

TECER DAĞLARI (SİVAS HAVZASI) GÜNEYİNDEKİ BÖLGEDE
SAYISAL JEOLJİK HARİTA ALIMI
VE
BÖLGENİN ASTER UYDU GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA
JEOLJİK İNCELEMESİ

MUSTAFA YAKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2009

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TECER DAĞLARI (SİVAS HAVZASI) GÜNEYİNDEKİ BÖLGEDE
SAYISAL JEOLojİK HARİTA ALIMI VE BÖLGENİN ASTER UYDU GÖRÜNTÜLERİ
YARDIMIYLA JEOLojİK İNCELEMESİ

MUSTAFA YAKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. KAAN ŞEVKİ KAVAK

SİVAS
2009

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Haluk TEMİZ



Üye : Yrd.Doç.Dr. Orhan CERİT



Üye (Danışman) : Doç.Dr. Kaan Şevki KAVAK



ONAY

Bu tez çalışması, .../.../2009 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 009 sayılı toplantısında kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

“Ağabeyim **Tarık YAKAN**’ a ithaf ediyorum”

ÖZET

TECER DAĞLARI (SİVAS HAVZASI) GÜNEYİNDEKİ BÖLGEDE SAYISAL JEOLJİK HARİTA ALIMI VE BÖLGENİN ASTER UYDU GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA JEOLJİK İNCELEMESİ

Mustafa YAKAN

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK

2009, 76 sayfa

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Sivas Tersiyer Havzası güney kenarında yer alan J 38 a2 ve J 38 a3 paftalarının güney ve kuzey yarılarını kapsayan bölgenin stratigrafi ve tektoniğinin ortaya çıkarılması ve bu bölgeye ait ASTER uydu görüntüleri yardımıyla jeolojik incelenmesi birincil olarak amaç edinilmiştir. Çalışmanın ikinci amacını ise, inceleme alanının sayısal jeolojik harita alımı oluşturmaktadır.

İnceleme alanı jeolojik açıdan bir hayli ilginç olup batısında yaklaşık DKD-BKB doğrultusunda devam eden ve bir bindirme fayı olarak nitelenen Deliler Bindirme Kuşağı (Sağiroğlu, 2004) ve kuzeydeki Tecer Fay Zonları'nın (Gökten, 1993) kesişiminde yer almaktadır. Kırşehir Masifi ile Menderes-Toros bloğunun sınırında olduğu belirtilen İç Torid Okyanus (Şengör ve Yılmaz, 1981) kalıntılarının da temsil edildiği ofiyolitik karışığa ait kayaçlar bölgede geniş yüzlekler vermektedir. Bölgede temeli Toros kuşağına ait Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ve üzerine tektonik olarak yerleşmiş Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışık oluşturmaktadır. Bu temel üzerinde, birbirinden Deliler Bindirme Kuşağı ile ayrılan iki ayrı istif yer alır. Deliler Fay Kuşağının güneyinde Oligosen-Alt Miyosen yaşlı kalın bir karasal çökel istifi gözlenirken kuzeyinde Üst Kretase-Paleosen yaşlı resifal kireçtaşları, Alt-Orta Eosen yaşlı denizel bir istif ve Oligosen-Alt Miyosen yaşlı jips içeren karasal-sığ denizel çökel topluluğu yer almaktadır. Geç Miyosen karasal çökelleri Deliler Bindirme Kuşağı boyunca kıvrımlanırken, Üst Miyosen yaşlı akarsu çökelleri yatay konumlarını korumaktadırlar.

Bu tez kapsamında inceleme alanına ait ASTER görüntülerine uygulanan ve arazide gerçekleştirilen haritalama çalışmalarını destekleyip kontrol etme olanağı sağlayan görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır. Genel olarak spektral zenginleştirme yöntemleri Er Mapper 7.01 programı yardımıyla gerçekleştirilmiş ve NETCAD GIS 5.0 programıyla araziye ait 3 boyutlu görünümler üretilmiştir. Spektral zenginleştirme yöntemleri olarak bant oranlama, temel bileşen analizi, dekorelasyon gerilmesi ve sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Bu işlemler sonucunda, bölgede yüzeyleyen kaya türleri hem arazide haritalanmış hem de görüntüler üzerinde kontrol edilerek ayırılması sağlanmıştır.

Sayısal jeolojik harita alımı uygulamalarında ise, HP Pavilion tx2550 Tablet PC ile birlikte ArcPad 7.1, Mobile Mapper 6.0 GPS ve MakroPad-Map yazılımları kullanılmıştır. Bu donanım ve yazılımlar yardımıyla bölgede yüzeyleyen kaya türleri ve jeolojik yapılar sayısal

olarak kaydedilmiş olup kullanılan her iki donanım ve yazılımda da oluşturulan jeolojik harita üzerindeki çizim unsurları (kapalı alan, çizgi, nokta vb) hakkında sorgulamalar (formasyon adı, yaşı, yayılımı, litolojisi vb) yapılabilmektedir. Böylece, bu çalışmada inceleme alanına ait sayısal jeolojik harita oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, jeolojik uygulamalarda önemli bir alan olarak son yıllarda yaygınlaşan uzaktan algılama çalışmaları ve gelişmekte olan sayısal jeolojik harita alımının jeolojik arazi çalışmalarıyla birlikte yürütülmesini amaçlayan bir yüksek lisans tezi ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ASTER, sayısal jeolojik harita, Tablet PC, PDA, Deliler Bindirme Kuşağı, Sivas Tersiyer Havzası, bant oranlama, temel bileşen analizi, uzaktan algılama.

SUMMARY

GEOLOGIC DETERMINATION USING ASTER IMAGES AND DIGITAL GEOLOGIC MAPPING AROUND SOUTHERN PART OF TECER MOUNTAINS (SIVAS BASIN)

Mustafa YAKAN

Master of Science Thesis, Department of Geological Engineering

Supervisor: Associate Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK

2009, 76 pages

In this master thesis, two main objectives were aimed. One of them was to delineate stratigraphic and tectonic features of the region in J 38 a2 and J 38 a3 topographic maps and geologic analysis utilizing ASTER images of the region. The latter is also to obtain digital geologic map of the region.

The study area is to located between Deliler thrust zone in ENE-WNW trending (Sağiroğlu, 2004) and Tecer fault zone (Gökten, 1993). Ophiolitic mélangé which was represented as oceanic remnant of Inner Tauride Ocean located between Kırşehir Massif and Mendere-Tauride block was outcropped in wide regions (Şengör ve Yılmaz, 1981). The base of the region are formed Upper Triassic-Lower Cretaceous limestones and Upper Cretaceous ophiolitic mélangé rocks. On this basement, two different sequences were located separating with Deliler thrust zone. Oligocene-Lower Miocene continental sedimentary sequence was observed southern part of this zone. On the other hand, Upper Cretaceous-Paleocene reefal limestones, Lower-Middle Eocene marine sediments and continental Oligocene-Lower Miocene evaporitic rocks was located northern part of the zone. Late Miocene continental deposits were folded along Deliler fault zone and Upper Miocene fluvial deposits were to be seen horizontally.

Additionally, a number of digital image processing methods were realized supporting geological field studies in this thesis. Generally, spectral enhancement methods were realized Er Mapper 7.0 software and 3 dimensional visualization was produced with the aid of NETCAD GIS 5.0. Band ratioing, principal component analysis, decorrelation stretching and unsupervised classification. Consequently, rock units which were cropped out in the region were mapped and also separated lithologically checking with ASTER images.

In digital geologic mapping efforts, HP Pavillion tx 2550 Tablet pc was used with ArcPad 7.1, Mobile Mapper 6.0 GPS and MakroPad-MakroMap softwares. These hardwares and softwares have provided differentiation between geologic units of the region. Geologic structures were recorded and some queries (formation, name, age, lithology etc.) digitally using polygon, line and points as geographic information system elements. Thus, a geologic map of the region was produced digitally.

In conclusion, a master thesis was formed remote sensing studies integrated with digital geologic mapping efforts which were aimed supporting geologic field studies.

Keywords: ASTER, digital geologic map, Tablet PC, Deliler Thrust Zone, Sivas Tertiary Basin, band ratioing, principal component analysis, remote sensing.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu alışmada, tez konunun ve tez arazimin seimine yönelik yönlendirmesi ile arazi alışmaları ve tez yazımı sırasında değerli görüő ve eleştirileri ile yardımını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK' a teőekkürlerimi sunarım.

Yapısal Jeoloji-Tektonik alışmalarımnda Prof.Dr. Haluk TEMİZ' e, petrografi-mineralojik çalışmalarımnda Yrd.Doç.Dr. Taner EKİCİ ve Yrd.Doç.Dr. Nazmi OTLU' ya yardım ve katkılarını esirgemedikleri için teşekkür ederim.

Tezin her aőamasında bana destek olan Jeo.Müh. Yavuz TÖRE' ye, gösterdikleri sabır ve destek için aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez kapsamında yapılan arazi ve uzaktan algılama laboratuvar alışmaları TÜBİTAK ÇAYDAG Proje No:107Y146 tarafından desteklenmiőtir. Bu nedenle ilgili kuruma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLOLAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. İncelemenin Amacı ve Kapsamı	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Topoğrafik Özellikleri	1
1.3. Materyal ve Metot	2
1.4. Önceki Çalışmalar	3
2. İNCELEME ALANININ STRATİGRAFİSİ	7
2.1. Yılanlıdağ Formasyonu (TrKy)	9
2.1.1. Genel Tanım	9
2.1.2. Yayılım ve Konumu	9
2.1.3. Kaya Türü	9
2.1.4. Kalınlık	9
2.1.5. Fosil İçeriği ve Yaşı	9
2.1.6. Ortamsal Yorum	10
2.2. Divriği Ofiyolitli Karışığı	10
2.2.1. Genel Tanım	10
2.2.2. Yayılım ve Konumu	10
2.2.3. Kaya Türü	11
2.2.4. Kalınlık	13
2.2.5. Fosil İçeriği ve Yaşı	13
2.2.6. Ortamsal Yorum	14
2.3. Tecer Formasyonu	14
2.3.1. Genel Tanım	14
2.3.2. Yayılım ve Konumu	14
2.3.3. Kaya Türü	14
2.3.4. Kalınlık	15
2.3.5. Fosil İçeriği ve Yaşı	15
2.3.6. Ortamsal Yorum	15
2.4. Hafik Formasyonu	15
2.4.1. Genel Tanım	15
2.4.2. Yayılım ve Konumu	15
2.4.3. Kaya Türü	16
2.4.4. Kalınlık	16
2.4.5. Fosil İçeriği ve Yaşı	17
2.4.6. Ortamsal Yorum	17
2.5. Selimiye Formasyonu	17
2.5.1. Genel Tanım	17
2.5.2. Yayılım ve Konumu	17

2.5.3.	Kaya Türü	17
2.5.4.	Kalınlık	17
2.5.5.	Fosil İçeriği ve Yaşı	17
2.5.6.	Ortamsal Yorum	18
2.6.	Deliktaş Formasyonu	18
2.6.1.	Genel Tanım	18
2.6.2.	Yayılm ve Konumu	18
2.6.3.	Kaya Türü	18
2.6.4.	Kalınlık	19
2.6.5.	Fosil İçeriği ve Yaşı	20
2.6.6.	Ortamsal Yorum	21
2.7.	Soğukpınar Formasyonu	21
2.7.1.	Genel Tanım	21
2.7.2.	Yayılm ve Konumu	21
2.7.3.	Kaya Türü	21
2.7.4.	Kalınlık	22
2.7.5.	Fosil İçeriği ve Yaşı	22
2.7.6.	Ortamsal Yorum	22
2.8.	Yamaç Molozu	22
2.9.	Alüvyon	22
3.	İNCELEME ALANININ TEKTONİĞİ	23
3.1.	Uyumsuzluk	23
3.2.	Katmanlanma	24
3.3.	Kıvrımlar	26
3.3.1.	Eskikarahisar Senklinali	26
3.3.2.	Başçayır Antiklinali	27
3.3.3.	Kulmaç Antklinali	27
3.4.	Eklemler	27
3.5.	Faylar	29
3.5.1.	Eğim Atımlı Faylar	29
3.5.2.	Doğrultu Atımlı Faylar	31
3.5.2.1.	Kayapınar fayı	31
3.5.2.2.	Boztepe bindirmesi	31
3.5.3.	Bindirme Fayları	32
3.5.3.1.	Felhan bindirmesi	32
3.5.3.2.	Tecer bindirmesi	33
3.5.3.3.	Boztepe bindirmesi 1-2	33
3.5.3.4.	Deliktaş bindirmesi	33
3.5.3.5.	Deliler bindirme kuşağı	34
4.	UZAKTAN ALGILAMA	35
4.1.	ASTER Görüntü Verisi	36
4.1.1.	VNIR Bantları	38

4.1.2.	SWIR Bantları	39
4.1.3.	TIR Bantları	39
4.1.4.	Jeolojik Uygulamalarda Kullanılan ASTER Level 3A Verilerinin Teknik Özellikleri	39
4.1.5.	Jeolojik Uygulamalarda ASTER Uydu Görüntülerinin Kullanımı	39
4.2.	Görüntü İşleme Yöntemleri	40
4.2.1.	Parazit azaltma işlemi	40
4.2.2.	Bant kombinasyonu	42
4.2.3.	Bant oranlama	44
4.2.4.	Temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis-PCA)	49
4.2.5.	Dekorelasyon gerilmesi (Decorrelation Stretch)	50
4.2.6.	Sınıflandırma	52
4.2.6.1.	Kontrolsüz sınıflandırma	53
4.2.7.	Sayısal yükseklik modeli oluşturma	54
5.	SAYISAL JEOLJİK HARİTALAMA	56
5.1.	Sayısal Jeolojik Haritalama Sistemi Gereksinimleri	56
6.	EKONOMİK JEOLJİ	65
7.	JEOLJİK EVRİM	66
8.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR	67
KAYNAKLAR		70
ÖZGEÇMİŞ		75
EK		76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2: İnceleme alanında yapılan daha önceki çalışmalar ile bu çalışmayı karşılaştıran tablo.....	6
Şekil 2.1: İnceleme alanına ait jeolojik harita.....	7
Şekil 2.2: İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti.....	8
Şekil 2.3: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarının Felhan Dağı'ndaki görünümü....	10
Şekil 2.4: Yılanlıdağ formasyonu' na ait kireçtaşlarından oluşan Felhan Dağı ile Divriği ofiyolitik karışığı arasındaki tektonik dokanağı gösteren jeolojik enine kesit (Td: Deliktaş formasyonu, Dof: Divriği ofiyolitik karışığı, TrKy: Yılanlıdağ formasyonu, Ölçeksiz).....	11
Şekil 2.5: Divriği ofiyolitik karışığı (Dof) ile Yılanlıdağ formasyonu (TrKy) arasındaki tektonik dokanak.....	11
Şekil 2.6: Divriği ofiyolitik karışığının (Dof) inceleme alanında KB'dan GD'ya doğru genel görünümü.....	11
Şekil 2.7: Dünitlerde gelişmiş ağ (elek) dokusunun merkezinde gözlenen olivin mineralleri (Örnek No: MS-15, çift ve tek nikol, 5x büyütme).....	12
Şekil 2.8: Gabroda bulunan plajiolaz, hornblend ve piroksen mineralleri (Örnek No: MS-25, çift ve tek nikol, 5x büyütme).....	12
Şekil 2.9: Peridotitlerde gözlenen serpantinleşmiş olivin mineralleri (Örnek No: MS-53, çift ve tek nikol, 5x büyütme).....	13
Şekil 2.10: Diyoritlerde gözlenen plajiolaz, amfibol grubu (hornblend), kuvars ve ojit mineralleri (Örnek No: MS-17, çift ve tek nikol, 5x büyütme).....	13
Şekil 2.11: Tecer formasyonuna (KTt) ait kireçtaşlarından oluşan Tecer Dağı' nın genel görünümü (G' den K' e bakış).....	14
Şekil 2.12: Tecer formasyonuna (KTt) ait biyointramikrit / istiftaşının mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-51, çift ve tek nikol, 5x büyütme).....	15
Şekil 2.13: Hafik formasyonunu oluşturan beyaz-gri renkli jipslerin görünümü.....	16
Şekil 2.14: Beyaz-gri renkli masif jips kütlelerinde yapraklanmalar ve aralanmalar halinde kırmızı-kahverengi kumtaşı-kiltaşı seviyelerinin görünümü.....	16
Şekil 2.15: Selimiye formasyonunu oluşturan kırmızı renkli kumtaşı ve yanal geçişli Hafik formasyonuna ait beyaz-gri renkli jips seviyelerinin görünümü.....	18

Şekil 2.16: Deliktaş formasyonunu (Td) oluşturan çakıltaş-kumtaşı-şeyl araldanmasının genel görünümü (Kızılkaya Tepe civarı).....	19
Şekil 2.17: Deliktaş formasyonunu (Td) oluşturan kalın katmanlı gösel kireçtaşlarının genel görünümü (B' dan D' ya bakış).....	19
Şekil 2.18: Deliktaş formasyonuna (Td) ait intrabiyomikrit / istiftaşının mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-51, çift ve tek nikol, 5x büyütme).....	20
Şekil 2.19: Deliktaş formasyonuna (Td) ait litarenit (grovak)' in mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-26, çift ve tek nikol, 10x büyütme).....	20
Şekil 2.20: Deliktaş formasyonuna (Td) ait karbonat çimentolu çakıltaşının mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-42, çift ve tek nikol, 10x büyütme).....	20
Şekil 2.21: Soğukpınar formasyonu (Tso) oluşturan gri-bej renkli çakıltaş-kumtaşı seviyelerinin görünümü.....	21
Şekil 2.22: İnceleme alanı içerisinde yer alan Tecer Deresi boyunca gelişmiş alüvyon çökelleri.....	22
Şekil 3.1: İnceleme alanına ait tektonostratigrafik kolon kesiti (Ölçeksiz).....	23
Şekil 3.2: İnceleme alanına ait tektonik harita.....	24
Şekil 3.3: Deliktaş formasyonundan alınan tabaka ölçümlerinden elde edilen nokta ve kontur diyagramı (P-P' : sıkışma yönü, 34 ölçüm).....	25
Şekil 3.4: Deliktaş formasyonundan alınan tabaka ölçümlerinden elde edilen doğrultuya ve eğim yönüne göre gül diyagramı (34 ölçüm).....	26
Şekil 3.5: Eskikarahisar senklinaline ait sıkışma yönlerinin (P-P') gösterimi.....	26
Şekil 3.6: Başçayır antiklinaline ait sıkışma yönlerinin (P-P') gösterimi.....	27
Şekil 3.7: Deliktaş formasyonundan alınan eklem ölçümlerinden elde edilen nokta ve kontur diyagramı (P-P' : sıkışma yönü, 22 ölçüm).....	28
Şekil 3.8: Deliktaş formasyonundan alınan eklem ölçümlerinden elde edilen doğrultuya ve eğim yönüne göre gül diyagramı (22 ölçüm).....	28
Şekil 3.9: Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimi içerisinde gelişen eğim atımlı normal fayın genel görünümü.....	30
Şekil 3.10: Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimleri içerisinde gelişen eğimli atımlı normal faylanmaları oluşturan asal gerilme yönlerinin stereonet üzerinde gösterimi (5 ölçüm).....	30
Şekil 3.11: İnceleme alanında gözlenen doğrultu atımlı sağ yanal Kayapınar Fayı' nın Google Earth' de gösterimi.....	31
Şekil 3.12: Boz Tepe civarında yüzeyleyen Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonunu	

oluşturan kireçtaşı birimi ile çakıltası birimi arasında gelişmiş sol yanal doğrultu atımlı Başçayır Fayı' nın görünümü.....	32
Şekil 3.13: Deliler ve Tecer Bindirmesi' ni gösteren jeolojik enine kesit (Dof: Divriği ofiyolitli karışığı, Td: Deliktaş formasyonu, Ts: Selimiye formasyonu, KTt: Tecer formasyonu, Qal: Alüvyon, Ölçeksiz).....	32
Şekil 3.14: Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonu oluşturan kireçtaşı birimi içerisinde ve kumtaşı birimi arasındaki bindirmeyi gösterenen jeolojik enine kesit (Td: Deliktaş formasyonu, Ölçeksiz).....	33
Şekil 3.15: Deliktaş Bindirmesi' nin Deliktaş Tepe civarındaki görünümü (D' dan B'ya bakış).....	34
Şekil 4.1: ER Mapper programının ASTER Wizard arayüzü.....	35
Şekil 4.2: Terra uydusu (a) ve ASTER algılayıcısının (b) görünümü.....	36
Şekil 4.3: ASTER' in aynı yörüngeden bindirmeli görüntü çekimi.....	38
Şekil 4.4: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün VNIR bandına uygulanan parazit azaltma (noise reduction) işlem sonuçları.....	40
Şekil 4.5: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün SWIR bandına uygulanan parazit azaltma (noise reduction) işlem sonuçları.....	41
Şekil 4.6: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün TIR bandına uygulanan parazit azaltma (noise reduction) işlem sonuçları.....	41
Şekil 4.7: ASTER uydu görüntülerine ait bantlar ile Landsat ETM+ uydu görüntüsüne ait bantların karşılaştırılması (NASA)	42
Şekil 4.8: ASTER 631 (RGB) ve Landsat TM 742 (RGB) bant kombinasyonlarının karşılaştırılması (pembe renk Eosen yaşlı kırıntılı birimleri, koyu mavi-lacivert renk Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışığı, açık pembe-krem renk Üst Triyas-Kretase yaşlı kireçtaşı ve Kangal Havzası'na ait Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı genç kırıntılı birimleri gösterir).....	43
Şekil 4.9: İnceleme alanında su, bitki örtüsü ve yüzeyleyen jeolojik birimlerin de gözlenebildiği görüntü (kırmızı renk jeolojik birimlerin yüzeylediği bölgeleri, yeşil renk bitki örtüsünü, mavi renk su kütlelerini, siyahla kalan alanlar Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışığı gösterir).....	44
Şekil 4.10: ASTER VNIR verisine uygulanan bant oranlama yöntemi sonuçları (a: 2/1 bant oranlaması, b: 4/3 bant oranlaması, c: (5/3)+(1/2) bant oranlaması).....	45
Şekil 4.11: ASTER 4/7, 4/3, 2/1 (RGB) kombinasyonu (kırmızı renk (4/7) bitki örtüsünü, yeşil renk (4/3) kil ve karbonatlı kaya gruplarını, mavi renk (2/1) demir içeriğinin yoğun olarak bulunduğu bölgeleri gösterir).....	46
Şekil 4.12: ASTER 4/1, 3/1, 12/14 (RGB) kombinasyonu (Kırmızı renk (4/1) oranı kırıntılı kayaçları (kumtaşları), yeşil renk (3/1) oranı bitki örtüsünü, mavi renk (12/14)	

oranı ofiyolitik karışığa ait kayaçları göstermektedir).....	47
Şekil 4.13: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün SWIR bantlarına uygulanan temel bileşen analiz görüntüsü (mavi renk ofiyolitik kayaçları, Alt Miyosen yaşlı çakıltaşları eflatun, kireçtaşları kırmızı ve diğer kırıntılılar ise yeşil–açık yeşil renklerinde ve açık pembe-gri renk Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı birimleri gösterir).....	50
Şekil 4.14: Dekorelasyon önce ve sonrasında bantlar arasındaki varyasyon ilişkisi.....	51
Şekil 4.15: İnceleme alanına ait ASTER SWIR bantlarına uygulanan dekorelasyon gerilmesi sonucu bölgedeki ayırtlanabilecek litolojik birimlerin farklı renklerdeki görünümü.....	51
Şekil 4.16: Üç bantlı veri için sınıflandırma sonucu.....	52
Şekil 4.17: Er Mapper programında kontrolsüz sınıflandırma işlemi akış şeması (Nik, 2001).....	53
Şekil 4.18: İnceleme alanına ait ASTER uydu görüntüsünde ENVI programı yazılımıyla İzodata (a) ve K_Means (b) yöntemi uygulanarak oluşturulan kontrolsüz sınıflandırma.....	53
Şekil 4.19: İnceleme alanına ait NETCAD GIS 5.0 programı yardımıyla oluşturulmuş üç boyutlu görünüm (a: GD' dan KB' ya bakış, b: GB' dan KD' ya bakış).....	55
Şekil 5.1: Amaca uygun SJH sistemlerinin tasarlanması için önemli kriterler.....	57
Şekil 5.2: SJH çalışmasında kullanılan donanım ve yazılım.....	58
Şekil 5.3: Arazide HP Pavilion tx2550 Tablet PC yardımı ile yapılan sayısal jeolojik haritalama çalışması.....	60
Şekil 5.4: HP Pavilion tx2550 Tablet PC yardımı ile sayısal jeolojik harita alımında toplanan verilere ait katmanlar ve bu katmanlara ait geometrik özellikler.....	60
Şekil 5.5: HP Pavilion tx2550 Tablet PC içerisinde kurulu olan ArcPad 7.1 yazılımı yardımıyla oluşturulan sayısal jeolojik harita.....	61
Şekil 5.6: İnceleme alanına ait topografik haritaların NetCAD GIS 5.0 yazılımıyla rektifiye edilmesi ve .ecw formatına dönüştürülmesi.....	62
Şekil 5.7: MakroMAP yazılımında (.ecw) formatındaki topografik haritanın proje verisi haline getirilmesi işlemi.....	62
Şekil 5.8: Mobile Mapper 6.0 GPS ve MakroPAD yazılımı yardımıyla oluşturulan SJH' da kullanılan veri tabanı.....	63
Şekil 5.9: Mobile Mapper 6.0 GPS cihazında oluşturulan çizim unsurlarına ait özelliklerin değiştirilmesi.....	63
Şekil 5.10: Mobile Mapper 6.0 CBS GPS cihazı ile SJH yapımı ve MakroMAP	

yazılımında düzenlenmesi.....	64
Şekil 6.1: İnceleme alanında yer alan açık kromit işletmesi.....	65
Şekil 8.1: İnceleme alanına ait jeoloji haritası ile ASTER görüntüsü üzerinde uygulanan görüntü işleme yöntemleri ile elde edilen görüntülerin karşılaştırılması.....	69

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1: İnceleme alanının orta kesimlerinde yüzlek veren Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimleri içerisinde ölçülen eğim atımlı normal faylara ait ölçümler.....	29
Tablo 4.1: Terra uydusuna ait yörünge bilgileri.....	37
Tablo 4.2: ASTER uydu görüntülerinin bant bilgileri ve birincil uygulama alanları.....	37
Tablo 4.3: VNIR cihazının bazı özellikleri.....	38
Tablo 4.4: Gri tonda görüntü elde etmek için kullanılan oranlar (Kaliknowski and Oliver, 2004).....	48
Tablo 4.5: RGB görüntü elde etmek için kullanılan oranlar (Kaliknowski and Oliver, 2004).....	49
Tablo 5.1: SJH' da kullanılan bazı taşınabilir cihazların karşılaştırılması.....	57
Tablo 5.2: HP Pavilion tx2550 Tablet PC' ye ait genel özellikler.....	58

1. GİRİŞ

Bu yüksek lisans tez çalışması, Sivas ilinin yaklaşık 40 km. güneydoğusunda yer alan ve 1/25.000 ölçekli Sivas J 38 a2 – J 38 a3 paftalarının güney ve kuzey yarılarını da kapsayan bölgenin jeolojik özelliklerinin hem arazi çalışmaları hem de ASTER uydu görüntüleri kullanılarak ortaya çıkartılması ve bölgeye ait sayısal jeolojik harita alımını amaçlayan iki ayrı bölümden oluşmaktadır.

İnceleme alanı jeolojik açıdan bir hayli ilginç olup batıda yaklaşık DKD-BKB doğrultusunda devam eden ve bir bindirme fayı olarak nitelenen Deliler Bindirme Kuşağı (Sağiroğlu, 2004) ve kuzeydeki Tecer Fay Zonları'nın (Gökten, 1993) kesişiminde yer almaktadır. Kırşehir Masifi ile Menderes-Toros bloğunun sınırında olduğu belirtilen İç Torid Okyanus (Şengör ve Yılmaz, 1981) kalıntılarının da temsil edildiği ofiyolitik karışığa ait kayalar bölgede geniş yüzlekler vermektedir. Bölgede temeli bu Toros kuşağına ait Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ve üzerine tektonik olarak yerleşmiş Üst Kretase yaşlı ofiyolitli karışık oluşturmaktadır. Bu temel üzerinde, birbirinden Deliler Bindirme Kuşağı ile ayrılan iki ayrı istif yer alır. Deliler Fay Kuşağının güneyinde Oligosen-Alt Miyosen yaşlı kalın bir karasal çökel istifi gözlenirken kuzeyinde Üst Kretase-Paleosen yaşlı resifal Tecer kireçtaşı, Alt-Orta Eosen yaşlı denizel bir istif ve Oligosen-Alt Miyosen yaşlı jips içeren karasal-sığ denizel çökel topluluğu yer almaktadır. Geç Miyosen karasal çökelleri Deliler Bindirme Kuşağı boyunca kıvrımlanırken, Üst Miyosen yaşlı akarsu çökelleri yatay konumlarını korumaktadırlar.

1.1. İncelemenin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' ne bağlı Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmış olup, Deliktaş Köyü' nden kuzeydeki Tecer Dağları'na kadar olan bölgenin sayısal jeolojik haritasının ortaya çıkarılması ve bu bölgeye ait ASTER uydu görüntüleri yardımıyla bölgenin jeolojik açıdan incelenmesini amaçlamaktadır.

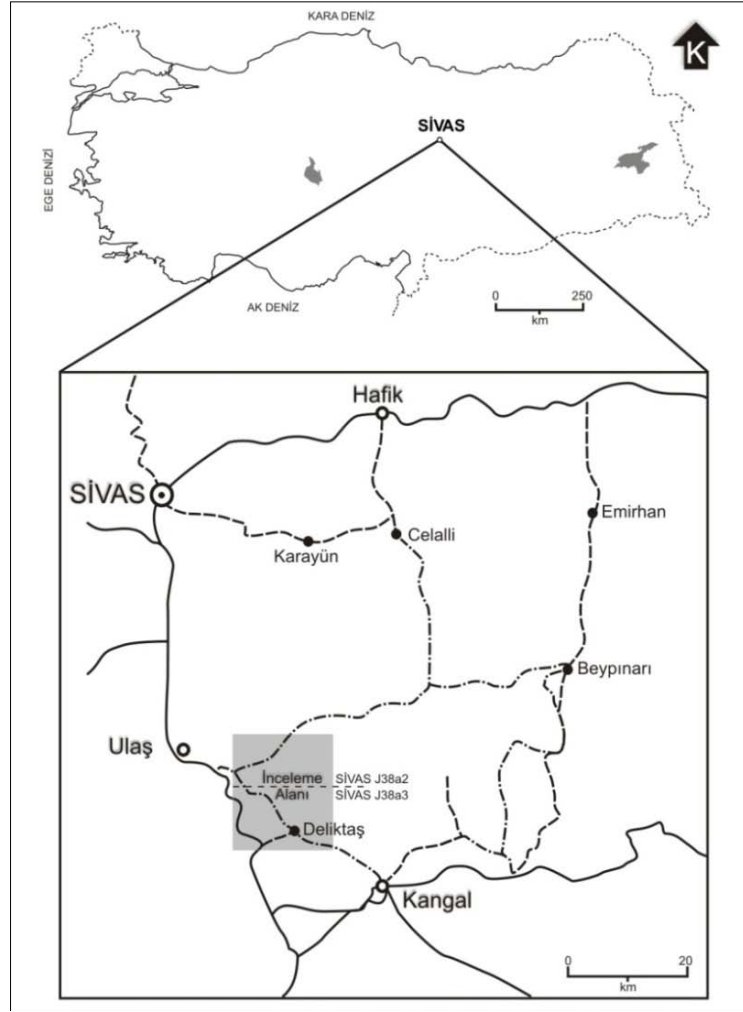
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Topoğrafik Özellikleri

İnceleme alanı, Sivas ilinin yaklaşık 40 km. güneydoğusunda ve Kangal ilçesinin ise yaklaşık 20 km. kuzeybatısında yer almakta olup 1/25.000 ölçekli Sivas J 38 a2-a3 paftalarının güney ve kuzey yarılarını kapsamaktadır (Şekil 1.1).

Çalışma alanında aşınmaya dayanıklı sert kireçtaşlarının bulunduğu kesimlerde (Rıdvan kayası, Deliktaş Tepe, Tecer Dağı, Felhan Dağı) sarp yamaçlar oluşmuştur. Sertlikleri düşük diğer birimler küçük tepelikler halinde bulunmaktadır.

İnceleme alanının içerisinde yer alan bölgelerin kuzeyinde Tecer Dağı (2262 m.), güneyinde Kulmac Dağı (1880 m.) ve güneydoğusunda Felhan Dağı (1956 m.) yer almaktadır. Genel olarak bölgedeki bazı yükseltileri ise Kale Tepe (1850 m.), Akkaya Tepe (1585 m.), Boz Tepe (1626 m.), Devedağ Tepe (1655 m.), Lenger Tepe (1577 m.), Kurtlugüney Tepe (1697 m.), Vayvay Tepe (1861 m.), Küçükalan Tepe (1898 m.), Çıban Tepe (1936 m.),

Fatmakadınyurdu Tepe (1934 m.), Fatmalı Tepe (1736 m.) ve Höyük Tepe (1650 m.) oluşturmaktadır.



Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası.

1.3. Materyal ve Metot

Bu yüksek lisans tezi kapsamında esas amaç bölgenin geleneksel jeolojik haritalamasının gerçekleştirilmesi yanı sıra inceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritaların HP Pavillion tx 2550 tablet pc ve coğrafik veri toplayıcı Mobile Mapper 6.0 GPS' e yüklendikten sonra ArcPad 7.1, MakroPad ve MakroMap yazılımları yardımıyla sayısal haritalamasının gerçekleştirilmesi amaç edinilmiştir, Arazide yine sayısal veri üreten Breithaupt Kassel Tectronic 4000 marka elektronik pusula-yapı ölçer ve Magellan Explorist GPS kullanılarak jeolojik haritalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimlerinden petrografik amaçlı ince kesit örnekleri toplanmış ve bu noktaların ölçüm değerleri Küresel Yer Belirleme Sistemi (GPS) alıcısı ile kaydedilmiştir. Tezin ikinci bölümünde ise laboratuarda, inceleme alanını içine alan ASTER uydu görüntülerine uygulanan spektral görüntü işlem programları yardımıyla jeolojik bilgi edinilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

1.4. Önceki Çalışmalar

Kurtman (1963), Tecer Dağları'nda yüzeyleyen kireçtaşlarının yalnız Üst Kretase yaşında olmadığını, büyük bir kısmının Eosen kireçtaşı olduğunu ve Kretase kireçtaşlarının bir ters fay ile kuzeydeki Eosen kireçtaşları üzerine itildiğini belirtmektedir. Yazar, Alt Eosen yaşında olan kireçtaşları üzerine Lütésiyen' e ait fliš tabakalarının yer aldığını saptamış ve bunun üzerine uyumsuz olarak gelen jipsli alacalı serinin birbirinden ayrılabilen iki seviyede olduğunu ileri sürmüştür. Jipsli alacalı serinin şarabi renkli ve ince dokulu birinci seviyenin Oligosen, denizel marn ve kalkerleri ile jips tabakalarının ardalanması şeklindeki ikinci seviyesinin Miyosen yaşında olduğunu saptamıştır. Yazara göre, bölgede mağmatik faaliyet ürünü olarak yalnız serpantinler yüzeylemektedir. Serpantin faaliyetlerinin Alt Eosen' den sonra gelişmiş olabileceğini ancak bu ilişkinin deniz dibinde gelişen tektonizma ile de ilişkili olabileceğini düşünmektedir.

Artan ve Sestini (1971), Beypınarı yöresindeki serpantinlerin Maestrihtiyen-Alt Paleosen kireçtaşlarıyla Eosen fliši üzerine bindirdiğini ve Orta Eosen (Lütésiyen) kireçtaşlarının ise, yer yer serpantinlerin üzerini örttüğünü saptamışlardır. Araştırmacılar, bölgedeki tektonik hareketlerin yönünün güneyden kuzeye doğru ve ofiyolitlerin Üst Kretase zamanından yerçekimi ile kuzeye doğru hareket geçtiğini ileri sürmektedirler. Bundan dolayı flišler içerisinde Alt ve Orta Eosen zamanında "olistostromlara" işaret eden yazarlar, kıvrımlanma ve şaryaj hareketlerinin Üst Eosen zamanında geliştiğini daha sonraları post-jeosenklinal serileri olan evaporit, kireçtaşı ve kumtaşlarının daha yaşlı olan formasyonları örttüğünü ileri sürmüşlerdir.

Kurtman (1973), Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısını açıklamaya çalıştığı saha çalışmalarına göre, yörede litolojik olarak 10 (on) ayrı formasyon ayırtlamış ve bunların birbiri ile olan ilişkilerini ortaya koymuştur. Yazar söz konusu sahada mağmatik kayaç olarak Üst Kretase yaşlı ultrabazikler ile, Eosen yaşlı andezit ve tüfitlerin varlığını tespit etmiş ve bölgenin tektonik olarak iki yükselim arasında kalan bir çöküntü olduğunu, genellikle kıvrımlanma tektoniğinin hakim olduğunu ve daha sonrada kırılma tektoniğinden etkilendiğini belirtmiştir.

Bayhan ve Baysal (1982), Güneş-Soğucak (Divriği/Sivas) yöresinde yaptıkları çalışmada, sahada geniş bir alanda dağılım gösteren ofiyolitik serinin alttan üste doğru ultramafikler, gabrolar, spilit/diyabazlar ve onların piroklastik türevlerinden oluştuğunu belirtmektedirler. Aşırı derecede bozunmuş olan ultramafik ve gabroyik kayaçlarda bantlı bir yapı gözlenememiştir. Bunun dışında, spilit/diyabaz damarları ile sık sık kesilmişlerdir. Yazarlarca, ofiyolitik seriyi oluşturan birimlerde düzenli bir dizilim gözlenememiş olup, serinin yaşı Üst Kretase olarak kabul edilmiştir.

Gürsoy (1983), Örenlice-Eskiköy (Sivas) yöresinin stratigrafik ve tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılmasını amaçlayan yüksek lisans tezinde allokton ve otokton birimleri ayırtlamıştır. Allokton konumlu Jura-Alt Kretase yaşlı Çataldağ Kireçtaşları üzerinde tektonik dokanakla yer alan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Güneş ofiyolitinin ilişkisi bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır.

İnan ve İnan (1987), Tecer kireçtaşı formasyonunun stratigrafik tanımlamasıyla ilgili olarak yaptıkları çalışmada Sivas ilinin güneydoğusunda yüzeyleyen Tecer kireçtaşı formasyonunun açık

griden siyaha kadar değişen renklerde, masif yer yer kalın katmanlı ve sert kireçtaşından oluştuğunu; killi, kumlu, breşik, kavkı kırıntılı ve dolomitik kireçtaşı seviyelerine rastlandığını vurgulamışlardır. Bu birimin Üst Meastrihtiyen-Tanesiyen yaşlı olduğunu ve tektonik duraylılığa sahip resifal-sığ deniz ortamında çökeldiğini belirtmişlerdir. Bu birimin Eosen ve Oligosen yaşlı formasyonlara bindirmiş olması yazarlar tarafından allokon konumlu olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

İnan ve İnan (1990), Gürlevik kireçtaşlarının (Sivas) özellikleri ve önerilen yeni isim: Tecer Formasyonu başlıklı çalışmasında, Gürlevik kireçtaşlarının, Tanesiyen yaşlı olup, paleontolojik, stratigrafik ve yapısal özelliklerine göre, Tecer kireçtaşı formasyonunun yanal devamı olduğunu belirtmiştir. Buna göre, bu iki birimi Tecer Formasyonu adı altında toplamışlardır.

Koptagel ve Gökçe (1991), Başçayır-Dağönü (Ulaş-Sivas) yöresinde Divriği ofiyolitli karışığın bileşenleri ve kromit yataklarının jeokimyasal jeolojisini belirlemek amaçlı yaptığı çalışmada, Jura-Alt Kretase yaşlı Çataldağı kireçtaşları ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı "Divriği ofiyolitli karışığı" adını verdiği ofiyolitik birimleri kendi içerisinde ayırtlamıştır. Araştırmacı ayrıca Miyo-Pliyosen yaşlı Karacaören formasyonunu kendi içerisinde Kızılkayatepe, Eskiköy ve Alibabatepe üyeleri olmak üzere başlıca üçe ayırtlamıştır.

Gökten (1993), Ulaş doğusunda yaptığı çalışmada, bölgeye ilk ofiyolit yerleşimlerinin Geç Kretase' de olduğunu ve olistostromal olarak yerleşimlerinin ise Oligosen' e kadar sürdüğüne dikkat çekmiştir. Erken Miyosen sonunda bu ofiyolitik melanj naplarının yeniden hareketlenmelerinin, İç Torid Okyanusu' nun kapandığını işaret ettiğini ifade eden yazar Pliyosen ve sonrasının bir serbestleşme rejimi şeklinde geliştiğinin belirtmektedir.

İnan ve diğerleri (1993), Ulaş-Sincan yöresinin tektonik evrimini açıklamaya amaçladıkları çalışmaya göre bölgenin temelini Üst Jura-Alt Kretase yaşlı sığ denizel ortamda depolanmış Çataldağ kireçtaşları oluşturur. Yazarlar, birimin Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı tarafından üzerlenmekte ve Meastrihtiyen-Tanesiyen yaşlı sığ denizel-resifal ortamda depolanmış Tecer kireçtaşı formasyonun, ofiyolitli karışık üzerinde uyumsuzlukla yer aldığından söz etmişlerdir. Bu birimlerin, Lütésiyen yaşlı Bozbel Formasyonu, Oligosen yaşlı karasal ortamda depolanmış Selimiye Formasyonu ve Miyosen yaşlı birbiri ile yanal ve dikey geçişli Karacaören-Hafik-Deliktaş Formasyon' ları tarafından açılı uyumsuzlukla örtüldüğünü belirtmişlerdir. Üst Miyosen sonunda bölgede sıkışma rejiminin etkisi ile yükselme olduğunu ve alkale-kalkalkalen nitelikli bir volkanizmanın geliştiğini, Pliyosen' den itibaren bölgenin karasal ortam niteliğini korunduğunu ve akarsu ortamı ürünü olan Örenlice Formasyonunun diğer birimleri uyumsuz olarak örttüğünü vurgulamışlardır.

Poisson ve diğerleri (1996), Sivas Havzası' nın evrimi ile ilgili olarak yaptığı çalışmada, havzanın okyanusaldan çok kıtasal bir temele sahip olduğunu ve bu temelin üst seviyelerinin Üst Kretase sınırında Kırşehir ve Toros Kuşakları üzerine ofiyolitik naplar şeklinde yerleştiğini belirtmiştir. Yazarlar, bir okyanusal havza olarak gereksinim göstermeyen İç Torid Çukuru' nun varlığına dayanarak Kırşehir Masifi' nin Neotetis' in kuzey kolundan ayrı bir blok gibi

düşünülmemesi, aksine Doğu Toros Kuşağı' nın kuzey uzantısı olarak alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

Yümün ve Kılıç (2006), Doğu Toros' larda (Ulaş-Sivas) yeni bir Triyas bulgusunu açıklayan çalışmasında, bölgede yüzeleyen platform türü karbonatların yaşı konusunda farklı ve geniş aralıklı yaşlar öne sürülmüş ve arada bazı düzeylerin eksik olabileceğine ilişkin yorumların varolduğunu saptamışlardır. Bu çalışmalarında Sivas güneydoğusunda yüzeleyen platform karbonatlarında ilk kez Geç Triyas (Noriyen-Resiyen) yaşlı düzeyler tespit edilmiştir. Munzur ve Sivas bölgelerinin korelasyonu ile bu kireçtaşları Munzur Kireçtaşı' na dahil edilmiştir.

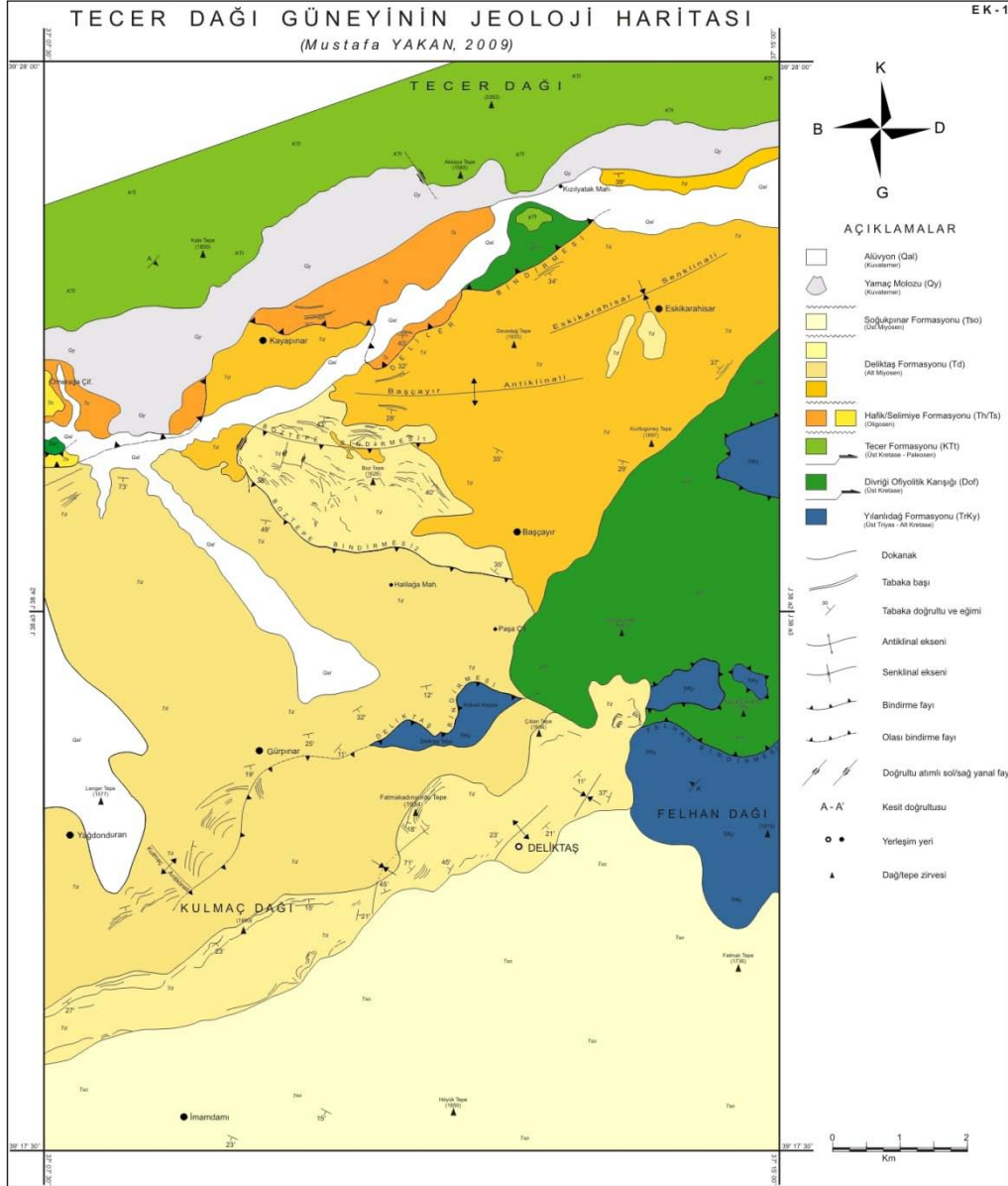
ÇALIŞMACI ZAMAN	GÜRSOY, 1983	KOPTAGEL ve GÖKÇE, 1991	İNAN ve diğerleri, 1993	GÖKTEN, 1993	YÜMÜN ve KILIÇ, 1991	BU ÇALIŞMADA, 2009
KUVATERNER	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon
	Örenlice fm.	Örenlice fm.	Örenlice fm.	Örenlice fm.	Örenlice fm.	
	Karacaören fm.	Karacaören fm.	Deliktaş fm. Karacaören/Hafik fm.	Soğukpınar fm. Parmaklıktepe fm.	Soğukpınar fm.	Soğukpınar fm.
	Selimiye fm.		Selimiye fm.	Deliktaş fm.	Deliktaş fm. Hafik fm.	Deliktaş fm. Hafik fm.
	Bozbel fm.		Bozbel fm.	Selimiye fm.	Selimiye fm.	Selimiye fm.
	Gürlevik Kireçtaşı		Tecer fm.	Bozbel fm.	Bozbel fm.	Tecer fm.
TERSİYER	Tecer Kireçtaşı	Tecer Kireçtaşı	Tecer Kireçtaşı	Tecer Kireçtaşı	Güneş Ofiyoliti	Tecer fm.
	Divriği Ofiyoliti Karışık	Divriği Ofiyoliti Karışık	Divriği Ofiyoliti Karışık	Güneş Ofiyoliti	Yeşilyayla Karışığı	Divriği Ofiyoliti Karışık
KRETAŞE	ALT	Çataldağ Kireçtaşı	Çataldağ Kireçtaşı	Yılanlıdağ fm.	Munzur Kireçtaşı	Yılanlıdağ fm.
	MALM					
	DOGGER	Çataldağ Kireçtaşı	Çataldağ Kireçtaşı			
	LİYAS					
TRIYAS	ÜST					
	ORTA					
	ALT					

Şekil 1.2: İnceleme alanında yapılan daha önceki çalışmalar ile bu çalışmayı karşılaştıran tablo.

2. İNCELEME ALANININ STRATİGRAFİSİ

İnceleme alanı, Sivas ilinin güneydoğusunda yer almakta olup Sivas havzasının paleotektonik evriminin anlaşılması açısından önem taşımaktadır. İç Torid Süturu üzerinde bulunan çalışma alanında yüzeyleyen birimleri alttan üste doğru şöyle sıralamak mümkündür (Şekil 2.1, 2.2).

Bölgede temeli platform ortam ürünü Toros kuşağına ait Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı kristalize nitelikteki kireçtaşlarından oluşan Yılanlıdağ formasyonu (TrKy) oluşturmaktadır. Tabanda yüzeyleyen bu birimleri, tektonik olarak yerleşmiş Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı (Dof) üzerlemektedir. Karışığı genel olarak tabanda serpantinolitik bir hamur içerisinde kireçtaşı ve radyolarit olistolitlerinden oluşan melanaj niteliğindeki birimler oluşturur. Bu melanaj seviyelerinin üzerinde ise eksikli bir ofiyolit dizisinden oluşan ve serpantinleşmiş dünit ve harzburjitlerden oluşan manto tektonitleri, bu tektonitleri kesen izole diyabaz ve piroksenit



Şekil 2.1: İnceleme alanına ait jeolojik harita.

almaktadır. Bu istif üzerinde uyumsuz bir ilişki sunan Alt Miyosen yaşlı kalın bir karasal çökel istifinden oluşan kırmızı renkli konglomera ve gri renkli kumtaşları-şeyl ile başlayıp gösel nitelikteki killi kireçtaşları ile tamamlanan Deliktaş formasyonu (Td) yer almaktadır. Deliktaş formasyonu üzerinde ise Üst Miyosen yaşlı gri-bej renkli çakıltası ve kumtaşlarından oluşan Soğukpınar formasyonu (Tso) gelmektedir. İnceleme alanının en geç birimlerini ise Kuvaterner yaşlı yamaç molozları ve alüvyonlar (Qal) oluşturmaktadır (Şekil 2.2).

2.1. Yılanlıdağ Formasyonu (TrKy)

2.1.1. Genel Tanım

Tamamen platform kireçtaşlarından oluşan birim ilk defa doğudaki eşdeğeri olan Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Munzur kireçtaşı olarak Özgül ve diğerleri (1981) tarafından tanımlanmıştır. İnan ve diğ. (1993), Koptagel ve Gökçe (1991), aynı litolojik özelliklere sahip olan birimleri Çataldağ kireçtaşı, Gökten (1993) ise Yılanlıdağ formasyonu olarak adlandırmışlardır. Bu çalışma kapsamında, bu adlamaya bağlı kalınmıştır.

2.1.2. Yayılım ve Konumu

İnceleme alanının güneyindeki Deliktaş yerleşim yerinin doğusunda, BKB uzanımlı olarak gözlenen birim, bölgenin en yüksek kesimlerinden biri olan Felhan Dağı' nı oluşturmaktadır (Şekil 2.3). Yılanlıdağ formasyonu, inceleme alanında Divriği ofiyolitli karışığı tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir (Şekil 2.2, 2.4).

2.1.3. Kaya Türü

Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşları, gri renkli, bol çatlaklı olarak gözlenmektedir. Kireçtaşlarında belirgin bir tabakalanma gözlenmemekte olup, şiddetli deformasyon sonucu olan breşik yapılar dikkat çekmektedir. Ayrıca bu kireçtaşlarında belirgin karstik yapılar da gözlenmektedir.

2.1.4. Kalınlık

Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşlarının inceleme alanında tabanı gözlenememiş olup kalınlığa yönelik bir çalışma yapılmamıştır. Ancak daha önceki çalışmalarda kalınlık en az 700 m. olarak belirtilmiştir (Gökten, 1993).

2.1.5. Fosil İçeriği ve Yaşı

Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları makro ve mikro fosil yönünden oldukça fakirdir. Alınan örneklerden yaptırılan ince kesitlerde bazı fosil kavkı parçaları gözlenmiş ancak yaş verebilecek bir sonuç elde edilememiştir. Fasiyes olarak sığ ve sakin denizel ortamda çökelen birime Gürsoy, (1983) tarafından Jura-Orta Kretase yaşı verilmiştir. Yümün ve Kılıç (2006), Noriyen-Resiyen yaşlı foraminifer içeriği nedeniyle birimin yaşını Üst Triyas-Alt Kretase olarak belirlemiştir. Bu çalışmada da aynı yaş aralığı kabul edilmiştir.



Şekil 2.3: Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarının Felhan Dağı'ndaki görünümü.

2.1.6. Ortamsal Yorum

Ortama yönelik net veri bulunmasa da bu formasyona ait kireçtaşlarının, daha önceki çalışmalarda ifade edildiği gibi platform tipi bir ortamda çökdikleri söylenebilir.

2.2. Divriği Ofiyolitli Karışığı (Dof)

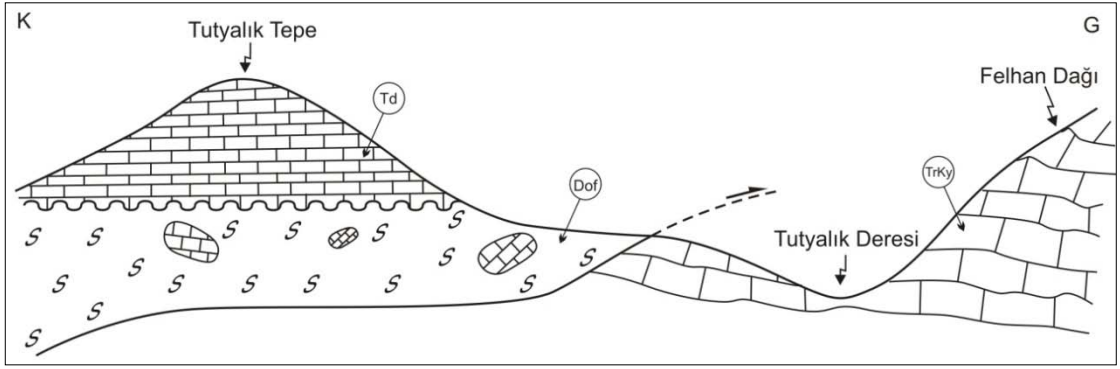
2.2.1. Genel Tanım

İnceleme alanının doğusunda geniş alanlarda yüzeyleyen ofiyolitli karışığın adlanmasına yönelik ilk çalışma Bayhan ve Baysal (1982) tarafından Güneş-Soğucak yakınlarında yapılmış ve birime Güneş ofiyoliti adı verilmiştir. Tutkun ve diğ., (1988) Divriği yöresinde ve İnan ve diğ. (1993) Ulaş-Sincan yöresinde yaptıkları çalışmalarda aynı birimleri Divriği ofiyolitli karışığı olarak adlandırmıştır. Koptagel ve Gökçe (1991) inceleme alanının bir kısmının da içine düştüğü bölgede yaptıkları çalışmada aynı adlamayı benimsemişler ve birimi Çamözü ultramafiti ve diğer bileşenler olmak üzere ikiye ayırmışlardır.

Bu çalışmada da bölgede yüzeyleyen birimler Divriği ofiyolitli karışığı olarak kabul edilmiştir.

2.2.2. Yayılım ve Konumu

İnceleme alanının kuzeyinde yer alan Tecer Dağı ile güneydoğu kenarında yer alan Felhan Dağı arasındaki bölgede yüzeyleyen Divriği ofiyolitli karışığı, Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşları üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır (Şekil 2.4, 2.5). Karışığın üstünde ise Tecer formasyonuna ait kireçtaşları uyumsuz bir ilişki sunmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.4: Yılanlıdağ formasyonu' na ait kireçtaşlarından oluşan Felhan Dağı ile Divriği ofiyolitik karışığı arasındaki tektonik dokanağı gösteren jeolojik enine kesit (Td: Deliktaş formasyonu, Dof: Divriği ofiyolitik karışığı, TrKy: Yılanlıdağ formasyonu, Ölçeksiz).



Şekil 2.5: Divriği ofiyolitik karışığı (Dof) ile Yılanlıdağ formasyonu (TrKy) arasındaki tektonik dokanak.

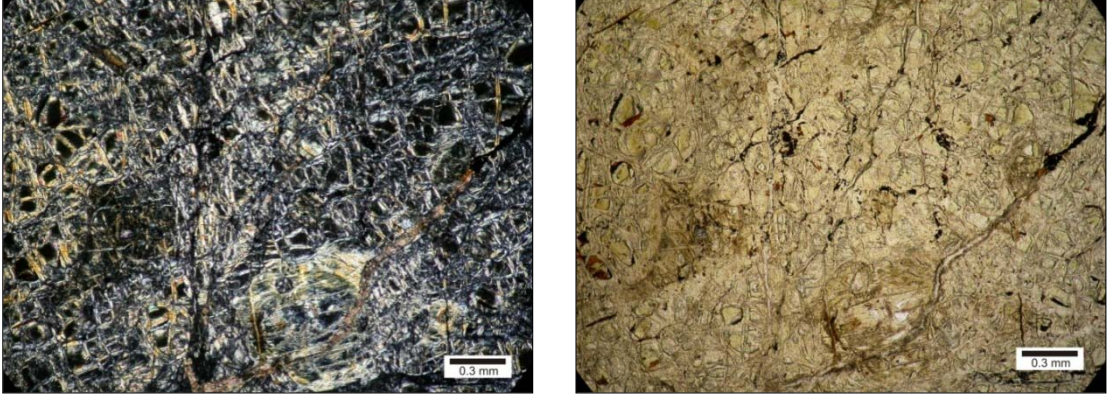
2.2.3. Kaya Türü

İnceleme alanında yüzeyleyen ofiyolitik karışığa ait birimler genellikle koyu yeşil-koyu kahverengi, altere yüzeyleri belirgindir (Şekil 2.6). Petrografik analiz için inceleme alanından alınan örneklerden yapılan ince kesit sonuçlarına göre birimini oluşturan bileşenlerin dünit, uralitik gabro, peridotit ve diyorit olduğu gözlenmiştir.



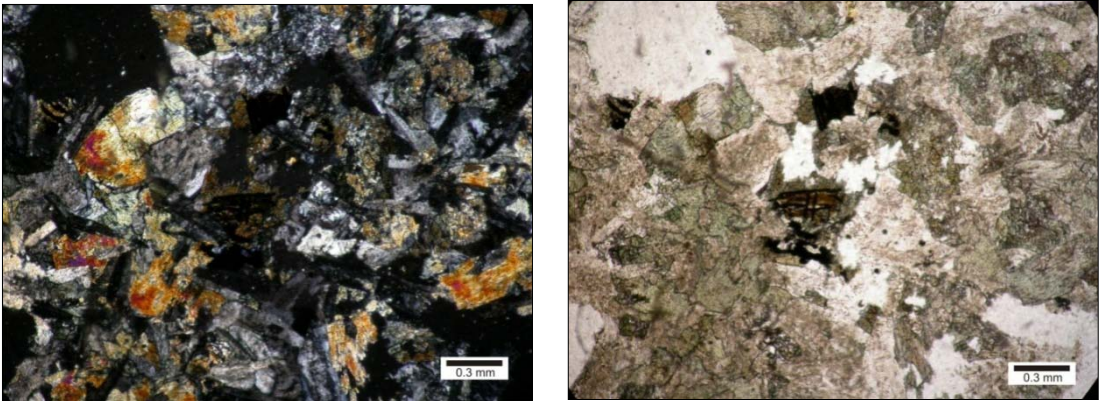
Şekil 2.6: Divriği ofiyolitik karışığının (Dof) inceleme alanında KB'dan GD'ya doğru genel görünümü.

İnceleme alanından alınan örneklerde dünitlerin ileri derecede serpantinleşmiş oldukları ve ilksel yapısal ve dokusal özelliklerinin yok olduğu gözlenmiştir. Dünitlerin mineralojik bileşiminin çoğunluğunu serpantinleşmiş olivin mineralleri ile piroksen mineralleri oluşturmaktadır. Ender olarak korunmuş halde bulunan olivin mineralleri de vardır. Kayaç içerisinde hakim olarak ağ (elek) dokusu bulunmakta ve olivin mineralleri bu dokunun merkezinde yer almaktadır. Kayaçtaki ikincil çatlakların içerisinde kalsit mineralleri ve olivin minerallerinin kenarlarından itibaren iddingsitleşme türü bozunma görülmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Dünitlerde gelişmiş ağ (elek) dokusunun merkezinde gözlenen olivin mineralleri (Örnek No: MS-15, çift ve tek nikol, 5x büyütme).

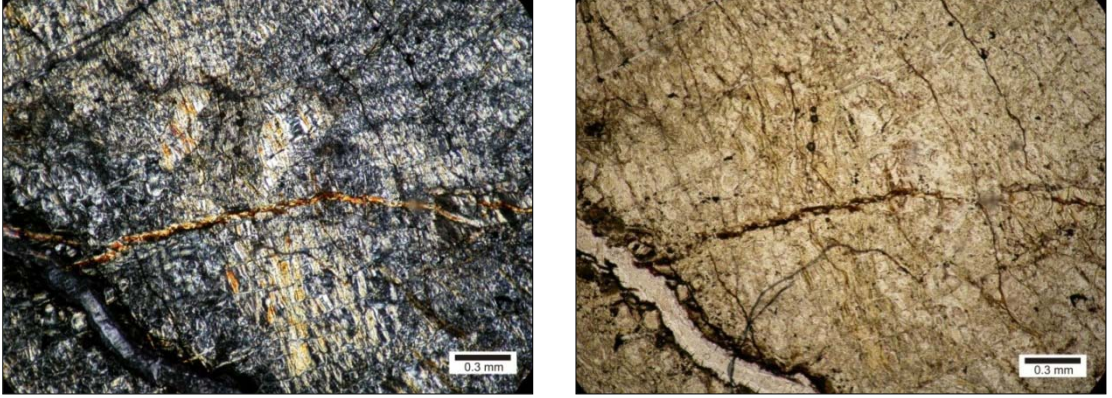
Başlıca mineralleri plajyoklaz, amfibol grubu mineralleri ve piroksen olan gabroda, piroksen mineralleri uralitleşme türü bozunma ile amfibol grubu minerallerine dönüşmüştür. Kayaç içerisinde bol miktarda var olan plajyoklaz minerallerinde polisentetik ikizlenme ve serizitleşme türü bozunma görülmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Gabroda bulunan plajyoklaz, hornblend ve piroksen mineralleri (Örnek No: MS-25, çift ve tek nikol, 5x büyütme)

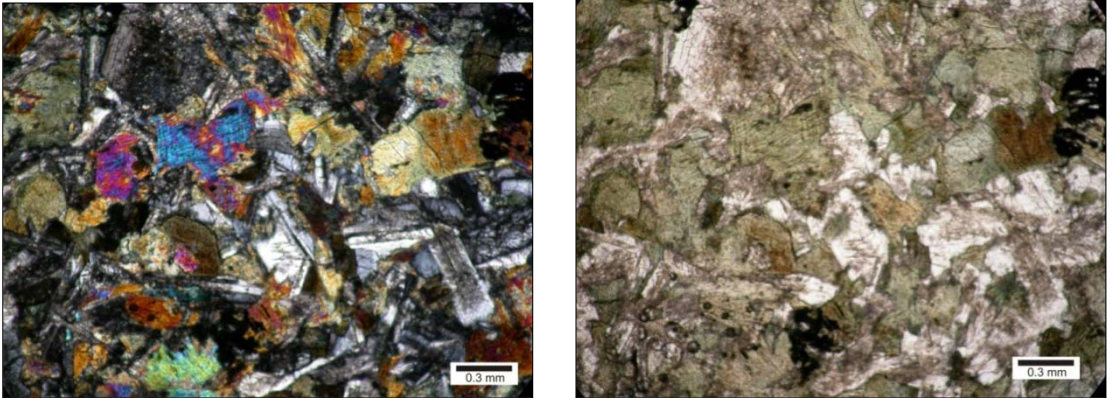
Mineralojik bileşimini serpantinleşmiş olivin, piroksen, tremolit-aktinolit ve amfibol grubu mineraller oluşturmaktadır. MS-53 nolu ince kesitte yoğun bir şekilde serpantinleşmiş olivin mineralleri ve ağsı (elek) dokusu görülmektedir (Şekil 2.9). MS-36 nolu kesitte ise önemli

miktarda amfibol grubu minerali olan hornblend mineralinin varlığından dolayı bu kayaca hornblend peridotit denilebilir.



Şekil 2.9: Peridotitlerde gözlenen serpantinleşmiş olivin mineralleri (Örnek No: MS-53, çift ve tek nikol, 5x büyütme)

Plajyoklaz, amfibol grubu, kuvars ve ojit mineralleri bulunduran diyorit kayacına ait olan ince kesitte amfibol grubu minerallerin birçoğunda uralitleşme türü bozunmalar görülmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Diyoritlerde gözlenen plajyoklaz, amfibol grubu (hornblend), kuvars ve ojit mineralleri (Örnek No: MS-17, çift ve tek nikol, 5x büyütme)

2.2.4. Kalınlık

Bu tez çalışmasında kalınlığa yönelik arazide herhangi bir çalışma yapılmamış olup jeolojik haritadan ve yoğun deformasyondan dolayı tahmini olarak 2550 m.' den daha fazla kalınlığa sahip olduğu kabul edilmiştir.

2.2.5. Fosil İçeriği ve Yaşı

Genellikle magmatik ve tortul bileşimli kayaların karışımından oluşan Divriği ofiyolitli karışığı bölgede Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonu üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Önceki çalışmalar (İnan ve diğ., 1993; Gökten, 1993) ve bu dokanak ilişkisi göz önünde tutulduğunda karışığın yaşının Üst Kretase olduğu söylenebilir.

2.2.6. Ortamsal Yorum

Çalışma alanında yüzeyleyen Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler, Kırşehir Masifi ve Anatolid-Torid platformunun sınırında İç Torid Süturu'nun kalıntılarını oluşturmaktadır. Bu açıdan bakıldığında karışığın oluşum ortamının İç Torid Süturu'nun kuzeye doğru dalması sonucunda yitimle karakterize olan bir ortamı yansıttığı söylenebilir.

2.3. Tecer Formasyonu (KTt)

2.3.1. Genel Tanım

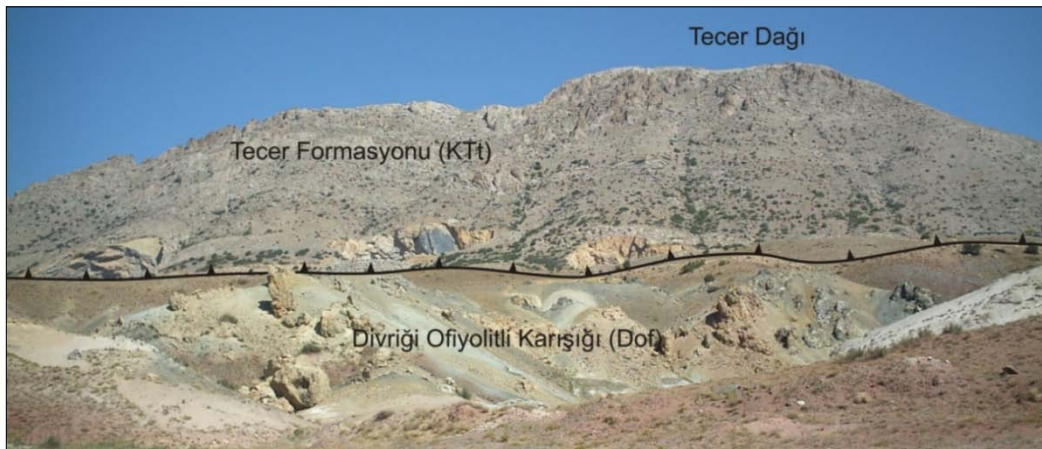
İnceleme alanının kuzeyinde yüzeyleyen birim ilk olarak Blumenthal (1937) tarafından Tecer Dağı Kalkeri olarak adlandırılmıştır. Daha sonra aynı birimi Kurtman (1963, 1973) tarafından Tecer Kalkeri, İnan ve diğ. (1993) tarafından Tecer formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlamaya bağlı kalınmıştır.

2.3.2. Yayılım ve Konumu

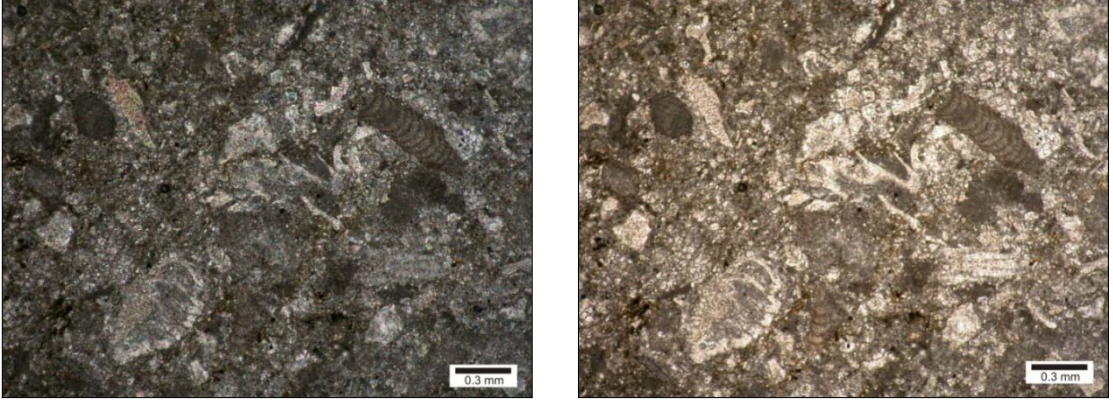
İnceleme alanının kuzeyinde yer alan yaklaşık doğu-batı uzanımlı Tecer Dağı'nın tamamını oluşturan formasyon geniş alanda yüzeylemektedir (Şekil 2.11). Tecer formasyonunu oluşturan kireçtaşları dayanımları sebebiyle bölgede sarp topoğrafyalar oluşturur. Divriği ofiyolitli karışığı üzerine tektonik dokanakla gelen birimin üstünde ise düşey-yanal geçişli Oligosen yaşlı Hafik-Selimiye formasyonu uyumsuzlukla gelmektedir (Şekil 2.2).

2.3.3. Kaya Türü

Kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu bir yapıya sahip Tecer formasyonuna ait kireçtaşları gri- koyu gri renkli, bol makro fosil kavkılı, kalın katmanlıdır. Birim içerisinde gözlenen çatlaklar kısmen kalsit dolguludur. Petrografik analiz için inceleme alanından alınan örneklerden yapılan ince kesit sonucunda kayacın mikrit bağlayıcılı, bol fosilli, intraklast ve ekstraklast bileşen içerdikleri gözlenmiştir. Bu kesitlerde gözlenen kireçtaşları Folk (1962) 'ye göre biyointramikrit ve ekstrabiyomikrit, Dunham (1962)' ye göre istiftaşı olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.12).



Şekil 2.11: Tecer formasyonuna (KTt) ait kireçtaşlarından oluşan Tecer Dağı' nın genel görünümü (G' den K' e bakış).



Şekil 2.12: Tecer formasyonuna (KTt) ait biyointramikrit/istiftaşının mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-51, çift ve tek nikol, 5x büyütme).

2.3.4. Kalınlık

İnceleme alanı içerisinde birimin tabanı gözlenememiş olup kalınlığa yönelik arazide herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Daha önceki çalışmalarda, birim içerisinde devrik kıvrımların varlığından dolayı kalınlığı tam olarak belirlenemeyen birimin toplam kalınlığının 310-970 m. arasında değiştiği belirtilmiştir (İnan ve diğ., 1993).

2.3.5. Fosil İçeriği ve Yaşı

Tecer formasyonunu oluşturan kireçtaşı biriminden alınan örneklerde yapılan ince kesitlerdeki fosil içeriğine ve daha önceki çalışmalara göre Üst Kretase-Paleosen yaşı verilmiştir (İnan ve diğ., 1993; Kavak, 1998).

2.3.6. Ortamsal Yorum

Çalışma alanında yüzeyleyen Tecer formasyonuna ait kireçtaşlarının daha önceki çalışmalarda sığ denizel ortamda depolandığı belirtilmiştir (İnan ve diğ., 1993).

2.4. Hafik Formasyonu (Th)

2.4.1. Genel Tanım

İnceleme alanı içerisinde beyaz-gri renkli jipsler ve bunlarla ardalanmalı kiltası-silttaşı birimlerinden oluşan formasyon ilk kez Kurtman (1973) tarafından Hafik formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu adlamaya bağlı kalınmıştır.

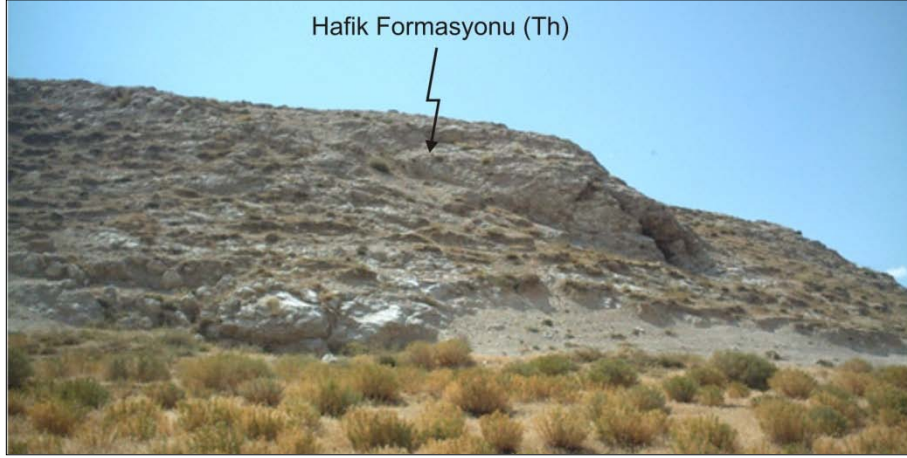
2.4.2. Yayılım ve Konumu

Hafik formasyonuna ait birimler inceleme alanının kuzeydoğusunda, Tecer Köyü ve Ömerağa Ağılı civarında, Tecer Deresi' nin her iki tarafında dilimler şeklinde gözlenmektedir. İnceleme alanı içerisinde Selimiye formasyonu ile düşey ve yanal geçişli olan Hafik formasyonu, tabanda Tecer formasyonu ile yaptığı uyumsuzluk yamaç molozlarının varlığından dolayı gözlenememektedir (Şekil 2.2).

2.4.3. Kaya Türü

Beyaz–gri renkli masif jipslerden meydana gelen Hafik formasyonundan petrografik analiz için inceleme alanından alınan örneklerden yapılan ince kesit sonucunda kayacın jips minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir ve jips olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.13).

İnceleme alanı içerisindeki Tecer Köyü' nün doğusunda yapılan gözlemlerde beyaz-gri renkli masif jips kütlelerinde yapraklanmaların ve aralanmalar halinde kırmızı-kahverengi kumtaşı-kiltaşı seviyelerinin varolduğu gözlenmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.13: Hafik formasyonu oluşturan beyaz-gri renkli jipslerin görünümü.



Şekil 2.14: Beyaz-gri renkli masif jips kütlelerinde yapraklanmalar ve aralanmalar halinde kırmızı-kahverengi kumtaşı-kiltaşı seviyelerinin görünümü.

2.4.4. Kalınlık

İnceleme alanı içerisinde değişken bir kalınlığa sahip olan birim için bu tez çalışmasında herhangi bir kalınlık belirlemeye yönelik çalışma yapılmamıştır. Daha önceki yapılan çalışmalarda birimin toplam kalınlığının 700 m. olduğu belirtilmiştir (İnan ve diğ., 1993).

2.4.5. Fosil İçeriği ve Yaşı

Bu tez çalışmasında birimin yaşını saptamaya yönelik herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Daha önceden birim için yapılan yaşlandırma çalışmalarında, birim içerisinde herhangi bir yaş verebilecek fosile rastlanılmadığı belirtilmiştir (İnan ve diğ., 1993). Birimle düsey ve yanal geçişli olan Selimiye formasyonuna göre birime Oligosen yaşı verilmiştir.

2.4.6. Ortamsal Yorum

Formasyonu oluşturan beyaz-gri renkli jipslerin, daha önceki çalışmalarda tamamen karasal akarsu-karasal sabka (İnan ve diğ., 1993) ve lagüner (Gökten, 1993) ortamda çökeldiği belirtilmiştir.

2.5. Selimiye Formasyonu (Ts)

2.5.1. Genel Tanım

Tabanda yer yer kırmızı renkli ince taneli kiltlaşlarıyla başlayıp üste doğru bordo yer yer açık yeşil renkli kumtaşı-kiltlaşı-marn aralanmasına geçen istif ilk kez Kurtman (1963) tarafından Selimiye formasyonu olarak adlandırılmış olup, daha sonraki çalışmalarda (İnan ve diğ., 1993 ve Gökten, 1993) aynı adlama kullanılmıştır. Bu çalışmada bu adlamaya bağlı kalınmıştır.

2.5.2. Yayılım ve Konumu

İnceleme alanı içerisinde Tecer Dağı' nın güney yamaçlarında yaklaşık KD-GB doğrultulu bir uzanımila yüzeylemektedir. Birim Hafik formasyonu ile düsey ve yanal geçişlidir. Tabanda Tecer formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelen birimin üstünde ise Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonu uyumsuzluk ile yer almaktadır. Bazı yerlerde birimi, Tecer formasyonuna ait olan Tecer Dağı kireçtaşlarından türeyen molozlar örtmektedir (şekil 2.2).

2.5.3. Kaya Türü

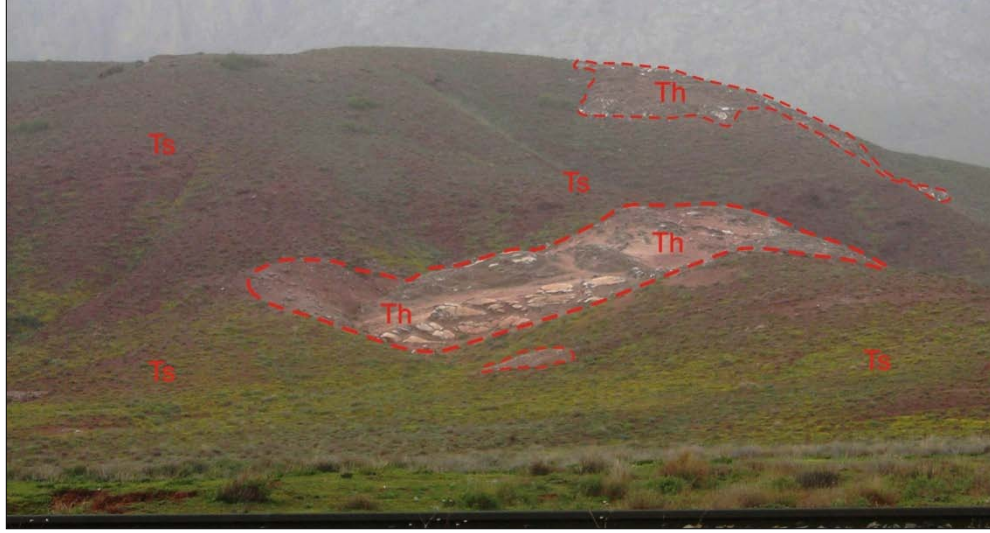
İnceleme alanı içerisinde yüzeyleyen birim, kırmızı renkli kumtaşı ve koyu yeşil renkli siltaşlarından meydana gelmektedir (şekil 2.15).

2.5.4. Kalınlık

İnceleme alanında Selimiye formasyonunun kalınlığının daha önceki çalışmalarda 650 m. (Gökten,1993) ve 500-700 m. (İnan ve diğ., 1993) olduğu belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında birimin kalınlığı 650 m. olarak kabul edilmiştir (Gökten, 1993).

2.5.5. Fosil İçeriği ve Yaşı

İnceleme alanında yapılan çalışmalarda birimin yaşına dair herhangi bir bulgu elde edilememiş olup fakat birimin stratigrafik konumuna göre Oligosen yaşı verilebileceği belirtilmiştir (İnan ve diğ., 1993 ve Gökten, 1993).



Şekil 2.15: Selimiye formasyonunu oluşturan kırmızı renkli kumtaşı ve yanal geçişli Hafik formasyonuna ait beyaz-gri renkli jips seviyelerinin görünümü.

2.5.6. Ortamsal Yorum

Birimi oluşturan silttaşlarının çökeltme ortam tipini belirlemenin oldukça zor olduğu fakat arakatki halinde bulunan çamurtaşı düzeylerinin ortamın gel-git akıntılarıyla etkilenen çok sığ bir deniz olduğu daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Gökten, 1993).

2.6. Deliktaş Formasyonu (Td)

2.6.1. Genel Tanım

Birim ilk kez İnan ve diğ., (1993) tarafından Deliktaş formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon, araştırmacılar tarafından alt ve orta düzeylerde kumtaşı-çakıltaşı-şeyllerden oluşan bölümü Örencik Üyesi (Tdö), killi kireçtaşlarından oluşan bölümü ise, Kulmaç Üyesi (Tdk) olarak adlandırılmış ancak bu çalışmada üye bazında bir ayırım yapılmamıştır.

2.6.2. Yayılım ve Konumu

İnceleme alanında geniş bir yayılım gösteren Deliktaş formasyonuna ait olan birimler Eskikarahisar, Başçayır, Gürpınar, Yağdonduran ve Deliktaş köyleri civarında yüzeylenmektedir. Birim Oligosen yaşlı Hafik-Selimiye formasyonu (Th/Ts) üzerine uyumsuzluk ile gelir ve üzerinde de Üst Miyosen yaşlı Soğukpınar formasyonu (Tso) uyumsuz olarak yer alır. Birim içerisinde Eskikarahisar ve Başçayır köyleri civarında yaklaşık olarak KB-GD doğrultulu kıvrımların varlığı saptanmıştır. Ayrıca Deliktaş Köyü civarında formasyon içerisindeki kireçtaşı birimlerinde küçük boyutlu kıvrımlanmalar gözlenmiştir.

2.6.3. Kaya Türü

Deliktaş formasyonunun tabanında kırmızı ve gri renk tonlarında olan kumtaşı-şeyl ve çakıltaşları ile temsil edilen birimler ve bunların üzerinde ise daha kalın katmanlı gölgesel kireçtaşları yer almaktadır (Şekil 2.16, 2.17).

Petrografik analiz için inceleme alanından alınan örneklerden yapılan ince kesit sonucunda formasyonu oluşturan bileşenlerin karbonat çimentolu çakıltaşı, ince-orta taneli, köşeli, az yuvarlaklaşmış bileşenli litarenit (grovak) ve mikrit bağlayıcılı, ekstraklast ve intraklast bileşen içeren, fosil kavkılı kireçtaşı oldukları gözlenmiştir.

Kesitlerde gözlenen bu kaya türleri Folk (1962)' ye göre intrabiyomikrit, ektramikrit, intrasparit, biyoekstramikrosparit, rekristalize kireçtaşı ve mikrit, Dunham (1962)' ye göre istiftaş, tanetaşı, çamurtaş ve Folk(1976)' ye göre karbonat çimentolu çakıltaşı, litarenit (grovak) olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.18, 2.19, 2.20).

2.6.4. Kalınlık

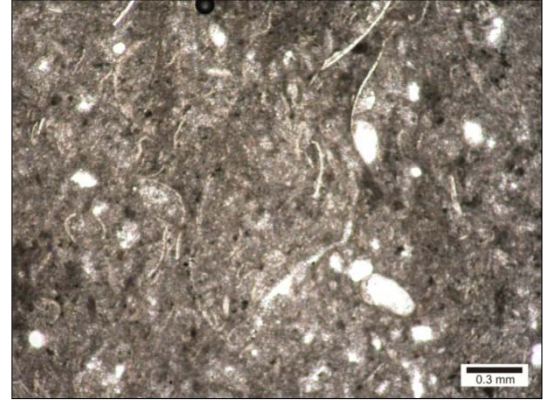
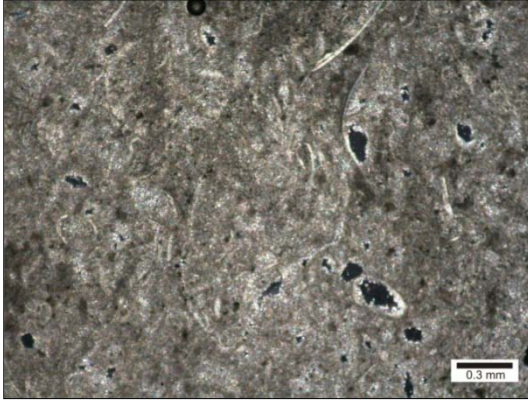
Bu tez çalışmasında inceleme alanında Deliktaş formasyonunun kalınlığının 400 m. (Gökten, 1993) olduğu kabul edilmiştir.



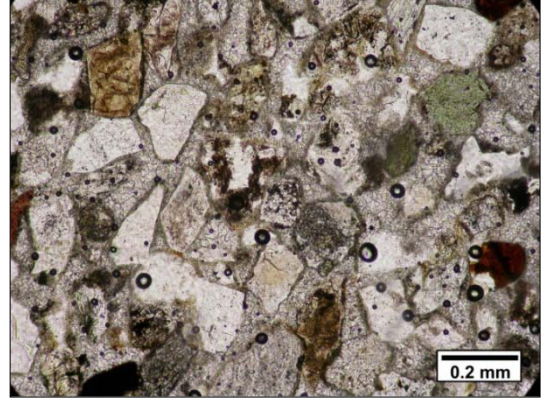
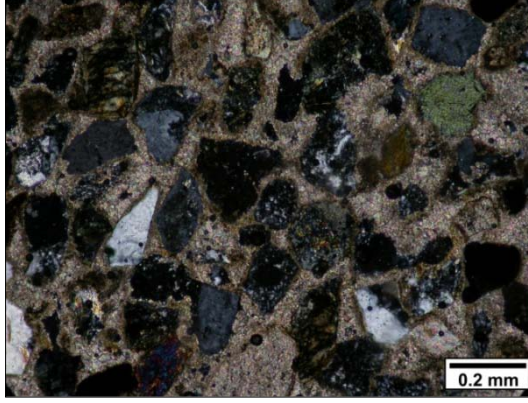
Şekil 2.16: Deliktaş formasyonunu (Td) oluşturan çakıltaşı-kumtaşı-şeyl ardalanmasının genel görünümü (Kızılkaya Tepe civarı).



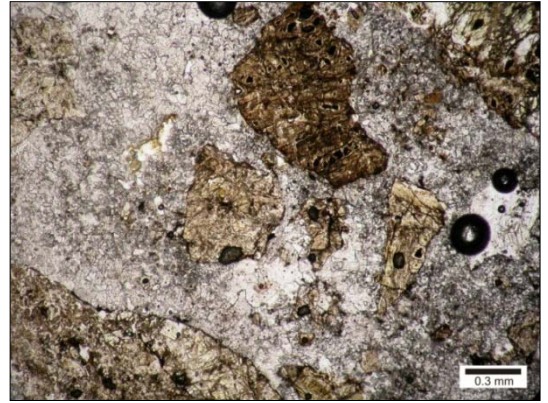
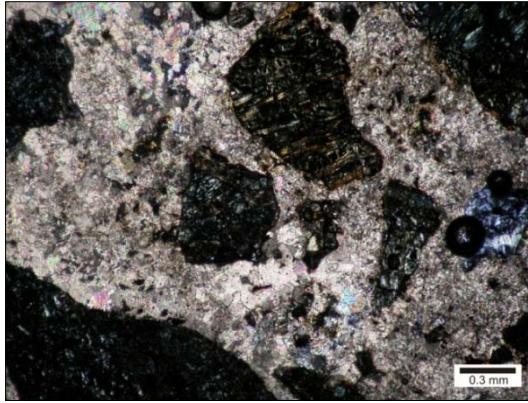
Şekil 2.17: Deliktaş formasyonunu (Td) oluşturan kalın katmanlı gösel kireçtaşlarının genel görünümü (B' dan D' ya bakış).



Şekil 2.18: Deliktaş formasyonuna (Td) ait intrabiyomikrit / istiftaşınin mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-51, çift ve tek nikel, 5x büyütme).



Şekil 2.19: Deliktaş formasyonuna (Td) ait litarenit (grovak)' in mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-26, çift ve tek nikel, 10x büyütme).



Şekil 2.20: Deliktaş formasyonuna (Td) ait karbonat çimentolu çakıltaşınin mikroskopik görünümü (Örnek No: MS-42, çift ve tek nikel, 10x büyütme).

2.6.5. Fosil İçeriği ve Yaşı

Daha önceki çalışmalarda Miyosen serilerinden alınan gösel kireçtaşları örneklerinde *Gastropoda* gibi bazı fosil bulgularına rastlanmış olup, formasyonun geniş bir yaş aralığına sahip olduğu yorumu yapılmıştır. Ancak formasyon içerisinde gözlenen kireçtaşı ve marn

ardalanmalı olan kömür seviyelerinin bulunuşu bu formasyonun yaşını sınırlamıştır (Gökten,1993). Bu çalışmada Deliktaş formasyonunun yaşı Alt Miyosen olarak kabul edilmiştir.

2.6.6. Ortamsal Yorum

Deliktaş formasyonuna ait birimlerin daha önceki çalışmalarda kireçtaşları içerisinde gözlenen kömür bantları nedeniyle gölsel ortamı temsil ettiği düşünülmektedir (İnan ve diğ., 1993).

2.7. Soğukpınar Formasyonu (Tso)

2.7.1. Genel Tanım

İnceleme alanının güneyinde yer alan birim ilk olarak Gökten (1993) tarafından adlandırılmıştır. Bu tez çalışmasında bu adlamaya bağlı kalınmıştır.

2.7.2. Yayılım ve Konumu

Birim çalışma alanında, özellikle İmamdamı Köyü civarında ve Deliktaş güneyinde geniş alanlarda yüzlek vermektedir. İnceleme alanı içerisinde birim Alt Miyosen yaşlı Deliktaş Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmekte ve üstünde herhangi bir birim bulunmamaktadır. Birim Kulmaç Dağı güneyinde güneye eğimli iken güneye doğru gidildikçe eğimin azaldığı gözlenmektedir.

2.7.3. Kaya Türü

Birim gri-bej renkli çakıltaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 2.21). Birim içerisindeki bileşenlerin kireçtaşı ve ofiyolitik karışığa ait parçaları olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2.21: Soğukpınar formasyonu (Tso) oluşturan gri-bej renkli çakıltaşı-kumtaşı seviyelerinin görünümü.

2.7.4. Kalınlık

Bu tez çalışmasında birimin kalınlığını belirlemeye yönelik herhangi bir çalışma yapılmamış olup, daha önceki yapılan çalışmalarda toplam kalınlığının 100 m. geçtiği belirtilmiştir (Gökten, 1993).

2.7.5. Fosil İçeriği ve Yaşı

Birime stratigrafik konumuna göre Üst Miyosen yaşı verilmiştir.

2.7.6. Ortamsal Yorum

Soğukpınar formasyonuna ait birimlerin daha önceki çalışmalarda akarsu kökenli (karasal) çakıl ve kumtaşlarından oluştuğu belirtilmiştir (Gökten, 1993).

2.8. Yamaç Molozu (Qy)

İnceleme alanının kuzey sınırını oluşturan Tecer Dağı' nın aşınmasıyla oluşan gevşek malzemeli tortulların, dağın güney yamaçlarında bulunan birimleri örtecek şekilde geliştiği gözlenmiştir (Şekil 2.1, Ek-1).

2.9. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanı içerisinde Tecer Dağı güneyinde bulunan yaklaşık D-B uzanımlı Tecer Deresi yatağı içerisinde, yaklaşık G-K doğrultusunda akan Silcaçorak Deresi, Sincan Deresi Tandırkaya Deresi ve Meryemsuyu Deresi' nin her iki kenarında gözlenen pekişmemiş gevşek tortullar bölgenin en genç çökellerini oluşturmaktadır (Şekil 2.22, Ek-1).



Şekil 2.22: İnceleme alanı içerisinde yer alan Tecer Deresi boyunca gelişmiş alüvyon çökelleri.

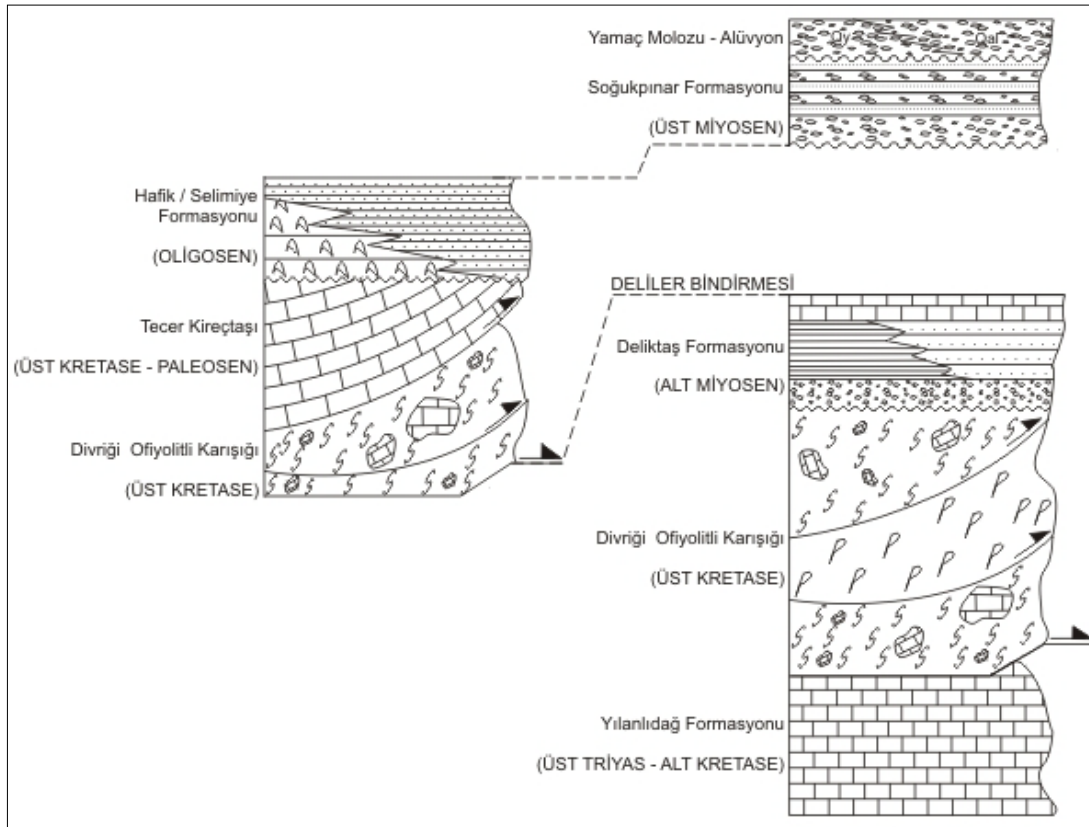
3. İNCELEME ALANININ TEKTONİĞİ

İnceleme alanının tektonik özellikleri bu bölümde sırasıyla uyumsuzluk, katmanlanma, kıvrımlanmalar, eklemeler ve faylar başlıkları adı altında incelenmiştir.

Arazi çalışmaları kapsamında hava fotoğrafları, jeolojik harita ve bu çalışmada kullanılan ASTER uydu görüntülerinden çıkarılan bilgiler yardımıyla inceleme alanına ait tektonostratigrafik kolon kesiti (Şekil 3.1) ve tektonik haritası (Şekil 3.2) hazırlanmıştır.

3.1. Uyumsuzluk

İnceleme alanı içerisinde başlıca yedi farklı formasyona ait birimler gözlenmektedir (Şekil 4). Genel olarak bu birimlerin birbirleri ile ilişkilerine bakılacak olursa; sınırlardan ilkinde Divriği ofiyolitli karışığı, Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşlarını tektonik olarak üzerlemektedir. Bölgede varlığı kabul edilen (Şengör ve Yılmaz, 1981) İç Torid Süturu'nun kapanımını ifade eden birimlerin Yılanlıdağ formasyonuna ait birimlerle olan dokanağı bölgesel anlamda bu tektonik uyumsuzluğa karşılık gelmektedir. Diğer bir sınır ise Tecer formasyonuna ait kireçtaşlarının Divriği ofiyolitli karışığı ile yapmış olduğu tektonik uyumsuzluk olarak ifade edilmektedir. Bu uyumsuzluk Kretase sonu-Paleosen başına karşılık gelen ve Erken Alpin hareketlerinin sona erip Orta Alpin hareketlerine geçişin gözleendiği Laramiyen fazına karşılık gelmektedir. Bölgede, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer formasyonu ile Oligosen yaşlı Hafik/Selimiye formasyonu arasındaki uyumsuzluk Anadolu fazına bağlı olarak gelişmiştir. Orta Alpin hareketlerinin sona erdiği ve Geç Alpin hareketlerinin başladığı zamana denk gelen Savi-



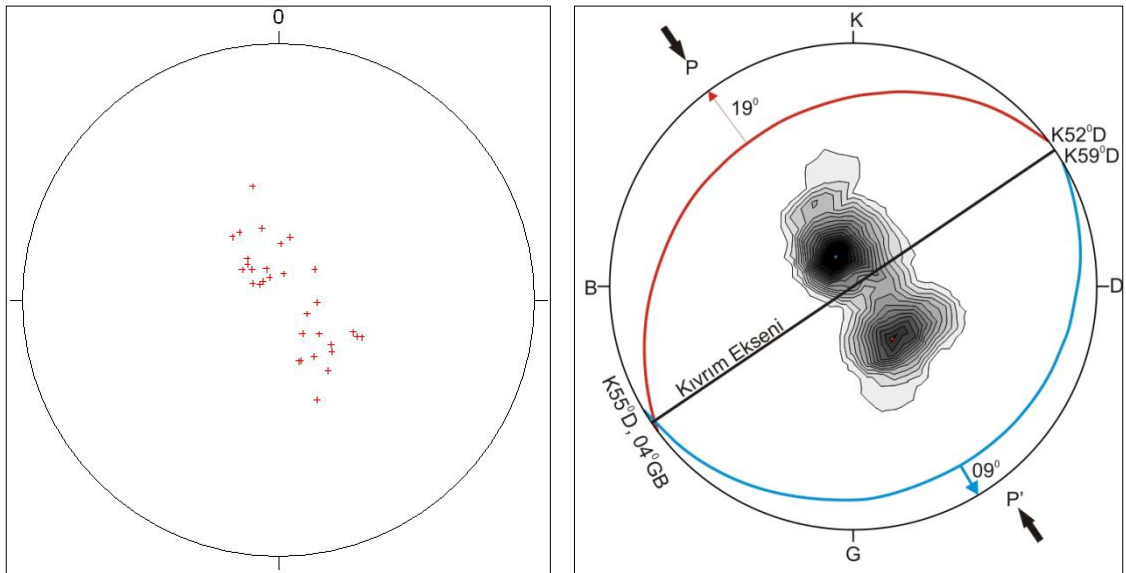
Şekil 3.1: İnceleme alanına ait tektonostratigrafik kolon kesiti (Ölçeksiz).

doku katmanlanmaların gözlenmesini çoğunlukla olumsuz yönde etkileyen faktörler arasında bulunmaktadır. Tecer formasyonuna ait kireçtaşlarının güneye doğru eğimli kalın katmanlardan oluştuğu gözlenmiştir. Birime ait kireçtaşlarında yoğun bir şekilde karstlaşmalar yer almaktadır.

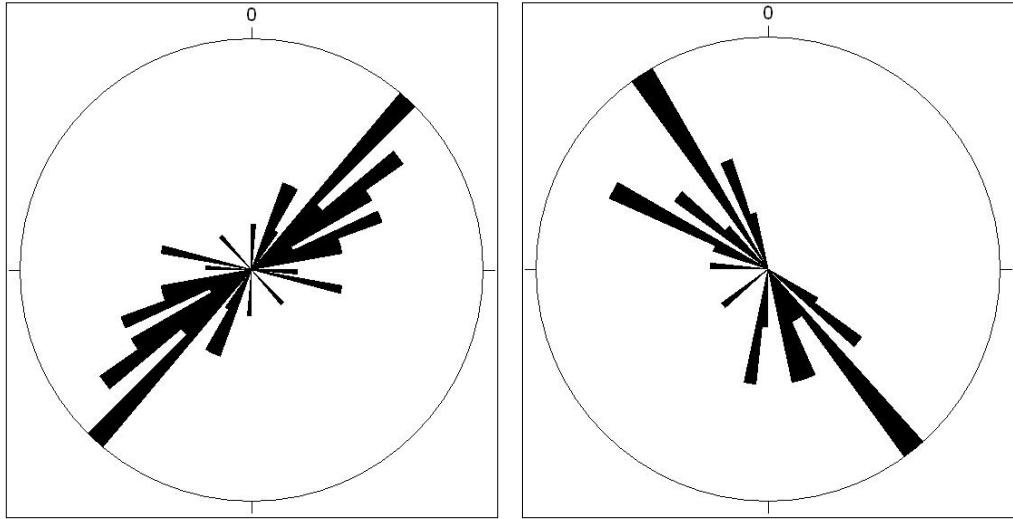
İnceleme alanında geniş alanda yüzeyleyen Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonuna ait birimlerden alınan katman doğrultu ve eğim ölçümlerini değerlendirmek için kontur ve gül diyagramları hazırlanmıştır. Buna göre iki farklı egemen katmanlanma düzleminin var olduğu ve bu katmanlanmaların da K59D/9GD ve K52D/19KB durumlarına sahip olduğu saptanmıştır. Egemen katman düzlemlerine bakıldığında, bölgede yaklaşık KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejiminin (P-P') hakim olduğu ve bunun etkisiyle kıvrımlanmaların meydana geldiği yorumu yapılmıştır. Ortaya çıkartılan kıvrım ekseninin durumunun ise K55D gidişli ve 4GB' ya dalımlı olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.3).

Aynı ölçümlerden yararlanarak hazırlanan gül diyagramlarına bakılırsa, formasyon içerisindeki egemen olan katmanlanma doğrultusunun KD-GB ve eğim yönünün ise KB ve GD yönlerinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.4).

İnceleme alanı içerisindeki diğer katmanlanmalar, Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu ve Üst Miyosen yaşlı Soğukpınar formasyonunda gözlenmektedir. Selimiye formasyonuna ait birimler inceleme alanı içerisinde genel olarak güneye doğru eğimli ve Soğukpınar formasyonu içerisindeki katmanlanma Kulmaç Dağı güney yamaçlarında güneye doğru eğimli oldukları halde güneye gidildikçe eğimin azaldığı ve yatay konum aldıkları gözlenmiştir. Fakat birimler çok fazla katmanlı yüzlek vermediğinden kontur ve gül diyagramı hazırlanabilecek veri toplanamamıştır.



Şekil 3.3: Deliktaş formasyonundan alınan tabaka ölçümlerinden elde edilen nokta ve kontur diyagramı (P-P' : sıkışma yönü, 34 ölçüm).



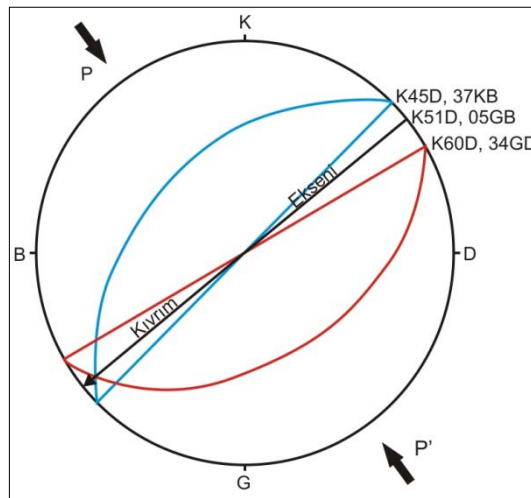
Şekil 3.4: Deliktaş formasyonundan alınan tabaka ölçümlerinden elde edilen doğrultuya ve eğim yönüne göre gül diyagramı (34 ölçüm).

3.3. Kıvrımlanmalar

İnceleme alanında özellikle Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonuna ait birimlerde yoğun kıvrımlanmalar bulunmakta olup yaklaşık aynı yönelimlere sahip olan senklinal ve antiklinal eksenleri gözlenmiştir. Formasyonda gözlenen bu kıvrımlanmalardan, çakıltaşı ve kumtaşı birimleri içerisinde gelişenlerin büyük boyutlu, kireçtaşı birimi içerisinde gelişen kıvrımlanmaların ise daha küçük boyutlu oldukları gözlenmiştir.

3.3.1. Eskikarahisar Senklinali

İnceleme alanının kuzeydoğu kesiminde bulunan Eskikarahisar Köyü civarında, Alt Miyosen yaşlı çakıltaşı birimleri içerisinde yaklaşık K51D gidişe sahip, 5GB' ya dalımlı kıvrım Eskikarahisar Senklinali olarak adlandırılmıştır. Senklinalin güney kanadının durumu K60D/34GD ve kuzey kanadı ise K45D/37KB olarak ölçülmüştür. Buna göre kıvrımı oluşturan sıkışma kuvvetlerinin de KB-GD yönünde geliştiği ortaya çıkarılmıştır (Şekil 3.5).



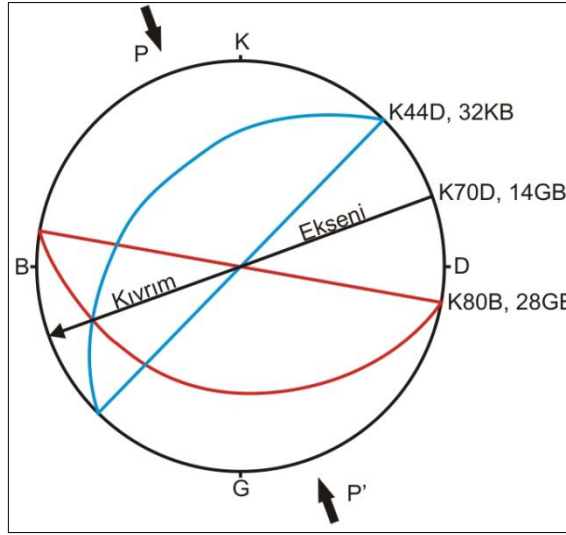
Şekil 3.5: Eskikarahisar senklinaline ait sıkışma yönlerinin (P-P') gösterimi.

3.3.2. Başçayır Antiklinali

İnceleme alanının orta kesimlerinde yüzeyleyen Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonunu oluşturan çakıltaşı birimi içerisinde, Başçayır Köyü kuzeyinde yaklaşık K70D gidişe sahip 14GB' ya dalımlı kıvrım Başçayır Antiklinali olarak adlandırılmıştır. Antiklinali oluşturan kanatlardan kuzey kesimindeki kanat K44D/32KB ve güney kesimindeki kanat K80B/28GB olarak ölçülmüştür.

Buna göre kıvrımı oluşturan sıkışma kuvvetlerinin KKB-GGD şeklinde geliştiği ortaya çıkarılmıştır (Şekil 3.6).

Bunların dışında, inceleme alanının güney kesimde Deliktaş Köyü civarında yaklaşık KD-GB uzanımlı yüzlek veren Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonunu oluşturan kireçtaşı birimi içerisinde Deliler Bindirmesi' nin etkisiyle yoğun bir şekilde küçük boyutlu kıvrımlar gözlenmiştir. Bu kıvrımların genel olarak yaklaşık KD-GB yönlü bir gidişe sahip oldukları gözlenmektedir.



Şekil 3.6: Başçayır antiklinaline ait sıkışma yönlerinin (P-P') gösterimi.

3.3.3 Kulmaç Antiklinali

İnceleme alanında geniş yüzlek veren Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimi içerisinde, Gürpınar Köyü güneybatısında gözlenen kıvrım Kulmaç Antiklinali olarak adlandırılmıştır. Kıvrım yapıları arazi çalışmaları ve uydu görüntüleri yardımıyla belirlenmiştir.

3.4. Eklemler

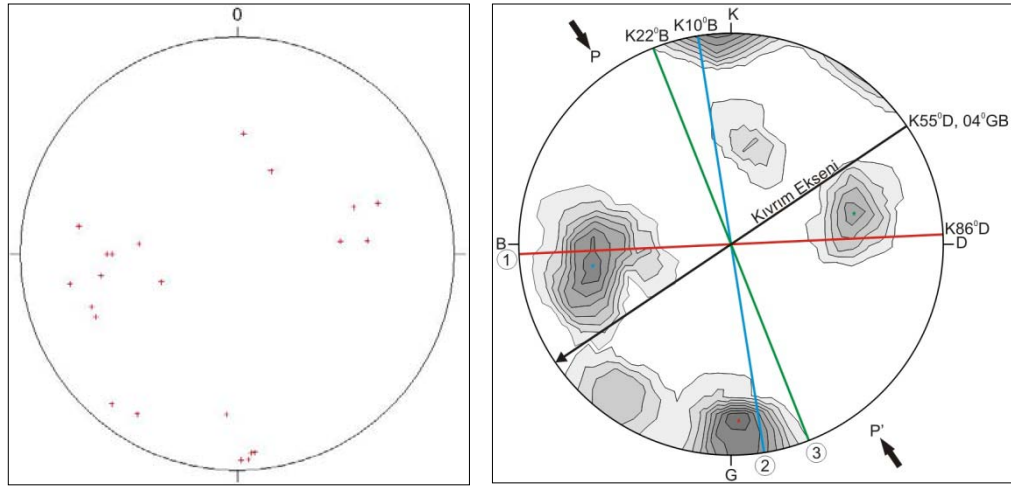
Eklemler bulunduğu bölgenin yapısal geçmişinin ve bölgeyi etkileyen tektonik kuvvetlerin ortaya çıkarılmasında önemli rol oynamaktadır. Faylar ve kıvrımlar gibi her türlü yapısal deformasyonla birlikte bulunabilirler. İnceleme alanında gözlenen eklem sistemleri, tektonik kuvvetlerle ve tabakalanmayla olan ilişkilerine göre değerlendirilmiştir.

İnceleme alanı içerisinde Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonunu oluşturan kumtaşı ve çakıltaşı birimleri içerisinde yoğun bir şekilde eklemler gelişmiştir. Bu birimlerden alınan ölçümlerinden egemen eklem düzlemlerinin ortaya çıkarılması amacıyla kontur ve gül diyagramları hazırlanmıştır. Ayrıca eklem düzlemlerinden alınan ölçümler, aynı birim içerisinden

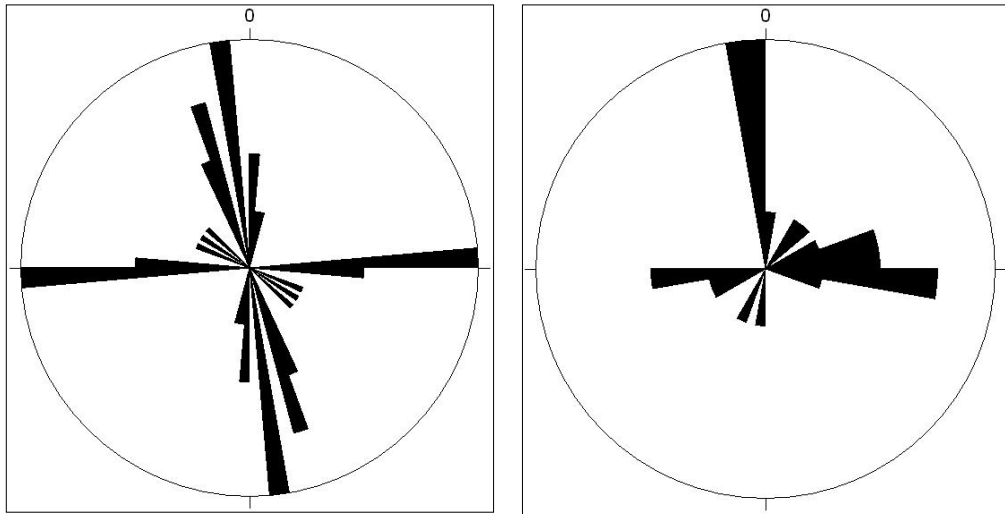
alınan tabaka ölçümleri sonucunda ortaya çıkarılan kıvrım eksenini gözönüne alınarak beraber yorumlanmıştır.

Deliktaş formasyonundan alınan eklem durumlarından hazırlanarak yapılan kontur diyagramından üç farklı egemen eklem düzleminin varlığı ortaya çıkarılmıştır. Bu egemen eklem düzlemlerinin Şekil 3.6' da görüldüğü gibi K86D (1) , K22B (2) ve K10B (3) doğrultulara sahiptirler. Bu eklem düzlemleri, aynı formasyonun egemen olan katman düzlemlerinden ortaya çıkarılan kıvrım ekseninin de görüldüğü diyagram üzerine taşındığında üç farklı eklem düzleminin de kıvrım ekseninin durumu göz önüne alınarak yapılan eklem sınıflamalarından (1) ve (2) nolu eklemlerin makaslama eklemlerine, (3) nolu eklem ise tansiyon eklemlerine karşılık geldiği sonucuna varılmıştır (Şekil 3.7).

Yine aynı ölçümlerden yararlanarak hazırlanan gül diyagramlarında ise eklem düzlemlerinin yaklaşık K-G ve D-B doğrultularına ve eğim yönlerinin ise K ve ~D doğru oldukları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.7: Deliktaş formasyonundan alınan eklem ölçümlerinden elde edilen nokta ve kontur diyagramı (P-P' : sıkışma yönü, 22 ölçüm).



Şekil 3.8: Deliktaş formasyonundan alınan eklem ölçümlerinden elde edilen doğrultuya ve eğim yönüne göre gül diyagramı (22 ölçüm).

3.5. Faylar

İnceleme alanı içerisinde başlıca bindirme fayları ve küçük boyutlu eğim atımlı normal faylar gözlenmektedir. Eğim atımlı faylar Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonunu oluşturan kumtaşı birimleri içerisinde gelişmiştir (Şekil 3.2). Aynı formasyon içerisindeki kireçtaşı biriminin Boz Tepe civarında yüzelediği bölgelerde doğrultu atımlı sol yanal faylar da gelişmiştir. Bunların dışında Boz Tepe civarında yüzeleyen Deliktaş Formasyonuna ait kireçtaşı biriminin çakıltaşı birimi ile olan kuzeybatı sınırını doğrultu atımlı sol yanal fay ile kontrol edilmektedir. Bindirme fayları ise iki ana başlık altında incelenmiştir.

Bunlardan ilki olan ve İç Torid Okyanusu'nun kalıntıları olarak düşünülen Üst Kretase yaşlı Divriği Ofiyolitli Karışığı' na ait birimlerin Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları üzerine tektonik olarak bindirmesi ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer formasyonuna ait birimlerin Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı ve kendisinden daha genç birimler üzerine tektonik olarak bindirmesi sonucu gelişmiştir.

Diğer bir bindirme ise Deliler Bindirme Kuşağı olarak adlandırılmakta olup güneyinde Oligosen-Alt Miyosen yaşlı kalın bir karasal çökel istifi gözlenirken kuzeyinde Üst Kretase-Paleosen yaşlı resifal Tecer kireçtaşı, Alt-Orta Eosen yaşlı denizel bir istif ve Oligosen-Alt Miyosen yaşlı jips içeren karasal-sığ denizel çökel topluluğu yer almaktadır.

3.5.1. Eğim Atımlı Faylar

İnceleme alanının orta kesimlerinde yüzlek veren Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimleri içerisinde küçük boyutlu eğim atımlı normal faylar gözlenmiştir (Şekil 3.9). Gürpınar Köyü kuzeydoğusunda yer alan Kale Tepe civarındaki tren yolu yarmasında gözlenen bu faylarda ölçümler yapılmıştır (Tablo 3.1). Bu ölçümler stereografik çizim yöntemi yardımıyla değerlendirilmiş ve faylanmayı oluşturan asal gerilme yönleri (σ_1 , σ_2 , σ_3) belirlenmiştir.

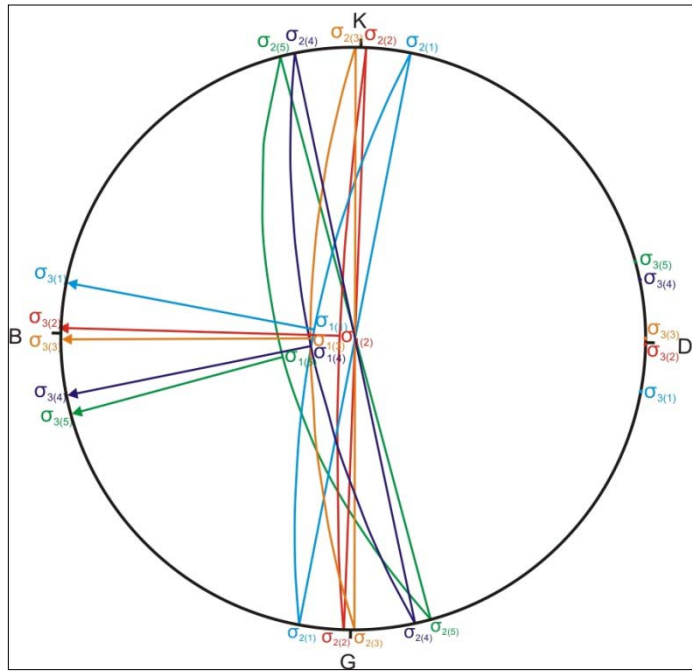
Eğim atımlı faylarda en büyük asal gerilme (σ_1) düşey, en küçük asal gerilme (σ_3) yatay ve orta asal gerilme (σ_2) ise yatay ve fay düzlemine paraleldir. Bu prensipler göz önüne alınarak inceleme alanından alınan fay düzlemine ait doğrultu ve eğim ölçümleri Şekil 3.10' de görüldüğü gibi eşit açılı stereonet üzerinde gösterilmiştir. Faylanmalara ait asal gerilme yönlerinin beş fayda da paralellik sunduğu ve en büyük asal gerilmenin stereonetin merkezinde ve dik, en küçük asal gerilmenin yaklaşık D-B yönlerinde ve orta asal gerilmenin de yaklaşık K-G yönünde etkidiği görülmüştür (Şekil 3.10).

Tablo 3.1: İnceleme alanının orta kesimlerinde yüzlek veren Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimleri içerisinde ölçülen eğim atımlı normal faylara ait ölçümler.

No	Fay (Doğrultu, Eğim)	Fayın Türü
1	K16B/61GD	Eğim atımlı normal
2	K1D/84KB	"
3	K10D/70KB	"
4	K1B/73GB	"
5	K13B/72GB	"



Şekil 3.9: Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimi içerisinde gelişen eğim atımlı normal fayın genel görünümü.



Şekil 3.10: Deliktaş formasyonuna ait kumtaşı birimleri içerisinde gelişen eğimli atımlı normal faylanmaları oluşturan asal gerilme yönlerinin stereonet üzerinde gösterimi (5 ölçüm).

3.5.2. Doğrultu Atımlı Faylar

İnceleme alanında gözlenen küçük boyutlu faylanmalardır. Büro çalışmaları sırasında uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları yardımıyla belirlenen bu faylanmalar daha sonra yapılan arazi çalışmaları ile desteklenmiş ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer formasyonu içerisinde gelişmiş olan doğrultu atımlı sağ yanal fay Kayapınar Fayı, Alt Miyosen yaşlı kireçtaşı birimi ile çakıлтаşı birimini kontrol eden doğrultu atımlı sol yanal fay Başçayır Fayı olarak adlandırılmıştır. Ayrıca aynı bölgede yüzeyleyen Deliktaş formasyonuna ait kireçtaşı birimi içerisinde küçük boyutlu doğrultu atımlı faylanmalarda gözlenmiştir.

3.5.2.1. Kayapınar fayı

İnceleme alanının kuzey sınırını oluşturan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer formasyonuna ait kireçtaşı birimi içerisinde doğrultu atımlı sağ yanal faylanma gözlenmiştir. Faylanmanın bulunduğu bölge sarplık olduğundan fay üzerinde detaylı bir çalışma gerçekleştirilememiştir. Fakat uydu görüntüleri yardımı ile faylanmanın doğrultu atımlı sol yanal bir fay olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.11). Faylanma yalnızca Tecer formasyonuna ait kireçtaşı seviyesi içerisinde gözlenmiş olup diğer birimlerde herhangi bir izine rastlanılmamıştır.



Şekil 3.11: İnceleme alanında gözlenen doğrultu atımlı sağ yanal Kayapınar Fayı'nın Google Earth' de gösterimi.

3.5.2.2. Boztepe fayı

İnceleme alanının orta kesimlerindeki Boz Tepe' yi oluşturan Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonuna ait kireçtaşı birimi ile aynı formasyona ait çakıлтаşı birimi arasındaki kuzeybatı sınırı sol yanal doğrultu atımlı faylanma ile kontrol edilmektedir. Katmanlanmanın güneybatıya eğimli olduğu kireçtaşı biriminde faylanmanın bulunduğu hat boyunca eğimin güneydoğuya doğru olduğu ve katmanların diklik kazandığı gözlenmiştir (Şekil 3.12).



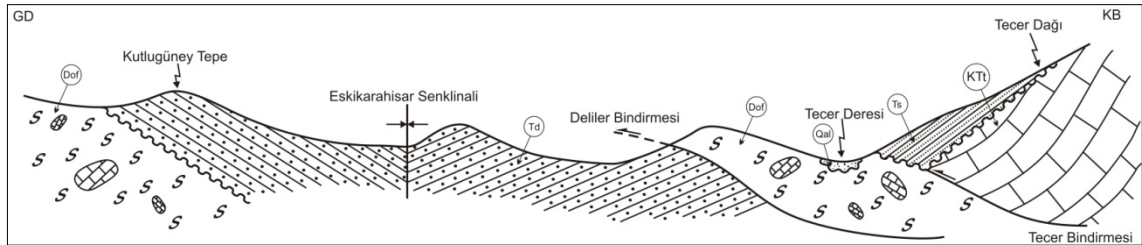
Şekil 3.12: Boz Tepe civarında yüzeyleyen Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonunu oluşturan kireçtaşı birimi ile çakıltaşı birimi arasındaki doğrultu atımlı sol yanal Başçayır Fayı'nın görünümü.

3.5.3. Bindirme Fayları

İnceleme alanında gözlenen bindirme faylarından ilki Divriği ofiyolitli karışığına ait birimlerin, Yılanlıdağ formasyonunu oluşturan kireçtaşlarını tektonik olarak üzerlemesi ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer formasyonuna ait birimlerin Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı üzerine tektonik olarak bindirmesi sonucu oluşmuştur. Bu bindirmelerin ilki Felhan Bindirmesi, ikincisi ise Tecer Bindirmesi olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında gözlenen bu bindirmeler iki birim dokanağında gelişmiştir. Bundan dolayı Felhan Bindirmesi arazide iki birimin dokanağında kolaylıkla gözlenirken, Tecer Bindirmesi'ne ait bindirme fayı yamaç molozları tarafından örtüldüğünden dolayı inceleme alanında görmek mümkün değildir (Şekil 3.13).

İnceleme alanının orta kesimlerinde yer alan ve Boz Tepe'yi oluşturan Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonuna ait kireçtaşı birimi içerisinde ve yine aynı formasyonu oluşturan kumtaşı birimi ile olan sınırları bindirmelidir (Şekil 3.14).

Diğer bir bindirme ise Deliler Bindirme Kuşağı olarak adlandırılmakta olup inceleme alanı içerisinde Tecer Deresi'ne paralel yaklaşık D-B bir uzanım göstermektedir.



Şekil 3.13: Deliler ve Tecer Bindirmesi'ni gösteren jeolojik enine kesit (Dof: Divriği ofiyolitli karışığı, Td: Deliktaş formasyonu, Ts: Selimiye formasyonu, KTt: Tecer formasyonu, Qal: Alüvyon, Ölçeksiz).

3.5.3.1. Felhan bindirmesi

Bu bindirme fayı Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonu ile Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler arasında gözlenmiştir (Şekil 2.5). İç Torid Süturu'nun

dokanakta gelişmiştir. Bölgedeki en yaşlı kaya birimini olan Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları KD' ya doğru Alt Miyosen yaşlı Deliktaş birimi içerisindeki kumtaşı birimi üzerine bindirdiği gözlenmiştir. Bindirmenin etkisi ile birlikte kireçtaşı biriminde yoğun bir şekilde deformasyon ve doğrultu atımlı faylanmalar gelişmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Deliktaş Bindirmesi' nin Deliktaş Tepe civarındaki görünümü (D' dan B'ya bakış).

3.5.3.5. Deliler bindirme kuşağı

Bölgede temeli Toros kuşağına ait Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ve üzerine tektonik olarak yerleşmiş Üst Kretase ofiyolitli karışığı oluşturmaktadır. Bu temel üzerinde, Deliler Bindirme Kuşağı olarak adlandırılan ve inceleme alanı içerisinde Tecer Deresi'ne paralel yaklaşık D-B bir uzanıma sahip bindirme fayı gözlenmektedir. Deliler Bindirme Kuşağı ile ayrılan iki ayrı istif yer alır (Şekil 3.13).

Deliler Fay Kuşağın' ın güneyinde Oligosen-Alt Miyosen yaşlı kalın bir karasal çökel istifi gözlenirken kuzeyinde Üst Kretase-Paleosen yaşlı resifal Tecer kireçtaşı, Alt-Orta Eosen yaşlı denizel bir istif ve Oligosen-Alt Miyosen yaşlı jips içeren karasal-sığ denizel çökel topluluğu yer almaktadır.

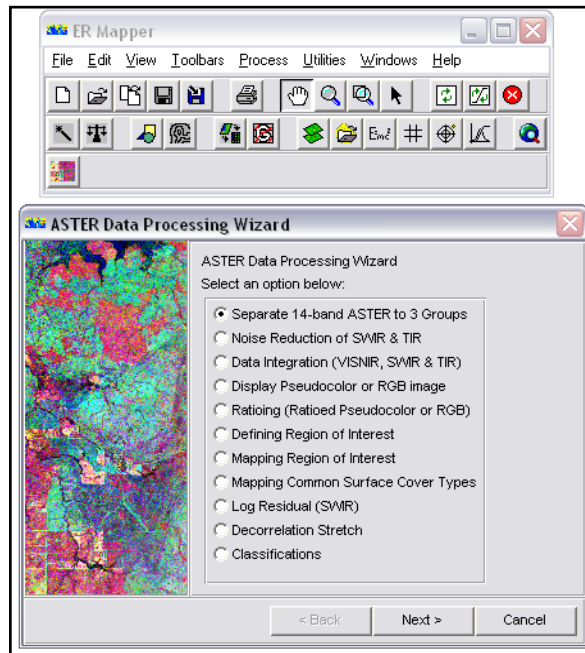
4. UZAKTAN ALGILAMA

Tezin bu bölümünde, inceleme alanını içine alan pg-PR3A0100-2003122003_005_001 granül nolu ASTER görüntüsüne, arazide gerçekleştirilen haritalama çalışmalarını destekleyen ve kontrol etme olanağı sağlayan görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır. Genel olarak spektral zenginleştirme yöntemleri Er Mapper 7.01 programı yardımıyla gerçekleştirilmiş ve NETCAD GIS 5.0 programıyla araziye ait 3 boyutlu görünümler üretilmiştir. Spektral zenginleştirme yöntemleri olarak parazit azaltma, bant kombinasyonu, bant oranlama, temel bileşen analizi, dekorelasyon gerilmesi ve sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır.

Bilindiği gibi uydu görüntüleri ham veriler olup bu görüntülerden sağlıklı bilgiler ortaya çıkarılması amacıyla görüntüde algılayıcıdan, güneş ışınımından ve atmosferik olaylardan kaynaklanan sorunların en baştan çözülmesi gereklidir. Bu kapsamda Er Mapper 7.01 görüntü işleme programının ASTER Wizard'ı (Şekil 4.1) kullanılarak görüntüde topografya, algılayıcı ve güneş ışınımından kaynaklanan parazitlerin (noise) giderilmesine yönelik düzeltmeler yapılmıştır.

Bu modüller arasında ayrıca SWIR ve TIR bantlarındaki düşük sinyal/parazit oranından dolayı kaynaklanabilecek problemlerin giderilmesine yönelik bir modül de (Noise Reduction of SWIR & TIR) bulunmakta olup söz konusu ASTER görüntüsüne bu işlem de ayrıca uygulanmıştır. Bu modülle söz konusu bantlara temel bileşen analizi (Principal Component Analysis) uygulandıktan sonra bir standart sapma filtresi uygulanarak ve sonra da tekrar orijinal durumuna geri döndürülerek işlem tamamlanmıştır.

Yeryüzü objelerinin yüksek yansımaya değerinin düşük yansımaya değerindeki banda bölünmesiyle inceleme alanında yüzeyleyen farklı kayaç gruplarının yayılımları hakkında sağlıklı yorumlar yapabilmek amacıyla ASTER görüntüleri üzerinde bant oranlama (Ratioing) işlemi gerçekleştirilmiştir.



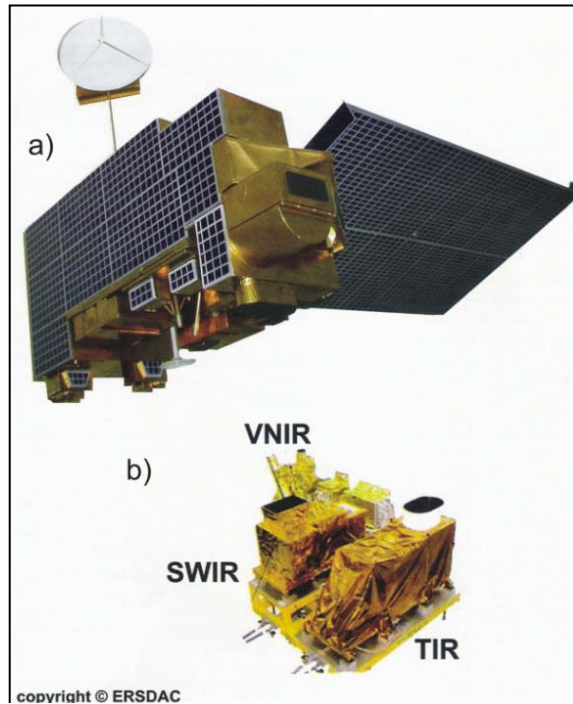
Şekil 4.1: ER Mapper programının ASTER Wizard arayüzü.

Bölgenin ASTER görüntüsüne görüntü işleme yöntemlerinden dekorelasyon gerilmesi (Decorrelation Stretching) uygulanmıştır. Bu işlemle bölgede gözlenen yapısal veriler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

4.1. ASTER Görüntü Verisi

ASTER algılayıcısı, yer yüzeyinden 705 km. yükseklikteki bir yörüngede hareket eden Terra platformu üzerine monte edilmiştir (Şekil 4.2, Tablo 4.1). ASTER 18 Aralık 1999 yılında California' da bulunan Vandenberg Hava Üssünden fırlatılmıştır. Japonya Uluslararası Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) ve Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Uzay Araştırma Merkezi (NASA) tarafından planlanmıştır. ASTER modülü Terra üzerindeki beşinci (MODIS, MISR, CERES, MOPITT) algılayıcıdır. Geniş bir spektral aralığa, yüksek yersel çözünürlüğe sahip olup görünür kızıl ötesi, kısa dalga kızıl ötesi ve termal kızıl ötesi spektral alanlarına sahiptir. ASTER verileri bitki örtüsü ve ekosistem dinamiği, doğal afet izleme, jeoloji ve toprak, kara alanların iklimselliği, hidrojeoloji ve kara alanların değişimi gibi çok değişik alanları kapsayan uygulama alanlarında tercih edilmektedir (Tablo 4.2).

Her bir ASTER görüntüsü 60 x 60 km.² 'lik bir alanı kapsamaktadır. ASTER uçuş sırasında sürekli değil, her turda sadece 8 dk. veri kaydı yapan bir algılayıcıdır. Yersel çözünürlüğü dalga boylarına göre değişiklik gösterir. Buna göre; görünür ve yakın kızıl ötesi (VNIR) dalga boyunda 15 m., kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) dalga boyunda 30 m. ve termal kızıl ötesi (TIR) dalga boyunda ise 90 m. 'dir (Tablo 4.2). Buna ek olarak yakın kızıl ötesi bölümündeki geriye-bakış (backward) algılayıcı stereo görüntü oluşturmaya imkan sağlamaktadır.



Şekil 4.2: Terra uyduyu (a) ve ASTER algılayıcısının (b) görünümü (ERSDAC).

Tablo 4.1: Terra uydusuna ait yörünge bilgileri (ASTER User's Guide, 2005).

Yörünge türü	Daireye yakın ve güneş ile eşzamanlı
Tekrar süresi	16 gün
Bir günde yaptığı devir	14
Yükseklik	705 km
Eğiklik	98.3 ⁰
Yörüngesel periyod	98.88 dk.
Ekvator geçiş zamanı	10:30 (yerel saatle)

Tablo 4.2: ASTER uydu görüntülerinin bant bilgileri ve birincil uygulama alanları (ASTER User's Guide, 2005).

Alt sistem	Bant no.	Spektral aralık (µm)	Alansal çözünürlük (m)	Birincil uygulama alanları
VNIR	görünür ve yakın kızılötesi (visible and near infrared)	1	0.52 – 0.60	jeoloji, demiroksit mineralleri, mercan resiflerinin haritalanması, sayısal yükseklik modeli, buzul izleme, kara alanların sınıflandırılması ve değişim belirleme, bulut sınıflaması, toprak nemliliği, yüzey enerji dengesi, yerleşim yeri gelişimi, bitki örtüsü kapsamı, volkanların izlenmesi, sulak alanların haritalanması.
		2	0.63 – 0.69	
		3 N 3 B	0.78 – 0.86	
SWIR	kısa dalga kızılötesi (short-wave infrared)	4	1.600 – 1.700	jeoloji, hidrotermal alterasyon alanları, toprak sınıflaması, karasal alanların sınıflandırılması, değişim belirleme, yüzey enerji dengesi, volkanların izlenmesi.
		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	termal kızılötesi (thermal infrared)	10	8.125 – 8.475	jeoloji, yangın izleme, kara alanların sınıflandırılması, değişim belirleme, bulut sınıflaması, toprak nemliliği, yüzey enerji dengesi, yüzey kinematik ısı, şehir gelişimi, bitki örtüsü, volkan izleme, sulak alanların haritalanması.
		11	8.475 – 8.825	
		12	8.925 – 9.275	
		13	10.25 – 10.95	
		14	10.95 – 11.65	

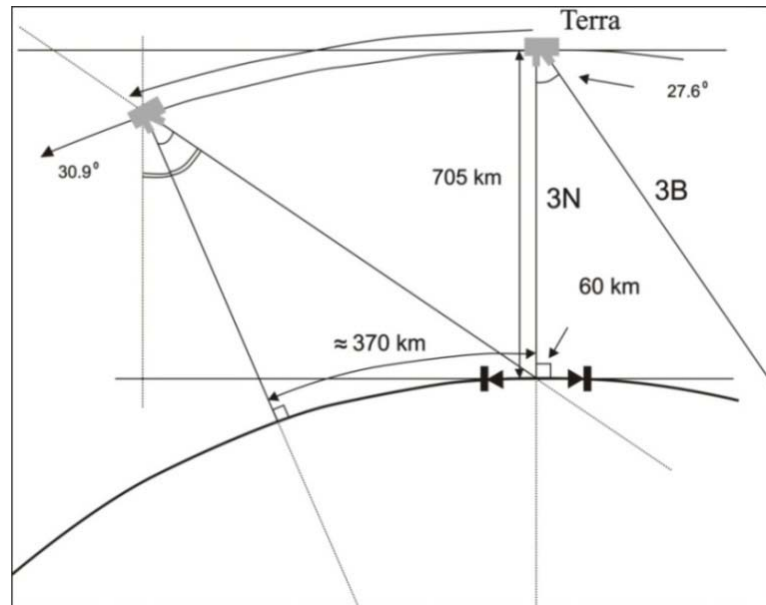
4.1.1. VNIR bantları

VNIR' de nadire yönlendirilmiş üç kanallı bir CCD detektörü ve nadirden 27.7° arkaya bakan tek kanallı bir detektör vardır. Bu detektör sayesinde uçuş yönünde, baz-yükseklik oranı 0.6 olan stereoskopik kayıtlar yapılabilir (Tablo 4.3). Bu kayıtlar düşeyde doğruluk duyarlılığı yüksek olan sayısal yükseklik modeli üretiminde kullanılmaktadır.

Terra uydusundan bindirmeli görüntü çekimleri sadece ASTER' in VNIR algılayıcısı tarafından yapılmaktadır. Nadir ve geriye yönelmiş olan birbirinden bağımsız iki teleskopu sayesinde aynı yörüngede çok kısa bir süre içerisinde istenen bölgenin bindirmeli görüntüleri çekilebilmektedir (Şekil 4.3). Bu iki teleskop arasındaki bakış açısı yaklaşık olarak 27.6° dir ve bu da aynı yörüngede 0.6 değerinde bir baz yükseklik (base to height-B/H) oranına denk gelmektedir. Ayrıca bu iki teleskop $\pm 24^{\circ}$ yan bakış açısı özelliğine de sahiptir. Bu sayede aynı yörünge üzerinde bindirmeli görüntü almasının yanı sıra farklı yörüngelerden de daha iyi bir (B/H) oranıyla (1'e yakın) bindirmeli görüntü çekebilir (Toutin,2002).

Tablo 4.3: VNIR cihazının bazı özellikleri (ASTER User Guide).

Teleskoplar	Nadir ve Geriye yönelmiş
Tayfsal genişliği	Nadir için Yeşil, Kırmızı ve NIR Geriye-bakış için NIR
Çözünürlük	15 m.
Aynı yörüngede B/H oranı	0.6
En yüksek yan bakış açısı	$\pm 24^{\circ}$
Kapsadığı alan	60x60 km.
Örnekleme aralığı	8 bit



Şekil 4.3: ASTER' in aynı yörüngeden bindirmeli görüntü çekimi (Hirano, 2002).

4.1.2. SWIR bantları

SWIR alt sistemi nadire yönlendirilmiş 6 kanallı (kanal 4-9) bir kamera ya da teleskoptur. Uçuşa dik doğrultuda nadire göre 8.55° eğik olarak da yönlendirilebilmektedir.

4.1.3. TIR bantları

TIR termal kızılötesi spektrum alanında 5 kanaldan oluşan bir algılayıcıdır ve her bir kanalda da 10 detektörü vardır. Önceki iki algılayıcı iten mekanizmalı iken TIR döner mekanizmalı çalışmaktadır. Döner ayna hem uçuşa dik doğrultuda tarama, hem de cihazı nadire göre 8.55° eğik yönlendirme için kullanılır.

4.1.4. Jeolojik Uygulamalarda Kullanılan ASTER Level 3A Verilerinin Teknik Özellikleri

ASTER Level 3A verisi, yükseklik farklılıklarına bağlı olarak oluşan coğrafik bozukluklardan temizlenmiş (ortho-rektifiye) bir üründür. ASTER Level 3A verisi, toplam 14+1 bant ve 3 sayısal yükseklik modelinden oluşan bir veridir. Coğrafik pozisyon için her piksele karşılık gelen yükseklik verisi uygulanmıştır.

ASTER Level 3A verisinde, VNIR bantlar 8 bit unsigned, SWIR Bantlar 8 bit unsigned, TIR bantlar 16 bit unsigned ve sayısal yükseklik verileri (DEMZV, DEMZS, DEMZT) 16 bit signed veri tipi olarak gelmektedir. ASTER Level 3A verisi içinde bulunan sayısal yükseklik modelleri (DEMZV, DEMZS, DEMZT) içinde (-9999) değeri null değer olarak atanmakta olup ASTER Level 3A verisi, konumsal doğruluk olarak x,y' de ± 50 m., z (DEM)' de ise ± 30 m. (relatif) değerlerine sahiptir. ASTER Level 3A verisi, bütün bantları ve sayısal yükseklik modelleri dahil tek bir veri altında (.hdf) veya (.dat) uzantısı halinde gelmektedir.

4.1.5 Jeolojik Uygulamalarda ASTER Uydu Görüntülerinin Kullanımı

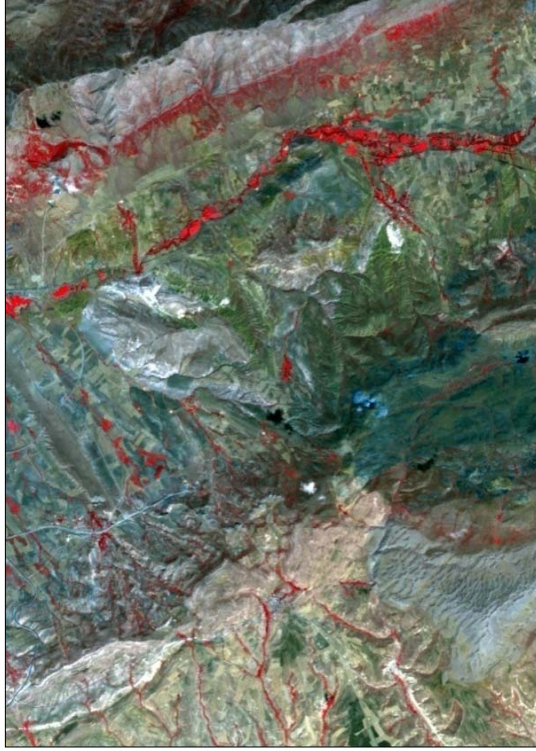
ASTER görüntüleri özellikle kayaç tipi tanımlaması, ayrıntılı volkanik aktivite haritalaması, çizgisel ve dairesel yapıların belirlenmesi, hidrotermal alterasyon alanlarının ve mineralojik zon haritalarının hazırlanması, jeotermal alanların belirlenmesi, stereoskopik üç boyutlu görüntü elde edilmesi vb. gibi jeolojik amaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından en önemlisi ASTER görüntülerinin 14 spektral aralığına sahip olmasından dolayı, mineral ve alterasyon haritalarının daha ayrıntılı bir şekilde oluşturulmasıdır. Bu işlem sonucunda olası maden potansiyeline sahip bölgeler hakkında mineral bazında ayrıntılı bilgiye sahip olunmaktadır.

Bunun dışında ASTER görüntülerinden elde edilen stereoskopik üç boyutlu görüntüler sayesinde fotojeolojik çalışmalarda yapılabilmektedir.

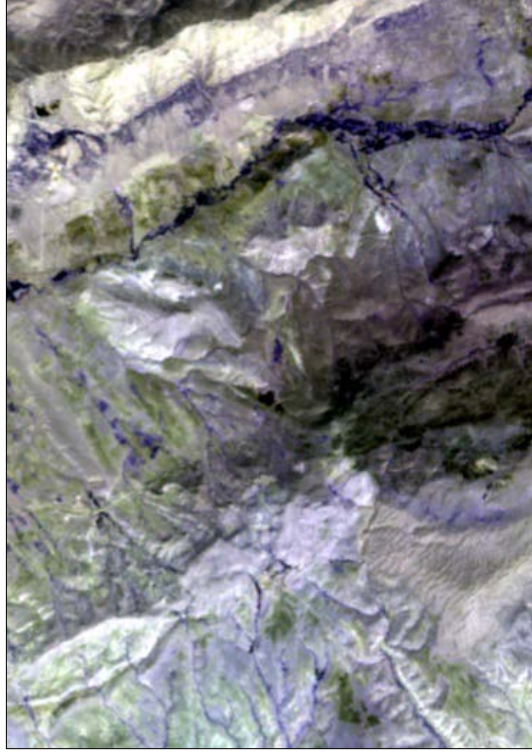
4.2. Görüntü İşleme Yöntemleri

4.2.1. Parazit azaltma işlemi

Bilindiği gibi uydu görüntüleri ham veriler olup bu görüntülerden sağlıklı bilgiler ortaya çıkarılması amacıyla görüntüde algılayıcıdan, güneş ışınımından, atmosferik olaylardan kaynaklanan sorunların en baştan çözülmesi gereklidir. Bu kapsamda Er Mapper görüntü işleme programının ASTER Wizard'ı kullanılarak görüntüde topografya, algılayıcı ve güneş ışınımından kaynaklanan parazitlerin (noise) giderilmesine yönelik düzeltmeler yapılmıştır (Şekil 4.4, 4.5, 4.6).



Şekil 4.4: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün VNIR bandına uygulanan parazit azaltma (noise reduction) işlem sonuçları



Şekil 4.5: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün SWIR bandına uygulanan parazit azaltma (noise reduction) işlem sonuçları

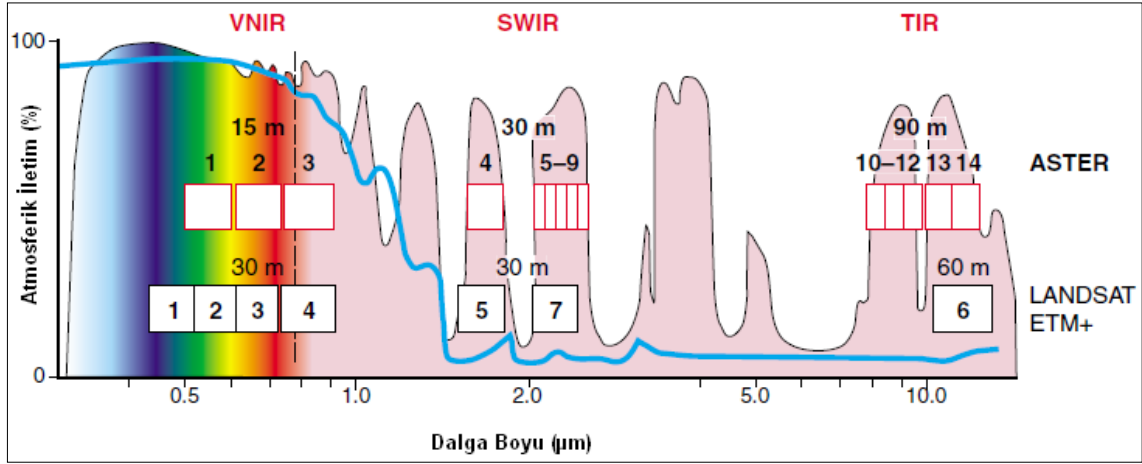


Şekil 4.6: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün TIR bandına uygulanan parazit azaltma (noise reduction) işlem sonuçları

4.2.2. Bant kombinasyonu

ASTER görüntüsünün belirli bantları, (RGB) kompozit olarak görüntülendiğinde litolojik birimlerin sınırlarını belirlemede yardımcı olmaktadır.

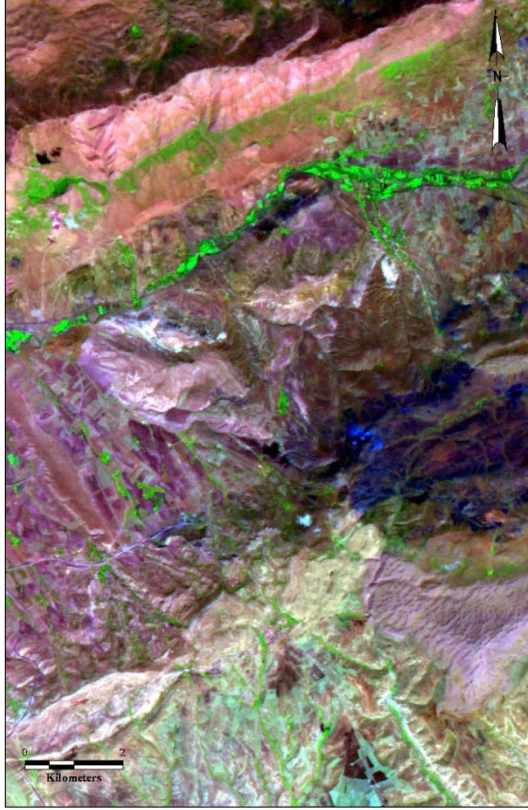
İnceleme alanında yüzey örtü tiplerini en iyi şekilde ifade eden bant kombinasyonunun oluşturulması için yapılan çalışmada ASTER 631 bant kombinasyonu en uygun bileşiklerden birisi olarak ortaya çıkarılmıştır. Bu kombinasyon Landsat TM 742 (RGB) bant kombinasyonuna hemen hemen denk gelebilecek kombinasyondur (Pena ve Abdelselam, 2006) (Şekil 4.7).



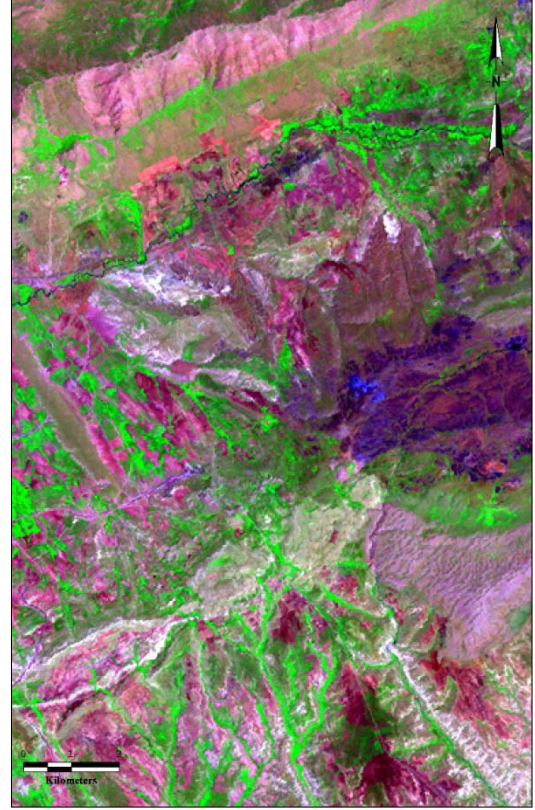
Şekil 4.7: ASTER uydu görüntülerine ait bantlar ile Landsat ETM+ uydu görüntüsüne ait bantların karşılaştırılması (NASA)

Şekil 4.8' de görülebileceği gibi bitki örtüsüne karşılık gelen yeşil renk dışındaki bölgeler genel olarak inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimlerine karşılık gelmektedir.

Bu görüntü görsel olarak değerlendirildiğinde batıda daha çok yaygın olarak yüzeyleyen eflatun rengin inceleme alanının batısında yüzeyleyen Alt Miyosen yaşlı kırıntılı birimleri, doğuda izlenen koyu mavi, lacivert renkteki bölgelerin Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışığa ait birimleri temsil ettiği söylenebilir. Bu birimlerin güneyinde yüzeyleyen açık pembe ve krem renkli alanlarda yüzeyleyen birimlerin ise Üst Triyas-Kretase yaşlı kireçtaşı ve Kangal Havzası'na ait Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı genç kırıntılı birimlere karşılık geldikleri söylenebilir. Ayrıca inceleme alanının kuzeyinde yer alan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer formasyonuna ait kireçtaşlarının oluşturduğu Tecer Dağı görüntüde pembe renklerle temsil edilmektedir.



ASTER (631)

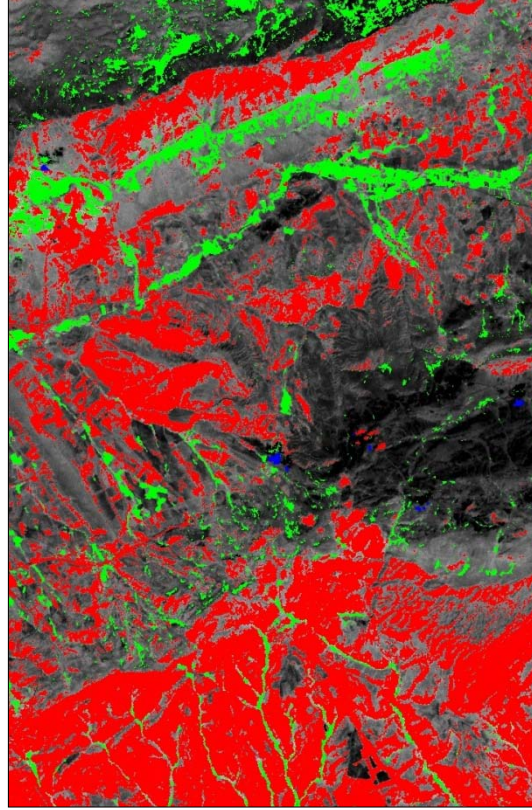


Landsat TM (742)

Şekil 4.8: ASTER 631 (RGB) ve Landsat TM 742 (RGB) bant kombinasyonlarının karşılaştırılması (eflatun renk Eosen yaşlı kırıntılı birimleri, koyu mavi-lacivert renk Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışığı, açık pembe-krem renk Üst Triyas-Kretase yaşlı kireçtaşı ve Kangal Havzası'na ait Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı genç kırıntılı birimleri, pembe renk Tecer formasyonuna ait kireçtaşlarını gösterir).

Ayrıca inceleme alanının su, bitki örtüsü ve yüzeyleyen jeolojik birimleri de içine alan ve bu örtü tipleri dışındaki bölgeleri beraber gösteren algoritmalar yardımıyla görüntüler elde etmek de mümkündür. Er Mapper 7.01 yardımıyla ASTER Wizard' da bulunan algoritmayla bu duruma bir yaklaşım yapılabilir (Şekil 4.9).

Şekil 4.9' deki görüntüde kırmızı renkte gözlenen bölgeler, jeolojik birimlerin yüzeylediği bölgelere karşılık gelir. Yeşil renk, bitki örtüsünü, mavi renk ise, göl ve ırmakların dahil olduğu su kütlelerine karşılık gelir. Bunun dışında siyahla kalan alanların bulunduğu bölgelerin ise bölgedeki jeolojik birimlerden Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışığa karşılık geldiği söylenebilir.



Şekil 4.9: İnceleme alanında su, bitki örtüsü ve yüzeyleyen jeolojik birimlerin gözlenebildiği görüntü (kırmızı renk jeolojik birimlerin yüzeylediği bölgeleri, yeşil renk bitki örtüsünü, mavi renk su kütlelerini, siyahla kalan alanlar Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışığı gösterir).

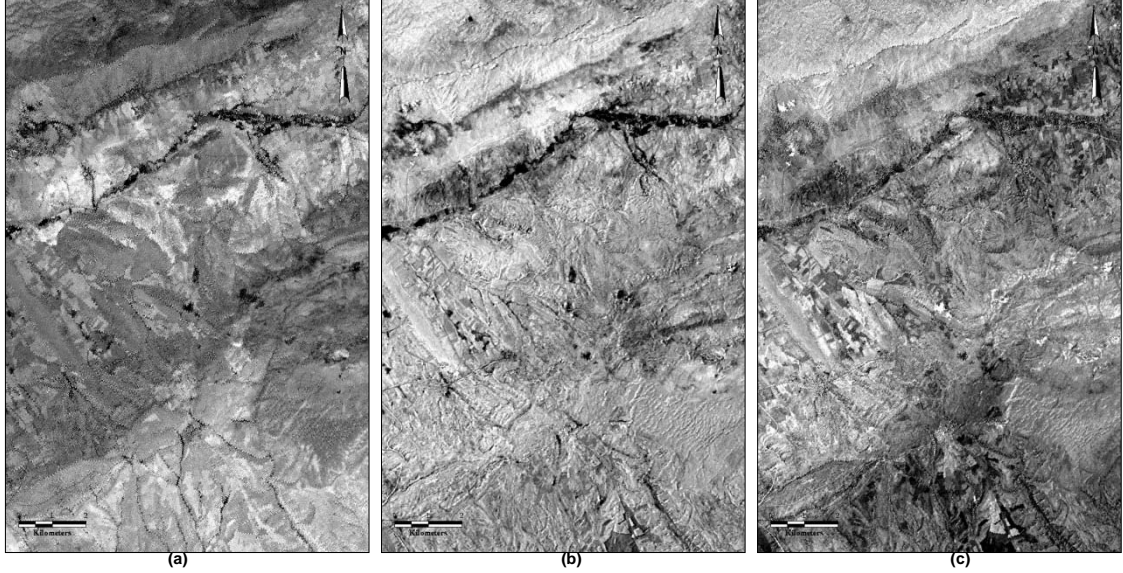
4.2.3. Bant oranlama

Oranlama, görüntü işleme çalışmalarında spektral kanalların matematiksel olarak birbirine bölümüyle ifade edilir. Bant oranlaması ile materyaller arasındaki spektral farklılıklar belirginleştirilir. Bu işleme göre, yeryüzü objelerinin yüksek yansımaya değerinin düşük yansımaya değerindeki banda bölünmesiyle inceleme alanında yüzeyleyen farklı kayaç gruplarının yayılımları hakkında sağlıklı yorumlar yapabilmek mümkün olmaktadır.

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

Demiroksit minerallerinin görünür yakın kızıl ötesinde (VNIR) özel spektral görünümü vardır. Bu özellik limonit, hematit, götit gibi demiroksit minerallerinin diğerlerinden ayırt edilmesinde kullanılabilir. Bant oranlama yöntemlerinin en iyi bilineni bant 2/bant 1 oranı olup ferrik demirin ortaya çıkartılması amacıyla kullanılabilir (Rowan ve Mars, 2003). Bunun dışında bant 4/bant 3 oranı demiroksit, (bant 5/bant 3)+(bant 1/bant 2) oranlaması ferro demir ve bant 5/bant 6 oranı ise baskın yerel kayaların ortaya çıkartılmasında kullanılmaktadır (Tablo 4.4).

Şekil 4.10 (a)' da 2/1 bant oranlamasıyla ferik demirce zengin alanlar, (b)' de 4/3 bant oranlamasıyla demiroksit bakımından zengin alanlar, (c)' de ise (5/3)+(1/2) oranlamasıyla ferro demirce zengin alanlar açık renklerde görülmektedir.



Şekil 4.10: ASTER VNIR verisine uygulanan bant oranlama yöntemi sonuçları (a: 2/1 bant oranlaması, b: 4/3 bant oranlaması, c: (5/3)+(1/2) bant oranlaması)

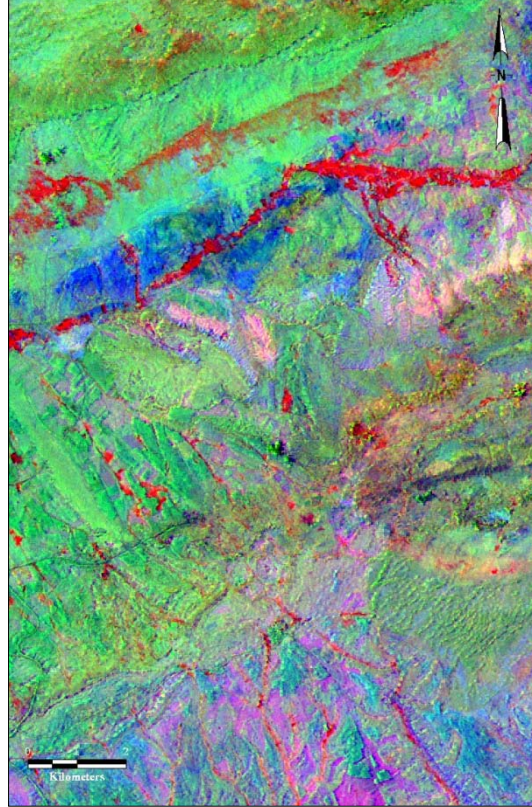
ASTER SWIR verisi 1.60 – 2.43 μm aralığında 6 bant içermektedir. Bu dalga boyu aralığı özellikle alterasyon minerallerinin tayininde başarılı şekilde kullanılmaktadır. Alünit, pirofillit ve kaolen gibi asidik alterasyon mineralleri; serisit, muskovit gibi fillik alterasyon mineralleri; klorit, epidot gibi propilitik alterasyon minerallerinin haritalanmasında ASTER SWIR verisi etkin olarak kullanılmaktadır (Tablo 4.4).

Silikatlı minerali yerküre bileşiminin en yaygın mineralidir ve TIR bölgesinde kendine özgü spektral özelliği vardır. ASTER termal (TIR) multispektral verileri kullanılarak indeksler ile tanımlanan silikatlı kayalardaki kuvars, karbonat ve ana SiO_2 bileşenlerini haritalama yöntemi geliştirilmiştir (Ninomiya ve Fu, 2002). Kalsit ve dolomit ile temsil edilen tüm yaygın karbonat mineralleri de ASTER bant 14'de düşük, bant 10 ve bant 13'de yüksek yansıma gösterirler.

Silikatlı kayalarda, TIR yansımasında dalga boyu düzenli şekilde daha uzun dalga boyuna doğru değişir, yani felsikten ultramafike değişim görülür. Felsik kayalar için bant 12'deki yansıma bant 13'deki yansımadan daha düşük, ultramafik kayalar için yüksektir.

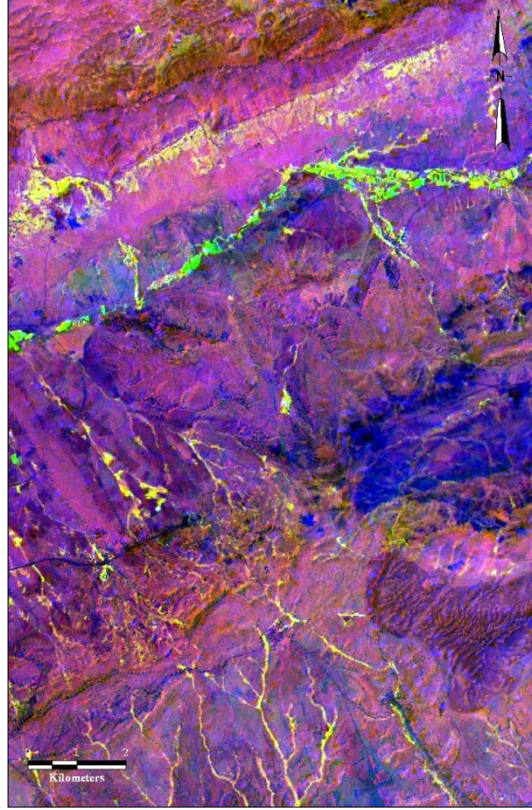
Bant oranlarından yararlanarak ASTER verileri için RGB (Red-Green-Blue) kompozit görüntüleri elde edilebilir (Tablo 4.5). İleri arjilik alterasyon içeren bölgeleri açığa çıkartmak için (b5/b6), (b7/b6), (b7/b5) bant oranlarından RGB kompozit görüntüsü ve (b4/b5), (b4/b6) ve (b4/b9) bant oranlarından RGB kompozit görüntüden hidrotermal altere alanlar açığa çıkartılabilmektedir (Hewson 2003). Ayrıca hidroksil ve/veya karbonat içeren kayaları açığa çıkarmak için (b4/b6), (b4/b7), (b4/b8) bant oranlarından RGB sonuç görüntüsü elde edilir (USGS EROS Data Center, 2004) .

Jeolojik uygulamalar için oldukça önemli olan bant oranlama çalışmalarına örnek olarak verilebilecek aşağıdaki örnekte Abram oranı olarak da bilinen ve ASTER görüntülerinde 4/7, 4/3, 2/1 (RGB) bant kombinasyonuna karşılık gelen renk bileşimi olarak görülmektedir. Bu bileşikleri oluşturan 4/7 oranı kırmızı renk ile temsil edilmekte olup bitki örtüsüne karşılık gelmekte, 4/3 oranı kil ve karbonatlı kaya gruplarını ifade etmekte olup görüntüde yeşil renkli bölgelerin bu kayaları ifade ettikleri söylenebilir. 2/1 oranı ise demir içeriğinin yoğun olarak bulunduğu bölgeleri göstermekte olup görüntüde mavi renkte gözlenir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: ASTER 4/7, 4/3, 2/1 (RGB) kombinasyonu (kırmızı renk (4/7) bitki örtüsünü, yeşil renk (4/3) kil ve karbonatlı kaya gruplarını, mavi renk (2/1) demir içeriğinin yoğun olarak bulunduğu bölgeleri gösterir).

Bir diğer jeolojik uygulamalar için oldukça önemli olan oranlama çalışması, ASTER görüntülerinde haritalama için ayırım amaçlı bant oranlama olan 4/1, 3/1, 12/14 (RGB) bant kombinasyonuna karşılık gelen renk bileşimi olarak elde edilmektedir (Abdelsalam, 2001). Bu bileşikleri oluşturan 4/1 oranı görüntüde kırmızı renkle temsil edilmekte ve Alt Miyosen yaşlı kırıntılı kayaları oluşturan kumtaşlarına karşılık gelmekte, 3/1 oranı bitki örtüsünü göstermekte olup görüntüde yeşil renkli bölgeleri ifade ettikleri söylenebilir. 12/14 oranı ise mavi renkte inceleme alanın doğu kesiminde yüzeyleyen ve koyu Üst Kretase yaşlı ofiyolitli karışığı göstermektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: ASTER 4/1, 3/1, 12/14 (RGB) kombinasyonu (kırmızı renk (4/1) oranı kırıntılı kayaları (kumtaşları), yeşil renk (3/1) oranı bitki örtüsünü, mavi renk (12/14) oranı ofiyolitik karışığa ait kayaları göstermektedir).

Tablo 4.4: Gri tonda görüntü elde etmek için kullanılan oranlar (Kaliknowski ve Oliver, 2004).

Özellik	Bant Oranı	Açıklamalar	
Demir			
Ferrik demir, Fe ³⁺	2/1		Rowan ve Mars, 2003
Demirli demir, Fe ²⁺	5/3 + 1/2		Hewson ve diğ., 2001-2004
Laterit	4/5		Rowan ve Mars, 2003
Gossan (Demir Şapka)	4/2		Bierwirth, 2002
Demirli silikat (Biyotit, klorit, amfibol)	5/4	Fe oksit Cu-Au Alterasyon	Volesky ve diğ., 2003
Ferrik oksitler	4/3	Mutlak olabilir	Hewson ve diğ., 2001-2004
Karbonatlar / Mafik Mineraller			
Karbonat / Klorit / Epidot	(7+9)/8		Rowan ve Mars, 2003
Epidot / Klorit / Amfibol	(6+9)/(7+8)	Endoskarn	Hewson ve diğ., 2001-2004
Amfibol / MgOH	(6+9)/8	MgOH yada karbonat olabilir	Hewson ve diğ., 2001-2004
Amfibol	6/8		Bierwith, 2002
Dolomit	(6+8)/7		Rowan ve Mars, 2003
Karbonat	13/14	Ekzoskarn (kalsiyum/dolomit)	Bierwith, Ninoyima, Hewson ve diğ., 2001-2004
Silikatlar			
Serizit / muskovit / illit / simektit	(5+7)/6	Fillik alterasyon	Rowan ve Mars, 2003
Alunit / kaolinit / pirofillit	(4+6)/5		Hewson ve diğ., 2001-2004
Phengitic	5/6		Rowan ve Mars, 2003
Muskovit	7/6		Hewson ve diğ., 2001-2004
Kaolinit	7/5	Sadece tahmini	Hewson ve diğ., 2001-2004
Kil	(5x7)/6 ²		Hewson ve diğ., 2001-2004
Alterasyon	4/5		Bierwith, 2002
Host rock	5/6		Volesky ve diğ., 2003
Silis			
Kuarsca zengin kayalar	14/12		Rowan ve Mars, 2003
Silis	(11x11)/10/12		Bierwith, 2002
Bazik derece indeksi (gnt, cpx, epi, chl)	12/13	Ekzoskarn (gnt, px)	Bierwith, 2002
SiO ₂	13/12	14/12 gibi	Hewson ve diğ., 2001-2004
SiO ₂	12/13		-
Silisiye kayalar	(11x11)/(10x12)		Ninoyima, 2002
Silis	11/10		Ninoyima, 2002
Silis	11/12		Hewson ve diğ., 2001-2004
Silis	13/10		Hewson ve diğ., 2001-2004
Diğer			
Bitkiler	3/2		-
NDVI	(3-2)/(3+2)	Normalden farklı bitki indeksi	-

Tablo 4.5: RGB görüntü elde etmek için kullanılan oranlar (Kaliknowski ve Oliver, 2004).

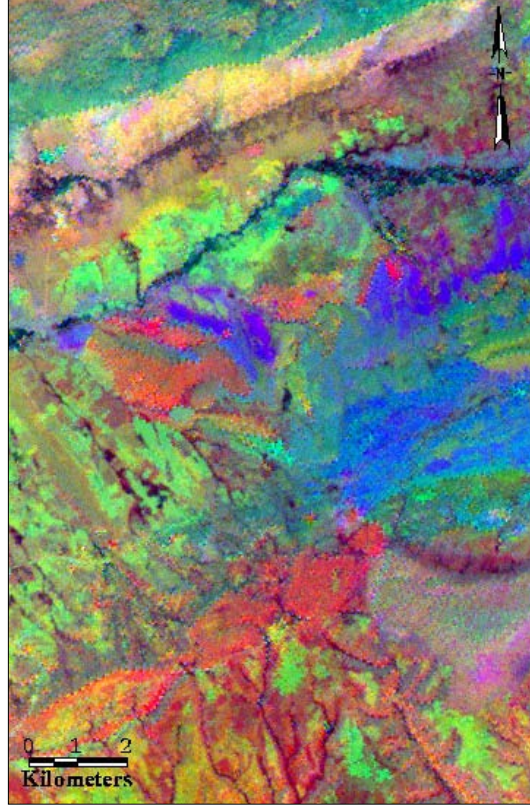
Özellikler	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Referans
Bitki ve görünür bantlar	3, 3/2, veya NDVI	2	1	-
AlOH mineralleri/ İleri arjilik alterasyon	5/6 Fenjit (5x7)/6 ²	7/6 Muskovit 6/8	7/5 Kaolinit 4/5	Hewson ve diğ., 2001-2004 Bierwith, 2002
Kil, amfibol, laterit	Kil	Amfibol	Laterit	
Alterasyon yerel kayalar	4/2	4/5	5/6	Volesky ve diğ., 2003
Alterasyon yerel kayalar	6	2	1	-
Dekorelasyon	13	12	10	Bierwith, 2002
Silika, karbonat, temel içerik	(11x11)/10/12	13/14	12/13	Bierwith, 2002
Silika, karbonat	(11x11)/(10x12)	13/14	12/13	Ninoyima, 2002
Silika	11/10	11/12	13/10	Hewson ve diğ., 2001-2004
Haritalama için ayırım	4/1	3/1	12/14	Abdelsalam, 2001
Sülfite zengin alanlarda ayırım	12	5	3	-
Ayırım	4/7	4/1	(2/3) x (4/3)	Sultan, 1986
Ayırım	4/7	4/3	2/1	Abrams ve Hook, 1995
Silika, Fe ²⁺	14/12	(1/2) + (5/3)	MNF Bant 1	Rowan ve Mars, 2003
Yapısal özelliklerin vurgulanması	7	4	2	Rowan ve Mars, 2003

4.2.4 Temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis-PCA)

Temel bileşenler analizi, aralarında korelasyon bulunan değişkenler setini aralarında korelasyon olmayan yeni bir değişken setine dönüştüren istatistiksel bir tekniktir. PC dönüşümü genelde spektral fazlalığı azaltmak için kullanılır. Diğer bir anlatımla, verinin boyutunu (bant sayısını) azaltmakta önemlidir. Ayrıca PC dönüşümü, ham veride gizlenmiş ya da görülemeyen spektral özellikleri daha belirgin hale getirir. Analiz, benzer verileri sıkıştırarak veri tekrarını önler ve orijinal veriden daha yorumlanabilir bir görüntü elde edilmesini sağlar. Bu teknik yüzey materyallerinin (hidrotermal alterasyon minerallerini belirlemek için) görsel olarak yorumlanmasında ve tanımlanmasında yararlıdır (Erdaş Field Guide, 2003; Kariuki vd., 2004; Abera, 2005).

ASTER görüntülerine uygulanan ve en iyi sonuçlardan birisini SWIR bantlarına uygulanan temel bileşen analiz (Principal Components Analysis-PCA) işlemi vermiştir (Şekil

4.13). Bu görüntüde de izlendiği gibi uygulanan PCA işleminde bölgede özellikle ofiyolitik karışığa ait kayaçların doğudaki bölgelerde mavi renklere, Alt Miyosen yaşlı çakıltaşları eflatun, kireçtaşları kırmızı ve diğer kırıntılılar ise yeşil–açık yeşil renklere görülmektedir. Ayrıca inceleme alanının güneydoğusunda bulunan Üst Triyas- Alt Kretase yaşlı birimleri açık pembe-gri renkte görülür.



Şekil 4.13: İnceleme alanına ait ASTER görüntüsünün SWIR bantlarına uygulanan temel bileşen analiz görüntüsü (mavi renk ofiyolitik kayaçları, Alt Miyosen yaşlı çakıltaşları eflatun, kireçtaşları kırmızı ve diğer kırıntılılar ise yeşil–açık yeşil renklerinde ve açık pembe-gri renk Üst Triyas- Alt Kretase yaşlı birimleri gösterir).

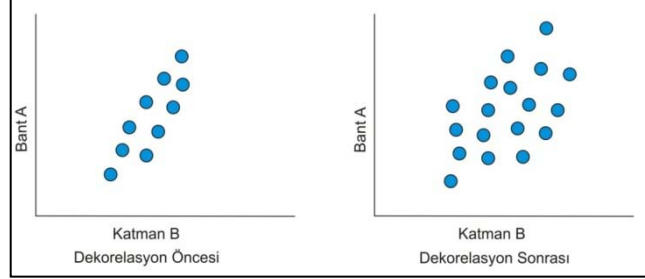
4.2.5. Dekorelasyon gerilmesi (Decorrelation Stretch)

Esası temel bileşenler analizi olan dekorelasyon gerilmesi, korelasyonu yüksek olan çok bantlı görüntüler için bir renk zenginleştirme tekniğidir. Renklerdeki abartı sayesinde görsel yorumlama geliştirilir ve özellikler daha kolay tanımlanır.

Dekorelasyon gerilmesi bantlar arasındaki varyasyonu artırarak yüksek derece ilişkilendirilmiş bantları görüntülemeye kullanılan bir yöntemdir (SWIR veya TIR bantlarının kombinasyonu). Örneğin; TIR 10, 12 ve 13 bantları yüksek derecede ilişkilendirilmiştir ve oldukça donuk RGB görüntüsü üretirler. Bu tür görüntülerin yorumlanması zordur. Görüntülere dekorelasyon gerilmesi uygulamak aslında bantların ilişkilendirilemediği spektrum alanlarını öne çıkarmak ve bantlar arasındaki azami ilişkilendirmeyi sağlamaktır (Şekil 4.14). Özellikle bitki örtüsü olmayan bölgelerde başarılı sonuçlar alınır.

Bu yöntem üç temel adım içerir. Birinci adımda, eigen vektör matrisindeki sıra ve sütunların yerleri değiştirilerek uygulanan temel bileşenlere dönüşümdür. İkincide ise,

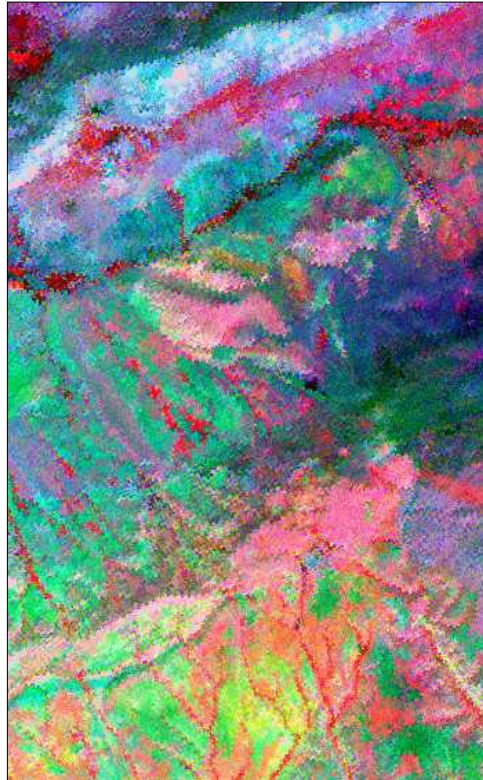
Gaussian gerilmesi ile uygulanan bir kontrast eşitleme işlemi gerçekleştirilir. Böylece tüm temel bileşenlerin histogramları belirlenmiş bir aralıkta Gaussian dağılımına yaklaşır. Üçüncü olarak, temel bileşenler dönüşümünün tersi olan bir koordinasyon dönüşümüyle eigen vektörlerin her temel bileşen için ağırlığına göre değerlendirilmesiyle, veri orijinal spektral kanallarına aktarılır.



Şekil 4.14: Dekorelasyon öncesi ve sonrasında bantlar arasındaki varyasyon ilişkisi.

Bölgenin ASTER görüntüsüne dekorelasyon gerilmesi (Decorrelation Stretching) uygulanmıştır. Bu yöntemin esasını bantlar arası korelasyonun küçültülmesi ve ek olarak yorumun görsel açıdan artırılmasına yönelik aralık dinamik bir uzanım (stretch) işleminin uygulanması oluşturur (Gillespie ve diğ., 1986).

Bu yöntem ile karbonatlı kayalara ait yüzleklerin açık pembe renkte gözleendiği ve diğer birimlerle olan sınırı net bir şekilde ortaya konulduğu halde doğudaki koyu yeşil-mavi renkte gözlenen ofiyolitik karışığa ait kayalar içindeki ayrımlanmanın belirgin olmadığı izlenebilmektedir (Şekil 4.15).



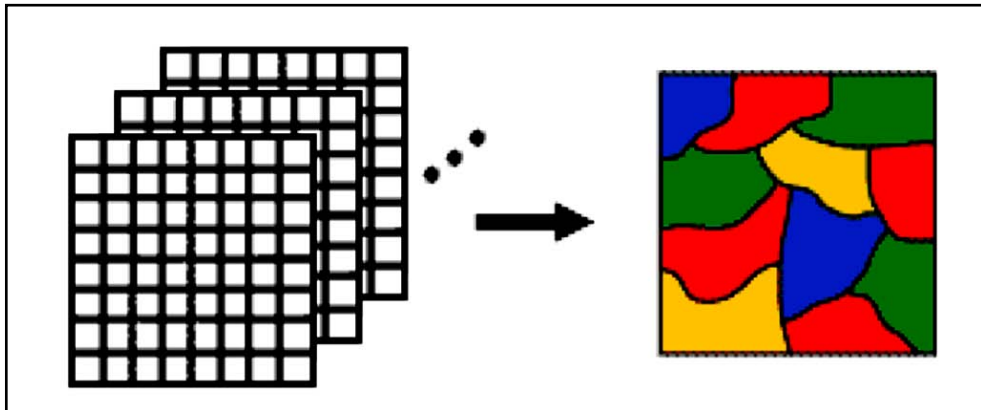
Şekil 4.15: İnceleme alanına ait ASTER SWIR bantlarına uygulanan dekorelasyon gerilmesi sonucu bölgedeki ayırtlanabilecek litolojik birimlerin farklı renlerdeki görünümü.

4.2.6. Sınıflandırma

Dijital görüntü sınıflandırmasının amacı, bir görüntüdeki aynı spektral özellikleri taşıyan pikselleri arazi sınıflarına veya konularına göre otomatik olarak sınıflara ayırmaktır. Normalde sınıflandırma için çok bantlı görüntü verisi kullanılır ve gerçekte her bir pikselin içindeki veride bulunan spektral desen, sınıflandırmadaki nümerik temel için kullanılır. Yani, farklı coğrafi detaylar kendi spektral yansıma ve yayma özelliklerine bağlı olarak farklı DN (Digital Number) kombinasyonları gösterirler. Bu bilgiler ışığında, piksellerin bilinen özelliklerine göre birbirleriyle karşılaştırılarak, benzer piksel gruplarını bir araya toplanır ve kullanıcıların uzaktan algılama verisini tanıyabilecekleri sınıflara ayırmak mümkündür. Bu sınıflar görüntü veya harita üzerindeki bölgelerini şekillendirir, sınıflandırmadan sonra, dijital görüntü sembol veya renk ile tanımlanan düzenli sınıflar gibi görünür (Campbell, 2000).

Sınıflandırma yöntemleri kontrollü (supervised) ve kontrolsüz (unsupervised) sınıflandırma olarak farklı iki şekilde incelenmektedir. Görüntü sınıflandırma kurallarının amacı, alanı kapsayan sınıflar ve konulara göre bütün görüntü elemanları ayrıştırmaktır. Sınıflandırma işleminde amaca yönelik sınıflandırma algoritmalarının seçimi ve sonuç görüntülerde doğruluk analizinin yapılması gerekmektedir. Jeolojik uygulamalarda sınıflama yöntemleri tamamen litolojik birimler olan yüzey örtü tiplerinin birbirinden ayrılmasını amaçlamaktadır. Kontrollü sınıflandırmada, analiz bilgisayara örnek bir alanı tanımasını ve buna göre sınıflandırmayı yapmasını isterken, kontrolsüz sınıflandırmada insiyatif tamamen bilgisayarda olup analiz sadece spektral sınıf sayısını belirler ve bilgisayar görüntü işlem programı yardımıyla görüntüyü ilgili spektral sınıf sayısına bölerek birbirinden ayrılabilir yüzey örtü tiplerini belirler.

Örnek olarak şekil 4.16' de 3 bantlı bir görüntü için sınıflandırma sonucunu gösterilmekte ve her renk farklı bir sınıfı temsil etmektedir. Sınıflandırma işleminde olması gereken yer dışında farklı bir yere atanan görüntü elemanı hatalar neden olur. Sınıflandırma işleminde oluşacak hatayı en aza indirecek olan sınıflandırma yönteminin seçilmesi gerekmektedir.

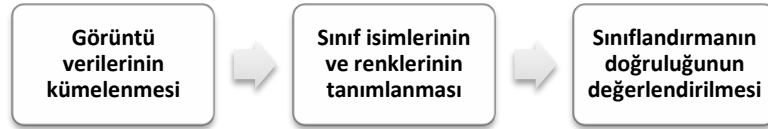


Şekil 4.16: Üç bantlı veri için sınıflandırma sonucu.

4.2.6.1. Kontrolsüz sınıflandırma

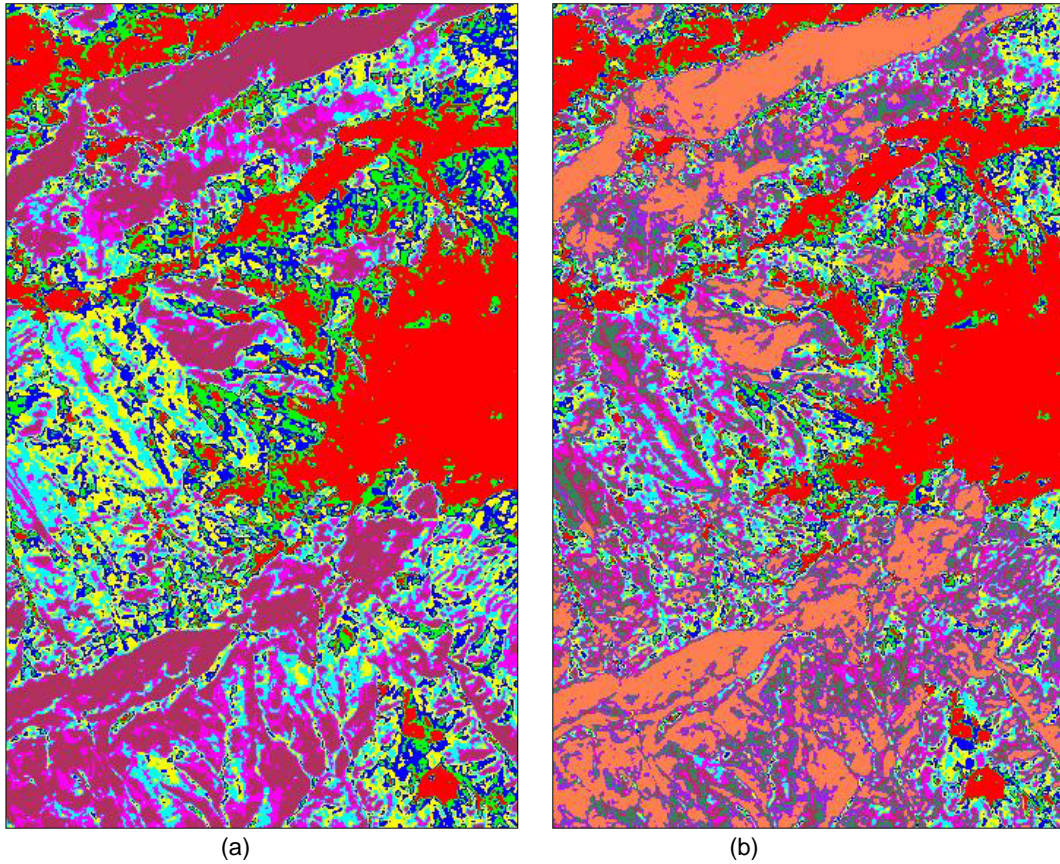
Kontrolsüz sınıflandırma multispektral görüntü verilerinin tematik bilgi sınıflarına çevirme yöntemidir. Bu yöntem genellikle elektromanyetik spektrumun birçok bölgesinde elde edilen belirli coğrafi alanı kabul eder.

Kontrolsüz sınıflandırmada, program otomatik olarak görüntüdeki pikselleri spektral özelliklerine göre gruplar ya da kümeler ve ilk başta tanımladığımız kümeleme parametrelerine göre her bir pikseli ait olduğu kümeye dahil eder. Yani, görüntü verisini Er Mapper' dan belli sayıda sınıfa ayırıp gruplamasını istenebilir ve sınıflama işlemi bittikten sonra her bir sınıfa ayrı renk ve isim verilebilir. Er Mapper 7.01 ' de kontrolsüz sınıflandırma işlemi, aşağıdaki akış şemasında belirtilen yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir(Şekil 4.17).



Şekil 4.17: Er Mapper programında kontrolsüz sınıflandırma işlemi akış şeması (Nik, 2001)

İnceleme alanına ait ASTER görüntüsü üzerine uygulanan son görüntü işlemi yöntemini kontrolsüz sınıflandırma oluşturmuştur. Şekil 4.18' de görülebileceği gibi İzodata yöntemi ile oluşturulan sınıflandırmanın K_Means yöntemi ile oluşturulan sınıflandırmadan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.



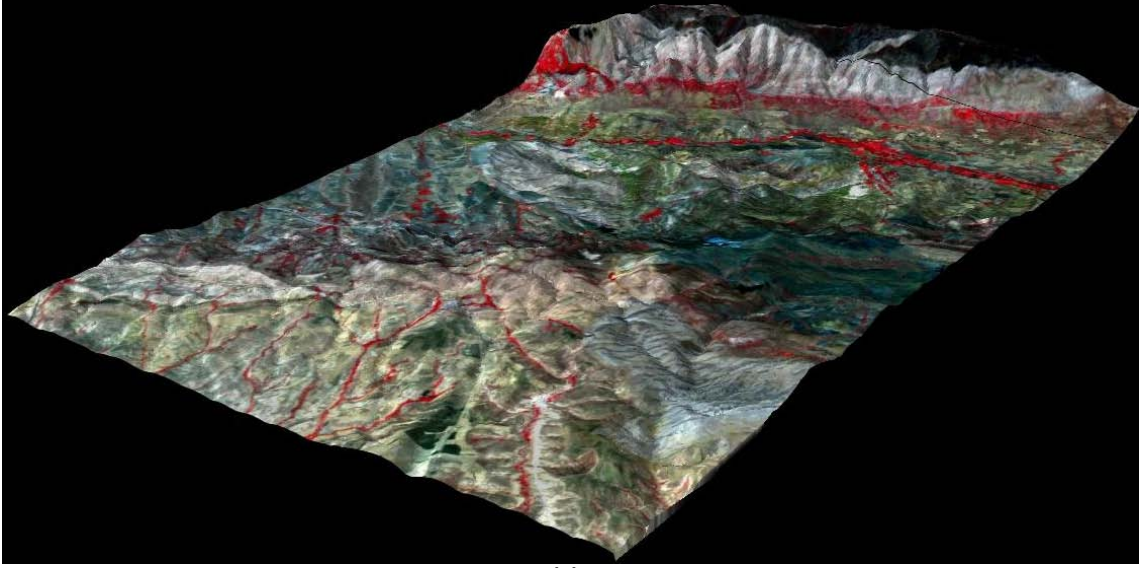
Şekil 4.18: İnceleme alanına ait ASTER uydu görüntüsünde ENVI programı yazılımıyla İzodata (a) ve K_Means (b) yöntemi uygulanılarak oluşturulan kontrolsüz sınıflandırma.

4.2.7. Sayısal yükseklik modeli oluşturma

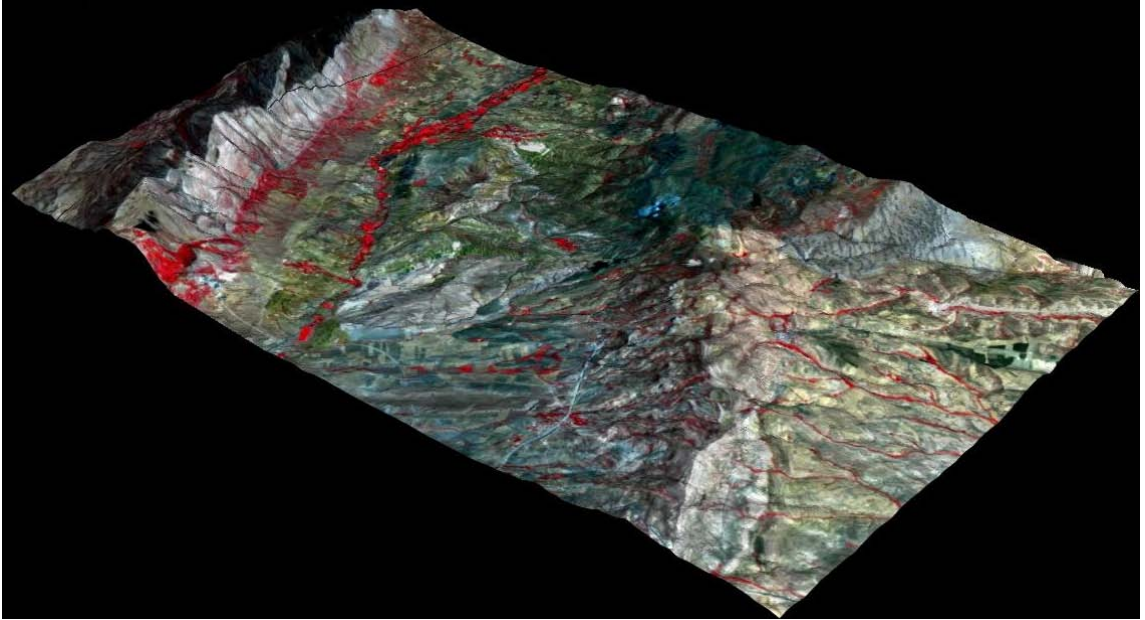
Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), yükseklik bilgisini gösteren raster (hücre tabanlı) bir veri çeşididir. Bu veri topografik haritalardan üretilebileceği gibi bazı uydu verilerinden de elde edilebilir. SYM üretimini uydu verisinden yapabilmek için, algılayıcı sisteminin farklı açılarla aynı alandan veri elde edebilmesi gerekmektedir. Günümüzde birçok uydu verisi SYM üretimine olanak sağlamaktadır. Bunlardan bazıları; ASTER, BİLSAT, IKONOS, SPOT 5 ve QuickBird uydularıdır.

ASTER görüntüsünün 2 adet bağımsız yakın kızıl ötesi algılayıcısı hem SYM üretiminde, hem de stereoskopik (üç boyutlu) görüntüleme de kullanılır. Bu iki algılayıcıdan biri yere yaklaşık olarak dik, diğeri ise yaklaşık 27.50° 'lik açı ile görüntü alır. Algılayıcılardan 27.50° 'lik açı yapanı geriye doğru bakışlıdır ve bir önceki görüntü karesi için SYM üretmeye olanak sağlar. Eğim açısındaki bu farklılık aynı zamanda dört kata kadar bir abartma oranı ile stereoskopik görüntü imkanı sağlamaktadır. Bu sensörler 15 m.' lik bir çözünürlükle görüntü oluşturur. Dolayısıyla teorik olarak elde edilen SYM verilerinin de yersel çözünürlüğü 15 m.' dir.

SYM üretimini topografik haritalardan elde edebilmek için NETCAD GIS 5.0 programı kullanılmıştır. Harita Genel Komutanlığı' ndan TÜBİTAK 107Y146 nolu proje kapsamında alınan sayısal yükseklik paftaları (J 38 a2-J 38 a3), kullanılan program yardımıyla arazi model üretimi yapılmıştır. Oluşturulan arazi modeli üzerinde, aynı yazılımda rektifiye edilmiş bölgeye ait ASTER uydu verisi yerleştirilmiştir. İnceleme alanına ait oluşturulan bu üç boyutlu görünüm Şekil 4.19' de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.19: İnceleme alanına ait NETCAD GIS 5.0 programı yardımıyla oluşturulmuş üç boyutlu görünüm (a: GD' dan KB' ya bakış, b: GB' dan KD' ya bakış).

5. SAYISAL JEOLJİK HARİTALAMA

Sayısal Jeolojik Haritalama (SJH), kâğıt haritaya dayanan geleneksel bir yaklaşımdan ziyade, taşınabilir bilgisayar ve Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS)' nin bazı çeşitlerini kullanarak haritalama ve jeolojik veri toplama sürecidir.

Son yıllarda taşınabilir bilgisayar, GPS donanım ve Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri (MCBS) yazılımlarındaki teknolojik gelişmeler ve yenilikler, yer bilimcilere arazide sayısal veri tutma ve haritalamaya izin vermektedir. Bu süreç birçok araştırmacılar tarafından "sayısal haritalamanın doğumu" ya da "ilk sayısal haritalama" olarak tanımlanmaktadır.

SJH 1980' lerin sonundan beri yer bilimciler ve diğer araştırmacılar tarafından, arazide doğrudan harita yapımında ve veri girişinde kullanılmaktadır. Yer bilimciler arazide sayısal jeolojik harita üretimini, daha önceki bilgi ve tecrübeleri ile araziden bilimsel metodlar yardımıyla topladığı verileri (kaya türü, dokanak, tabaka durumu, fay, kıvrım, fotoğraf vb. özellikler) taşınabilir bilgisayarlara aktarması ile gerçekleştirmektedir. Bu nedenle arazide toplanan jeolojik verilerin sayısal olarak kayıt edilmesinde karmaşık bir grafiksel veri tabanı yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla son yıllarda yapılan çalışmalarla bilgisayar teknolojisi ve CBS yazılımları daha karmaşık veri modellerini sayısal olarak oluşturmaya izin vermektedir.

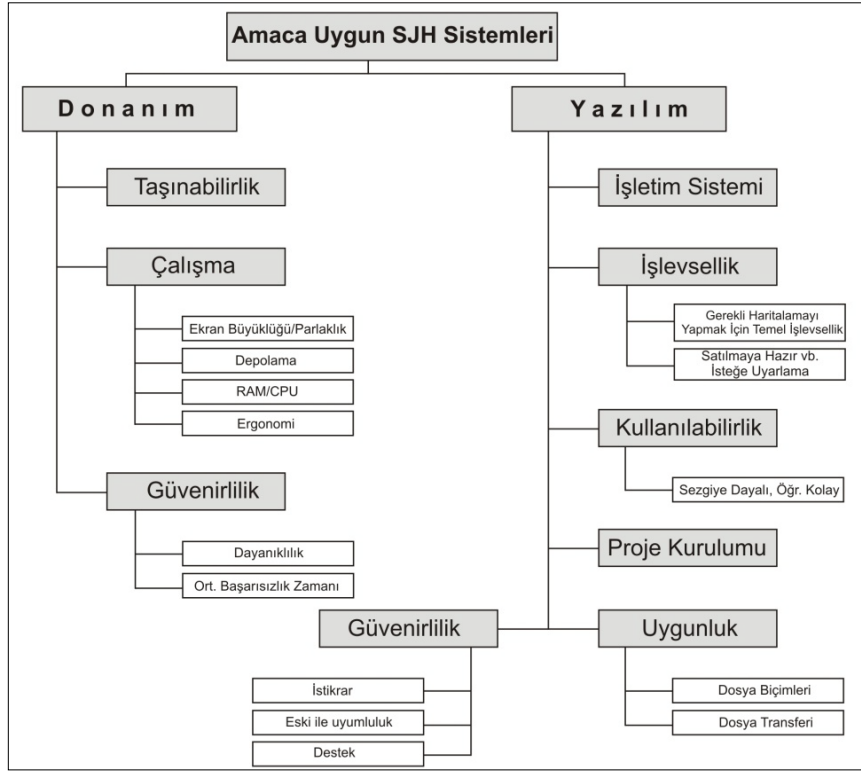
Geleneksel jeolojik haritalama, arazide yapılan veri toplama ve veri kayıt çalışmaları zaman alan işlemlerdir. Bu işlemlerde arazide kâğıt haritalar altlık olarak kullanılmakta ve toplanan veriler ayrıca bir deftere kayıt edilmektedir. Daha sonra bu veriler büro çalışmaları ile tekrar gözden geçirilerek sayısal ortama aktarılmaktadır. Bu süreç oldukça uzun ve karmaşıktır.

SJH' nin birçok avantajı olmasına rağmen birçok yer bilimci geleneksel kâğıt üzerinde haritalama yapmayı tercih etmektedir. Yer bilimcilerin bu konudaki ısrarının nedenleri, SJH yapımında kullanılan ekipman maliyeti ve güvenilirliği, kullanılan tekniklerin öğrenilmesindeki zaman ve sayısal haritalama sürecinin karmaşık gelmesidir.

5.1. Sayısal Jeolojik Haritalama Sistemi Gereksinimleri

Geleneksel jeolojik haritalama ucuz, esnek, alışılmış ve çok güvenilirdir. Bu nedenle, bir SJH sistemi geleneksel yöntemlerde olduğu gibi etkin olmanın yanı sıra belli avantajlar sunmak zorundadır. Burada önemli olan "amaca uygunluk" olup, SJH sistemi gereken görevlerini, haritalama sırasında karşılaşılan çevresel koşullar (aşırı soğuk ve sıcak, yüksek nem, çok ıslak veya kuru gibi) karşısında etkin, doğru ve tutarlı olarak yerine getirmelidir. Arazi çalışmalarından önce yapılacak çalışmanın amacına bakılmaksızın iyi tasarlanmış bir SJH sistemi için önemli olan kriterler Şekil 5.1' de verilmiştir.

Genel olarak iyi bir SJH sisteminde bulunması gereken özellikleri; güvenilirlik, dayanıklılık, amaca uygun fiyatlı, kullanılan yazılımın kolay, görsel bir arayüze ve kullanıcı kontrollü olması gibi özellikleri sıralamak mümkündür.



Şekil 5.1: Amaca uygun SJH sistemlerinin tasarlanması için önemli kriterler (Clegg ve diğ., 2006).

Geleneksel cihazlardan farklı olarak mobil cihazlar iki temel ayırt edici özelliğe sahiptirler. Bunlar taşınabilirlik ve kapasitedir (bellek, işlemci hızı, ekran boyutu gibi). Kullanıcılar bir yandan daha küçük ve daha hafif taşınabilir cihazları tercih ederken, diğer yandan grafiksel uygulamalar için geniş ekranlar ve güçlü işlemler için de yüksek işlemci kapasitesine sahip cihazlara ihtiyaç duyarlar (Yomralıoğlu ve Döner, 2005). Mobil özelliğe sahip farklı gezici cihazlar mevcut olup, bu cihazlardan bazılarının ait temel özellikler Tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 5.1: SJH' da kullanılan bazı taşınabilir cihazların karşılaştırılması (Yomralıoğlu ve Döner, 2005).

Cihaz	Bellek Kapasitesi	İşlemci Hızı	Diğer Özellikler
Mobil Telefonlar (Cep Telefonları)	2-16 MB	20-104 Mhz	GSM/GPRS gibi Geniş Alanlı Ağ (WIN) ya da 3G hücresel sistemlerle internet erişimi, bluetooth, USB ya da kızılötesi bağlantı
PDA Tabanlı Akıllı Telefonlar	64 MB' a kadar	206 MHz	Ekran boyutları: 240x320 piksel, geniş ağlara bağlanabilirlik
PDA Cep Bilgisayarları (Pocket PC)	112 MB	400 Mhz	WLAN ve bluetooth protokol aracılığı ile geniş bağlantı, PDA cep bilgisayarı işletim sistemi (PAlm OS, Windows CE ve EPOC OS)
Handheld Bilgisayarlar	"	"	Ekran boyutu: 640x240 piksel, Windows CE işletim sistemi ile çalışma, klavye
Tablet Bilgisayarlar	512 MB	1.5 Ghz	Uzun batarya ömrü, ekran boyutu: 1050x1400 piksel, el yazısı tanıma özelliği, WLAN erişim olanakları
Notebook (Dizüstü PC)	1 GB Ram + 60 GB Hard Disk	2.4 GHz	Masaüstü bilgisayar özelliklerin tümü

SJH çalışmalarında kullanılan değişik özelliklere sahip donanımlarda teknolojiye bağlı gelişmeler devam etmektedir. Bu amaçla yazılım üreticileri tarafından bu tür donanımlar üzerinde çalışabilecek CBS yazılımları üretilmektedir. Bu yazılımlar klasik CBS yazılımlarından farklı olarak Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri (MCBS) olarak tanımlanmaktadır. Bunlardan bazıları; AutoDesk' in OnSite, Intergraph' ın InterliWhere, ESRI' nin ArcPad ve MapInfo' nun MapXtent yazılımlarıdır. Bu yazılımlardan ArcPad ve InterliWhere yazılımları GPS desteği sunmaktadır.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan SJH çalışmalarında, 1 adet HP Pavilion tx2550 Tablet PC, ESRI ürünü ArcPad 7.1 Mobil CBS yazılımı (www.islem.com.tr), 1 adet Magellan Mobile Mapper 6.0 GPS (www.gpsturk.net) ve bu donanımlara ait şarj aletleri kullanılmıştır (Şekil 5.2). Çalışmada kullanılan HP Pavilion tx2550 Tablet PC' ye ait genel özellikler Tablo 5.2' de verilmiştir.



Şekil 5.2: SJH çalışmasında kullanılan donanım ve yazılım.

Tablo 5.2: HP Pavilion tx2550 Tablet PC' ye ait genel özellikler (www.hp.com)

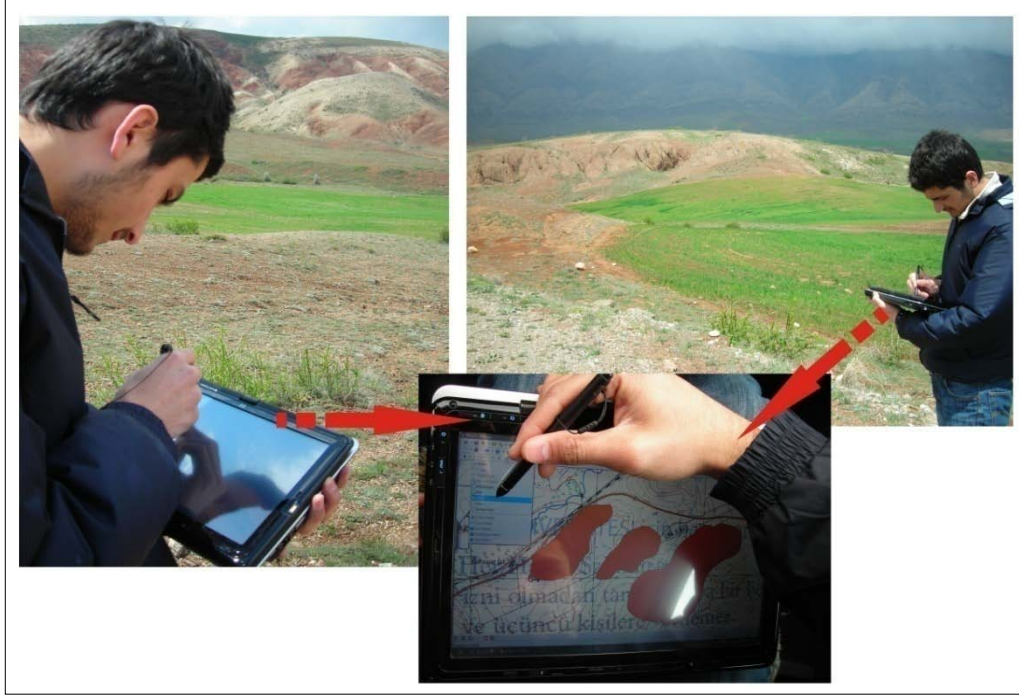
Marka	HP	Genişlik	224 mm
Fiyatı	1.499 \$+KDV	Ses Bağlantıları	1 x Mikrofon Girişi 2 x Kulaklık Çıkışı
İşlemci Tipi	AMD Turion X2 Ultra	USB	3
İşlemci Hızı	2.20 GHz	Ses Kartı	Dahili ses kartı
Bellek miktarı	3 GB	Hoparlör	Dahili hoparlör
Ekran boyutu	12.1 inç	Touchpad	Var
Ekran Tipi	Dokunmatik WXGA	Klavye	Türkçe Q Klavye
Ekran çözünürlüğü	1280 x 800 px	Kart okuyucu	5-in-1 card reader
Ekran Kartı	ATI Mobility Radeon HD 3200	Kamera	1.3 Megapiksel Web Kamerası
İşletim sistemi	Windows Vista Home Premium	Boyut	306 x 35mm
Bluetooth	Bluetooth V2.0+EDR	Ağırlık	1.963 Kg
Pil	lityum-iyon	Garanti süresi	2 yıl uluslar arası garanti

ArcPad, Mobil Coğrafi Bilgi Sistemi için ESRI firmasının geliştirilmiş özel bir yazılımdır. ArcPad, kolay kullanıma sahip, dūřuk maliyetli ve arazide CBS fonksiyonlarından (zoom in/out/extent ve pan, seğili olan özelliklerin görüntülenmesi, grafik veri özelliklerinin görüntülenmesi, objelere fotoğraf, video, dokümanların bağlanması, alan ve mesafe bilgilerini elde etme, veri girişi) bir kısmının kullanımına izin vermektedir. ArcPad ve GPS alıcısının beraber kullanılması ile araziden direkt olarak coğrafi veriler hızlı ve kolay bir şekilde bilgisayar ortamında depolanabilir. ArcPad yazılımı ESRI shape, raster (MrSID raster format, JPEG, BMP) formatlarını desteklemesi ile birlikte coğrafi koordinat (enlem/boylam), UTM, Gauss-Kruger, Lambert conformal konik gibi harita projeksiyonlarında da çözüm vermektedir. Windows CE 2.11, Windows 95/98, NT, 2000 ve XP işletim sistemlerini desteklemektedir.

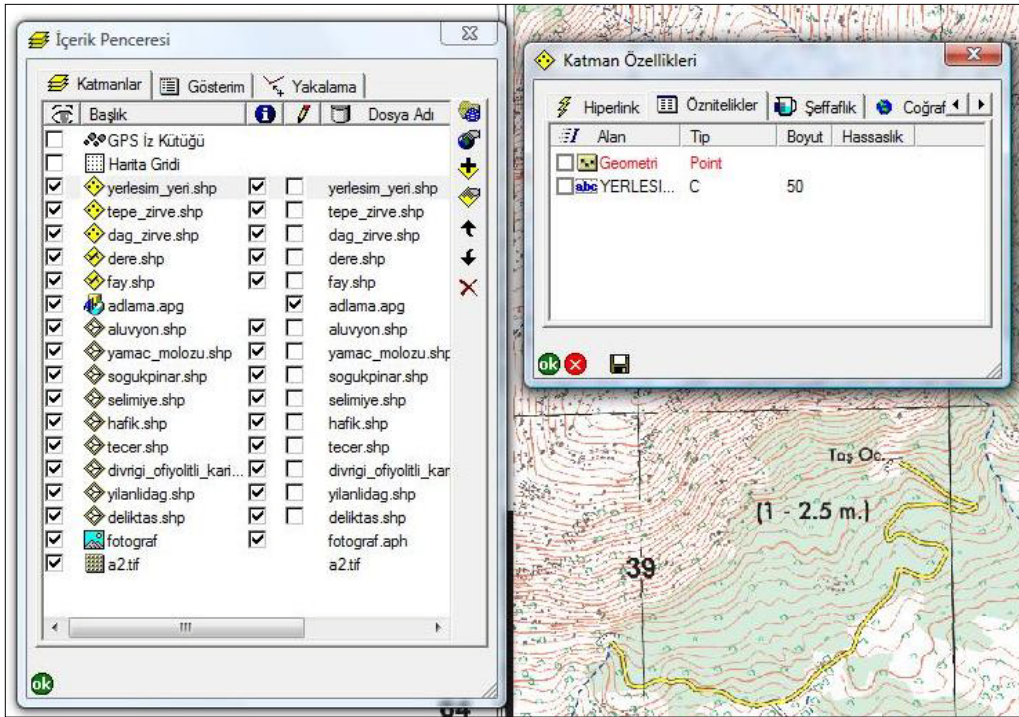
Magellan Mobile Mapper 6.0 GPS, CBS amaçlı profesyonel veri toplama sistemlerinde kullanılan profesyonel bir sistemdir. Sistemin hem yazılımı hem de donanımı en kötü fiziksel şartlarda dahi en fazla verim alınmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Donanım avuç ięi boyutlarda, yaklaşık 225 gr. ağırlığında, 2.7" dokunmatik ekranlı, tamamen su geçirmez ve dūřmelere karşı dayanıklı kasaya sahip bir yapıdadır. Cihaz üzerinde fotoğraflı öznitelik için 2 MP entegre kamera, ses için mikrofon ve hoparlör, yön tayini için elektronik pusula, basınç için barometre, sınırsız veri kaydı için SD kart desteği, bluetooth ve USB bağlantı, CBS çalışmaları haricinde Windows kişisel asistan uygulamaları gibi bir çok özellik bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye' de geliştirilmiş ilk MCBS yazılım olması, Türkçe arayüze sahip ve ArcInfo, AutoCad, Mapinfo, Netcad veri format desteği sağlaması gibi özelliklere de sahiptir.

Tez kapsamındaki SJH çalışmalarında, inceleme alanına ait bölgede yüzeyleyen kaya türleri ve diğer jeolojik yapılara ait veriler MCBS kapsamında toplanarak hem Tablet PC hem de PDA (Kişisel Digital Yardımcı) yardımıyla haritalama çalışması geręekleřtirilmiřtir (Şekil 5.3). Bu işlemlere geğilmeden önce inceleme alanına ait J38a2-J38a3 topografik haritalar, HP Pavilion tx2550 Tablet PC içerisinde kurulu olan ArcPad 7.1 yazılımına ve Mobile Mapper 6.0 GPS içerisinde kurulu olan MakroPad yazılımına yüklenerek bir proje oluşturulmaya başlanmıştır.

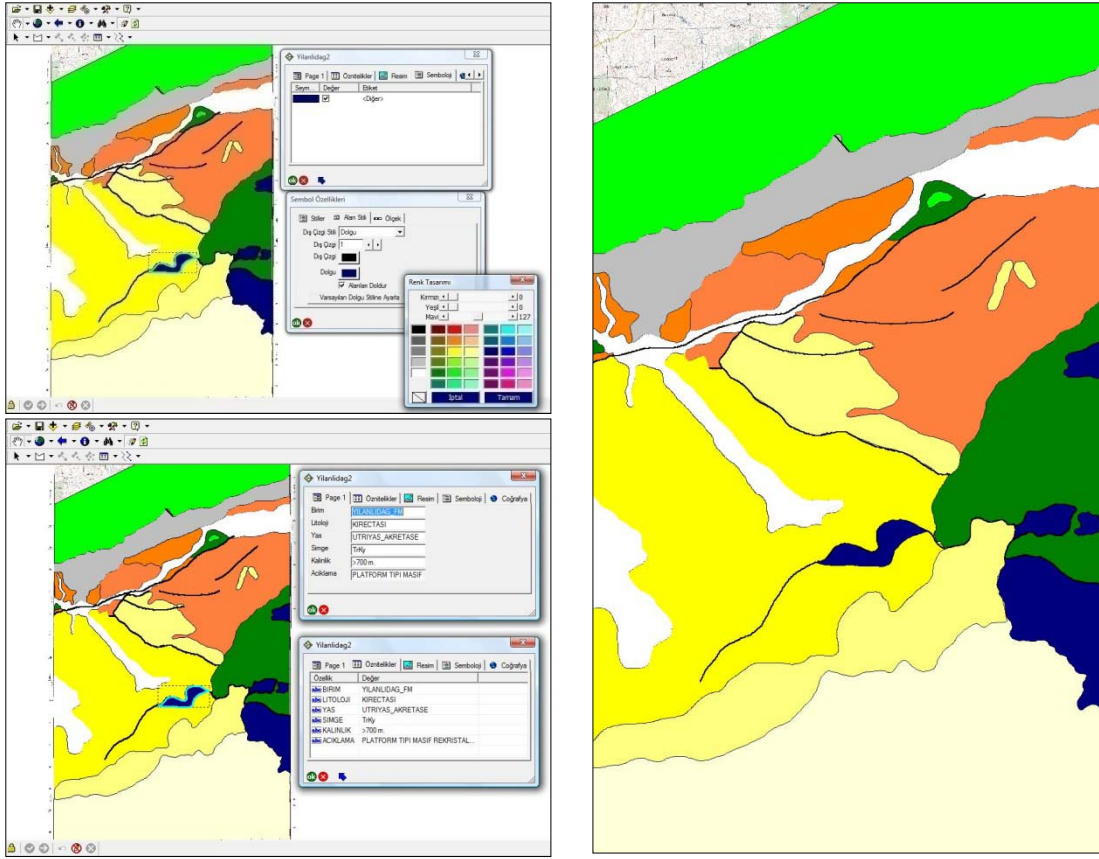
HP Pavilion tx2550 Tablet PC içerisinde kurulu olan ArcPad 7.1 yazılımı ile yapılan SJH çalışmasında GPS' den bağımsız haritalama yapılmıştır. İnceleme alanında yapılan çalışmayla bölgede yüzeyleyen kaya türleri ve jeolojik yapılara ait özellikler belirlenerek oluşturulan her bir veri katmanı Tablet PC üzerine çizilerek kayıt edilmiştir. Bu aşamada, bölgede yüzeyleyen kaya türü alanlarını temsil eden poligon özellikteki katmanlar; faylar, dereler ve yollara ait çizgi özellikteki katmanlar; yerleşim yeri, tepe ve dağ zirvelerine ait nokta özellikteki katmanlar; bu özelliklerin adlandırılması için metin özellikli katman ve tüm bu verilerin fotoğraflandırılması için fotoğraf katmanı oluşturulmuştur. Şekil 5.4' de toplanan verilere ait katmanlar ve bu katmanlara ait geometrik özellikleri gösterilmektedir. Oluşturulan her bir veri katmanına, kaya türleri ve jeolojik yapıların nitelikleri ve çalışma sırasında alınan fotoğraflar eklenmiş ve sayısal jeolojik haritalama işlemi tamamlanmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.3: Arazide HP Pavilion tx2550 Tablet PC yardımı ile yapılan sayısal jeolojik haritalama çalışması.



Şekil 5.4: HP Pavilion tx2550 Tablet PC yardımı ile sayısal jeolojik harita alımında toplanan verilere ait katmanlar ve bu katmanlara ait geometrik özellikler.

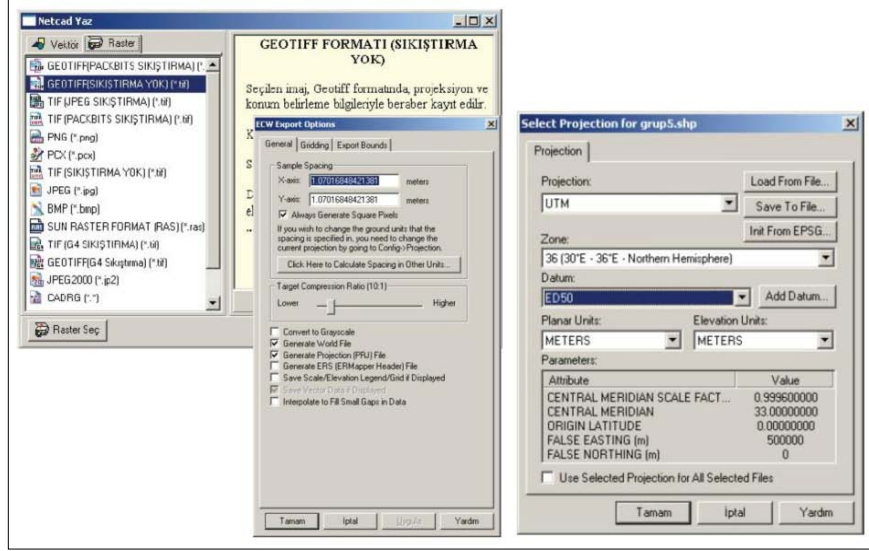


Şekil 5.5: HP Pavilion tx2550 Tablet PC içerisinde kurulu olan ArcPad 7.1 yazılımı yardımıyla oluşturulan sayısal jeolojik harita.

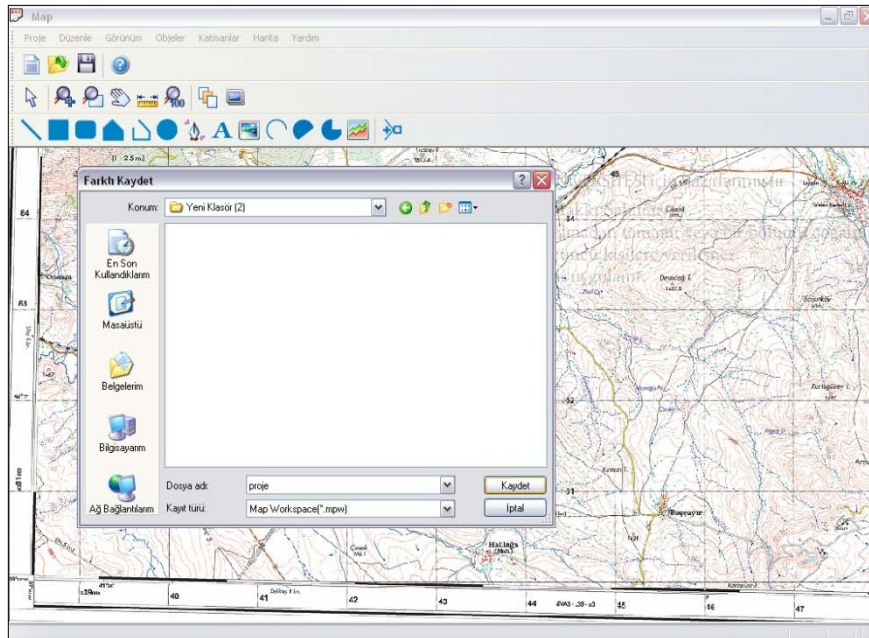
Mobile Mapper 6.0 GPS içerisinde kurulu olan MakroPad yazılımı ile yapılan sayısal jeolojik haritalama çalışmasında önceden de bahsedildiği gibi öncelikle inceleme alanına ait J38a2-J38a3 topoğrafik haritalar yüklenerek bir proje dosyası oluşturulmuştur. MakroPad yazılımı veri tabanı özelliği ile arazide çoktan seçmeli veri girişine imkan sağlamaktadır. Raster (.ecw) ve vektör (.dxf, .ncn, .shp, .mif) verileri mobil aygıtlarda açmak ve daha önceden yapılmış çalışmaları altlık olarak kullanmak MakroPad programı ile mümkündür. İnceleme alanına ait topografik haritalar NetCAD GIS 5.0 programı yardımıyla rektifiye edildikten sonra (.ecw) formatında kaydedilmiştir (Şekil 5.6). Bu dosya daha sonra masaüstü bilgisayarda kurulu olan MakroMap yazılımında açılarak (.mpw) formatında bir proje oluşturulmuştur (Şekil 5.7). MakroMap yazılımının amacı, MakroPad Mobile yazılımı ile oluşturulan projelerin düzenlenmesi, farklı formatlara dönüştürülmesi ve farklı formattaki verilerin MakroPad Mobile yazılımına aktarılmasıdır. Oluşturulan bu proje Mobile Mapper 6.0 GPS cihazı içerisine USB bağlantı kablosu yardımıyla aktarılmıştır.

Mobile Mapper 6.0 GPS cihazı içerisine aktarılan (.mpw) formatındaki veri MakroPad yazılımında açılmış ve yapılacak olan çalışmanın amacına uygun kaya türü ve jeolojik yapılar ait özellikleri ifade eden veri katmanları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu katman içerisinde haritalama esnasında kullanılan tüm çizim unsurları (nokta, çizgi, kapalı alan, çoklu çizgi vb.) yer almaktadır. Katmanlara istenilen öznitelik sütunları eklenebilir ve nokta alımı sırasında veya

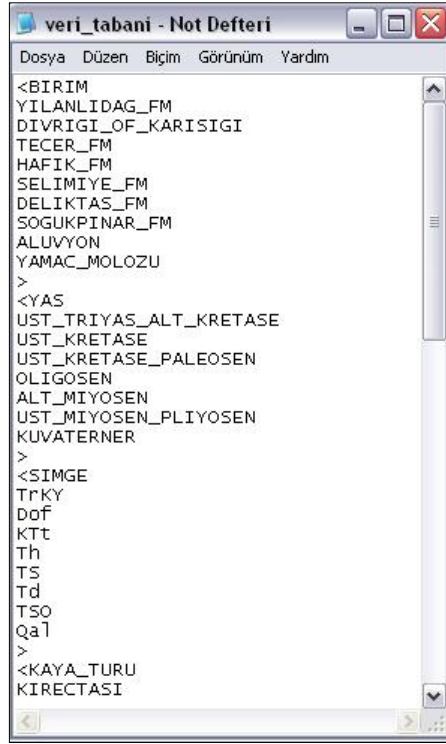
daha önceden oluşturulan veri tabanından bu hücrelere veri girişi yapılabilmektedir. Veri tabanı, oluşturduğumuz katman özneliklerine sürekli girilen bilgileri çoktan seçmeli olarak listelemek ve bilgi girişini hızlandırmak için kullanılmaktadır. Bu çalışmada oluşturulan veri tabanı Şekil 5.8' de verilmiştir.



Şekil 5.6: İnceleme alanına ait topografik haritaların NetCAD GIS 5.0 yazılımıyla rektifiye edilmesi ve (.ecw) formatına dönüştürülmesi.

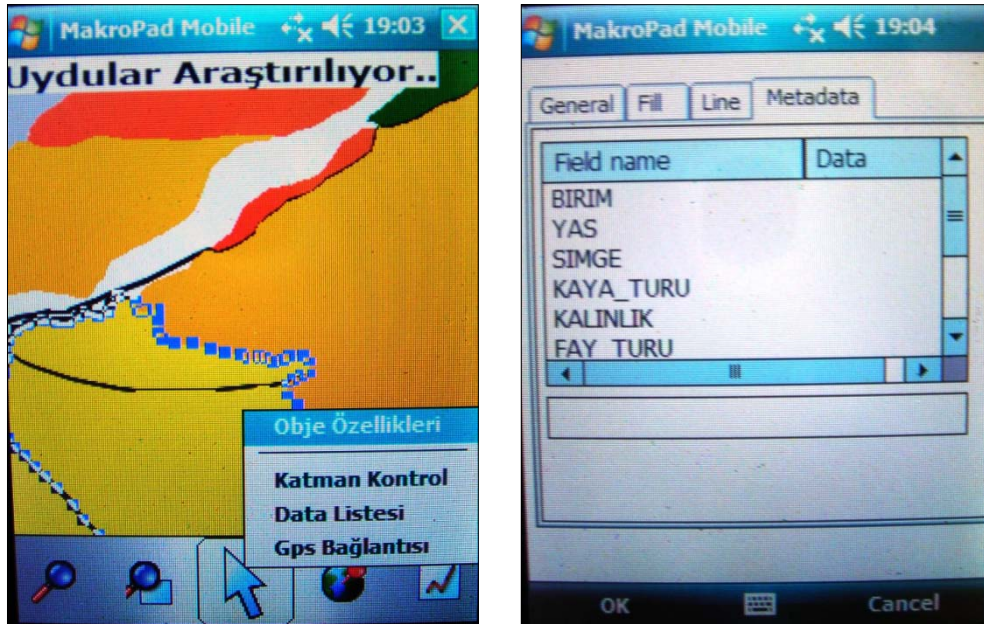


Şekil 5.7: MakroMAP yazılımında (.ecw) formatındaki topografik haritanın proje verisi haline getirilmesi işlemi.



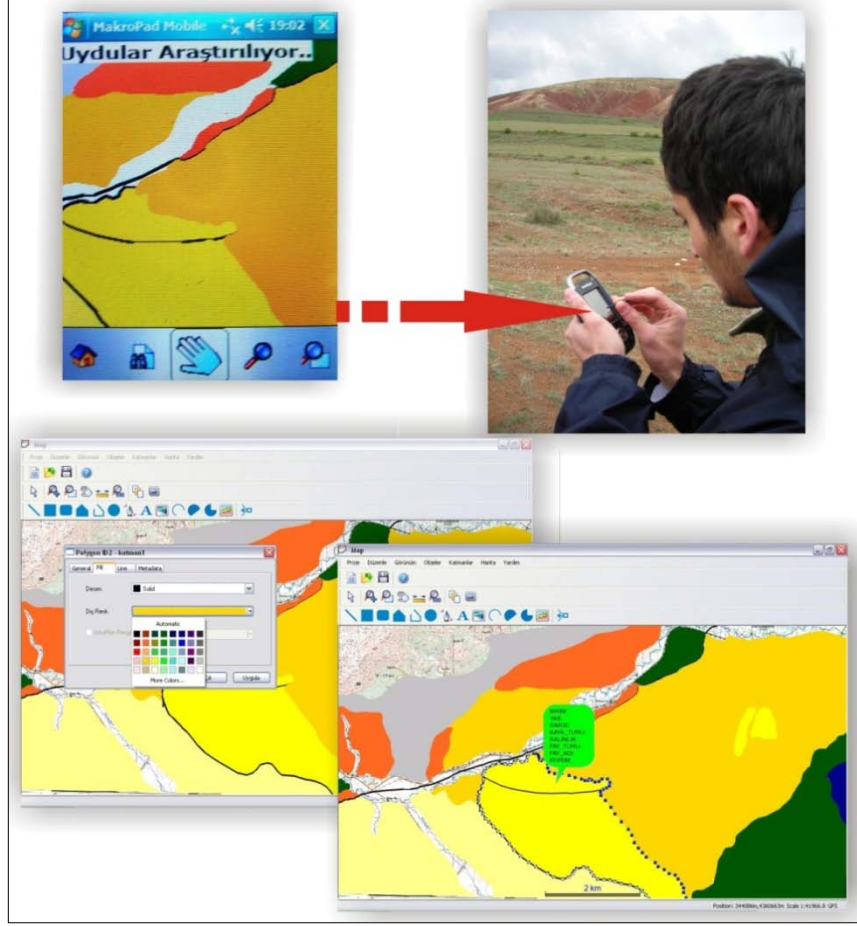
Şekil 5.8: Mobile Mapper 6.0 GPS ve MakroPAD yazılımı yardımıyla oluşturulan SJH' da kullanılan veri tabanı.

Mobile Mapper 6.0 GPS cihazı ve MakroPad yazılımı ile oluşturan SJH çalışmalarında inceleme alanında yüzeyleyen kaya türleri ve jeolojik yapılara ait veriler cihazda bulunan dokunmatik kalem yardımı ile arazide ekran üzerinden çizilmiş ve her bir çizim unsuru için öznitelikler seçilerek kaydedilmiştir. Oluşturulan çizim unsurlarına ait özelliklerde kullanıcının isteğine bağlı olarak değişim yapmak mümkündür (Şekil 5.9).



Şekil 5.9: Mobile Mapper 6.0 GPS cihazında oluşturulan çizim unsurlarına ait özelliklerin değiştirilmesi.

Bu donanım ve yazılım yardımıyla inceleme alanına ait SJH oluşturulmuştur. Oluşturulan proje dosyası USB bağlantı kablosu yardımıyla masaüstü bilgisayara aktarılmış ve gerekli görülen düzenlemeler MakroMAP programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.10: Mobile Mapper 6.0 GPS cihazı ile SJH yapımı ve MakroMap yazılımında düzenlenmesi.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında hem HP Pavilion tx2550 Tablet PC donanımı ve ArcPad yazılımı hem de Mobile Mapper 6.0 GPS donanımı ve MakroPad-Map yazılımı kullanılarak, tez inceleme alanının sayısal jeolojik haritalaması gerçekleştirilmiştir. Kullanılan donanım ve yazılımlar birbirinden farklı prensip ile çalışmaktadır. Arazi şartları dikkate alınıp, donanımların taşınabilirliği açısından bakıldığında, Mobile Mapper 6.0 GIS donanımı ve MakroPad-Map yazılımı daha kullanışlı olmasına rağmen kullanılabilirlik için dokunmatik ekran boyutunun küçük ve çok hassas olmasından dolayı pek uygun olmadığı görülmüştür. Diğer donanım ve yazılım için ise tam tersi durum söz konusudur. Fakat kullanılan her iki donanım ve yazılımda da oluşturulan jeolojik harita üzerindeki herhangi bir çizim unsuru (kapalı alan, çizgi, nokta vb) hakkında sorgulama (formasyon adı, yaşı, yayılımı, litolojisi vb) yapılabilmektedir. Böylece yapılan çalışma daha sonraki yapılacak olan bir başka çalışma için erişimi kolay ve kısa zaman alan bir veri tabanı özelliğine sahip sayısal jeolojik harita oluşturulmuştur.

6. EKONOMİK JEOLJİ

İnceleme alanında Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler içerisinde gelişen kromit cevherleşmeleri bölgedeki önemli ekonomik yeraltı kaynaklarını oluşturmaktadır. Önceki çalışmalarda krom cevherleşmeleri Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı içerisinde Çamözü ultramafitinin harzburjitik çevre kayaçları içinde dünitik kayaçlar tarafından sarılmış ve boyutları oldukça değişen merceğimsi kütleler şeklinde gözlenmiştir (Koptagel ve Gökçe, 1991). Bölgede çeşitli firmalarca işletilen çok sayıda krom yatağı ve yüzleği bulunmaktadır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1: İnceleme alanında yer alan açık kromit işletmesi.

Bölgede ekonomik açıdan önemli olan bir diğer işletme ise inceleme alanının kuzeyindeki Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tecer formasyonuna ait kireçtaşlarında yer almaktadır. Bu işletmeler, karayolları yapımında kullanılan ve mıcır olarak adlandırılan malzeme üretimini gerçekleştirmektedir.

7. JEOLJİK EVRİM

İnceleme alanı ve yakın çevresi, Türkiye'nin paleotektonik evriminde önemli bir yer tutan İç Torid Süturu'nun da içerisinde yer aldığı bir bölgede bulunmaktadır. Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından Triyas-Paleosen aralığında varlığı bilinen İç Toros, Kırşehir Masifi ile Anotolid-Torid Bloğu (Okay ve Tüysüz, 1999) arasında yer almakta olup Neotetis'in kuzey koluyla birlikte Üst Kretase-Tersiyer aralığında bir depolanma bölgesi olarak da düşünülmektedir (Gökten, 1993).

İnceleme alanında, Üst Kretase yaşlı yoğun ofiyolitik karışık kütlelerinin, Doğu Toros platform tipi ve Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluşan ve Sivas Havzası'nın en güney sınırını oluşturan Yılanlıdağ formasyonu üzerine tektonik olarak yerleştiği kesim bölgenin temelini oluşturmaktadır. Bu yerleşim aynı zamanda bölgedeki önemli sıkışma evresini temsil etmektedir. Türkiye'deki diğer önemli Tersiyer yay-önü havzalarından olan Haymana ve Tuz Gölü havzalarında Kampaniyen olarak belirlenen bu yaş Sivas Havzası'nın güney sınırı ile benzerlik sunmaktadır. Bu temel üzerinde, birbirinden Deliler Bindirme Kuşağı ile ayrılan iki ayrı istif yer alır. İnceleme alanının kuzey kesimlerinde Üst Kretase-Paleosen aralığında çökelmiş sığ denizel kireçtaşları görülmektedir. Oligosen'e kadar herhangi bir çökelin görülmeyen bölgede bu zaman diliminden itibaren Pliyosen sonuna kadar neredeyse sürekli bir sedimantasyonun varlığı gözlenmiştir. İnceleme alanında da gözlenen Paleosen yaşlı, birbiri ile düşey-yanal geçişli ve karasal ortam çökellerini içeren Hafik ve Selimiye formasyonu daha çok inceleme alanının kuzeyindeki alanlarda yüzlek vermektedirler. Gökten (1993) tarafından belirtildiği gibi bölgenin daha çok kuzey kesimlerinde Erken Miyosen' de gözlenen ikincil melanj yerleşimleri ve kuzeye doğru sürüklenimler sıkışma hareketleri olarak gözlenmiştir. Erken Miyosen'de çökelen ve taban kesimlerinde akarsu ortamında çökelmiş olan kırıntılılardan, üstte ise daha çok gölsel seviyelerle karakterize olan birimlerden oluşan Deliktaş formasyonu daha üstte Üst Miyosen yaşlı Soğukpınar formasyonuna ait bej renkli çakıltaşı ve kumtaşlarıyla üzerlenmiştir. İnceleme alanının en genç birimlerini Kuvaterner yaşlı yamaç molozları ve alüvyonlar oluşturmaktadır.

8. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tez kapsamında 2008 yaz ve 2009 bahar aylarında yapılan arazi çalışmalarında inceleme alanına ait 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Hem arazi gözlemleri hem de inceleme alanında yüzeyleyen birimlerden paleontolojik ve petrografik analizler için alınan örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve inceleme alanının stratigrafisi ortaya çıkartılmıştır.

İnceleme alanı ve civarında daha önceden yapılan çalışmalar taranmış ve bu çalışmalarda bahsedilmeyen faylanmalar (Deliktaş Bindirmesi, Boztepe Bindirmesi 1-2, Başçayır Fayı), kıvrımlanmalar (Başçayır antiklinali, Kulmaç antiklinali) ve eklem sistemleri belirlenmiştir.

Arazi çalışmalarında toplanan katman, fay ve eklem durumlarına ait veriler stereonet programında değerlendirilmiş ve inceleme alanında yüzeyleyen Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonuna ait birimlerdeki egemen katmanlanma ile birim içerisinde gelişen eklemleri oluşturan sıkışma kuvvetinin yönleri KB-GD olduğu ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra egemen katmanlanma düzlemleri ile ortaya çıkarılan kıvrım eksenlerine göre makaslama ve tansiyon eklem sistemleri olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca bölgeyi etkileyen asal gerilme ekseninin KB-GD yönlü sıkıştırma kuvvetleriyle ilişkili olduğu görülmüştür.

İnceleme alanına ait ASTER görüntüsü üzerinde görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır. Genel olarak spektral zenginleştirme yöntemleri Er Mapper 7.01 programı yardımıyla gerçekleştirilmiş ve NetCAD GIS 5.0 programıyla araziye ait 3 boyutlu görünümler üretilmiştir. Spektral zenginleştirme yöntemleri olarak parazit azaltma, bant kombinasyonu, bant oranlama, temel bileşen analizi, dekorelasyon gerilmesi ve kontrollü-kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır.

ASTER görüntüsü üzerinde görüntü işlem yöntemlerinden ilk önce parazit azaltma yöntemi uygulanmış ve görüntüde algılayıcıdan, güneş ışınımından, atmosferik olaylardan kaynaklanan sorunlar ortadan kaldırılmıştır. Daha sonra bu görüntü üzerinde değişik bant kombinasyonları uygulanmış ve daha fazla renk kombinasyonları yardımıyla bölgede yüzeyleyen birimlerin sınırları ortaya çıkarılmıştır.

ASTER görüntüsü üzerinde uygulanan diğer bir görüntü işleme yöntemi ise bant oranlamalarıdır. Bant oranlama uygulamalarında daha önceden yapılmış çalışmalar referans alınarak inceleme alanına ait ASTER görüntüsü üzerinde birçok işlem yapılmış ve bunlar gri tonlarda ve (RGB) bant kombinasyonu olarak gösterilmiştir. Bu yöntem uygulanmış görüntülerden, inceleme alanına ait sağlıklı sonuç veren (4/7)(4/3)(2/1) ve (4/1)(3/1)(12/14) (RGB) ve (2/1), (4/3), (5/3+2/1) gri ton kombinasyonları olduğu görülmüştür (Şekil 8.1).

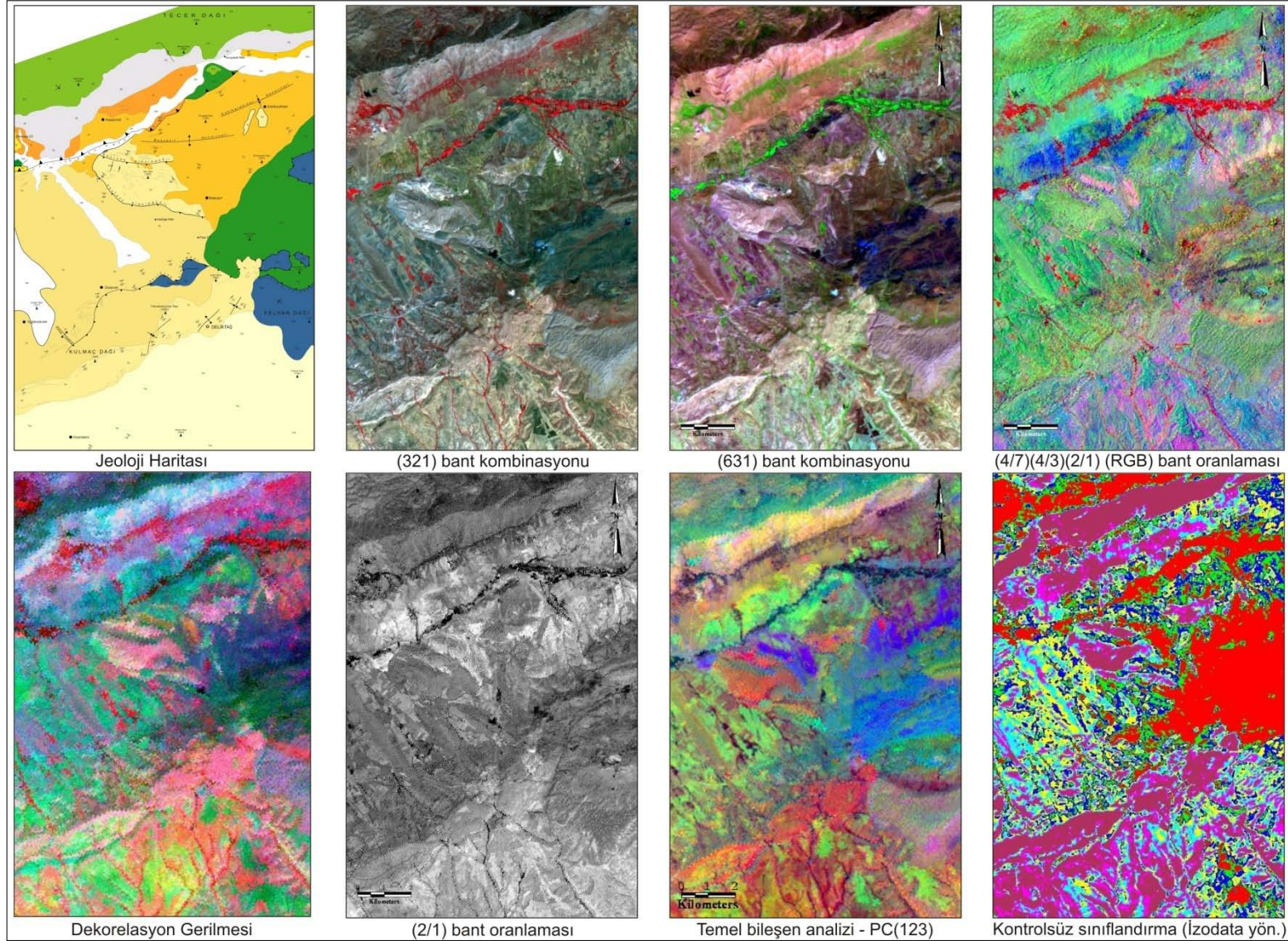
Bölgenin ASTER görüntüsüne görüntü işleme yöntemlerinden dekorelasyon gerilmesi (Decorrelation Stretching) uygulanmıştır. Bu işleme bölgede gözlenen yapısal veriler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Son olarak, görüntüde kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri uygulanarak arazide yapılan jeolojik harita ile karşılaştırılmıştır.

ASTER görüntüleri üzerine uygulanan bu görüntü işleme yöntemleri sonucunda ortaya çıkan görüntüler ile arazide yapılan çalışmalar ile elde edilen jeoloji haritası karşılaştırıldığında büyük ölçüde birbirine paralel sonuçlar ortaya çıktığı görülmüştür (Şekil 8.1).

Çalışmanın ikinci amacını oluşturulan sayısal jeolojik harita alımı için gerekli donanım ve yazılımlar hakkında bilgi edinildikten sonra arazide haritalama çalışmalarına başlanmıştır. Tez kapsamında yapılan SJH çalışmaları hem Tablet PC ile ArcPad 7.1 yazılımı hem de Mobile Mapper 6.0 GPS ile MakroPad-Map yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan donanım ve yazılımların fazla olmasından dolayı SJH çalışmalarında kullanılan donanım ve yazılımları karşılaştırma fırsatı bulunmuş ve arazi şartları dikkate alınıp, donanımların taşınabilirliği açısından bakıldığında, Mobile Mapper 6.0 GPS donanımı ve MakroPad-Map yazılımı daha kullanışlı olmasına rağmen kullanılabilirlik için dokunmatik ekran boyutunun küçük ve çok hassas olmasından dolayı pek uygun olmadığı görülmüştür. Diğer Tablet Pc donanımı ve ArcPad 7.1 yazılımı için ise tam tersi durum söz konusudur.

Arazide yapılan çalışmalar sonucunda inceleme alanına ait iki farklı yazılım ve donanımda hazırlanmış sayısal jeolojik harita oluşturulmuştur. Bu yapılan çalışma daha sonraki yapılacak olan bir başka çalışma için erişimi kolay ve kısa zaman alan bir veri tabanı özelliğine sahip sayısal jeolojik harita olacağı düşünülmektedir.



Şekil 8.1: İnceleme alanına ait jeoloji haritası ile ASTER görüntüsü üzerinde uygulanan görüntü işleme yöntemleri ile elde edilen görüntülerin karşılaştırılması.

KAYNAKLAR

- Abera, G.B., (2005), "Application of Remote sensing and Spatial Data Integration Modeling to Predictive Mapping of Apatite-Mineralized zones in the Bikilal Layered Gabbro Complex, Western Ethiopia", International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Abrams and Hook, 1995. M. Abrams and S.J. Hook, 1995. Simulated ASTER data for geologic studies. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 33, pp. 692–699.
- Anonim (2008a) <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>
- Anonim (2008b) http://www.gds.aster.ersdac.or.jp/gds_www2002/index_e.html
- Anonim (2008c) <http://www.gpsturk.net>
- Anonim (2008d) <http://www.islem.com.tr>
- Artan, Ü., Setsini, G., 1971. Sivas-Zara-Beypınarı Bölgesinin Jeolojisi, MTA Dergisi, Ankara.
- ASTER Users Guide, Parth II, 2003, ver. 4.
- Bayhan, H., Baysal, O., 1982. Güneş-Soğucak (Divriği-Sivas)Yöresinin Petrografik-Petrolojik İncelenmesi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 25, 1-13.
- Bierwirth, P., Huston, D., Blewett, R., 2002. Hyperspectral Mapping of Mineral Assemblages Associated with Gold Mineralization in the Central Pilbara, Western Australia. *Economic Geology*, Vol. 97, pp. 819–826.
- Blumenthal, M., 1937, Kangal ile Divrik arasındaki mıntıkanın başlıca jeolojik hatları (Sivas vilayeti): MTA Rap., 568, (yayımlanmamış), Ankara.
- Briner A. P., Kronenberg H., Mazurek M., Horn H., Engi M., Peters T., 1999. FieldBook and GeoDatabase: tools for field data acquisition and analysis. *Computers & Geosciences* 25, 1101-1111.
- Cleeg, P., Bruciatelli, L., Domingos, F., Jones, R. R., De Donatis, M., Wilson, R. W., 2006. Digital geological mapping with tablet PC and PDA: A Comparison. *Computers & Geosciences* 32, 1682-1698.
- De Donatis, M., Bruciatelli, L., 2006. MAP IT: The GIS software for field mapping with tablet pc. *Computers & Geosciences* 32, 673-680.

- Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In "Classification of carbonate rocks" 1 a symposium (Ed, W. E. Ham), AAPG.
- Edmondo G. P., 2003. Digital Geologic Field Mapping Using Arcpad, Digital Mapping Techniques '02 -- Workshop Proceedings U.S. Geological Survey Open-File Report 02-370.
- Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC), 2001. ASTER Users Handbook, ver. 1.
- Erdas Field Guide, (2003), Seventh Edition, Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, Georgia, USA.
- Folk, R.L. ve Weaver, C.E., 1962, Spectral subdivision of limestones types. Classification of Carbonate rocks: A.A.P.G. memoir I.
- Gad, S. ve Kusky, T., 2007. ASTER spectral ratioing for lithological mapping in the Arabian_Nubian shield, the Neoproterozoic Wadi Kid area, Sinai, Egypt, Gondwana Research, 11, 326-335.
- Geoimage Brochure, 2002. Satellite Emagery Applicattions for the Real World.
- Gomez C., Delacourt C., Allemand P., Ledru P., Wackerle R., 2005. Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia. Physics and Chemistry of the Earth 30, 97-108.
- Gozzard, J.R., 2006. Image Processing of ASTER Multispektral Data, Geological Survey of Western Australia.
- Gökten, E., 1993. Ulaş (Sivas) doğusunda Sivas Havzası güney kenarının jeolojisi: İç Toros Okyanusu'nun kapanımıyla ilgili tektonik gelişim, TPJD Bülteni, V.5/1. 35-55.
- Hirano, A., Welch, R., Lang, H., 2003. Mapping from ASTER stereo image data:DEM validation and accuracy assessment. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57, 356-370.
- Hewson R.D., Cudahy T.J., Huntington J.F., 2001. Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, South Australia, using ASTER satellite-borne data. IEEE 2001 International Geoscience and remote sensing Symposium (IGARSS), p. 3.

- Hewson R.D., Cudahy T.J., Burt A.C., Okada K., Mauger A.J., 2004. Assessment of Geological Mapping Potential using ASTER Imagery within the Broken Hill and Olary Domains. In Proceedings of Twelfth Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference. Perth, Australia. p. 12.
- İnan, S. ve İnan, N., 1987, Tecer kireçtaşı formasyonunun stratigrafik tanımlanması: Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak. Derg. Seri A. Yerbilimleri, 4/1,12-22, Sivas.
- İnan, N., İnan, S., 1990. Gürlevik Kireçtaşlarının (Sivas) özellikleri ve önerilen yeni isim: Tecer Formasyonu, Türkiye Jeoloji Bülteni,C. 33, 51-56.
- İnan S., Öztürk, A., Gürsoy, H., 1993. Ulaş-Sincan (Sivas) Yöresinin Stratigrafisi, Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi, 2, 1-15.
- Kavak, K. Ş., 1998. Savcun ve Karacaören (Ulaş-Sivas) Yörelerinde Sivas Tersiyer Havzasının Tektonostratigrafisi, Tektonik Deformasyon Biçimi ve Sayısal Görüntü İşlem Yöntemleriyle İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kalinowski A., Oliver S., 2004. ASTER Mineral Index Processing Manual, Remote Sensing Applications Geoscience Australia.
- Konya, H., 2009. Çataldağ Bölgesinin (Sivas GD'su) Jeolojik Özellikleri ve Hiperspektral Görüntülerle İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- Koptagel, O., Gökce, A., 1991. Başçayır-Dağönü (Ulaş-Sivas) Yöresinde Divriği Ofiyolitli Karışığının Ana Bileşenleri ve Kromit Yataklarının Jeolojisi, Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.8, S.1.
- Kurtman, F., 1963. Tecer Dağlarının Jeolojisi ve Alacalı Seri Hakkında Bazı Müşahedeler, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8, 1/2, 19-26.
- Kurtman, F., 1973. Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı, MTA Dergisi, 80, 1-32.
- Maerten, L., Pollard D. D., Maerten F., 2001. Digital mapping of three-dimensional structures of the Chimney Rock fault system, central Utah. Journal of Structural Geology 23, 585-592.

- Mobile Mapper 6, MakroPad, MakroMap Kullanıcı Başvuru Rehberi, Geomatics Hrt. Müh ve Müş. Ltd. Şti.
- Ninomiya, Y., 2002. Mapping quartz, carbonate minerals and mafic-ultramafic rocks using remotely sensed multispectral thermal infrared ASTER data. *Proceedings of SPIE*, 4710, pp. 191-202.
- Ok A. Ö. Ve Türker M., 2005. Stereo ASTER Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturma ve Doğruluk Analizleri, Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu.
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O., 1999, Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Özgül, N., Turşucu, A., Özyardımcı, N., Şenol, M., Bingöl, İ. & Uysal, Ş., 1981, Munzur dağlarının jeolojisi, MTA Rapor, No: 6995, 136 s. (yayımlanmamış), Ankara.
- Pena, S.A., and Abdelsalam, M.G. 2006. Orbital remote sensing for geological mapping in southern Tunisia: Implication for oil and gas exploration. *Journal of African Earth Sciences – Remote Sensing for Africa*. 44, 203-219.
- Poisson, A, Guezou, J.C., Öztürk, A, İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K.Ş., Özden, S., 1996. Tectonic Setting and Evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey *International Geology Review*, Vol. 38.
- Rowan, L.C., Hook, S.J., Abrams, M.J., and Mars, J.C., 2003. Mapping hydrothermally altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), a new satellite-imaging system: *Economic Geology*, v. 98, no. 5, p. 1019-1027.
- Rowan, L. C., Mars, J. C., 2003. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data, *Remote Sensing of Environment* 84, 350-366.
- Sağıroğlu, A., 2004. Ulaş (Sivas) batısında Deliler fayının tavan bloğunun tektonik deformasyon biçimi ve kinematiği, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.

- Sultan et al., 1986 M. Sultan, R.E. Arvidson and N.C. Sturchio, Mapping of serpentines in the Eastern Desert of Egypt by using landsat thematic mapper data, *Geology* 14, pp. 995–999.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Volesky, J. C., Stern, R. J., Johnson P.T., 2003. Geological control of massive sulfide mineralization in the Neoproterozoic Wadi Bidah shear zone, southwestern Saudi Arabia, inferences from orbital remote sensing and field studies. *Precambrian Research* 123, 235–247.
- Yomralıoğlu, T. ve Döner, F., 2005. Mobil GIS: Gezici Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uygulamaları. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, S. 93, 30-37.
- Yümün, Z. Ü., Kılıç, A. M., 2006. Doğu Toros' larda (Ulaş-Sivas) Yeni Bir Triyas Bulgusu, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, C. 49 S. 3, 29-39.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mustafa YAKAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Bulancak / 30.09.1985
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dil : İngilizce
İletişim Adresi : Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140-Sivas
e-posta Adresi : mustafa.yakan@cumhuriyet.edu.tr

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise : Bulancak Lisesi, 2003
Lisans : Cumhuriyet Üniversitesi, 2007
Yüksek Lisans : Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bil. Ens., 2009

İş Tecrübesi

Cumhuriyet Üniversitesi : Proje Asistanlığı (2007-2009)

EK

EK-1: Tecer Dağı güneyinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ve A-A' jeolojik enine kesiti.