA VERİLERİNİN TOPLANMASI  
(SIVAS, TÜRKİYE)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Gökhan ÇALINAK  
(201592081017)**

**Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK**

**SIVAS  
EYLÜL 2019**

Gökhan ÇALINAK'ın hazırladığı “KURLAPA (SİVAS) VE CİVARININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ, UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ VE KAYA TÜRÜ SPEKTRAL YANSIMA VERİLERİNİN TOPLANMASI” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**      **Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK**  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

**Jüri Üyesi**      **Doç. Dr. Uğur TEMİZ**  
Yozgat Bozok Üniversitesi

**Jüri Üyesi**      **Doç Dr. Fikret KOÇBULUT**  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Özlem Pelin CAN**  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.  
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Gökhan ÇALINAK, 2019



## ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserler, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

03.09.2019

Gökhan ÇALINAK

**ÖZET**  
**KURLAPA (SİVAS) VE CİVARININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ, UYDU**  
**GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ VE KAYA TÜRÜ SPEKTRAL YANSIMA**  
**VERİLERİNİN TOPLANMASI**  
**(SİVAS, TÜRKİYE)**

**Gökhan ÇALINAK**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK**

**2019, 73 + xvii sayfa**

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında Sivas' ın kuzeyinde yer alan, içerisinde Kurtlapa, Alahacı ve Ovacık köylerinin yer aldığı 1/25.000 H38-d4 paftası içerisinde kalan bölgenin ASTER ve Sentinel-2A uydu görüntüleriyle haritalanması ve kayaç spektralarının toplanması amaçlanmıştır.

Çalışma alanı içerisinde D-B uzanımlı Geç Kretase-Erken Paleojen sırasında Neotetis Okyanusu' nun kuzey kolunun kapanmasına işaret eden İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAESZ) ile Tokat Masifi' ne ait dilimler bulunmaktadır. Bu birimler, Neotetis Okyanusu' nun kapanması esnasında, çarpışma ve sonrası süreçlerde meydana gelen sıkışmanın etkisiyle bir yığışım prizması biçiminde bölgeye yerleşmişlerdir. Bölgenin temelini Senomaniyen öncesinde oluşmuş Gökçebel serpantiniti oluşturmakla birlikte, içerisinde Liyas öncesi yaşlı Dumanlı metamorfitelerine ait dilimler barındırmaktadır. Bu istif, kuzeyden güneye doğru Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı Mermer Formasyonu' na ait yaşlıdan gence doğru Esenlik volkano-sedimanter üyesi, Adatepe kireçtaşı, Harmanyeri kireçtaşı ve bu birimleri diskordans biçimde üzerleyen Kargın Formasyonu üzerine Kızılalan bindirmesiyle yerleşmiştir.

Tezin uzaktan algılama kısmında kullanılan ASTER ve Sentinel-2A uydu görüntüleri üzerinde, yeniden örnekleme (resampling) ve alt kümelendirme (subsetting) ön-işlemleri uygulanmıştır. Görüntü zenginleştirme kısmında, Sentinel-2A görüntüleri üzerinde süper-çözünürlük algoritması, her iki uydu görüntüsünde kısa dalga boyu kızılötesi (SWIR) bantlarına MNF dönüşümleri ve bant oranlamaları uygulanarak, görüntü alanında yer alan çeşitli litolojik ve mineralojik bileşenlerin ayırt edilebilme olanağı artırılmıştır. Zenginleştirilmiş görüntüler üzerinden en uygun bant kombinasyonlarını tespit edebilmek amacıyla Optimum Index Factor (OIF) algoritması uygulanmıştır. Bu algoritma sayesinde en yüksek bilgi içeriğine sunacak biçimde ASTER görüntülerinden 12/13-4/3-5/6, 13/12-4/1-MNF 2, MNF2-1-5/6 RGB renk kompozitleri ile Sentinel-2A görüntülerinden 5/1-11-1, 11/12-11-2, 12/5-8-MNF 2 RGB renk kompozitleri elde edilmiştir.

ASTER ve Sentinel-2A görüntüleri üzerinden litolojik ve mineralojik haritalar üretmek için Spectral Angle Mapper (SAM) ve Support Vector Machine (SVM) kontrollü sınıflandırma yöntemleri karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Her iki kontrollü sınıflandırma yöntemiyle üretilen haritalar karşılaştırmalı olarak incelendiğinde Support Vector Machine (SVM) yöntemiyle üretilen jeolojik haritaların daha yüksek doğrulukta olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanı içerisindeki birimlerden alınan kayaç örnekleri üzerinden laboratuvar ortamında spektrometre yardımıyla spektral yansıma değerleri ölçülmüştür. Çalışma alanındaki kayaçlardan elde edilen spektraller bir araya getirilip spektral kütüphane oluşturularak, gelecekte yapılabilecek uzaktan algılama çalışmalarında altlık ya da referans olarak kullanılabilir duruma getirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** ASTER, Görüntüleme spektrometresi, Jeoloji, Kontrollü sınıflandırma, Makine öğrenmesi, Sentinel-2A, Uzaktan Algılama

**ABSTRACT**  
**GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE KURTLAPA (SİVAS) AND INVESTIGATION**  
**WITH THE SATELLITE IMAGES AND COLLECTION OF ROCK TYPE SPECTRAL**  
**REFLECTION DATA**  
**(SIVAS, TURKEY)**

**Gökhan ÇALINAK**

**Master of Science Thesis**  
**Department of Geological Engineering**  
**Supervisor: Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK**  
**2019, 73 + xvii pages**

Within the scope of this master's thesis, it is aimed to map the region within the 1 / 25.000 H38-d4 section of Kurtlapa, Alahacı and Ovacık villages located in the north of Sivas with ASTER and Sentinel-2A satellite images and to collect rock spectra.

In the study area, there are slices belonging to İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zone (IAESZ) and Tokat Massif, which indicate the closure of the northern branch of the Neotethys Ocean during the Late Cretaceous-Early Paleogene E-W. These units were settled in the form of an accretionary prism with the effect of compression during collision and post-collision processes during the closure of the Neotethys Ocean. Gökçebel serpentinite, which was formed before the Cenomanian, is composed of slices belonging to the pre-Liassic Dumanli metamorphics. This sequence is located from north to south in the Cenomanian-Campanian aged Marble Formation, from the old to young, Esenlik volcano-sedimentary member, Adatepe limestone, Harmanyeri limestone and the Kargın Formation overlying these units unconformably.

Resampling and subsetting pre-treatments were applied on ASTER and Sentinel-2A satellite images used in the remote sensing part of the thesis. In the image enhancement section, the possibility of distinguishing the various lithological and mineralogical components in the field of image has been increased by applying the super-resolution algorithm on Sentinel-2A images, MNF transformations and band ratios to the short wavelength infrared (SWIR) bands in both satellite images. Optimum Index Factor (OIF) algorithm was applied to determine the most suitable band combinations on the enriched images. Thanks to this algorithm, 12 / 13-4 / 3-5 / 6, 13 / 12-4 / 1-MNF 2, MNF2-1-5 / 6 RGB color composites and Sentinel-2A images from ASTER images to provide the highest information content 5 / 1-11-1, 11 / 12-11-2, 12 / 5-8-MNF 2 RGB color composites were obtained.

Spectral Angle Mapper (SAM) and Support Vector Machine (SVM) controlled classification methods were used comparatively to produce lithological and mineralogical maps over ASTER

and Sentinel-2A images. When the maps produced by both controlled classification methods were examined comparatively, the geological maps produced by the Support Vector Machine (SVM) method were found to have higher accuracy.

Spectral reflection values were measured in the laboratory using spectroradiometer over the rock samples taken from the units within the study area. The spectra obtained from the rocks in the study area were brought together and a spectral library was created, which could be used as a base or reference for future remote sensing studies.

**Keywords:** ASTER, geology, imaging spectrometer, machine learning, remote sensing sentinel-2A, supervised classification



## KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmada tez konusu, çalışma alanının seçimi ve arazi çalışmalarında yardımını esirgemeyen, çalışma süresince fikirleriyle ve değerlendirmeleriyle katkılar sunan kıymetli danışmanım **Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK'** a, eşsiz desteğinden ötürü teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları ve ön hazırlıklarda elinden gelen desteği sağlayan Jeoloji Yüksek Mühendisi **Sedat İNAL'** a teşekkür ederim.

Araziden toplanan kayaç örneklerinin MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı'na bağlı Uzaktan Algılama Araştırmaları biriminde spektral çekimlerinin yapılması konusunda yardımcı olan **Dr. Engin Öncü SÜMER'** e teşekkür ederim.

Çalışma alanına ait örneklerin optik ince kesitlerinin hazırlanması, petrografik tanımlamalarının yapılması ve ince kesit görüntülerine ait fotoğrafların çekilmesi konusunda yardımcı olan **Doç. Dr. Taner EKİCİ, Dr.Öğr. Üyesi Nazmi OTLU** ve **Arş. Gör. Dr. Deniz HOZATLIOĞLU'** na teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım süresince bana eşlik eden ve yardımcı olan arkadaşlarım **Elif İBİŞOĞLU** ve **Ferhan ARI'** ya teşekkür ederim.

Eğitimim ve çalışmam süresince maddi-manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>x</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.2 Önceki Çalışmalar .....	6
1.3 Materyal ve Metod.....	12
1.3.1 ASTER .....	14
1.3.2 SENTİNEL-2A.....	15
1.3.3 EU-DEM.....	15
1.4 İnceleme Alanının Konumu .....	16
<b>2 . İNCELEME ALANININ TEKTONOSTRATİGRAFİSİ</b> .....	<b>17</b>
2.1 ÇALTILI BİNDİRMESİ .....	17
2.1.1 Gökçebel Serpantiniti(Ktg): .....	17
2.1.2 Ovacık dolerit daykı (Kto): .....	19
2.1.3 Esenlik volkano-sedimanter üyesi (Kme): .....	19
2.1.4 Adatepe kireçtaşı üyesi (Kma):.....	20
2.1.5 Harmanyeri kireçtaşı üyesi (Kmh):.....	21
2.1.6 Kargın Formasyonu (Tkr):.....	21
2.2 KIZILALAN BİNDİRMESİ: .....	21
2.2.1 Dumanlı Metamorfitleri:.....	21
2.2.2 Kurtlapa diyabazı (Ktk): .....	24
2.2.3 Çeltek diyabazı (Ktç):.....	25
2.2.4 Taşlık Radyolariti (Ktt): .....	27

2.2.5 Alüvyonlar (Qal): .....	27
<b>3. İNCELEME ALANININ ASTER VE SENTİNEL UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ.....</b>	<b>28</b>
3.1 Görüntü İşleme:.....	28
3.2 Minimum Parazit Ayrımı (MNF):.....	28
3.3 Bant Oranlama: .....	31
3.3.1 Sentinel-2A: .....	33
3.3.2 ASTER: .....	35
3.4 Optimum Index Factor (OIF): .....	41
3.5 Bant Kombinasyonları: .....	42
3.5.1 İnceleme Alanına Ait Sentinel-2A Bant Kombinasyonları:.....	42
3.5.2 İnceleme Alanına Ait ASTER Bant Kombinasyonları: .....	46
3.6 Kontrollü Sınıflandırma:.....	48
3.6.1 Spectral Angle Mapper: .....	49
3.6.2 Support Vector Machine: .....	49
<b>4. İNCELEME ALANINI TEMSİL EDEN BİRİMLERDEN TOPLANILAN SPEKTRALAR ....</b>	<b>52</b>
4.1 Kurtlapa diyabazı (Ktk): .....	52
4.2 Çeltek diyabazı (Ktç): .....	53
4.3 Taşlık radyolariti (Ktt): .....	54
4.4 Gökçebel serpantiniti (Ktg):.....	55
4.5 Dumanlı Metamorfitleri (Pdm): .....	56
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....</b>	<b>57</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>59</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>64</b>
EK- 1 .....	65
EK- 2 .....	66
EK- 3 .....	67



EK- 4 .....	68
EK- 5 .....	69
EK- 6 .....	70
EK- 7 .....	71
EK- 8 .....	72
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>73</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1</b> Anadolu mikro plakasının tektonik haritası (Legeay ve diğ., 2018).....	2
<b>Şekil 1.2</b> Sivas Havzası'nın jeolojisi (Callot ve diğ., 2014).....	3
<b>Şekil 1.3</b> Guezou ve diğ., (1996) ve Kergaravat ve diğ., (2016) dan değiştirilerek tamamlanan Sivas Havzası'nın ana yapısal bölgelerini gösteren taslak enine kesit (Legeay ve diğ., 2019). .....	3
<b>Şekil 1.4</b> Yığışım kaması oluşumu. ....	4
<b>Şekil 1.5</b> Yığışım karmaşıklarının oluşumu. ....	5
<b>Şekil 2.1</b> Çalışma alanının stratigrafisi (After Özden,1998) .....	17
<b>Şekil 2.2</b> Gökçebel serpantinitine ait kayaç örneğinin ince kesiti. ....	18
<b>Şekil 2.3</b> Alahacı doğusundan Esenlik volkano-sedimanter üyesine ait bir görüntü. ....	20
<b>Şekil 2.4</b> Dumanlı metamorfiteine ait kayaçların arazideki görünümü. ....	22
<b>Şekil 2.5</b> (a) Tremolit Diyopsit- kuvars şist (4x), (b) Tremolit Diyopsit- kuvars şist (10x), (c) Diyopsit kuvars- şist (4x), (d) Diyopsit kuvars- şist (10x), (e) Muskovit- kalkşist (4x), (f) Muskovit -kalkşist (10x) .....	23
<b>Şekil 2.6</b> (a) Siyenit-Fillit dokanağına ait optik ince kesit, (b) İntrüzif kütleinin dokanağında gelişen Fillit kayaçlarına ait optik ince kesit görüntüsü. ....	23
<b>Şekil 2.7</b> Kurtlapa köyü ve batısında Gökçebel serpantinitleri üzerinde yer alan Kurtlapa diyabazı. ....	24
<b>Şekil 2.8</b> Kurtlapa diyabazına ait optik ince kesit görüntüleri. (a) II.Nikol, 4x büyütme, (b) II. Nikol, 10x büyütme.....	25
<b>Şekil 2.9</b> Kurtlapa köyü kuzeyi. Tabanda Gökçebel serpantinitini, üzerinde Kurtlapa diyabazı, Kurtlapa diyabazını keserek istif içerisine yerleşen Çeltek diyabazı. ....	26
<b>Şekil 2.10</b> Çeltek diyabazına ait kayaçların optik ince kesiti II.Nikol görüntüleri. (a) Plajiyoklaz fenokristalleri ve piroksenler (4x), (b) Piroksenler ve plajiyoklazlar (10x) .....	26
<b>Şekil 2.11</b> Taşlık radyolariti, Kurtlapa batısından bir örnek. ....	27
<b>Şekil 3.1</b> 3-2-1 (RGB) görüntüsü .....	28
<b>Şekil 3.2</b> ASTER MNF görüntüleri. (a) MNF 1, (b) MNF 2, (c) MNF 3, (d) MNF 4, (e) MNF 5, (f) MNF 6 bandı. ....	30
<b>Şekil 3.3</b> Sentinel-2A MNF görüntüleri. (a) MNF 1 görüntüsü, (b) MNF 2 görüntüsü .....	30

<b>Şekil 3.4</b> Sentinel-2A görüntüleri üzerinde yapılan bant oranlamaları. (a) 5/1 bant oranı, (b) 11/8 bant oranı, (c) 11/12 bant oranı, (d) 12/5 bant oranı.....	33
<b>Şekil 3.5</b> (a) 12/9 bant oranına ait görüntü, (b) 12/11 bant oranına ait görüntü. ....	34
<b>Şekil 3.6</b> ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 2/1 bant oranlaması, (b) 4/1 bant oranlaması, (c) 4/2 bant oranlaması, (d) 4/3 bant oranlaması.....	35
<b>Şekil 3.7</b> ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 4/5 bant oranlaması, (b) 4/7 bant oranlaması, (c) (5/3) + (1/2) bant hesaplaması, (d) 5/4 bant oranlaması. ....	36
<b>Şekil 3.8</b> ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 5/6 bant oranlaması, (b) 6/8 bant oranlaması, (c) 7/5 bant oranlaması, (d) 7/6 bant oranlaması.....	38
<b>Şekil 3.9</b> ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 11/10 bant oranlaması, (b) 11/12 bant oranlaması, (c) 12/13 bant oranlaması, (d) 12/14 bant oranlaması.....	39
<b>Şekil 3.10</b> ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 13/10 bant oranlaması, (b) 13/12 bant oranlaması, (c) 13/14 bant oranlaması, (d) 14/12 bant oranlaması.....	40
<b>Şekil 3.11</b> Sentinel-2A: 5/1-11-1 (RGB) renk kompoziti. Turuncu renk: Bitki örtüsü, Koyu mavi-Lacivert tonları: Serpantinit, Mor ve tonları: Diyabaz ve gabroyik kütleler Yeşil: Hematitçe zengin radyolarit ve çörtler, Açık yeşil: Metamorfik kayalar, Mavi-Açık mavi: Karbonatlar..	42
<b>Şekil 3.12</b> Sentinel-2A: 11/12-11-2 (RGB) renk kompoziti. Kırmızı tonları: Bitki örtüsü, Çivit renk: Serpantinit, Koyu yeşil: Hematitçe zengin radyolaritler, Mor-Koyu Mor: Diyabazlar ve gabroyik kütleler, Mavi ve tonları: Karbonatlar, Açık yeşil: Hematitçe zengin kayalar, Turuncu: Silisçe zengin kayalar.....	43
<b>Şekil 3.13</b> Sentinel-2A: 12/5-8-MNF 2 (RGB) renk kompoziti. Parlak Yeşil: Bitki örtüsü, Parlak Pembe: Fe <sup>2+</sup> ce zengin kayalar, Lacivert: Gökçebel serpantiniti, Mor-Soluk Mor: Çeltek ve Kurtlapa diyabazı, Kırmızı: Fe <sup>3+</sup> ce zengin kayalar, Mavi: Karbonatlar.....	44
<b>Şekil 3.14</b> Sentinel-2A 2-11-12 SWIR (RGB) renk kompoziti: Haki tonları-Siyah: Bitki örtüsü, Kırmızı: Gökçebel Serpantiniti, Kobalt Mavisi: Taşlık radyolariti, Vişne çürüğü: Kurtlapa diyabazı, Çelik mavisi: Çeltek diyabazı, Eflatun: Adatepe ve Harmanyeri kireçtaşı, Mor: Kargın silisiklastik sedimanları, Eflatun-Turkuvaz: Esenler volkano-sedimanter kayaları, Yeşil-Turkuvaz-Krem: Dumanlı metamorfileri, Krem: Silisçe zengin kayalar.....	45

<b>Şekil 3.15</b> ASTER 12/13-4/3-5/6 (RGB) renk kompoziti. Lacivert: Bitki örtüsü, Parlak yeşil: Radyolarit, Pembe: Serpantinit, Açık yeşil: Hematit, Mor: Diyabaz ve doleritler, Kahverengi-yeşil: Karbonatlar .....	46
<b>Şekil 3.16</b> ASTER 13/12-4/1-MNF 2 (RGB) renk kompoziti. Turuncu-Kırmızı: Bitki örtüsü, Lacivert: Serpantinit, Krem-Beyaz: Radyolarit, Turkuvaz: Hematit, Mor: manyetit.....	47
<b>Şekil 3.17</b> ASTER, MNF2-1-5/6 (RGB) renk kompoziti. Lacivert: Bitki örtüsü, Turkuvaz: Serpantinit, Gül rengi( <i>neon pembe</i> ): Radyolarit, Menekşe-Mor: Ultramafik kayalar, Yeşil:Klorit-Serizit-Muskovit, Sarı: Karbonat, Galibarda( <i>çok parlak mor</i> ): Manyetit.....	48
<b>Şekil 3.18</b> Kırmızı: Bitki Örtüsü, Mavi: Sedimanter kayalar, Sarı: Serpantinit, Açık mavi: Ultramafik kayalar, Yeşil: Demir oksitler (Hematit, Limonit), Pembe: Altere kayalar (Klorit-Serizit-Muskovit).....	50
<b>Şekil 3.19</b> Sentinel-2A görüntüleri üzerinde yapılan kontrollü sınıflandırmalar: (a) SAM kontrollü sınıflandırması ve (b) SVM kontrollü sınıflandırması. Siyah: Sınıflandırılmamış pikseller, Kırmızı: Bitki örtüsü, Lacivert: Serpantinit, Pembe: Fe <sup>2+</sup> /Ultramafik dayklar, Sarı: SiO <sub>2</sub> , Kahverengi: Altere kayalar (Klorit-Serizit-Muskovit), Açık mavi: Karbonatlar, Koyu yeşil: Fe <sup>3+</sup> /Ultramafik Plütonlar Yeşil: Lateritik zon .....	51
<b>Şekil 4.1</b> Kurtlapa diyabazına ait spektraller .....	52
<b>Şekil 4.2</b> Çeltik diyabazına ait kayalardan elde edilen spektral yansıma eğrileri .....	53
<b>Şekil 4.3</b> Taşlık radyolaritine ait kayalardan elde edilen spektral yansıma eğrileri .....	54
<b>Şekil 4.4</b> Gökçebel serpantinitine ait spektral yansıma eğrisi .....	55
<b>Şekil 4.5</b> Dumanlı metamorfiteğine ait spektral yansıma eğrileri. ....	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 1</b> ASTER uydu görüntülerinin bant bilgileri (ASTER User's Guide, 2005) .....	14
<b>Çizelge 2</b> Sentinel-2A uydusu bant bilgileri ( <a href="https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument">https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument</a> ) .....	15
<b>Çizelge 3</b> Sentinel-2A bant oranları (After Henrich, V ve diğ, 2012) .....	31
<b>Çizelge 4</b> ASTER bant oranları (After Kalinowski 2004) .....	32

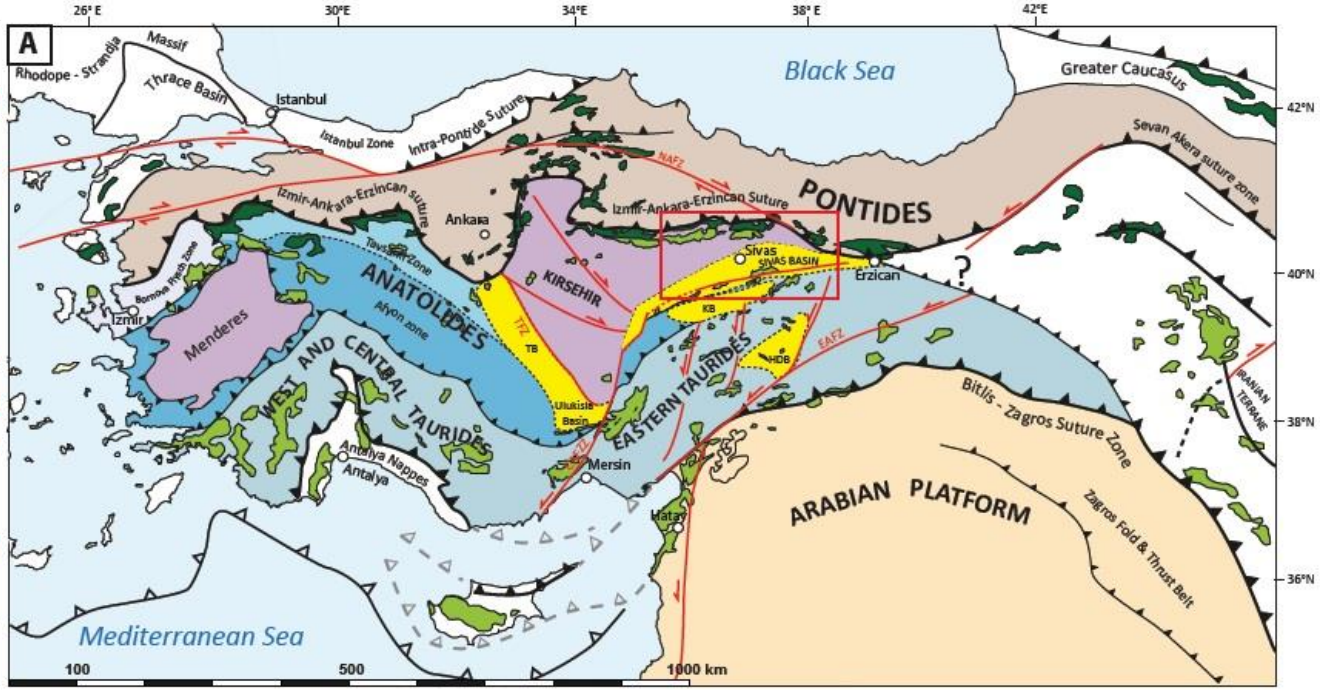


## 1. GİRİŞ

Geç Kretase'de Neotetis'in kuzey kolunun kapanımından sonra Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) üzerinde birçok kıta içi havza gelişmiştir (Göncüoğlu, 1991). Bunlar kuzey batıdan güney doğuya doğru Çankırı, Haymana, Tuz Gölü ve Ulukışla (Niğde güneyi) havzalarıdır. Sivas Havzası, Orta Anadolu Kristalin Karmaşığının güney doğusunda ve Torosların kuzeyinde yer almaktadır (Poisson ve diğ., 2015). Söz konusu havzalar bölgesel bir K-G kısalmanın etkisi altında olup denizel olarak az çok derin ve çöken bir yapıyı da sergiler.

Anadolu Bloğu Paleojen'deki çarpışma öncesinde Geç Kretase'ye kadar Tetis okyanus havzalarının kuzeye eğimli dalma batma zonları tarafından tüketilen kalıntılarını barındırır. Sırasıyla kuzeyde Pontidler, güneyde Toridler ve batıda Kırşehir Bloğuyla (OAKK) sınırlanan Sivas Havzası, anahtar bir konumdadır. (Şekil 1.1 ). Güney Avrasya sınırı boyunca Anadolu plakası, farklı kenet (sütur) zonları tarafından sınırlanan ve Paleozoyik'te ilerleyen Gondwana kökenli kıtasal parçaların karmaşık birleşimini bünyesinde barındırmaktadır.( Okay, 2008; Robertson ve diğ., 1996; Şengör ve Yılmaz, 1981).

Anatolid-Torid kuşağında, Orta Anadolu'daki daha karmaşık bir tektonik şekillenme, Kırşehir Bloğu veya Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) olarak da adlanan, Anatolid'lerden oluşan ve ofiyolitler tarafından üzerlenen bir kıtasal kuşakla Pontid'lerden ayrılır (Van Hinsbergen ve diğ., 2016; Yalınız ve diğ., 2000). Orta Anadolu'nun jeolojisi farklı kıtasal blokları sınırlayan ayrı kenet zonlarıyla karakterize olur (Şekil 1.1 ). Kuzeydeki Pontidler, Mesozoyik'te Güney Avrasya aktif kenarı olarak doğu-batı gidişli bir kıvrım ve bindirme kuşağını temsil eder (Okay ve Nikishin, 2015; Şengör ve Yılmaz, 1981; Ustaömer ve Robertson, 2010). Pontidler güneyde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAESZ) tarafından sınırlanır. Bu kenet, Geç Kretase-Erken Paleojen sırasındaki Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun kapanmasına işaret eder (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu kenet zonu daha güneyde kıtasal kökenli Kırşehir Bloğu'nu da sınırlar.

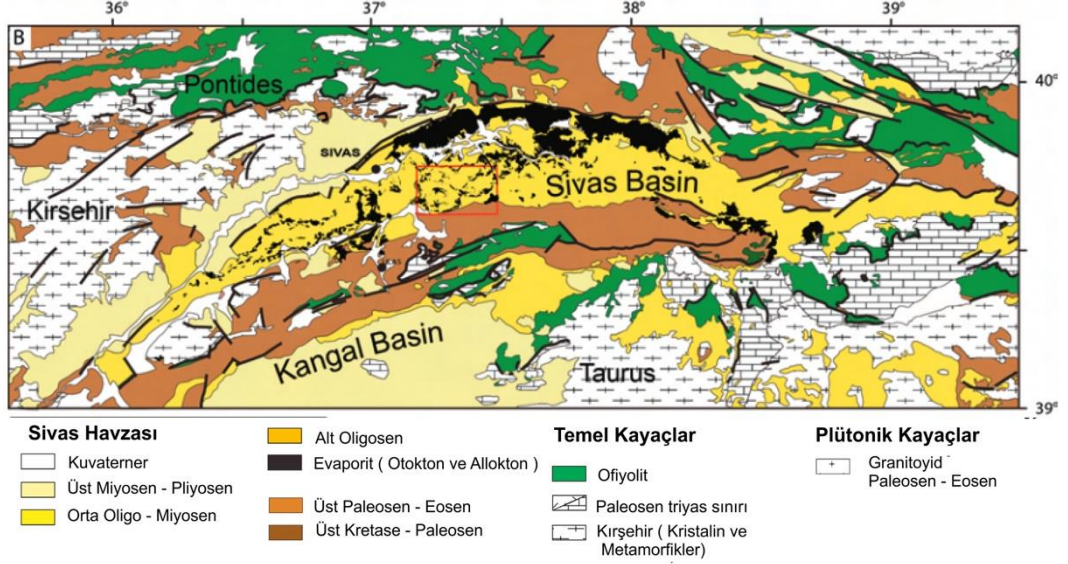


Şekil 1.1: Anadolu mikro plakasının tektonik haritası (Legeay ve diğ., 2018).

OAKK, Geç Kretase'de Barroviyen tip bir metamorfizmadan etkilenmiş olup bölgesel ofiyolitik karışık ve üzerlenmiş supra subduction zon ofiyolit parçaları tarafından gösterilen bir okyanus litosferi altındaki gömülmeye ilişkilidir (Lefebvre ve diğ., 2011; Yalınız ve diğ., 2000). Karmaşık daha güneyde Orta Anadolu Anatolid-Torid platformuyla tektonik dokanaklıdır. Bu dokanak boyunca çok sayıda ofiyolitik kütle Torid ofiyolitleri olarak tanımlanmış ve refere edilmiştir (Dilek ve diğ., 1999; Parlak ve diğ., 2013). Bunlar, Kampaniyen-Maestrihtiyen süresince Torid-Anatolidlere üzerlenmiş ve yerleşmişlerdir (Dilek ve diğ., 1999, Robertson 2002, Parlak ve diğ., 2013 ve Poisson ve diğ., 1996). Torid ofiyolitleri uzun süren tartışmalı bir konu olup Neotetis okyanusunun bir kolunu oluşturan ayrı bir kenet zonu olarak İç Torid Okyanusu şeklinde adlanır (Görür ve diğ., 1984; Şengör ve Yılmaz, 1981; Kavak ve diğ; 2017) veya Kırşehir Bloğu kuzeyinde bulunan ofiyolitlerden ziyade aynı okyanus yani İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu'yla ilişkili olduğu kabul edilir (Maffione ve diğ., 2017; Poisson ve diğ., 1996; Van Hinsbergen ve diğ., 2016) (Şekil 1.1).

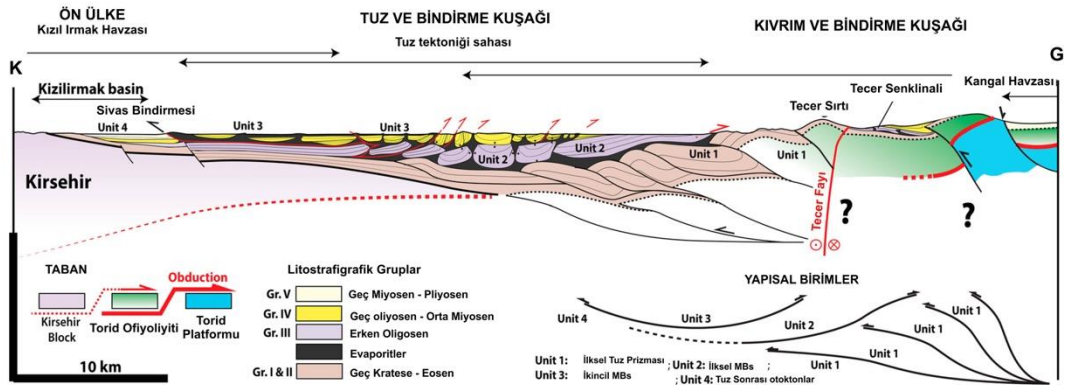
Sivas Havzası, Avrasya kıtasının güney parçasını oluşturan Pontid'lerle Gondwana kıtasından riftleşerek ayrılan ve kıtasal kökene sahip Anadolu bloğunun çarpışma zonu üzerinde yer alır. Havza daha kuzeyde, Tetis okyanusundan güneyde Anadolu üzerine ilerleyen ofiyolitler

üzerinde gelişmiştir. Sivas Havzası, Neotetis'in kuzey kolunun Üst Kretase'de kapanmasından sonra Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı (CACC) civarında gelişmiş Çankırı, Haymana, Tuz Gölü gibi önemli kıta içi havzalardan birisidir. Havza doğuda Erzincan' dan batıya doğru başlayıp güneybatıda Kayseri'ye kadar devam eden yaklaşık 250 km'lik bir uzunluğa ve 50 km'lik bir genişliğe sahiptir. Sivas Havzası, hem bindirme hem de tuz tektoniğinin yapı ve ürünlerini içerisinde barındırmaktadır (Şekil 1.2)



Şekil 1.2: Sivas Havzası'nın jeolojisi (Callot ve diğ., 2014)

Bu teze konu olan inceleme alanı, ön ülke konumundaki Kızılırmak Havzası' nın daha da kuzeyinde bulunmaktadır (Şekil 1.3). Bölgesel jeodinamik gelişim göz önüne alındığında Sivas Havzası en güneyden en kuzeye doğru, havzayı etkileyen evaporitlerin çökelişi öncesindeki (i) kıvrım ve bindirme kuşağı (fold and thrust belt), halokinetik ve bölgesel kısalma tarafından kontrol edilen duvar ve havza (wall and basin) bölgesi olarak da kabul edilen (ii) tuz ve bindirme kuşağı (salt and thrust belt) ve deforme olmamış tortullardan oluşan (iii) Kızılırmak ön ülke havzası (foreland basin) olmak üzere üç farklı yapısal alana ayrılabilir ve her bir alan kendine özgü tektono-sedimanter birimlerden oluşur (Şekil 1.3, Legeay ve diğ., 2019).

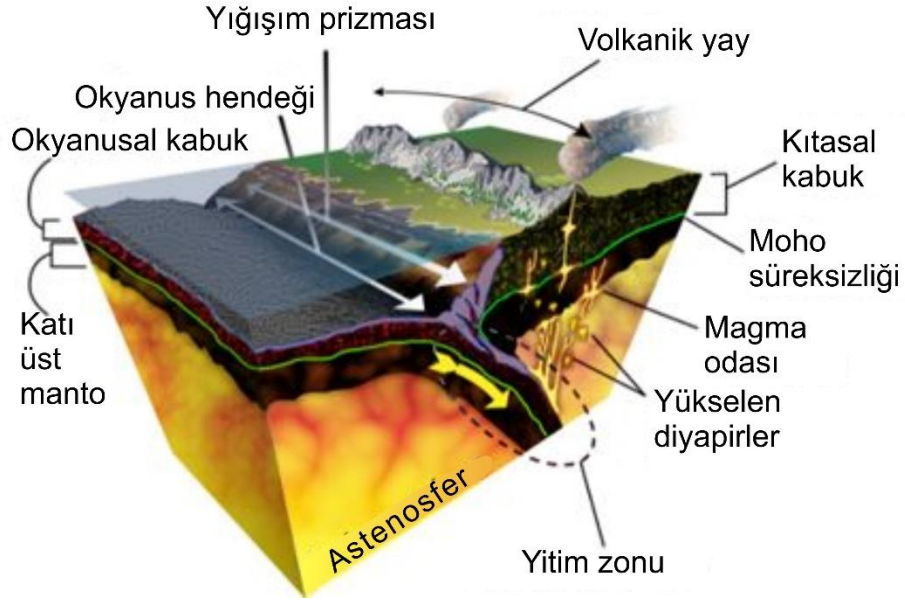


Şekil 1.3: Guezou ve diğ., (1996) ve Kergaravat ve diğ., (2016) dan değiştirilerek tamamlanan Sivas Havzası'nın ana yapısal bölgelerini gösteren taslak enine kesit (Legeay ve diğ., 2019a).



Sivas Havzası güneyinde yer alan ve varlığı tartışmalı olan İç Torid kenet zonuna ait ofiyolitler son yıllarda farklı araştırmacılar tarafından incelendiğinde iki alt gruba ayrıldığı (Kavak ve diğ., 2017) ve içerisindeki sokulumların U-Pb yaşları yaklaşık olarak 90 My tespit edilmiştir (Legeay ve diğ., 2019b). Neotetis'in kuzey kolunun kapanımı sonucu geç Kretase-Paleosen sırasında bölgede güneye doğru gelişen "Orta Anadolu Bindirmesi" en önemli yapısal özelliktir.

Bir yığışım kaması (accretionary wedge) veya prizması yakınsayan bir plaka sınırında, dalmayan tektonik plaka üzerine birikmiş tortullardan oluşur. Bu malzemenin çoğu, okyanus kabuğunun aşağı inen levhadan kazıldığı deniz tortullarından oluşur, ancak bazı durumlarda kama, üst plakada oluşturulan volkanik ada yaylarının erozyonel ürünlerini de içerir (Şekil 1.4 ).



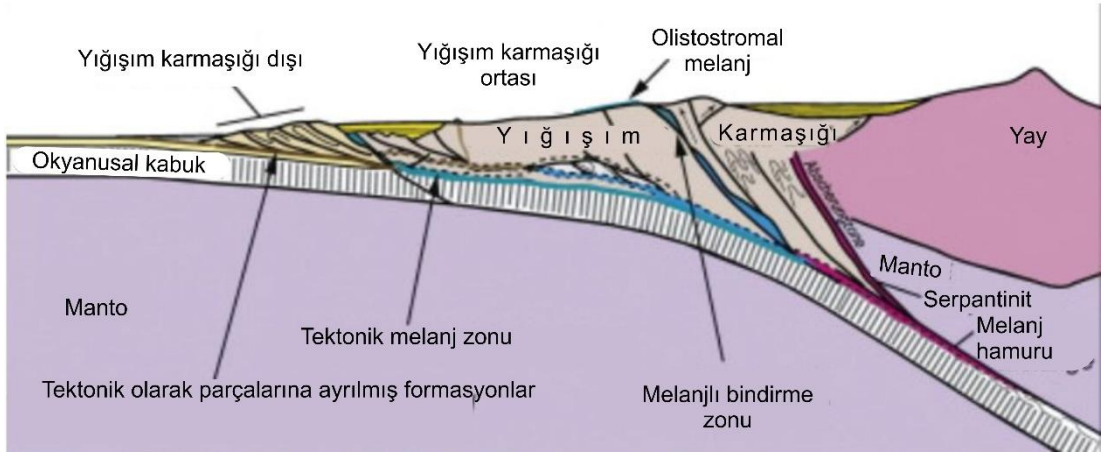
Şekil 1.4: Yığışım kaması oluşumu.

Yığışım kamaları ve birbirine eklenmiş alanlar tektonik levhalara eşdeğer değildir, daha çok tektonik levhalarla ilişkilidir ve tektonik çarpışma sonucu oluşan eklentilerdir. Bir yığışım prizması içindeki malzemeleri;

- Tipik olarak dalan plakadan kazınan ve deniz altı dağlarını oluşturan okyanus tabanı bazaltlar
- Tipik olarak dalan plakadaki okyanus kabuğunu hemen üzerindeki pelajik (açık deniz) sedimanlar

- tipik olarak türetilebilecek türbiditlerden oluşan hendek çöktelleri
- Okyanus, volkanik ada yayı
- Kıta volkanik yay ve Kordilyer orojeni
- Doğrultu boyunca yer alan bitişik kıtasal kütleler (Barbados gibi).
- Yerçekimi kayması ve yay önü sırtından moloz akmasıyla oluşan olistostrom gibi taşınan malzemeler
- Yığışım prizmalarındaki yüzey çöküntülerinde yer alan küçük havzalar olan piggy-back (domuz sırtı) havzaları,
- Okyanus kabuğu parçalarını veya dalma zonunun daha derin kesiminden itilen yüksek basınç metamorfik kayaç parçalarını içeren yay önü sırtında açığa çıkmış malzemelerdir.

Jeolojide, bir yığışım karmaşığı (complex) ise önceki bir biriktirme kamasıdır. Yığışım karmaşıkları tipik olarak karasal malzeme türbiditlerin, okyanus tabanından bazaltların ve pelajik ve hemipelajik çöktellerin karışımından oluşur. Japonya'nın karasal alanı olan jeolojik temelinin çok büyük bir kısmı yığışım karmaşıklarından oluşur (Şekil 1.5 ).



**Şekil 1.5:** Yığışım karmaşıklarının oluşumu.

İnceleme alanı olarak seçilen Kurtlapa ve civarı da İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu'nu Sivas kuzeyinden geçtiği bir bölge üzerinde yer almakta olup bölgede gözlenen kaya türleri bu yığışım prizmasını oluşturmaktadır. Bölgenin tektonostratigrafisi bindirme tektoniğiyle açıklanmış olup (Özden, 1998) yukarıda ayrıntılı olarak verilen bu zona ait kaya türleri yer almakta olup ilgili kısımda bu özellikler verilmiştir.

### **1.1 İncelemenin Amacı ve Kapsamı**

Bu tez çalışması Sivas Havzası'nın kuzeyinde, Neotetis okyanusunun kuzey kolunun kapanmasına işaret eden İzmir –Ankara-Erzincan Kenet Zonu üzerinde yer alan Kurtlapa ve civarındaki jeolojik özelliklerin ortaya çıkarılmasını, bölgenin ASTER ve Sentinel 2A görüntülerinden yararlanılarak söz konusu jeolojik özellikleri içinde barındıran jeolojik haritalama amaçlı sayısal görüntü işlem yöntemleriyle incelenmesini ve bölgede kaya birimlerini temsil eden örneklerden spektrometre ölçümüyle alınmış yansıma-dalga boyu değerleri olan spektraların toplanması ve değerlendirilmesi amaçlamaktadır.

Bu kapsamda, bölgede ofiyolitik karışığı temsil eden farklı kaya türleri dikkate alınarak daha önceden Özden (1998)'in yaptığı temel jeolojik harita temel alınmış ve tektonostratigrafi söz konusu çalışmaya göre değerlendirilmiştir. Aynı şekilde, genel olarak uzaktan algılama çalışmaları olarak nitelendirebileceğimiz uydu görüntülerinin sayısal görüntü işlem programlarıyla işlenmesi ve söz konusu çalışmaları destekleyen ve bir anlamda arazi doğrulaması olarak da düşünülebilecek spektraların ilgili kayalardan alınması da bu tezin içeriğindeki ana başlıklar olarak yer almaktadır.

### **1.2 Önceki Çalışmalar**

Geçmişte yapılan çalışmalarla bölgenin genel jeolojisi ve tektonostratigrafisi, petrografik, jeokimyasal özellikleri ve jeodinamik evrimi irdelenmiştir. Çarpışma sonrası süreçlerle ilişkili olarak; araştırmacıların özellikle bölgede yer alan ofiyolitik birimler ve metamorfitle birlikte Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri ve konumları üzerinde durulmuştur.

Blumental (1950), Aşağı ve Orta Yeşilirmak yörelerinde, Paleozoyik, Mesozoyik, Senozoyik yaşlı farklı litolojileri birbirinden ayırtlamıştır.

Yücel (1953), Kızılırmak ve Yeşilirmak arasında kalan bölgeyi kendi içerisinde metamorfitle, ofiyolitik seri ve Tersiyer yaşlı klastik seriler biçiminde ayırtlamıştır. Yazar, ofiyolitik seri yerleşme yaşının yaklaşık olarak Üst Kretase olduğunu düşünmektedir.

Yalçınlar (1955), Bölgede büyük yüzlekler sunan Paleozoyik yaşlı birimlerin kuzeye doğru üst yüzeyleri aşınmış antiklinal biçiminde bölgede yer aldığını, bölgede yer alan yeşilimsi

kayaçların Eosen' den önce, andezitik kayaçların Eosen sonrasında, Miyosen ve Oligosen sonunda da bazaltik kayaçların oluştuğunu ifade etmiştir.

Brinkmann (1966), İzmir-Ankara-Erzurum doğusuna doğru doğu-batı doğrultusunda uzanan ofiyolit kuşağının Kretase' de büyük bir yayılıma ulaşarak, evrimini Kretase' de tamamladığını ifade etmiştir. Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı çökellerin, ofiyolitik kuşağı uyumsuz bir biçimde örttüğünü ifade etmiştir.

Kurtman (1973), Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik özellikleri üzerinde durduğu çalışmasında, Sivas havzasının doğusunda oldukça geniş bir alanda yüzeyleyen metamorfitlelerin, havzanın temelini oluşturduğunu ve metamorfitleler üzerine gelen en yaşlı sedimanların Üst Kretase yaşlı kalker fasiyesi birimleri olduğunu, Eosen yaşlı volkanik ara katkılı filiş fasiyesinde geliştiğini, Oligosen-Miyosen' de ise kumtaşı, silttaşı ve jipslerin oluştuğunu ifade etmektedir. Havzanın, yoğun kıvrımlanmanın gözlemlendiği iki yükselim arasında geliştiğini ve bu yükselimler tarafından sınırlandırıldığını da ifade etmektedir.

Pamir ve diğerleri (1974), 1/500 000 ölçekli Jeoloji Haritası (Samsun) çalışmalarında, Tokat masifinin epidot-serizit-klorit şist bileşenli yeşil şistlerden oluştuğunu belirtmiştir. Jura-Kretase yaşlı birimlerle aynı fasiyeste oldukları için, birimin yaşı ayırt edilememiştir. Eosen yaşlı birimler, bölgede yer alan daha yaşlı birimler üzerine uyumsuz bir biçimde yerleştiğini ifade etmişlerdir. Peridotitik, lertzolitik ve gabroyik nitelikte bileşenlerden oluşan ofiyolitik karışığın, bunları kapsayan Mesozoyik yaşlı tortullarla birlikte bölgede yer aldığını ifade ederek, Mesozoyik yaşlı ofiyolitik karışık (Mof) olarak adlandırmışlardır.

Tatar (1977), Çamlıbel (Yıldızeli) bölgesinde ofiyolitik birimlerin de içinde yer aldığı alanın stratigrafik ve petrografik olarak incelemesini yaptığı çalışmasında, bölgede yer alan birimleri Akdağ metamorfitleleri, ofiyolitik seri, ofiyolitik seriyi kesen asidik ve bazik Plütonlar, Üst Kretase sedimanları, Tersiyer volkanitleri ve Neojen sedimanları olarak ayırtlamıştır. Bölgedeki sedimanların metamorfizmaya uğramamış olmaları ve içerisinde serpantin olistolitleri bulunmasından ötürü, ofiyolitik serinin Üst Kretase öncesinde bölgeye yerleşmiş olduğuna dikkat çekmiştir.

Koçyiğit (1979), Çördük (Tokat) güneyinde yaptığı çalışmada, Tokat masifi, ofiyolitik melanj ve pelajik kireçtaşlarından oluşan üç ana birim ayırtlamıştır. Ayırt edilen birimler içerisinden ilk iki birim temel, üçüncü birim ise örtü birim olarak ifade edilmiştir. Örtü birimin taban kesimlerinde, taban birimden türemiş tek ve çok bileşenli olistostromlar yer aldığı ifade edilmiştir. Örtü birim içerisinde ofiyolitik melanj olistostromlarının bulunuşunun Kampaniyen-Maastrichtiyen öncesi bir levha yitimiyle ilişkili olduğunu, ofiyolitik melanjin bölgeye yerleşiminin ardından yiten levha üzerinde örtü kayacının durmasıyla birlikte olistostromal bir istifin oluştuğunu belirtmiştir. Çördük olistostromları olarak isimlendirdiği örtü kayacınının, Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı olduğunu

da ifade etmiştir. Bu olistostromal istifin oluşumunun, örtü kayacın çökelişi esnasında bir duraklama ve havza kenarının sürekli yükselimiyle ilişkili olduğunu düşünülmüştür.

Yılmaz (1981a), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede yer alan ofiyolitli karışığın iç yapısı ve yerleşme yaşını konu alan çalışmasında ofiyolitik melanjin kuzeyden metamorfik melanjla (karışık) ve Permiyen yaşlı kireçtaşlarıyla, güneyden metamorfitle sınırlı olduğunu ifade etmiştir. Karışığın bileşenlerinin ise serpantin, tuf, aglomera, fillit, kristalize kireçtaşı, mermer, radyolarit, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı tortullar, Senomaniyen yaşlı pelajik kireçtaşları, peridotit, gabro ve diyabazlardan oluştuğunu belirtmiştir. Kuzeyde ofiyolitli karışığın üzerine, bileşenleri ofiyolitik karışıktan türemiş olistostromal düzeyler kapsayan Üst Senoniyen yaşlı pelajik kireçtaşlarının uyumsuz olarak geldiğini belirtmiştir ve buradan yola çıkarak ofiyolitli karışığın Senomaniyen-Alt Senoniyen aralığında yerleştiğini ifade etmiştir.

Yılmaz (1981b), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede yer alan bazı volkanitlerin petrokimyasal özelliklerini ortaya koyan diğer çalışmada bu kayaların, ofiyolitik seri içerisinde yer alan ve Okyanus Ortası Sırtlarda (OOS) oluşan (I. Grup) toleyitik kayalar olduğunu, Üste Kretase yaşlı volkanitlerin (II. Grup) ise yitim kuşaklarında oluşanlarla benzer özellikler gösterdiğini ifade etmektedir. Bu volkanitlerin (II. Grup) ada yayı oluşumunun ilk evresi ve devamı, kalkalkalin niteliğinde olduğunu ve Eosen ya da daha genç volkanitlerin (III. Grup) ise kalkalkalin kayaların farklılaşmasından türeyen volkanitler olabileceğini açıklamıştır.

Yılmaz (1983), Dumanlıdağ(Tokat) ile Çeltek Dağı (Sivas) dolaylarının temel jeolojik özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumunu incelediği bir diğer çalışmada, bölgede Eosen öncesinde üç ana tektonik birimin varlığından söz etmektedir. Bunların kuzeyde Tokat metamorfittleri, güneyde Akdağmadeni metamorfittleri, ikisi arasında bulunan Üst Kretase-Paleosen yaşlı ofiyolitli karışık ile bu karışığın örtü kayaları olarak ifade etmiştir. Bu karışığın ve örtü kayaların tektono-sedimanter bir oluşum olduğunu belirtirken, kuzeyde ve güneyde tektonik dokanaklarla ilişkili olarak farkı açılarda daldığını ifade etmiştir. Jura-Alt Kretase yaşlı tortullar, Tokat metamorfittlerinin üzerine açısız uyumsuzlukla gelmesinin yanı sıra, karışık içerisindeki blokların Tokat ve Akdağmadeni metamorfittlerine ait olduğu ifade edilmiştir. Paleosen yaşlı neritik karbonatlar ve Üst Senoniyen yaşlı pelajik formların ofiyolitik karışığı uyumsuz bir biçimde örtmekle birlikte, Eosen yaşlı kayaların da bölgede kendisinden yaşlı tüm birimleri açısız bir uyumsuzlukla üzerlediğini gözlemiştir.

Yılmaz ve Özer (1984), Kuzey Anadolu bindirme kuşağının Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) arasındaki bölümün temel jeolojisi ve Tersiyer havzasının yapısal evrimini ortaya çıkarmaya yönelik yaptığı çalışmada, bölge ve yakın civarında yüzeyleyen jeolojik birimlerin tektonik ve stratigrafik özelliklerini ve çalışma alanı içerisinde yer alan, ofiyolitli kuşağı güneyden sınırlayan kuzeye dalımlı bir bindirme zonunu tartışmışlardır. Orta Anadolu ofiyolit bindirmesi olarak adlandırılan (Tatar,1982) bu zonu Kuzey Anadolu bindirme kuşağı

olarak benimsemişlerdir. Ofiyolitik karışığın bu kuşak boyunca Eosen yaşlı kayalara kuzeyden güneye doğru 45° ile bindirdiğini belirtmişlerdir. Bu kuşağın sınırlı da olsa Neojen’ de yeniden hareketlendiğini ifade etmişlerdir.

İşler (1984), Kurtlapa (Sivas) ve civarında yer alan diyabazların petrografik ve petrolojik olarak kökenini irdelediği çalışmasında, bölgede peridotitler üzerinde gözlemlenen diyabazların, okyanus ortası sırtlarda gelişmiş abisal toleyitik özellikte olduklarını ifade etmiştir.

İşler (1985), Alahacı (Sivas) yöresinde Eosen volkanitleri ve petrolojisi üzerine yaptığı çalışmasında, bu kayaların kalk-alkalin ve toleyitik özellikte andezit ve bazaltlar olduklarını ifade etmiştir.

İşler (1986), Dumanlı dağı (Tokat) ile Çeltek dağı (Sivas) arasındaki bölgede Boztepe formasyonunun dokanak ilişkileri, alt bölümleri ve yaşı üzerine Yılmaz (1984) ile gözlemlerde ve sonuçlarda ortaya çıkan farklılıklar üzerine tartışmıştır.

Tolluoğlu (1989), Kırşehir metamorfiteilerinin mezoskopik özelliklerini ifade ettiği çalışmasında, Kırşehir masifinin eski bir rijit blok olarak evrimini Alpin orojenezinde de sürdürdüğünü ifade etmiştir.

Norman (1989), Hafik kuzeyinde D-B uzanımlı melanj istifinin yapısal evrimini ifade etmeyi amaçladığı çalışmasında, tabandan itibaren güneyde Akdağ metamorfiteileri (Paleozoyik) ve bunları kesen intrüzif kayalar ve kuzeyde Asmadağ metamorfiteileri (Triyas), bu iki yapının arasındaysa Kampaniyen-Erken Maestrihtiyen yaşlı ofiyolitik melanj istifinin yer aldığını ifade etmiştir.

Gökten (1991), Hafik kuzeyinde yer alan Senozoyik istifinin stratigrafisi ve tektoniğini incelediği çalışmasında, Sivas ile Refahiye arasında yer alan Üst Kretase-Tersiyer yaşlı havzanın tektonik kontrollü olduğunu, derinden başlayarak sığ fasiyese kadar çökeller arasında geçişler olduğunu ifade ederek, sedimentolojik özelliklerini ortaya koymaya çalışmıştır.

Koçyiğit (1991), İç Torid, Karakaya ve Erzincan kenet zonlarının yığılarak Erzincan bindirme zonunu oluşturduğunu, İç torid ve Erzincan kenet zonlarının Alpin orojenezinin izlerini taşıdığını ve iki farklı ofiyolitik melanj istifiyle nitelendiğini ifade etmiştir.

Koçyiğit (1991), Neotetis okyanusunun yitimi ve Kuzey-Orta Anadolu bölgesinden bir yay önu yığılma kuşağına dair örneklerine değindiği çalışmasında, Sakarya kıtası ve Anadolu karmaşığı arasında bulunan Ger Kretase-Orta Eosen yaşlı ve deforme sedimanter istifi, yay önu havza çökelleri olarak ayırtlamıştır.

Cater ve diğ. (1991), küresel jeodinamik evrim modelleri içerisinde Sivas Tersiyer havzasının evrimini ortaya koymaya yönelik yaptıkları çalışmalarda, Neotetis okyanusu kuzey kolunun Erken Tersiyer' de kapanması sürecinde şekillenen bir havza olduğunu ifade etmişlerdir.

Alpaslan ve diğ. (1993), Yıldızeli metasedimanterleri içinde yer alan Fındıcak metamorfizmasının oluşumu ve yaşını irdelediği çalışmada bu birimin, sığ kabuksal düzeylere yükselmesi esnasında üzerindeki basıncın kalkmasıyla ilişkili olarak yeşilist fasiyesi koşullarında retrograd kataklastik metamorfizmaya uğradığını ifade etmiştir. K-Ar yöntemiyle son metamorfizmanın yaşını Santoniyen-Maestrihtiyen olarak tespit etmiştir.

Norman (1993), Orta Anadolu' da iki melanj istifinin yeniden aktarılmaları üzerine yaptığı çalışmada, ofiyolitik melanjin minimum üç defa, Karakaya melanjinin de en az dört defa hareketlenerek aktarıldığını ve bu aktarımlar esnasında melanj istiflerinin, üzerinde yer alan genç birimleri de bünyesine aldığını ifade etmiştir.

Tüysüz (1993), Orta Anadolu' dan Karadeniz' e Neotetis' in kuzey kolunun tektonik evrimini incelediği çalışmada; kuzeyden güneye Pontid kıtası, İntra-Pontid kenedi, Sakarya bloğu, Ankara-Yozgat-Erzincan kenedi ve Kırşehir bloğu şeklinde kenet kuşaklarıyla birbirlerinden ayrılan kıtasal blokların varlığına işaret etmektedir. Kıtasal blokların, Neo-Tetis' in evrimi boyunca bir temel olarak kaldığını ve Pan-Afrikan, Hersiniyen ve Kimmerid orojenezleri boyunca geliştiklerini ifade etmiştir. Neo-Tetis' in kıtasal temelleri Liyas' da riftleşmeyle açılarak İntra-Pontid ve Ankara-Yozgat-Erzincan okyanuslarının oluşumunu sağladığını belirtmiştir. Yazar, Geç Kretase başlangıcında her iki okyanusun kuzeye doğru dalmaya başlayarak Geç Kretase sonunda kapanarak ofiyolit yerleşiminin tamamlandığını, mevcut sıkışmanın Paleojen sonuna kadar devam ettiğini ifade etmiştir.

Gökten (1993), Yıldızeli (Sivas) güneyinde yer alan Akdağ metamorfizmaları ve örtü kayalarının stratigrafisini incelediği çalışmada, Akdağ metamorfizmasının horst yapısında bulunduğunu ifade etmiştir. Masifin, Eosen sedimanlarıyla normal faylı dokanaklar yaptığını ve Lütesiyen' den itibaren sonrasında gelişen sıkışmanın bölgede bir örtü tektoniği biçiminde gözlemlendiğini ifade etmiştir.

Temiz (1994), Sivas Tersiyer havzasının tektonostratigrafisi üzerine yaptığı çalışmada, Kemah ve Hafik yörelerinin ayrıntılı bir biçimde jeolojisini incelemiştir. Havzanın tektonostratigrafik gelişimi süresince bindirmeye ilişkili bir kısalmanın egemen olduğunu, Tersiyer yaşlı birimlerin Üst Miyosen' den günümüze kadar Hafik yöresinde %40, Kemah yöresinde %50 kısalıldığını, havza geometrisinin doğuya doğru daralmasının kısalmayla ilişkili olduğunu öne sürmüştür.

Yılmaz ve diğ.(1995), Akdağ masifi ve dolaylarının jeolojisini inceledikleri çalışmasında, masifin temelini oluşturan gnays, amfibolit, şist, kuvarsit ve mermerden oluşan birimleri ilk defa Akdağmadeni Litodemi olarak adlandırmıştır. Akdağmadeni Litodeminin amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğradığını ve gabroyik-granitik intrüzyonlarla kesildiğini belirtmişlerdir. Ofiyolitlerin Üst Kretase yaşlı mega olistolitlerden oluşan olistostromlar üzerine kuzeye eğimli bir bindirmeyle yerleştiğini ve Kampaniyen yaşlı pelajik kireçtaşlarıyla üzerlendiğini gözlemlemişlerdir. Neotektonik dönemde K-G yönlü bir sıkışmanın etkisiyle KD-GB doğrultulu sol yanal atımlı oblik fayların, KKB-GGD doğrultulu sağ yanal atımlı oblik fayların ve K-G doğrultulu eğik atımlı normal fayların geliştiğini açıklamışlardır.

Özden ve Alpaslan (1996), Kurtlapa-Çeltek (Sivas) arasındaki ofiyolitli karışık içerisinde yer alan farklı diyabazların birlikteliğini irdeleyen çalışmalarında bu diyabazların jeolojik konum, jeokimyasal, mineralojik ve petrografik incelemeler sonucunda iki farklı gruba ayrıldığını tespit etmişlerdir. Bu iki gruptan Kurtlapa diyabazlarının okyanus ortası sırt bazaltları karakterinde, Çeltek diyabazlarının da düşük potasyumlu toleyitik ve ada yayı toleyiti karakterinde olduklarını ifade etmişlerdir. Kurtlapa diyabazının Neo-Tetis okyanusunun kuzey kolunun açılması esnasında gelişen diyabazlar olarak, Çeltek diyabazını ise Neo-Tetis okyanusunun kuzey kolunun kapanması ve sonrasında çarpışma sonrası üst manto malzemesinin kısmi ergimesiyle ilişkili olarak gelişen dayklar olarak ifade etmişlerdir.

Guezou (1996), Sivas havzasının tektonizmasını incelediği çalışmasında, havzanın Pontid ve Toridler arasında yer alan kabuksal bir sütun üzerinde olduğunu ifade etmiştir. Kitasal kabuk bileşenlerinin Kırşehir bloğu, İç Torid ve Pontid süturları arasında uzanan yan-sütur elemanı olduğunu düşünmektedir. Sivas havzasının batı kenarında İç Torid süturunun, doğu kenarında ise Erzincan süturunun devam ettiğini ve bu iki süturun Hafik-İmranlı arasını oluşturduğunu ifade etmiştir.

Gürsoy ve diğ. (1997), Sivas havzasında yaptıkları paleomanyetizma çalışmalarında Anadolu bloğunun yanal yönde kaçış hareketine ait kabuksal deformasyon verilerini elde etmişlerdir. Kuzey Anadolu fayı ile Doğu Anadolu fayı arasında, Anadolu bloğunun doğu sınırı boyunca Eosen ve daha genç yaşlı kayaçların kompleks bir deformasyon sunduğu Sivas havzasının saat tersi yönünde bir rotasyona uğradığını ifade etmişlerdir.

Yılmaz ve diğ. (1997), Güney-Orta Pontidlerde yer alan Tokat masifi ve jeolojik evrimini incelediği çalışmasında, masifin üç ana bilinmeyen metamorfik kökene sahip bir kompleks olduğunu ifade etmişlerdir.

Özden (1998a), Sivas havzası kuzeyinde yer alan İzmir-Ankara kenet kuşağının tektonostratigrafisi ve deformasyon biçimini incelediği doktora çalışmasında, bölgenin çok evreli bir deformasyon sürecinde gelişen iki bindirme zonu üzerinde yer aldığını ve Kuzey



Anadolu Bindirme Zonu olarak ifade ettiği bölgenin ofiyolitik melanjlar ve örtü birimlerinin oluşturduğu bir imbrike zonu olarak ifade etmiştir. Kuzey Anadolu Bindirme Zonu' nun Çaltılı, Kızılalan ve Çelttek Ünitesi olmak üzere üç tektonik birimden oluştuğunu, ana bindirme fayları ve üzerlerindeki bindirme dilimleri ile birbirlerinden ayrıldıklarını ifade etmiştir.

Özden (1998b), Avrasya ve Torid blokları arasında güneye eğimli ve aralanmalı biçimde bulunan, Neotetis' in kuzey kolunun kapanmasına işaret eden yüzlekleri incelediği çalışmada, ofiyolitik melanjin yaşının Senomano-Turoniyen ya da Neotetis naplarının Torid kuşağına bindirmesinden daha yaşlı olduğunu ileri sürmüştür.

Boztuğ ve diğ. (2009a), Sivas kuzeyinde yer alan Karaçayır siyeniti üzerinde yaptığı apatit fizyon izi yaş tayini çalışmalarında elde ettiği veriler, Karaçayır siyenitinin 58-61 My (Orta Paleosen) aralığında yıllık 1 mm. ' den daha hızlı tektonik yükselmeye yüzeylediğini (exhumation) ortaya koymuştur. Araştırmacı bu etkinliğin, kuzeyde Avrasya levhası altına dalan İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun kapandığı kuşak boyunca Torid-Anatolid kıta-kıta çarpışmasıyla ilişkili kenetlenme süreçlerinde geliştiğini ileri sürmüştür.

Boztuğ ve diğ. (2009b), Orta Anadolu' daki yüzeyleme sonrası granitoidlerde soğuyarak tektonik yükselmeler boyunca intrüzyonlarla yerleşmelerini yaşlandırdığı çalışmada, soğuma yaşlarını 80-65 My olarak hesaplamıştır. Elde edilen yaşlar, orta kabuksal kesimlerde Kampaniyen-Maastrichtiyen' den itibaren erken-orta Paleosen' e (57-62 My) kadar tektonik yükselimi (exhumation) meydana geldiğini ifade etmiştir.

Özkan ve diğ. (2017), Sivas kuzeyinde yer alan yığışım prizmasının ASTER görüntüleri ve saha verileriyle birlikte litolojik ayrımını yapmıştır. Elde ettiği iki yeni renk kompoziti sayesinde peridotit, gabro, bazalt ve epi-ofiyolitik sedimanter kayalar birbirinden ayırt etmiştir.

Darin ve diğ. (2018), Sivas Havzasında geç Eosen' de meydana gelen hızlı tektonik yükselimi (exhumation) incelediği çalışmada kırıntılı ve ana kaya apatit fizyon izi, (U-Th-Sm)/He termokronolojisi ile kırıntılı zirkon U-Pb yaşlandırmalarından elde ettiği bulgular ışığında havzada orta Eosen ile geç Eosen arasında hızlı tektonik yükselimi (exhumation) meydana geldiğini tespit etmiştir.

### **1.3 Materyal ve Metod**

İnceleme alanının jeolojik haritası için bölgeyi daha önceden Neotetis'in kuzey kolunun kapanımına ait olarak bir imbrike zon olarak tanımlayan Özden (1998)'in ayrıntılı çalışması temel alınmıştır. Söz konusu zon Kuzey Anadolu Bindirme kuşağı olarak da tanımlanmakta olup kuzeyden güneye doğru birbiri üzerine gelen farklı stratigrafik dilimleri etkileyen tektonizmadan dolayı kaynaklanmaktadır. Bu tez çalışması sırasında gerçekleştirilen arazi çalışmaları daha çok kaya birimlerinin sınırlarının arazide gözlenmesi, ayrıntılandırılması ve yapısal durumlarını işaret eden doğrultu ve eğim gibi düzlemsel yapıların daha fazla ölçümünü içermektedir.

Arazi alışmaları sırasında jeolog pusulası ve çekici, arazi gözlemleri ise iPad Pro tablet ile FieldMove ve Map Plus yazılımları kullanılarak birlikte tamamlanmış; uzaktan algılama uygulamaları için Sentinel -2A ve ASTER görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) olarak, Copernicus Land Monitoring Service tarafından paylaşılan EU-DEM v1.1 ile NASA'dan sağlanan ASTER GDEM verileri kullanılmıştır. Araziden alınan kayaç örneklerinden ASD FieldspecPro spektrometresiyle spektral yansıma ölçümleri alınmıştır. Çalışma alanında yapılan gözlemler ve pusula lmleri FieldMove aracılığıyla koordinatlı bir biçimde kaydedilerek, Google Earth Pro' ya aktarılmıştır. Uydu görüntüleri ve Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM); ENVI 5.3, ILWIS 3.3, SNAP ve QGIS yazılımlarında işlenmiştir. Arazi ve laboratuvarında yapılan çalışmaların tamamı QGIS 3.6 yazılımla oluşturulan veri tabanında bir araya getirilmiştir.

Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında, inceleme alanını kapsayan S2A\_MSIL1C\_20170710T082011\_N0205\_R121\_T37TCE\_20170710T082008 adlı Sentinel-2 görüntüsü, AST3A1\_0507220825380708290015 adlı ASTER görüntüsü ve farklı litolojilerden spektrometre yardımıyla elde edilen yansıma spektralleri kullanılarak bölgedeki jeolojik unsurlar aydınlatılmıştır. Görüntü analizi öncesinde ön-işlem aşamasında Sentinel-2 görüntüleri Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından sağlanan SNAP yazılımı ile yeniden rneklendirilme (resampling), alt kümelendirme (subset) ve znrlk artırma (sen2res) algoritmaları uygulanarak görüntü işleme hazır hale getirilmiştir. Kullanılan Sentinel-2 L2A görüntüsü ve ASTER L3A görüntüsü; atmosferik, radyometrik ve geometrik düzeltmeleri yapılarak erişime sunulmuştur. Her iki uydu görüntüsü aynı zamanda sayısal yükseklik modeli (DEM) bandı içermektedir.

### 1.3.1 ASTER

**Çizelge 1:** ASTER uydu görüntülerinin bant bilgileri (ASTER User's Guide, 2005)

Alt-Sistemler	Bant No	Spektral Aralık (um)	Yersel Çözünürlük (m)	Nicemleme Seviyeleri
VNIR	1	0.52-0.60	15	8 bits
	2	0.63-0.69		
	3N	0.78-0.86		
	3B	0.78-0.86		
SWIR	4	1.60-1.70	30	8 bits
	5	2.145-2.185		
	6	2.185-2.225		
	7	2.235-2.285		
	8	2.295-2.365		
	9	2.360-2.430		
TIR	10	8.125-8.475	90	12 bits
	11	8.475-8.825		
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		

ASTER sensörü Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ile Japonya Uzay Araştırma Ajansı (JAXA) ortaklığında, Lockheed Martin tarafından üretilen Terra uydusu üzerine yerleştirilerek 18 Aralık 1999 yılında dünya yörüngesine gönderilerek Şubat 2000' de dünyaya veri göndermeye başlamıştır.

ASTER sensörü, içeriğinde görünür-yakın kızılötesi (VNIR), kısa dalgaboyu kızılötesi (SWIR) ve termal kızılötesi (TIR) olmak üzere üç alt sistem barındırmaktadır. VNIR dalgaboyu aralığında algılama olanağı bulunan biri geriye bakışlı olmak üzere dört sensör bulunmaktadır. Geriye bakışlı sensör aracılığıyla stereo görüntüler elde edilebilmekle birlikte, bu dört bandın yersel çözünürlüğü 15 m. 'dir. SWIR dalga boyu aralığında algılama yapabilen altı sensör bulunmaktadır. Altı sensörün yersel çözünürlüğü 30 m. olmakla birlikte jeolojik uzaktan algılamada oldukça etkilidirler. TIR dalga boyu aralığında algılama yapabilme yeteneğine

sahip beş sensör bulunmaktadır. Beş sensörün yersel çözünürlüğü 90 m. olmakla birlikte silisli ve demirli birimlerin haritalanmasında oldukça etkilidirler. ASTER sensörüyle elde edilen görüntüler 60x60 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsamaktadırlar.

### 1.3.2 SENTİNEL-2A

Sentinel 2A uydusu, AB Kopernik Programı (EU Copernicus Programme) tarafından yer gözlem görevleri amacıyla 23 Ocak 2015 tarihinde yörüngeye fırlatılmış bir multispektral görüntüleme uydusudur. İçerisinde yersel çözünürlüğü 10 m. olan dört adet görünür ve yakın kızılötesi bant, 20 m. yersel çözünürlüğe sahip altı kırmızı kızıl-sıcak kenar (red edge) ve kısa dalga boyu kızılötesi bant ile 60 m. çözünürlüğe sahip üç atmosferik düzeltme bandı bulundurmaktadır. Sentinel 2A tarafından elde edilen görüntüler yaklaşık olarak 100 x 100 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsamaktadır.

**Çizelge 2:** Sentinel-2A uydusu bant bilgileri (<https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>)

Bant No	S2A		Yersel çözünürlük (m)
	Orta Dalgaboyu (nm)	Bant genişliği (nm)	
1	442.7	21	60
2	492.4	66	10
3	559.8	36	10
4	664.6	31	10
5	704.1	15	20
6	740.5	15	20
7	782.8	20	20
8	832.8	106	10
8a	864.7	21	20
9	945.1	20	60
10	1373.5	31	60
11	1613.7	91	20
12	2202.4	175	20

### 1.3.3 EU-DEM

Çalışma kapsamında AB Kopernik Yer Görüntüleme Servisi (EU Copernicus Land Monitoring Service) tarafından ücretsiz olarak sağlanan EU-DEM v1.1 Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılmıştır. 60N-20E enlem ve boylamlarında yer alan 1000 x 1000 km<sup>2</sup> lik alanda 25 m. yersel çözünürlükte ve +/- 7 m. düşey hassasiyet sunan SYM, ASTER GDEM ve SRTM verilerinin birleştirilmesiyle/füzyonuyla oluşturulmuştur.

#### 1.4 İnceleme Alanının Konumu

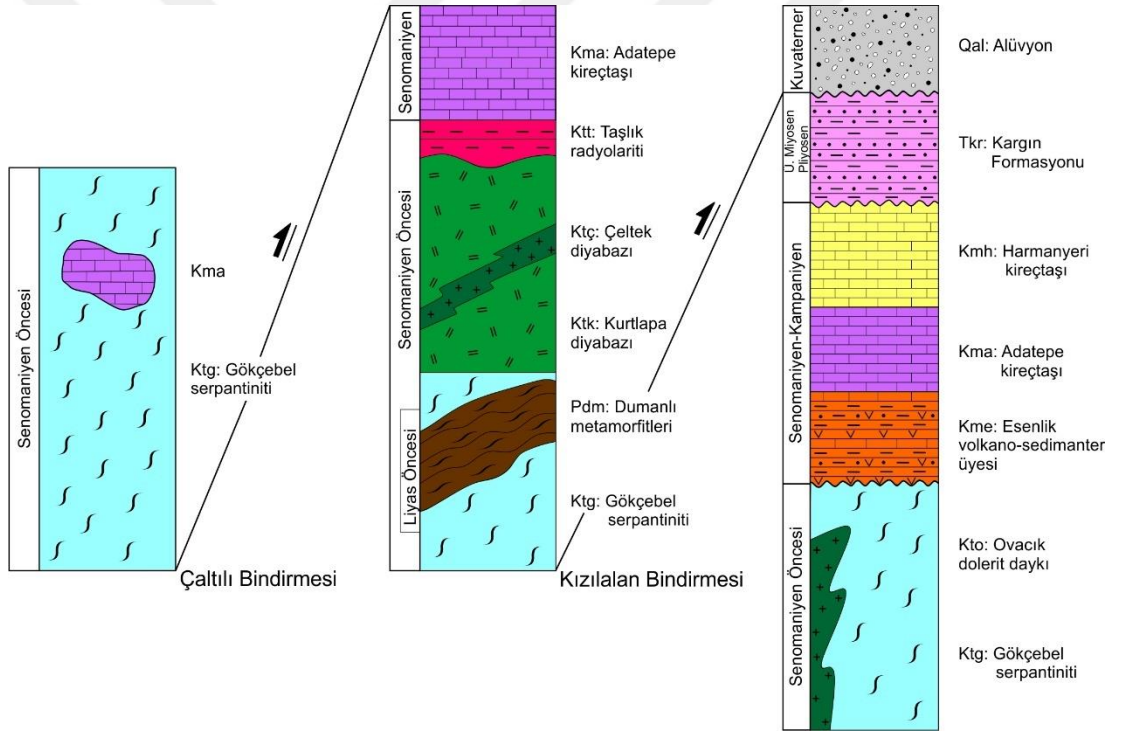
İnceleme alanı Sivas il merkezinin yaklaşık 48 km kuzeyinde yer almakta olup 1/25000 ölçekli Tokat H38-d4 paftasında yer almaktadır.



Şekil 1.4: İnceleme alanının yer buldur haritası

## 2. İNCELEME ALANININ TEKTONOSTRATİGRAFİSİ

Çalışma alanını ve yakın civarını kapsayan bölge Pontid, Torid ve Anatolid bloklarının birbirine yaklaştığı ve çarpışıp kenetlendiği bölgede yer aldığından, bölgede bulunan farklı kayaçlar ilksel ilişkiler bakımından farklı konumlarda ve birbirlerinden uzak kayaçlarla yan yana olacak biçimde kompleks bir geometri sunmaktadırlar. Bu denli yoğun deformasyon ve kompleks geometri özellikleri sunan bölgenin, ancak tektonostratigrafik bir kesitle açık ve anlaşılabilir bir biçimde ifade edilmesi mümkündür. Jeodinamik evrimi süresince çalışma alanı içerisinde yer alan kayaçlar ana bindirme fayları üzerinde bindirme fayları ve birbirleri üzerine bindirilmiş imbrike istifleri biçiminde bulunduğundan ön ülkeden itibaren geri ülkeye doğru bu tektonik dilimler, tabanlarında yer alan ana bindirme faylarının isimleri kullanılarak Çaltılı ve Kızılalan bindirmeleri olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.1: Çalışma alanının tektonostratigrafisi (Özden, 1998)

### 2.1 ÇALTILI BİNDİRMESİ

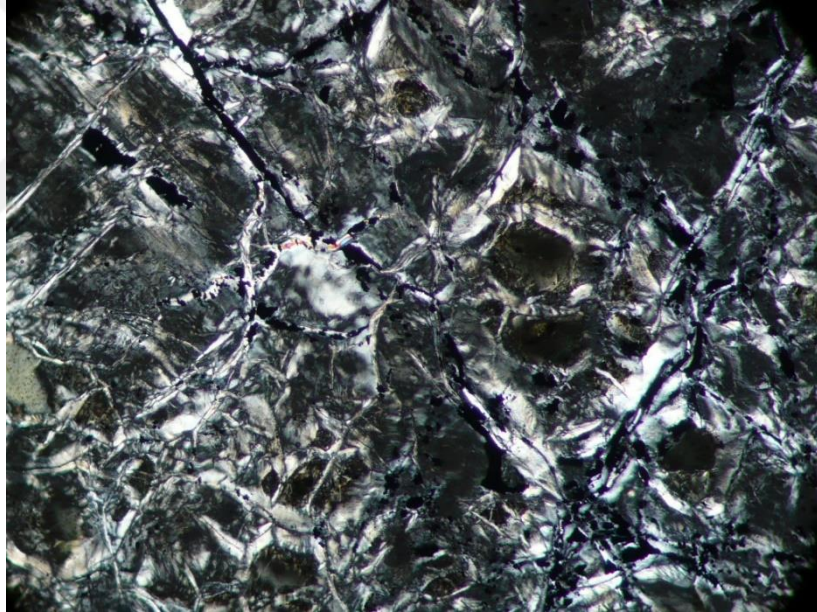
#### 2.1.1 Gökçebel Serpantiniti(Ktg):

**Genel Tanım:** Kurtlapa güneyi ile Alacahan-Ovacık kuzeyi arasında ofiyolitik seri içerisinde ve yer yer Tekelidağ melanjı içerisinde yüzlekler sunan; çoğunlukla peridotit, gabro, diyabaz, serpantinit gibi bileşenlere sahip melanj hamuru biçiminde ilk olarak Yılmaz (1980, 1981a) tarafından Tekelidağ melanjına ait serpantinitler olarak tanımlanmıştır. Tekelidağ melanjı tabanında yer yer parlak, mavi tonlarında yağsı görünümde, düzensiz bir biçimde yüzlekler

sunan peridotitik ve serpantinleşmiş ultramafik kayalarla birlikte çalışma alanının orta kesimlerinde Gökçebel tepe civarında tipik yüzeylemeler sunmasından ötürü Özden (1998) tarafından Gökçebel serpantiniti olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlandırmaya sadık kalınmıştır.

**Yayılım ve Konum:** Çalışma alanının orta ve kuzeyinde oldukça yaygın yüzlekler sunmaktadır. Kuzey kesimlerde yer yer Tekelidağ melanjı içerisinde gözlenmekle birlikte, diyabaz dayklar ve gabroların taban seviyelerinde de dokanak halinde bulunmaktadır. Kuzey Anadolu bindirme fayının uzantısı olarak çalışma alanının güney kesimlerinde Adatepe kireçtaşı, Harmanyeri kireçtaşı ve Esenler volkano-sedimanter üyesi üzerinde tektonik dokanaklar halinde yer almaktadır.

**Kaya Türü:** Serpantinit. Yer yer yeşil ve koyu tonlarında, turkuvaz renkli, yağsı ve parlak bir görünüme sahip olmakla birlikte yer yer milonitleşmiş, kırılğan, düzensiz istiflenmiş, lifsi bir görünümündedir. Optik ince kesitlerde ağsı ve lifsi dokuda serpantin mineralleri ile opak mineraller görülmektedir.



**Şekil 2.2:** Gökçebel serpantinitine ait kayaç örneğinin ince kesiti.

**Ortamsal Yorum:** Okyanus ortası sırtlarda oluşmuş, okyanusal kabuğa ait ofiyolitik seriye ait ultramafik kayaların içerisinde oldukça yaygın bulunan olivin mineralinin yüzeysel ortam koşullarında ya da yüzeye yakın seviyelerde suyla reaksiyonu sonucu oluşmuşlardır. Ultramafik kayalarda görülen en yaygın alterasyon türüdür.



### **2.1.2 Ovacık dolerit daykı (Kto):**

**Genel Tanım:** Tekelidağ melanjı içerisinde turuncu – sarı tonlarında masif ve yönelimler gösteren doleritler olarak tanımlanmıştır (Yılmaz, 1980). Çalışma alanı içerisinde Ovacık Köyü'nün güneyinde yüzeyleyen bu birim Özden (1998) tarafından ilk defa Ovacık dolerit daykı olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlandırmaya sadık kalınmıştır.

**Yayılm ve Konum:** Ovacık köyü GGB' sında, Gökçebel serpantinitlerini kesen bir biçimde yüzlekler vermektedir.

**Ortamsal Yorum:** Neo-Tetis okyanusu kuzey kolununun kapanması süreci boyunca, Gökçebel serpantinitini kesen biçimde yerleştiği düşünülmektedir.

### **2.1.3 Esenlik volkano-sedimanter üyesi (Kme):**

**Genel Tanım:** İçeriğinde çoğunlukla spilitik bazalt, bazalt, aglomera, tuf, volkanik kumtaşı ve yer yer andezitten oluşan volkanik materyaller arasında yer yer gri renkte kireçtaşları ile kırmızı-pembemsi kireçtaşlarının bulunduğu bir istif olarak Esenlik mevkiinde düzenli tabakalanma ile yüzlekler veren bu birim, Özden (1998) tarafından Esenlik volkano-sedimanter üyesi olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlandırmaya sadık kalınmıştır.

**Yayılm ve Konum:** Çalışma alanının güney kesiminde, Alahacı-Ovacık köylerinin güneyinde geniş yüzlekler veren biçimde bulunmaktadır. Harmanyeri ve Adatepe kireçtaşlarına kuzeyden güneye bindirmektedir.





**Şekil 2.3:** Alahacı doğusundan Esenlik volkano-sedimanter üyesine ait bir görüntü (KBB-GDD bakışlı).

**Ortamsal Yorum:** Harmanyeri ve Adatepe kireçtaşları ile aynı fasiyeste bulunan Esenlik volkano-sedimanter üyesi, deniz tabanında meydana gelecek volkanizmanın öncesinde pelajik çökeliminin başlangıcıyla eşzamanlı olarak oluşmaya başladığı düşünülmektedir.

#### **2.1.4 Adatepe kireçtaşı üyesi (Kma):**

**Genel Tanım:** Adatepe kireçtaşı üyesi, Esenlik volkano-sedimanter üyesi üzerine uyumlu bir biçimde gelmektedir. Kırmızımsı-pembe renkte, orta-kalın katmanlar biçimde düzgün tabakalanma gösteren, eklemli ve kıvrımlı özellikte bulunmaktadır. Adatepe’de karakteristik yüzlekler sunan bu birim, Özden (1998) tarafından Mermer Formasyonu’ nun bir üyesi olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında bu adlandırmaya sadık kalınmıştır.

**Yayılım ve Konum:** Tekelidağ melanjı üzerinde oldukça kalın istifler biçiminde, üzerine uyumlu bir biçimde yerleşen Harmanyeri kireçtaşıyla birlikte Alahacı köyünün batısında geniş yüzlekler veren biçimde bulunmaktadır. Çalışma alanının güneyinde Esenlik volkano-sedimanter üyesi üzerine uyumlu bir biçimde yerleşmiştir. Gökçebel serpantiniti, kuzeyden güneye doğru Adatepe kireçtaşlarının üzerine bindirmektedir.

**Ortamsal Yorum:** Ofiyolitik karışığın üzerine uyumsuz bir biçimde yerleşen en yaşlı birim olan Esenlik volkano-sedimanter üyesi üzerine uyumlu bir biçimde yerleşecek vaziyette çökelimini derin denizel ortamda tamamlayan kireçtaşları olarak bulunmaktadır.

#### **2.1.5 Harmanyeri kireçtaşı üyesi (Kmh):**

**Genel Tanım:** Çalışma alanının güneyinde yüzeylemeler sunan bu birim, Özden (1998) tarafından Harmanyeri mahallesinde karakteristik bir biçimde gözlemlenmesinden ötürü Mermer Formasyonu' na ait Harmanyeri kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. İnce-orta kalınlıkta katmanlar biçiminde gri-beyaz ve yer yer bej renkte gözlenmektedir.

**Yayılm ve Konum:** Çalışma alanının güney kesiminde iyi yüzleklerini görebilmek mümkündür. Birimin, Adatepe kireçtaşları üzerinde uyumlu bir biçimde bulunmaktadır.

**Ortamsal Yorum:** Adatepe kireçtaşlarıyla aynı ortamda, derin denizel ortamlarda ofiyolitik melanjin örtüsünü oluşturacak biçimde çökelimini tamamlayıp oluşmuşlardır.

#### **2.1.6 Kargın Formasyonu (Tkr):**

**Genel Tanım:** Sivas'ın kuzeyinde Kargın köyü dolaylarında, kırmızı-turuncu renkte çakıtaşı, kumtaşı ve killi kumtaşlarından oluşan istif, ilk olarak Yılmaz (1980) tarafından tanımlanmıştır. Neojen yaşlı karasal sedimanlardan oluşan istifin, ofiyolitik karışık ve daha yaşlı birimler üzerine açısız uyumsuzlukla yerleştiğini gözlemlemiştir. Bu çalışma kapsamında, bu adlandırmaya sadık kalınmıştır.

**Yayılm ve Konum:** Çalışma alanı içerisinde, Alahacı ve Ovacık köyleri kuzeyinde D-B yönünde bir şerit gibi uzanmaktadır. Birim, Mermer Formasyonu' na ait Esenlik volkano-sedimanter üyesi ve Adatepe kireçtaşları üyesi üzerine açısız uyumsuzlukla yerleşmiştir. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan birimlerle olan ilişkileri tektonik olarak uyumsuzdur. Tekelidağ melanjına ait birimlerin Kuzey Anadolu bindirme fayı boyunca bu formasyona 40-60° lik açılarla kuzeyden güneye doğru bindirdiği Özden (1998) tarafından ifade edilmiştir.

**Ortamsal Yorum:** Birim içerisinde çapraz tabakalanma, erozyonel yapılar ve kanal dolgularının bulunması, bu birimin karasal ortam koşullarında ve akarsu fasiyesinde oluştuğunu göstermektedir.

## **2.2 KIZILALAN BİNDİRMESİ:**

### **2.2.1 Dumanlı Metamorfileri:**

**Genel Tanım:** Çalışma alanında D-B doğrultuları boyunca Kurtlapa kuzeyinde oldukça yaygın yüzeylemeler sunan birim, Amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramıştır. İçerisinde tremolit diyopsit-kuvars şist, muskovit-kalkşist kayaçlarını bulundurmakla birlikte, ikincil muskovit gelişimleri amfibolit fasiyesi metamorfizması sonrasında gelişen ikincil bir retrograd



metamorfizmayla ilişkilidir. Bu çalışma kapsamında Yılmaz (1980)' in adlandırmasına sadık kalınmıştır.

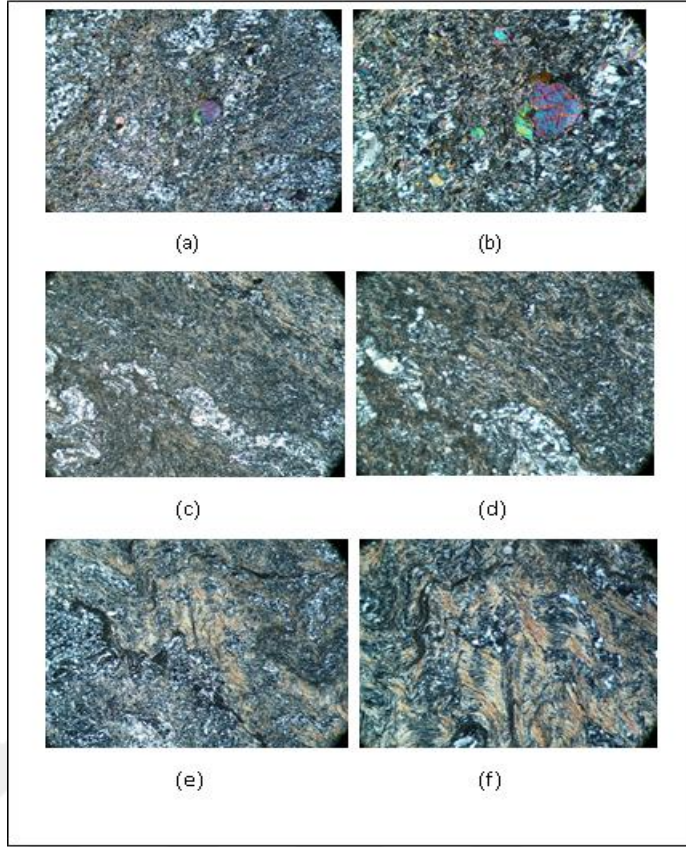
**Yayılım ve Konum:** Kurtlapa köyü KD' sında tipik yüzeylemeler sunmaktadır. Çalışma alanı kuzeyinde yer alan Tekelidağ melanjına ait ofiyolitli karışık tarafından tektonik olarak uyumsuz bir biçimde üzerlenmektedir. Kurtlapa doğusu ile Çaltılı arasında kalan bölgede Tekelidağ melanjına ait birimler, Dumanlı metamorfitlelerinin üzerine kuzeyden güneye doğru bindirmektedir.

**Kaya Türü:** Bu birime ait kayalardan yapılan optik ince kesitler incelendiğinde, birim

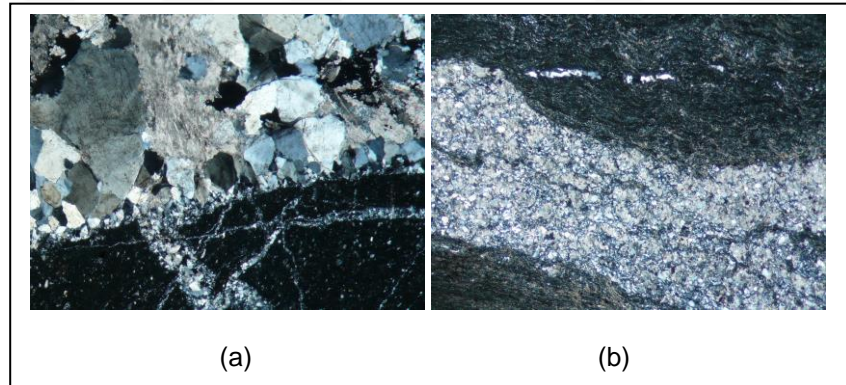


**Şekil 2.4:** Dumanlı metamorfiteine ait kayaların arazideki görünümü (GDD-KBB bakışlı).

içerisinde Tremolit Diyopsit-kuars şist, Diyopsit kuvars-şist, Muskovit-kalkşist ve fillit olmak üzere dört farklı kayaç tespit edilmiştir. Bu kayalar Amfibolit fasiyesinde oluşumunu tamamlamışken, Muskovit-kalkşistler içerisinde gözlenen ikincil muskovitler bu kayacın Yeşilşist fasiyesinde retrograd metamorfizmaya uğradığını göstermektedir. Bunun yanı sıra, Diyopsit-kuars şistler içerisinde sıkışmanın etkisiyle gelişen mikro kıvrımlanmanın izleri gözlenmektedir.



**Şekil 2.5:** (a) Tremolit Diyopsit- kuvars şist (4x, II.Nikol), (b) Tremolit Diyopsit- kuvars şist (10x, II. Nikol), (c) Diyopsit kuvars- şist (4x, II.Nikol), (d) Diyopsit kuvars- şist (10x, II.Nikol), (e) Muskovit- kalkşist (4x, II.Nikol), (f) Muskovit -kalkşist (10x, II.Nikol)



**Şekil 2.6:** (a) Siyenit-Fillit dokanağına ait optik ince kesit (4x büyütme, II.Nikol), (b) İntrüzif kütleinin dokanağında gelişen Fillit kayaçlarına ait optik ince kesit görüntüsü (4x büyütme, II.Nikol).

**Ortamsal Yorum:** Neo-tetis okyanusunun kuzey kolunun kapanması sürecinde, melanj içerisine katılmış bir dilim olabileceği düşünülmektedir. Birimin yaşı tam olarak bilinemediğinden ötürü kökeni ve ortamsal yorumunun yapılması oldukça güçleşmektedir.



### 2.2.2 Kurtlapa diyabazı (Ktk):

**Genel Tanım:** Tekelidağ melanjında bulunan bu kayaçlar Yılmaz (1980) tarafından albit diyabaz karakterinde olduğu belirlenmiş, ilk defa Doğanlı diyabazı olarak tanımlanmıştır. Kurtlapa tarafında yaygın ve tipik yüzeylemeler sunan bu birim, Özden (1998) tarafından Kurtlapa diyabazı olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlandırmaya sadık kalınmıştır.

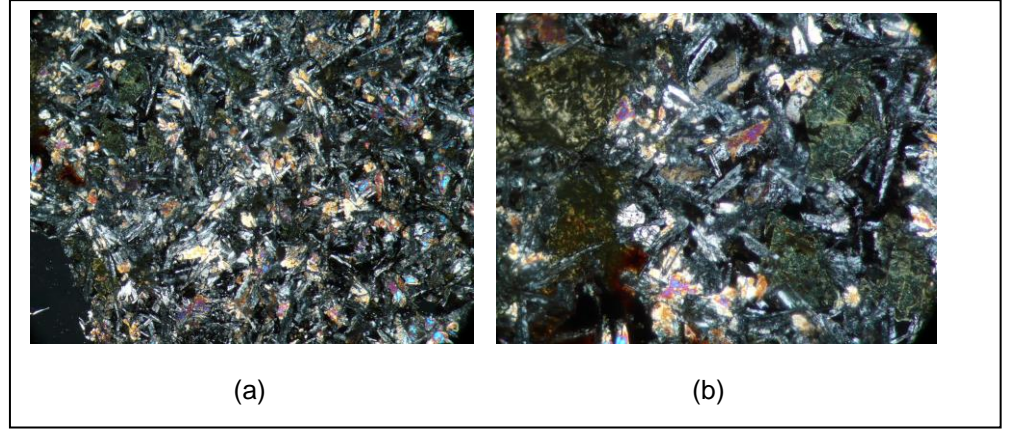


**Şekil 2.7:** Kurtlapa köyü ve batısında Gökçebel serpantinileri üzerinde yer alan Kurtlapa diyabazı (D-B bakışlı).

**Yayılım ve Konum:** Çalışma alanının kuzey kesimlerinde oldukça yaygın ve tipik yüzlekler sunmaktadır. Kurtlapa güneyinde, Ovacık ve Alahacı kuzeyinde geniş yüzlekler sunan Gökçebel serpantiniti üzerinde ve Kızılalan bindirmesi (Özden,1998) kuzeyinde birimin kuzeyden güneye doğru bindirdiği dokanak üzerinde yer almaktadır.

**Kaya Türü:** Kayacın optik ince kesitini incelediğimizde holokristalin dokulu olduğu, plajiyoklaz hamuru içerisinde koyu yeşil piroksen fenokristalleri ve iddingsitleşmiş olivinler gözlenmektedir.

**Ortamsal Yorum:** Okyanus ortası sırtlarda üst manto malzemesinin kısmi ergimesi sonucu sığ derinliklere yükselerek oluşturduğu ultramafik sığ derinlik-yarı derinlik kayaçlar olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 2.8:** Kurtlapa diyabazına ait optik ince kesit görüntüleri. (a) II.Nikol, 4x büyütme, (b) II. Nikol, 10x büyütme.

### 2.2.3 Çeltek diyabazı (Ktç):

**Genel Tanım:** Çalışma alanının kuzey kesiminde özellikle topoğrafyanın üst seviyelerinde yüzlekler vermektedir. Kurtlapa diyabazlarını keserek yerleştiği gözlenmiştir. Birim ilk defa Özden ve Alpaslan (1996) tarafından ayırtlanmış olup, Çeltek diyabazı olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlandırmaya sadık kalınmıştır.

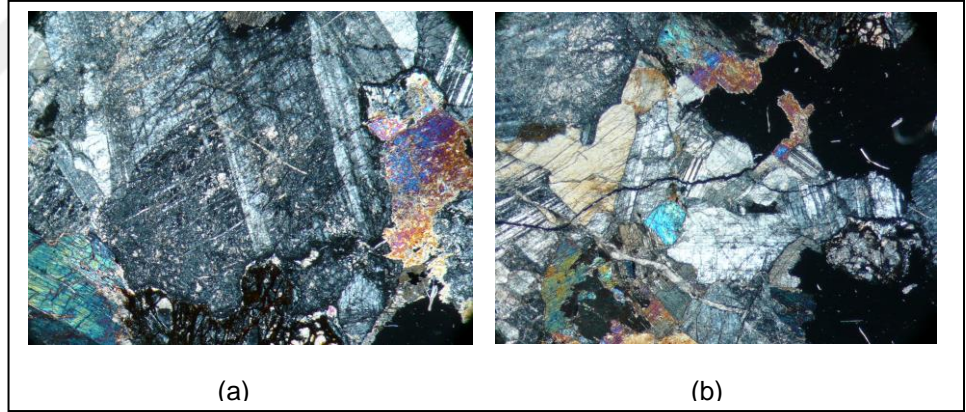
**Yayılm ve Konum:** Tekelidağ melanjı içerisinde Kurtlapa dolaylarında vadi tabanlarında ve topoğrafyanın yüksek kesimlerinde Kurtlapa diyabazına ait birimleri dayklar biçiminde keserek yerleşmiştir. Kurtlapa diyabazıyla dokanağında manyetitçe zengin pişme zonları gözlenmektedir.





**Şekil 2.9:** Kurtlapa köyü kuzeyi. Tabanda Gökçebel serpantiniti, üzerinde Kurtlapa diyabazı, Kurtlapa diyabazını keserek istif içerisine yerleşen Çeltek diyabazı (Siyah çizgiyle ayrılmış) (GD-KB bakışlı).

**Kaya Türü:** Bu birime ait kayalardan yapılan optik ince kesiti incelediğimizde masif ve holokristalin yapıda olduğu, piroksen, olivin ve plajiyoklaz bakımından oldukça zengin olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 2.10:** Çeltek diyabazına ait kayaların optik ince kesiti II.Nikol görüntüleri. (a) Plajiyoklaz fenokristalleri ve piroksenler (4x), (b) Piroksenler ve plajiyoklazlar (10x)

**Ortamsal Yorum:** Çarpışma ve sonrasında ilişkili süreçler boyunca üst manto malzemesinin kısmi ergimesiyle sığ derinliklere yükselerek günümüzdeki konumu aldığı düşünülmektedir (Özden ve Alpaslan, 1998).

#### 2.2.4 Taşlık Radyolariti (Ktt):

**Genel Tanım:** Tekelidağ melanji içerisinde yer yer tabakalı ve kırmızı renkte olan bu birim, Özden (1998) tarafından Taşlık radyolariti olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlandırılmaya sadık kalınmıştır.

**Yayılm ve Konum:** Kurtlapa güneyindeki sırtlar boyunca tipik yüzlekler veren bu birim, Kurtlapa diyabazı üzerinde uyumsuz bir biçimde yer almaktadır. Çalışma alanındaki konumu, kuzey dokanakları ile tektoniktir. Bu dokanaklar boyunca Gökçebel serpantiniti ve Kurtlapa diyabazı bu birim üzerine bindirmektedir.



Şekil 2.11: Taşlık radyolariti, Kurtlapa batısından bir örnek (GB-KD bakışlı).

**Kaya Türü:** Bordo ve koyu kırmızı renkte, yer yer ince kalsit bantları içeren tabakalanmalar sunmaktadır.

**Ortamsal Yorum:** Birim, özellikleri ve radyolaritliği sebebiyle derin denizel ortamda oluştuğu düşünülmektedir.

#### 2.2.5 Alüvyonlar (Qal):

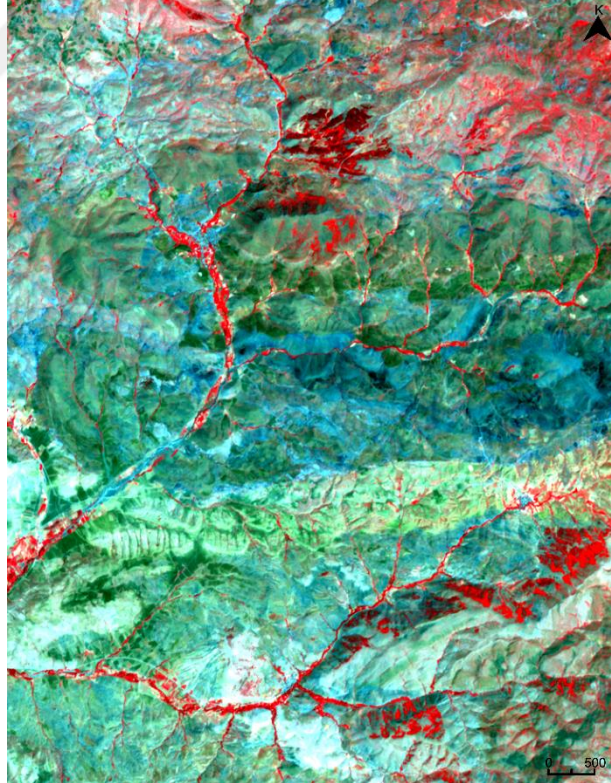
Kayaçların, yüzeysel ortam koşulları altında aşındırma bileşenlerinin etkisiyle serbestleşerek taşınmasıyla ve enerjisinin en düşük olduğu ortamlarda çökerek birikmesiyle alüvyonlar oluşmaktadır. Çalışma alanı içerisinde Tekelidağ melanji içerisinde Kurtlapa' ya doğru GB-KD doğrultusu boyunca uzanan vadi içerisinde nehir ve akarsu yatakları tarafından taşınmış ve çökelmiş bir biçimde gözlenmektedirler.



### 3. İNCELEME ALANININ ASTER VE SENTİNEL UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ

#### 3.1 Görüntü İşleme:

ASTER L3A ve Sentinel-2A Level 2A görüntüleri radyometrik, geometrik düzeltmeleri yapılmış, yer-referanslı ortoretrifike görüntüler olduğu için herhangi bir düzeltme işlemi uygulanmamıştır. Sentinel-2A görüntüsü üzerinden çalışma alanının çıkarılması öncesinde yeniden örneklendirme (resampling), alt kümelendirme (subset) işlemleri ve çözünürlük artırma işlemleri uygulanmıştır. Çalışma alanına ait 13 bandın görüntüsü, sen2res algoritması (Bradu, 2017) kullanılarak çözünürlüğü 10 m. olacak biçimde dönüştürülmüştür. Yeniden örneklendirme işlemi 5 m. çözünürlükte bilinear enterpolasyon uygulanarak tamamlanmıştır. Bu işlemin sonucunda görüntü içerisindeki tüm bantlara ait görüntüler 5 m. yersel çözünürlükle eş boyutlu hale gelmiştir. Alt kümelendirme işlemi, görüntünün çalışma alanı tarafından sınırlandırılmış olan bölümün sınırları belirtilerek bu alana ait 13 bandın görüntüsü çıkarılarak farklı kaydedilmiştir. ASTER görüntülerine ait bantlardan 19, Sentinel-2A görüntülerinden 6 bant oranı üretilmiştir. Her iki görüntüye ait SWIR bantlarına yapılan MNF dönüşümleriyle birlikte 6 ASTER ve 2 Sentinel-2A bandını da eklediğimizde; toplam ASTER band sayısı 39' a, Sentinel-2A band sayısı 20' ye yükselmektedir.



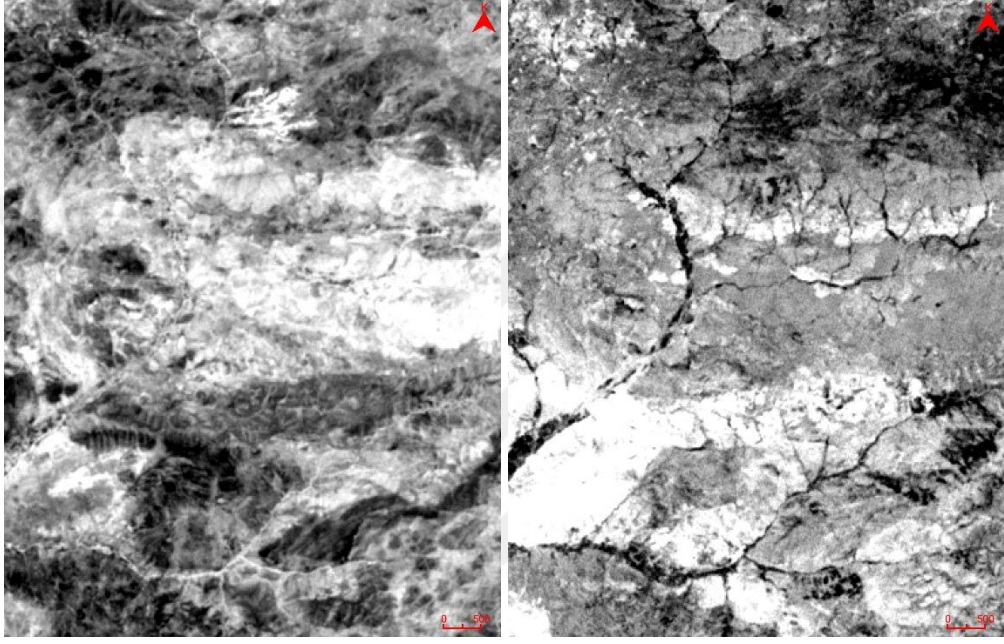
Şekil 3.1: 3-2-1 (RGB) görüntüsü

#### 3.2 Minimum Parazit Ayrımı (MNF):

Minimum Parazit Ayrımı dönüşümü, temel bileşenler analizi (PCA) yardımıyla bir görüntü içerisindeki bantlar arasında bulunan farklılıkların ve değişimlerin gösterilmesidir (Kalinowski

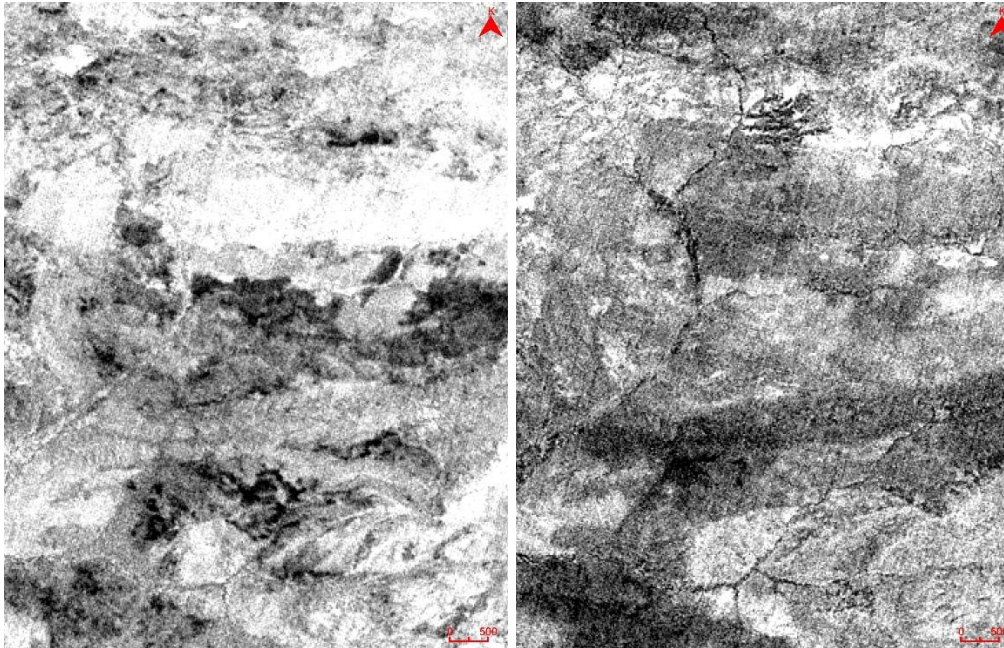
ve Oliver, 2004). Bu işlem iki adımda gerçekleşir; ilk adımda parazitin yeniden ölçeklendirilmesi ve ilintisizleştirilmesi için parazit kovaryans matrisinin kullanılmasıyla parazitler beyazlaştırılır. Bu sayede parazitler, bantlar arası korelasyondan bağımsız bir varyansa sahip olurlar. İkinci adımda parazitler üzerinde standart bir temel bileşenler analizi uygulanarak, parazitler görüntüden ayrıştırılır. Sinyal kaynaklı gürültülerin giderilmesinde MNF temelli yöntemlerin PCA temelli yöntemlerden daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Luo et al, 2016).

Bu bağlamda Sentinel-2A görüntüsüne ait iki SWIR band ile ASTER görüntüsüne ait altı SWIR bandına MNF dönüşümü uygulanmıştır.



(a)

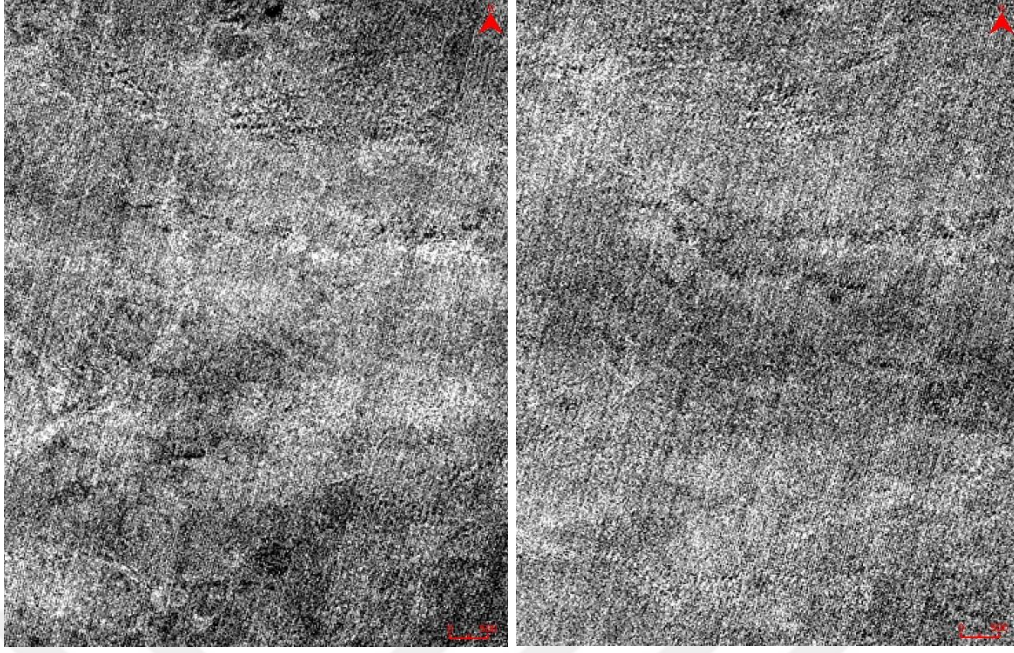
(b)



(c)

(d)

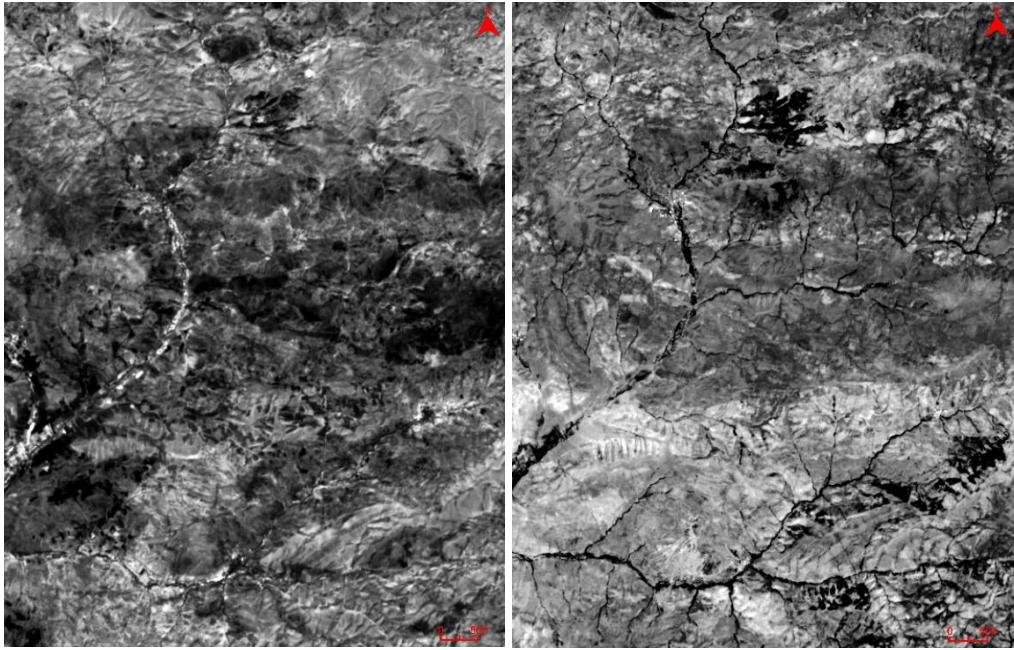




(e)

(f)

**Şekil 3.2:** ASTER MNF görüntüleri. (a) MNF 1, (b) MNF 2, (c) MNF 3, (d) MNF 4, (e) MNF 5, (f) MNF 6 bandı.



(a)

(b)

**Şekil 3.3:** Sentinel-2A MNF görüntüleri. (a) MNF 1 görüntüsü, (b) MNF 2 görüntüsü

### 3.3 Bant Oranlama:

Çalışma alanına ait görüntüler içerisinde yer alan mineral ve kayaç gruplarının elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinden yaptığı karakteristik yansıma ve absorpsiyon özellikleriyle birbirinden ayırt edilebilmesi amacıyla bantlar birbirlerine oranlanarak yeni görüntüler elde edilebilmektedir. Bu sayede elde edilen görüntüler içerisinde yer alan farklı mineraller ve kayaçlar daha ayırtlanabilir hale gelmektedir.

**Çizelge 3:** Sentinel-2A bant oranları (After Henrich, V ve diğ, 2012)

Özellik	Bant Oranı
Alterasyon	11/12
Ferrik oksitler	11/8
Ferrous Silicates*	12/11
Laterit	11/12
Demir hidroksit	12/5
Demir oksit	5/1
Ferrous Minerals*	12/9

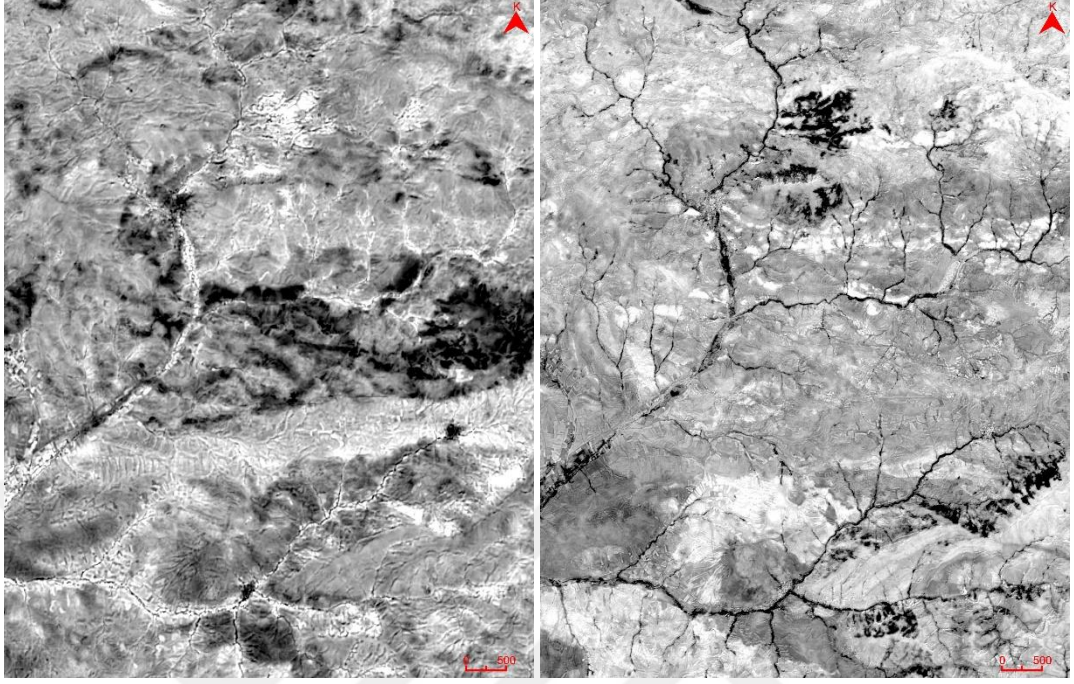
**Çizelge 4:** ASTER bant oranları (After Kalinowski 2004)

<b>Özellik</b>	<b>Bant Oranı</b>
Fe <sup>3+</sup>	2/1
Fe <sup>2+</sup>	5/3 + 1/2
Laterite	4/5
Gossan	4/2
Ferrosilikatlar (Biyotit, klorit, amfibol)	5/4
Ferrik oksitler	4/3
Litolojik ayrıklama	4/7
Amfibol	6/8
Karbonat	13/14
Fengitik	5/6
Muskovit	7/6
Kaolinit	7/5
Alterasyon	4/5
Ana kaya	5/6
Kuarsça zengin kayalar	14/12
Bazik indeks	12/13
SiO <sub>2</sub>	13/12
Silis	11/10
Silis	11/12
Silis	13/10
Bitkisellik	3/2



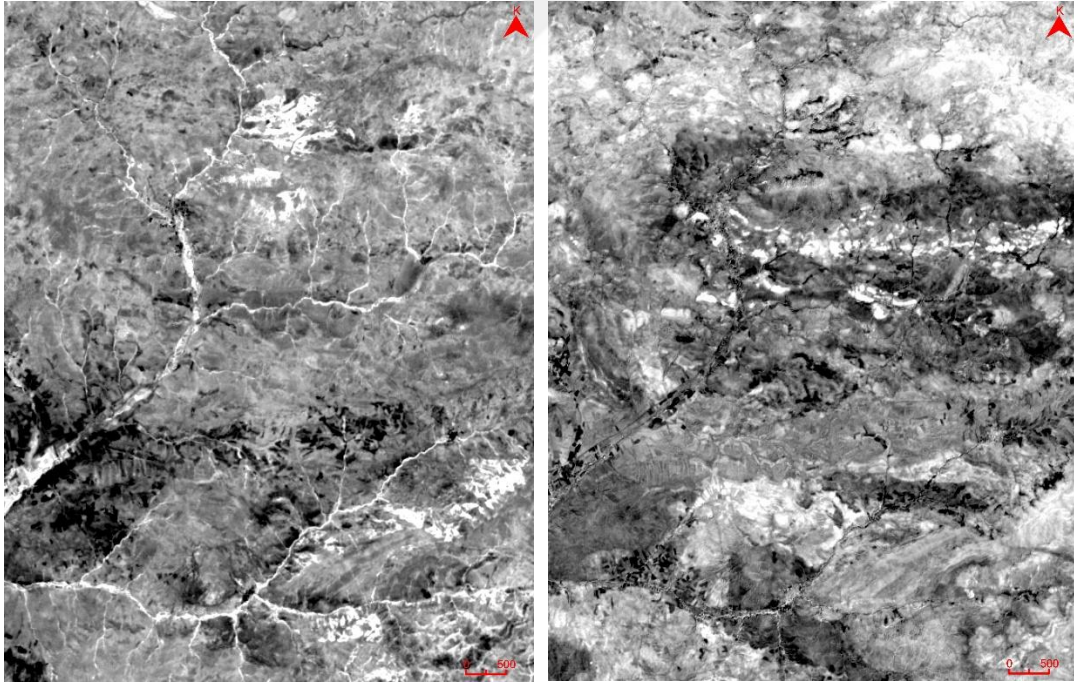
### 3.3.1 Sentinel-2A:

Çalışma alanına ait Sentinel-2A görüntüleri üzerinde altı adet bant oranlaması yapılmıştır.



(a)

(b)

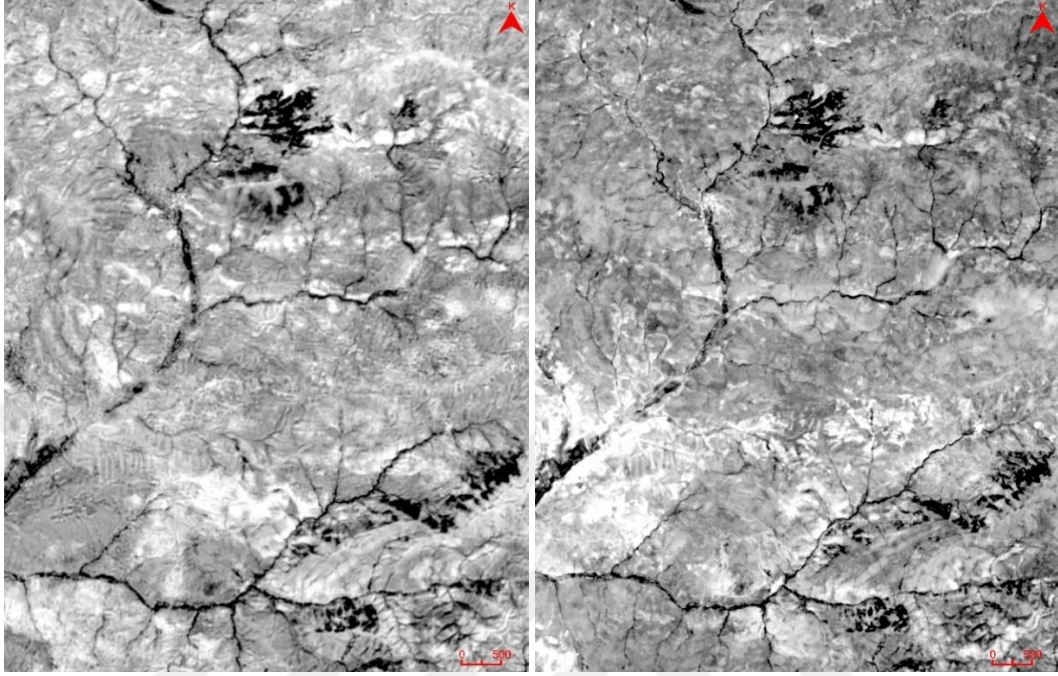


(c)

(d)

**Şekil 3.4:** Sentinel-2A görüntüleri üzerinde yapılan bant oranlamaları. (a) 5/1 bant oranı, (b) 11/8 bant oranı, (c) 11/12 bant oranı, (d) 12/5 bant oranı.

Sentinel-2A üzerinde bant oranlamalarını incelediğimizde (Şekil 3.4) özellikle 11/8 ve 12/5 bant oranlarında demir oksit ve demir hidroksitler yaptıkları yüksek yansımalarla güçlü bir biçimde ayırt edilebilmektedir. Bu bölgelerde demir lateritik veya hidrotermal alterasyonla zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir.



(e)

(f)

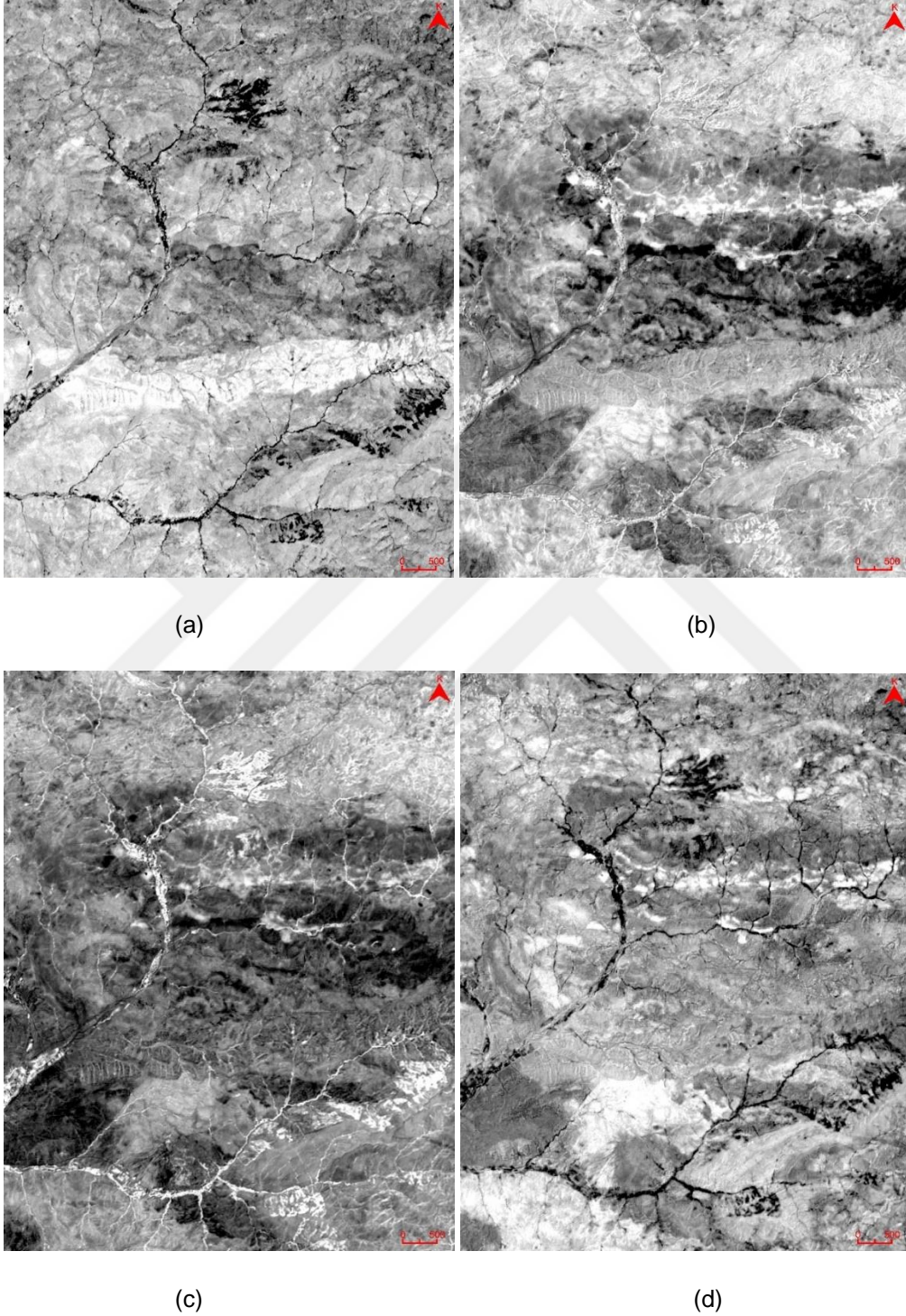
**Şekil 3.5:** (e) 12/9 bant oranına ait görüntü, (f) 12/11 bant oranına ait görüntü.

İki bant oranını incelediğimizde, 12/9 bant oranında demir oksitlerce zengin kayaçların yüksek yansımalar yaptığı gözlenmektedir. 12/11 bant oranında ise silisçe zengin kayaçların yüksek yansıma yaptıkları gözlenmektedir.



### 3.3.2 ASTER:

ASTER görüntüleri üzerinde biri bant hesaplaması olmak üzere yirmi bant oranlaması yapılmıştır.

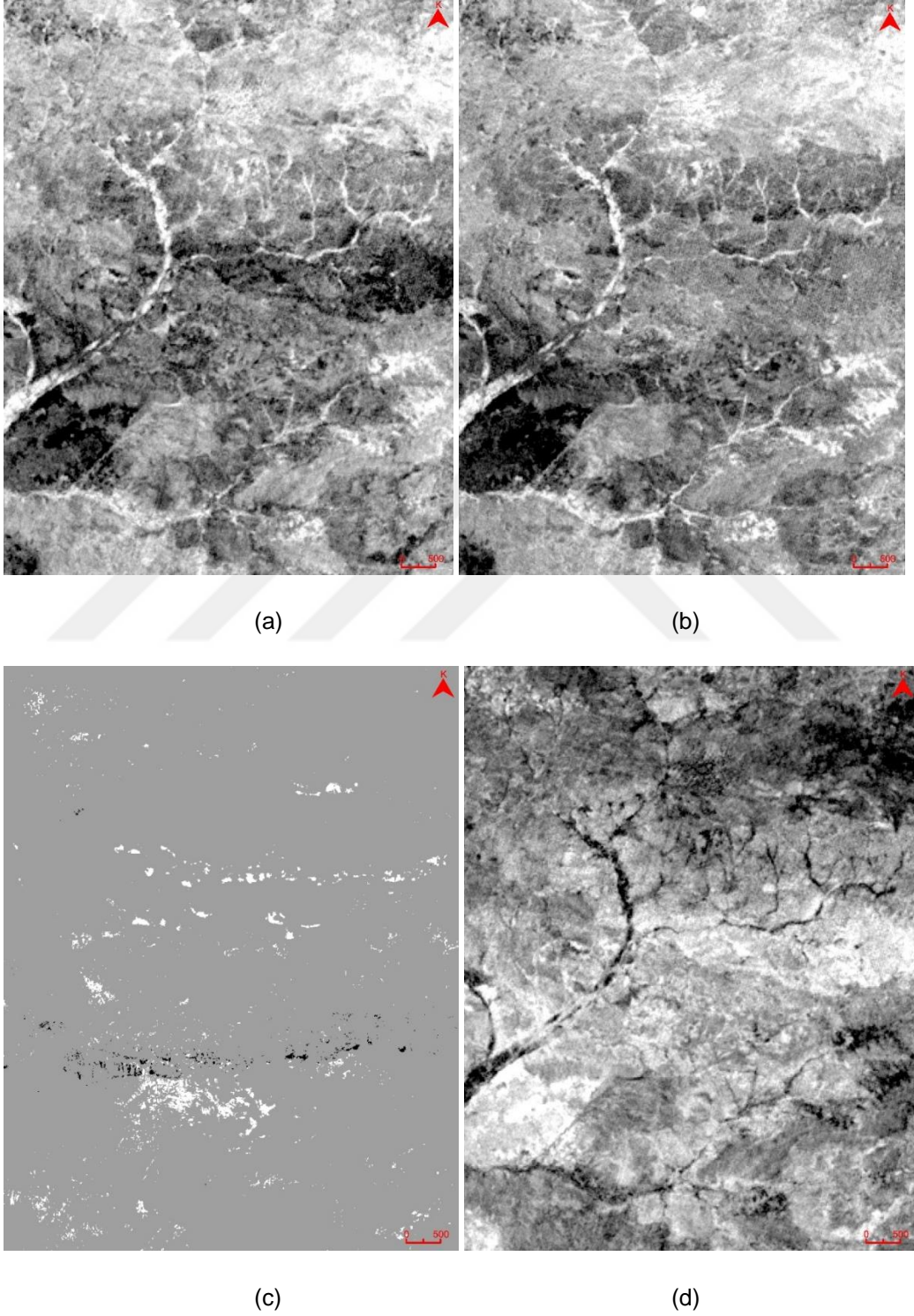


**Şekil 3.6:** ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 2/1 bant oranlaması, (b) 4/1 bant oranlaması, (c) 4/2 bant oranlaması, (d) 4/3 bant oranlaması.

Uygulanan ASTER bant oranlarını incelediğimizde (Şekil 3.6) 2/1 bant oranında  $Fe^{3+}$  ce zengin kayaların yüksek yansıma yaptığı gözlenmektedir. 4/1 bant oranına ait görüntüde

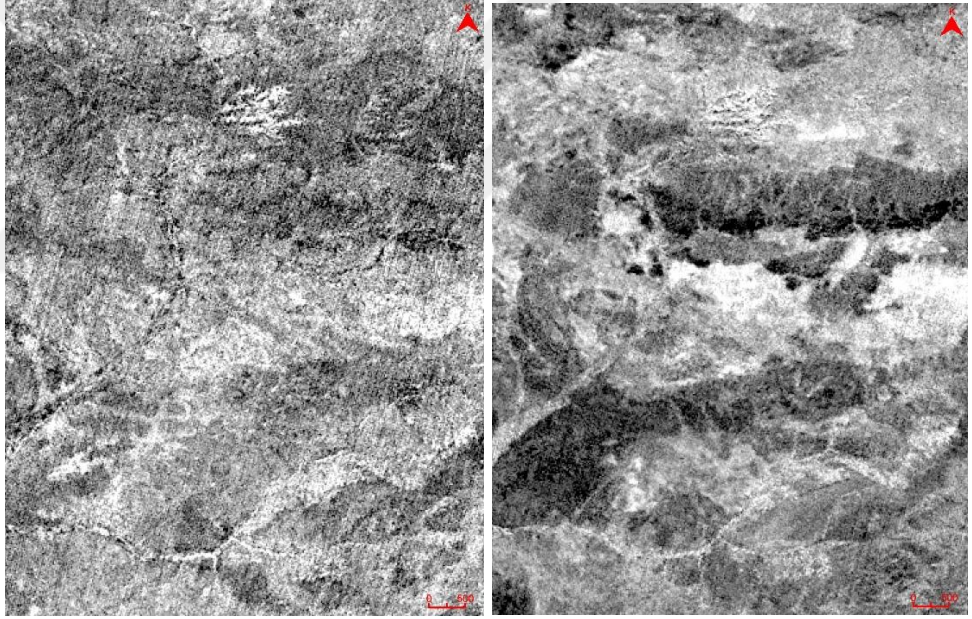


demir oksitlerin yüksek yansımaya yaptığı gözlenmektedir. 4/2 bant oranlamasına ait görüntüyü incelediğimizde demir şapka zonlarıyla birlikte bitki örtüsünün de yüksek yansımaya yapıyor olması, ayırt edilebilmesi konusunda güçlük yaratmaktadır. 4/3 bant oranlamasına ait görüntüde demir oksitler bakımından zengin birimler, diğer birimlerden rahatlıkla ayırt edilebilmektedir.



**Şekil 3.7:** ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 4/5 bant oranlaması, (b) 4/7 bant oranlaması, (c) (5/3) + (1/2) bant hesaplaması, (d) 5/4 bant oranlaması.

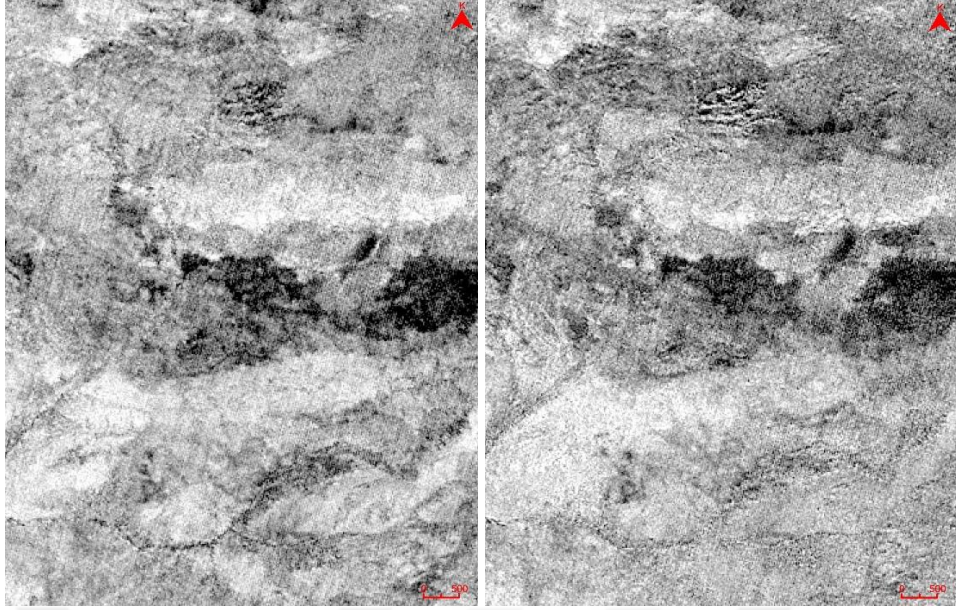
ASTER görüntülerinde uygulanan bant oranlamalarını incelediğimizde (Şekil 3.7) 4/5 bant oranlamasıyla lateritik zonların yüksek oranda yansıma yaptığı görülmektedir. Bu oranlama içerisinde bitki örtüsünün de yüksek miktarda yansıma yapıyor olması, lateritik zonların ayırt edilmesini güçleştirmektedir. 4/7 bant oranlamasını incelediğimizde litolojik olarak birimlerin birbirinden ayırt edilebilmesine olanak sağladığı görülmektedir. Bu oranlamada bitki örtüsü yüksek oranda yansıma yapmaktadır. (5/3) + (1/2) bant hesaplamasında demir oksitler bakımından zengin bölgeler, yüksek doğrulukla tespit edilmiştir. Demir oksitler bakımından zengin kayalar beyaz piksellerle ifade edilmektedir. 5/4 bant oranlamasını incelediğimizde biyotit, klorit, amfibol bakımından zengin kayaların yüksek oranda yansıma yaptığını görülmektedir. Özellikle çalışma alanının kuzeyinde yer alan amfibolit fasiyesine ait kayalar ile Kurtlapa GD' sunda ve Ovacık kuzeyinde yer alan ofiyolitik seri içerisindeki ultramafik kayalardaki yüksek yansıma dikkat çekmektedir.



(a)

(b)



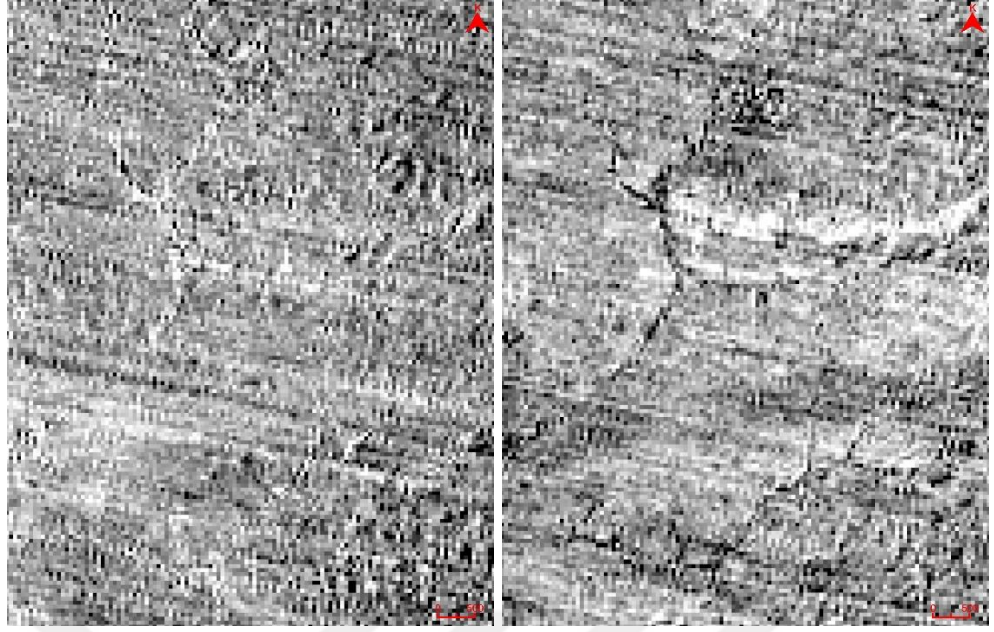


(c)

(d)

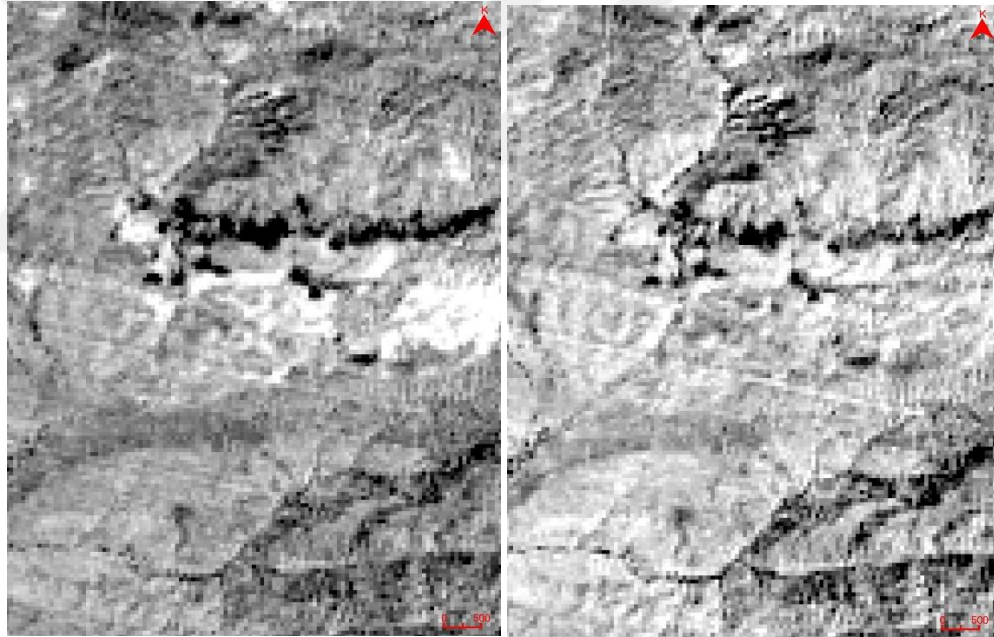
**Şekil 3.8:** ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 5/6 bant oranlaması, (b) 6/8 bant oranlaması, (c) 7/5 bant oranlaması, (d) 7/6 bant oranlaması.

ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan bant oranlamaları incelendiğinde (Şekil 3.8) SWIR bant oranlamalarıyla meydana gelen yüksek ayırdım gücü ve parazitlenmeler göze çarpmaktadır. 5/6 bant oranlamasında mika minerallerince zengin kayalar ve bitki örtüsünün bir kısmı yüksek yansıma yapmaktadır. 6/8 bant oranlaması incelendiğinde amfibolce zengin kayaların yüksek yansıma yaptığı görülmektedir. Bu bant oranında litolojik ayırım yapabilmek olanağının yüksek olması da mümkündür. 7/5 bant oranlamasını incelediğimizde kaolinit bakımından zengin lokasyonların yüksek yansıma yaptığı görülmektedir. Çalışma alanı içerisindeki kayalarda killeşme, yaygın olarak gözlenmektedir. 7/6 bant oranlamasıyla muskovit mineralleri yüksek yansıma vermektedir. Bu bant oranlamasını incelediğimizde 7/5 bant oranlamasında yüksek yansıma yapan mika mineralleri ile yüksek oranda benzerlikte yansıma yaptığı dikkat çekmektedir.



(a)

(b)



(c)

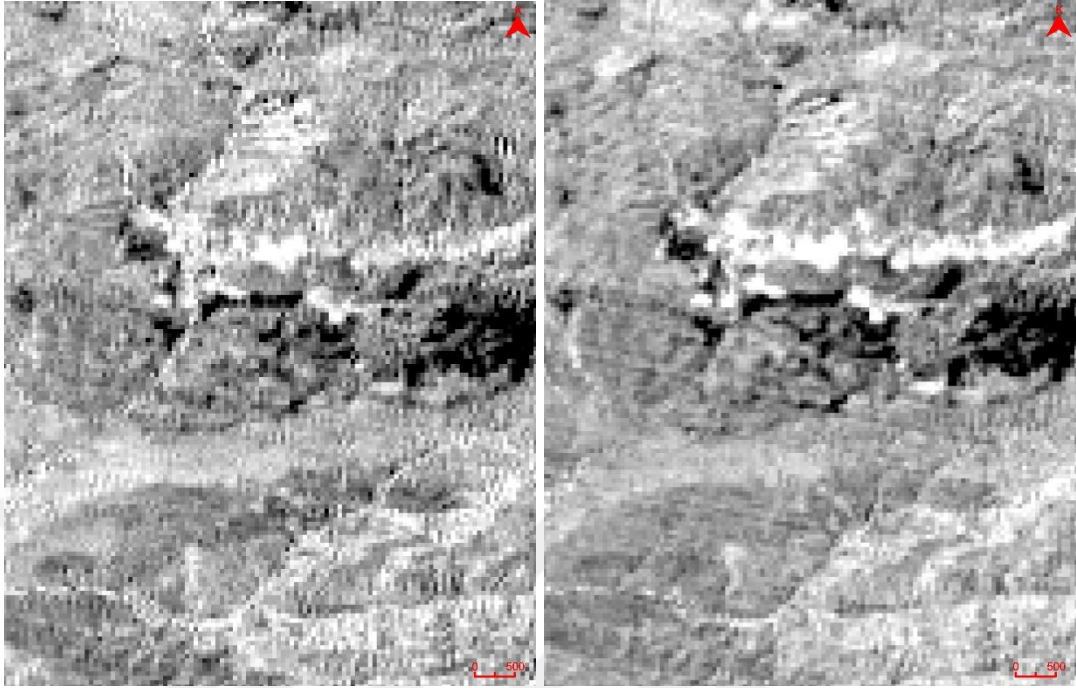
(d)

**Şekil 3.9:** ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 11/10 bant oranlaması, (b) 11/12 bant oranlaması, (c) 12/13 bant oranlaması, (d) 12/14 bant oranlaması.

ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan bant oranlamalarını incelediğimizde (Şekil 3.9) termal bantlarda parazitlenme ile doğru orantılı bir biçimde artan silis ve mafik kayaların ayırt edilebilme gücü dikkatimizi çekmektedir. 11/10 bant oranlamasında yüksek parazitlenme sebebiyle litolojik ayrımın neredeyse mümkün olmadığı görülmektedir. 11/12 bant oranlamasını incelediğimizde silisçe zengin kayaların yüksek oranda yansıma yaptığı görülmektedir. 12/13 bant oranlamasını incelediğimizde mafik ve ultramafik kayaların yüksek

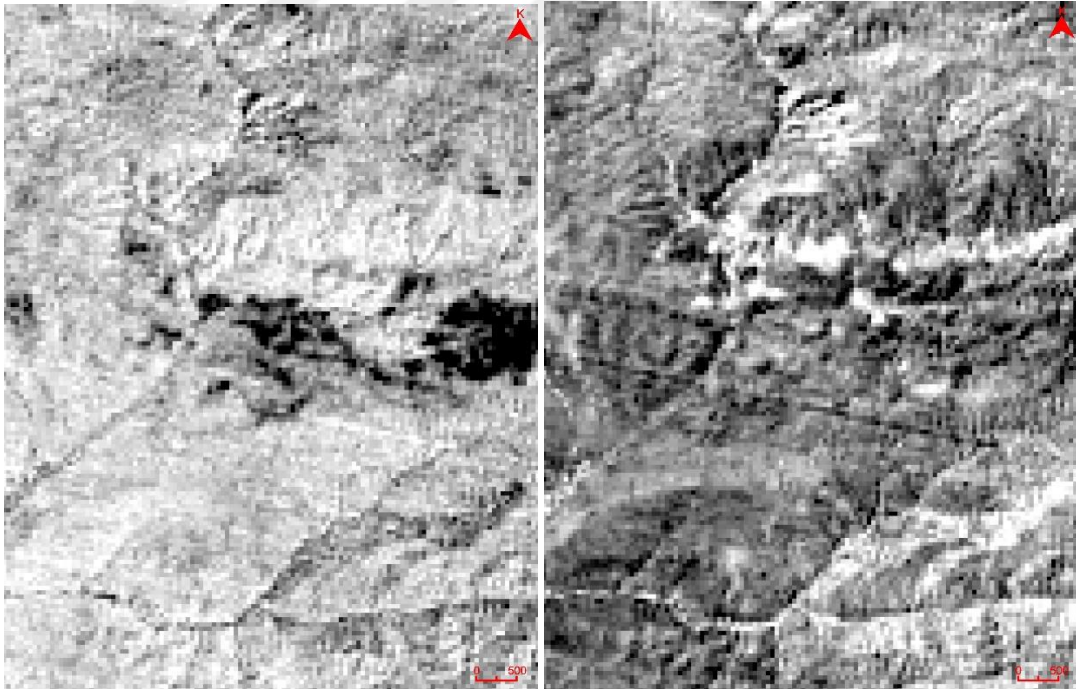


oranda yansıma yaptığı görülmektedir. 12/14 bant oranlamasını incelediğimizde litolojik ayırdımın pek mümkün olmadığı görülmektedir.



(a)

(b)



(c)

(d)

**Şekil 3.10:** ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan (a) 13/10 bant oranlaması, (b) 13/12 bant oranlaması, (c) 13/14 bant oranlaması, (d) 14/12 bant oranlaması.

Yukarıda (Şekil 3.10) ASTER görüntüleri üzerinde uygulanan bant oranlamaları incelendiğinde 13/10 ve 13/12 bant oranlamalarıyla elde edilen görüntülerde silisçe zengin

birimlerin yüksek oranda yansımalar yaptığı gözlenmektedir. 13/14 bant oranlaması incelendiğinde karbonatlı birimlere dair herhangi bir ayırt edimi söz konusu olmamaktadır. 14/12 bant oranlamasıyla elde edilen görüntüde silisçe zengin kayaların yüksek oranda yansıma yaptığı gözlenmektedir.

### 3.4 Optimum Index Factor (OIF):

Optimum Index Factor, çalışma alanına ait görüntüler içerisinde en yüksek bilgi içeriğini elde edebileceğimiz üçlü bant kombinasyonunu seçmemize olanak sağlayan yöntemdir. Toplam standart sapma değerlerinin, toplam korelasyon katsayısına oranı olarak ifade edilebilir (Chavez et al., 1982).

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 SD_i}{\sum_{j=1}^3 |CC_j|}$$

OIF: Optimum Index Factor

SD<sub>i</sub>: i oranına ait standart sapma değeri

CC<sub>j</sub>: herhangi üçlü ya da ikili bant oranı arasındaki ait korelasyon katsayısının mutlak değeri

Bant oranları, MNF dönüşümleriyle birlikte toplam bant sayısı ASTER için 39, Sentinel-2A için 20' ye yükselmiştir. Bant sayısının üçlü kombinasyonu;

$$\binom{N}{3} = \frac{N!}{(3! * (N - 3)!)}$$

Burada N bant sayısı olmak koşuluyla; 39 ASTER bandı için 9139, 20 Sentinel-2A bandı için 1140 olası bant kombinasyonu söz konusu olacaktır. OIF sayesinde bu kombinasyonlar içerisinde en yüksek skora sahip kombinasyonları seçtiğimiz takdirde, en yüksek bilgi içeriğine sahip kombinasyonu da elde etmiş olacağız. Çalışma alanımıza ait Sentinel-2A görüntüsü için en yüksek OIF skorları aşağıdaki gibidir:

1:	5b1	b1	b11	(194817.39)
2:	11b12	12b9	mnf_swir_b1	(143028.53)
3:	11b12	b11	b2	(65586.89)
4:	12b5	b8	mnf_swir_b2	(47779.97)
5:	11b8	12b5	b6	(22357.94)
6:	5b1	b1	b8a	(20720.22)

ASTER görüntüsüne ait en yüksek OIF skorları ise;

1:	5b6	b1	mnf_swir_b2	(856375.99)
2:	5b6	7b6	b9	(288941.57)
3:	13b10	b13	b6	(281133.66)
4:	13b10	b13	b5	(268422.51)
5:	13b12	4b1	mnf_swir_b2	(161142.36)
6:	12b13	4b3	5b6	(111288.76)

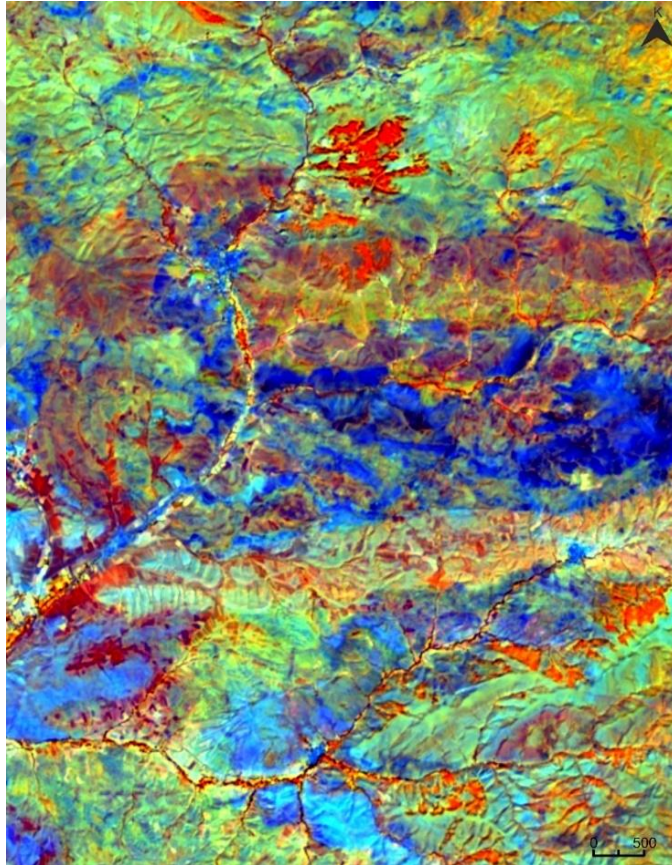
olarak hesaplanmıştır.

### 3.5 Bant Kombinasyonları:

Çalışma alanına ait görüntüler içerisinde en yüksek ve en verimli biçimde bilgiyi edinebilmemiz açısından, her iki uydu görüntüsü için istatistiksel olarak hesaplanmış OIF değerleri içerisinde en yüksek skorlara sahip bant kombinasyonları kullanılarak Kırmızı-Yeşil-Mavi (RGB) renk kompozitleri oluşturulmuştur.

#### 3.5.1 İnceleme Alanına Ait Sentinel-2A Bant Kombinasyonları:

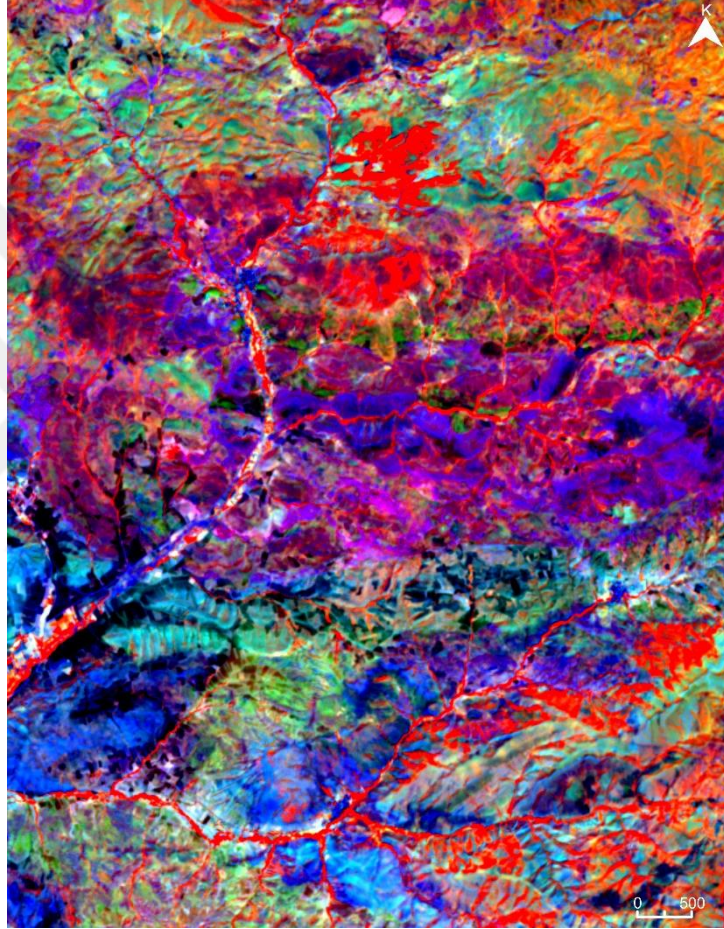
En yüksek veriyi sunacak bant kombinasyonları OIF ile hesaplandıktan sonra jeolojik uzaktan algılama amacıyla aşağıdaki bant kombinasyonları yapılmıştır. (Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13)



**Şekil 3.11** Sentinel-2A: 5/1-11-1 (RGB) renk kompoziti. Turuncu renk: Bitki örtüsü, Koyu mavi-Lacivert tonları: Serpantinit, Mor ve tonları: Diyabaz ve gabroyik kütleler Yeşil: Hematitçe zengin radyolarit ve çörtler, Açık yeşil: Metamorfik kayaçlar, Mavi-Açık mavi: Karbonatlar



5/1-11-1 RGB kompozitini incelediğimizde (Şekil 3.11) bitki örtüsünün güçlü bir biçimde turuncu ve kırmızı tonlarında yansımalar yaptığı gözlenmektedir. Koyu mavi-lacivert tonları ise serpantinitle olarak gözlenmektedir. Bölgeye yüzeyleyen diyabazlar açık mor tonlarında gözlenirken, mafik mineral ve demir içeriği daha yüksek gabroyik kütleler daha koyu mor tonlarında yansımalar yaptığı görülmektedir. Hematitçe zenginleşmiş radyolarit ve çörtlerin yeşil tonlarında yansımalar yaptığı gözlenirken; demirce zengin, muskovit içeren, kloritleşme, serizitleşme ve killeşme gibi bozunma/alterasyon ürünlerince zengin kayaçlar açık yeşil renk tonlarında gözlenmektedir. Bölgedeki karbonatlı kayaçlar ise turkuvaz ve açık mavi tonlarında gözlenmektedirler. Silisçe zengin kayaçlar ise sarı renkte gözlenmektedirler.

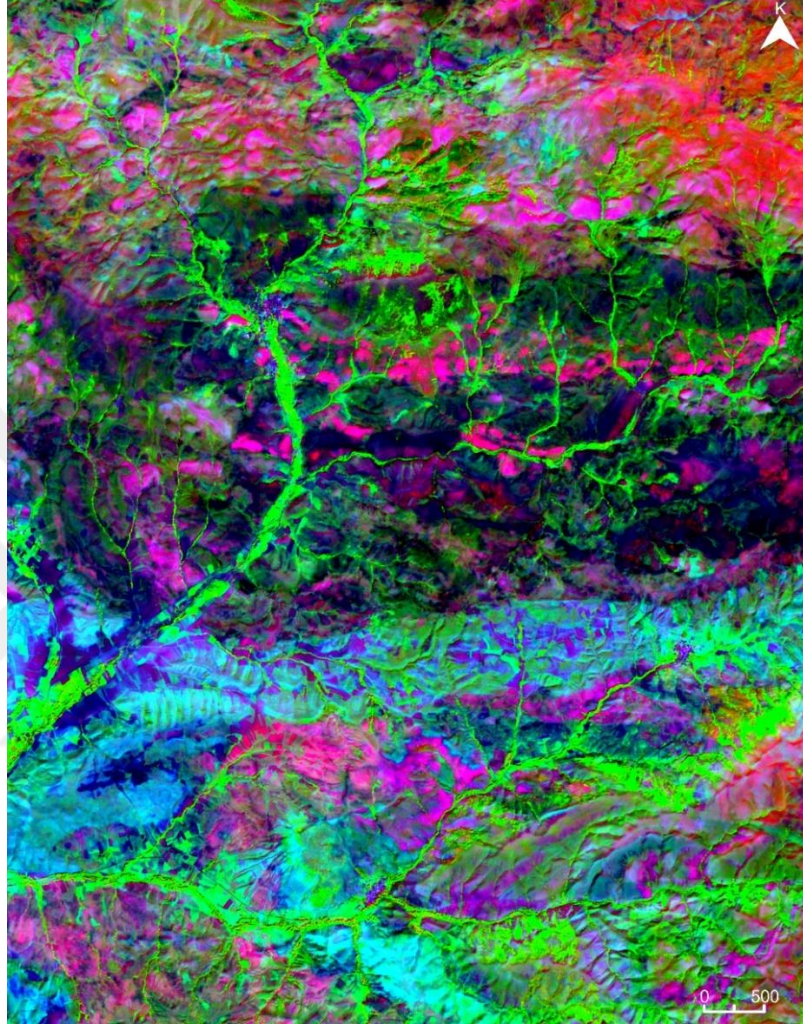


**Şekil 3.12:** Sentinel-2A: 11/12-11-2 (RGB) renk kompoziti. Kırmızı tonları: Bitki örtüsü, Çivit renk: Serpantinit, Koyu yeşil: Hematitçe zengin radyolaritler, Mor-Koyu Mor: Diyabazlar ve gabroyik kütleler, Mavi ve tonları: Karbonatlar, Açık yeşil: Hematitçe zengin kayaçlar, Turuncu: Silisçe zengin kayaçlar

11/12-11-2 RGB kompozitini incelediğimizde (Şekil 3.12) bitki örtüsünün kırmızı tonlarında yansıma yaptığı görülmektedir. Gökçebel serpantinileri çivit renginde görülmekle birlikte Kurtlapa ve Çeltek diyabazlarının serpantinleşmiş kesimleri, mor ve koyu mor tonları içerisinde gözlenebilmektedir. Hematitçe zenginleşmiş Taşlık radyolaritleri koyu yeşil renkte gözlenmektedir. Mor ve koyu tonları ise Kurtlapa ve Çeltek diyabazları ile gabroyik plütonları ifade etmekle birlikte; bu birimlerde demir içeriğinin artmasına bağlı olarak renkler koyu ve haki

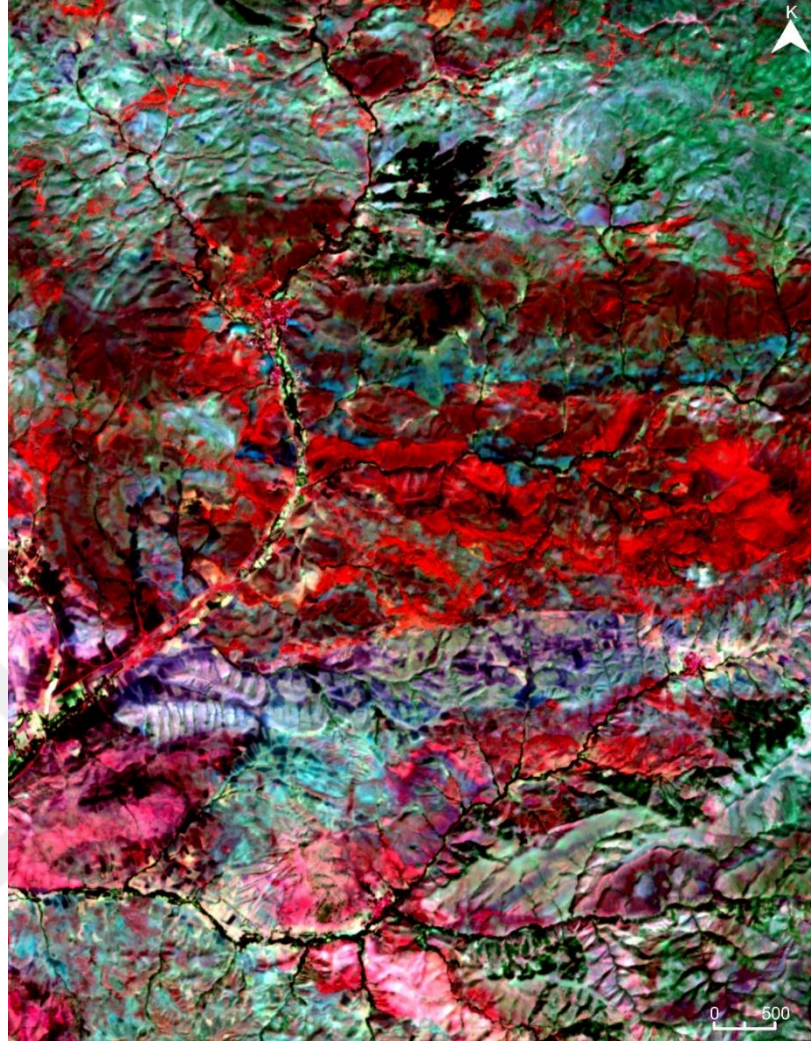


tonlarına kaydığı da gözlenmiştir. Çalışma alanındaki karbonatlı birimler mavi ve tonlarında gözlenmektedirler. Metal içeriği yüksek kayalar ve toprak örtüleri ise siyah renkle ifade edilmektedir.



**Şekil 3.13:** Sentinel-2A: 12/5-8-MNF 2 (RGB) renk kompoziti. Parlak Yeşil: Bitki örtüsü, Parlak Pembe:  $Fe^{2+}$  ce zengin kayalar, Lacivert: Gökçebel serpantiniti, Mor-Soluk Mor: Çeltik ve Kurtlapa diyabazı, Kırmızı:  $Fe^{3+}$  ce zengin kayalar, Mavi: Karbonatlar

12/5-8-MNF 2 (RGB) renk kompozitinde (Şekil 3.13) bitki örtüsü parlak yeşil renkte yansıma yapmaktadır. Çalışma alanının kuzey bölümünde yer alan Dumanlı metamorfiteilerinin ultramafik kayalar üzerinde hematit ve silisçe zengin, yer yer lacivert yansıma veren serpantinler ve kırmızı renkte yansımalar veren  $Fe^{3+}$  ce zengin kayalarla birlikte kompleks bir yapı biçiminde göze çarpmaktadır. Çalışma alanının güney kesiminde açık mavi-turkuvaz tonlarıyla karışık pembe yansımalar veren Esenlik volkano-sedimanter kayalarının hematitçe zengin olduğu da açıkça gözlenmektedir. Lacivert renkte yansımalar veren Gökçebel serpantinleri içerisinde gözlenen kırmızı renkli yansımalar, serpantinleşme süreçlerinde açığa çıkan manyetitlelerle ilişkilidir.



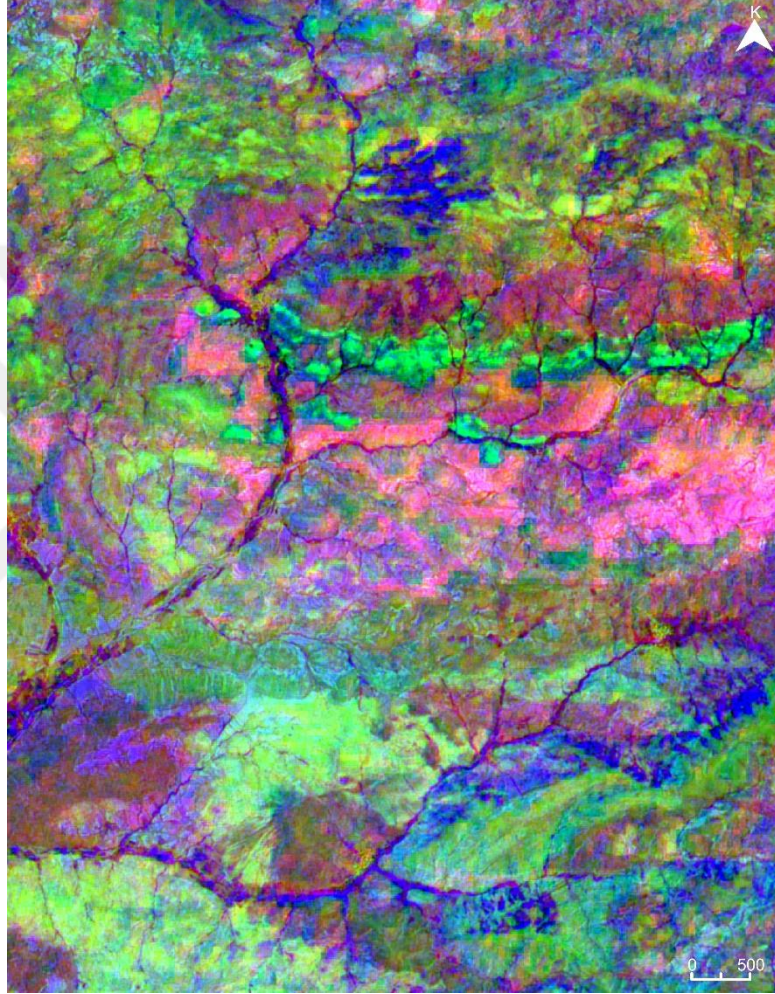
**Şekil 3.14:** Sentinel-2A 2-11-12 SWIR (RGB) renk kompoziti (SentinelHub) : Haki tonları-Siyah: Bitki örtüsü, Kırmızı: Gökçebel Serpantiniti, Kobalt Mavisi: Taşlık radyolariti, Vişne çürüğü: Kurtlapa diyabazı, Çelik mavisi: Çeltek diyabazı, Eflatun: Adatepe ve Harmanyeri kireçtaşı, Mor: Kargın silisiklastik sedimanları, Eflatun-Turkuvaz: Esenler volkano-sedimanter kayaçları, Yeşil-Turkuvaz-Krem: Dumanlı metamorfileri, Krem: Silisçe zengin kayaçlar

SWIR dalgaboyuna ait bantlar üzerinde yapılan 2-11-12 (RGB) renk kompoziti (Şekil 3.14) çalışma alanı içerisinde yer alan birimlerin etkili bir biçimde ayırt edilmesine olanak sağlamıştır. Görüntü içerisinde Gökçebel serpantiniti kırmızı renkte, Taşlık radyolariti kobalt mavisi renkte, Kurtlapa diyabazı vişne çürüğü renkte, Adatepe ve Harmanyeri kireçtaşları eflatun renkte, Kargın Formasyonu' na ait silisiklastik sedimanlar mor-krem karışımı renkte, Esenler volkano-sedimanter kayaçları eflatun-turkuvaz karışımı renkte, Dumanlı metamorfileri yeşil-turkuvaz-krem karışımı renkte yansımalar vermektedir. Oldukça çeşitli, farklı mineral ve mineral gruplarını bünyesinde barındıran kayaçlar, renk karışımlarının toplamı ya da farklı renklerin birliktelikleri biçiminde yansımalar göstermektedirler.



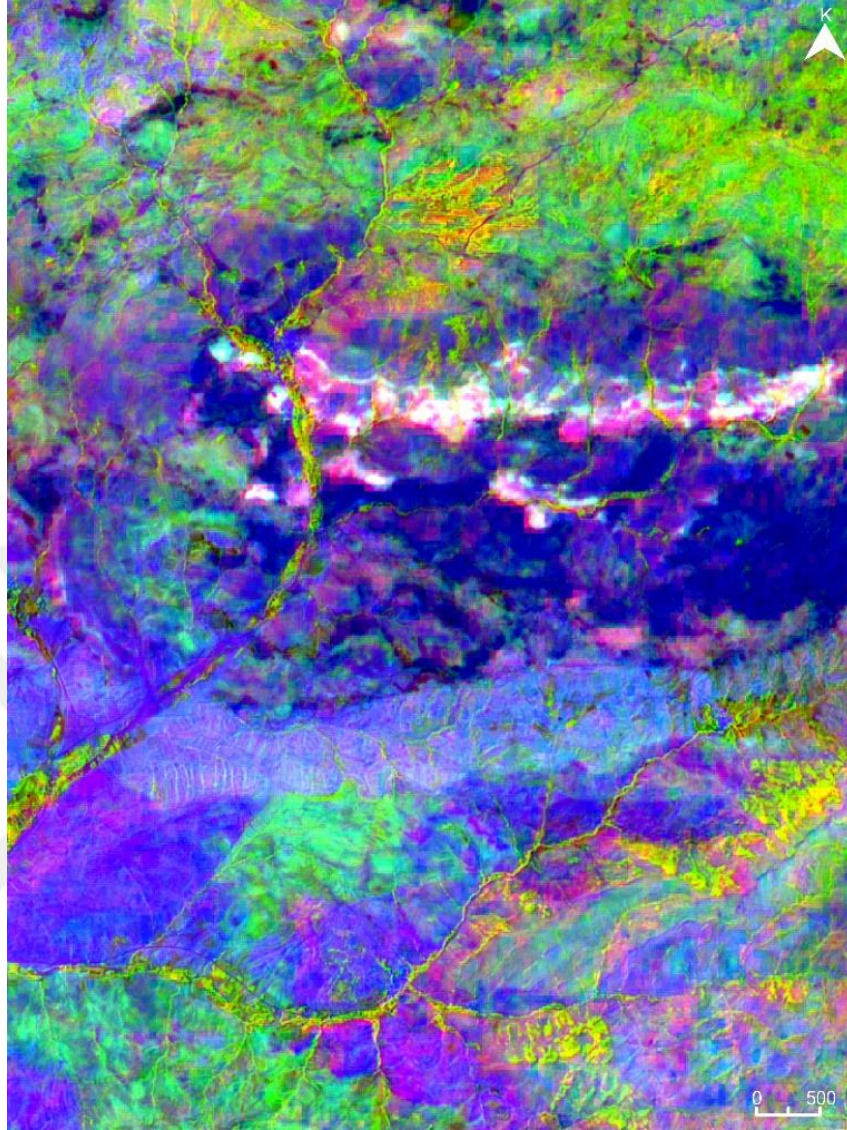
### 3.5.2 İnceleme Alanına Ait ASTER Bant Kombinasyonları:

En yüksek jeolojik bilgi içeriğini sunacak bant kombinasyonları OIF ile hesaplandıktan sonra jeolojik uzaktan algılama amacıyla aşağıdaki bant kombinasyonları yapılmıştır. (Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17)



**Şekil 3.15:** ASTER 12/13-4/3-5/6 (RGB) renk kompoziti. Lacivert: Bitki örtüsü, Parlak yeşil: Radyolarit, Pembe: Serpantinit, Açık yeşil: Hematit, Mor: Diyabaz ve doleritler, Kahverengi-yeşil: Karbonatlar

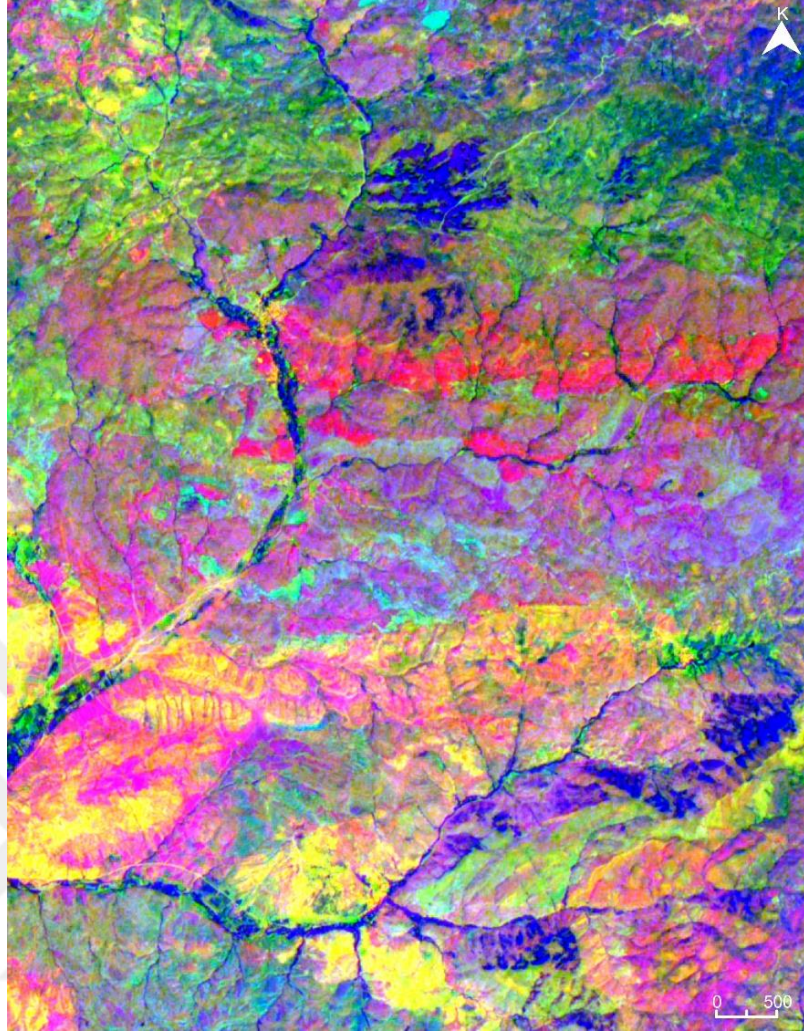
12/13-4/3-5/6 (RGB) renk kompozitinde (Şekil 3.15) bitki örtüsü lacivert renkte, radyolaritler parlak yeşil renkte, serpantinitler pembe renkte, Hematitçe zengin kayaçlar açık yeşil ve turkuvaz tonlarında, ultramafik intrüzifler mor-açık mor tonlarında, karbonatlı kayaçlar ise kahverengiyle karışık haki tonlarında yansımalar biçiminde görülmektedir. Kayaçlar içerisinde  $Fe^{3+}$  veya manyetit içeriği arttıkça renkler, giderek yeşil renge ve daha güçlü koyu tonlarına doğru kaymakta ya da karışık biçimde görülmektedirler.



**Şekil 3.16:** ASTER 13/12-4/1-MNF 2 (RGB) renk kompoziti. Turuncu-Kırmızı: Bitki örtüsü, Lacivert: Serpantinit, Krem-Beyaz: Radyolarit, Turkuvaz: Hematit, Mor: manyetit

13/12-4/1-MNF 2 (RGB) renk kompozitinde (Şekil 3.16) turuncu-kırmızı renk bitki örtüsü, lacivert renk serpantinitler, krem-beyaz renk SiO<sub>2</sub> içeriği yüksek kayalar, turkuvaz renk hematitçe zengin kayalar, mor renk ise manyetitçe zengin kayalara karşılık gelmektedir. Görüntünün kuzeyinde yer alan metamorfitletler içerisindeki hematitlerin yanı sıra karbonatlı kayalar ile ultramafik intrüzyonlar içerisindeki hematit ve manyetit zenginleşmeleri dikkat çekmektedir.





**Şekil 3.17:** ASTER, MNF2-1-5/6 (RGB) renk kompoziti. Lacivert: Bitki örtüsü, Turkuvaz: Serpantinit, Gül rengi(*neon pembe*): Radyolarit, Menekşe-Mor: Ultramafik kayalar, Yeşil:Klorit-Serizit-Muskovit, Sarı: Karbonat, Galibarda(*çok parlak mor*): Manyetit

MNF 2-1-5/6 (RGB) bant kombinasyonunda (Şekil 3.17) lacivert renkli bölgeler bitki örtüsünü, turkuvaz renkli bölgeler serpantinitleri, gül rengi bölgeler hematitçe zengin radyolaritleri, menekşe-mor renkli bölgeler ultramafik kayaları, yeşil renk klorit-serizit-muskovit gibi alterasyon minerallerini, sarı renk karbonatları, galibarda renk manyetitçe zengin birimleri temsil etmektedir.

### 3.6 Kontrollü Sınıflandırma:

Arazide kimlikleri belirlenmiş piksellerden yola çıkarak, görüntünün tamamında en yakın özelliklere sahip piksellerin tespit edilerek sınıflandırılmasıdır.

Kontrollü sınıflamada analist, arazideki kayalara görüntüde piksellerle temsil edilen kısımları içerisinden ilgilenilen her kayaç grubuna ait sınıfların spektral özelliklerine göre tanımlamasını yaparak gruplandırır. Sonrasında sınıflandırma aşamasına geçilerek görüntüdeki veri seti içerisindeki her bir piksel, en yüksek benzerliğe sahip olduğu sınıfa ayrılır. Son aşamada

görüntü üzerinde sınıflandırılmış her bir piksel, ait olduğu sınıf içerisinde çıktı olarak görüntülenir. Görüntü içerisinde hiçbir sınıfla benzer özellik göstermeyen pikseller, sınıflandırılmamış olarak etiketlenir ( Lillesand et al, 2015)

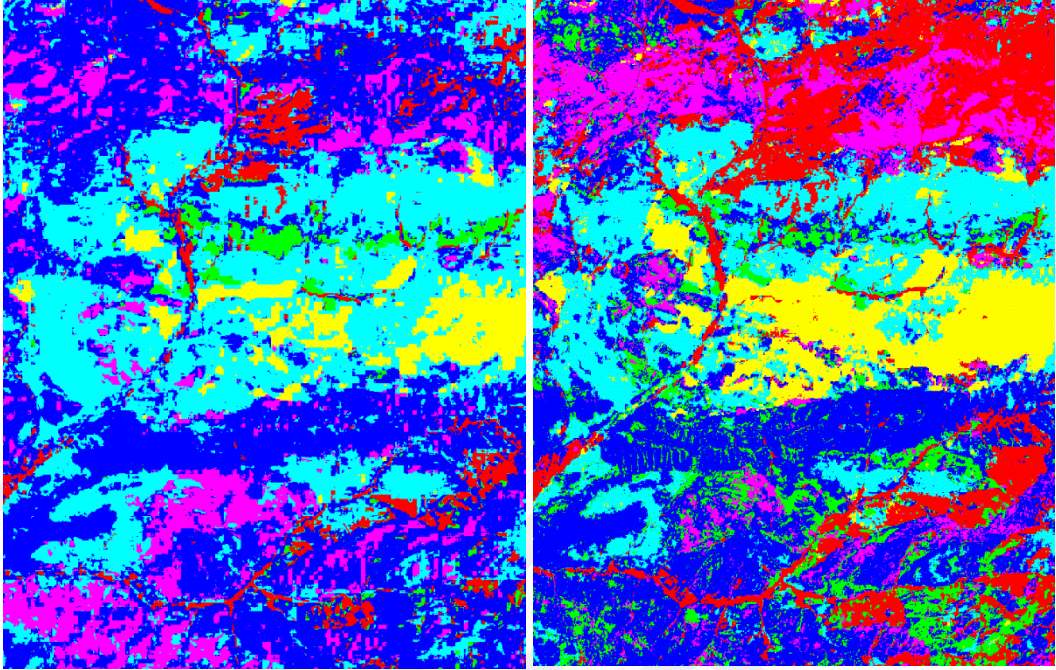
### **3.6.1 Spectral Angle Mapper:**

Spectral Angle Mapper, görüntü spektrasının referans spektrayla olan spektral benzerliğini hızlı bir biçimde haritalama olanağı sağlayan bir araçtır. Referans spektra görüntüden alınmış ya da araziden veya laboratuvardan ölçülen spektralar olabilmektedir. Bu algoritma, iki spektrum arasındaki açıyı hesaplayarak iki spektrum arasındaki spektral benzerliği saptar ve bant sayısı ile eşit boyutlu bir uzayda vektör olarak kabul eder (Kruse et al., 1993).

### **3.6.2 Support Vector Machine:**

Support Vector Machine, istatistiksel öğrenme teorilerinden üretilmiş bir kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Karmaşık ve parazit oranı yüksek görüntülerde oldukça başarılı sonuçlar ortaya koyan bu metod, sınıflandırma aşamasında birbirlerinden lineer olmayan sınırlarla ayrılan veri setlerini bir  $f$  fonksiyonu yardımıyla daha yüksek boyutlu uzaya taşıyıp, çekirdek fonksiyonlar yardımıyla haritalamayı öznelilikler uzayında belirginleştirmeksizin hiper-düzlem biçiminde karar sınırlarını çizerek veri setlerini birbirinden ayırmaktadır (Schölkopf ve Smola, 2001). Sınır olarak çizilen bu hiper-düzlemler, support vectors olarak tanımlanmaktadır.

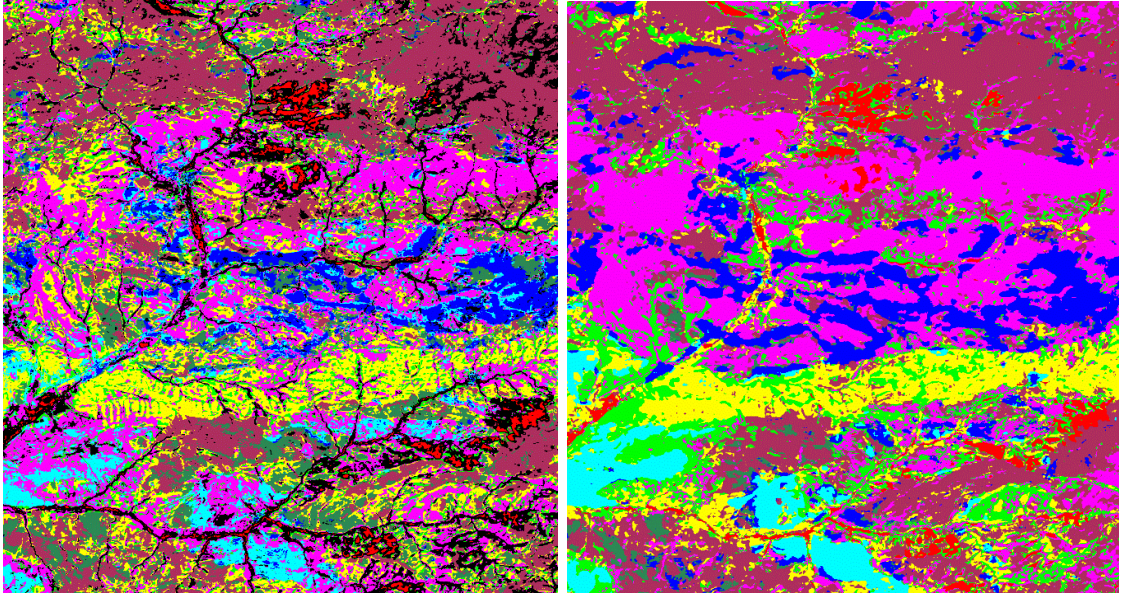
Çalışma alanına ait ASTER görüntülerine uygulanan SAM (solda) ve SVM (sağda) kontrollü sınıflandırmaları.



**Şekil 3.18** Kırmızı: Bitki Örtüsü, Mavi: Sedimanter kayaçlar, Sarı: Serpantinit, Açık mavi: Ultramafik kayaçlar, Yeşil: Demir oksitler (Hematit, Limonit), Pembe: Altere kayaçlar (Klorit-Serizit-Muskovit)

ASTER görüntüsü üzerinde SAM ve SVM yöntemleriyle yapılan kontrollü sınıflamalar incelendiğinde SAM ile yapılan sınıflandırmayla bitki örtüsü, litoloji veya mineral topluluklarına ait sınırlar genel olarak ifade edilmiştir. SVM ile yapılan sınıflandırmada, SAM ile yapılan sınıflandırmaya kıyasla bitki örtüsü, mineral birliktelikleri ve litolojik unsurlar daha detaylı biçimde ifade edilmiştir. Çalışma alanı içerisindeki alterasyon mineralleri SAM ile yapılan sınıflandırmayla güçlükle tespit edilebilecekken, SVM ile yapılan sınıflandırmalarda bu işlem daha etkin bir biçimde yapılabilmektedir.





(a)

(b)

**Şekil 3.19:** Sentinel-2A görüntüleri üzerinde yapılan kontrollü sınıflandırmalar: (a) SAM kontrollü sınıflandırması ve (b) SVM kontrollü sınıflandırması. Siyah: Sınıflandırılmamış pikseller, Kırmızı: Bitki örtüsü, Lacivert: Serpantinit, Pembe:  $Fe^{2+}$ /Ultramafik dayklar, Sarı:  $SiO_2$ , Kahverengi: Altere kayaçlar (Klorit-Serizit-Muskovit), Açık mavi: Karbonatlar, Koyu yeşil:  $Fe^{3+}$ /Ultramafik Plütonlar Yeşil: Lateritik zon

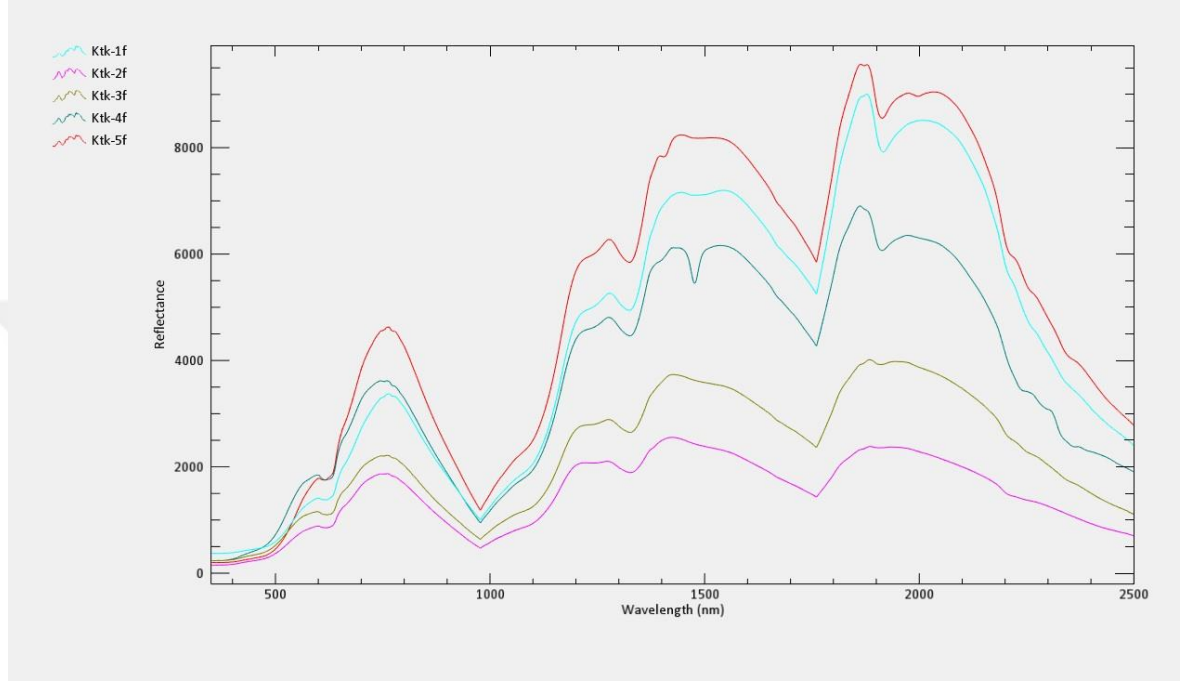
Sentinel-2A görüntüleri üzerinde yapılan SAM ve SVM kontrollü sınıflandırmaları incelendiğinde; SAM ile yapılan sınıflandırma içerisinde sınıflandırılmayan pikseller bulunmaktayken, SVM ile yapılan sınıflandırma içerisinde tüm pikseller sınıflandırılmıştır. SAM ile yapılan sınıflandırmada, mineral birliktelikleri ve kayaç ilişkileri incelendiğinde detaylı bir haritalama sunduğu düşünülse de arazideki kayaç yapısıyla uyuşmaması sebebiyle güvenilirliği yüksek değildir. SAM kontrollü sınıflandırılmasına kıyasla SVM bu noktada daha yüksek tutarlılıkta haritalama imkanı sunmaktadır.



## 4. İNCELEME ALANINI TEMSİL EDEN BİRİMLERDEN TOPLANILAN SPEKTRALAR

### 4.1 Kurtlapa diyabazı (Ktk):

Kurtlapa diyabazına ait örneklerden spektrometre ile ölçülen spektraller aşağıda verilmiştir.

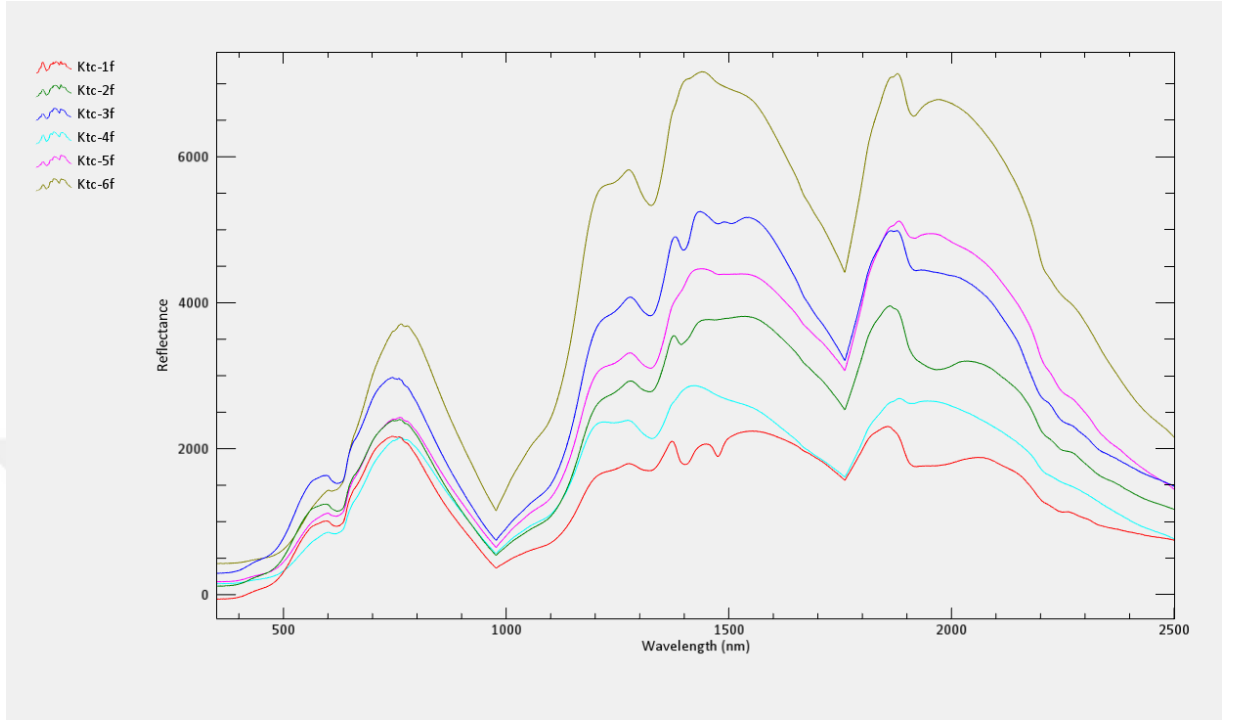


**Şekil 4.1:** Kurtlapa diyabazına ait spektraller

Kurtlapa diyabazından yapılan ölçümlerde bu birimin 629, 981 ve 1409 nm dalga boylarında karakteristik absorpsiyonlar sunduğu tespit edilmiştir. Bu dalga boyu değerleri, Sentinel-2A uydusunda yaklaşık olarak 4., 9. ve 10. bantlarına, ASTER sensöründe 2., 3. ve 4. bantlarına karşılık gelmekte ve bu bantlara ait görüntülerde diğer kayalardan ayırt edilebilmektedir.

## 4.2 Çeltek diyabazı (Ktç):

Çeltek diyabazına ait kayaçlardan alınan spektral yansıma değerlerine ait grafik aşağıda verilmiştir.

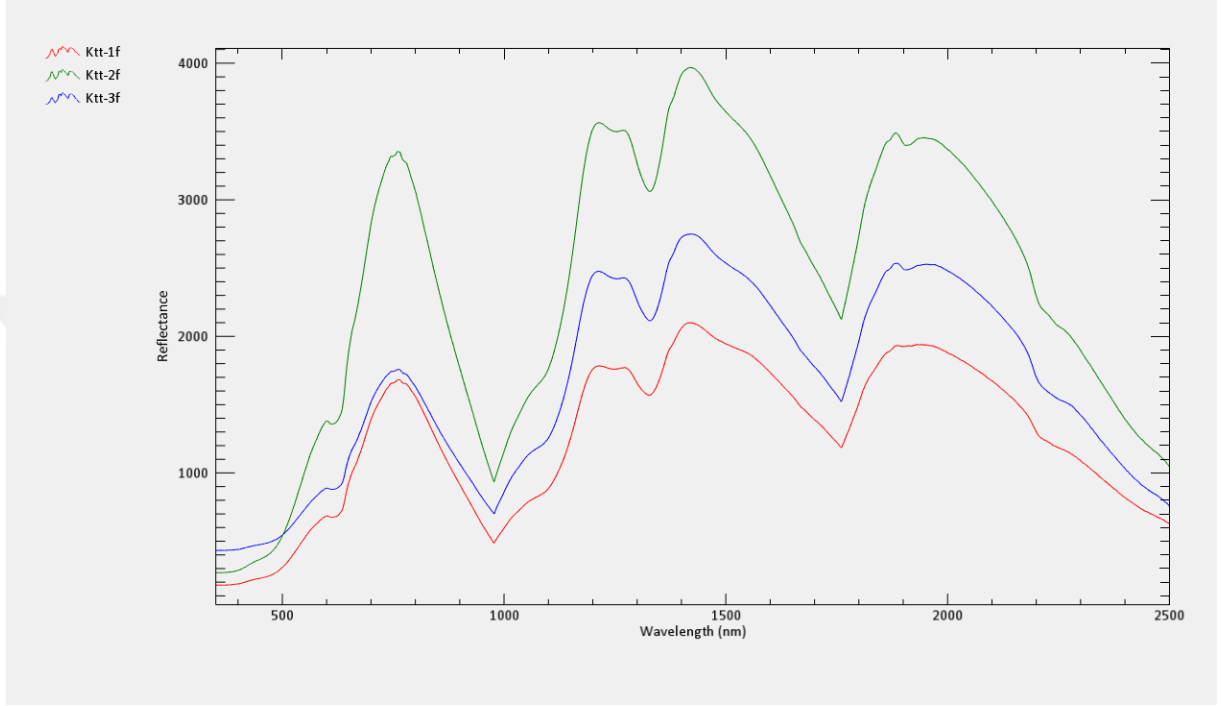


**Şekil 4.2:** Çeltek diyabazına ait kayaçlardan elde edilen spektral yansıma eğrileri

Çeltek diyabazına ait kayaçlardan spektrometreyle yapılan ölçümleri incelediğimizde, bu birimlere ait spektrallerin 977, 1327 ve 1760 nm dalga boylarında karakteristik absorpsiyonlar yaptığı tespit edilmiştir. Bu dalga boyu değerleri, Sentinel-2A uydusunda yaklaşık olarak 9., 10. ve 11. bantlara, ASTER sensöründe yaklaşık olarak 3. ve 4. bantlara karşılık gelmektedir; bu bantlara ait görüntülerde diğer kayaçlardan ayırt edilebilmektedir.

### 4.3 Taşlık radyolariti (Ktt):

Taşlık radyolaritine ait kayalardan spektrometreyle yapılan ölçümlere ait değerlerin grafiği aşağıda verilmiştir.

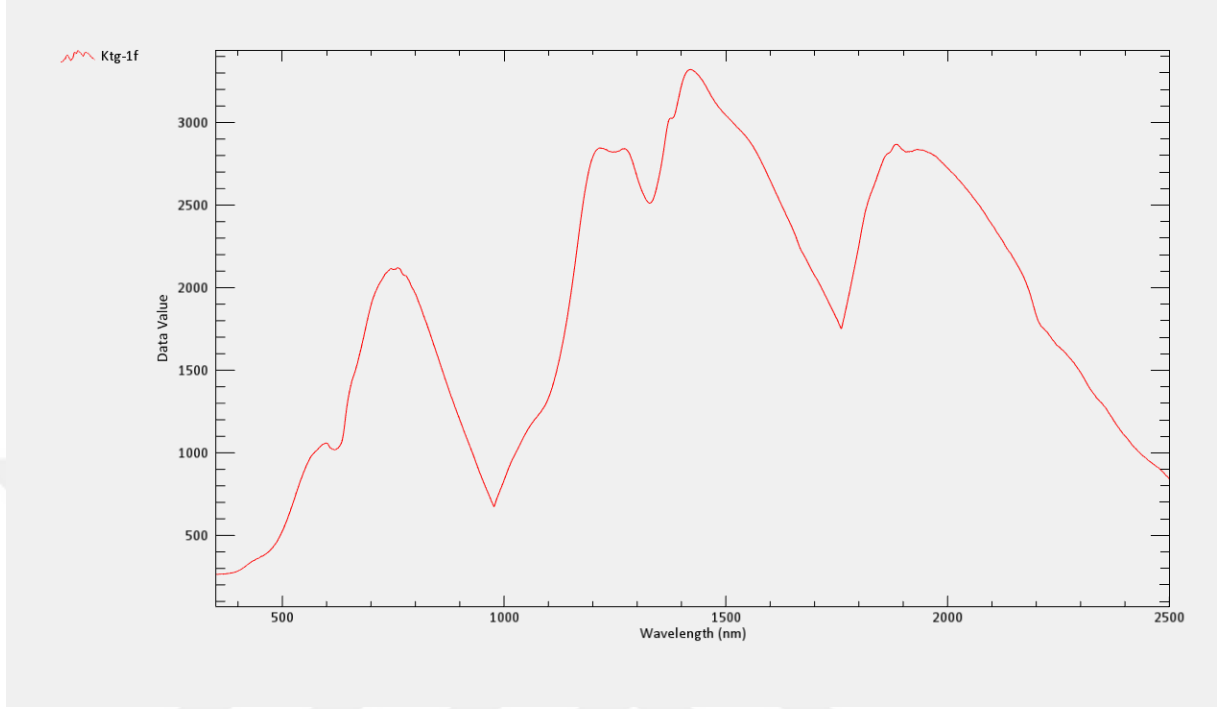


Şekil 4.3: Taşlık radyolaritine ait kayalardan elde edilen spektral yansıma eğrileri

Taşlık radyolaritine ait kayalardan elde edilen spektral yansıma eğrilerini incelediğimizde 977, 1328 ve 1761 nm. dalga boylarında karakteristik absorpsiyonlar yaptığı tespit edilmiştir. Bu dalga boyu değerleri Sentinel-2A uydusunda yaklaşık olarak 9., 10. ve 11. bantlara, ASTER sensöründe ise 3. ve 4. bantlara karşılık gelmektedir; bu bantlara ait görüntüler incelendiğinde, Taşlık radyolariti diğer kayalardan ayırt edilebilmektedir.

#### 4.4 Gökçebel serpantiniti (Ktg):

Gökçebel serpantinitine ait kayalardan spektrometre ölçüleriyle elde edilen spektral yansıma değerine ait eğri aşağıda verilmiştir.



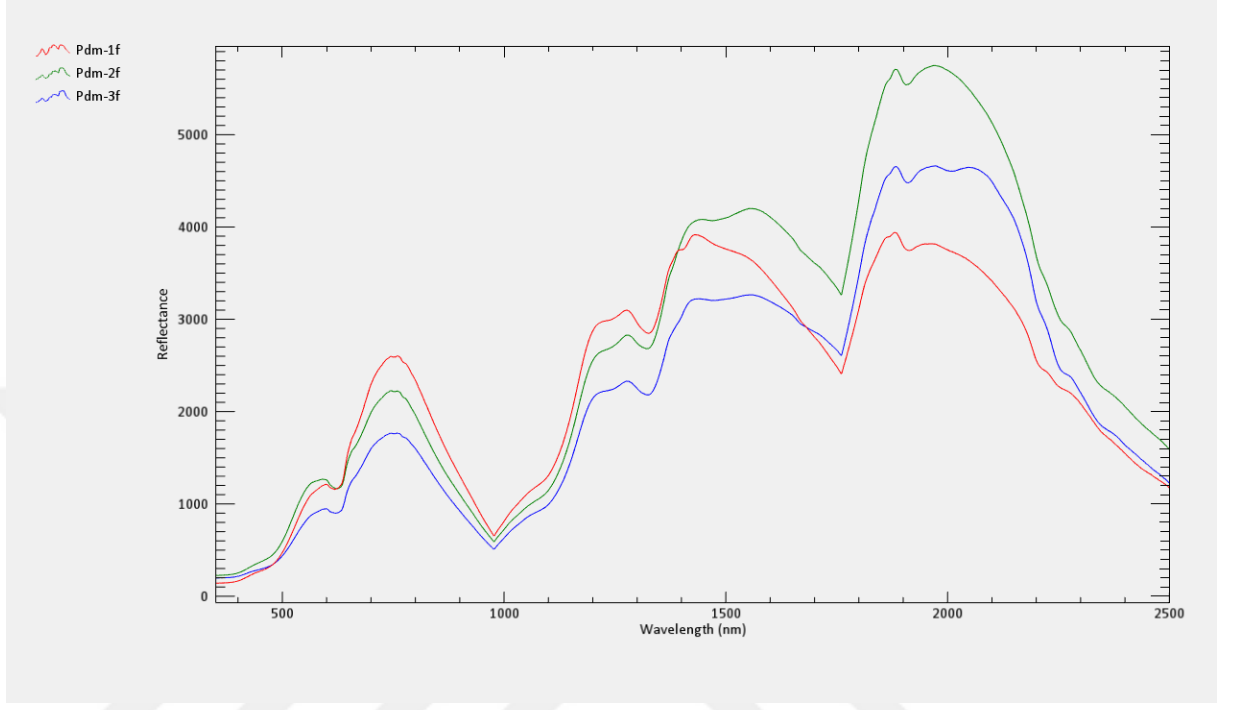
**Şekil 4.4:** Gökçebel serpantinitine ait spektral yansıma eğrisi

Gökçebel serpantinitine ait spektral yansıma eğrisi incelendiğinde 621, 978 ve 1761 nm dalga boylarında karakteristik absorpsiyonlar bulunduğu tespit edilmiştir. Bu absorpsiyon değerleri Sentinel-2A uydusunda yaklaşık olarak 4., 9. ve 11. bantlara, ASTER sensöründe yaklaşık olarak 2., 3. ve 4. bantlara karşılık gelmektedir; bu bantlara ait görüntüler incelendiğinde Gökçebel serpantiniti diğer kayalardan ayırt edilebilmektedir.



#### 4.5 Dumanlı Metamorfileri (Pdm):

Dumanlı metamorfilerine ait kayaçlar üzerinde spektrometre yardımıyla yapılan ölçümlerle elde edilen spektral yansımaya verilerine ait spektral yansımaya eğrileri aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.5:** Dumanlı metamorfilerine ait spektral yansımaya eğrileri.

Dumanlı metamorfilerinden elde edilen spektral yansımaya eğrilerini incelediğimizde 627, 978 ve 1761 nm. dalga boylarında karakteristik absorpsiyonlar yaptığı tespit edilmiştir. Bu absorpsiyon değerleri Sentinel-2A uydusunda yaklaşık olarak 4., 9. ve 11. bantlara, ASTER sensöründe 2., 3. ve 4. bantlara karşılık gelmektedir; bu bantlara ait görüntüler incelendiğinde Dumanlı metamorfileri diğer kayaçlardan ayırt edilebilmektedir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında, Sivas ili'nin yaklaşık 50 km. kuzeyinde, Kurtlapa köyü ve civarında kalıntıları bulunan Neotetis okyanusunun kuzey kolunun kapanmasıyla oluşan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAESZ) üzerinde yer alan, içerisinde Tokat masifine ait kaya türlerini de bünyesinde bulunduran çalışma alanının 1/25.000 ölçekli alterasyon temelli jeolojik haritası, jeolojik uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak hazırlanmıştır. İnceleme alanını temsil eden karakteristik kayalardan alınan örneklerden ince kesitler alınarak petrografik tanımlamaları yapılmış ve spektrometre yardımıyla spektral yansıma ölçümleri alınarak kendi içerisinde sınıflandırılmıştır.

Çalışma kapsamında önceden ayrıntılı bir tektonostratigrafik çalışma gerçekleştiren Özden (1998)' in hazırladığı jeolojik harita ve kesit temel alınmıştır. Arazi ve laboratuvarında yapılan incelemeler sonucunda, söz konusu çalışmanın kuzeybatı kesiminde kalan çalışma alanımız içerisinde bulunan Çeltik diyabazının (Ktç), Özden (1998)' den farklı olarak gabro olduğu düşünülmektedir. Bu birim, çarpışma sonrası süreçlerde üst manto-alt kabuk bileşimindeki kayaların kısmi ergimesiyle oluşan magmanın yükselerek bölgeye yerleştiği ve kristallenme aşamasında meydana gelen aşınmayla eş zamanlı hızla yükselme ve yüzeyleme neticesinde sığ derinliklerde olan kesimleri sıcaklık ve basıncın hızla düşmesiyle birlikte hızla soğuyarak afanitik dokulu, mikro gabro dayklar biçiminde oluşumunu tamamlamıştır. Bölgedeki kayalarda yüzeysel ortam koşulları etkisiyle gelişmiş hematit ve limonitçe zengin lateritik zonlar gözlenmiş ve tespit edilmiştir. Çarpışma ve çarpışma sonrası süreçlerde gelişen magmatik etkinliklerde, intrüzif kütlelerin sokulum yaptığı kayalarda açık bir biçimde pişme zonları ve kontak metamorfizma zonları meydana getirdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde bulunan Amfibolit fasiyesinde oluşmuş Dumanlı metamorfite ait bazı kayaların yeniden yeşilist fasiyesinde retrograd metamorfizmaya uğraması, kırık-çatlak sistemlerinde dolgular biçiminde ikincil kuvars ve kalsit minerallerinin gözlenmesi, komşu kayalarda hematit ve limonit zenginleşmesi ve pişme zonlarındaki manyetit varlığı, bölgede farklı bir intrüzif kütlelerin varlığına işaret etmektedir. Çalışma alanının kuzeyinde Tekelidağ melanjinin vadi tabanlarındaki yüzleklerinde fillit-siyenit dokanağının tespit edilmesi, bölgenin çok fazlı bir magmatizmanın etkisi altında kaldığını düşündürmektedir. Bu siyenitik kütlelerin; çalışma alanının güneyinde, Sivas' ın kuzeyinde yer alan Karaçayır siyenitiyle eş kökenli olabileceği ve aynı dönemde bölgeye yerleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

İnceleme alanına ait Sentinel-2A görüntüleri SNAP 6.0 yazılımı ile ön-işlemleri yapılarak görüntü işleme ve sınıflandırmaya hazırlanmıştır. ASTER L3A görüntüleri radyometrik ve geometrik düzeltmeleri yapılmış, ortorektifiye görüntüler olduğu için herhangi bir düzeltme ön-işlemi uygulanmamıştır. Her iki algılayıcıya ait görüntüler üzerinde ENVI 5.3 yardımıyla bant kombinasyonları, bant oranlama, bant matematiği işlemleri ve MNF dönüşümleri yapılmıştır. En yüksek bilgiyi alabileceğimiz bant kombinasyonunu tespit etmek amacıyla her iki algılayıcıya ait bantlar, bant oranları ve MNF görüntüleri kendi içerisinde sınıflandırılarak OIF

algoritması uygulanmıştır. Her iki algılayıcıda en yüksek OIF skoru alan bant kombinasyonları incelenerek, en yüksek veriyi ve çözünürlüğü sunan bant kombinasyonları üzerinde yorumlama işlemleri yapılmıştır.

Sentinel-2A görüntülerinden elde edilen 5/1, 11, 1, 11/12,11,2, 12/5, 8, MNF 2, 2-11-12 (RGB) bant kombinasyonları ile ASTER görüntülerinden elde edilen 12/13, 4/3, 5/6, 13/12, 4/1, MNF 2, MNF 2, 1, 5/6 (RGB) bant kombinasyonları, en yüksek çözünürlük ve en yüksek bilgi içeriği sunan bant kombinasyonları olarak tespit edilip RGB renk bileşikleri oluşturulmuştur.

Sentinel-2A ve ASTER görüntüleri üzerinde arazi referanslı ilgi alanları oluşturularak, bu ilgi alanları aracılığıyla SAM ve SVM kontrollü sınıflandırmaları uygulanmıştır. Bu iki kontrollü sınıflandırmalardan SVM, SAM' e kıyasla daha yüksek tutarlılıkta haritalama imkanı sunmuştur. Araziden elde edilen verilerle ve referans alınan jeolojik haritayla yüksek derecede tutarlılık sunduğu tespit edilmiştir.

İnceleme alanından alınan 30 kayaç örneğinden çekilen spektral absorpsiyon değerlerine göre yorumlanmış ve sınıflanmıştır. Çalışmanın son aşamasında elde edilen jeolojik harita CBS ortamına aktarılarak üç boyutlu hale getirilmiştir.

Tüm ders ve tez çalışması boyunca klasik bir gözlem bilim olan jeolojinin son 50 yılda uzaktan algılama yönteminin desteğiyle yer bilimlerinde neler yapabileceği hakkında sağlıklı ve doğru olduğu kanıtlanan bir senteze varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abrams, M., Hook, S.** (2005), ASTER Users Handbook. 6-92.
- Alpaslan, M.** (1993), Yıldızeli Metamorfitlelerinin petrolojik incelemesi. *C.Ü Fen Bilimleri Ens.* (Doktora Tezi), 359 s.
- Blumenthal, M.** (1950), Beitrage zur geologie des landschaften am Mittleren und Unteren Yeşilirmak (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar) *MTA Bull.,serie D*, 4, 153 s.
- Boztuğ, D., Türksever, E., Heizler, M., Jonckheere, C.R., Tichomirowa M.,** (2009a)  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  and Apatite Fission-Track Geothermochronology Revealing the Emplacement, Cooling and Exhumation History of the Karaçayır Syenite(N Sivas), East-Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 18, 109–125
- Boztuğ, D., Jonckheere C.R., Heizler, M., Ratschbacher, L., Harlavan, Y., Tichomirova, M.,** (2009b), Timing of post-obduction granitoids from intrusion through cooling to exhumation in central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* Vol. 473, 223–233.
- Brinkmann, R.** (1966), Geotektonische Gliederung von Westanatolien Neues Jahrb. Geol. Palaontol., Monatsh., 10, 603-618.
- Callot, J.P., Ribes, C., Kergaravat, C., Bonnel, C., Temiz, H., Poisson, A., Vrielynck, B., Ringenbach, J.C.,** (2014) The Sivas Basin (Turkey): walking across salt canopies and minibasins. *Bull. Soc. Geol. France*, 85(1), 35-42,.
- Cater, J.M.L., Hanna, S.S., Ries, A.C., and Turner,P.** (1991), Tertiary evolution of the Sivas basin, Central Anatolia, *Tectonophysics*, 195, 29-46.
- Chavez, P.S. Jr., Berlin, G.L., Sowers, L.B.** (1982), Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, Vol.8, 23-30.
- Darin, M. H., Umhoefer, P.J., Thomson, S.N.,** (2018), Rapid Late Eocene Exhumation of the Sivas Basin (Central Anatolia) Driven by Initial Arabia-Eurasia Collision. *Tectonics*, Vol.37, 3805-3833.
- Dilek, Y., P. Thy, B. Hacker, ve Grundvig S.** (1999), Structure and petrology of Tauride ophiolites and mafic dike intrusions 761 (Turkey): Implications for the Neotethyan ocean, *Geological Society of America Bulletin*, 111(8), 1192-1216.
- Gökten, E. and Kelling, G.** (1991), Hafik kuzeyinde Senozoyik stratigrafisi ve tektoniği : Sivas-Refahiye havzası kuzey sınırında tektonik kontrol. *Ahmet Acar jeoloji sempozyumu : Adana, Spec. Publ., Çukurova Üniv.*, 113-123.
- Gökten, E.** (1993), Yıldızeli (Sivas) güneyinde Akdağ metamorfileri ve örtü kayalarının stratigrafisi ve tektoniği. *TJK*, 36, I, 83-93.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Erler, A., Kuşçu, İ.** (1991), Orta Anadolu Masifinin Batı Bölümünün Jeolojisi, Bölüm 1, Güney Kesim, *TPAO Rap no: 2909*, s. 176
- Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, İ. ve Şengör, A.M.C.** (1984), Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey Sedimentary record of a Neo-tethyan closure, in Dixon, J., E. and Robertson, A. H. F eds., The geological evolution of the Eastern Mediterranean *Geol. Soc. London. spec. Publ. 17*, 467-482.



- Guezou, J.** (1996), Tectonics of the Sivas basin. The Neogene record of the Anatolian accretion along the Inner Tauric suture. *International Geological Review*, 38, 901-925, USA.
- Gürsoy, H., Piper, J.D.A., Tatar, O., Temiz, H.** (1997), A paleomagnetic study of the Sivas Basin, central Turkey: Crustal deformation during laretal extrusion of the Anatolian Block, *Tectonophysics*, 90-104.
- Henrich, V., Krauss, G., Götze, C., Sandow, C.** (2012), IDB - [www.indexdatabase.de](http://www.indexdatabase.de), Entwicklung einer Datenbank für Fernerkundungsindizes. AK Fernerkundung, Bochum, 4.-5. 10. 2012.
- İşler, F.** (1984), Kurtlapa (Sivas) ve yöresi Diyabazlarının petrografisi, petrolojisi ve kökeni. *KTÜ Yer Bil. Der.*, 3, 1-2, 63-68.
- İşler, F.** (1985), Alahacı (Sivas) yöresi Eosen volkanitlerinin petrografisi ve petrolojisi. *KTÜ Yer Bil. Der.*, 4, 1-2, 95-99.
- İşler, F.** (1986), Dumanlıdağ (Tokat) - Çeltekteki (Sivas) arasındaki bölgede Boztepe Formasyonunun yaşı, alt bölümleri ve dokanak ilişkileri. *TJK Bül.* 29, 65-68.
- Kavak, K.Ş., Parlak, O., Temiz, H.**, Geochemical characteristics of ophiolitic rocks from the southern margin of the Sivas basin and their implications for the Inner Tauride Ocean, Central-Eastern Turkey. *Geodinamica Acta*, 29:1, 160-180.
- Kalinowski, A., Oliver, S.** (2004), ASTER Mineral Index Processing Manual. *Remote Sensing Applications*, Geoscience Australia, 2-36.
- Kergaravat, C., Ribes, C., Legeay, E., Callot, J.P., Kavak, K.S., Ringenbach, J.C.**, (2016). Minibasins and salt canopy in foreland fold and thrust belts : the central Sivas Basin, Turkey. *Tectonics*, 35, 1342-1366.
- Koçyiğit, A.** (1991), An example of an accretionary fore-arc basin from Northern Central Anatolia and its Implications for the History of Neotethys in Turkey. *GSA Bull.* 103, 22-36.
- Koçyiğit, A.** (1991), Üç kenet kuşağının Erzincan batısındaki (KD Türkiye) yapısal ilişkileri Karakaya, İç Toros ve Erzincan kenetleri. *VIII. Petrol Kong.*, 152-160.
- Kruse, F.A., Lefkoff, A.B., Boardman, J.W., Heidebrecht, K.B., Shapiro, A.T., Barloon, P.J., Goetz, A.F.H.** (1993), The Spectral Image Processing System (SIPS) Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data. *Remote Sensing Environment*, Vol. 44, 145-163.
- Kurtman, F.** (1973), Sivas-Hafik-Zara-İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. *MTA Bül.*, 80, 1-33.
- Lefebvre, C., A. Barnhoorn, D. J. van Hinsbergen, N. Kaymakçı, and R. L. Vissers** (2011), Late Cretaceous extensional denudation along a marble detachment fault zone in the Kırşehir massif near Kaman, central Turkey, *Journal of Structural Geology*, 33(8), 1220-1236.
- Legeay, E., Pichat, A., Kergaravat, C., Ribes, C., Callot, J.P., Ringenbach, J.C., Bonnel, C., Hoareau, G., Poisson, A., Mohn, G., Crumeyrolle, P., Kavak, K.S., & Temiz, H.**, (2018), Geology of the Central Sivas Basin (Turkey), *Journal of Maps*, Vol.15, 406-417.
- Legeay, E., Ringenbach, J.C., Kergaravat, C., Pichat, A., Mohn, G., Verges, J., Kavak, K.S., Callot, J.P.**, (2019a), Structure and kinematics of the Central Sivas Basin (Turkey): Salt deposition and tectonics in an evolving fold-and-thrust belt, *Geological Society Of London Lyell Collection Special Publications*, 490.

- Legeay, E., Mohn, G., Callot, J.-P., Ringenbach, J.-C., Ulianov, A., Kavak, K. S.** (2019). The pre-obduction to post-obduction evolution of the Sivas ophiolite (Turkey) and implications for the precollisional history of Eastern Anatolia. *Tectonics*, 38, 1-28.
- Lillesand, T., Kiefer, R.W., Chipman, J.** (2015), Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley Press, Fifth edition, s.736.
- Luo, G., Guangyi, C., Tian, L., Qin, K., Qian, S.E.** (2016), Minimum Noise Fraction versus Principal Component Analysis as a Preprocessing Step for Hyperspectral Imagery Denoising. *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol.42, 106-116.
- Maffione, M., D. J. Hinsbergen, G. I. Gelder, F. C. Goes, ve A. Morris** (2017), Kinematics of Late Cretaceous subduction initiation in the Neo-Tethys Ocean reconstructed from ophiolites of Turkey, Cyprus, and Syria, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(5), 3953-3976.
- Norman, T.** (1989), Orta Anadolu'da Hafik (Sivas) kuzeyindeki melanj kuşağının yapısal gelişimi hakkında. 8. Petrol Kongresi, *TPJD Dergisi*, 107-112.
- Norman, T.** (1993), Remobilization of two melanges in Central Anatolia. *Geol. Jour.*,28, 267-275
- Okay, A.I.** (2008), Geology of Turkey: A synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.
- Okay, A.I. ve Nikishin, A.M.** (2015), Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review*, 57, 1051-1076.
- Özden, S., ve Alpaslan, M.** (1996), Kurtlapa-Çeltik (Sivas Kuzeyi) arasında ofiyolitli karışık içerisinde yer alan farklı diyabazların birlikteliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi, IX. Müh. Semp.*, 153-161.
- Özden, S.**, (1998) Sivas Havzası kuzeyinde İzmir-Ankara kenet kuşağının tektonostratigrafisi ve deformasyon biçimi (Sivas-KD Anadolu). *C.Ü.Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı*, (Doktora tezi), 228 s.
- Özden, S., Poisson, A., Guezou, J.C., Öztürk, A.** (1998), The tectonostratigraphic relationships of the North Anatolian thrust zone (NATZ) with the Kırşehir block, Northern Sivas, Turkey. *Comptes Rendus de L' académie des Sciences; Earth and Planetary Sciences*, 705-711.
- Özkan, M., Çelik, Ö.F., Özyavaş, A.** (2017), Lithological discrimination of accretionary complex (Sivas, northern Turkey) using novel hybrid color composites and field data. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 138, 75-85.
- Parlak, O., F. Karaoğlan, T. Rızaoğlu, U. Klötzli, F. Koller, and Z. Billor** (2013), U–Pb and 40 Ar–39 Ar geochronology of the ophiolites and granitoids from the Tauride belt: implications for the evolution of the Inner Tauride suture, *Journal of Geodynamics*, 65, 22-37.
- Poisson, A., Guezou, J.C., Temiz, H., Gürsoy, H., İnan, S., Öztürk, A., Kavak, K. ve Özden, S.** (1996), Tectonic setting and evolution of the Sivas basin, Central Anatolia, Turkey. *International Geological Review*, 38, 838–853.
- Poisson, A., Vrielynck, B., Wernli, R., Negri, A., Bassetti, M.- A., Büyükmeriç, Temiz, H.** (2016). Miocene transgression in the central and eastern parts of the Sivas Basin (Central Anatolia, Turkey) and the Cenozoic palaeogeographical evolution. *International Journal of Earth Sciences*, 105(1), 339–368.
- Robertson, A.H.F., Dixon, J.E., Brown, S., Collins, A., Morris, A., Pickett, E, Sharp, I., Ustaömer, T.** (1996), Alternative tectonic models for the Late Palaeozoic-Early Tertiary development of Tethys in the Eastern Mediterranean region. *Geological Society, London, Special Publications*, Vol.105, 239-263.

- Robertson, A. H. F.** (2002), Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean 919 Tethyan region, *Lithos*, 65(1), 1-67.
- Sentinel Hub** < <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/> >
- Schölkopf, B., Smola, A.** (2002), Learning with Kernels – Support Vector Machines, Regularization, Optimization and Beyond. *The MIT Press*, s.586.
- Şengör, A., ve Yılmaz Y.,** (1981), Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75(3), 181-241.
- Tatar, Y.** (1977), Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) bölgesinin stratigrafisi ve petrografisi. *MTA Bull.*, 88, 56-75.
- Tatar, Y.** (1982), Yıldızeli (Sivas) kuzeyinde Çamlıbel dağlarının tektonik yapısı: *Karadeniz Üniversitesi Yerbilimleri dergisi*, 2, 1-20.
- Temiz, H.** (1994), Sivas Tersiyer havzasının Kemah (Erzincan) ve Hafik (Sivas) yörelerindeki tektonostratigrafisi ve tektonik deformasyon biçimi. *C.Ü.Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı*, (Doktora tezi), 239 s.
- Tolluoğlu, A. Ü.** (1989), Kırşehir metamorfitlelerinin (NW Kırşehir) mezoskopik tektonik özellikleri. *H. Ü. Yerbilimleri Dergisi*, 15, 89-103.
- Tüysüz, O.** (1993), Karadeniz'den Orta Anadolu'ya bir jeotravers: Kuzey Neo-Tetisin tektonik evrimi., *TPJD Bülteni*, 5/1, 1-33.
- Ustaömer, T., Robertson, A.H.F.** (2010), Late Palaeozoic-Early Cenozoic tectonic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: Stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia. *Geological Society London Special Publications* 340(1), 281-327.
- Van Hinsbergen, D. J. J., M. Maffione, A. Plunder, N. Kaymakçı, M. Ganerød, B. W. H. Hendriks, F. Corfu, D. Gürer, G. I. Gelder, and K. Peters** (2016), Tectonic evolution and paleogeography of the Kırşehir Block and the Central Anatolian Ophiolites, Turkey, *Tectonics*, 35(4), 983-1014.
- Yalınız, M. K., Göncüoğlu M. C., Özkan S. (2000)**, Formation and emplacement ages of the SSZ-type Neotethyan 987 ophiolites in Central Anatolia, Turkey: palaeotectonic implications. *Geological Journal*, 35(2), 53-68.
- Yılmaz, A.** (1980), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitlerin kökeni, iç yapısı ve diğer birimlerle ilişkisi. *A.Ü. (Doktora Tezi)*, 136 s.
- Yılmaz, A.** (1981a), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitli karışığın iç yapısı ve yerleşme yaşı. *TJK*, 24/1, 31-38.
- Yılmaz, A.** (1981b), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede bazı volkanitlerin petrokimyasal özellikleri *TJK*, 24/2, 51-58.
- Yılmaz, A.** (1983), Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağı) dolaylarının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu. *MTA Bül.*, 99-100, 1-19 , Ankara.
- Yılmaz, A. ve Özer, S.** (1984), Kuzey Anadolu Bindirme kuşağının Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) arasındaki bölümünün temel jeoloji incelemesi ve Tersiyer havzasının yapısal evrimi. *TJK, Ketin Symp.*, 163-174.
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bedi, Y., Yusufoglu, F., Havzoğlu, T., Ağan, A., Göç, D. ve Aydın, N.,** (1995), Akdağ masifi ve dolayının jeolojisi. *MTA Bull.*, 99-100, 1-18.

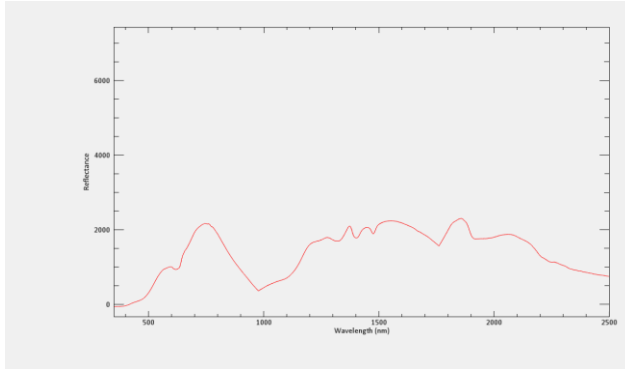
## EKLER:

### Sayfa

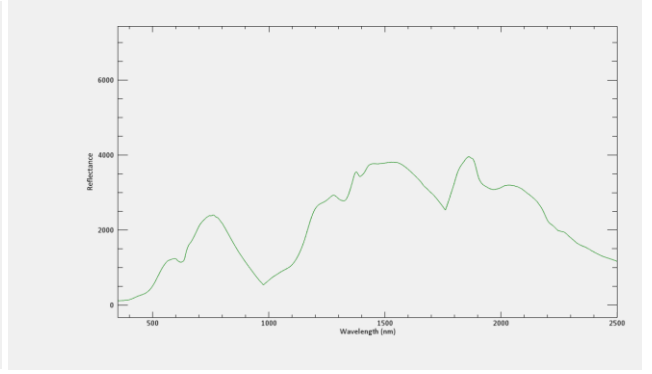
<b>Ek 1:</b> Çeltek diyabazına ait spektralar. (a) Ktc-1f, (b) Ktc-2f, (c) Ktc-3f, (d) Ktc-4f, (e) Ktc-5f, (f) Ktc-6f .....	65
<b>Ek 2:</b> Kurtlapa diyabazlarına ait spektralar. (a) Ktk-1f, (b) Ktk-2f, (c) Ktk-3f, (d) Ktk-4f, (e) Ktk-5f. ....	66
<b>Ek 3:</b> Taşlık radyolaritine ait spektralar. (a) Ktt-1f, (b) Ktt-2f, (c) Ktt-3f.....	67
<b>Ek 4:</b> Dumanlı metamorfitlerine ait spektralar. (a) Pdm-1f, (b) Pdm-2f, (c) Pdm-3f.....	68
<b>Ek 5:</b> Gökçebel serpantinitine ait spektra. ....	69
<b>Ek 6:</b> Çalışma alanının jeolojik haritası (After Ozden, 1998).....	70
<b>Ek 7:</b> Çalışma alanına ait A-A' ve B-B' jeolojik kesitler (After Ozden, 1998).....	71
<b>Ek 8:</b> Çalışma alanının üç boyutlu görüntüsü. (a) Doğu bakışlı görüntü, (b) Batı bakışlı görüntü. .....	72



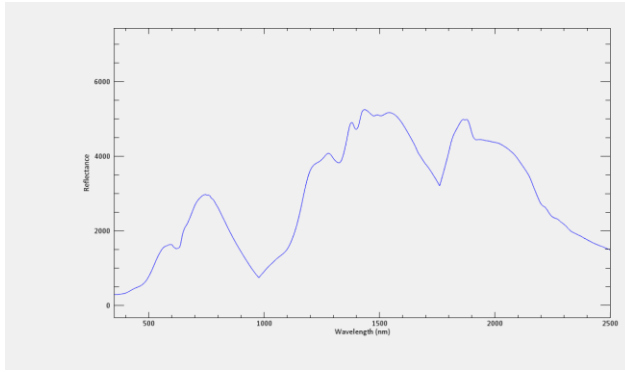




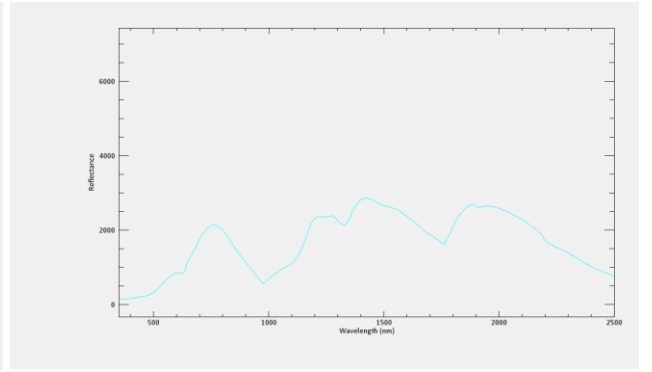
(a)



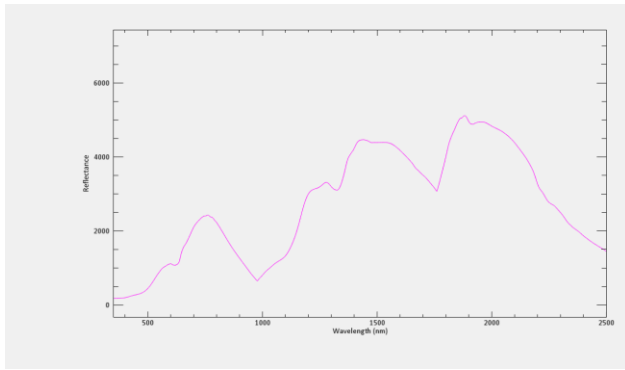
(b)



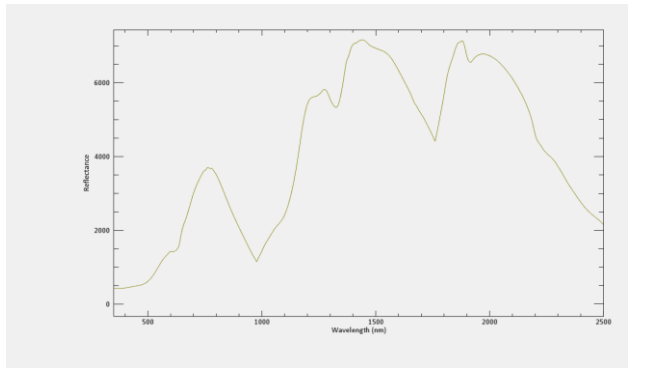
(c)



(d)

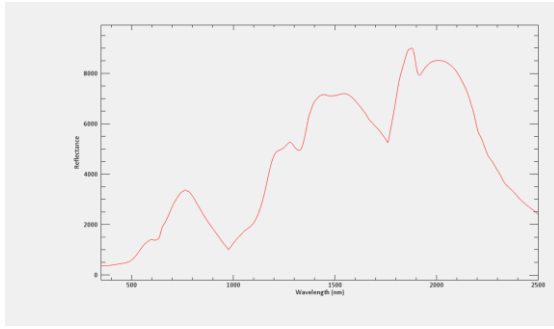


(e)

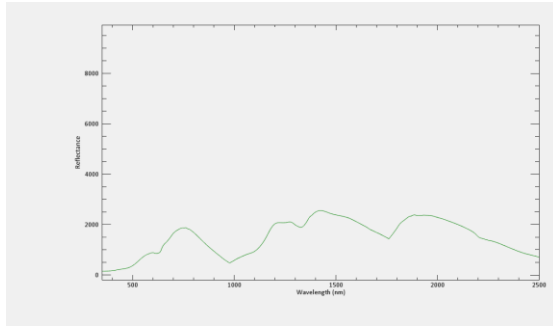


(f)

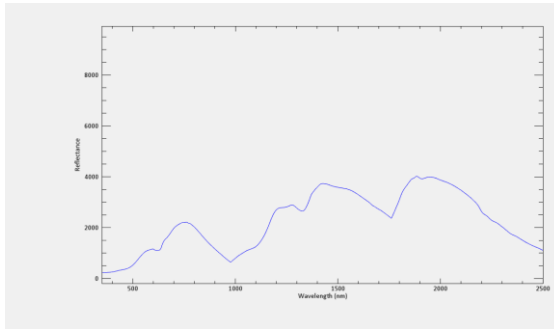
EK- 1: Çeltek diyabazına ait spektraller. (a) Ktc-1f, (b) Ktc-2f, (c) Ktc-3f, (d) Ktc-4f, (e) Ktc-5f, (f) Ktc-6f



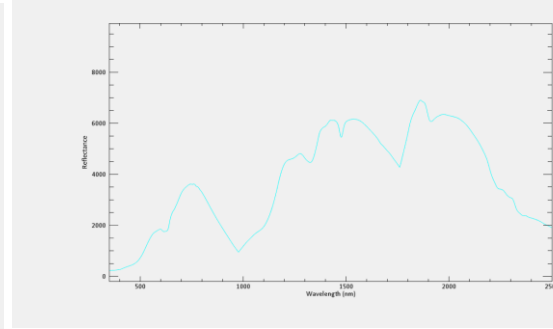
(a)



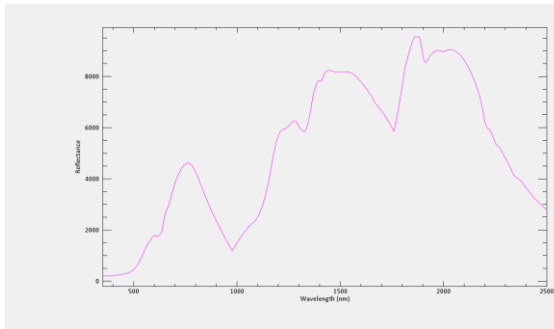
(b)



(c)

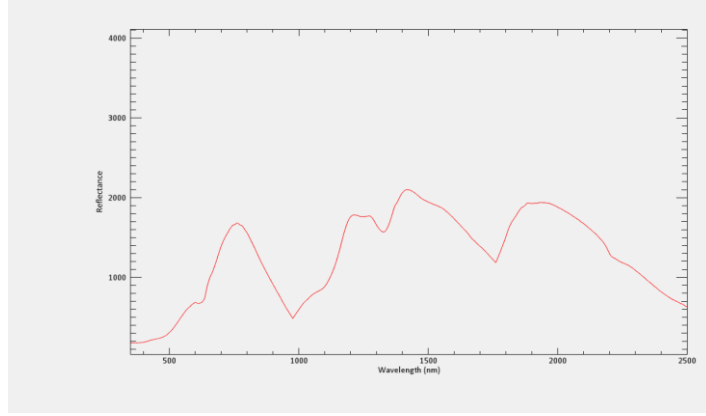


(d)

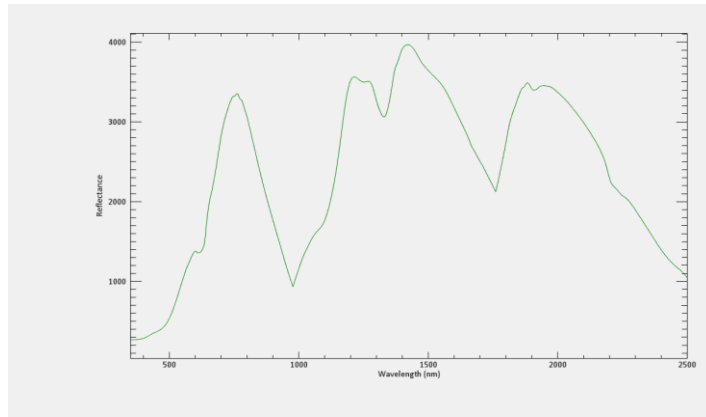


(e)

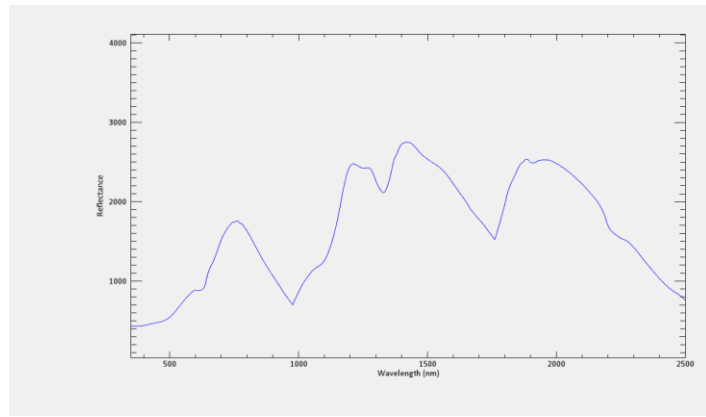
EK-2: Kurtlapa diyabazlarına ait spektralar. (a) Ktk-1f, (b) Ktk-2f, (c) Ktk-3f, (d) Ktk-4f, (e) Ktk-5f.



(a)

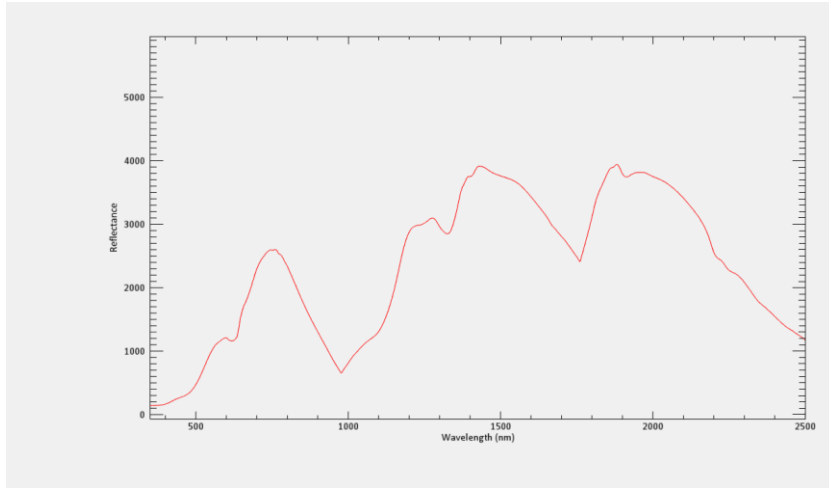


(b)

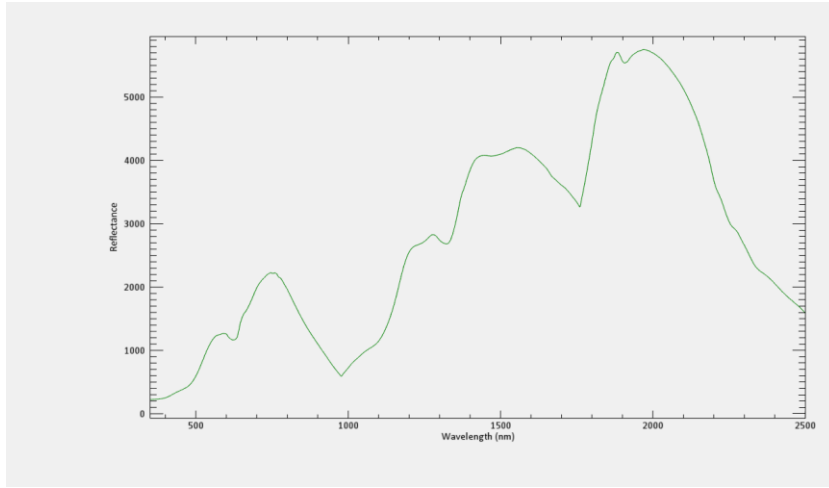


(c)

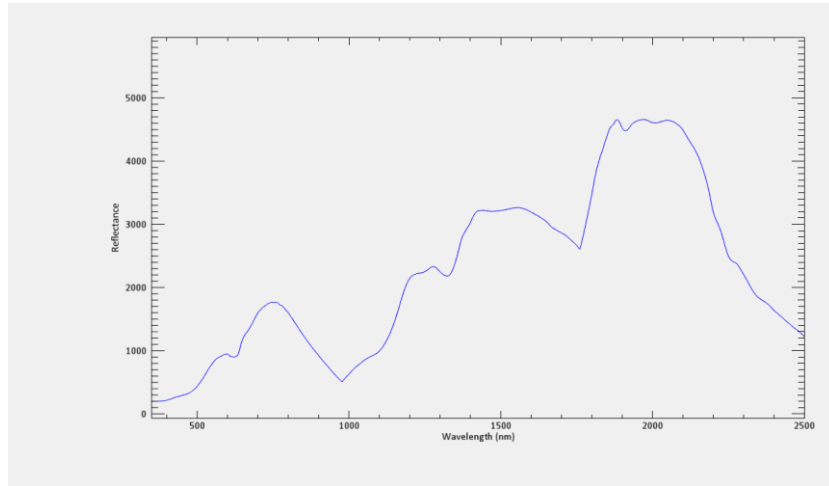
EK- 3: Taşlık radyolaritine ait spektraller. (a) Ktt-1f, (b) Ktt-2f, (c) Ktt-3f.



(a)

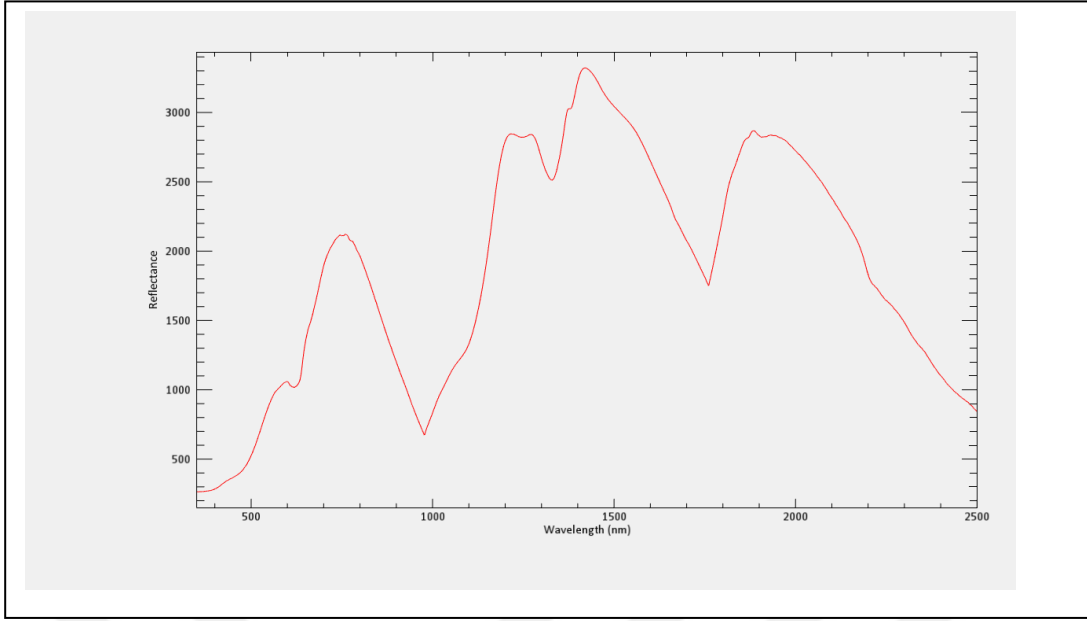


(b)



(c)

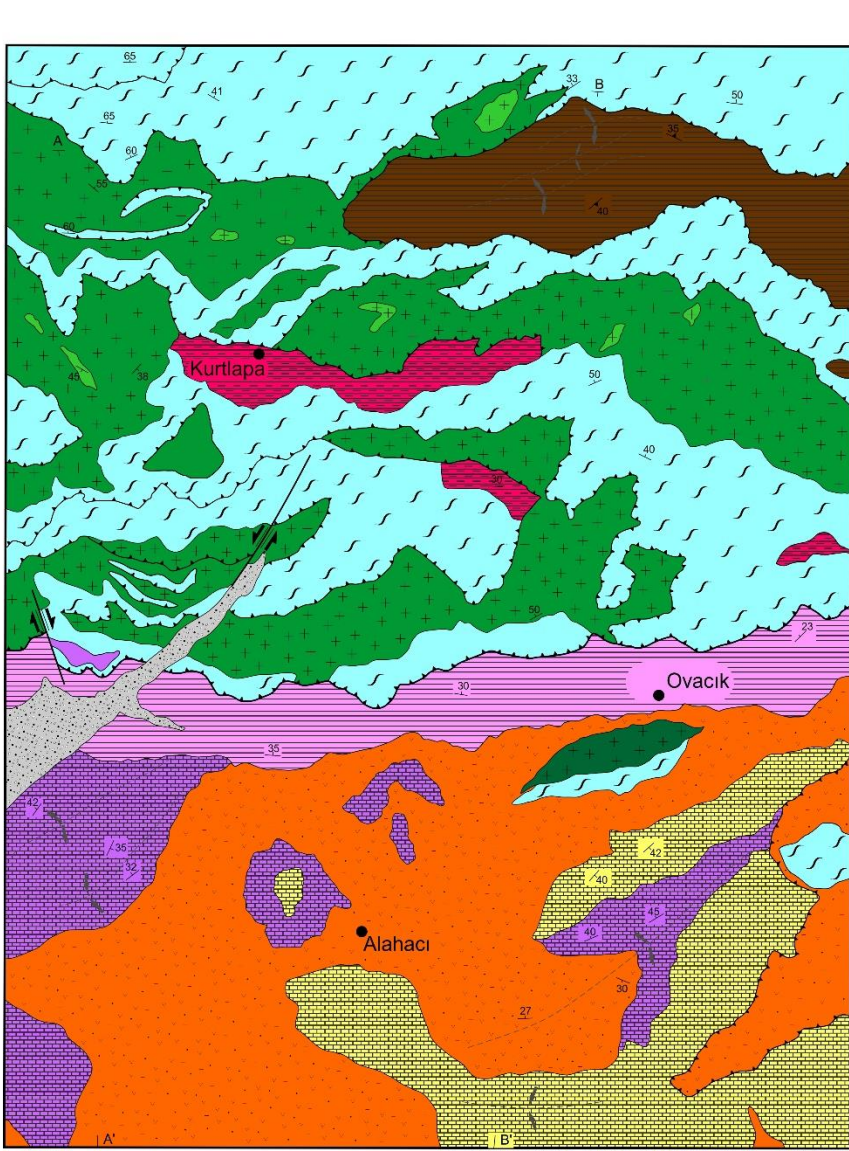
EK- 4: Dumanlı metamorfiterine ait spektralar. (a) Pdm-1f, (b) Pdm-2f, (c) Pdm-3f.



EK- 5: Gökçebel serpantinine ait spektra.







#### LEJANT

Kuvaterner	Qal	Alüvyon
Üst Miyosen-Pliyosen	Tkr	Kargın karasal kırıntılılar
	Kmh	Harmanyeri Kireçtaşı
Senomaniyen-Kampaniyen	Kma	Adatepe Kireçtaşı
	Kme	Esenler Volkano-sedimenter
	Ktt	Taşlık radyolariti
Senomaniyen öncesi	Kto	Ovacık doleriti
	Ktç	Çelték diyabazı
Senomaniyen öncesi	Ktç	Kurtlapa diyabazı
	Ktg	Gökçebel serpantiniti
Liyas öncesi	Pgm	Dumanlı metamorfittleri

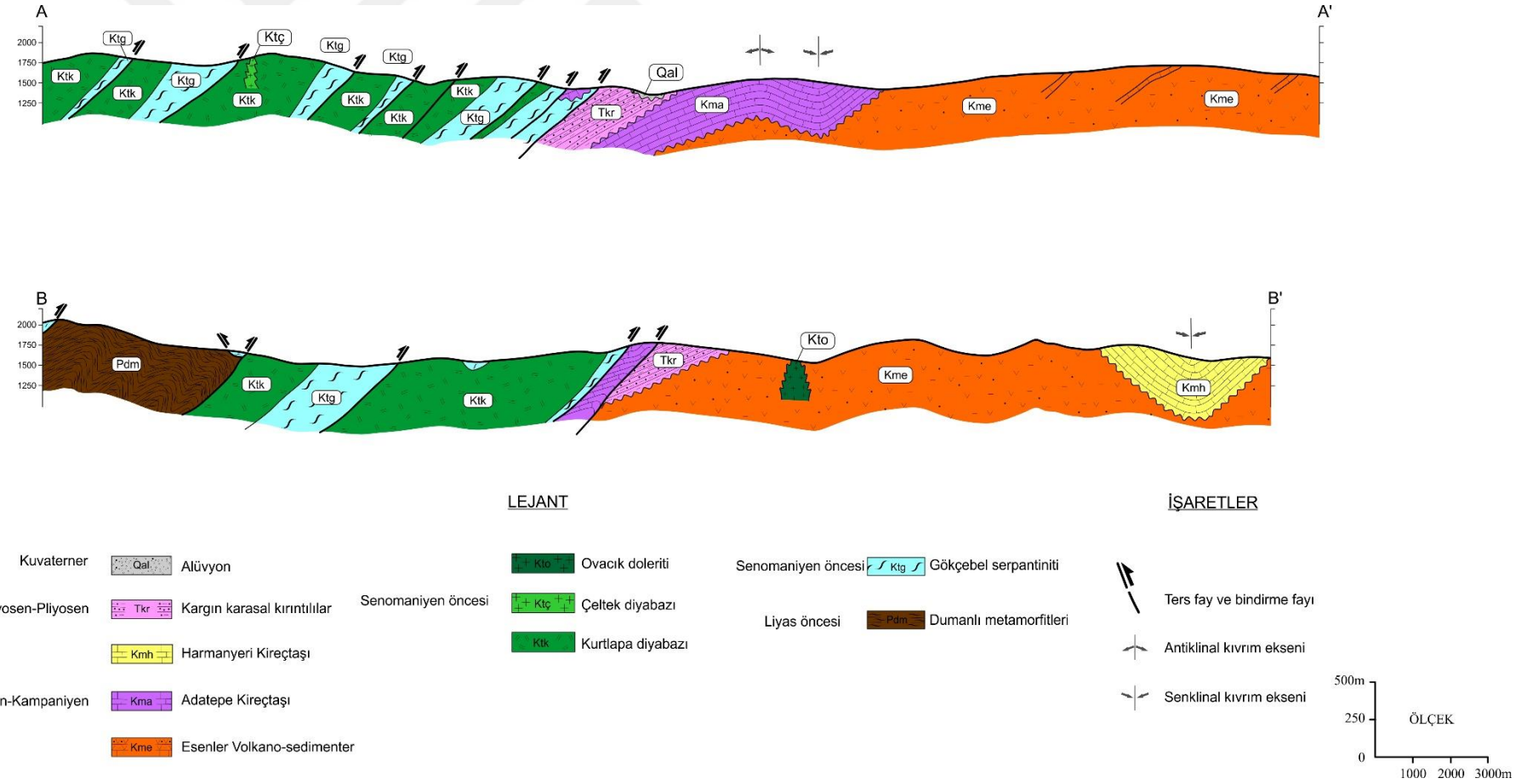
#### İŞARETLER

	Doğrultu atımlı fay
	Ters fay ve bindirme fayı
	Antiklinal kıvrım eksenı
	Senklinal kıvrım eksenı

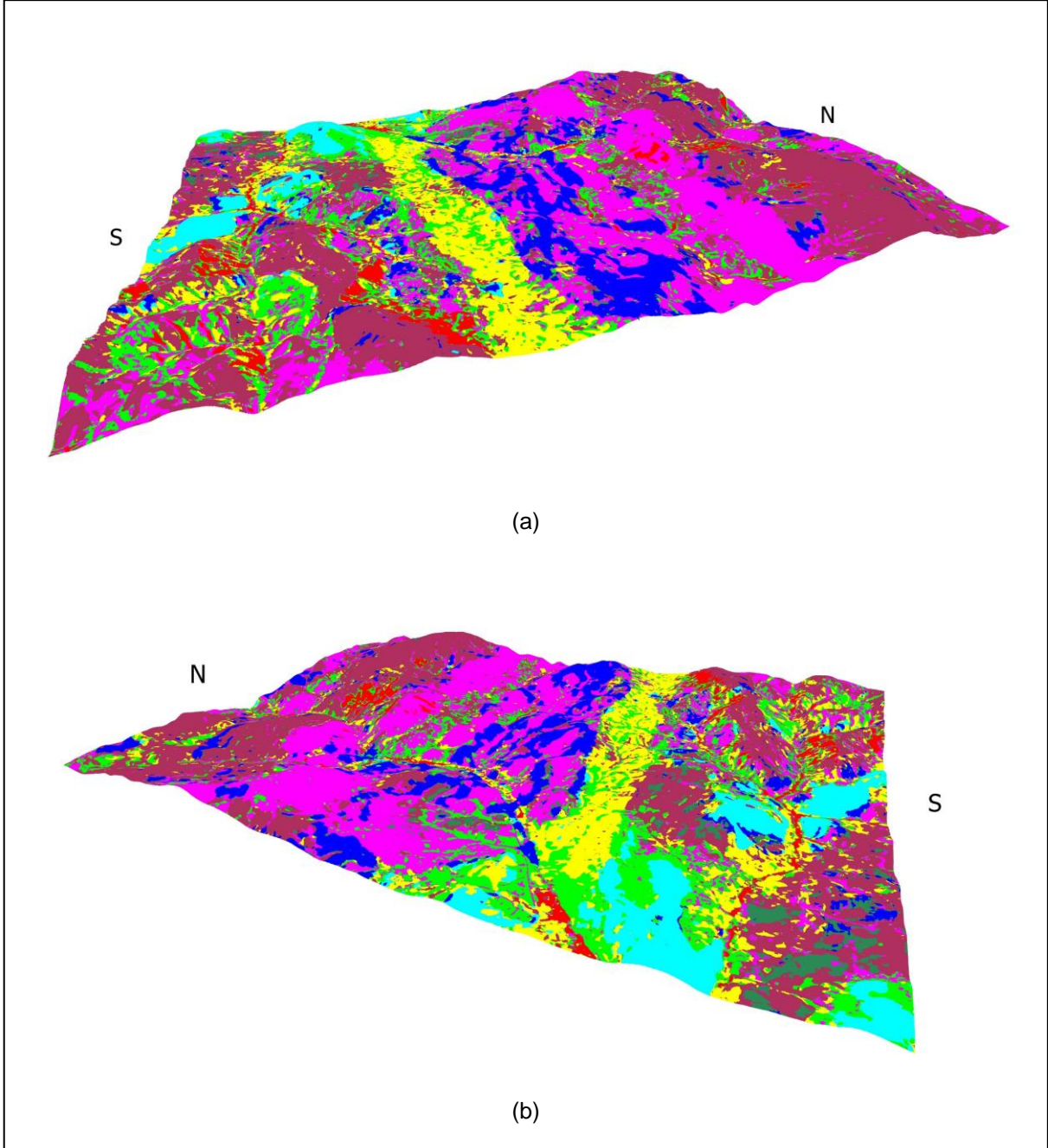
#### ÖLÇEK

0 250 500 1000 m

EK- 6: Çalışma alanının jeolojik haritası (Özden, 1998)



EK- 7: Çalışma alanına ait A-A' ve B-B' jeolojik kesitler (Özden, 1998)



EK- 8: Çalışma alanının üç boyutlu görüntüsü. (a) Doğu bakışlı görüntü, (b) Batı bakışlı görüntü.

## ÖZGEÇMİŞ



### **Kişisel bilgiler**

Adı Soyadı	Gökhan Çalınak
Doğum Yeri ve Tarihi	Tokat, 11.07.1990
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce, Fransızca
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
E-posta Adresi	g.calinak@gmail.com

### **Eğitim ve Akademik Durumu**

Lise	Tokat Atatürk Lisesi, 2007
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2015
Erasmus+ Hareketliliği	University of Pau and Pays de l'Adour, 2016

### **İş Tecrübesi**

Hidrotek Ltd. Şti.	Haritacı, 03/2009 – 07/2009
Ataç İnşaat A.Ş.	Harita Teknikeri, 06/2010 – 10/2010
Dağcan İnşaat A.Ş.	Stajyer, 07/2013 – 08/2013
İşlem C.B.S.	Proje Danışmanı, 12/2017 – 02/2018
M.T.A	Proje Mühendisi, 03/2018 – 08/2018