

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİHALIÇCIK (ESKİŞEHİR) ÇEVRESİNDEKİ KROMİT VE MANYEZİT
YATAKLARININ LANDSAT 7 ETM+ VE ASTER UYDU VERİLERİ İLE
İNCELENMESİ

İpek USLU

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ANKARA
2007

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİHALIÇCIK (ESKİŞEHİR) ÇEVRESİNDEKİ KROMİT VE MANYEZİT YATAKLARININ LANDSAT 7 ETM+ VE ASTER UYDU VERİLERİ İLE İNCELENMESİ

İpek USLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Doğan AYDAL

Çalışma alanı Eskişehir I26-b2,b3 ile Ankara I27-a1,a2,a3,a4 paftaları üzerinde, Eskişehir ilinin doğusunda bulunan Mihaliçcik ve civarını içerir, toplamda yaklaşık olarak 210 km²lik bir alanı içine almaktadır.

Çalışmanın amacı, bölgede yapılan klasik jeolojik çalışmalarla elde edilen sonuçların UA (Uzaktan Algılama) ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmasıdır. Çalışma alanı içinde bulunan çeşitli manyezit ve kromit yatakları bilinen bütün klasik tekniklerle incelenmiştir. Bölgedeki kayalar ve cevher kütleleri incelenerek bölge jeolojisi ve cevherler hakkında çeşitli jeolojik, petrografik ve jeokimyasal sonuçlar çıkarılmıştır. Ayrıca inceleme alanında, çeşitli CBS ve UA programları kullanılarak, cevherleşmelerin çevresinde oluşan alterasyonlar, litolojik sınırlar, yapısal özellikler ve alterasyon zonları görüntü zenginleştirme teknikleri uygulanarak araştırılmıştır. Bütün laboratuvar sonuçları yer doğrulama çalışmaları ile kontrol edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, inceleme alanının 1/100.000 ölçekli I26 ve I27 jeoloji haritaları sayısallaştırılmıştır. SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşturmak için çalışma alanının 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritasının sayısallaştırması yapılmıştır. Yönlendirilmiş ve yönlendirilmemiş sınıflandırmalar, temel bileşen analizleri, dekorelasyon germeleri ve filtrelemeler yapılmış, bu veriler daha önce çeşitli çalışmalarla ortaya konulan jeolojik verilerle karşılaştırılmıştır. UA ve CBS çalışmalarında, Landsat 7 ETM+, Aster, Ikonos ve SRTM uydularından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bütün bu çalışmalar esnasında özellikle TNT Mips 6.9, ArcGIS 9.0, ER Mapper 6.4 ve Netcad 2.95 programlarından uygun olanlar kullanılmıştır.

Sonuç olarak; UA ve CBS ile elde edilen birçok verinin çalışma alanındaki manyezit cevherlerinin ve kromit içerebilen ultramafik kayaların yerlerinin belirlenmesinde rahatlıkla kullanılabilecekleri ve bu işlemler yapılırken önemli ölçüde zaman kazandırdıkları görülmüştür.

2007, 118 sayfa

Anahtar Kelimeler : UA (Uzaktan Algılama), CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), Landsat, Aster, Ikonos, Mihaliçcik, Kromit, Manyezit

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATIONS OF CHROMITE AND MAGNESITE DEPOSITS – ENRICHMENTS BY USING LANDSAT 7 ETM+ AND ASTER DATA IN MİHALIÇCIK (ESKİŞEHİR)

İpek USLU

Ankara University

Institute Of Science And Technology

Geological Engineering

Adviser : Prof.Dr. Doğan AYDAL

The study area located Eastern part of Eskişehir city, Mihaliçcik town and close surroundings. It covers about 210 square kilometers and the number of the studied maps are Eskişehir I26-b2-b3 and Ankara I27-a1,a2,a3,a4.

The aim of the study is comparing the result of the all apply classical geological method with the results of the of the all performed RS (Remote Sensing) and GIS (Geographic Information Systems) techniques. All of the magnesite and chromite deposits in the study area are investigated in all classical techniques. All rocks and mining areas in the study area were invastigated and various geological, petrographical, and geochemical results were taken. Suitable image enhancements techniques were performed by using various GIS and RS programmes in determination of mining areas, alterations zones, lithological and tectonical properties. All of the laboratuary studies were controlled by ground thruth works. With the studies 1/100.000 scaled I26-I27 geological maps were digitized. 1/25.000 scaled map were digitized for having DEM (digital elevation model) of the study area. Supervised and unsupervised classification, principal components analyses, decorrelation stretching and filtering techniques were performed in order to compare geological outputs. Landsat 7 ETM+, Aster, Ikonos and SRTM satellite data were used in all GIS, RS works. Especially, TNT Mips 6.9, ArcGIS 9.0, ER Mapper 6.4 and Netcad 2.95 programmes were used wherever they are suitable.

As a result; RS and GIS techniques were found to be very usefull to locate and to determine magnesite deposits and chromite bearing ultramafic rocks in the study area in rather shorter time.

2007, 118 page

Key Words : RS (Remote Sensing), GIS (Geographic Information Systems), Landsat, Aster, Ikonos, Mihaliçcik, Chromite, Magnesite

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek yetişme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam sayın Prof. Dr. Doğan AYDAL'a, Mihalıccık'ta bulunduğum dönemlerde arazi çalışmalarımdaki büyük katkılarından dolayı Serhat Madencilik sahibi Veysel ŐAHAN'a, Eski Kavak Krom Müdürü Mustafa GÖLE'ye, Yeni Kavak Krom Müdürü Erkan UĞRAŐ'a ve tüm çalışanlarına, MTA'da görev yapan jeoloji mühendisleri Tolga ALKEVLİ ve Adem ULUŐAHİN'e, jeoloji yüksek mühendisi Okan ZİMİTOğLU'na, eşim Ali USLU'ya ve bugünlere gelmemi sağlayan değerli aileme en derin duygularımla teşekkür ederim.

İpek USLU

Ankara, Kasım 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışma Alanının Tanıtılması.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	4
1.3 Çalışma Yöntemleri.....	5
1.4 Önceki Çalışmalar.....	7
2. GENEL JEOLJİ.....	12
2.1 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	12
2.1.1 Metamorfik şistler ve mermerler.....	12
2.1.2 Ultramafik-mafik kayalar.....	12
2.1.3 Hematitleşmiş-limonitleşmiş silika kapak.....	15
2.1.4 Tersiyer ve Kuvaterner.....	17
3. PETROGRAFI.....	21
3.1 İnce Kesit Çalışmaları.....	21
3.1.1 Ultramafik birimler.....	21
3.1.1.1 Harzburjit.....	21
3.1.1.2 Dunit.....	23
3.1.1.3 Verlit.....	26
3.1.2 Mafik birimler.....	29
3.1.2.1 Gabro.....	29
3.1.3 Manyezit.....	32
3.1.4 Listvenit.....	34
3.2 Parlak Kesit Çalışmaları.....	36
4. JEOKİMYA	44
4.1 Ultrabazik-Bazik Kayaların Jeokimyası.....	44
4.2 Jeokimyasal Diyagram ve Yorumlar.....	50
5. MADEN JEOLJİSİ.....	64
5.1 Kromit Cevherlerin Yayılımı ve İncelenmesi.....	64
5.2 Manyezitlerin Muhtemel Oluşumu.....	65
5.3 Listvenit.....	67
6. UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI	68
6.1 Uydu Çalışmalarında Materyal ve Yöntemler.....	69

6.2 Üç Boyutlu Görüntü Oluşturma.....	72
6.3 RGB Kompozit Görüntüleme.....	78
6.3.1 Landsat 7 ETM+ için seçilmiş bant kombinasyonları.....	78
6.3.2 Aster için bant kombinasyonları.....	80
6.3.3 Ikonos için bant kombinasyonu.....	81
6.4 Fitreleme.....	83
6.5 Bant Oranlama.....	87
6.5.1 Landsat 7 ETM+ için bant oranlama.....	87
6.5.2 Aster için bant oranlama.....	88
6.5.3 Ikonos için bant oranlama.....	89
6.6 Temel Bileşenler Analizi (PCA:Principal Component Analysis).....	90
6.6.1 Landsat 7 ETM+ için temel bileşenler analizi.....	90
6.6.2 Aster için temel bileşenler analizi.....	91
6.6.3 Ikonos için temel bileşenler analizi.....	92
6.7 Dekorelasyon Gerilmesi (Decorrelation Strecthing).....	93
6.7.1 Landsat 7 ETM+ için dekorelasyon gerilmesi.....	93
6.7.2 Aster için dekorelasyon gerilmesi.....	94
6.7.3 Ikonos için dekorelasyon gerilmesi.....	95
6.8 Görüntü Sınıflama.....	96
6.8.1 Yönlendirilmemiş sınıflandırma.....	96
6.8.2 Yönlendirilmiş sınıflandırma.....	106
6.9 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile İlgili Çalışmalar.....	107
7. SONUÇLAR.....	114
KAYNAKLAR.....	119
ÖZGEÇMİŞ.....	124

SİMGELER DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
UA	Uzaktan Algılama
GIS	Geographic Information Systems
RS	Remote Sensing
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
ETM	Enhanced Thematic Mapper
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
RGB	Red Green Blue (Kırmızı, Yeşil, Mavi)
PCA	Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizleri)
DC	Decorrelation Streching (Dekorelasyon Germesi)
SK	Silika Kapak
S	Serpantinit
M	Manyezit
DEM	Digital Elavation Model
TIN	Triangulated Irregular Network (Düzensiz Üçgenleme Metodu)
OLV	Olivin
PX	Piroksen
OPX	Ortopiroksen
3D	Üç Boyutlu
GPS	Global Positioning System
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
KAF	Kuzey Anadolu Fay Hattı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 1.2 Çalışma alanını içine alan Landsat 7 ETM + RGB 531 uydu görüntüsü...2	
Şekil 1.3 Landsat uydu verisi RGB 531 üzerinde yer-tepe adlarının ve numune noktalarının konumu.....	6
Şekil 2.1 Hamamdere girişi, serpantinit-manyezit-silika kapak üçlüsü.....	13
Şekil 2.2 Kocadere'den mesh dokusu görüntüsü.....	14
Şekil 2.3 Hamamdere, gabro arazi görüntüsü.....	14
Şekil 2.4 Yayladere, serpantinit-manyezit-silika kapak sınırı.....	15
Şekil 2.5 Burçaközü bölgesindeki, damarlı manyezitler ve ikincil kromitler.....	16
Şekil 2.6 Burçaközü, blok manyezit arazi görüntüsü.....	17
Şekil 2.7 Çalışma alanının genel jeolojisi.....	18
Şekil 2.8 Çalışma alanının uydudan yararlanılarak çizilen jeoloji haritası.....	19
Şekil 2.9 Çalışma alanının ölçeksiz stratigrafik kesiti.....	20
Şekil 3.1 Yayladere, harzburjit, Mineraller: Olivin+Opx, Büyütme: 4*10.....	22
Şekil 3.2 Burçaközü, harzburjit, Büyütme: 4*10	22
Şekil 3.3 Yayladere girişinde harzburjitlerin arazi görüntüsü.....	23
Şekil 3.4 Kocadere, dunitten kromite geçiş, Büyütme: 4*10.....	24
Şekil 3.5 Ortaocak, dunit, Büyütme: 200 X.....	24
Şekil 3.6 Bahtiyar yakası, dunit, Büyütme: 200 X.....	25
Şekil 3.7 Hoca ocak üstü, dunit, Büyütme: 200 X.....	25
Şekil 3.8 Burunocak, dunit arazi görüntüsü.....	26
Şekil 3.9 Kocadere, verlit, Mineraller: Ojit+Diyallaj+Olv, Büyütme: 4*10.....	26
Şekil 3.10 Kocadere, verlit, Mineraller: Ojit+Diyallaj+Olv, Büyütme: 4*10.....	26
Şekil 3.11 Yayladere, verlit, Mineraller: Olv+Ojit, Büyütme: 4*10.....	28
Şekil 3.12 Yayladere, verlit, Mineraller: Olv+Ojit, Büyütme: 4*10.....	28
Şekil 3.13 Hamamdere, gabro, Mineraller: Olv+Px (Ojit)+Opx, Büyütme:4*10....	29
Şekil 3.14 Hamamdere, gabro, Mineraller: Olv+Px (Ojit)+Opx, Büyütme: 4*10... 30	
Şekil 3.15 Hamamdere, gabro görüntüsü.....	30
Şekil 3.16 Yayladere, Aşırı hidrotermal alterasyona uğramış gabroid Mineraller: Oijt,(çok altere), kaolin, Büyütme: 4*10.....	31

Şekil 3.17 Yayladere, Aşırı hidrotermal alterasyona uğramış gabroid, Mineraller: Oijt(çok altere), kaolin, Büyütme: 4*10.....	31
Şekil 3.18 Yayladere, gabro görüntüsü.....	32
Şekil 3.19 Kavak bölgesi manyezit, Büyütme: 200 X.....	33
Şekil 3.20 Hamamdere, manyezitin arazi görüntüsü.....	33
Şekil 3.21 Erenler, listvenit arazi görüntüsü.....	34
Şekil 3.22 Burçaközü, Kromit-Dunit, Listvenitik karakter, Büyütme: 4*10.....	35
Şekil 3.23 Burçaközü, Kromit-Dunit, Listvenitik karakter, Büyütme: 4*10.....	35
Şekil 3.24 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, iri taneli kataklastik kromitin boşluklarında nikelin (NiAs).....	37
Şekil 3.25 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, iri taneli kataklastik kromitin boşluklarında nikelin NiAs).....	37
Şekil 3.26 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, kromit (gri), nikelin (beyaz).....	38
Şekil 3.27 Orta ocak, Kavak-kromit, Büyütme: 200 X, kuruortamda, ileri derecede kataklastik yapıda ve yer yer kırık ve çatlakları boyunca manyetite dönüşmüş kromit (parlak koyu gri).....	38
Şekil 3.28 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, ileri derecede kataklastik yapıda ve yer yer kırık ve çatlakları boyunca spinel-manyetite dönüşmüş kromit (parlak koyu gri), Manyetit içerisinde pirotin kapanımları (sarı).....	39
Şekil 3.29 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, ileri derecede kataklastik yapıda ve yer yer kırık ve çatlakları boyunca spinel-manyetite dönüşmüş kromit (parlak koyu gri), Manyetit içerisinde pirotin kapanımları (sarı).....	39
Şekil 3.30 Burçaközü, serpantinit, Kataklastik kromit (gri) (Al ve Mg'ca zengin olduğundan iç yansıması çok belirgin), Nikelin (beyaz, parlak).....	40
Şekil 3.31 Burçaközü, serpantinit, Büyütme 300 X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisine yerleşmiş.....	40
Şekil 3.32 Burçaközü, serpantinit, Büyütme 300 X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisine yerleşmiş.....	41

Şekil 3.33 Burçaközü, serpantinit, Büyütme 300 X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisinde yerleşmiş.....	41
Şekil 3.34 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisinde yerleşmiş.....	42
Şekil 3.35 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, kalkopirit ayrılımları (sarı).....	42
Şekil 3.36 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, yuvarlak taneli kromit kristalleri.....	43
Şekil 3.37 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, yuvarlak taneli kromit kristalleri.....	43
Şekil 4.1 Mihaliçcik ofiyolitlerine ait kayaçların manto fraksiyonu ile oluştuğunu gösteren diyagram (Batchelor and Bowden 1985).....	51
Şekil 4.2 Çalışma alanı kayaçlarının AFM diyagramındaki (Irvine and Baragar 1971) konumları.....	52
Şekil 4.3 Ultrabazik ve bazik kayaçların B-A diyagramında (Debon and Le Fort 1983) sınıflandırılması.....	53
Şekil 4.4 Çalışma alanının kuzeydoğusundaki ultramafik kayaçların Spider Diyagramı.....	54
Şekil 4.5 Çalışma alanının güneyindeki ultramafik kayaçların Spider diyagramı....	54
Şekil 4.6 Çalışma alanının güneyindeki mafik kayaçların Spider diyagramı.....	54
Şekil 4.7 Altere serpantinit-hematit-limonite ve silika kapağa ait Spider diyagramı.	55
Şekil 4.8 Ultramafik kayaçlara ait Spider diyagramı.....	56
Şekil 4.9 Harker diyagramında ultramafik ve mafik kayaçların major elementlerin SiO ₂ ile karşılaştırılması.....	57
Şekil 4.10 Harker diyagramlarında ultramafik ve mafik kayaçların iz elementlerin SiO ₂ ile karşılaştırılması.....	58
Şekil 4.11 MgO-CaO-Al ₂ O ₃ diyagramda mafik ve ultramafik kayaçların Konumu.....	59
Şekil 4.12 Çalışma alanından alınan kayaçların AFM diyagramındaki konumları...60	
Şekil 4.13 CaO-MgO-SiO ₂ diyagramı (Hegelson <i>et al.</i> 1969)'nda manyezitin konumu.....	61
Şekil 4.14 Fe ₂ O ₃ ve Cr ₂ O ₃ diyagramında kromitin konumu	62

Şekil 4.15 SiO ₂ ve Cr ₂ O ₃ diyagramında kromitin konumu	63
Şekil 5.1 Çalışma alanına ait (Orta Ocak) manyezit damarlarının duniti keser Görünümü.....	64
Şekil 5.2 Manyezit yatakları ve ikincil kromit yataklarının oluşum mekanizması...	66
Şekil 6.1 Landsat ve ASTER dalga boylarının ve bant değerlerinin dağılımı.....	70
Şekil 6.2 Burçaközü-Karakaya Mevkii Ikonos RGB 321 görüntüsü.....	71
Şekil 6.3 Burçaközü-Karakaya Mevkii Aster RGB 421 görüntüsü.....	71
Şekil 6.4 Burçaközü-Karakaya Mevkii Landsat RGB 531 görüntüsü.....	71
Şekil 6.5 Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli görüntüsü.....	72
Şekil 6.6 Çalışma alanının (güneybatı-kuzeydoğu yönlü) Landsat RGB 453 3D görüntüsü.....	73
Şekil 6.7 Çalışma alanının (kuzeydoğu-güneybatı yönlü) Landsat RGB 453 3D görüntüsü.....	73
Şekil 6.8 Çalışma alanının Landsat RGB 531 3D görüntüsü.....	74
Şekil 6.9 Çalışma alanının Landsat RGB 531 3D görüntüsü.....	74
Şekil 6.10 Çalışma alanının Landsat RGB 531 3D görüntüsü.....	75
Şekil 6.11 Bölgede manyezit yerleşiminin çatlak sistemleri ile olan bağlantısını gösteren SRTM 3D görüntüsü.....	75
Şekil 6.12 Bölgede manyezit yerleşiminin çatlak sistemleri ile olan bağlantısını gösteren SRTM 3D görüntüsü.....	76
Şekil 6.13 Kocadere, Kaklık tepe, Yayladere Ikonos RGB 321 3D görüntüsü.....	76
Şekil 6.14 Yayladere, Dikmen tepe, Hamamdere Ikonos RGB 321 3D görüntüsü...	77
Şekil 6.15 Hamamdere, Göçüktepe, Piynartepe Ikonos RGB 321 3D görüntüsü....	77
Şekil 6.16 Çalışma alanının Landsat RGB 742 görüntüsü.....	79
Şekil 6.17 Çalışma alanının Landsat RGB 453 görüntüsü.....	79
Şekil 6.18 Çalışma alanının Aster RGB 321 görüntüsü.....	80
Şekil 6.19 Çalışma alanının Aster RGB 731 görüntüsü.....	81
Şekil 6.20 Kocadere'den güneyden kuzeye gidiş yönünde Ikonos RGB 321 görüntüsü.....	82
Şekil 6.21 Kocadere'den güneyden kuzeye gidiş yönünde Ikonos RGB 321 Görüntüsü.....	82
Şekil 6.22 Kocadere'den güneyden kuzeye gidiş yönünde Ikonos RGB 321	

Görüntüsü.....	83
Şekil 6.23 Çalışma alanının Landsat RGB 321 üzerine uygulanan kenar belirginleştirme filtre görüntüsü (Silika kapaklar sarı, manyezitler ise kırmızı çizgi).....	84
Şekil 6.24 Çalışma alanının Landsat RGB 531 üzerine uygulanan kenar belirginleştirme filtre görüntüsü (Silika kapaklar sarı, manyezitler ise kırmızı çizgi).....	84
Şekil 6.25 Çalışma alanının Aster Bant1 üzerine uygulanan kenar belirginleştirme filtresi görüntüsünden elde edilen çizgisellikler (Kırmızı renk, filtre uygulamadan önceki; sarı renk, filtre uygulandıktan sonraki çizgisellikler).....	85
Şekil 6.26 Çalışma alanının alanının RGB 453 üzerine uygulanan kenar belirginleştirme filtre görüntüsünden elde edilen çizgisellikler (Siyah renk, filtre uygulamadan önceki; sarı renk, filtre uygulandıktan sonraki çizgisellikler).....	86
Şekil 6.27 Çalışma alanının Aster RGB 731 üzerine uygulanan kenar Belirginleştirme filtre görüntüsünden elde edilen çizgisellikler (Kırmızı renk, filtre uygulamadan önceki; sarı renk, filtre uygulandıktan sonraki çizgisellikler).....	86
Şekil 6.28 Çalışma alanının Landsat RGB 7/4:4/3:5/7 bant oran görüntüsü.....	88
Şekil 6.29 Çalışma alanının Aster RGB B4/B5:B4/B6:B4/B9 bant oran görüntüsü..	88
Şekil 6.30 Çalışma alanına ait Ikonos RGB 321 görüntüsü.....	89
Şekil 6.31 Ikonos verisine uygulanan Band3/Band1 demiroksit analizi görüntüsü...	89
Şekil 6.32 Landsat uydu verisi RGB 321 temel bileşenler analiz görüntüsü.....	90
Şekil 6.33 Aster uydu verisi RGB 456 temel bileşenler analiz görüntüsü.....	91
Şekil 6.34 Ikonos uydu verisi RGB 123 temel bileşenler analiz görüntüsü.....	92
Şekil 6.35 Landsat uydu verisi RGB 742 dekorelasyon germesi analiz görüntüsü...	93
Şekil 6.36 Aster uydu verisi RGB 531 dekorelasyon germesi analiz görüntüsü.....	94
Şekil 6.37 Ikonos uydu verisi RGB 123 dekorelasyon germesi analiz görüntüsü.....	95
Şekil 6.38 Çalışma alanının Landsat uydu verisi RGB 531 görüntüsü.....	98
Şekil 6.39 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar mavi renktedir).....	98

Şekil 6.40 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Mavi renkler: manyezit).....	98
Şekil 6.41 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar yeşil renktedir).....	99
Şekil 6.42 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Yeşil renkler: manyezit).....	99
Şekil 6.43 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan K Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar mavi renktedir).....	99
Şekil 6.44 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Mavi renkler: manyezit).....	99
Şekil 6.45 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir).....	100
Şekil 6.46 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit).....	100
Şekil 6.47 Çalışma alanının Aster uydu verisi RGB 321 görüntüsü	100
Şekil 6.48 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar sarı renktedir).....	101
Şekil 6.49 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Sarı renkler: manyezit).....	101
Şekil 6.50 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar yeşil renktedir).....	101
Şekil 6.51 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Yeşil renkler: manyezit).....	101
Şekil 6.52 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan K Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar mavi renktedir).....	102
Şekil 6.53 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Mavi renkler: manyezit).....	102
Şekil 6.54 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir).....	102
Şekil 6.55 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit).....	102
Şekil 6.56 Çalışma alanının Ikonos uydu verisi RGB 123 görüntüsü.....	103

Şekil 6.57 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar pembe renktedir).....	103
Şekil 6.58 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Pembe renkler: manyezit).....	103
Şekil 6.59 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir).....	104
Şekil 6.60 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit).....	104
Şekil 6.61 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan K Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar pembe renktedir).....	104
Şekil 6.62 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Pembe renkler: manyezit).....	104
Şekil 6.63 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir).....	105
Şekil 6.64 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit).....	105
Şekil 6.65 Çalışma alanının İkonos uydu verisi üzerine uygulanan Maximum Likelihood yönlendirilmiş sınıflandırma görüntüsü	106
Şekil 6.66 Çalışma alanının Landsat RGB 531 üzerinde analiz yerleri.....	107
Şekil 6.67 Çalışma alanının Landsat RGB 531 üzerinde analiz yerleri.....	108
Şekil 6.68 Çalışma alanına ait Ni TIN haritası görüntüsü.....	109
Şekil 6.69 Çalışma alanına ait örneklerden elde edilen Ni değerlerinin farklı sunumu.....	110
Şekil 6.70 Çalışma alanına ait Ni grid harita görüntüsü.....	110
Şekil 6.71 Çalışma alanına ait Zn TIN görüntüsü.....	111
Şekil 6.72 Çalışma alanına ait örneklerden elde edilen Zn değerlerinin farklı sunumu.....	111
Şekil 6.73 Çalışma alanı ait Zn grid harita görüntüsü.....	112
Şekil 6.74 Çalışma alanına ait Cu TIN görüntüsü.....	112
Şekil 6.75 Çalışma alanına ait örneklerden elde edilen Cu değerlerinin farklı sunumu.....	113
Şekil 6.76 Çalışma alanına ait Co TIN görüntüsü.....	113

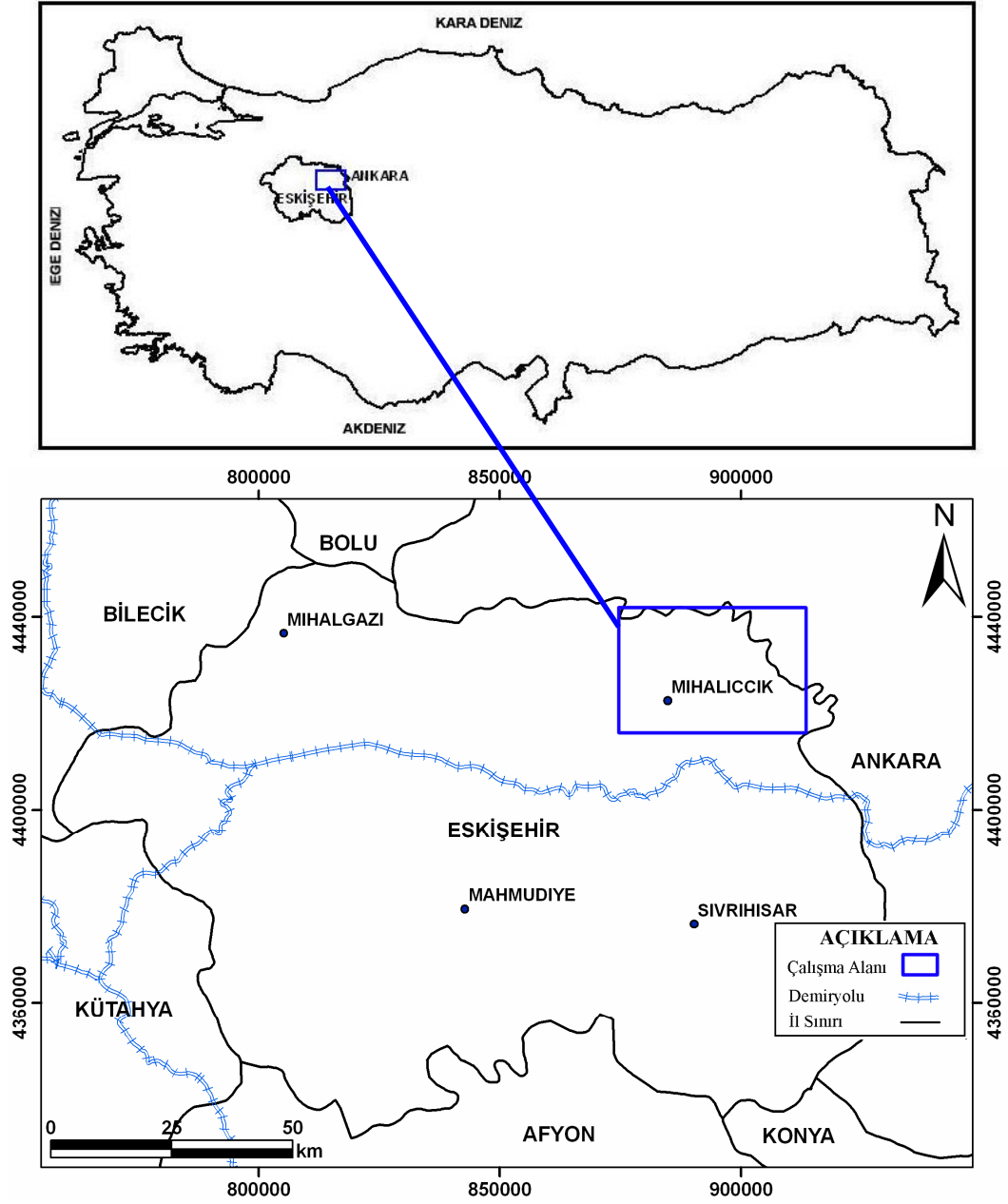
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Kimyasal analizler için değerlendirilen numunelerin lokasyon ve Tanımları.....	44
Çizelge 4.2 Mihaliçcık'tan alınan bazik-ultrabazik kayaçların ana element yüzdeleri (%).....	45
Çizelge 4.3 Mihaliçcık'tan alınan bazik-ultrabazik kayaçların iz element miktarları (ppm).....	46
Çizelge 4.4 Mihaliçcık'tan alınan mafik-ultramafik kayaçların iz element miktarları (ppm).....	47
Çizelge 4.5 Mihaliçcık'tan alınan kromit ve manyezitlerin ana element yüzdeleri (%).....	58
Çizelge 4.6 Mihaliçcık'tan alınan kromit ve manyezitlerin iz element miktarları (ppm).....	49
Çizelge 4.7 Mihaliçcık'tan alınan kromit ve manyezitlerin iz element miktarları (ppm).....	49

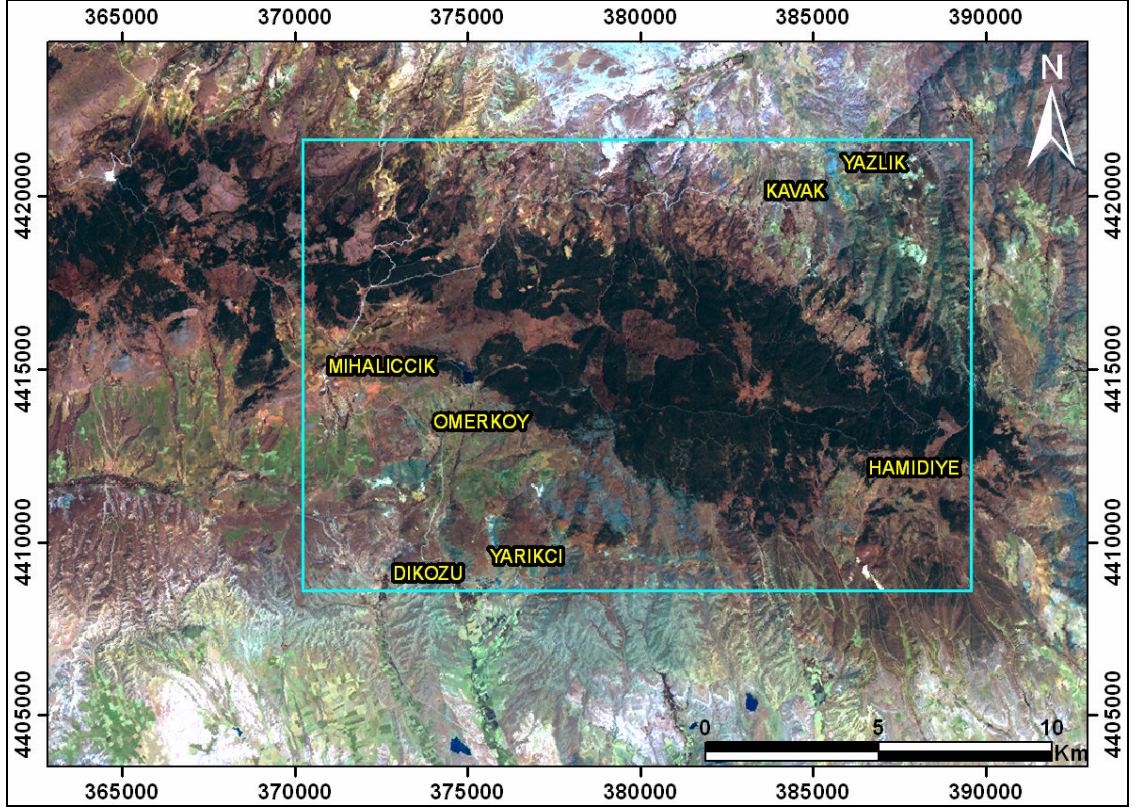
1. GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı; Ankara – Eskişehir arasında, Eskişehir ilinin doğusuna düşen Mihaliçcik ilçesi ve civarı olmak üzere (Şekil 1.1), yaklaşık 210 km²lik bir alanı içine almaktadır (Şekil 1.2). Çalışmada 1/25.000 ölçekli Eskişehir I26-b2,b3 ile Ankara I27-a1,a2,a3,a4 paftaları kullanılmıştır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 1.2 Çalışma alanının Landsat 7 ETM + RGB 531 uydu görüntüsü

Mihaliccik ilçesi, Yukarı Sakarya bölgesi'nde Sündiken dağlarının güneydoğu'sunda kurulmuştur. Mihaliccik ilçesinin Eskişehir'e olan uzaklığı 96 km olup, ilçenin kuzeyinde ve doğusunda Ankara il'i, batısında Beylikova ve Alpu ilçesi, güneyinde ise Sivrihisar ilçesi yer almaktadır. İlçenin yüzölçümü 1650 km², rakımı ise 1325 m'dir.

İlçenin güneyinden gelen Porsuk Çayı daha sonra kuzeye dönerek Sakarya Nehri ile birleşir. Kızıltepeden çıkmakta olan Gürleyik Çayı, Sarıyer Baraj gölüne dökülür. Sarıyer Baraj gölü ilçenin kuzey sınırını oluşturmaktadır. Kaklık Tepe (1240 m), Dikmen Tepe (1382 m), Göçük Tepe (1295 m), Pınar Tepe (1320 m), Kocaorman Tepe (1479 m) ve Erenler Tepe (1529 m) çalışma alanındaki diğer yüksekliklerdir. Vadilerin çoğunda az su bulunduran dereler yer almaktadır. Bunlardan en bilinenleri Kocadere, Yayladere ve Hamamdere'dir.

İlçe iklim yönünden değişik özellikler gösterir. Porsuk Vadisinde kışlar sert ve soğuk, yazlar oldukça sıcak geçmektedir. Sündiken dağlarında yılın en az altı ay'ı karlarla kaplı geçmektedir. İlçenin kuzeyinde, Sakarya vadisinde ise oldukça ılıman iklim hakimdir. İlçe merkezinde kışın ısı oldukça düşmektedir, yaz aylarında ise serin yayla iklimi hakim olmaktadır. Yağışlar; kışın kar, ilkbahar ve sonbaharda yağmur şeklindedir. Bitki örtüsünü, çam, meşe ve ardıç ağaçları oluşturmaktadır.

Bölgedeki en eski kayalar, çalışma alanının ortasındaki yer yer mermer ara katkılı kuvarsitik-kloritik şistlerdir. Mika şistler, klorit-şistler, kuvarsitler, mavimsi gri fillitler, serisit şistler yer yer kalk şistler, yeşil şistler bu seriyi tamamlar. Bunların üstüne gelen beyaz gri mermerler doğu-batı doğrultusunda geniş sahalara yayılırlar.

Çalışma alanının ortasında bulunan, kuzeybatı-güneydoğu yönlü, Triyas yaşlı bu metamorfik kayaların bulunduğu alan, üzeri tamamen sık ağaçlı ormanlarla kaplı olması ve bölgedeki cevherleşmelerle bağlantılarının bulunmaması sebebiyle detaylı olarak incelenmemiştir.

Sahanın büyük bir kısmında, doğu-batı doğrultusunda uzanan ofiyolitik kayalar geniş alan kaplamaktadır. Serpantinleşmiş ultramafik kayalar genellikle vadi ve dere içlerinde mostra verirken, tepeler silisçe çok zenginleşmiş serpantinlerden oluşmaktadır. Bazı kesimlerde, ultramafikler üzerinde muhtemelen paleosen yaşlı, silisleşmiş-dolomitleşmiş konglomeratik kireçtaşları yer almaktadır.

Manyezitçe zenginleşmiş bölgeler ilçe sınırları içinde yaygın olarak görülmektedir. Mihaliçcik merkez ve Ömerköy'de bulunan işletmelerde halen manyezit üretimi yapılmaktadır. Manyezit ocakları açık işletme olarak çalıştığından üretim daha çok yaz döneminde yapılmakta, kış döneminde üretim azalmakta veya durmaktadır. Kavak ve civarında ise kromit ocakları mevcuttur ve halen işletilmektedir.

Serpantinlerle, Neojen kontaktlarında bol debili kaynaklar bulunmaktadır ve halk genellikle hayvancılık ve tarımla uğraşmaktadır. Köy yolları iyi olduğundan yol sorunu yoktur. Ayrıca Mihaliçcik'in güneyindeki Yunusemre köyünden Ankara-Eskişehir demiryolu hattı geçmektedir.

Not: "Landat 7 ETM+" yazısı, yazım esnasında karışıklık çıkarmaması için bundan sonraki bütün metin ve şekillerde sadece "Landsat" şeklinde kullanılmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Mihaliçcik çevresindeki kromit, manyezit yatak ve zenginleşmelerine ait Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla çalışma, bu kapsamda yapılacak ilk bilimsel çalışmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır.

Bu çalışmada, Mihaliçcik çevresindeki manyezit, kromit yatak ve zenginleşmelerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde çeşitli teknikler kullanarak tanımlanıp tanımlanamayacakları, bu tanımlamaların, arazi çalışmalarını zaman açısından olumlu yönde etkileyip etkilemediği de araştırılmıştır.

Bu çalışmalar esnasında Landsat, Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) ve Ikonos uydu verileri kullanılmıştır. Ayrıca, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verileri de kullanılarak tektonik hatlar başta olmak üzere topoğrafya hakkında bilgi edinilmiş ve bu hatların cevher yerleşimi ile bağlantılı olup olmadıkları araştırılmıştır.

Bölgede belirlenen cevherleşme ve zenginleşmelerin devamlılıkları ve yeni cevherleşme alanlarının belirlenmesi de UA ve CBS yöntemleri kullanılarak yapılmaya çalışılmıştır.

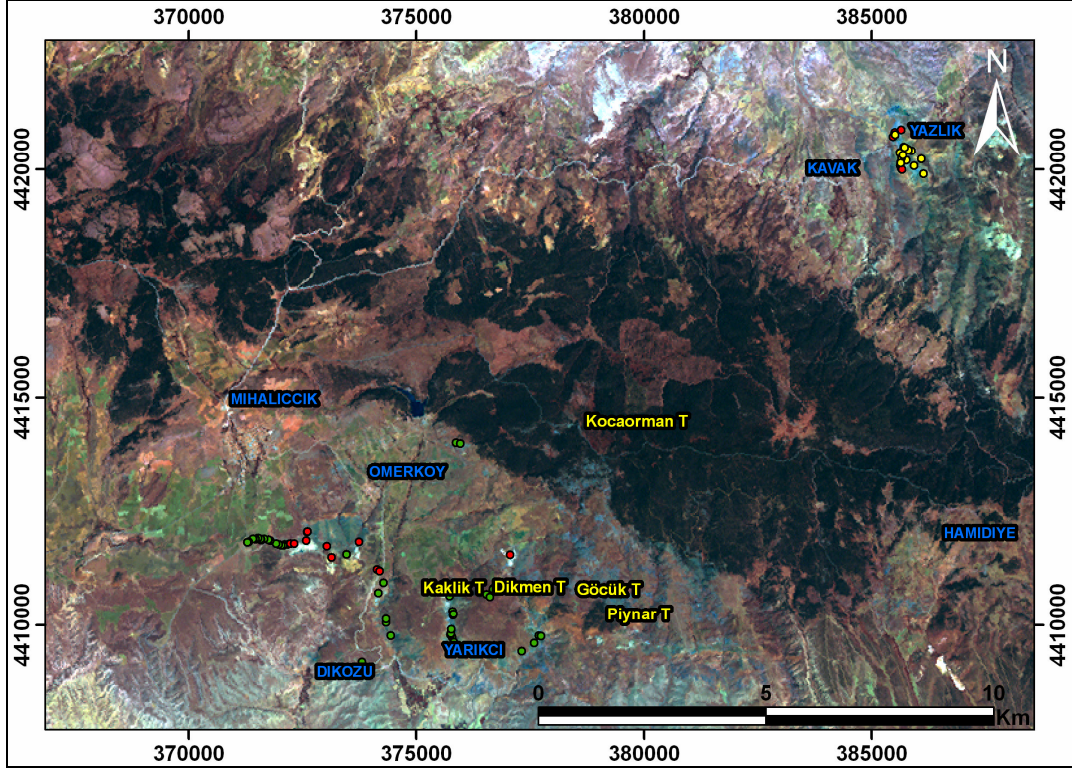
1.3 Çalışma Yöntemleri

Çalışmalar, araştırmanın amacına yönelik olarak, önceki çalışmaların incelenmesi ve arazi çalışmaları, UA ve CBS çalışmaları, son olarak da laboratuvar çalışmaları olarak üç bölümde yapılmıştır.

Arazi öncesi büro çalışmaları sırasında, çalışma alanı, topoğrafik haritalar ile uydu görüntüleri üzerinde incelenmiş, yer ve tepe isimleri belirlenmiş, bütün bu veriler uydu görüntüleri üzerine yerleştirilmiş ve arazi çalışmalarında, daha kısa zamanda çok daha geniş bir alanı çalışma yönünden büyük kolaylık sağlamıştır. Daha önceki çalışmaların incelenmesi ve arazi çalışmaları esnasında bilinen klasik bütün yöntemler uygulanmıştır. Arazi çalışmalarında farklı görülen bütün kayaç ve cevher örneklerinden, GPS (Global Positioning System) kullanıp koordinatları da belirlenerek numuneler alınmış (97 adet), bunların petrografik ve jeokimyasal olarak incelemeleri yapılmıştır.

Bölgede iki ayrı dönemde arazi çalışması yapılmıştır. Bunlardan ilki, ön UA-CBS çalışmaları sonrası 2005 yılının Haziran ve Temmuz aylarında yapılmıştır. Saha verilerinden elde edilen bilgilerin ışığı altında yeni UA-CBS çalışma ve değerlendirmeleri yapılmış, elde edilen sonuçların arazide kontrolü ise 2007 yılının Haziran ayında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.3'te farklı renkte noktalar farklı zamanlarda alınan numune ve yer kontrol noktalarını göstermektedir.

Bu çalışmalarda, Landsat (2000 07 04, 178-32), Aster (2003 10 04, PR051.dat ve PR052.dat), Ikonos (2005 09 09) ve SRTM (2000) uydu verileri ile TNT Mips 6.9, Er Mapper 6.4, ArcGIS 9.1, Global Mapper ve Netcad vb. UA-CBS programlarından uygun olanlar kullanılmıştır.



Şekil 1.3 Landsat uydu verisi **RGB 531** üzerinde yer-tepe adlarının, numune ve yer kontrol noktalarının konumu

Petrografik incelemeler için seçilen numunelerin parlatma ve ince kesitleri Ankara Üniversitesi ince kesit laboratuvarında ve Maden Tetkik ve Arama (MTA) laboratuvarlarında hazırlanmış ve incelemeleri yapılmıştır.

Jeokimyasal incelemeler için seçilen 25 adet kayaç ve cevher numunesi, ACME analitik laboratuvarlarında (Acme Analytical Laboratories) 4A ve 4B (Whole Rock By ICP and Trace Elements By ICP MS) analizleri yaptırılarak incelenmiş ve bu veriler çeşitli jeokimyasal programlar yardımıyla (Newpet, GeoKIT) değerlendirilmiş ve yorumlar yapılmıştır.

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistem çalışmaları çerçevesinde, çalışılan bölgeye ait (Eskişehir / Mihaliçcik) 1/25.000'lik (i26 b2 ve b3 ile i27 a1-a2-a3-a4) topografik haritalarının, uydu görüntüleri ile rektifikasyonu yapılmış, bu haritalar sayısallaştırılmış, veri tabanları girilmiş ve mozayikleri yapılmıştır.

Bu sayısallaştırılmış veriler de kullanılarak çalışma alanını üç boyutlu (3D) görmeyi sağlayan Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM; DEM: Digital Elevation Model) oluşturulmuştur. Numunelerin analiz sonuçlarına göre, bölgeye ait TIN (Triangulated Irregular Network: düzensiz üçgenleme metodu) haritaları oluşturularak bölgede relatif olarak yüksek anomali veren alanlar belirlenmiştir.

Uydu görüntüleri kullanılarak yönlendirilmiş (supervised), ve yönlendirilmemiş (unsupervised) sınıflandırmalar yapılmış ve bu veriler daha önce yapılan jeolojik çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Farklı litolojik birimlerin belirlenmesine ve tektonik çalışmalara yönelik olarak, RGB kompozitlerinin oluşturulması, band oranlama, temel bileşen analizleri (Principal Component Analysis: PCA), dekorelasyon germeleri (Decorelation Streching) vb. çeşitli görüntü zenginleştirme metotları kullanılmış, kil-demir-demiroksit analizleri yapılmış ve çeşitli filtreleme teknikleri uygulanmıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Sahada, bölgenin genel jeolojisi ve maden jeolojisine yönelik olarak yapılan bir çok çalışma mevcuttur (Weingart 1954, Barutoğlu 1960, Brinkmann 1966, Çoğulu 1967, Lisenbee 1971, Okay 1980, Okay 1981, Okay 1984, Tankut 1980, Penrose 1973, Gautier 1984, Nebert *et al.* 1986, Erentöz 1975, Şentürk ve Karaköse 1979, Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör 1993, Gözler vd. 1996).

Weingart (1954) çalışmalarında, Eskişehir-Sivrihisar civarında yer alan metamorfikleri Paleozoyik'e dahil etmiş; Sivrihisar, Mihalıçcık, Ayaş ve Polatlı'yı kapsayan yörede 1/100.000 ölçekli harita alımı ile genel stratigrafiyi izah etmiştir. Barutoğlu (1960) Eskişehir havzasını jeolojik olarak incelemiş ve buna göre havzayı iki kıvrım kuşağı ile karakterize etmiştir. Bunlardan ilki, Eskişehir'den Mihalıçcık'ın doğusuna kadar uzanan ve tahminen doğu-batı yönlü kıvrım; bir diğeri ise tahminen doğugüneydoğu-batıkuzeybatı yönlü Eskişehir - Kaymaz – Sivrihisar kıvrım kuşağıdır.

Brinkmann (1966) bölgedeki serpantinitleri; ofiyolitli melanjdan ve geniş alanlara yayılmış ultramafik kayalardan oluşan ve İzmir'den Ankara yönüne uzanan bir kuşak olduğundan, İzmir-Ankara zonu diye adlandırmıştır. Bu kuşak Bursa-Mihalıççık arasında doğu-batı yönünde uzanır ve Menderes masifinin kuzey sınırını belirler.

Çoğulu (1967), Mihalıççık civarındaki çalışmasında grafitik şistlerin Paleozoik, glokofan şistlerin de Mesozoik yaşlı olduğunu ileri sürmüştür. Sahadaki ofiyolitik kayalar geniş alanlar kaplamakta, serpantinleşmiş ultramafik kayalardan oluşan vadiler ve silisleşmiş serpantinitlerden oluşan tepeler bulunmaktadır. Mihalıççık bölgesinde bulunan peridotit kütesinin yaklaşık olarak doğu-batı doğrultulu olduğunu söylemektedir.

Kuzeybatı Anadolu'da yer alan ofiyolitik kayalarda, gabroların oranı tüm kütlelerin yüzde beşinden azdır ve bu kayaların büyük bir bölümü harzburjit ile dünitlerden oluşmaktadır (Çoğulu 1967, Lisenbee 1971, Okay 1980, Tankut 1980, Okay 1981).

Tektonik dilimler halinde izlenen bu topluluklar Penrose (1973) konferansında tanımlanan ofiyolit birimi kavramına göre eksiklikler sergilerler. Örneğin ofiyolit kütlelerini oluşturan tektonitler ve volkanik kayaların sıkça görülmelerine rağmen, kümülat türü kayalar daha az gözlenmektedir. İçlerinde yer yer izlenen gabro ve diyabaz dayklarında YB/DS (yüksek basınç / düşük sıcaklık) metamorfizması izlenir (Lisenbee 1971, Okay 1984, Gautier 1984, Nebert *et al.* 1986).

Baştaoğlu (1974) çalışmasına göre; Sahada Paleozoik ve Senozoik yaşlı sedimanter kayalar ve Mesozoik yaşlı magmatik kayalar bulunmaktadır. Paleozoik; Alt Paleozoik'e ait kristalin şistler ve Permokarbonifer yaşlı metamorfik mermerlerle temsil edilmektedir. Bunları Üst Kretase yaşlı ofiyolitik seri kesmektedir. En üstte diskordan olarak Neojen yaşlı kumtaşı, marn ve killi kumlar bulunmaktadır. Alt Paleozoik'te yaklaşık olarak doğu – batı doğrultusundaki jeosenkinal Paleozoik öncesi detritik malzeme ile doldurulmuştur. Metamorfizmaya uğrayan bu en alttaki Paleozoik şistler arasında grovak, arkoz, kalker ile ara tabakalı kumtaşları vardır. Denizaltı bazik lavları serilerinin içine ara katkılı olarak girmişlerdir. Ultramafik kayaların yerleşme

zamanlarını belirlemek zordur. Gabro ile kristalin şistler içindedir. Tortullar, lav akıntıları ve onların piroklastikleri bölgesel metamorfizmaya uğramışlardır. Üst Paleozoik'te kalkerlerin tortullaşmasından sonra saha yükselmiş ve erozyona uğramıştır. Permokarbonifer yaşlı mermer ve radyolaritler metamorfik kompleksin üzerinde diskordan konumundadırlar. Üst Jura transgresyonu kireç fasiyesinde olup Alt Kretase tortulları ile sahayı doldurmuşlardır. Üst Kratese kireç ve klastik tortulları ve Paleosen malzemeleri çökelmişlerdir. Paleosen esnasında sedimanlar güneye doğru bindirmişler ve Alt Tersiyer üzerine Mesozoik formasyonları gelmiştir. Variskan Kuşakları içinde Alpin orojenezi ve kenarlar boyunca yersel bindirmeler gözlenmektedir. Oligosen, karasal fasiyesinde olup, kireçli-marnlı fasiyesteki Üst Neojen malzemeleri faylar tarafından sınırlandırılan havzalarda konsantre olmuştur. Sahadaki taze ve silisleşmiş serpantinler, peridotit ve dunitler üzerine Pliyosen yaşlı marn – kalker – jips ve kumtaşları gelmektedir. Neojenin sonunda bazaltlar fay zonları boyunca püskürmüşler ve Neojenden sonra yine erozyon hakim olmuştur.

Erentöz (1975), 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, Ankara paftasının açıklamasında ultramafik kayaların kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzandıklarını ve yaşlarının Mesozoyik olduğu ve kısmen metamorfizmaya uğramış olduklarını belirtmiştir. Bu bölgedeki kayaç birimleri, Okay (1981)'a göre, doğu-batı gidişli düzgün tektonik kuşaklar oluştururlar.

Şentürk ve Karaköse (1979); serpantinleşmiş ultramafitler, diyabazlarla kesilmiş gabrolar, kırmızı pelajik killer ve radyolaritlerle birlikte Triyas sırasında yer alan bir okyanusta gelişmiş olduğunu, Jura öncesi veya Alt Jura'da kıtasal kabuk üzerine yerleştiklerini belirtmektedirler. Eskişehir ve yakın çevresinde kuzeyden güneye doğru bindirmiş ekay dilimleri halinde birçok kaya birimi izlenmektedir. Bu ekayların büyük çoğunluğu bölgedeki kalın Neojen katmanları ile örtülmüştür.

Çalışma alanı Tetis Kuşağı içindedir. Tetis'in kuzey kolunun kapanması (Şengör ve Yılmaz 1983) ile ilişkili bir dizi tektonik olaylara sahne olmuştur. Anadolu yarımadası üzerinde Tetis Okyanusunun kalıntıları olan birçok ofiyolit kütleleri, çoğunlukla belirli tektonik hatlar boyu sıralanmış olarak izlenirler. Bu ofiyolitik kayaçların büyük bir

bölümü, karmaşıklar şeklinde olup, mafik ve ultramafik kayaların yanı sıra metamorfik ve çökel katkıları da içerirler. Bugün bir çarpışma kuşağı olarak tanımlanan bu bölge, gelişen deformasyonlara uygun olarak, gerek Pasif Kıta kenarının ve gerekse ofiyolitli melanjların metamorfizma geçirmiş parçalarının dilimlerini içerir. Bu nedenle burada yüksek basınç ve düşük sıcaklık metamorfizmasını içeren ofiyolitli melanj kökenli olabilecek metamorfizmaların, bütünüyle kıyı çökelleri ya da resifal karbonatların metamorfizmasıyla oluşabilecek topluluklarla yan yana veya üst üste dilimler halinde görülebilir. Bunların yanı sıra çarpışma sonrası gerilim rejimlerine bağlı kabuk incelmelerinin oluşturduğu magmatik aktiviteler, ayrıca bölgede oldukça geniş yayımlı ısı metamorfizmaları üretmiştir (Şengör ve Yılmaz 1981).

Boyalı (1984)'ya göre, bölgedeki en eski kayaları mermer ara katkılı şistler oluşturmaktadır ve paleozoik seriler çok fazla tektoniğe uğramıştır. Boyalı (1984), Boyalı ve Koç (1986) çalışmalarına göre, Dinözü, Yarıkkı, Hamidiye köyleri arasındaki sahada lateritik zonlar gözlenmiştir. Ayrılmış serpantin seviyeleri lateritik sahalarda nikel birikimi için önemli seviyeler oluşturmaktadır.

Gözler vd. (1985)'ne göre, inceleme alanında görülen ve allokton olarak kabul edilen birbirleriyle ekaylı yapı gösteren metamorfikler, metaofiyolitler ve metadetritikler, Triyas sonuna değin gelişen olaylar sonucunda oluşmuş bir tektonik birliktir. Bu birlik Sivrihisar, Sazak, Eskişehir kuzeyi, Söğüt, İnegöl kuzeyi ve Bandırma hattı boyunca hemen hemen aynı özellikleri göstermektedir. Bu birliğe ait kayaların tümünde metamorfizma izlenmekte, ayrıca granitik kayalar tarafından da kesildikleri görülmektedir. Yukarıda söylenen hat boyunca bu tektonik birliğin metadetritikleri ve metamorfikleri üzerinde Juranın değişik seviyeleri (Liyas-Malm) gelmektedir. Bu yüzden tektonik birliğin yaşı Jura öncesi olarak kabul edilmiştir.

Sarız (1990)'e göre, bölgedeki manyezit cevherinin tamamı ile serpantinlerin yapısal denetimi altında gelişen çatlak ve yarıklar içine dolgu biçiminde yerleştiği, damarlardaki çeperlerin düzlemsel ve paralel oluşu ile kanıtlanabilir durumda olsa da, serpantinlerin yapısal yönetimiyle başlayan yerleşimin yer yer yankayacın yerini

almasıyla son bulunduğunu ifade eder (düzensiz ve stockwork yataklanma). Buna paralel olarak inceleme alanının yapısal durumu göze alındığında, muhtemelen Alt Miyosende gölgesel havzaların oluşumunu sağlayan epirojenik hareketlere bağılı doğu-batı yönündeki basınç gerilimi; kuzeydoğu-güneybatı yönünde doğrultu atımlı kırıklarla, doğu-batı yönünde tansiyon çatlaklarının gelişmesine neden olmuştur. Tansiyon çatlaklarının varlığı cevher yerleşimi için uygun ortamı hazırlamış olmalıdır (Sariiz 1990).

Genel olarak bölgesel metamorfizmanın genel etkeni, erken çarpışma döneminden itibaren pasif kıta kenarı üzerine itilmiş ve bindirmelerle yükselmiş ve daha sonra çarpışma döneminin süreçlerine bağılı olarak gelişen ön çukurlara kaymış ofiyolitlerdir. Şengör (1993)'e göre bu metamorfizma kuzeye doğru azalma göstermekte ve ritmik ekaylanma zonları halinde tekrarlanmakta ve bu olay, daha eski deformasyonlarla Kratese deformasyonlarının yan yana görülebilmelerini sağlamaktadır.

Şengör (1993)'e göre suturen bitişik alanında izlenen Pre-Liyasik deformasyon güneye doğru artan Kratese deformasyonundan etkilenmiş olup, bu nedenle bölgede izlenen metamorfizma Kreatase yaşlı olup, genelde pasif kıtanın üzerine gelen ofiyolit obduksiyonu ile eş yaşlıdır. Bu yaş büyük bir olasılıkla kuzeye doğru daha erken dönemlere kayabilir. Çünkü ilk çarpışmadan itibaren kıta kabuğu okyanusal parçalarla birlikte sürekli dilimlenip güneye doğru itilmektedir.

Gözler vd. (1996)'ne göre, bölgede Triyas sonunda başlayan kuzey-güney yönlü sıkışmalar sonucunda doğu-batı yönlü ters fay sistemleri gelişmiş ve ekaylı yapılar ve bindirmeler şeklinde kendini göstermektedir. Üst Kratese veya sonrasında gelişen yine kuzey-güney yönlü sıkışmalar bölgeyi etkilemiş ve de özellikle Jura-Üst Kratese birimlerinde doğrultu atımlı faylar gelişmiştir. Bu fayların oluşum yaşlarını belirlemek mümkün olmadığından muhtemelen Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile yaşıt olabileceğini düşünmüşlerdir. Diğer taraftan Neojen'de gelişen tektonik olaylar (kuzey-güney yönlü gerilimler) sonucunda da İnönü-Eskişehir-Sivrihisar yönünde gelişen düşey faylar oluştuğunu ve bu fayların Eskişehir'in kuzeyinden ve güneyinden geçmekte olup bir sistem oluşturduğunu söylemişlerdir.

2. GENEL JEOLojİ

2.1 Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışılan bölgede hakim olan kayaçlar tabandan tavana doğru; mermer ara katkılı metamorfik şistler, çeşitli serpantinleşmiş ultramafik-mafik birimler, sedimanter birimler ve çeşitli alterasyon birimleridir. Bölgede yer yer listvenitleşmeler, hematit-limonitçe zenginleşmiş silika kapak oluşumları da gözlenmiştir. Listvenitleşmeler ve hematit-limonitçe zenginleşmiş silika kapak oluşumlarının, serpantinleşmiş ultramafik kayaçların hidrotermal yıkanmaları sonucu olduğu gözlenmektedir. Bu hidrotermal yıkanmaların aynı zamanda bölgedeki manyezit oluşumlarının ve yerleşimlerinin de temel sebebi olduğu görülmüştür.

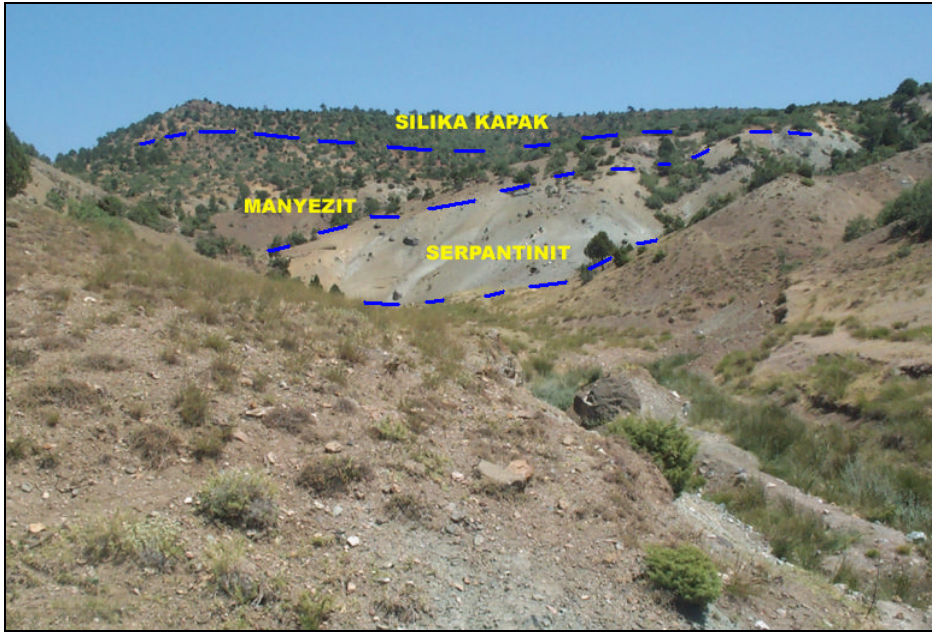
2.1.1 Metamorfik şistler ve mermerler

Metamorfik kayaçların bölgedeki cevherleşmelerin oluşumu ve yerleşimi ile ilgili herhangi bir bağlantılarının bulunmaması sebebiyle ve ana konudan uzaklaşmamak için daha öncede belirtildiği gibi detaylı olarak incelenmemişlerdir. Ancak, Boyalı (1984)'ya göre, bölgenin en eski kayaçları, yer yer mermer ara katkılı metabazik-metapelit şist-kalkşistlerdir olup, bu birimler Mesozoik yaşlıdır. Erentöz (1975)'e göre, sahada metamorfik şistler üzerinde, bazı yerlerde Üst Jura – Üst Kretase kireçtaşları, bazı yerlerde de mermerler ve detritik formasyonlar yer almaktadır.

2.1.2 Ultramafik-mafik kayaçlar

Bölgede tanımlanan ultramafik ve mafik kayaçlar, tam bir ofiyolitik seri göstermemektedir. Çalışılan alan içerisinde görülen ultramafik kayaçlar genellikle serpantinleşmiş dunit, harzburjit, verlit ve yer yer piroksenitlerden oluşmaktadır. Arazide bütün ultramafik kayaçların serpantinleştiği yer yer listvenitleştiği gözlenmiştir. Serpantinleşmiş harzburjitler koyu kahve-yeşilden açık yeşile kadar değişen renkler göstermektedirler. Serpantinleşmiş dunitlerin dış görünüşleri açık yeşil renkte olup, kırıldıklarında koyu zeytin yeşili renktedirler.

Serpantinleşmiş piroksenitler ise koyu siyah ile açık yeşil arasında değişen renkler gösterirler. Bu bölgedeki serpantinitler, serpantinleşme sonrasında da önemli ölçüde alterasyona uğrayarak yeşilimsi-kahverengi bir renk kazanmışlardır. Serpantinitler, taban kısımlarına doğru daha az ayrılmış taze serpantinitlere geçiş gösterirler. Tektonizmanın etkisinde kalan serpantinitlerde kılcal damarlar halinde veya çatlak dolgusu şeklinde manyezit damarları görülmektedir. Serpantinitlerin üzerine yerleşmiş olarak bulunan manyezitlerin üzerinde ise silika kapak yer almaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Hamamdere girişi, serpantinit-manyezit-silika kapak üçlüsü

Bölgeye yerleşen ultramafik kayalar alterasyona uğramışlar ve bunun sonucunda kayada mesh yani elek dokusu olarak adlandırılan doku gelişmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Kocadere'den mesh dokusu görüntüsü

Bölgede yer yer görülen mafik kayalar ise gabro (Şekil 2.3) ve diyabaz dayklarıdır.



Şekil 2.3 Hamamdere, gabro arazi görüntüsü

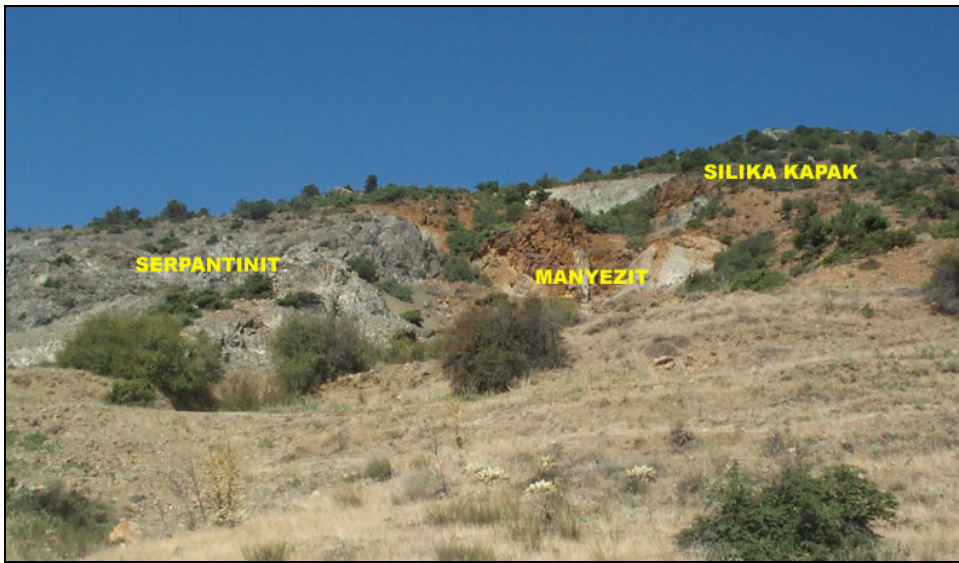
2.1.3 Hematitleşmiş-limonitleşmiş silika kapak

Çalışma alanı içindeki ultramafik kayaların karbonatlı sularla yıkanması ve dekompozisyona uğramış bu kayalarda serbest kalan MgO ile birleşmesi bölgede belirgin bir manyezit (magnezyum karbonat - $MgCO_3$) oluşumuna yol açmıştır.

Benzer şekilde ultramafik kayaların alterasyonu sonucu dekompozisyon ile serbest kalan SiO_2 , Fe_2O_3 , FeO ana oksit kökleri de yine hidrotermal akışkanlar vasıtasıyla manyezit oluşumlarının üzerine doğru hareket ederek bir şapka gibi manyezitlerin üzerine yerleşmişlerdir. Bu demirce zengin silika kapaklardaki demirin daha sonra gelişen alterasyonlarla yer yer limonitleştiği de gözlenmektedir.

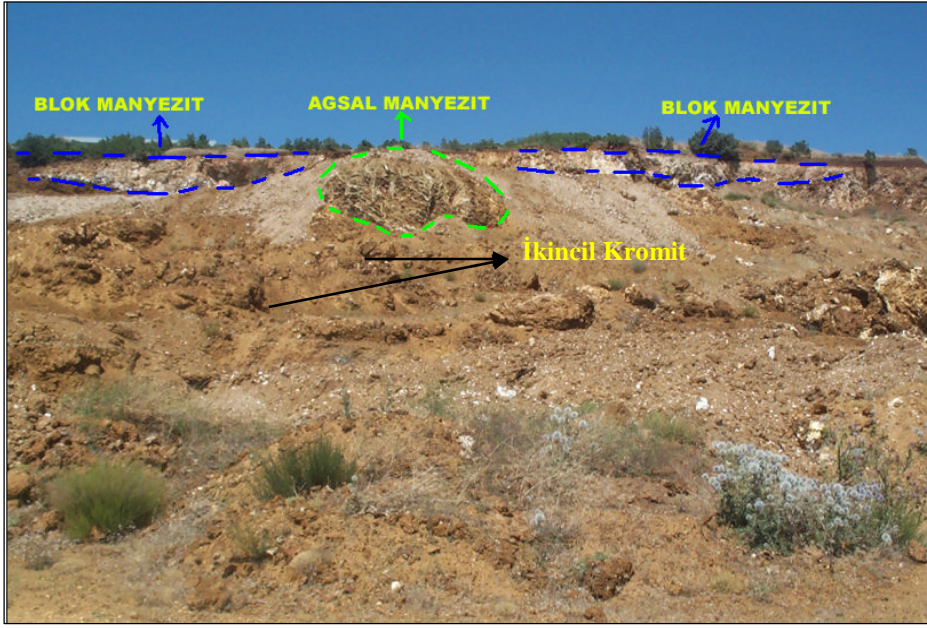
Esasında, geçen milyonlarca yıl içinde, çok kolay aşınarak çevreden uzaklaşabilecek manyezitin ortamda kalmış olmasının en büyük sebebi de, bu silika kapaklardır. Çok yaygın olan bu zon bir kapak gibi diğer zonların (serpantinit ve manyezit) üzerini örtmekte ve bu özelliği ile daha alt seviyelerde bulunan manyezit oluşumlarının ortamdaki uzaklaşmasına da engel olmaktadır (Şekil 2.4).

Kaklık Tepe, Dikmen Tepe ve Pınar Tepesi bu oluşumların en tipik olarak görüldüğü yerlerdir. Yer yer breşik özellik göstermekte olup, farklı kalınlıkta bulunmaktadır.



Şekil 2.4 Yayladere serpantinit-manyezit-silika kapak sınırı

Serpantinleşme ve daha sonra gelişen hidrotermal alterasyonlar sonucu açığa çıkan ve küçük tanecikler şeklinde taşınan kromit tanecikleri, altere ultramafik kayaların üst seviyelerinde ağsal manyezit oluşumu gerçekleşirken, aynı seviyelerde ikincil olarak zenginleşmişlerdir. Bu tip oluşumun varlığını destekleyen en önemli saha delilleri, bu zenginleşme alanlarının oldukça küçük olması ve çevresinde olması beklenen dunit zarflarının bulunmamasıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Burçaközü bölgesindeki, damarlı manyezitler ve ikincil kromitler

Manyezit ise, önce altere olmuş ve ağ dokusu oluşmuş ultramafik kayaların üst kesimlerine yerleşerek ağ tipi cevherleşmeleri oluşturmuş, daha sonra, bu seviyeninde üzerine çıkarak, ultramafik kayaların üzerine yayılmış ve tabakamsı-blok manyezit yataklarını oluşturmuştur (Şekil 2.6).

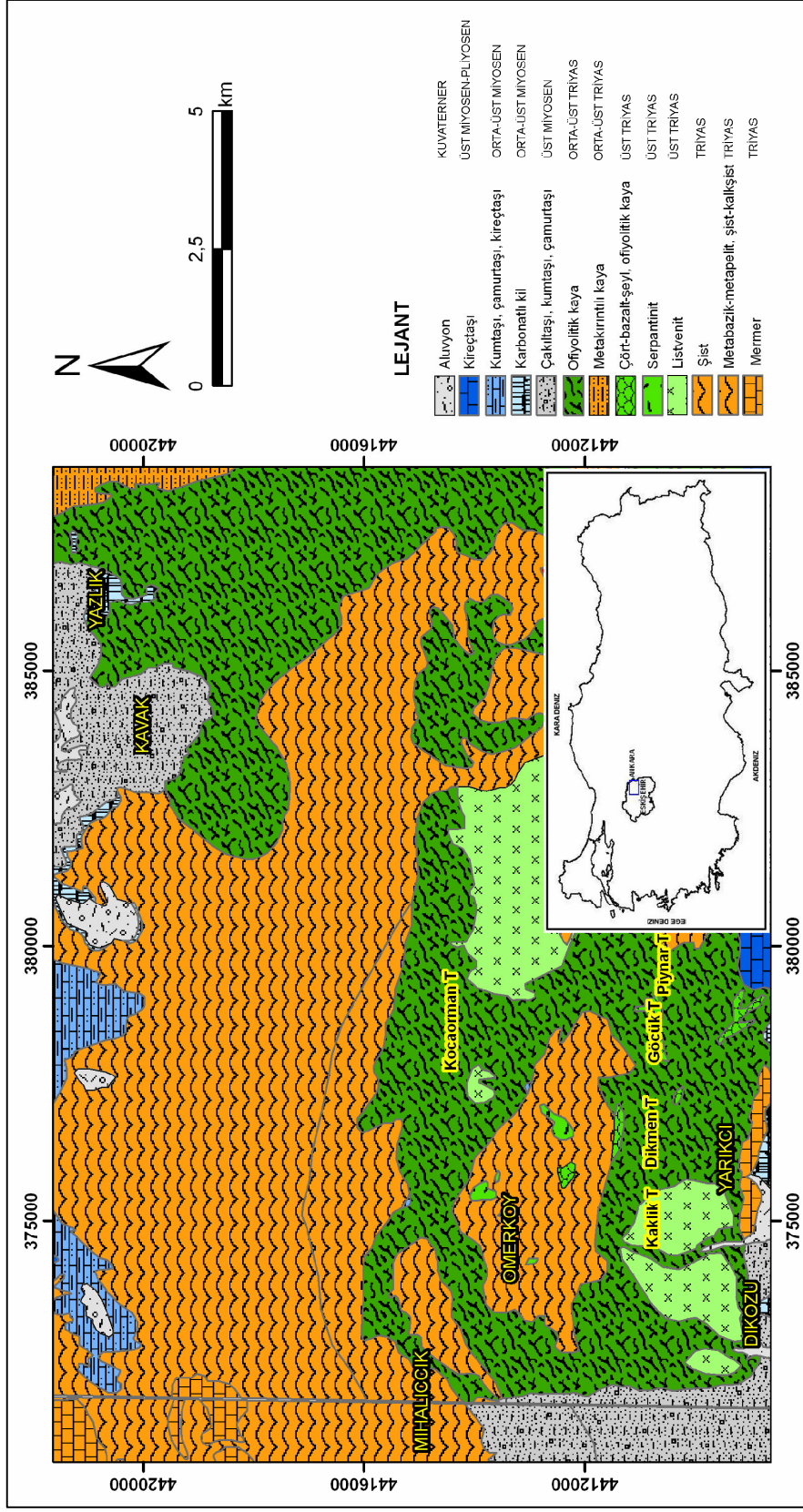


Şekil 2.6 Burçaközü blok manyezitin arazi görüntüsü

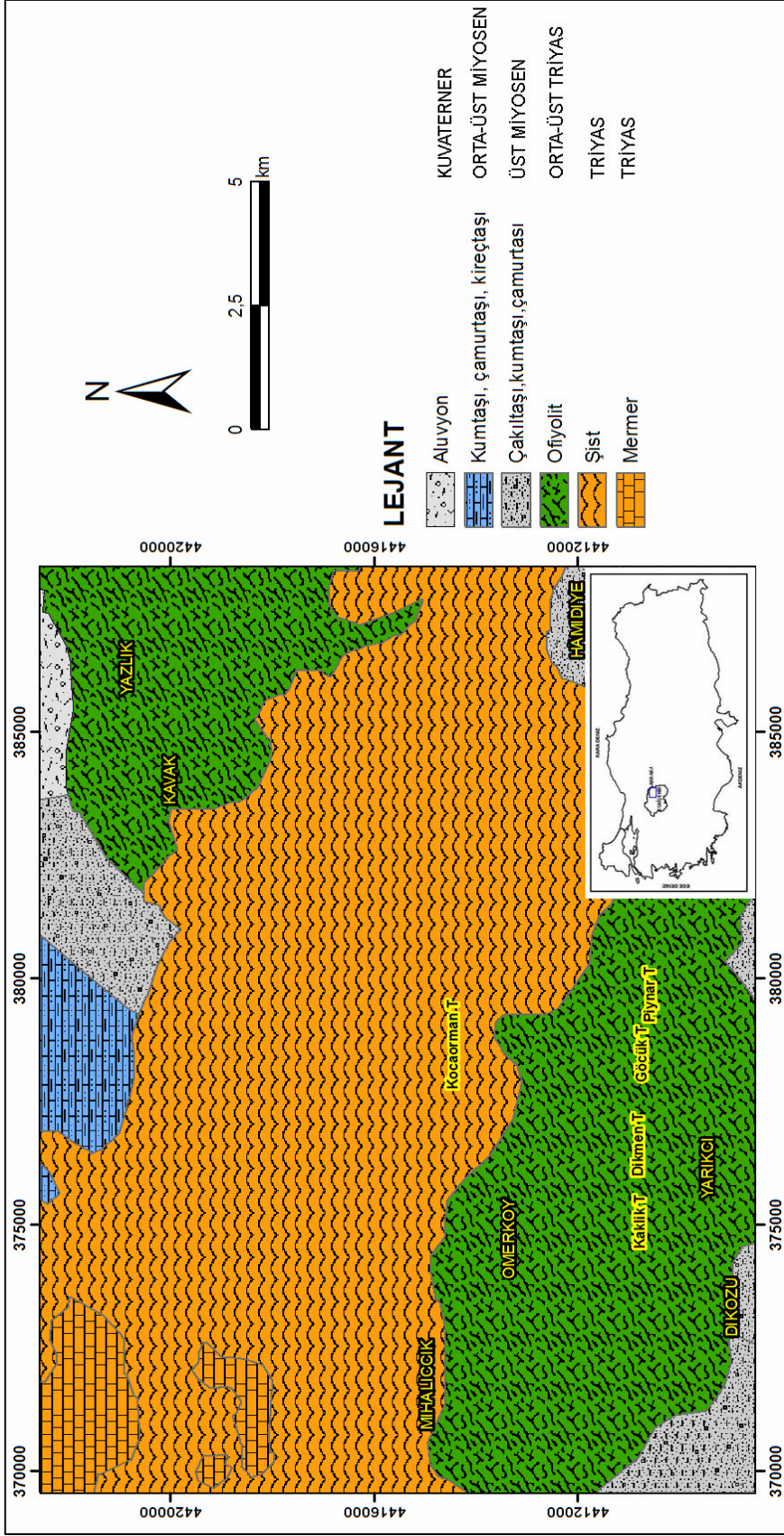
2.1.4 Tersiyer ve Kuvaterner

Bölgedeki en genç birimleri temsil eden bu birimler, Mesozoik formasyonları üzerinde uyumsuzdur. Tersiyer formasyonları genellikle marnlı kireçtaşı bantları, kil, marn ve çakıllarla örtülü olup üst seviyelerinde kalın kireçtaşı çökelleri mevcuttur. Kuvaterner'e ait eski alüvyon ve teraslar, yeni alüvyonlar, bloklar ve heyelan materyalleri teşkil ederler.

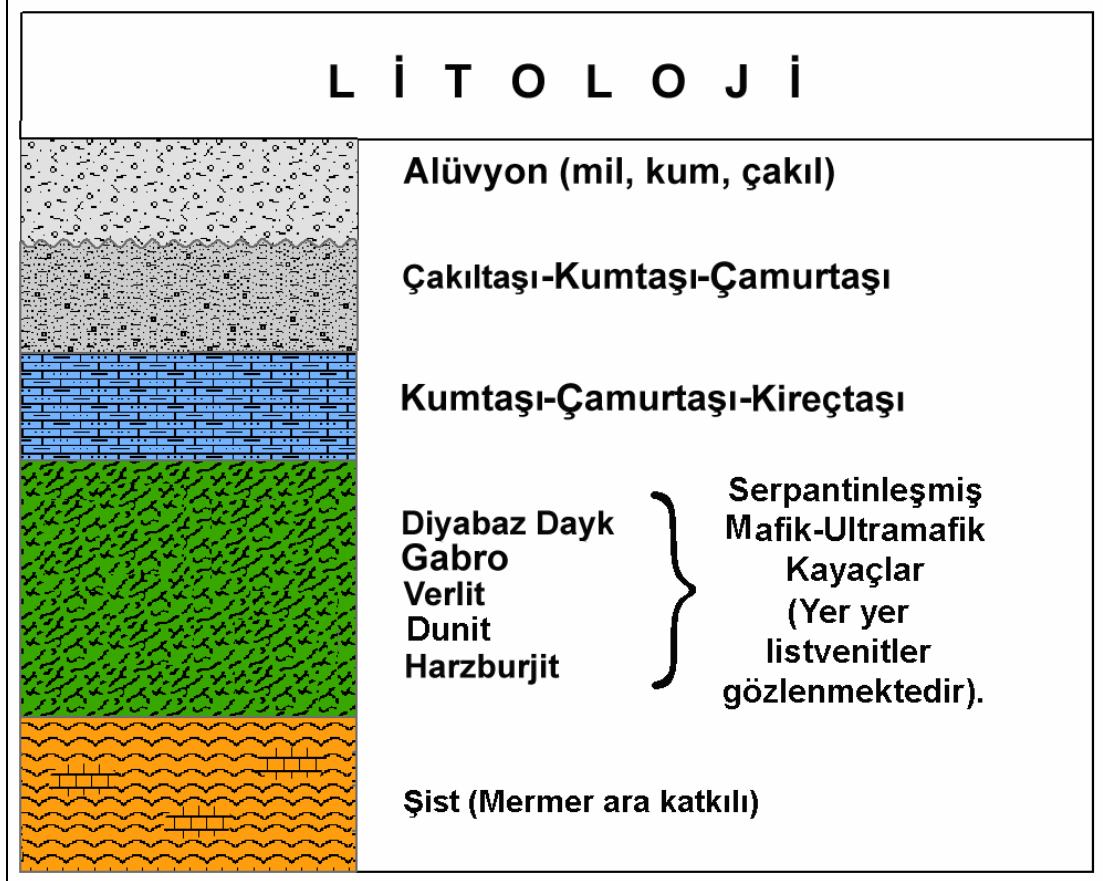
Bölgenin genel jeoloji haritası (Şekil 2.7), MTA'dan alınan I26 ve I27 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları baz alınarak çizilmiştir. Ayrıca, Landsat uydu verisinden de faydalanılarak bölgenin jeoloji haritası, elde edilen uygun RGB kompozitlerdeki litolojik renk-direnaj ve dokusal farklılıklara dayanılarak çizilmiştir (Şekil 2.8). Uydudan faydalanılarak çizilen jeoloji haritasının, belli farklılıklara rağmen MTA'dan alınan jeoloji haritaları (I26 ve I27) ile büyük ölçüde uyum sağladığı görülmüştür.



Şekil 2.7 Çalışma alanının genel jeolojisi (MTA I26-I27 jeoloji haritalarından çizilmiştir)



Bölgenin jeolojisine yönelik olarak yapılan arazi gözlem çalışmalarından ve mevcut jeoloji haritalarından yararlanarak, çalışma alanına ait ölçeksiz bir stratigrafik kesit de çizilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Çalışma alanının ölçeksiz stratigrafik kesiti

3. PETROGRAFI

Bölgede yapılan çalışmalarda inceleme alanı içinde hakim olan kayaç türlerini tam olarak belirlemek için bazı tipik kayaçlardan örnekler alınmış ve tanımlamaları yapılmıştır. Mikroskop altında yapılan incelemeler, 21 adet kayaç örneğine ait incekesitin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi, ayrıca yapısal ve dokusal özelliklerinin ve alterasyon türlerinin tanımlanması çalışmalarını kapsamaktadır.

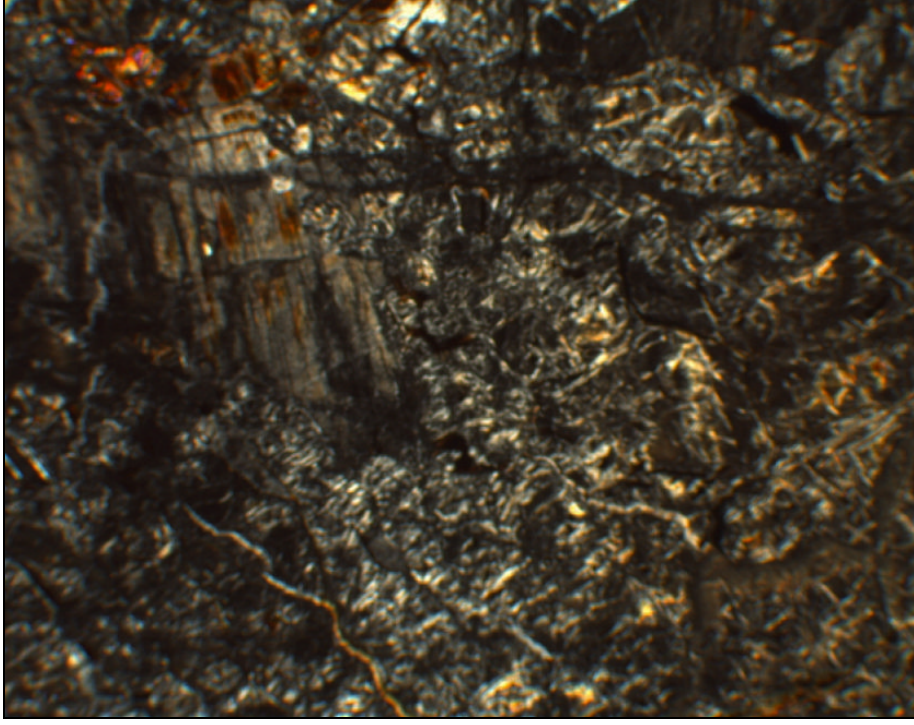
Bölgeden alınan kayaçların çok alterasyona uğramaları kesit alınmasını zorlaştırmış, bu kayaçlarda da makro özelliklerinden ve jeokimyasal değerlerinden faydalanılarak tanımlamalar yapılmaya çalışılmıştır. Bu incelemelerin ışığı altında bölgedeki ultramafik kayaçların verlit, harzburjit karakterli olduğu, küçük kromit ceplerinin-merceklerinin çevresinde de dunit kayacının olduğu gözlenmiştir. Verlit ve harzburjit gibi peridotitik kayaçları yer yer kesen piroksenit damarlarına Yarıkkı köyüne doğru uzanan üç büyük derede (Kocadere, Yayladere, Hamamdere) de rastlanmıştır.

3.1 İnce Kesit Çalışmaları

3.1.1 Ultramafik birimler

3.1.1.1 Harzburjit

Çalışma alanında yaygın olarak görülen harzburjitler makroskopik olarak yeşil, koyu yeşil renklere gözlenmektedir ve çatlaklıdır. Mikroskopik olarak; olivin ve ortopiroksen minerallerini içermektedir. Serpantinleşme göstermekte ve dolayısıyla elek dokusu gözlenmektedir. Olivindeki serpantinleşme, piroksene göre daha yumuşak olmasından dolayı çok daha fazladır. Şekil 3.1 ve 3.2’de harzburjite ait ince kesit görüntüleri, şekil 3.3’de ise bölgedeki harzburjitlerin genel görüntüsünü veren resim gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Yayladere, harzburgit, Mineraller: Olv+Opx, Büyütme: 4*10



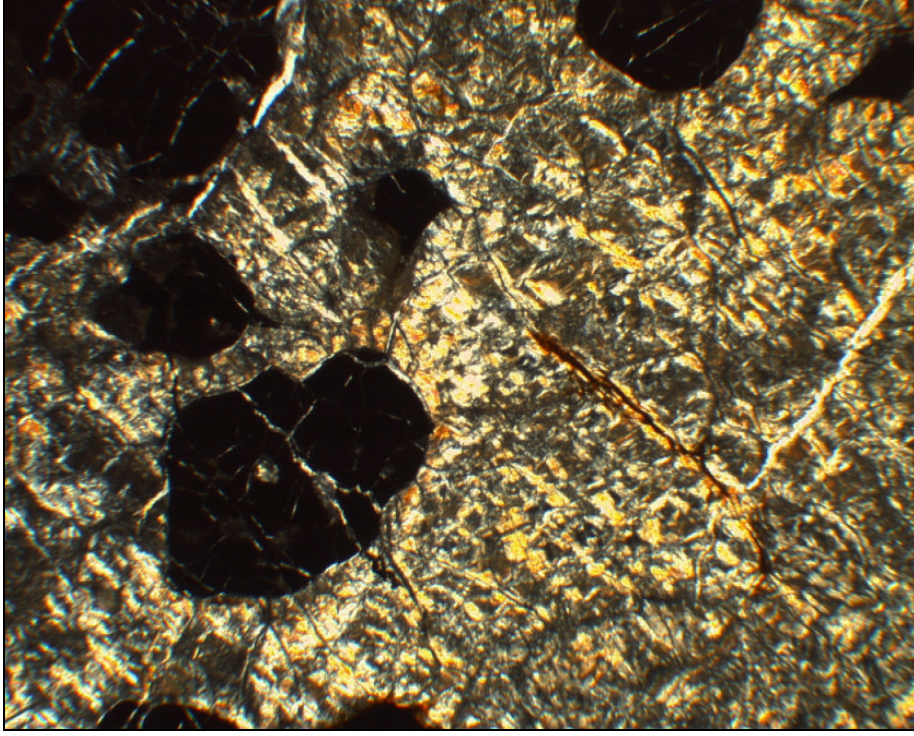
Şekil 3.2 Burçaközü, harzburgit, Büyütme: 4*10



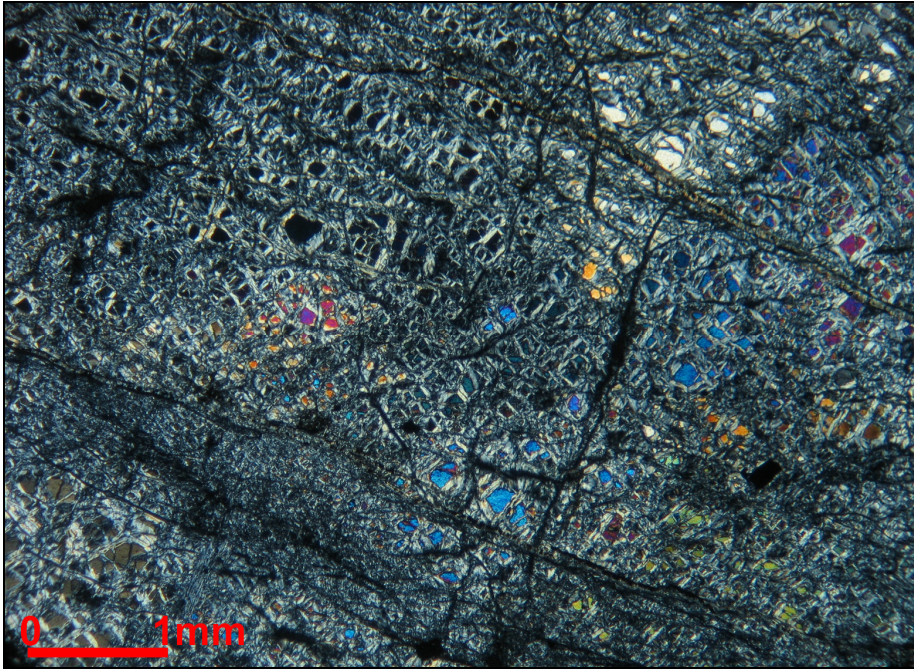
Şekil 3.3 Yayladere girişinde harzburjitlerin arazi görüntüsü

3.1.1.2 Dunit

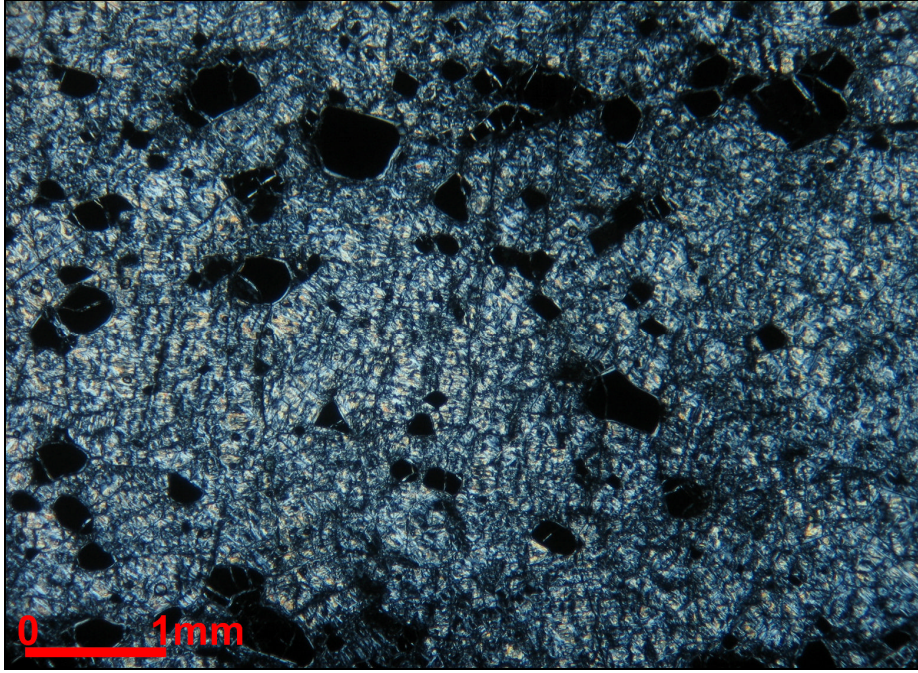
Çalışma alanında en yaygın olarak gözlenen bu kayaç, makroskopik olarak sarımsı yeşil-açık yeşil rekillerde gözlenirken kimi yerlerde oldukça altere, kimi yerlerde ise az altere durumdadır. Buna bağlı olarak çok altere olanlar elle ufalanabilmektedir. Kromiti çok da kalın olmayan (birkaç santimetre-birkaç metre), bir zar şeklinde sarmaktadır. Kromitler nodüler, dissemine ve tabakalı olarak görülmektedir. Mikroskopik olarak kayaç olivin içermektedir. Ayrıca kromit taneleri de yer almaktadır. Serpantinleşme bazı kesitlerde sık görülürken bazılarında az gözlenmektedir. Elek dokusu (mesh) sergilerler. Kesit çıkartılan kayacın sarımsı-yeşil olması dunitin Mg'ca zengin bir olivinden oluştuğunun göstergesidir (Şekil 3.4). Şekil 3.4-3.7'deki görüntüler, bölgeden alınan dunit numunelerinin ince kesit görüntülerine aittir. Şekil 3.8 ise, çalışma alanından çekilen bir dunit görüntüsüdür.



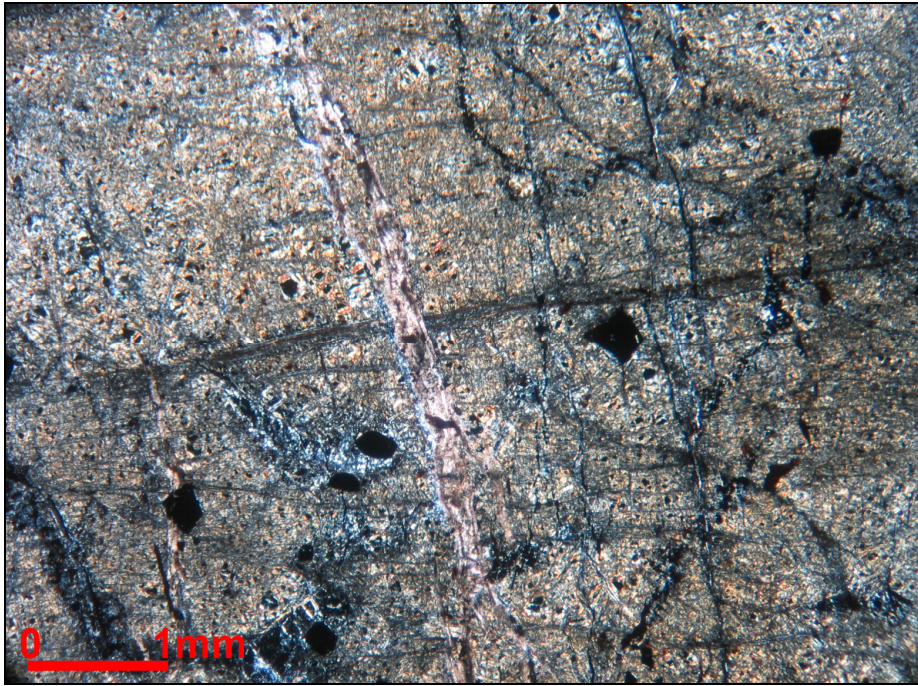
Şekil 3.4 Kocadere, dunitten kromite geçiş, Büyütme: 4*10



Şekil 3.5 Ortaocak, dunit, Büyütme: 200 X



Şekil 3.6 Bahtiyar yakası, dunit, Büyütme: 200 X



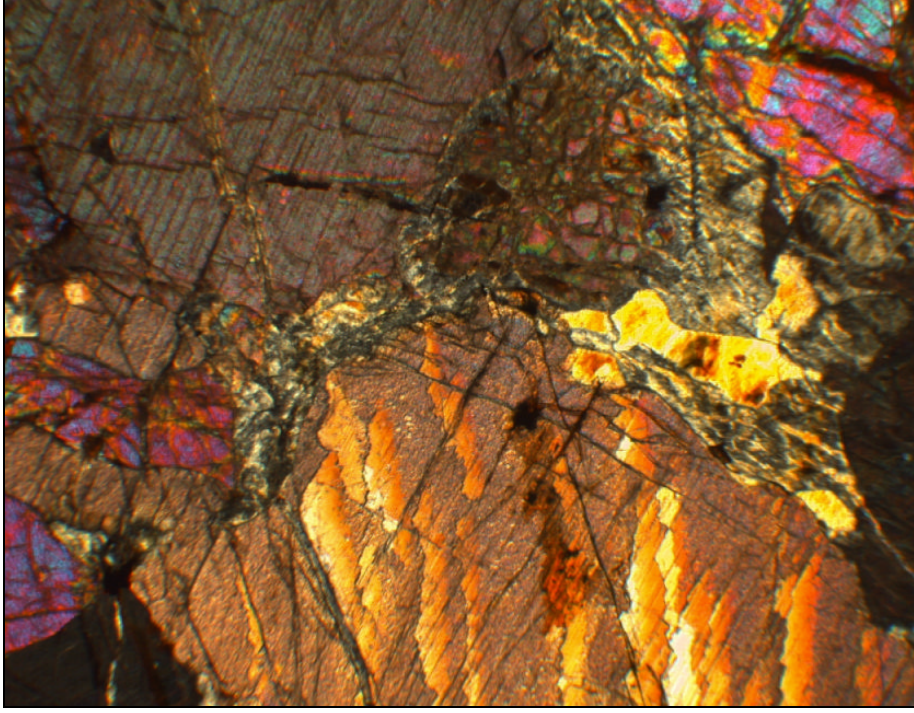
Şekil 3.7 Hoca ocak üstü, dunit, Büyütme: 200 X



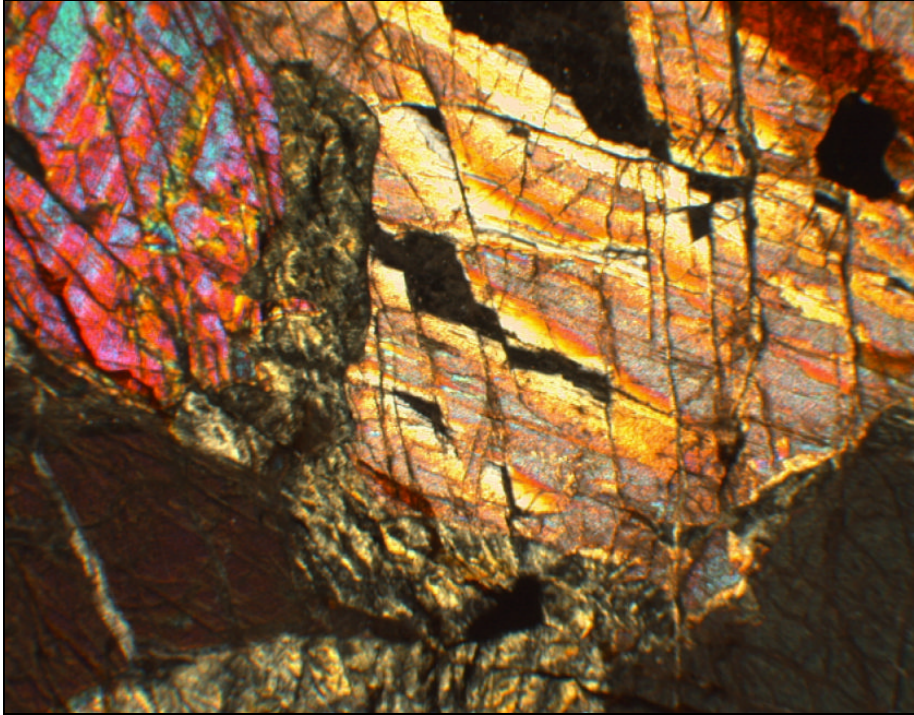
Şekil 3.8 Burunocak, dunit arazi görüntüsü

3.1.1.3 Verlit

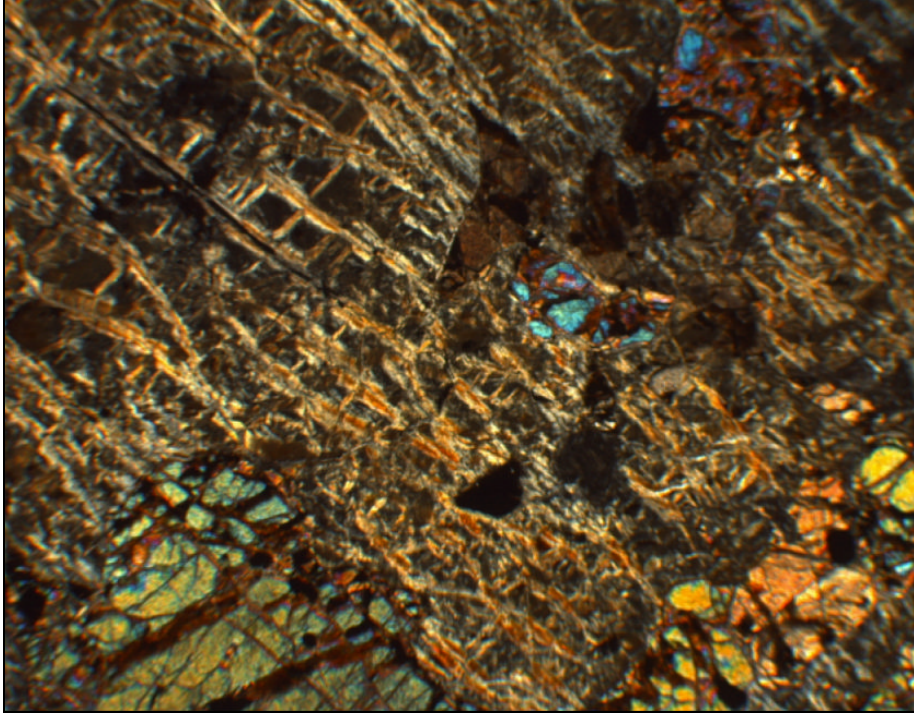
Çalışma alanında yaygın olarak görülen verlitler makroskopik olarak yeşil, koyu yeşil renklere gözlenmektedir ve çatlaklıdır. Mikroskopik olarak; olivin ve klinopiroksen (ojit ve diyallaj) minerallerini içermektedir. Kesit holokristalin dokuya sahiptir ve serpantinleşme göstermektedir. Olivindeki serpantinleşme, daha yumuşak olmasından dolayı piroksene göre çok daha fazladır. Bazı kesitlerde ayrıca çok az olarak ortopiroksene de rastlanmaktadır. Olivin, ortopiroksen ve klinopiroksenin varlığı lertzolite işaret etsede, lertzolit çok özel ortamları temsil ettiği için kayaç, ortopiroksen içeren verlit olarak adlandırılmıştır. Bir ortamda lertzolitin görülebilmesi için, kontakt metamorfizmanın sebep olduğu yüksek ısıli metamorfik halenin görülebilmesi gerekir. Lertzolit, ofiyolitik seriyi karakterize eden gabro, diyabaz ve yastık lavları içermez. Lertzolitler alüminyum'ca (Al) zengindir ve Al'in varlığı basıncın yüksek olduğuna işaret eder. Dolayısıyla lertzolitlerin daha derinlerde oluşmuş olduğu sonucuna varılmaktadır (Coleman 1977). Şekil 3.9-3.12'de, Kocadere ve Yayladere'den alınan verlit numunelerinin ince kesit görüntüleri verilmektedir.



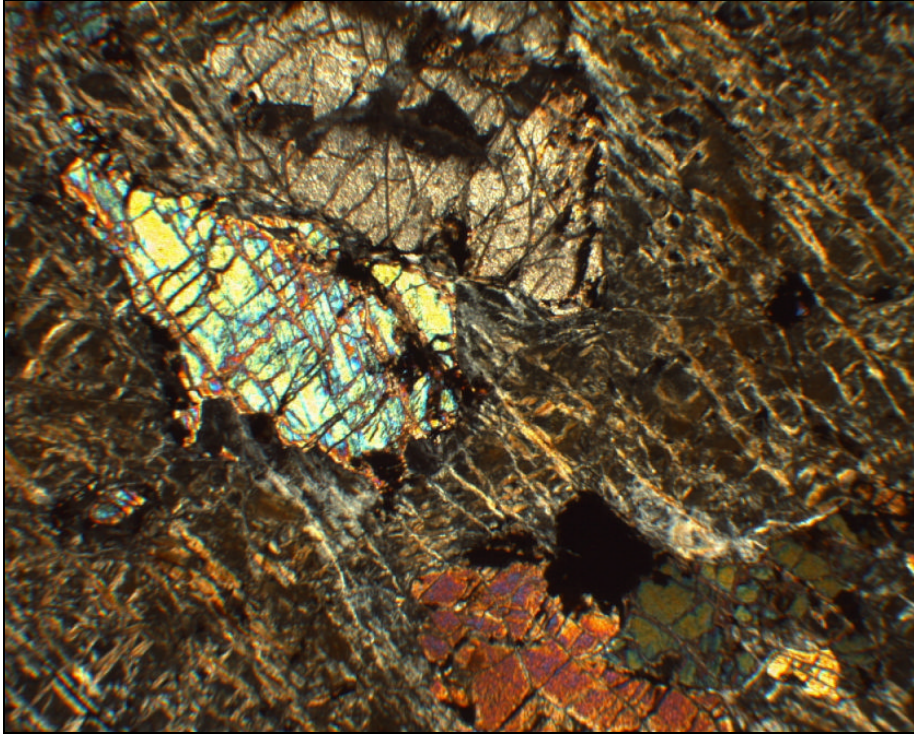
Şekil 3.9 Kocadere, verlit, Mineraller: Ojit+Diyallaj+Olv, Büyütme: 4*10



Şekil 3.10 Kocadere, verlit, Mineraller: Ojit+Diyallaj+Olv, Büyütme: 4*10



Şekil 3.11 Yayladere, verlit, Mineraller: Olv+Ojit, Büyütme: 4*10

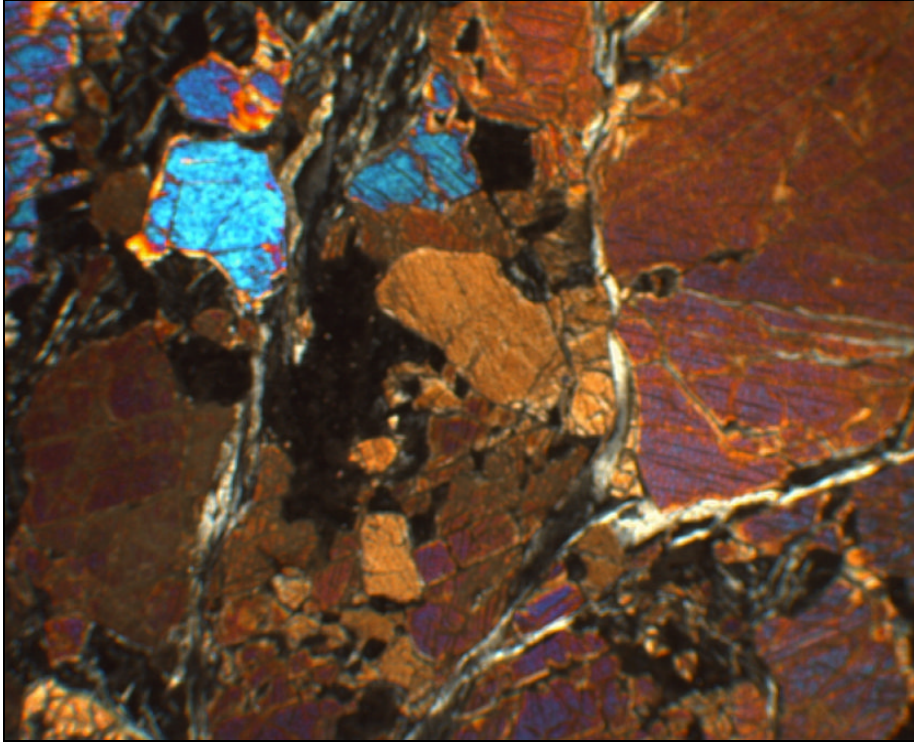


Şekil 3.12 Yayladere, verlit, Mineraller: Olv+Ojit, Büyütme: 4*10

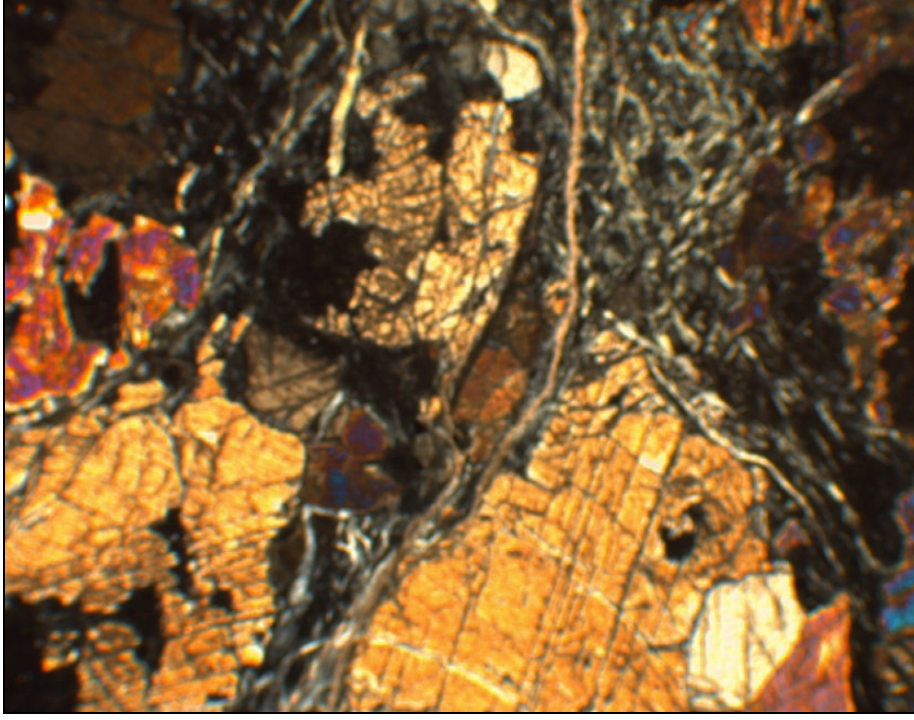
3.1.2 Mafik birimler

3.1.2.1 Gabro

Çalışma alanındaki gabrolara Yayladere ve Hamamdere’de rastlanmıştır. Makroskopik görünümü koyu yeşil-siyah renklere, kristalize ve çatlaklı olup oldukça serttir. Çatlaklara kalsit dolgular yerleşmiştir. Mikroskopik olarak ise; olivin, klinopiroksen (ojit) ve ortopiroksen içermektedir. Holokristalin doku sergilemektedir. Bölgede alterasyona sebep olan çözeltiler, minerallerin (ojit’in) çevresinde reaksiyon kuşağının (korona kuşağı) oluşmasına sebep olmuştur. Serpantinleşme ve elek dokusu gözlenmiştir. Bir başka kesitte ise kayaç çok altere olarak gözlenmiş (çok altere ojit) aşırı hidrotermal alterasyona uğramış gabroid olarak adlandırılmıştır. Kayaçlar makroskopik ve jeokimyasal olarak gabrodur ama mikroskop incelenmesinde plajyoklaslara çok sık rastlanmamıştır. Şekil 3.13 ve 3.14’de, Hamamdere’den alınan gabronun ince kesit görüntüleri, şekil 3.15’de ise gabronun arazideki görüntüsü verilmiştir. Şekil 3.16 ve 3.17’de, Yayladere’den alınan altere gabronun ince kesit görüntüleri, şekil 3.18’de ise altere gabronun arazideki görüntüsü verilmiştir.



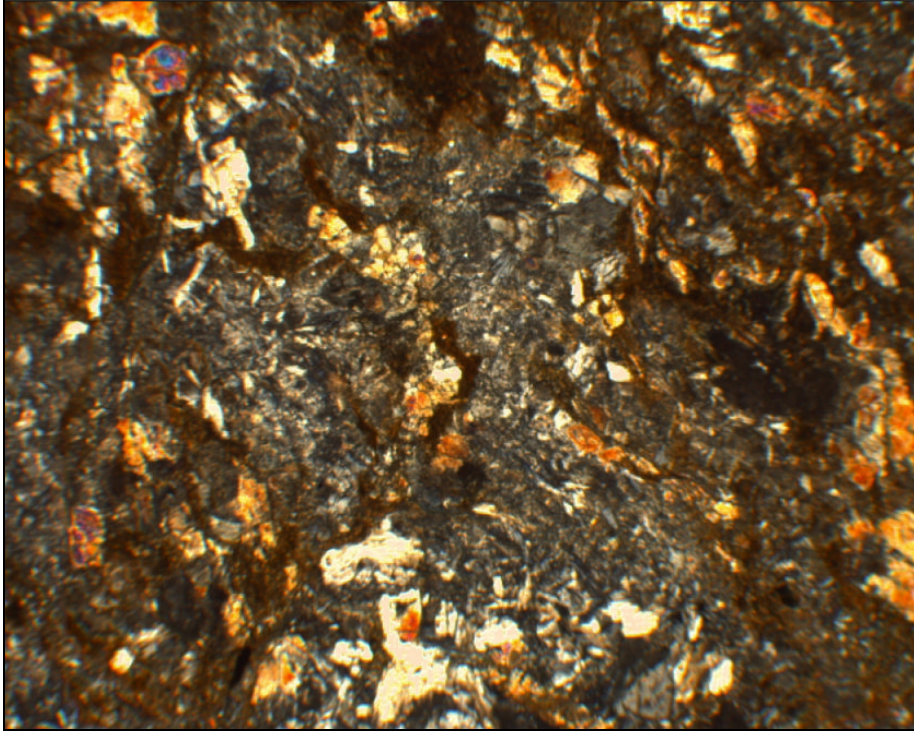
Şekil 3.13 Hamamdere, gabro, Mineraller: Olv+Px (Ojit)+Opx, Büyütme: 4*10



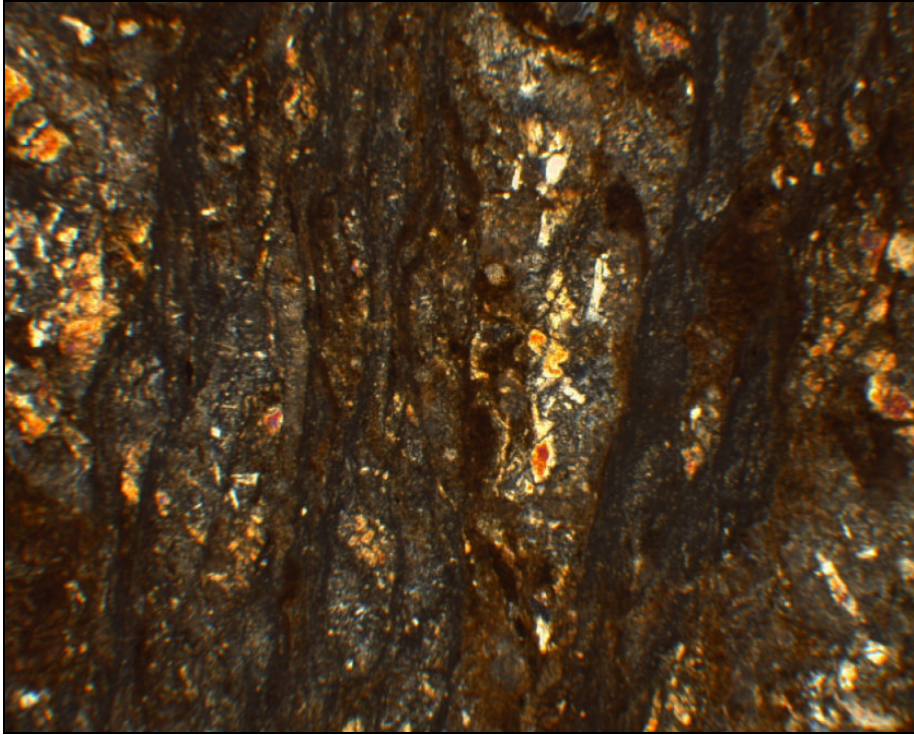
Şekil 3.14 Hamamdere, gabro, Mineraller: Olv+Px (Ojit)+Opx, Büyütme: 4*10



Şekil 3.15 Hamamdere gabro arazi görüntüsü



Şekil 3.16 Yayladere, Aşırı hidrotermal alterasyona uğramış gabroid
Mineraller: Oijt (çok altere), kaolin, Büyütme: 4*10



Şekil 3.17 Yayladere, Aşırı hidrotermal alterasyona uğramış gabroid,
Mineraller: Oijt (çok altere), kaolin, Büyütme: 4*10



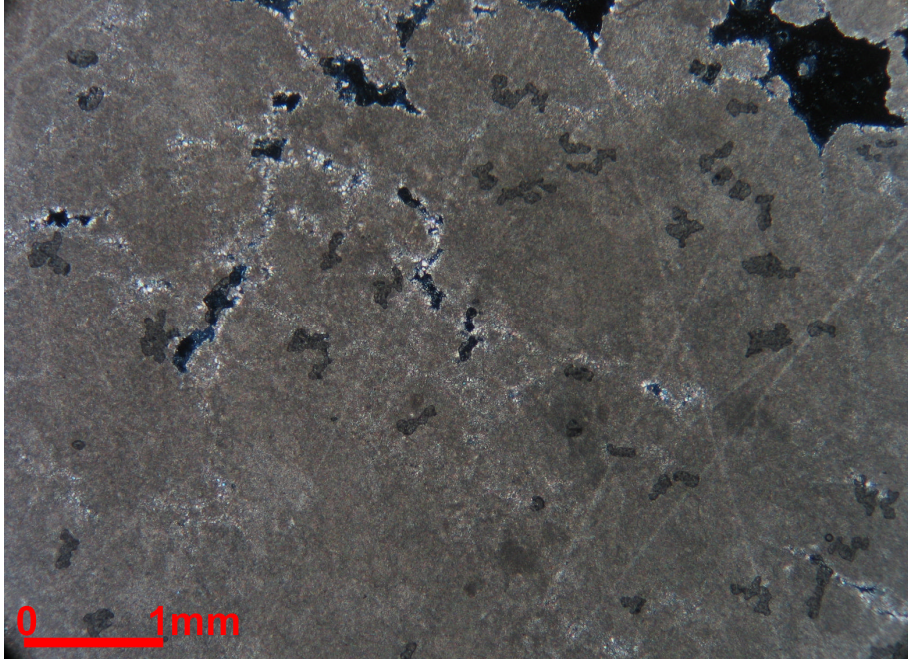
Şekil 3.18 Yayladere, gabro arazi görüntüsü

3.1.3 Manyezit

Çalışma alanında manyezitler, serpantinitle içerisinde tektonizma etkisiyle oluşmuş kırık ve çatlaklarda yerleşmiş olarak damar, ağ, filon, blok ve karnıbahar gibi birçok şekilde gözlenmektedir.

Makroskopik görünümü beyazdır. Silis içeriği fazla olanlar oldukça serttir ve zor kırılmaktadır. Silis içeriği çok fazla olmayanlar daha yumuşak olup, daha rahat kırılabilir. Silis içeriği çok fazla olmayanlar daha yumuşak olup, daha rahat kırılabilir.

Mikroskopik olarak incelendiğinde, tane boyu küçüklüğü sebebiyle bütün özellikleri gözlenememekle beraber tipik bir manyezit görüntüsü sunmaktadır. Yer yer görülen boşluk ve çatlakların özellikle kuvars kristalleri ile doldurulduğu görülmektedir (Şekil 3.19). Manyezitler içerisinde çok az da olsa yabancı kayaç parçacıkları da belirlenmiştir. Şekil 3.20’de ise Hamamdere’de bulunan manyezitin arazi görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3.19 Kavak bölgesi, manyezit, Büyütme: 200 X



Şekil 3.20 Hamamdere, manyezitin arazi görüntüsü

3.1.4 Listvenit

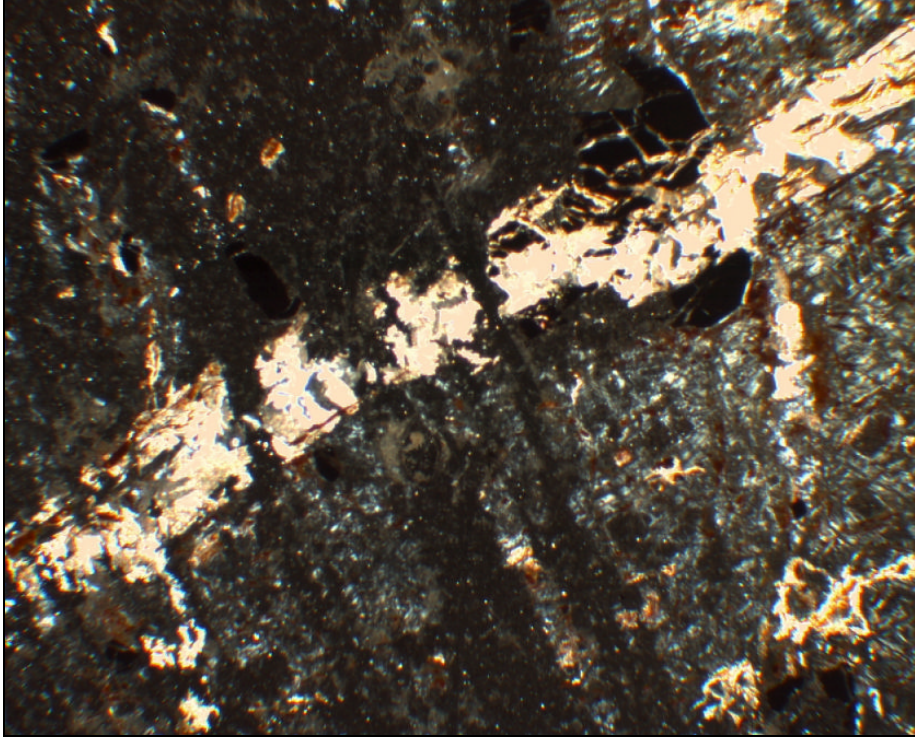
Listvenitler, serpantinleşmiş ultramafik kayaların hidrotermal solusyonların etkisiyle karbonatlaşması ve silisleşmesiyle oluşmuşlardır. Silika ve karbonat alterasyonu geçirmiş ve çeşitli metalik elementlerce zenginleşmiş serpantinler olarak da yorumlanan listvenitlerde yer yer altın zenginleşmelerine de rastlanmaktadır.

Çalışılan alan içinde listvenitlere daha belirgin olarak Burçaközü'ndeki dunitik kayalarda rastlanmıştır. Ayrıca Erenler bölgesinde de yer yer listvenitleşmelere rastlanmıştır (Şekil 3.21).

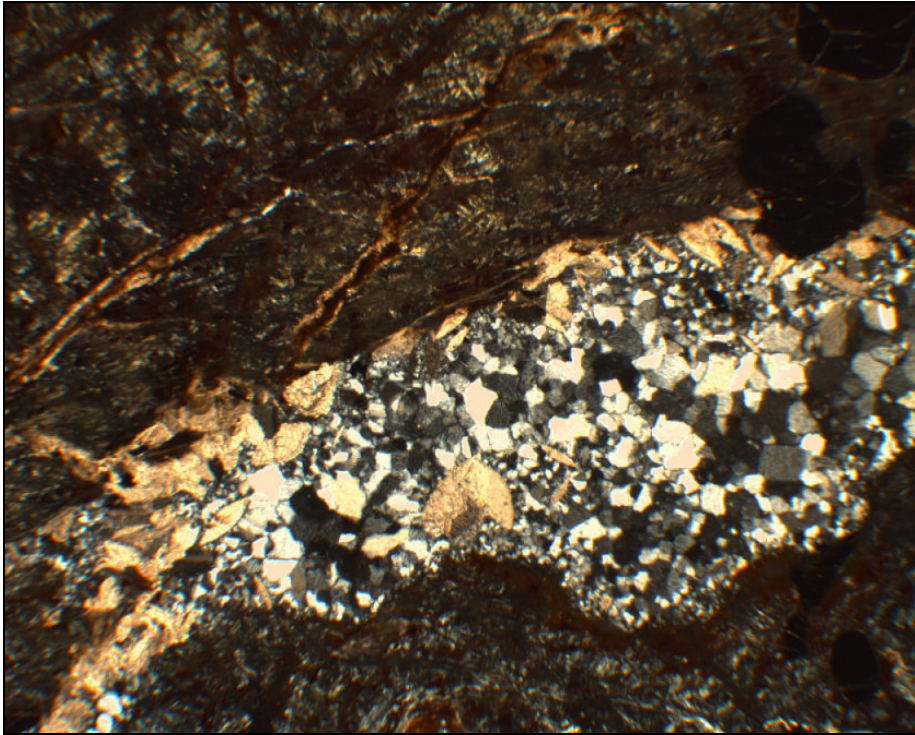


Şekil 3.21 Erenler, listvenit arazi görüntüsü

Mikroskop incelemelerinde dikkat çeken husus karbonatlaşmaların silisleşmelerden önce gerçekleştiği, karbonat minerallerinin çatlaklarda kenar kısımlara yerleştiği (Şekil 3.22), daha sonra gelen silika minerallerinin beklenildiği gibi orta kısımları doldurduğunun gözlenmiş olmasıdır (Şekil 3.23). Daha önceki çalışmalarda listvenitlerin Triyas olarak gösterilmesi de bu bakımdan yanlış görülmektedir. Zira, listvenitlerin oluşması için, önce ultramafik-mafik kayalar bölgeye yerleşmeli ve daha sonra listvenitleşme ile ilgili prosesler tamamlanmalıdır. Dolayısıyla MTA tarafından hazırlanan harita açıklamalarındaki listvenitlerin Triyas da oluşmuş olma ihtimali, bölgedeki ultramafik-mafik kayaların yaşı düşünüldüğünde, mümkün değildir.



Şekil 3.22 Burçaközü, kromit-dunit, listvenitik karakter, Büyütme: 4*10



Şekil 3.23 Burçaközü, kromit-dunit, listvenitik karakter, Büyütme: 4*10

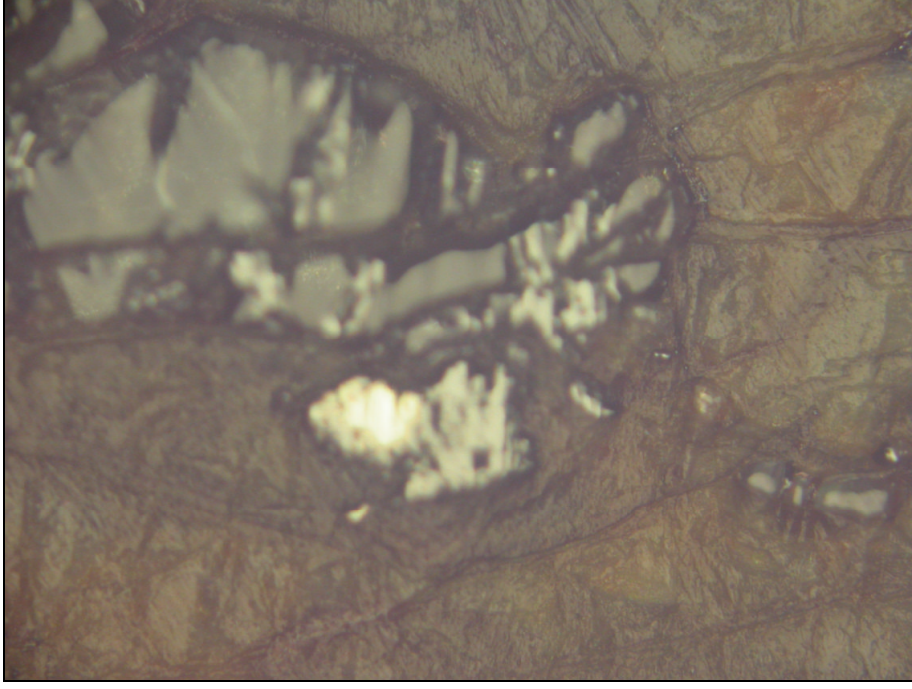
3.2 Parlak Kesit Çalışmaları

Bölgedeki kayalardan kimyasal veriler dikkate alınarak seçilmiş bazı numunelerde parlak kesit çalışması da yapılmıştır. Ni anamolisi veren kayalarda Ni minerallerinin Nikelin (NiAs) olduğu özellikle çatlaklara yerleştiği gözlenmiştir. Şekil 3.24 ve 3.25'te iri taneli kataklastik kromitin boşluklarında nikelin (NiAs) gözlenmektedir. Bu veri de bize nikel minerallerinin bölgede gelişen ikincil olaylar sonucu zenginleştiği ve serpantinleşme sonrası oluşan çatlaklara yerleştiği izlenimini vermektedir. Şekil 3.26'da kromit gri renkte gözlenirken, nikelinler beyaz renkte gözlenmiştir.

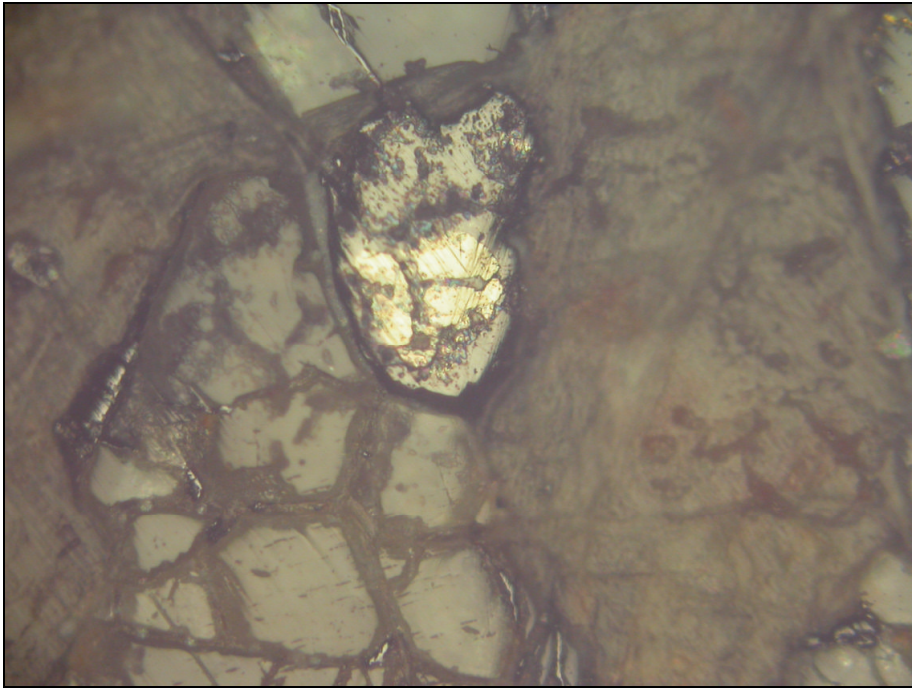
Serpantinitler ileri derecede kataklastizmaya uğramıştır. İleri derecede kataklastik yapılı ve yer yer kırık ve çatlaklar boyunca spinel-manyetite dönüşmüş kromitler, Şekil 3.27'de gösterilmektedir. Şekil 3.28 ve 3.29'da, manyetitler içerisinde sarı renkte pirotin kapanımları da görülmüştür.

Kataklastik kromitlerin iç yansımalarının çok yüksek olması, kromitlerin Al (alüminyum) ve Mg (mağnezyum) bakımından zengin olduklarının bir göstergesidir. Şekil 3.30 bu açıklamaya örnek bir kesittir ve ayrıca kesitte parlak, beyaz renkli nikelin de gözlenmiştir.

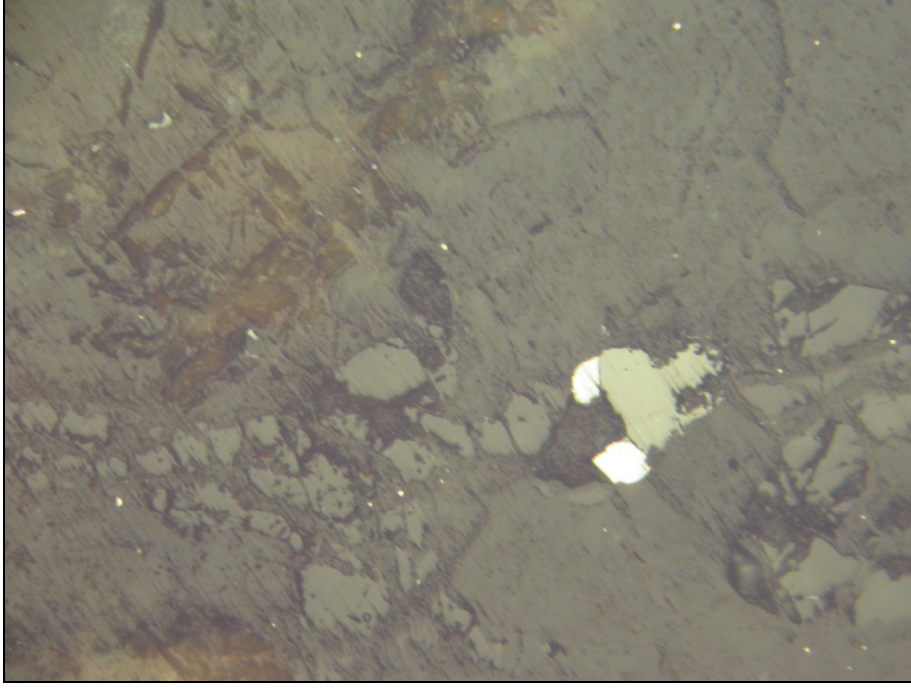
Küçük boyutlu (birkaç mikron) nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisine yerleşmiş durumda gözlenmektedir (Şekil 3.31-3.34). Çok nadir de olsa kayalar içinde kalkopirit taneciklerine de rastlanmıştır (Şekil 3.35). Şekil 3.36 ve 3.37'deki parlak kesit görüntülerinde ise, yuvarlak taneli kromit kristalleri net olarak gözlenmektedir.



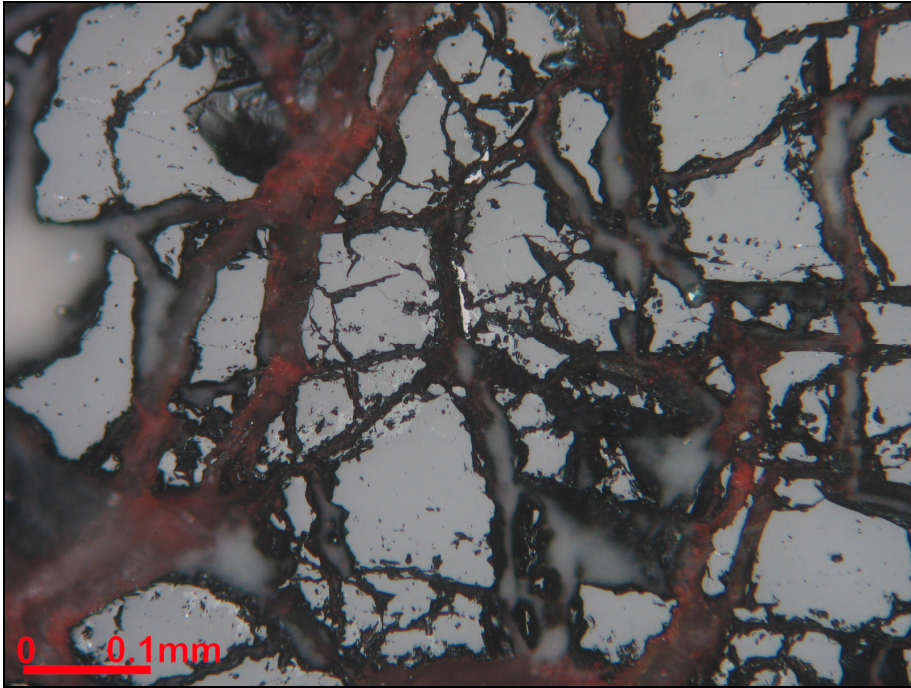
Şekil 3.24 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, iri taneli kataklastik kromitin boşluklarında nikelin (NiAs)



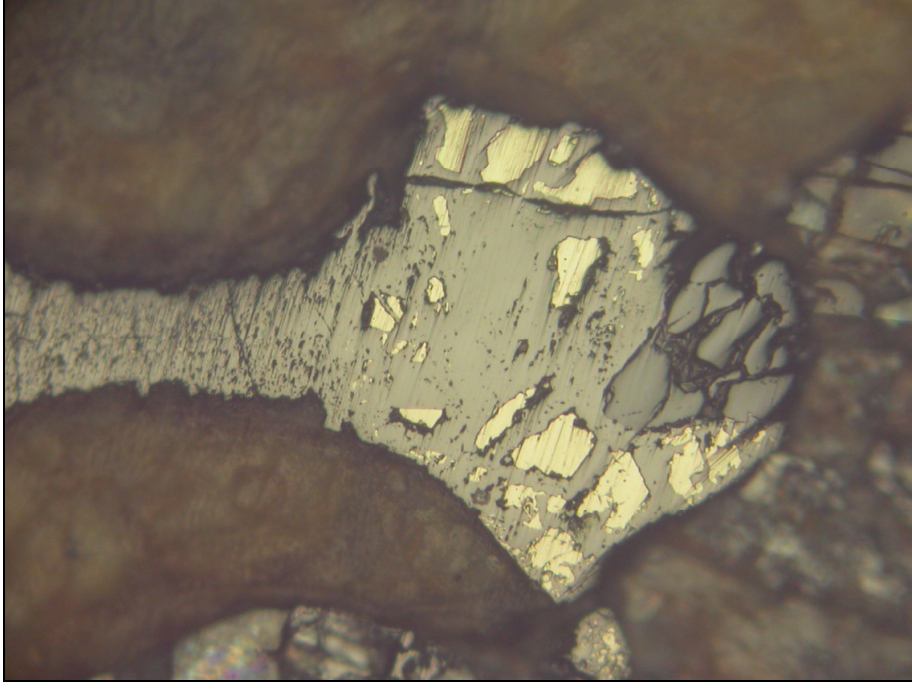
Şekil 3.25 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, iri taneli kataklastik kromitin boşluklarında nikelin (NiAs)



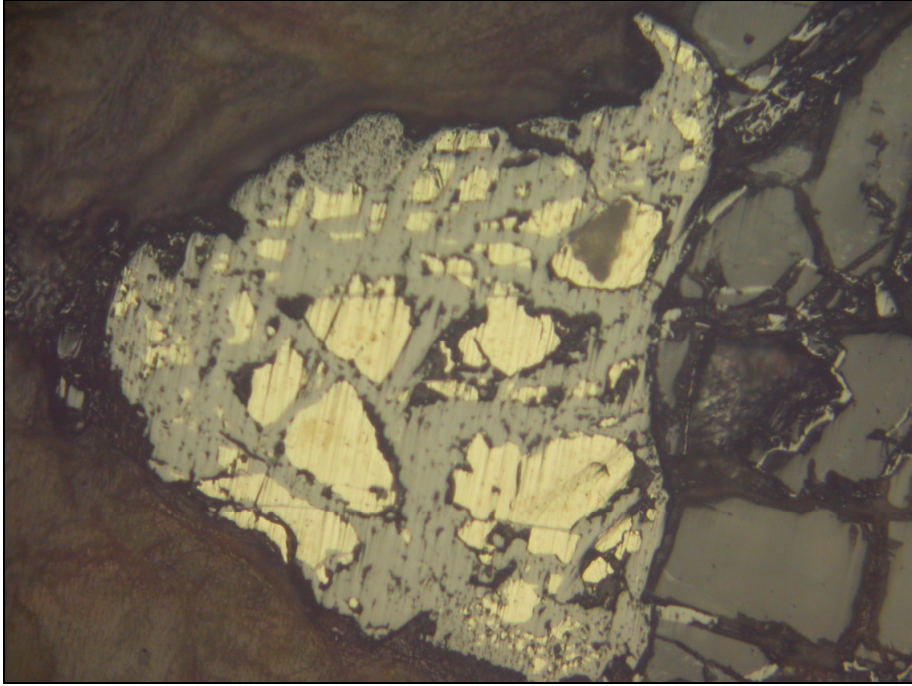
Şekil 3.26 Burçaközü, serpantin, Büyütme: 300 X, kuruortamda, kromit (gri), nikelin (beyaz)



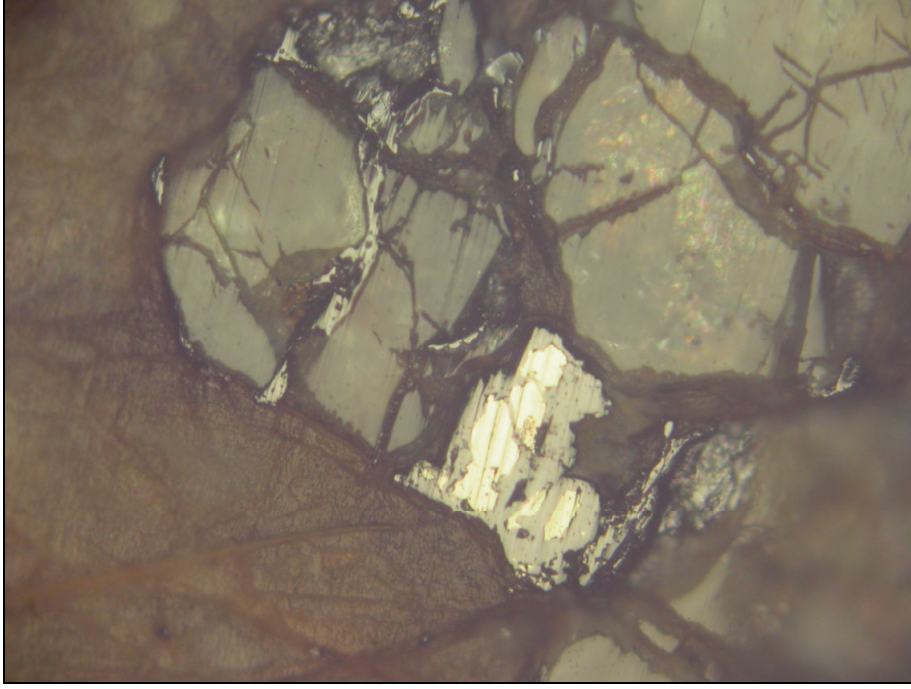
Şekil 3.27 Orta ocak-Kavak, kromit, Büyütme: 200 X, kuruortamda, ileri derecede kataklastik yapıda ve yer yer kırık ve çatlakları boyunca manyetite dönüşmüş kromit (parlak koyu gri)



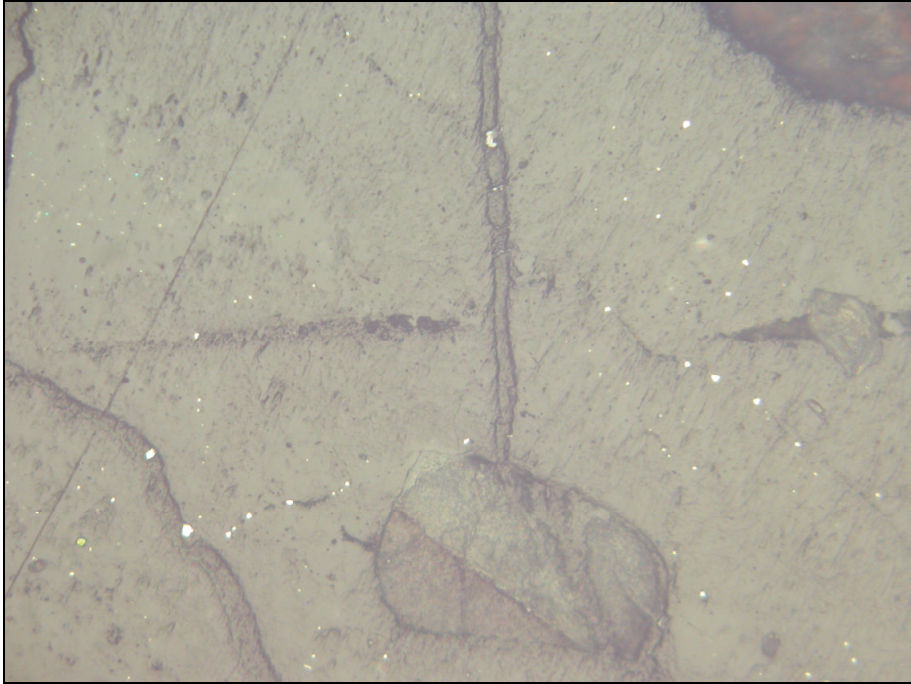
Şekil 3.28 Burçakközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, ileri derecede kataklastik yapıda ve yer yer kırık ve çatlakları boyunca spinel-manyetite dönüşmüş kromit (parlak koyu gri), Manyetit içerisinde pirotin kapanımları (sarı)



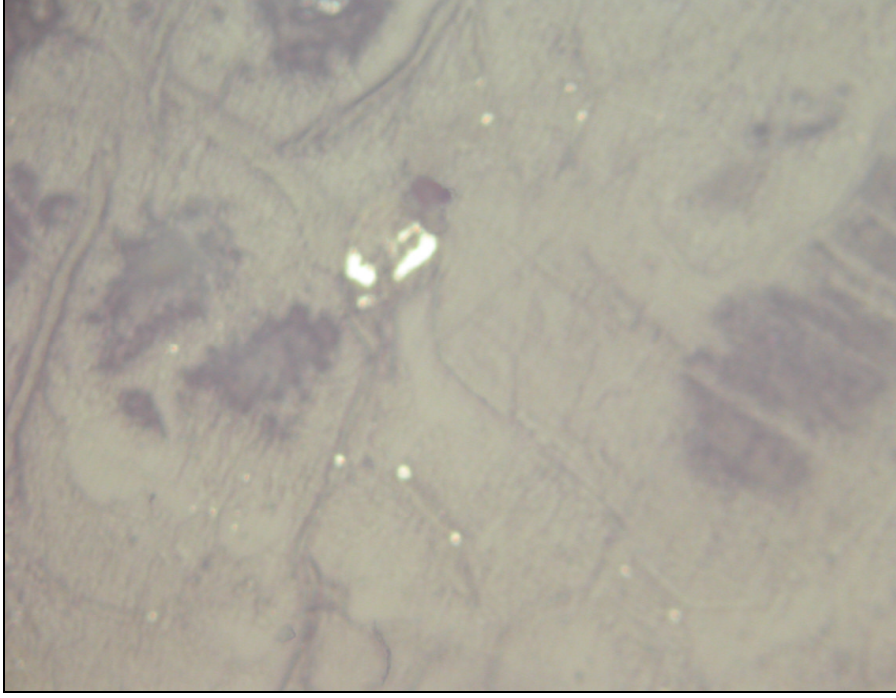
Şekil 3.29 Burçakközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, ileri derecede kataklastik yapıda ve yer yer kırık ve çatlakları boyunca spinel-manyetite dönüşmüş kromit (parlak koyu gri), Manyetit içerisinde pirotin kapanımları (sarı)



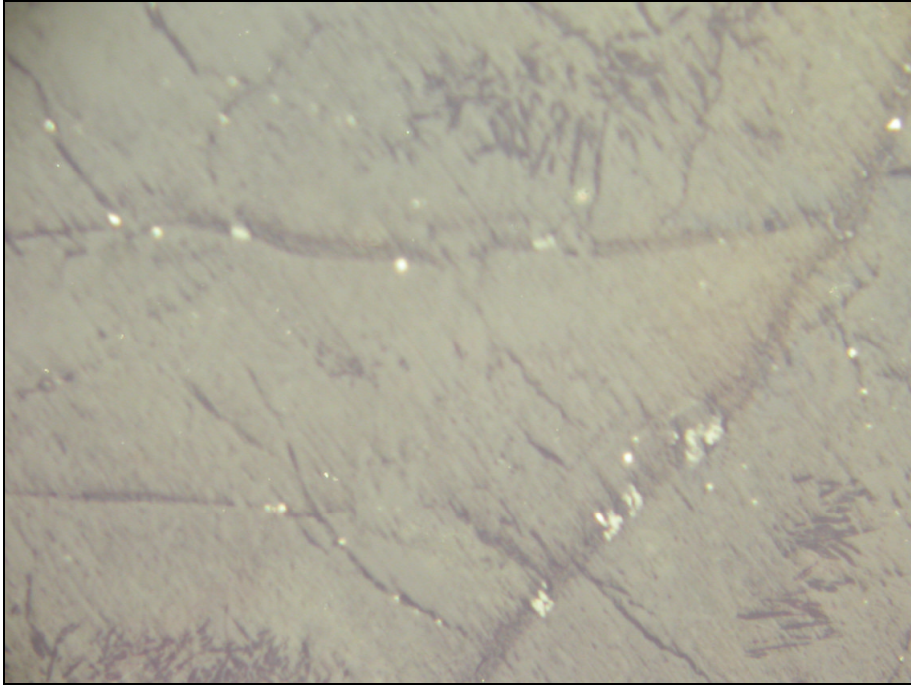
Şekil 3.30 Burçaközü, serpantinitle, Katablastik kromit (gri) (Al ve Mg'ca zengin olduğundan iç yansıması çok belirgin), Nikelin (beyaz, parlak)



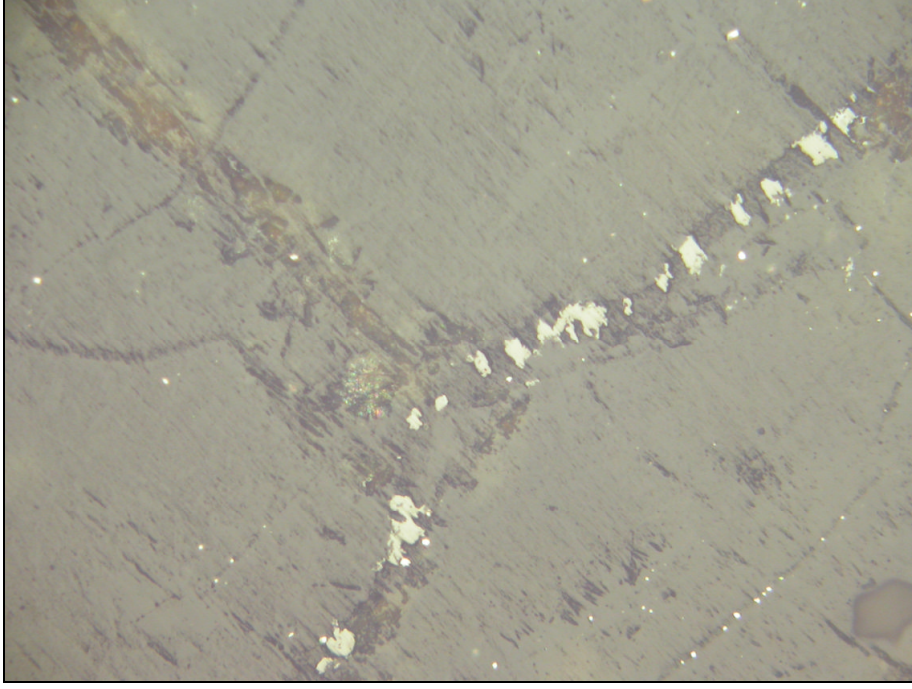
Şekil 3.31 Burçaközü, serpantinitle, Büyütme 300 X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisine yerleşmiş



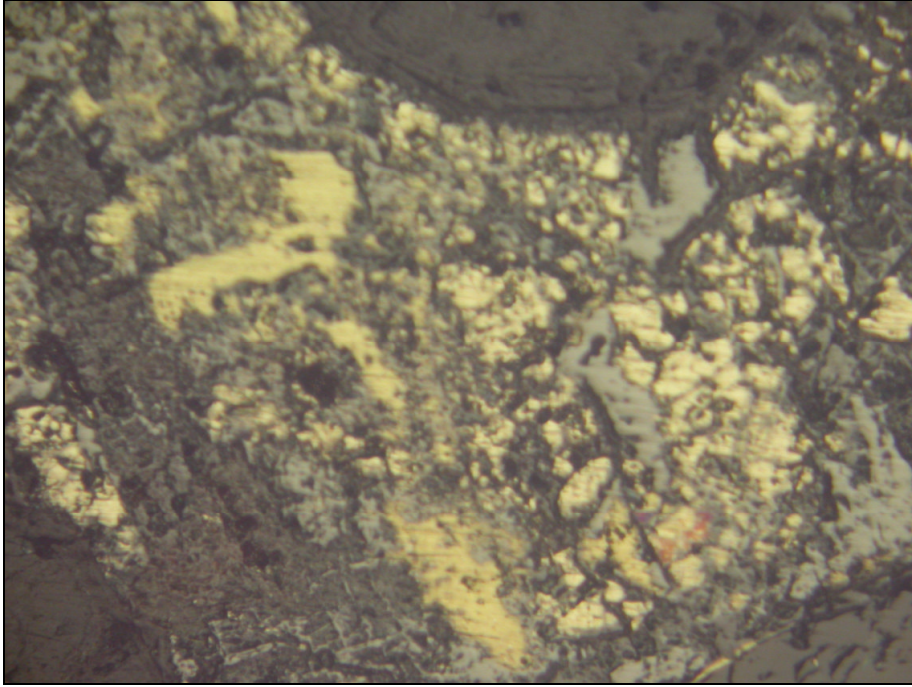
Şekil 3.32 Burçaközü, serpantin, Büyütme 300 X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisine yerleşmiş



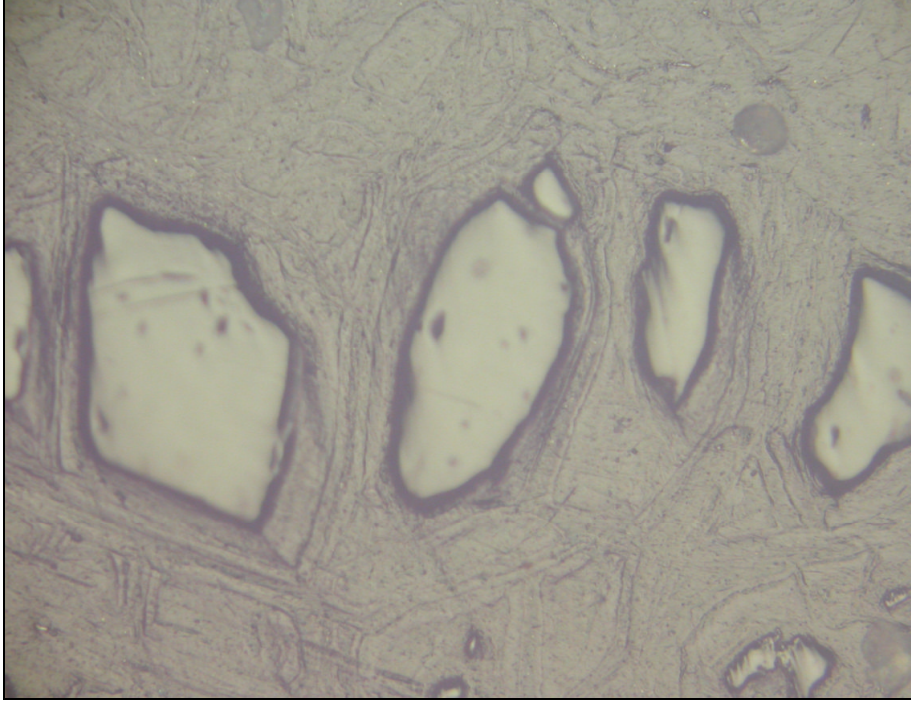
Şekil 3.33 Burçaközü, serpantin, Büyütme 300 X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisine yerleşmiş



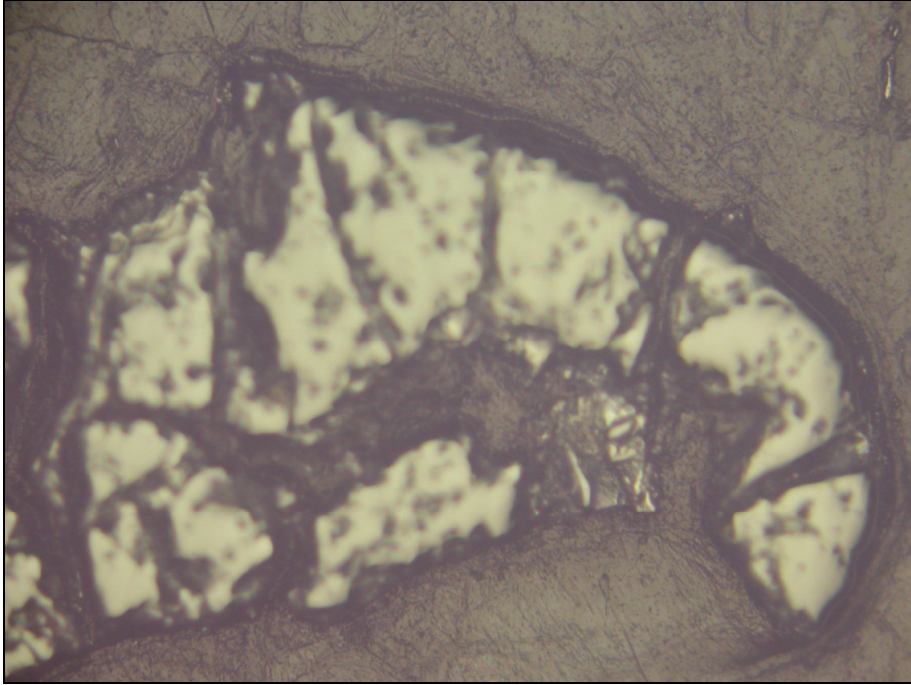
Şekil 3.34 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300X, Nikelin, genellikle kırık ve çatlaklar içerisinde yerleşmiş



Şekil 3.35 Burçaközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, kalkopirit ayrılımları (sarı)



Şekil 3.36 Burçakközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, yuvarlak taneli kromit kristalleri



Şekil 3.37 Burçakközü, serpantinit, Büyütme: 300 X, kuruortamda, yuvarlak taneli kromit kristalleri

4. JEOKİMYA

4.1 Ultrabazik- Bazik Kayaçların Jeokimyası

Bu çalışmada 25 kayaç örneği incelenerek kimyasal-mineralojik isimlendirmesi yapılmış ayrıca, bu numunelerin petrografik incelemesinin jeokimyasal veriler ile uyumlu olup olmadıkları da incelenmiştir. Kimyasal analizler için değerlendirilen numunelerin lokasyon ve tanımları çizelge 4.1’de ve bu numunelerin ana element yüzdeleri (%) ve iz element miktarları (ppm) çizelge 4.2-4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Kimyasal analizler için değerlendirilen numunelerin lokasyon ve tanımları

Numune No (wpt)	Kuzey (m)	Doğu (m)	Yükseklik (m)	Yer	Kayaç / Cevher
1	4414013	375877	1244	Eğlekler Sırtı	Diyabaz dayk
2	4409603	377591	1064	Hamamdere	Gabro
3	4420316	385690	790	Erenler	Dunit
4	4420865	385655	744	Kavak-ana ocak	Dunit
5	4409762	377692	1076	Hamamdere	Dunit
6	4419901	386138	817	Bahtiyar yakası	Dunit
7	4420407	385877	766	Dinamithane üstü	Dunit
8	4410132	374338	931	Kocadere	Harzburjit
9	4420482	385728	739	Kavak-orta ocak	Harzburjit
10	4420407	385877	766	Dinamithane üstü	Harzburjit
11	4410289	375799	1109	Yayladere	Harzburjit
12	4410297	377651	1115	Hamamdere	Limonit Hematit
13	4410329	377573	1124	Hamamdere	Serpantinit-altere
14	4411736	373033	1132	Burçaközü	Serpantinit-altere
15	4409841	377701	1091	Hamamdere	Serpantinit-altere
16	4410961	375989	1192	Yayladere	Silika kapak
17	4420865	385655	744	Kavak-ana ocak	Kromit
18	4411733	373033	1145	Burçaközü	İkincil kromit
19	4420316	385690	790	Erenler	Manyezit
20	4420225	386099	808	Bahtiyar yakası	Manyezit
21	4411490	373142	1132	Burunocak	Manyezit
22	4411827	373743	1207	Karakaya	Manyezit
23	4420482	385728	739	Kavak-orta ocak	Manyezit
24	4410906	375571	1207	Ortaseki	Manyezit
25	4411549	377063	1290	Tatleşme	Manyezit

Çizelge 4.2 Mihaliçcik'tan alınan bazik-ultrabazik kayaların ana element yüzdeleri (%)

Numune No (wpt)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Sc	LOI	TOT/C	TOT/S	SUM
1	54,73	14,72	11,28	3,9	6,65	4,02	0,34	0,79	0,06	0,16	0,003	35	3,2	0,05	0,01	99,86
2	49,45	14,9	11,38	4,72	6,85	6,99	1,31	1,1	0,06	0,17	0,005	34	2,9	0,05	0,02	99,85
3	47,65	0,2	7,16	28,33	0,08	0,09	<,04	<,01	<,01	0,08	0,636	4	15,3	0,3	0,01	99,88
4	33,23	0,35	7,59	39,76	0,24	0,05	<,04	<,01	<,01	0,1	1,522	4	16,7	0,11	0,01	99,83
5	36,08	0,31	8,27	37,4	0,03	<,01	<,04	<,01	0,02	0,12	0,366	7	17	0,33	0,02	99,9
6	33,28	0,17	6,74	38,37	0,01	0,01	<,04	<,01	0,01	0,03	0,904	3	20	0,43	<,01	99,88
7	38,52	0,18	8,04	36,51	0,07	0,01	<,04	<,01	0,03	0,05	0,621	4	15,6	0,1	0,03	99,87
8	40,42	1,61	7,48	36,08	0,86	0,04	0,2	0,02	0,02	0,1	0,391	11	12,4	0,09	0,01	99,88
9	33,72	0,22	8,31	38,16	0,07	<,01	<,04	<,01	<,01	0,08	0,577	4	18,5	0,42	0,1	99,89
10	32,91	0,35	8,93	36,55	0,1	0,01	<,04	<,01	<,01	0,08	1,263	3	19,4	1,64	0,02	99,86
11	35,8	0,51	8,09	37,35	0,07	0,01	<,04	<,01	<,01	0,12	0,361	9	17,3	0,31	0,02	99,9
12	10,19	0,0084	7,074	39,94	0,3915	0,058	0,0074	0,00168	0,0016	0,1467	0,1975					
13	34,57	0,012	7,350	37,08	0,0604	0,054	0,1103	0,00322	0,0017	0,0641	0,2555					
14	18,64	0,839	51,61	6,59	0,1002	0,11	0,0052	0,0618	0,055	0,7488	3,625					
15	33,23	0,013	8,630	38,01	0,3595	0,056	0,0975	0,00179	0,0019	0,1164	0,5287					
16	57,31	0,017	7,886	2,889	6,420	0,074	0,0582	0,0052	0,0413	0,1018	0,1933					

Çizelge 4.3 Mihaliçcik'tan alınan bazik-ultrabazik kayaların iz element miktarları (ppm)

Numune No (wpt)	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
1	65,2	1	59,5	0,4	15,3	1,6	1,7	8	1	188,3	0,3	0,5	0,2	411	264,8	41,4	20,3	2,7	6,7	1,06	4,9	1,65	0,72
2	39,3	<1	42,5	12,7	15,1	1,8	1,4	51,7	<1	215,5	0,1	0,3	0,1	377	122,4	53,1	29	2,9	8,4	1,35	6,9	2,4	0,94
3	4,9	<1	108,6	<1	<5	<1	<1	<5	<1	2,7	<1	<1	1,3	17	8,2	<5	0,2	0,5	0,2	0,06	<3	<0,05	<0,02
4	0,5	<1	115,7	<1	0,8	<1	<1	<5	<1	0,6	<1	<1	<1	27	7,8	<5	0,1	0,3	0,1	<0,02	<3	<0,05	<0,02
5	0,5	<1	116,2	<1	0,5	<1	<1	<5	<1	1,7	<1	<1	<1	33	2	<5	0,1	0,5	0,2	0,02	<3	<0,05	<0,02
6	<5	<1	111	<1	0,5	<1	<1	<5	<1	<5	<1	<1	<1	13	1,9	<5	0,1	0,3	0,1	<0,02	<3	<0,05	<0,02
7	1,3	<1	121,9	<1	<5	<1	<1	<5	<1	2,3	<1	<1	<1	21	1,4	<5	0,1	0,3	0,1	<0,02	<3	<0,05	<0,02
8	7,5	<1	135,8	3,6	1,1	<1	<1	8,7	<1	3,3	<1	<1	<1	58	45,8	<5	0,7	0,2	0,1	0,03	<3	<0,05	<0,02
9	<5	1	118,2	<1	0,6	<1	<1	<5	<1	1,6	<1	<1	<1	20	3,3	<5	<1	0,4	0,1	<0,02	<3	<0,05	<0,02
10	2,7	<1	109,9	<1	0,8	<1	<1	<5	<1	2,1	<1	<1	<1	35	5,1	<5	0,1	0,2	0,1	0,02	<3	<0,05	<0,02
11	1,1	<1	117,1	<1	1,2	<1	<1	<5	<1	1,4	<1	<1	<1	35	1,4	<5	0,2	0,6	0,2	0,02	<3	<0,05	<0,02
12	14,4		217	8,3	0,4	4,3	3,9	0,4	1,4	8,2	14	1	6,9		44,8	6,3	2,2	17,8	10				
13	6,4		138	3,5	1,5	4,5	3,4	0,4	0,6	0,5	15	1	6,1		19	4,4	0,5	13,7	9,7				
14	31,6		764	4,2	3,7	28	9,6	2,9	1	10,6	82	13	18		88	13	1,9	8,4	10,3				
15	5		166	3,5	0,8	10	3,8	0,4	1	0,5	20	1,2	8,9		17	4,7	0,7	9,7	9,9				
16	32,6		146	4	1,5	5,3	4,8	0,4	1,3	104,7	16	1,1	9,1		152	14,2	0,7	7,5	10				

Çizelge 4.4 Mihaliçcik'tan alınan mafik-ultramafik kayaların iz element miktarları (ppm)

Numune No (wpt)	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au(ppb)	Hg	Tl	Se
1	2,34	0,52	2,73	0,69	2,01	0,3	1,99	0,33	<,1	42,1	6,8	8	5,5	1,3	<,1	0,1	<,1	<,1	12,4	0,06	<,1	<,5
2	3,49	0,75	4,06	0,93	2,77	0,39	2,74	0,42	0,2	50,4	2,1	61	14,5	<,5	0,1	<,1	<,1	<,1	5,3	0,02	<,1	<,5
3	<,05	<,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	<,1	4,5	0,6	10	2840,3	2,2	<,1	<,1	<,1	<,1	2,6	0,04	<,1	<,5
4	<,05	<,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	<,1	2,9	0,7	18	2514,6	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	6,9	0,02	<,1	<,5
5	<,05	<,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	0,1	2	0,7	23	2470,3	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	9,1	0,01	<,1	<,5
6	<,05	<,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	<,1	1,1	0,7	6	3035,1	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	2	0,02	<,1	<,5
7	<,05	0,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	<,1	7,2	0,8	9	2095	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	3,5	0,05	<,1	<,5
8	<,05	0,01	0,08	0,02	0,08	0,02	0,1	0,02	0,1	17	3	22	2259	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	1,8	0,01	<,1	<,5
9	<,05	<,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	<,1	3	0,4	14	2069,3	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	6,7	<,01	<,1	<,5
10	<,05	<,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	0,1	3,7	1,1	18	2191,8	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	5,3	0,05	<,1	<,5
11	<,05	<,01	<,05	<,02	<,03	<,01	<,05	<,01	<,1	13,2	0,5	26	2303,2	<,5	<,1	<,1	<,1	<,1	3,7	<,01	<,1	<,5
12									3,1	9,4	1,1	36,2	2247	28,8	0,8	0,9	0,9	< 0,9	< 3,7	1,4	1,1	0,5
13									3,5	3,7	1,2	37,6	2985	0,6	0,9	0,6	0,7	< 0,8	< 2,4	1,1	0,8	0,4
14									6,9	139	11	256,3	15330	117,6	3,7	1,5	3,6	< 2,1	< 1,2	3,8	4,3	1,7
15									2,8	205,7	1,3	35,4	2155	0,7	0,9	1,1	0,7	< 0,9	< 2,7	1,2	0,8	0,4
16									7	8,2	1,3	35,4	2891	179,7	0,7	1	1,6	< 1,0	< 1,6	2,7	1,8	0,6

Çizelge 4.5 Mihalıccık'tan alınan kromit ve manyezitlerin ana element yüzdeleri (%)

Numune No (wpt)	Cr ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Sc	LOI	TOT/C	TOT/S	SUM
17	49,495	17,67	4,35	5,78	9,37	0,03	0,03	<,04	0,08	<,01	0,08	19	2,4	0,02	0,01	89,45
18	17,884	11,08	49,49	4,72	11,82	0,06	0,01	<,04	0,07	<,01	0,17	16	3,2	0,06	<,01	98,94
19	0,078	47,01	0,76	<,03	0,44	0,28	0,02	<,04	<,01	<,01	0,03	<1	51,3	14,01	<,01	99,95
20	0,002	48,44	<,04	<,03	<,04	0,78	0,01	<,04	<,01	<,01	0,02	<1	50,7	14,28	<,01	99,96
21	0,00276	43,38	4,256	0,0061	0,04073	3,877	0,043	0,0058	0,00161	0,0017	0,02244					
22	0,022	33,29	15,91	0,0067	0,3299	0,4824	0,04	0,0054	0,0006	0,0013	0,02367					
23	0,021	47,41	2,16	<,03	0,25	0,24	0,01	<,04	<,01	<,01	0,04	<1	49,8	13,58	0,02	99,96
24	0,00414	45,83	0,7894	0,0041	0,6453	0,6385	0,039	0,0053	0,00048	0,00095	0,02611					
25	0,00355	40,25	0,9309	0,0035	0,04361	1,442	0,036	0,0047	0,00094	0,0011	0,00104					

Çizelge 4.6 Mihaliçcık'tan alınan kromit ve manyezitlerin iz element miktarları (ppm)

Numune No (wpt)	Sc	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
17	19	<5	<1	77,4	<1	7,6	<1	<1	0,9	<1	<5	0,1	<1	<1	207	128,1	<5	0,1	0,5	0,2	0,02	<3	<0,05	<0,02
18	16	14,7	<1	145,2	0,4	7,1	<1	0,2	1,6	<1	4,6	0,1	<1	0,1	271	84,7	1,1	0,4	0,6	0,5	0,07	<3	0,08	0,02
19	<1	0,7	<1	5,8	<1	<5	<1	<1	<5	<1	25,7	<1	<1	<1	<5	26,7	<5	0,1	0,7	0,2	0,03	<3	<0,05	<0,02
20	<1	2,3	1	1,1	<1	<5	<1	<1	<5	<1	4	<1	<1	<1	<5	12,1	<5	<1	0,2	0,1	0,02	<3	<0,05	<0,02
21		5		17,1	3,4	0,6	8	2,4	0,4	0,6	31	14	0,6	3,9		44,4	3,4	1,7	14,1	9,8				
22		16,8		24,1	3,4	0,5	2,3	2,3	0,3	0,9	4,7	4,8	0,5	4,2		28,7	3,2	2,4	14,8	17,8				
23	<1	3,2	<1	13,5	<1	<5	<1	<1	<5	<1	7,3	<1	<1	<1	<5	15,9	<5	<1	0,3	0,1	<0,02	<3	<0,05	<0,02
24		7,5		27,8	3,4	0,5	2,1	4,7	0,3	1	5,4	3,9	0,5	6,7		28,9	3,5	2,7	6,9	12,5				
25		14,9		4,4	3,4	0,4	1,8	4	0,3	0,7	17,1	2,6	0,5	3,4		38,4	3,1	2,3	7	15,2				

49

Çizelge 4.7 Mihaliçcık'tan alınan kromit ve manyezitlerin iz element miktarları (ppm)

Numune No (wpt)	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au (ppb)	Hg	Tl	Se
17	<0,05	<0,01	<0,05	<0,02	<0,03	<0,01	<0,05	<0,01	<1	1,4	0,8	1	784,8	2,1	<1	0,1	<1	<1	1,4	0,04	<1	<5
18	0,08	0,01	<0,05	0,02	0,03	0,01	<0,05	0,01	0,1	12,2	2,1	8	2914	6,5	<1	0,1	<1	<1	5,3	0,06	0,1	<5
19	<0,05	<0,01	<0,05	<0,02	<0,03	<0,01	<0,05	<0,01	<1	0,3	0,5	1	47,7	<5	<1	<1	<1	<1	2,1	0,01	<1	<5
20	<0,05	0,01	<0,05	<0,02	<0,03	<0,01	<0,05	0,01	<1	<1	0,9	1	9,6	<5	<1	<1	<1	<1	1,5	<0,01	<1	<5
21									1,7	241,1	0,6	0,9	911,5	0,4	0,7	0,8	0,5	<0,7	<2,8	1	0,6	0,3
22									1,5	4,5	0,7	2,4	331,8	0,4	0,6	0,8	0,5	<0,6	<2,1	0,8	0,6	0,3
23	<0,05	<0,01	<0,05	<0,02	<0,03	<0,01	<0,05	<0,01	<1	5,4	0,6	1	116,6	<5	<1	<1	<1	<1	8,1	0,01	<1	<5
24									3,7	1,5	0,4	1,6	233,1	0,4	2,2	0,8	0,5	<0,8	<2,1	0,8	0,6	0,3
25									1,6	0,9	0,8	0,8	35,5	0,4	0,7	0,8	0,5	<0,6	<2,2	0,8	0,5	0,3

4.2 Jeokimyasal Diyagram ve Yorumlar

Çalışma alanından alınan numunelerden seçilmiş 25 adet numune üzerinde yapılan Ana element ve iz element analizleri sonucunda, bölgedeki ultramafik kayalar ile serpantinitletlerden alınan numunelerde yüksek oranda Ni değerleri elde edilmiştir.

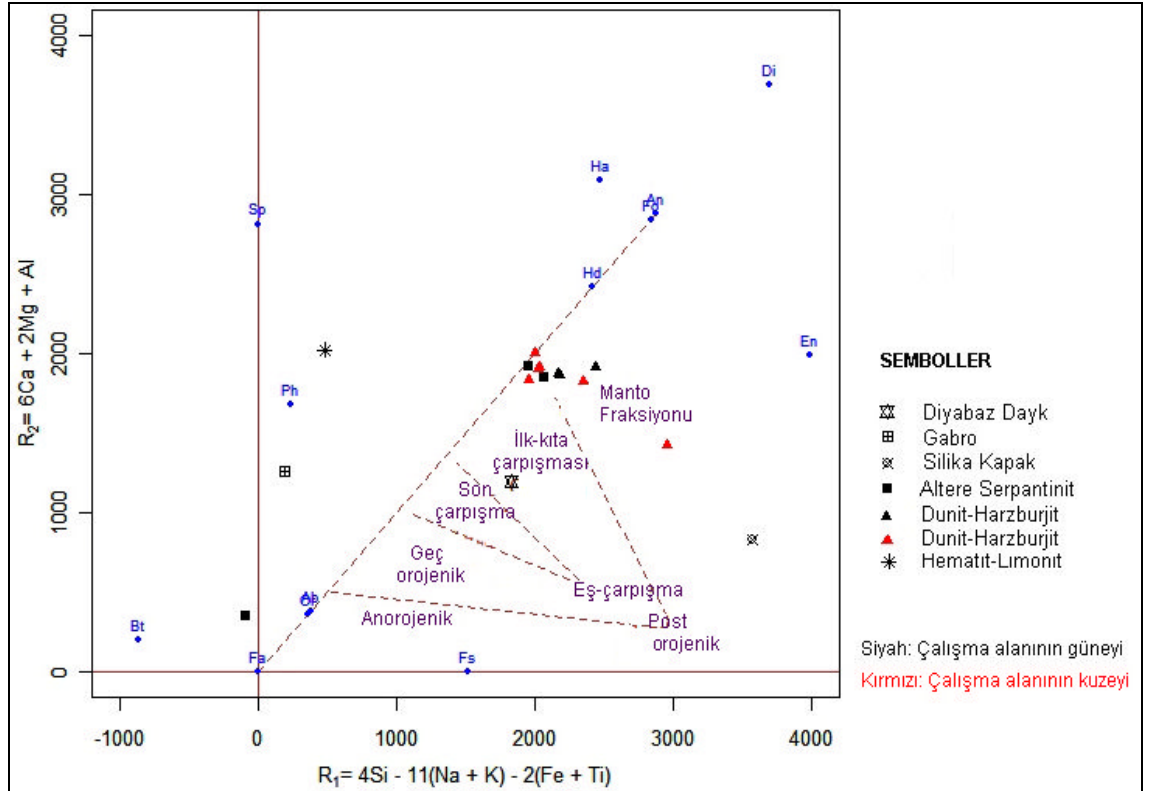
Özellikle 14 numaralı (Kuzey: 4411736 m, Doğu: 373033 m) numunede 15330 ppm Ni değeri elde edilmiştir. Ultramafik kayalarda ortalama 2000 ppm ve üzeri Ni değerleri anomali olarak tanımlandığından (Guilbert and Park 1986) bu sonuç oldukça yüksek bir değer olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca Au değerleri de normal değer üzerinde çıkarak anomali vermişlerdir.

Jeokimyasal analizlere göre, peridotitlerin, ana kimyasını SiO_2 , MgO ve Fe_2O_3 oluşturmaktadır.

Yapılan kimyasal incelemelerde ofiyolitik kayaların Rollison (1993)'a göre çalışma bölgesindeki ofiyolitik kayalar dalma batma zonuna ait ürünler olup, Geç Triyas-Erken Kretase zaman aralığında oluşan Neotetis Okyanusunun kuzey kolu olan İzmir-Ankara Okyanusundaki okyanus içi dalma-batma zonunun ürünleri olarak oluştuğu düşünülmüştür. Yapılan ana oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri ile oluşturulan diyagramlar bu iddiayı da doğrulamaktadır.

Batchelor and Bowden (1985) diyagramında, uygulanan analiz sonuçlarına göre, Mihaliççik ofiyolitlerine ait kayaçların, manto fraksiyonu ile oluşan ultramafik kayaçlar olduğu görülmüştür.

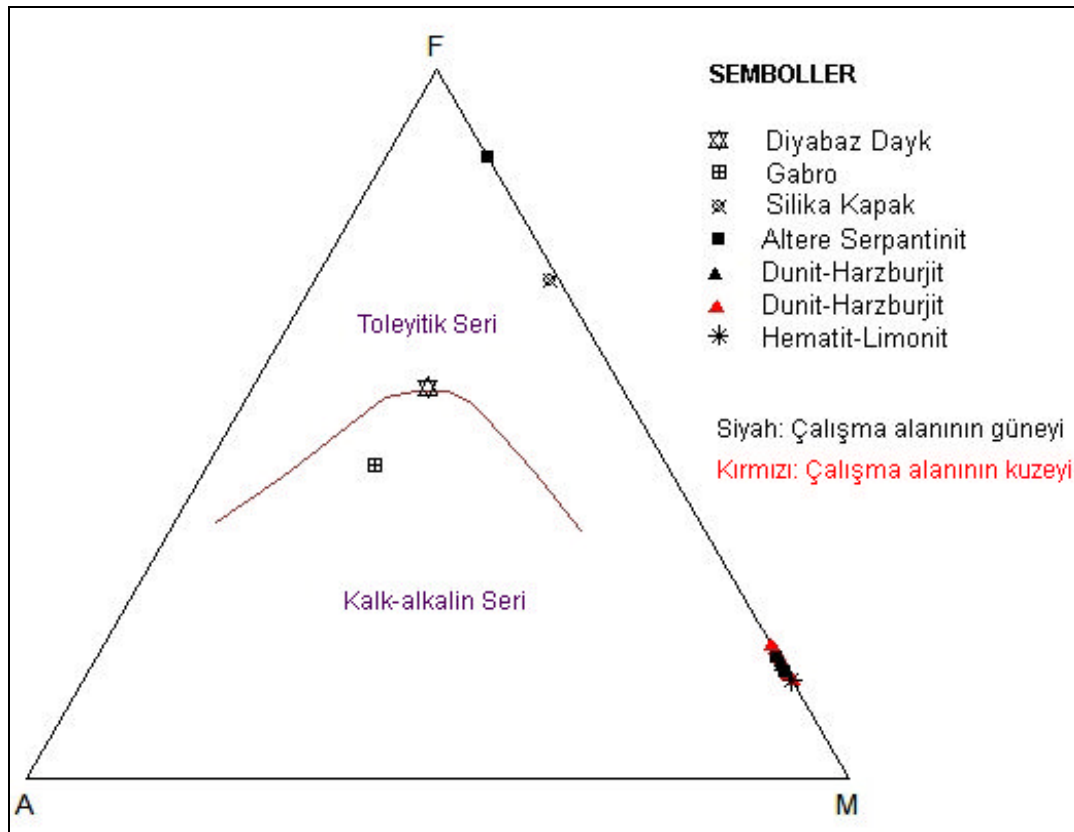
Ancak, şekil 4.1'de, gabro ve diyabaz dayklarının bulunması gereken alandan farklı alanda bulunması, bunların okyanus ortamında bulunan tuzlardan etkilenecek, sodyum ve potasyum metasomatizmasına uğradıklarını göstermektedir.



Şekil 4.1 Mihaliççik ofiyolitlerine ait kayaçların manto fraksiyonu ile oluştuğunu gösteren diyagram (Batchelor and Bowden 1985)

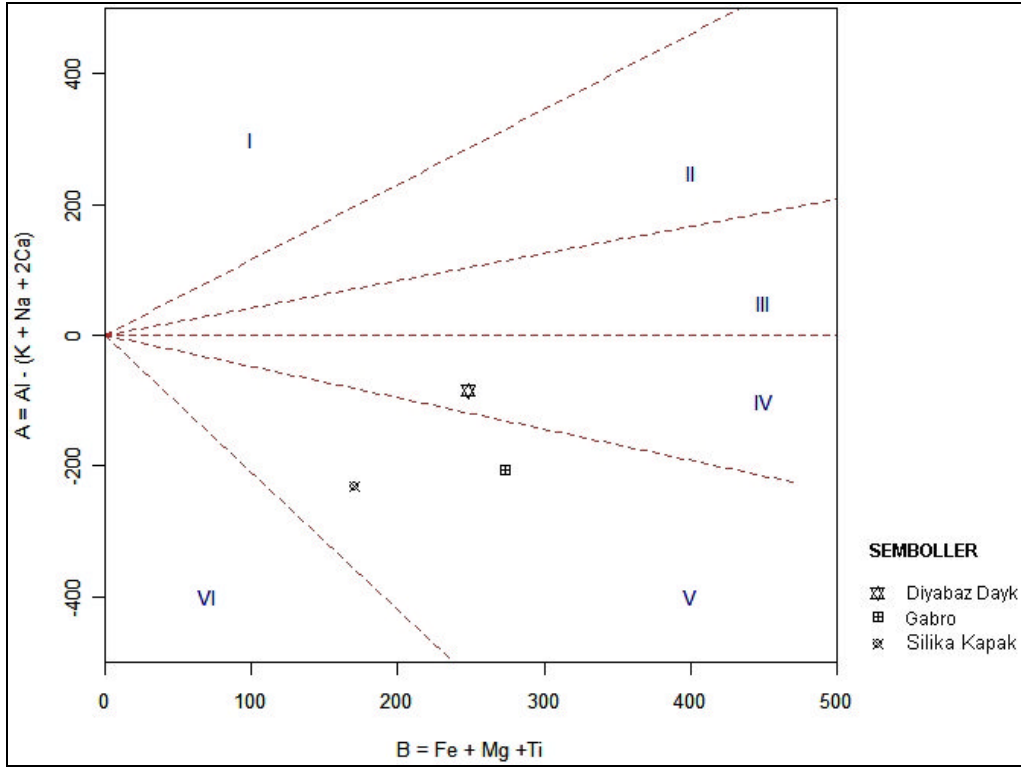
AFM diyagramında (Irvine and Baragar 1971), numunelerin toleyitik seriyi karakterize ettiği görülmektedir (Şekil 4.2). Ancak gabronun diyagramda oturması gereken alandan farklı alana oturması, yukarıda da ifade edildiği gibi gabronun okyanus ortamından etkilenerek, sodyum ve potasyum metasomatizmasına uğramış olmasındandır.

Ultrabazik kayaların SiO_2 'ce zenginleşmiş olması bölgede meydana gelen ikincil hidrotermal solusyonlar sebebiyledir. Bu hidrotermal solusyonların çalışma alanının yakın doğusunda bulunan granitik plütonlardan kaynaklanma ihtimali oldukça yüksektir. Ancak, çalışma alanı içerisinde olmaması ve ana çalışma konusunun dışında bulunması sebebiyle granit-hidrotermal solusyon ilişkileri incelenmemiştir.



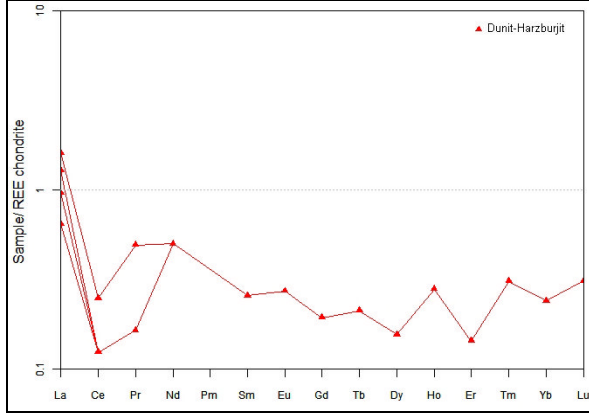
Şekil 4.2 Çalışma alanı kayalarının AFM diyagramındaki (Irvine and Baragar 1971) konumları

Debon ve Le Fort (1983), tarafından hazırlanan diyagramda ultrabazik ve bazik kayaların konumları aşağıda gösterilmektedir. Buna göre, diyabaz daykı ve gabro metalüminyumlu bölgeye düşmektedir (Şekil 4.3). (Simgeler I, II ve III numaralı alanlar peralüminyumlu, IV, V ve VI no'lu alanlar ise metalüminyumlu bölgelere karşılık gelmektedir.)

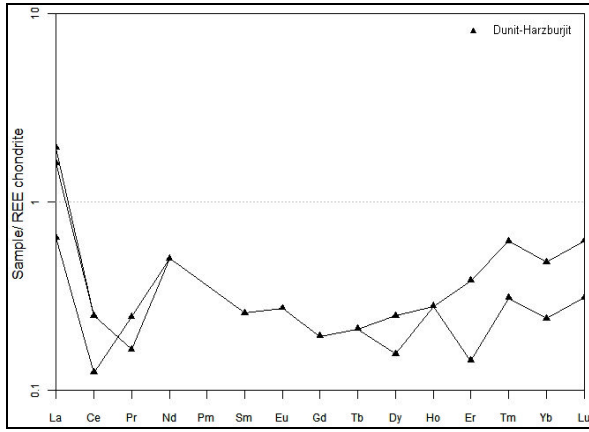


Şekil 4.3 Ultrabazik ve bazik kayaların B-A diyagramında (Debon and Le Fort 1983) sınıflandırılması

Çalışma alanının güneyinden ve kuzeyinden alınan ultramafik kayaların spider diyagramlarına bakılarak, benzer nadir toprak değerlerine sahip olduklarını söylemek mümkündür (Şekil 4.4-4.5).

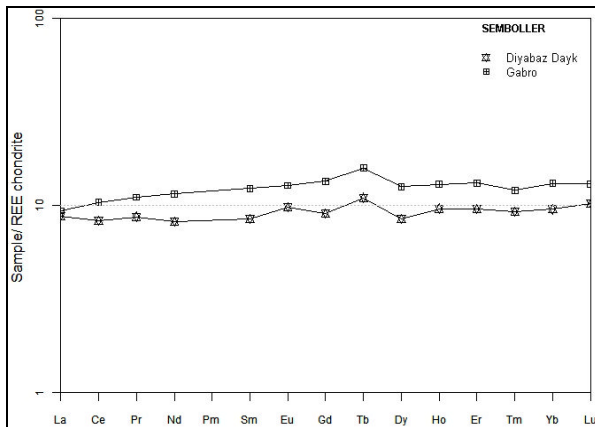


Şekil 4.4 Çalışma alanının kuzeydoğusundaki ultramafik kayaların Spider diyagramı



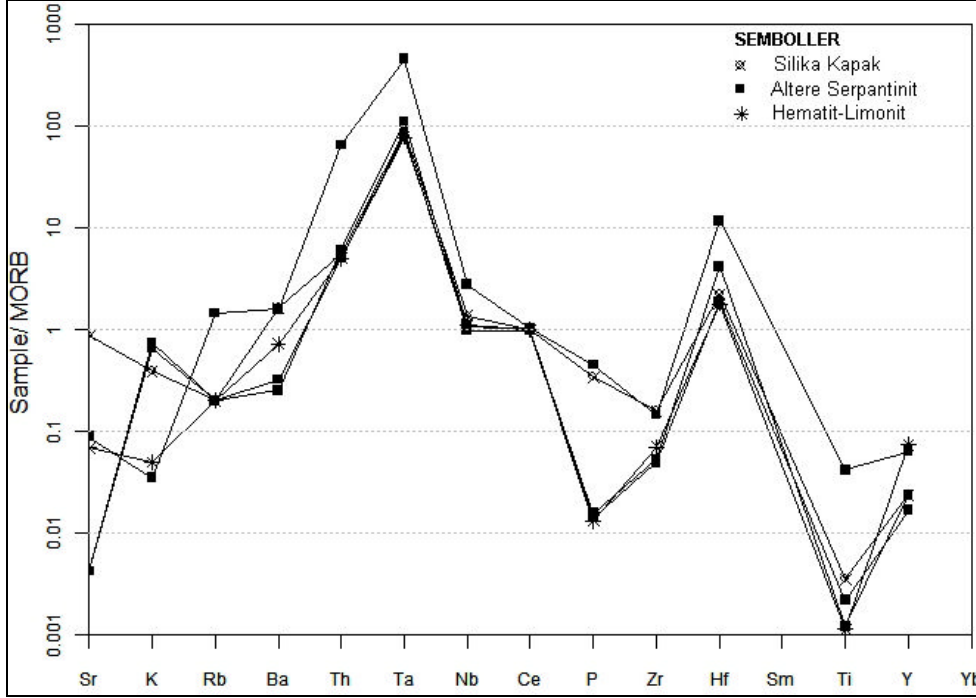
Şekil 4.5 Çalışma alanının güneyindeki ultramafik kayaların Spider diyagramı

Çalışma alanından alınan mafik kayaların spider diyagramındaki konumları şekil 4.6’da verilmiştir.



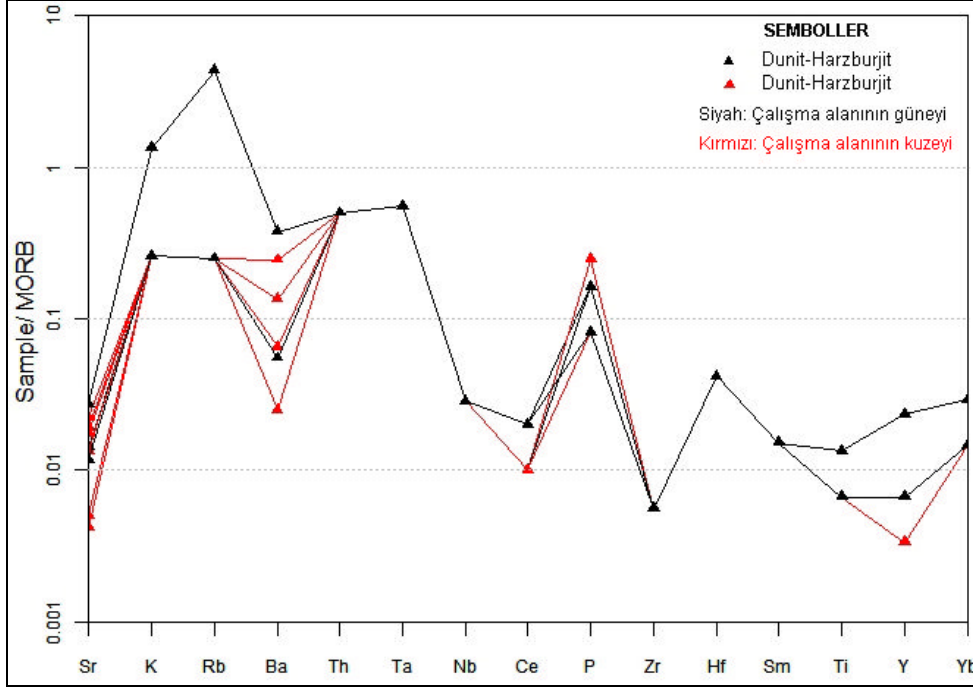
Şekil 4.6 Çalışma alanının güneyindeki mafik kayaların Spider diyagramı

Altere serpantinlerin, hematit-limonitlerin ve silika kapağın Spider diyagramındaki konumları şekil 4.7’deki gibidir.



Şekil 4.7 Altere serpantin-hematit-limonite ve silika kapağa ait Spider diyagramı

Gabro ve diyabazlarda LILE (Large Ion Lithophil Elements) (Sr, K, Rb, Ba) nin HFSE (High Field Strength Elements) (Ta, Nb, Zr, Ti,) göre yüksek değerler vermesi (Şekil 4.8) incelenen ofiyolitlerin bazaltik yay magmalarından üretilen dalma batma zonu ofiyoliti olduğunu göstermektedir (Özen ve Sarıfakıoğlu 2002).

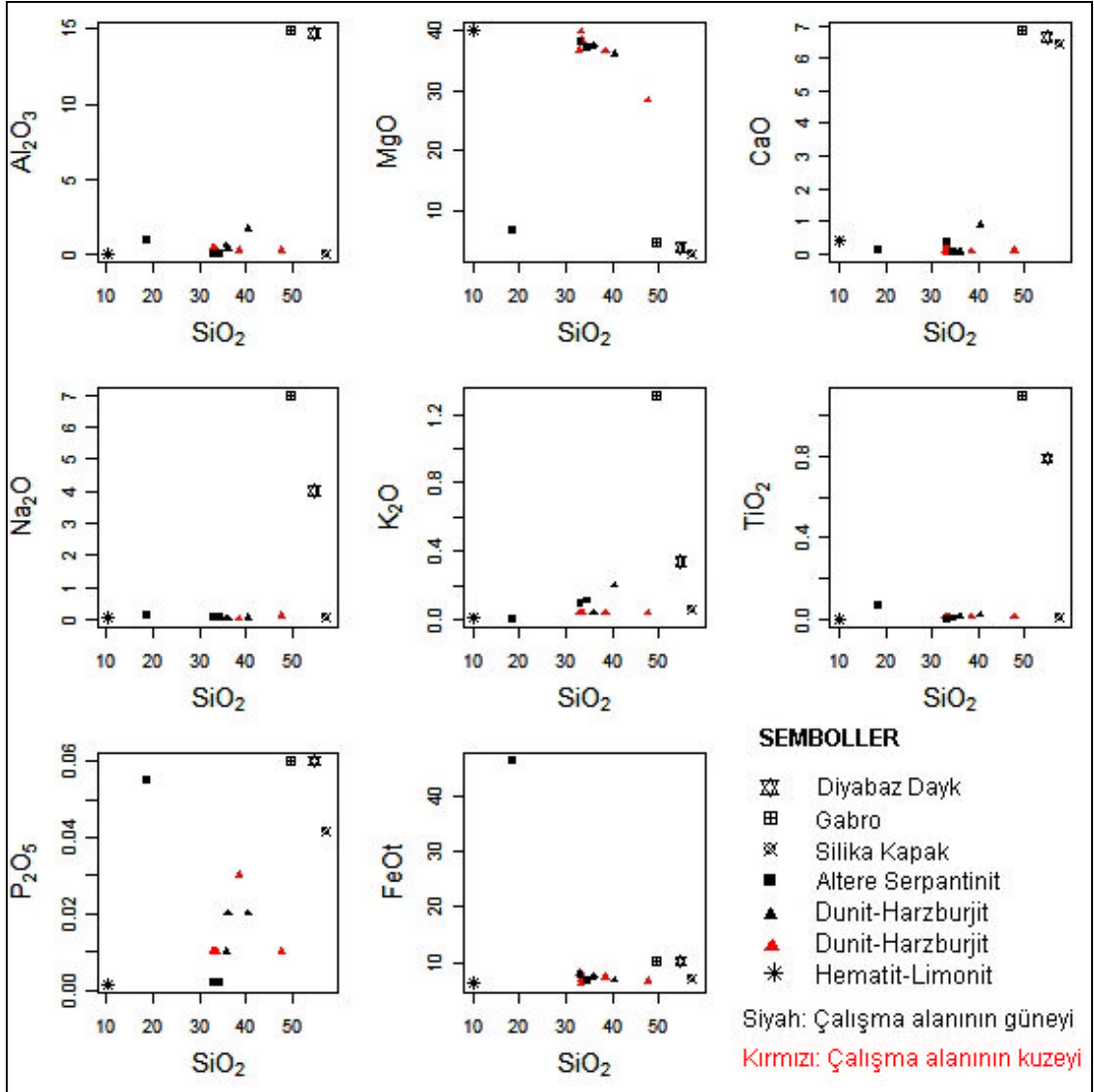


Şekil 4.8 Ultramafik kayalara ait Spider diyagramı

Harker diyagramlarındaki TiO_2-SiO_2 karşılaştırmasında (Şekil 4.9), gabro ve diyabaz daykındaki TiO_2 değerinin de, Gilbert and Park (1986)'ın çalışmasında verilen ideal kayaç analiz tabloları ile karşılaştırıldığında, daha fazla olduğu görülmüştür. En fazla silika oranı silika kapakta gözlenirken, en az silika oranı ise Hematit-Limonit numunesinde gözlenmektedir.

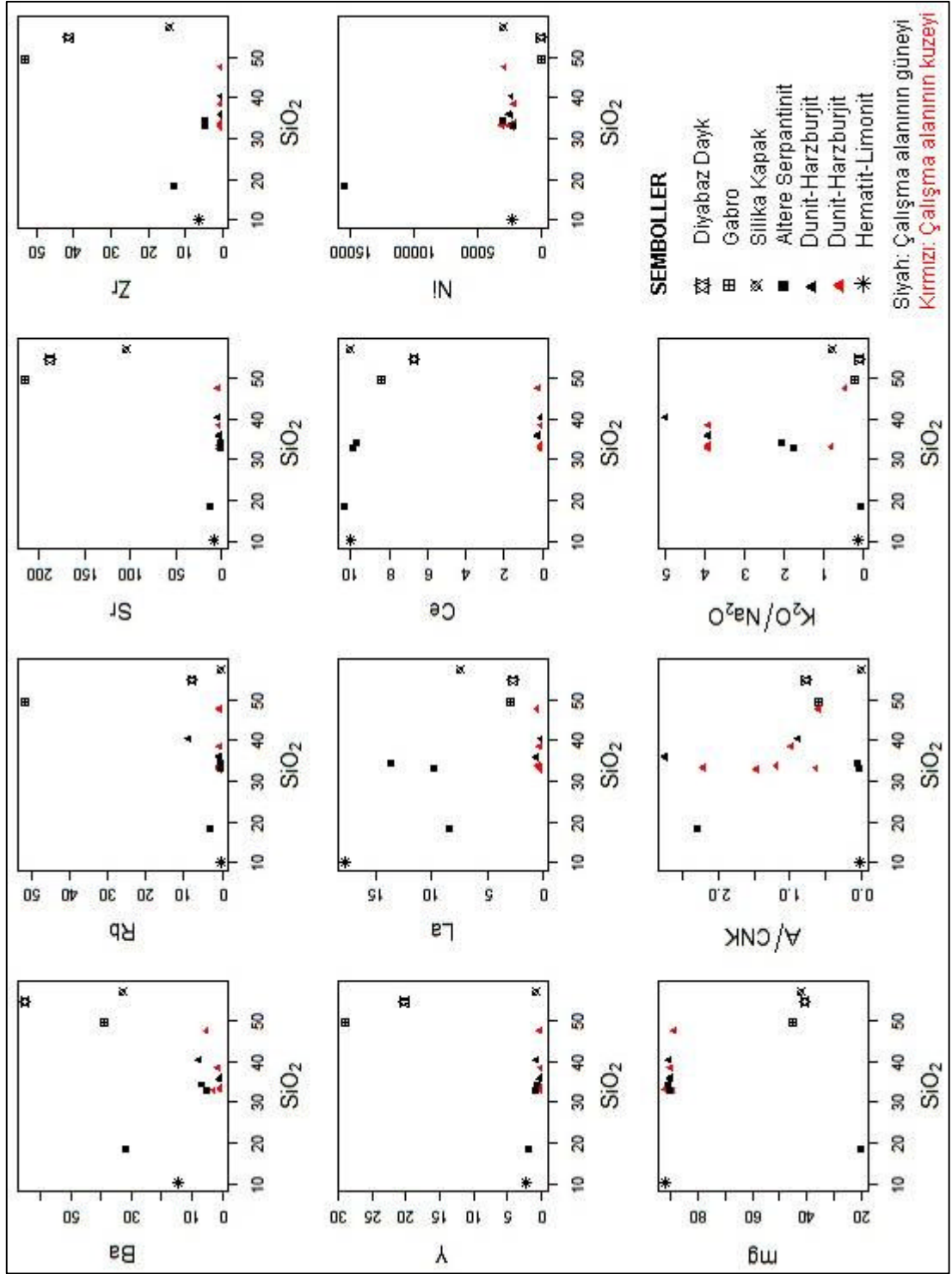
Ultramafiklerdeki SiO_2 oranı %30 ile % 50 arasında değişim göstermektedir. Normal şartlarda %45'den fazla SiO_2 bulunmaması gerekirken, % 50'lere varan SiO_2 değerlerinin belirlenmiş olması, bölgede çeşitli verilerle tanımlanan hidrotermal zenginleşmenin bir başka delilidir.

SiO_2 ile karşılaştırmalı olarak yapılan Harker diyagramlarındaki (Şekil 4.9) Na_2O ve K_2O değerlerinin gabroda yüksek değerler vermesi, gabronun okyanus ortamından etkilenecek, hem sodyum hem de potasyum metasomatizmasına uğramış olduğunun göstergesidir.



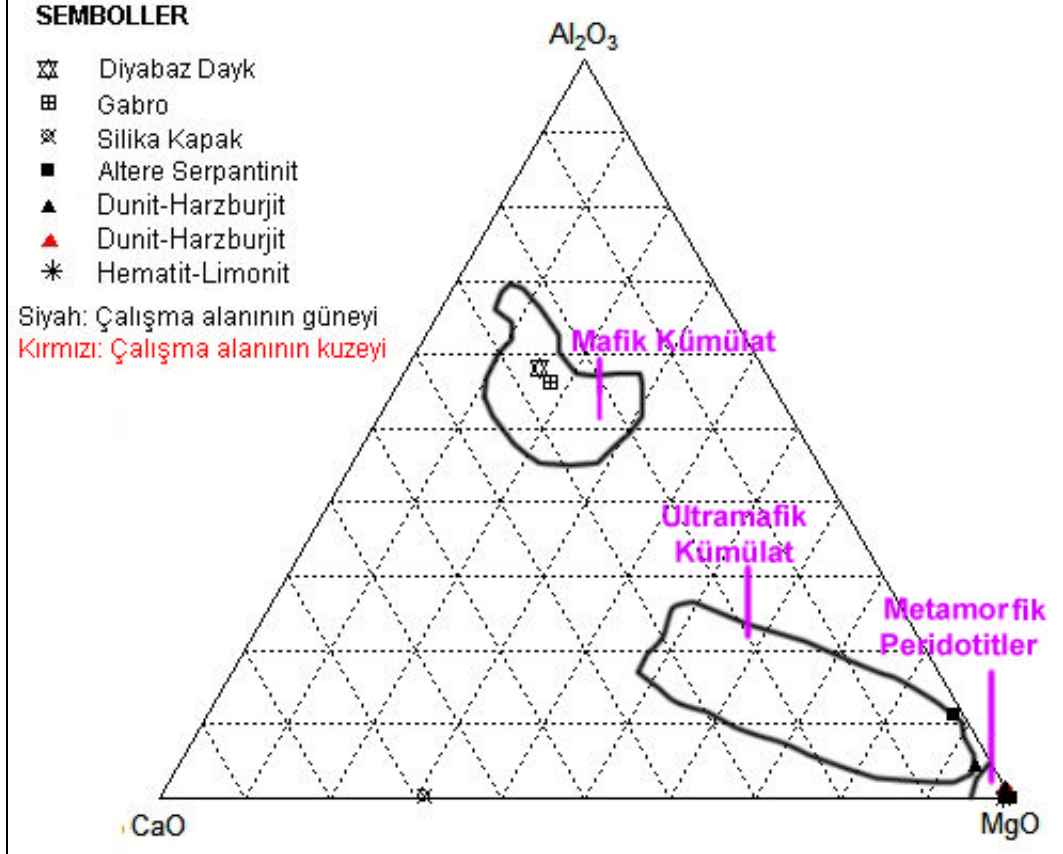
Şekil 4.9 Harker diyagramında ultramafik ve mafik kayaların major elementlerin SiO₂ ile karşılaştırılması

İz elementlerin SiO₂'ye bağlı olarak yapılan Harker diyagramlarında (şekil 4.10), bazik ve ultrabazik kayalarda nikel anomolisi gözlenmiştir. Burçaközü bölgesinden alınan numune Ni değerinin oldukça yüksek çıkması bölgede Ni için araştırma yapılmalıdır düşüncesini oluşturacak düzeydedir.



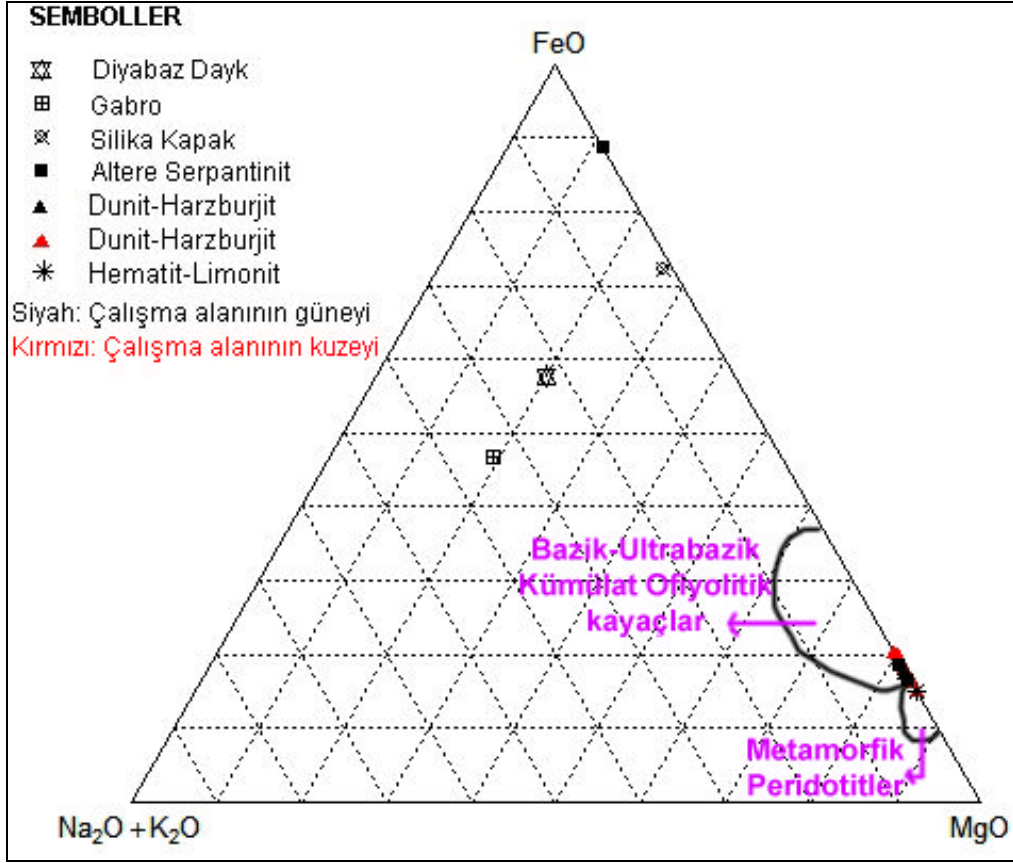
Şekil 4.10 Harker diyagramlarında ultramafik ve mafik kayaların iz elementlerin SiO₂ ile karşılaştırılması

Coleman (1977)'a göre; MgO-CaO-Al₂O₃ diyagramda mafik ve ultramafik kayaların konumuna göre gabro ve diyabaz dayk mafik kümülat alanına düşerken, ultramafik kayaların (dunit, harzburjit, altere serpantinitler) metamorfik peridotitler ile ultramafik kümülat alanına yerleşmiştir (Şekil 4.11).



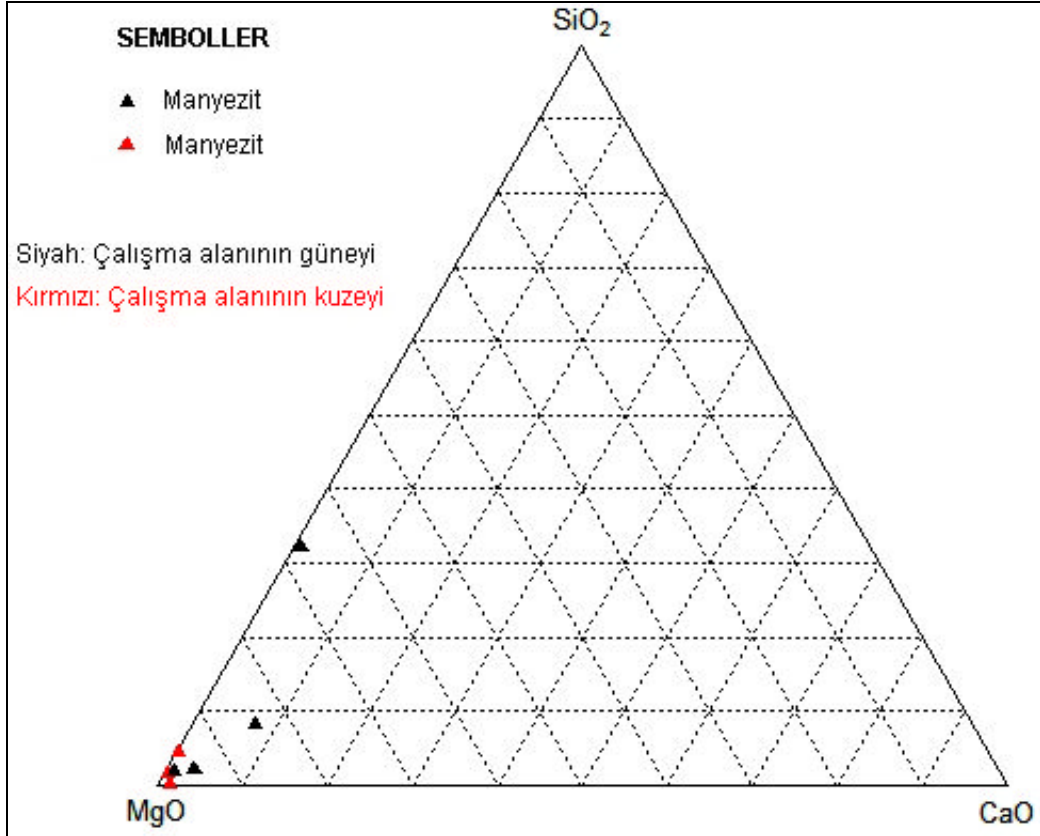
Şekil 4.11 MgO-CaO-Al₂O₃ diyagramda mafik ve ultramafik kayaların konumu

Coleman (1977)'in yaptığı AFM diyagramına göre; bölgeden alınan ultrabazik kayaların kimyasal değerleri, metamorfik peridotit ile bazik-ultrabazik kümülat ofiyolitik kayaların yerleştiği alana oturmaktadır (Şekil 4.12).



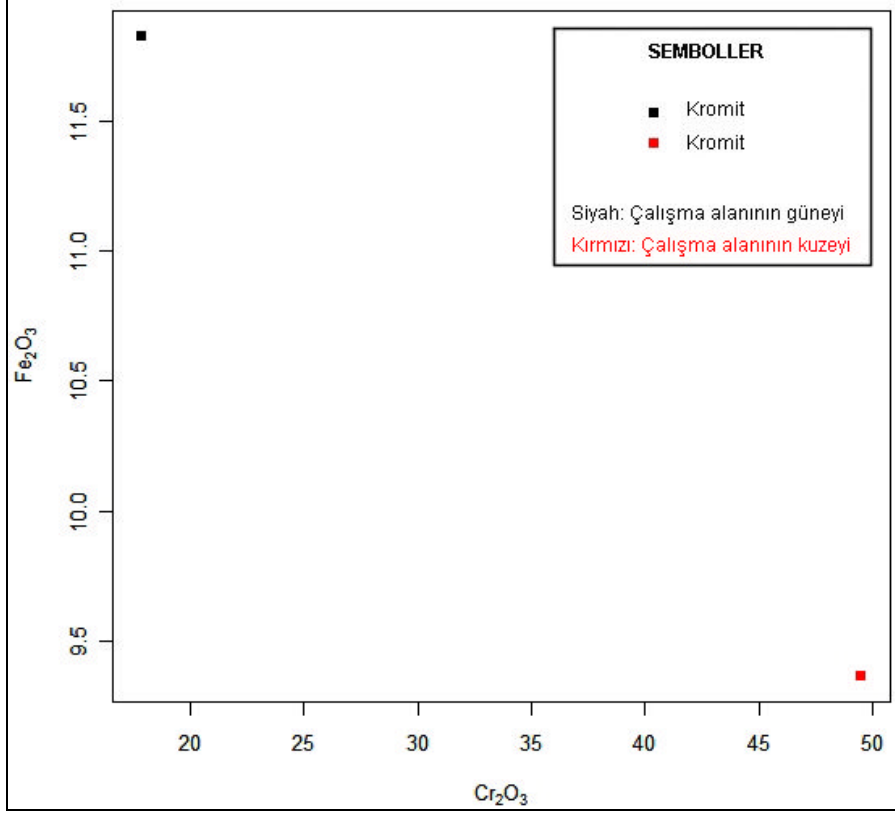
Şekil 4.12 Çalışma alanından alınan kayaların AFM diyagramındaki konumları

Bölgeden alınan manyezitlerin konumlarının CaO-MgO-SiO₂ (Hegelson *et al.* 1969) diyagramında (Şekil 4.13) incelenmesi sonucu manyezitlerin genellikle MgO'ca zengin oldukları zaman zaman SiO₂ bakımından zenginleştikleri görülmüştür. SiO₂'ce zenginleşen bölgelerdeki numuneler incelendiğinde, manyezitlerin içinde kalsedonların varlığı görülmüştür.



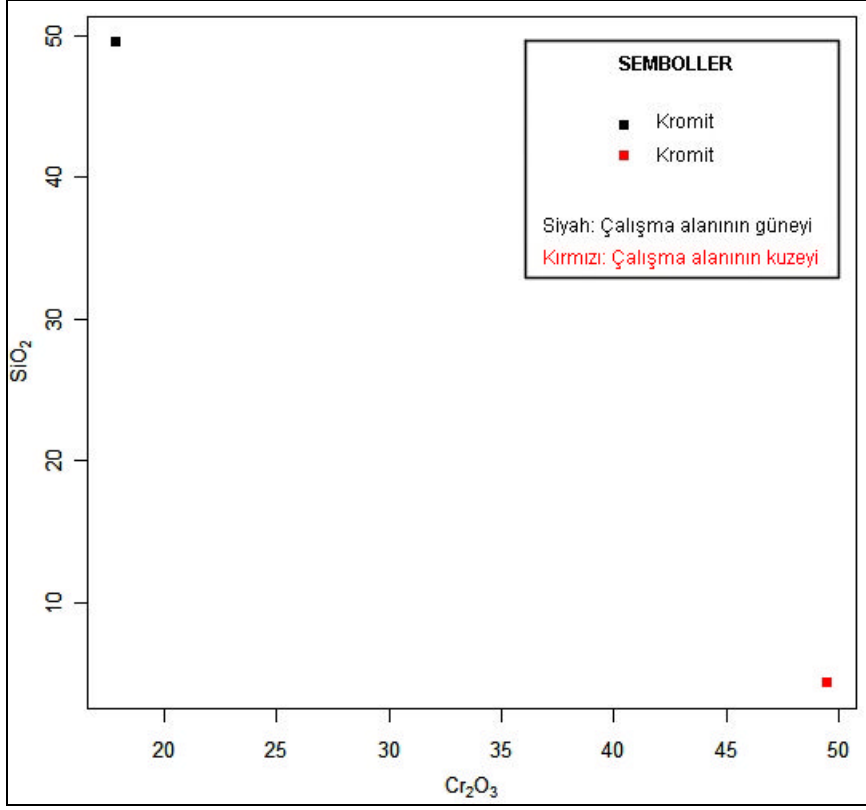
Şekil 4.13 CaO-MgO-SiO₂ diyagramı (Hegelson *et al.* 1969)'nda manyezitin konumu

Cr₂O₃ oranı % 45-56 arasında olması, krom cevherinin, metalurjik krom olabileceğine işaret etsede, buradaki Fe₂O₃ oranının ortalama bir değer olan % 8'den fazla çıkması, incelenmeye değer bir konu olarak düşünülmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Fe₂O₃ ve Cr₂O₃ diyagramında kromitin konumu

SiO₂ ve Cr₂O₃ diyagramında (Şekil 4.15), çalışma alanının güneyinden alınan ikincil kromit numunesinin bölgeye taşınarak gelmesi, fazla miktarda SiO₂ içermesine sebep olmuştur.



Şekil 4.15 SiO₂ ve Cr₂O₃ diyagramında kromitin konumu

5. MADEN JEOLJİSİ

Bölgede birçok yerde belirlenen kromit-manyezit cevherleşmeleri, ultramafik kayalarda hidrotermal alterasyon sonucu oluşan nikel zenginleşmeleri bölgede belirlenmiş maden yatak ve zenginleşmeleridir.

5.1 Kromit Cevherlerinin Yayılımı ve İncelenmesi

Çalışma alanındaki genel yapı incelendiğinde serpantinitle (harzburjit-dunit-verlit), manyezitler ve silika kapaklar görülmektedir. Bunun yanında diyabaz dayk ve gabroya da rastlanmıştır. Çalışma alanındaki kromit yatakları genellikle Kavak köyü ve çevresinde yaygın olarak gözlenmektedir. Mihalıçcık'tan 40 km uzaklıkta ve kuzey-doğusunda bulunan Kavak Köyü Yazlık deresi mevkiindeki krom madeni 1930 yılında Atatürk'ün kararnamesi ile faaliyete başlamıştır. Türkiye'nin en eski işletmelerinden birisidir. Kromit, Ankara – Eskişehir arasındadır ve ultramafik kayaların içinde kromit mercekleri olarak yer almaktadır. Ayrıca Bahtiyar ve civarında da kromit mostralara rastlanmaktadır. Kavak'ta bulunan manyezit damarları, kromit ve duniti keser durumda görülmektedir (Şekil 5.1). Bu veri de, manyezit oluşumunun kromitin bölgeye yerleşip, tektonizma ve alterasyona uğramasından sonra gerçekleştiğinin bir başka delilidir.



Şekil 5.1 Çalışma alanına ait (Orta Ocak) manyezit damarlarının duniti keser görünümü

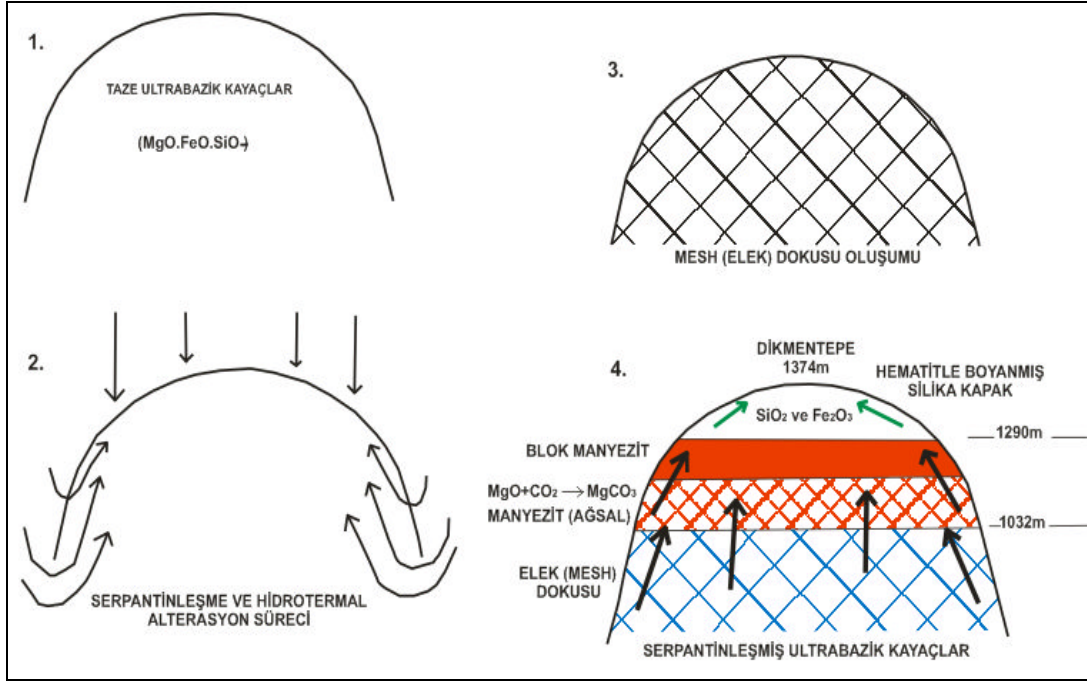
Mihalıçcık'ın güneydoğusu'nda bulunan, Yarıkcı krom madeninde, kromitler, ezilmiş-serpantinleşmiş peridotitler içinde bulunmaktadır. Yarıkcı krom madeni; Kocadere, Yayladere ve Hamamderesi olmak üzere 3 bölüme ayrılır. Bölgede yer yer manyezit oluşumlarına da rastlanmaktadır. Ultramafik kayaçların cinsi ve bulunan kromit yataklarının boyutlarına bakıldığında bölgedeki ultramafik birimlerin kümülat grubunu temsil ettiği düşünülmektedir.

Alterasyon sonucunda, ultramafik kayaçları oluşturan ve magnezyumca zengin olan minerallerin (Olivin ve piroksen) kimyasal parçalanması sonucu, kayaç esas olarak MgO, SiO₂, Fe₂O₃ ve ultramafik kayaç içinde bulunan kromit mineralleri de MgO, FeO ve Cr₂O₃ ana oksit köklerine ayrılmış olabilirler. Bu esnada, bir kısım piroksen mineralinden CaO kökünün ayrılması da mümkün olmuş olabilir. Kromit mineralleri, ana oksit köklerine ayrılmamış, ancak küçük kromit taneciklerine parçalanmış da olabilirler. Bunlar da arazide özellikle Burçaközü, Eski Ocak altı bölgesinde ikincil kromitler olarak gözlenmektedir.

5.2 Manyezitlerin Muhtemel Oluşumu

Alterasyon sonucu oluşan elek dokusu, ve bölgede çok belirgin olan faylanmalar, kimyasal parçalanma ile açığa çıkan MgO ana oksit köklerinin serbest hareket etmesini imkan sağlamıştır. Bu arada, yüzey kaynaklı olan CO₂'ce zengin hidrotermal akışkanların, aynı elek dokusunu ve fay çatlaklarını kullanarak, yüzeyden aşağıya doğru inmiş ve ısınarak tekrar yukarı doğru çıkmıştır. Bu CO₂'ce zengin akışkanların serbest kalan ana oksitler ile ve özellikle MgO ile karşılaşması sonucu manyezitler oluşmuşlardır.

Özellikle MgO anaoksit kökü, CO₂ ile yüksek pH şartlarında birleşerek (muhtemelen pH 7-8 ve üzeri) manyeziti (MgCO₃) oluşturmuştur. Manyezit önce altere olmuş ve ağ dokusu oluşmuş ultramafik kayaçların üst kesimlerine yerleşerek ağ tipi cevherleşmeleri oluşturmuş, daha sonra, bu seviyeninde üzerine çıkarak, ultramafik kayaçların üzerine yayılmış ve tabakamsı-blok manyezit yataklarını oluşturmuştur. Bölgedeki manyezit yataklarının oluşum mekanizması şekil 5.2'de temsili olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Manyezit yatakları ve ikincil kromit yataklarının oluşum mekanizması

- ✓ Damar tipindeki manyezitler, ultramafik kayaçlar (serpantinitler) içinde tektonik hareketler sebebiyle meydana gelmiş çatlak ve yarıkları doldurmuş olarak bulunur. Manyezit damarları ile serpantinit kontaktında serpantinitlerin bozulduğu, kahverengi-kırmızımsı bir renk aldığı görülmektedir.
- ✓ Ağ tipindeki manyezitler, serpantinitler içindeki çok çatlaklı kısımlarda, çatlakları doldurmuş ağ şeklinde (stockwork) bulunmaktadır.
- ✓ Yine çok altere olmuş serpantinitlerin içinde, karnıbahar halinde de manyezitler gözlenmektedir.
- ✓ Filon tipindeki manyezitler, serpantinleşmiş peridotitlerin çatlak ve yarıklarını doldurmuş olarak görülmektedir.
- ✓ Manyezit filonları serpantinit kontaktlarında, koloidal (jelimsi) bir eriyikten yavaş katılaşma sonucunda meydana geldiği düşüncesiyle, yumrulaşma yapısı göstermektedir. Yani kırıldığında midye kabuğu şeklinde izler gösterir. Bunu sebebi, çatlak sistemlerinin ve alterasyonun derinden yüzeye doğru değişmesi (artması) şeklinde açıklanabilir.
- ✓ Blok tipindeki manyezitler, çatlakları dolduran manyezitin daha üst seviyeye çıkarak, ultramafik kayaçların üzerine yayılmasıyla oluştuğu düşünülmektedir.

5.3 Listvenit

Listvenitler, petrografi bölümünde de ifade edildiği gibi, ofiyolitik komplekslerdeki serpantinleşmiş ultramafik kayaların hidrotermal alterasyonlar etkisi ile karbonatlaşmış, silisleşmiş ve çeşitli metalik elementlerce zenginleşmiş oluşumlar olarak tanımlanmaktadır. (Buisson and Leblanc 1985, Aydal 1990). Bu alterasyon ürünü oluşumlar altın prospeksiyonu için hedef kayaç niteliği taşımaktadır.

Türkiye'deki listvenitik oluşumlara birçok örnek bölge bulunmaktadır. Eskişehir – Kaymaz, Kastamonu-Araç, Bursa-Orhaneli, Eskişehir-Mihalıççık; Uşak- Muratdağ, Kars-Kağızman, Sivas-Divriği, Erzincan-Kızıldağ, Erzurum-Narman, Isparta-Şarkikaraağaç, Malatya-Hekimhan, Bitlis-Mutki bölgeleri ilk akla gelen yerlerdir. Nitekim, çalışılan alanda da altın anomali değerleri elde edilmiştir.

Altın anomalisinin, Ni, Cu, Zn ve Co zenginleşmesi ile bir arada bulunduğu belirlendiğinden, bu zenginleşmenin çalışma alanının doğusunda mostra veren granitik plütonlardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

6. UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI

Uydu verileri kullanılarak maden veya endüstri hammaddesi aramaya yönelik birçok çalışma mevcuttur. Özellikle alterasyon alanlarını araştırmaya yönelik en önemli çalışmalar, Singh and Harrison (1985), Crosta and Moore (1989), Loughlin (1991) çalışmalarıdır. Maden araştırmalarına yönelik çeşitli çalışmalar da vardır (Kaufman 1988, Abrams *et al.* 1983). Uydu verilerindeki sınıflandırma işlemleri ile ilgili olarak da birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan önemlileri, Campbell (1980), Congalton *et al.* (1983), Vaidyanathan and Nguyen (1987), Gong and Howarth (1990) (a), Gong and Howarth (1990) (b), Howarth *et al.* (1995), Friedl and Brodley (1997), Sarkar *et al.* (2002), Walter (2004) ve Wilkinson (2005) çalışmalarıdır. Uydu verilerinde filtre tekniklerinin uygulanması ile ilgili olarak da, Daugman (1985), Bovik *et al.* (1990) ve Ramoser *et al.* (2000) çalışmaları bilinen örneklerdir. Lillesand and Kiefer (2000)'e ait bant oranlama çalışmaları mevcuttur. Çalışmamızda da yukarıda çalışması yapılan konuların ışığı altında çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Lillesand and Kiefer (1994) Uzaktan Algılama (UA)'yı, "cisimlere fiziksel olarak dokunmaksızın onların fiziksel ve konumsal özellikleri hakkında genellikle uydu görüntüleri kullanılarak bilgi edinmek; ve cisimleri mekansal ve niteliksel algılamak" olarak tanımlanmışlardır. UA, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) için veri sağlamaktadır.

Tomlin (1990), Burrough and McDonnell (1998) ve Eastman (2003) CBS'yi "arazi örtüsü ve arazi kullanımı, doğal kaynaklar, çevre, ulaşım, kentsel ve kırsal planlama ile ilgili bir çok uygulama alanında yöneticilere ve karar-vericilere teknik destek vermek amacıyla hazırlanmış, yeryüzü ile ilgili koordinatlı mekansal verileri; bir başka deyişle, jeo-mekansal verileri, örneğin dijitalleştirilmiş harita ve belgeleri, hava fotoğraflarını, uydu görüntülerini ve istatistiksel verileri toplayan, bunları bilgisayar destekli veri tabanına depolayan, kontrol eden, diğer verilerle bütünleştiren, analiz eden, sorgulayan ve görselleştiren; kullanıcılar tarafından istenildiğinde bu verilere tekrar ulaşılabilmeyi sağlayan bilgisayar yazılımları (sistemleri)" şeklinde tanımlamışlardır.

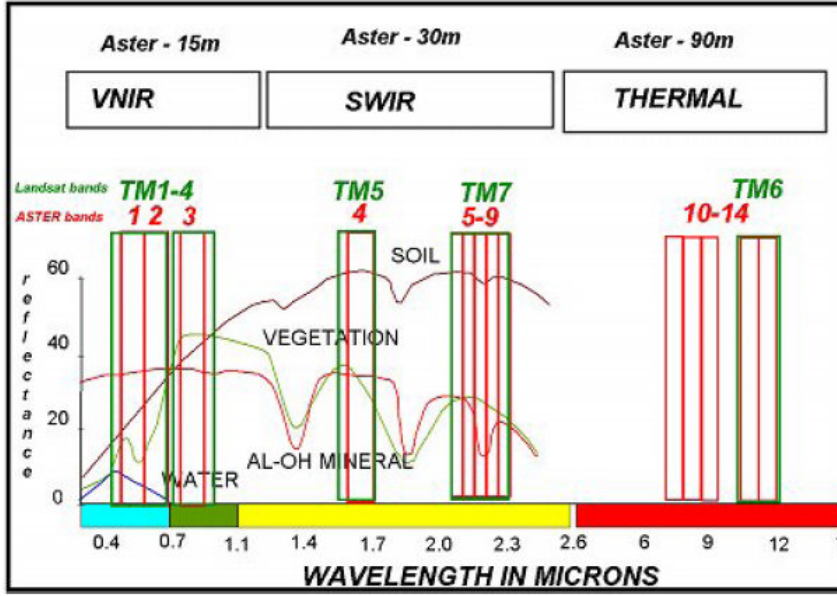
6.1 Uydu Çalışmalarında Materyal ve Yöntemler

Bu çalışmada Landsat (178/32 path/row), Aster (PRDAT051-052), Ikonos RGB kompozit görüntüleri ile SRTM (178-32 path/row) uydu verileri kullanılmıştır. Çalışma esnasında ErMapper 6.4, TNT Mips 6.9, Arc GIS 9.0, Netcad ve benzeri programlardan çeşitli uygulamalarda yararlanılmıştır. İlk olarak, çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar (i26 b2 ve b3 ile i27 a1-a2-a3-a4) tiff formatında taratıldıktan sonra TNT ortamına import edilmiş ve rektifikasyonu yapılmıştır.

Çalışma alanına ait uydu görüntüleri üzerinde, görüntüyü daha net görebilmek için kontrast iyileştirme ile RGB kompozit görüntüleme, çizgisellikleri öne çıkarmak için filtreleme; cevher yönünden elverişli yerleri bulmak için bant oranlama, temel bileşenler analizi, dekorelasyon gemesi çalışmaları, birimleri birbirinden ayırt edebilmek için yönlendirilmiş ve yönlendirilmemiş sınıflandırma çalışmaları yapılmış ve bu çalışmalar sonucunda, görüntülerin yorumlanması ve anlaşılmasının kolaylaşması sağlanmıştır.

Çalışma esnasında, yukarıda da ifade edildiği gibi dört farklı uydu verisi kullanılmıştır. Her uydu verisi ile çalışılan alanlar farklı büyüklükteki alanlar olarak gerçekleşmiştir. Genel çalışmalar da, birimlerin daha ayrıntılı görülebilmesi için uydu verileri daha küçük boyutlarda kesilerek işlemler yapılmıştır. Landsat 7 ETM (Enhanced Thematic Mapper) uydu verisinin görüntü büyüklüğü yaklaşık 185*185 km²'dir. Bu çalışmada, Landsat verileri bölgesel, çizgisel ve dairesel yapıların, hidrotermal alterasyona uğramış alanların ve farklı litolojik birimlerin belirlenmesinde kullanılmıştır.

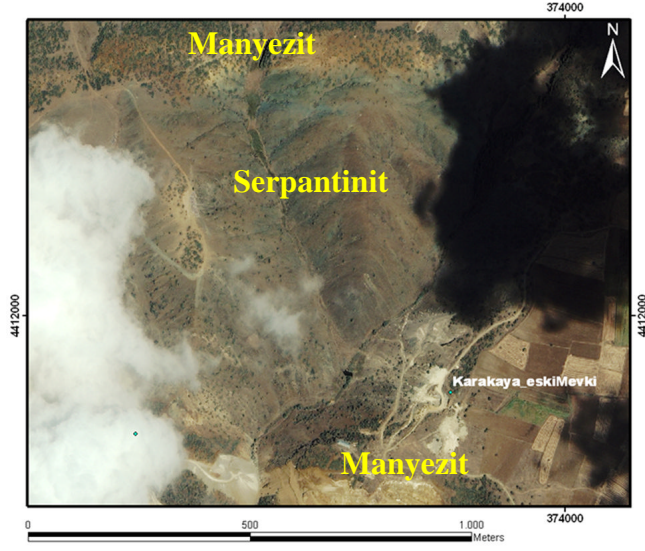
Asterin görüntü büyüklüğü ise 60 x 60 km²'dir ve bir Landsat görüntüsünün yaklaşık dokuzda biri büyüklüğüne sahiptir. Landsat uydu verileri ile yapılan bütün görüntü zenginleştirme ve işleme teknikleri daha yüksek çözünürlüklü Aster uydu verilerinde de uygulanmıştır. Aster uydu verilerinde her bantın farklı spektral aralığı ve alansal çözünürlüğü olduğundan bu aralıklara göre farklı özellikleri daha iyi yansıtmışlardır. Ayrıca tek bir bant da bulunan özellikleri birkaç bant arasına yaydığı için Landsat'a göre daha ayrıntılı bir bilgi elde edilmesini sağlamıştır. Bu işlemler sonucunda, muhtemel maden potansiyeline sahip bölgeler hakkında daha ayrıntılı bilgiye ulaşılması sağlanmıştır. Landsat ve Aster dalga boylarının ve bant değerlerinin dağılımı Şekil 6.1'de verilmiştir.



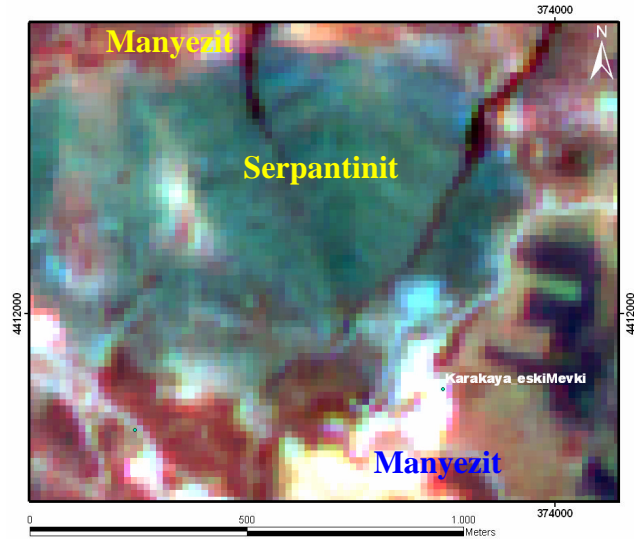
Şekil 6.1 Landsat ve Aster dalga boylarının ve bant değerlerinin dağılımı (Kalinowski and Oliver 2004)

İkonos görüntülerinin 1m konumsal hassasiyet vermeleri sebebiyle önemli olduğu düşünülen ve bulutla örtülü olmayan her alan detaylı olarak incelenmiş ve kayaç tipleri görüntü üzerine yazılmıştır. İkonos uydu görüntüleri diğer uydu görüntülerine oranla çok daha hassas görüntü verebilen bir şekilde tasarlanmışlardır, ancak sadece üç bant ve yakın kızılötesi bantlara sahip olması sebebiyle Landsat ve Aster’de uygulanabilen çeşitli tekniklerin (kil analizi, Crosta vb.) uygulanamaması sıkıntısıyla karşılaşılmıştır.

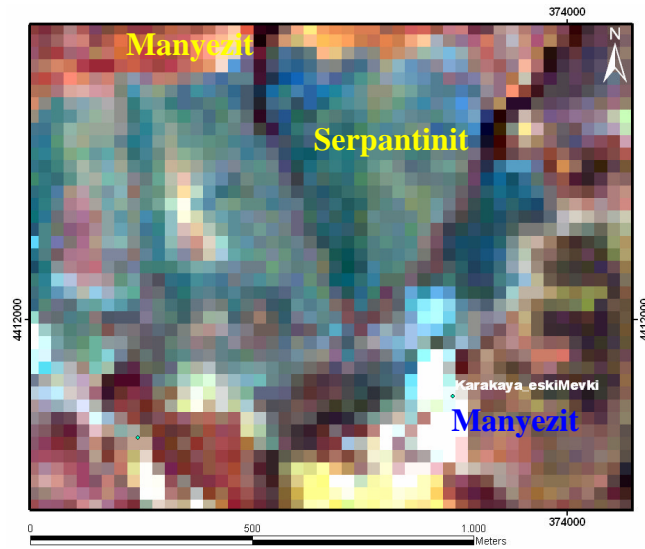
İkonos, Aster ve Landsat uydularının çözünürlük farkını göstermek amacıyla bütün görüntülerden Burçaközü-Karakaya Mevkii’nin görüntüsü kesilerek alınmıştır. Şekil 6.2-6.4’de görüldüğü gibi en net görüntüyü, yüksek çözünürlüğü sebebiyle İkonos’un, sonra Aster’in en son olarak da Landsat’ın verdiği görülmüştür.



Şekil 6.2 Burçaközü-Karakaya Mevkii İkonos RGB 321 görüntüsü



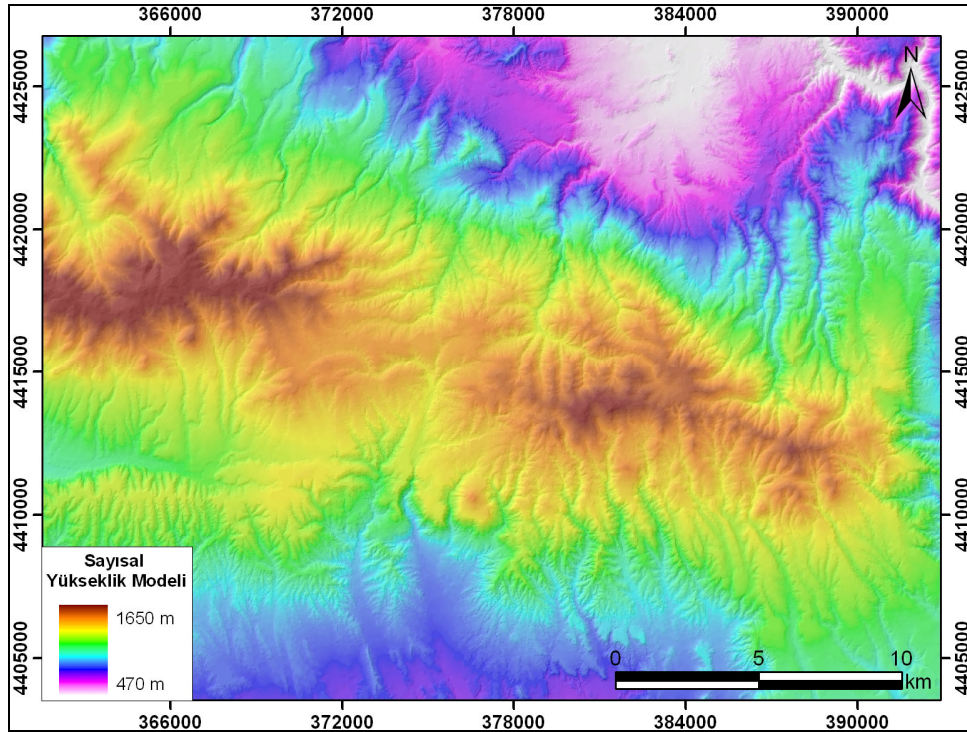
Şekil 6.3 Burçaközü-Karakaya Mevkii Aster RGB 421 görüntüsü



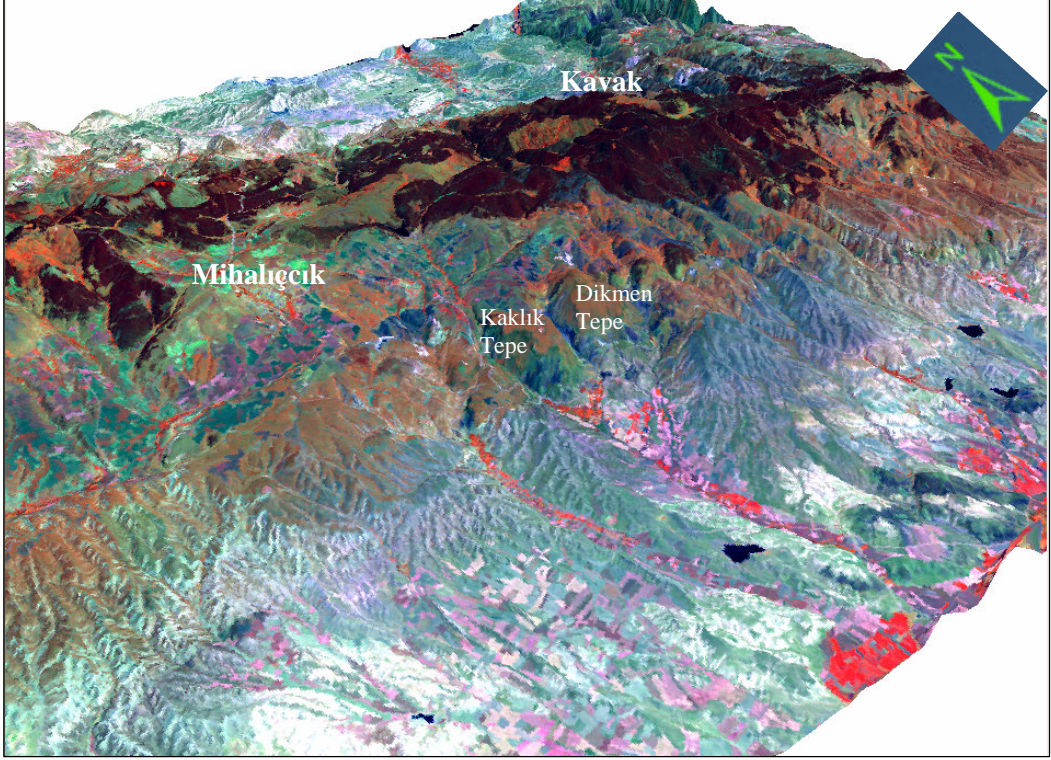
Şekil 6.4 Burçaközü-Karakaya Mevkii Landsat RGB 531 görüntüsü

6.2 Üç Boyutlu Görüntü Oluşturma

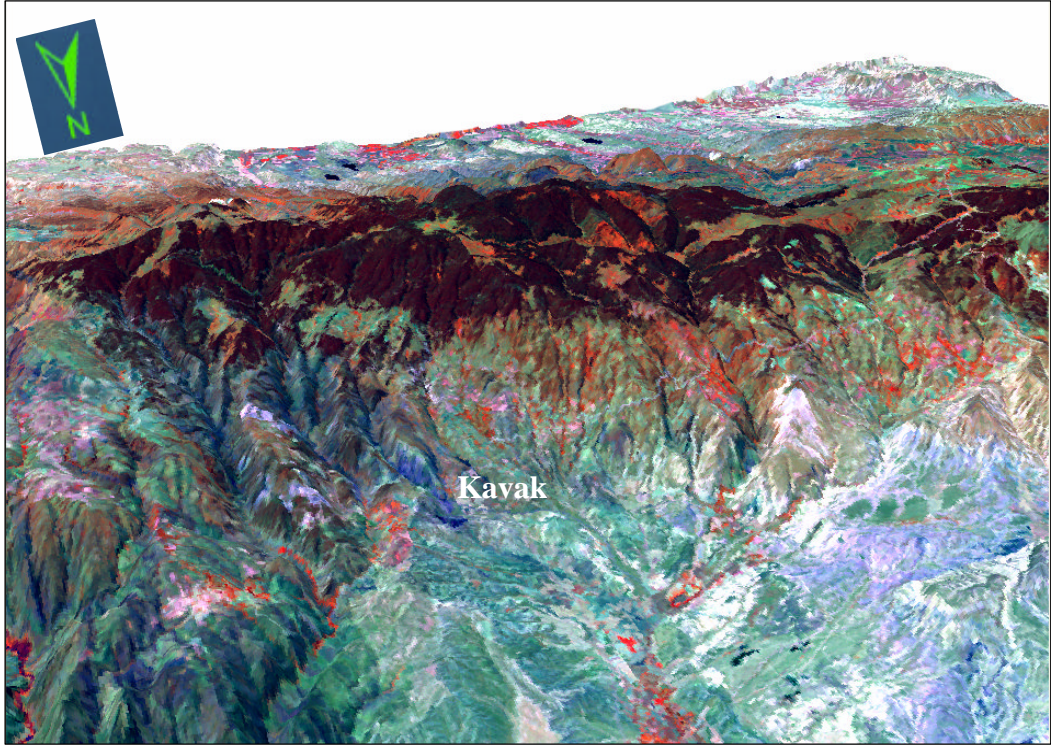
SYM (Sayısal Yükseklik Modeli; Digital Elevation Model: DEM) yükseklik verisinin üzerine uydu görüntüsünün giydirilmesi ile elde edilen, yüzey yüksekliklerinin bilgisayar ortamında modellenmiş üç boyutlu (3D) görüntüleridir. SYM oluşturmak için çalışma alanının topoğrafik haritalarının sayısallaştırması yapılmış, veri tabanları oluşturulmuş ve tüm paftaların vektörleri birleştirilmiştir. Sayısal yükseklik modelleri, raster verilerdir ve bu rasterların her hücre değeri modellenmiş yükseklik değerlerini gösterir (Şekil 6.5). Sayısal yükseklik modeli sürekliliği olmayan verileri (yükseklik noktaları, konturlar, vb.) aralardaki boşlukları modelleme (matematiksel enterpolasyon) yoluyla doldurarak sürekli ve yumuşak geçişler gösteren raster bir veri halinde sunar. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak arazinin elde edilen üç boyutlu görüntüsü, araziye gitmeden o arazinin nasıl bir yapıya sahip olduğu konusunda fikir verebildiği gibi araziden alınan numunelerin yerlerinin belirlenmesi ve özellikle galeri girişleri, sondaj yerleri gibi önemli noktaların yerlerinin daha sağlıklı olarak görülmesinde yardımcı olmaktadır. Bölgeye ait üç boyutlu görüntüler şekil 6.6-6.15'te verilmiştir.



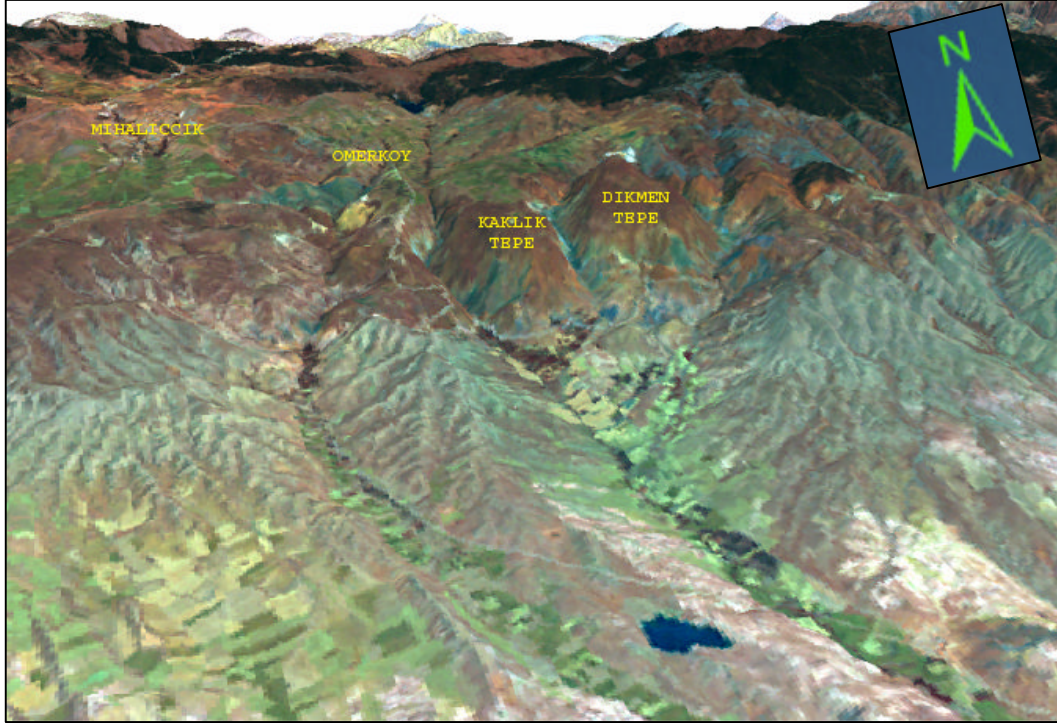
Şekil 6.5 Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli görüntüsü



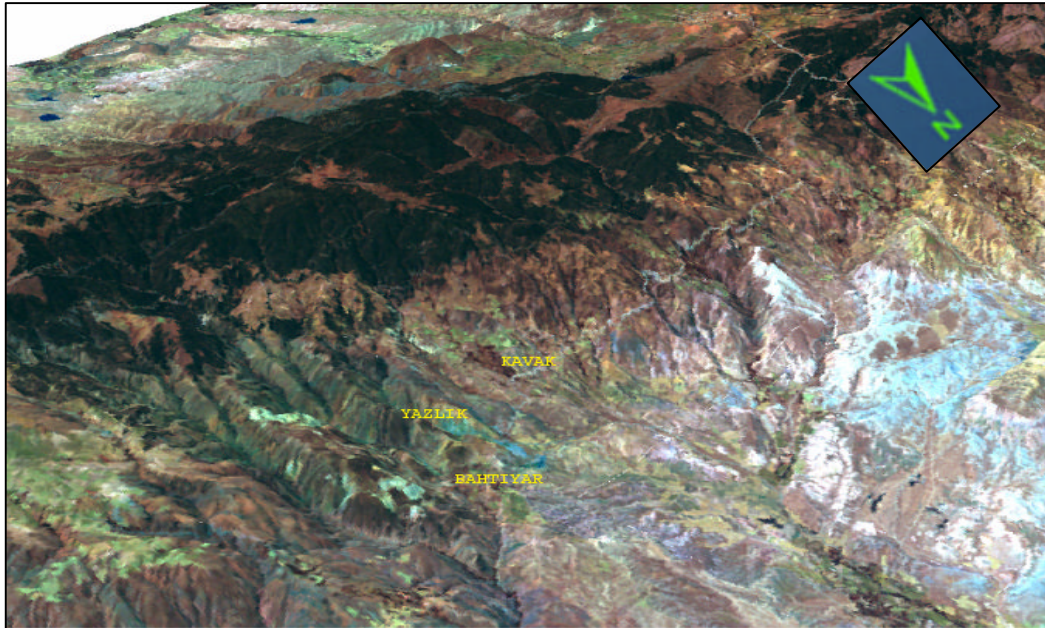
Şekil 6.6 Çalışma alanının (güneybatı-kuzeydoğu yönlü) Landsat **RGB 453** 3D görüntüsü



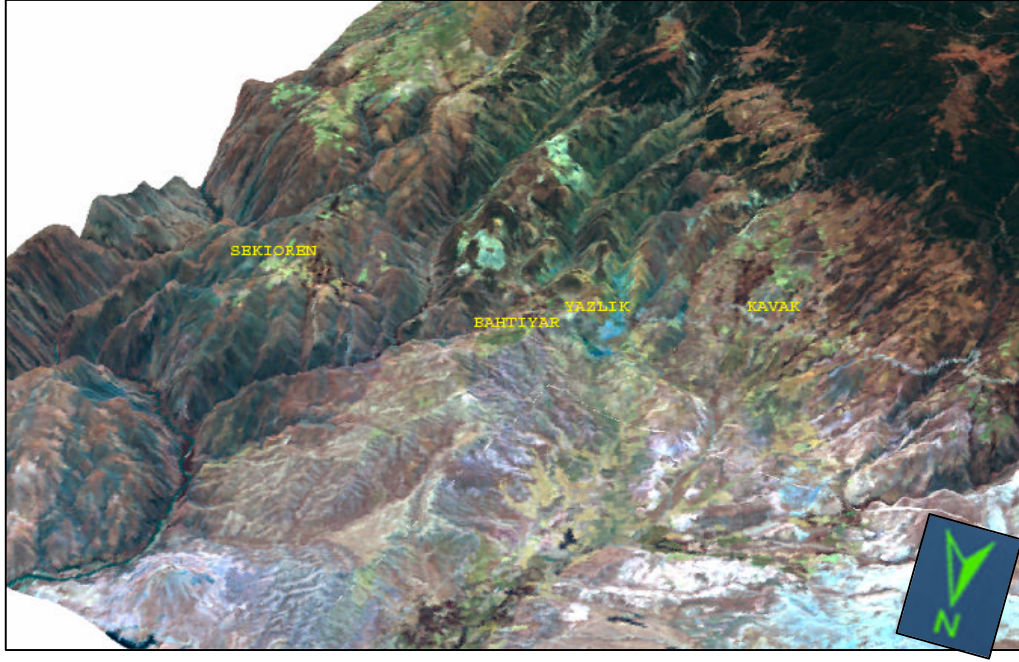
Şekil 6.7 Çalışma alanının (kuzeydoğu-güneybatı yönlü) Landsat **RGB 453** 3D görüntüsü



Şekil 6.8 Çalışma alanının Landsat RGB 531 3D görüntüsü

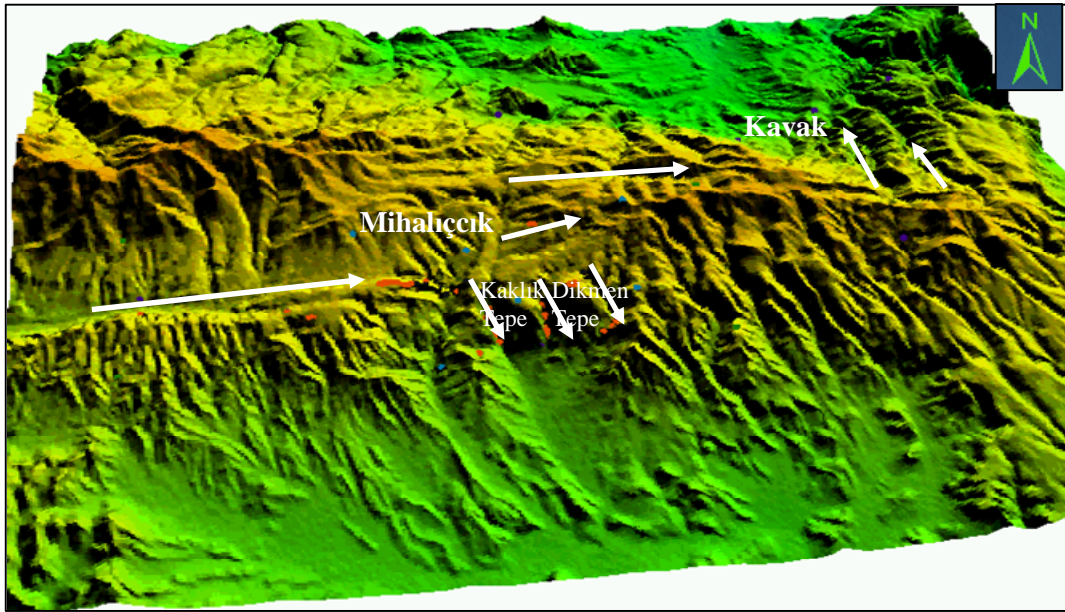


Şekil 6.9 Çalışma alanının Landsat RGB 531 3D görüntüsü

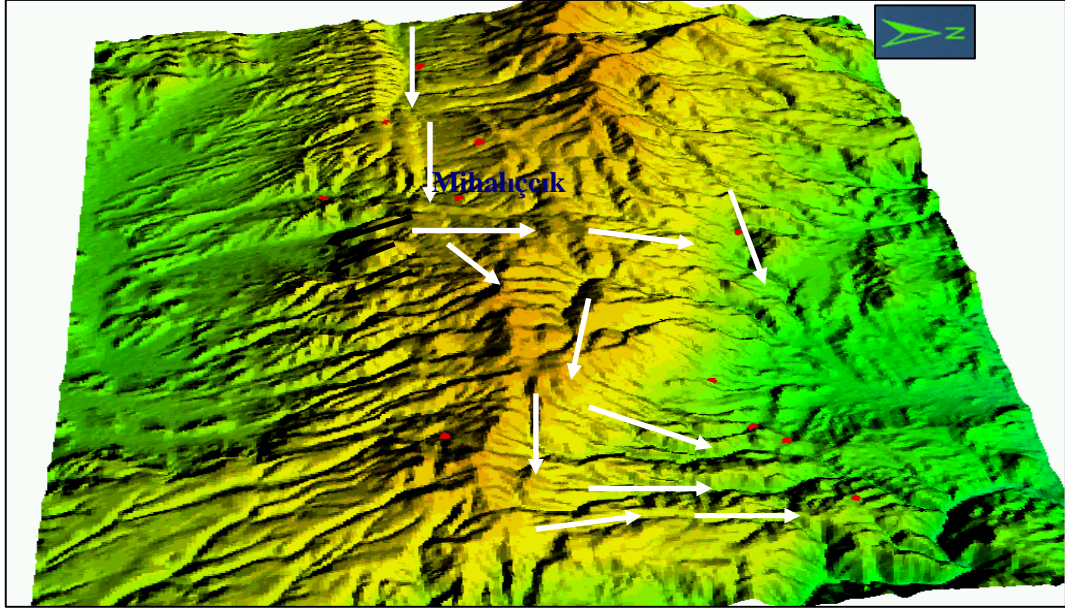


Şekil 6.10 Çalışma alanının Landsat RGB 531 3D görüntüsü

Bölgeye ait SRTM verisi, 90 m piksel çözünürlüğüne sahip olan, radar ölçme tekniği kullanılarak elde edilen sayısal yükseklik modelidir. SRTM verisi, çalışma alanındaki fay hatlarını ve direnaj sistemini temel hatlarıyla ayrıntılı olarak göstermiş, bölgeye yerleşen manyezitlerin muhtemel yerlerini belirlemede çok faydalı olmuştur (Şekil 6.11-6.12).

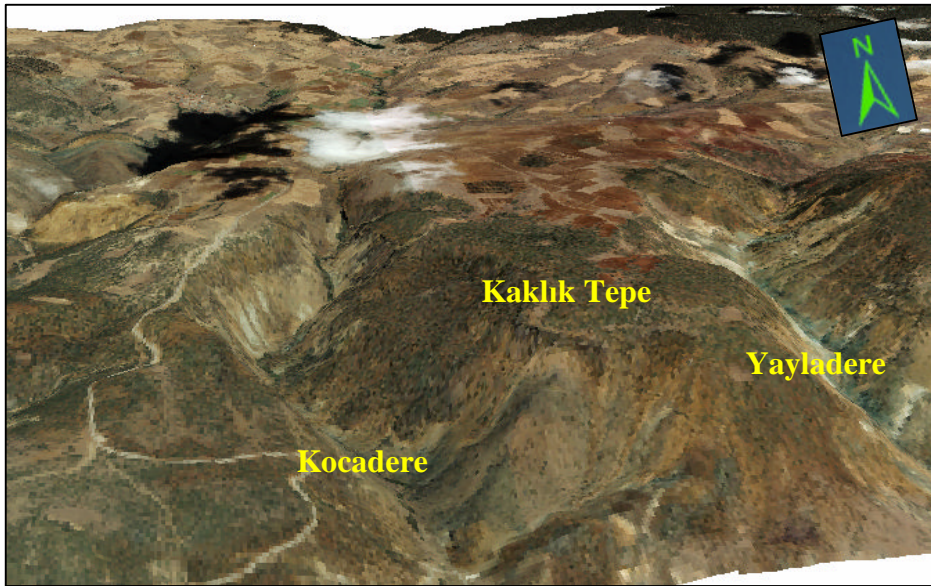


Şekil 6.11 Bölgede manyezit yerleşiminin çatlak sistemleri ile olan bağlantısını gösteren SRTM 3D görüntüsü

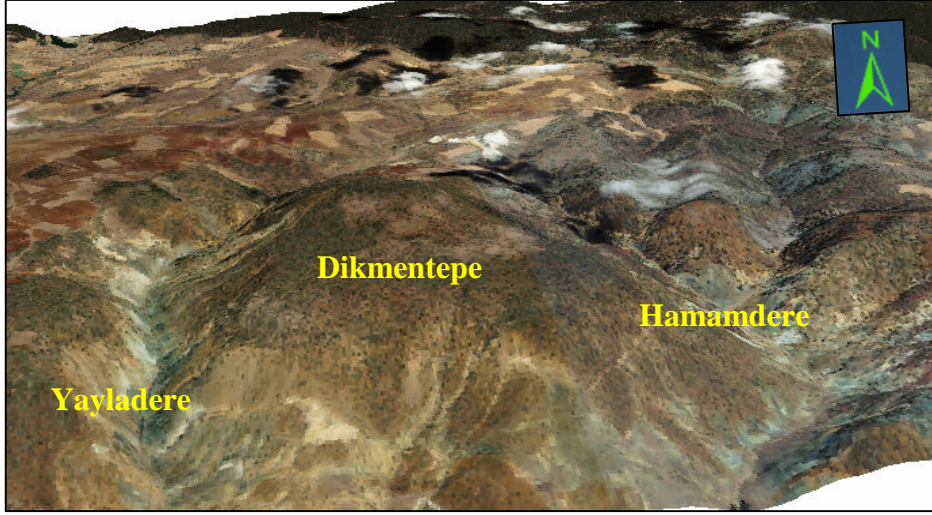


Şekil 6.12 Bölgede manyezit yerleşiminin çatlak sistemleri ile olan bağlantısını gösteren SRTM 3D görüntüsü

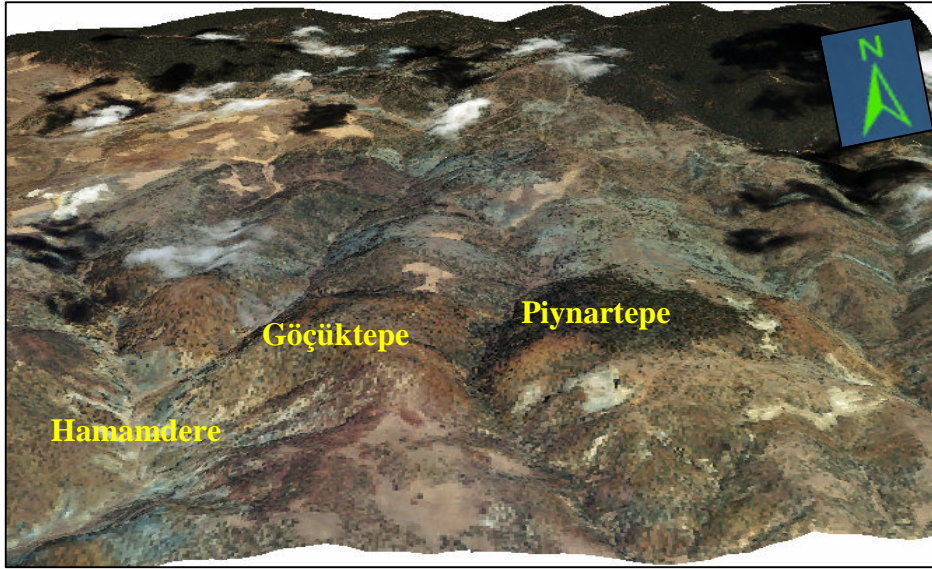
İkonos uydu verilerinin, sayısal yüksek modelinin üzerine oturtularak üç boyutlu görüntülerinde, çalışma alanındaki birimler net olarak gözlenmiştir (Şekil 6.13 - 6.15).



Şekil 6.13 Kocadere, Kaklık tepe, Yayladere İkonos RGB 321 3D görüntüsü



Şekil 6.14 Yayladere, Dikmen tepe, Hamamdere İkonos RGB 321 3D görüntüsü



Şekil 6.15 Hamamdere, Göçüktepe, Pınartepe İkonos RGB 321 3D görüntüsü

6.3 RGB Kompozit Görüntüleme

RGB kompozit görüntüleme, çok bantlı verinin insan gözüyle algılanmasını sağlamak için görünür dalga boyu bölgeleri ile birleştirmeye dayanır. Landsat, Aster ve Ikonos uydu verilerindeki her bantın spektral karakteri farklı olduğu için ve her bant farklı özellikleri içerir. Dolayısıyla bantlar sahip olduğu karakteristik özelliğe göre içerdiği bilgiyi yansıtırken, bazı bantlar da bu bilgileri soğururlar yani yansıtmazlar. Her obje doğada farklı dalga boylarına sahip olup, kendine özgü yansıma değerleri içerir.

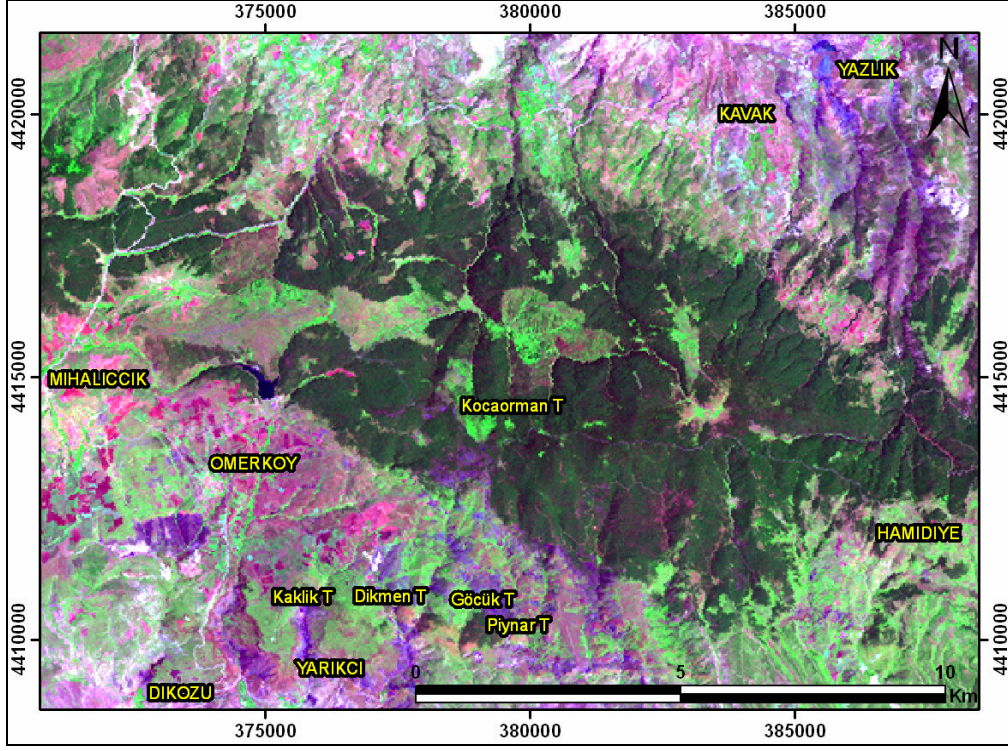
Çalışılan arazideki birimlere uygun (orman, su, kayalık, altere birimler vb.) bantların seçimi ile oluşturulan RGB kompozitleri ile çalışılan alandaki litolojik birimlerin sınırlarının, bitki örtüsünün, alterasyona uğramış alanların, su-kayalık sınırlarının daha net olarak belirlenmesi sağlanmıştır.

Landsat, Aster ve Ikonos uydu verileri kullanılarak elde edilen çeşitli RGB kompozitleri incelenmiş, her üç uydu verisinde de bölgedeki kayalıkların, bitkilerin ve altere alanların sınırlarını daha net gösteren seçilmiş kompozitler aşağıda sunulmuştur.

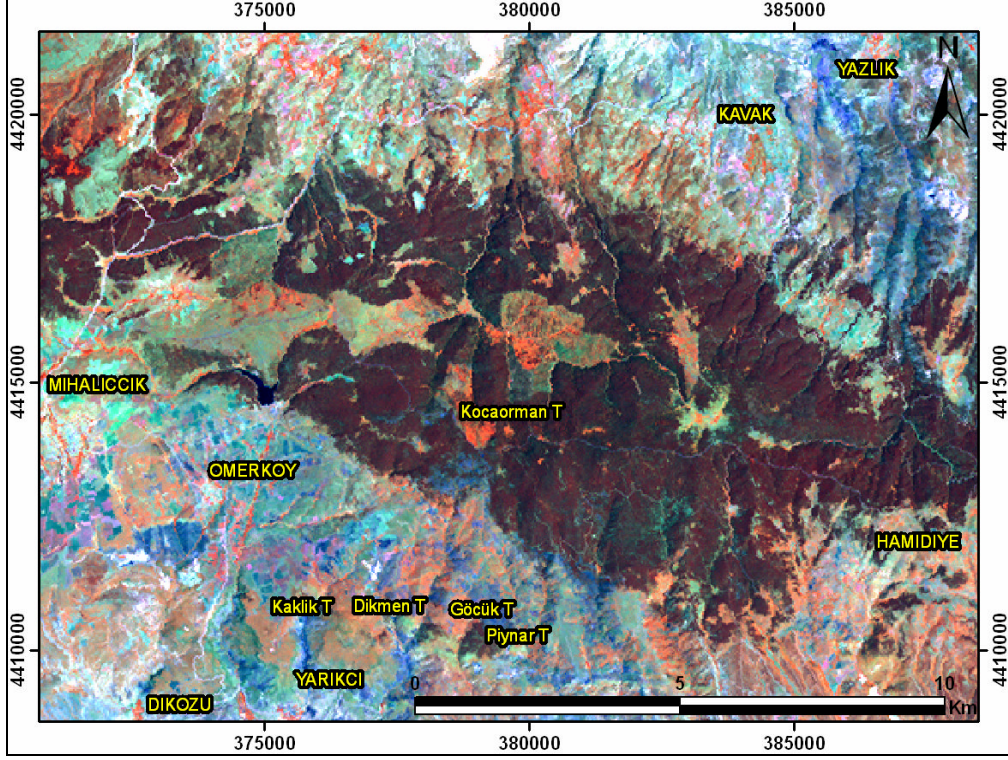
6.3.1 Landsat 7 ETM + İçin Seçilmiş Bant Kombinasyonları

LANDSAT 742: Çalışma alanında bulunan kayalıkların arasındaki farklılıkları açık olarak göstermesi bu bant kombinasyonunun tercih edilme sebebidir. Asırlık ormanlar koyu yeşil, genç orman ve taze bitkiler açık yeşil renklerde, verimsiz topraklar pembe renge, serpantinler ve serpantinleşmiş kayalıklar ise koyu eflatun olarak gözlenmiştir (Şekil 6.16).

LANDSAT 453: Bu bant kombinasyonu, farklı bitki tiplerini kolaylıkla belirlediği, mafik-ultramafik kayalıkları gösterdiği için seçilmiştir. Burada kırmızı banta konulan 4. bant olduğu için ve 4. bant ta bitkileri yansıttığından burada bitkiler kırmızı renkte gözlendiklerinden kolaylıkla ayırt edilirler. Orman kırmızımsı koyu kahve ve bordo renge gözlenirken, yeni orman-taze bitkiler turuncu renkte gözlenirler. serpantinler ve serpantinleşmiş kayalıklar mavi renkte gözlenmektedir (Şekil 6.17).



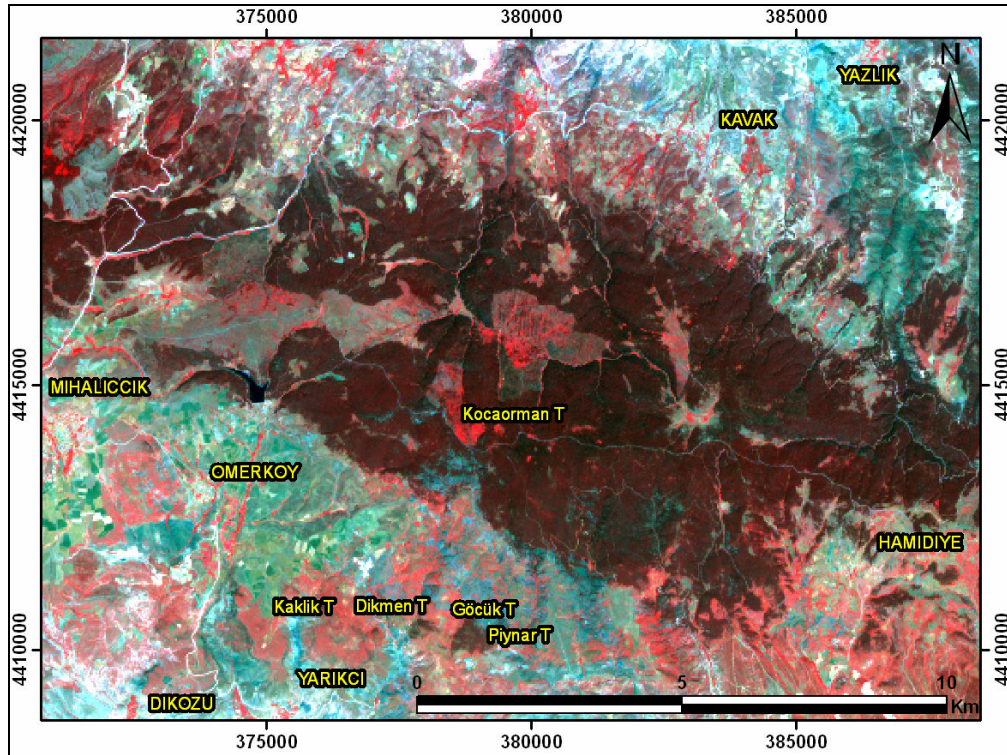
Şekil 6.16 Çalışma alanının Landsat RGB 742 görüntüsü



Şekil 6.17 Çalışma alanının Landsat RGB 453 görüntüsü

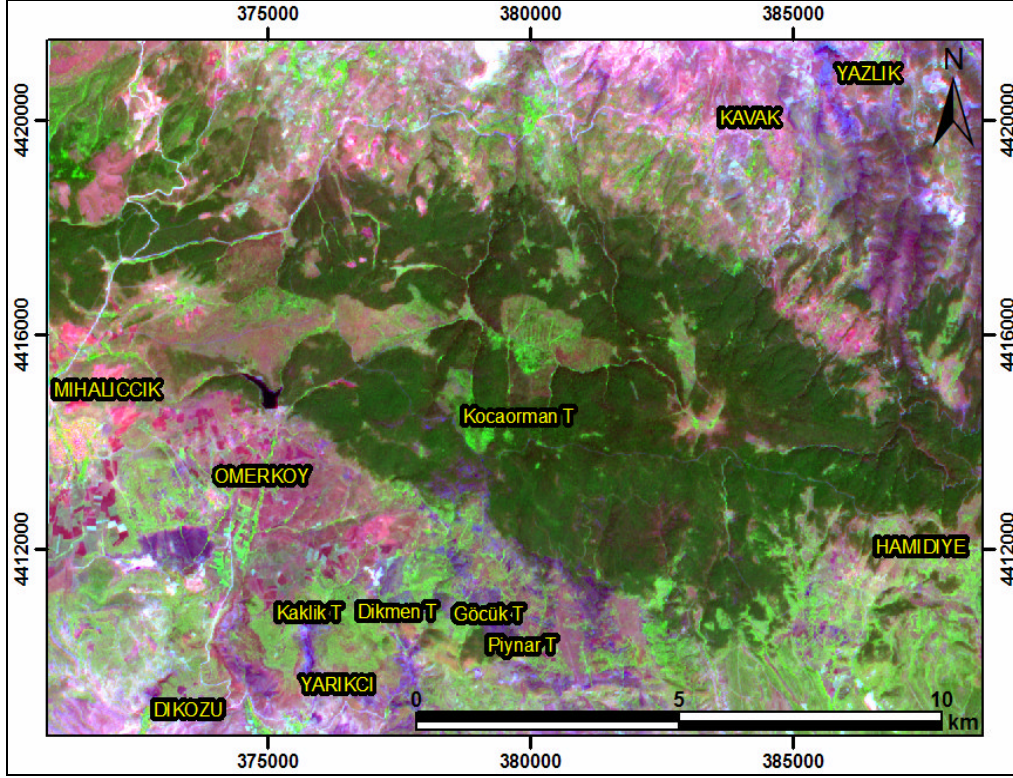
6.3.2 Aster İçin Bant Kombinasyonları

Aster RGB 321 bant kombinasyonu çok net bir görüntü verdiği için seçilmiştir (Şekil 6.18). Bu kombinasyonda asırlık bitkiler koyu kırmızı-kahve renklerde, serpantinitle ve serpantinleşmiş kayalar yeşil, manyezitler ise beyaz ve tonunda renkler vererek birbirinden ayrılmış olarak görülmekte olduğundan, bu bant kombinasyonu çalışma alanı için kullanışlı bulunmuştur.



Şekil 6.18 Çalışma alanının Aster RGB 321 görüntüsü

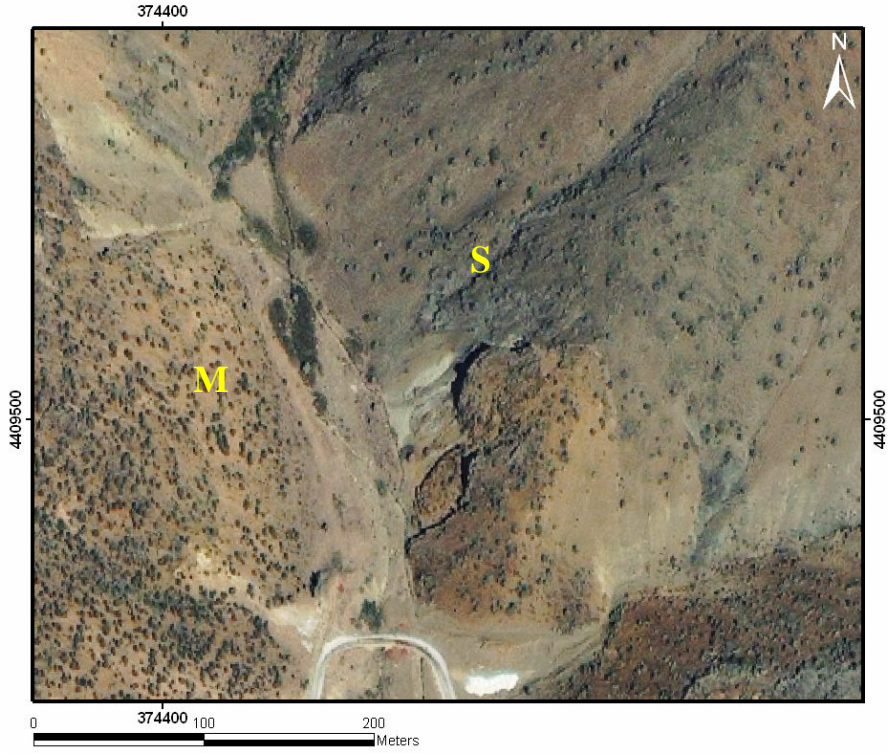
Aster RGB 731 bant kombinasyonu bölgedeki litolojinin belirlenmesinde çok faydalı bir sonuç vermektedir (Şekil 6.19). Bu kombinasyonda asırlık bitkiler koyu yeşil, diğer bitkiler açık yeşil renklerde, serpantinitle ve serpantinleşmiş kayalar çok net olarak koyu eflatun renkte, manyezitler beyaz renkte ve Kavak'ta bulunan Kavak krom işletmesinin olduğu alan mavimsi renkte görüntü vererek, çalışma alanı için oldukça faydalı bir kompozit oluşturmaktadır.



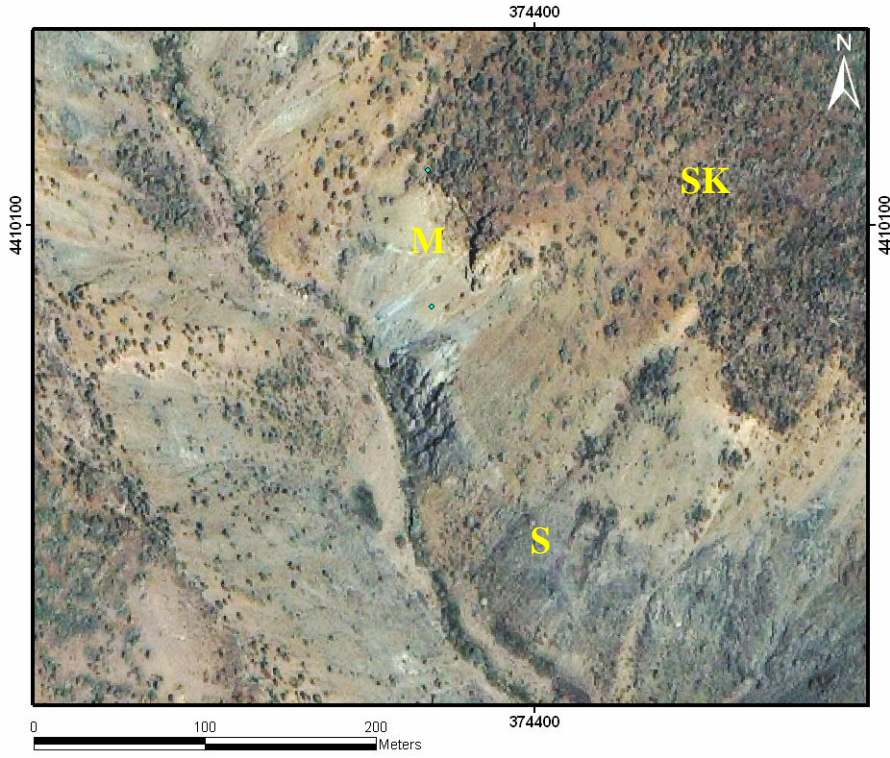
Şekil 6.19 Çalışma alanının Aster RGB 731 görüntüsü

6.3.3 İkonos İçin Bant Kombinasyonu

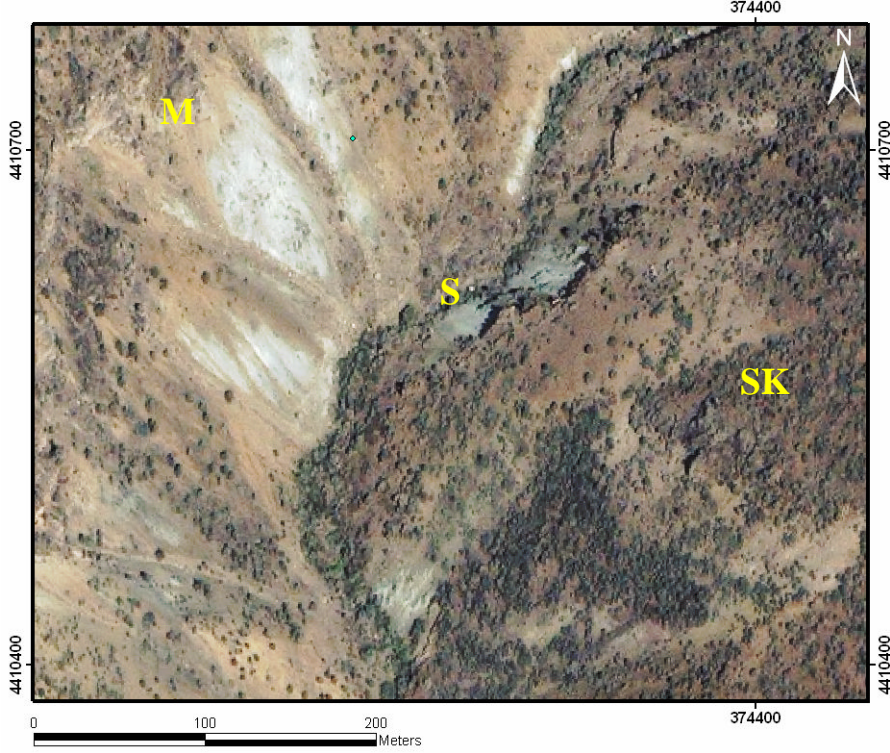
İkonos uydu verisi üzerinde yapılan bant kombinasyonu çalışmasında mevcut üç bant kullanılmış ve RGB 321 seçimi yapılmıştır. Bu RGB 321 kompozitleri üzerinde Kocadere, Hamamdere, Yayladere, Tatlıeşme, eski şantiye ve çevresi, Göküktepe ve doğusu, Mihalıçcik ve Ömerköy arası detaylı olarak görüntülenmiş ve bölgede tanımlanan bütün ana birimler, resimlerin üzerinde sembol harfler ile gösterilmişlerdir. S (Serpantinleşmiş ultramafik kayalar), M (Manyezit cevherleşmesi) ve SK (hematitce boyanmış silika kapak) zenginleşmelerinin bulunduğu bölgeleri göstermek için kullanılan kısaltmalardır (Şekil 6.20 - 6.22).



Şekil 6.20 Kocadere’de güneyden kuzeye gidiş yönünde Ikonos **RGB 321** görüntüsü



Şekil 6.21 Kocadere’de güneyden kuzeye gidiş yönünde Ikonos **RGB 321** görüntüsü



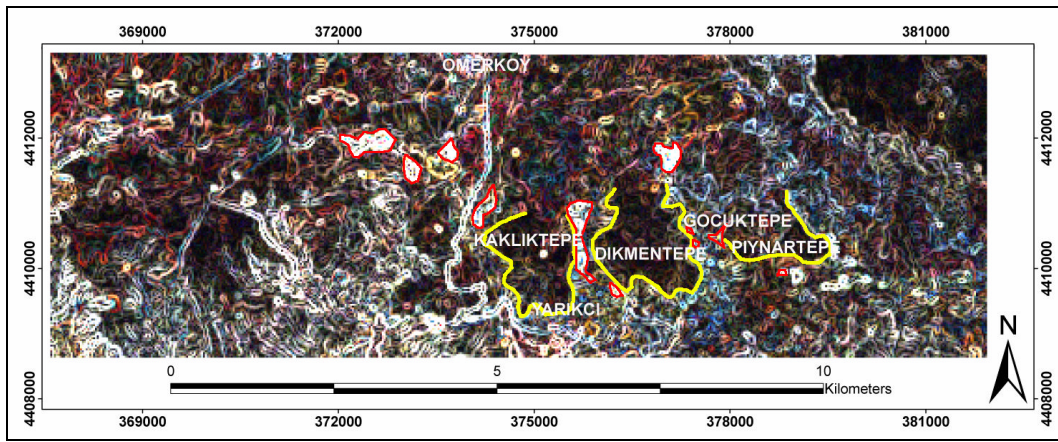
Şekil 6.22 Kocadere’de güneyden kuzeye gidiş yönünde Ikonos **RGB 321** görüntüsü

6.4 Filtreleme

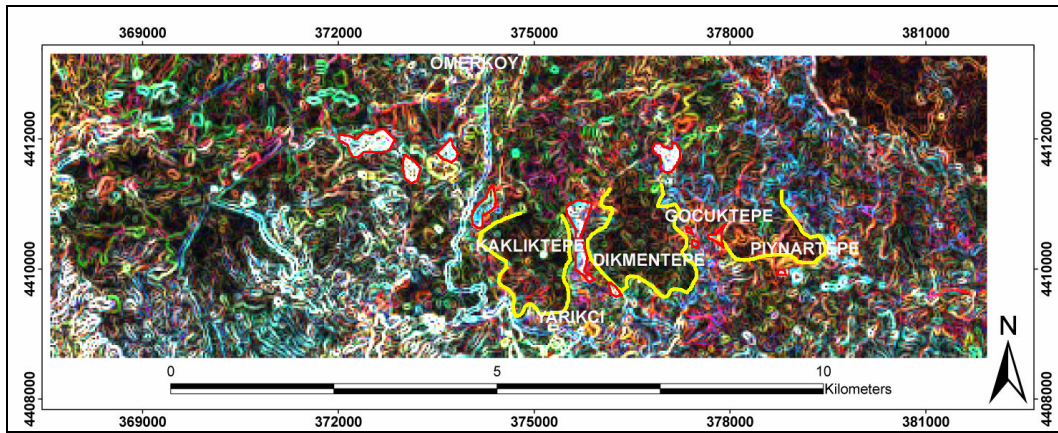
Çalışmada filtreleme işlemleri; görüntüyü netleştirmek, seçili olan yerlerde görüntü kirliliklerini ortadan kaldırmak, kenarları belirginleştirmek, çizgisellikleri ön plana çıkarmak için yapılmış işlemlerdir. Tek bant ve çok bant üzerine uygulanmıştır. Yüksek geçiş (high pass), düşük geçiş (low pass), kenar belirginleştirme (edge detection), İyileştirme (enhancement) filtreleri filtreleme tekniklerinden birkaçıdır. Çeşitli filtreleme teknikleri kullanılarak özellikle silika kapakların, çizgiselliklerin belirlendiği ve manyezitli alanların bölgede kolaylıkla seçilebildiği gözlenmiştir.

Yapılan çalışmalar, sonucunda çalışma alanı için hedefe yönelik en iyi sonuç veren kenar belirleme filtreleri belirlenerek çalışmalar yapılmıştır. Özellikle Landsat’ta, bu filtreleme yapılarak silis kapakların ve manyezitçe zengin bölgelerin belirlenmesi çok net olarak sağlanmıştır.

Landsat uydu verisi üzerinde (6. Bant: Termal Bant hariç) yapılan çeşitli filtreleme tekniklerinden sonra, istenen sonucu veren tekniğin kenar belirleme filtresi olduğuna karar verilmiş ve farklı RGB kompozitleri eşliğinde bölgede bulunan silika kapaklar ve bu silika kapaklar altında bulunan manyezitli alanlar da belirlenmiştir. Elde edilen raster verilerde, silika kapaklar sarı çizgi ile çizilerek gösterilmiştir. Aynı zamanda silika kapak çevresindeki beyazın ve mavinin tonundaki renkler de manyezitçe zengin alanların olduğu bölgelere karşılık gelmektedir. Bu alanların etrafı kırmızı ve mavi renklerle çizilerek gösterilmiştir (Şekil 6.23-6.24).

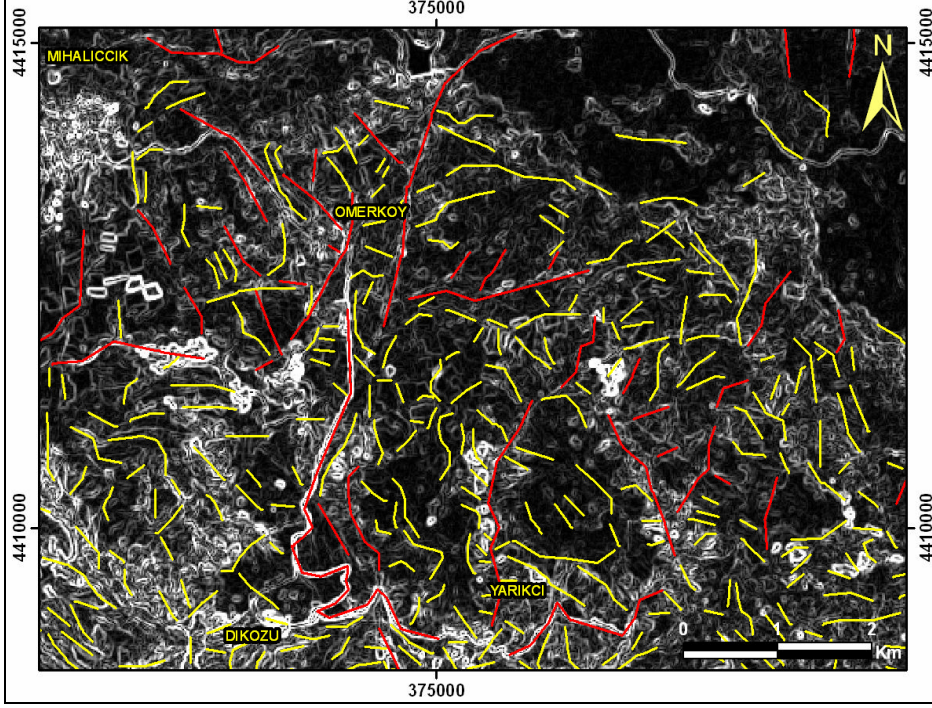


Şekil 6.23 Çalışma alanının Landsat **RGB 321** üzerine uygulanan benar kelirleme filtre görüntüsü (Silika kapaklar sarı, manyezitler ise kırmızı çizgi)



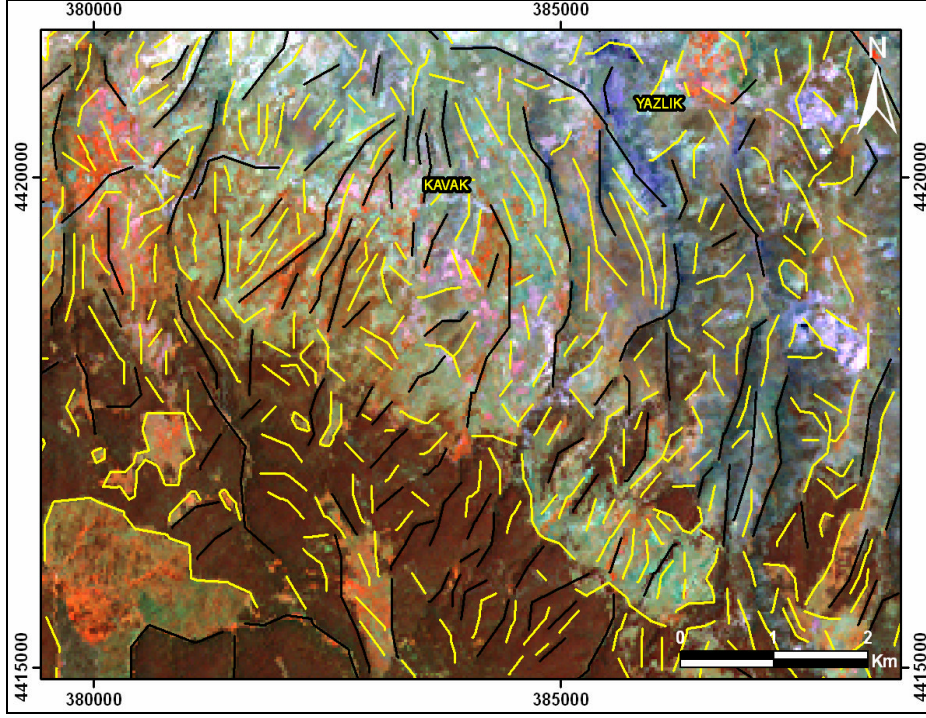
Şekil 6.24 Çalışma alanının Landsat **RGB 531** üzerine uygulanan kenar belirleme filtre görüntüsü (Silika kapaklar sarı, manyezitler ise kırmızı çizgi)

Üç bant üzerine uygulanan filtreleme teknikleri tek bant üzerinde de uygulanabilirler. Aster tek bant (Bant1) üzerinde uygulanan kenar belirginleştirme tekniği ile belirlenen çizgisellikler şekil 6.25'te gösterilmiştir.

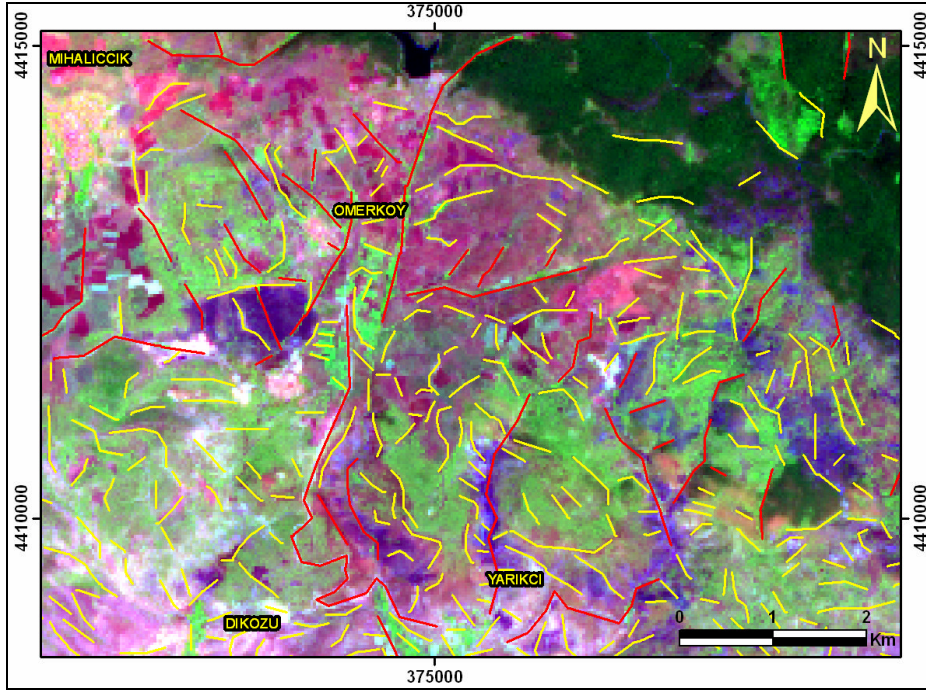


Şekil 6.25 Çalışma alanının Aster Bant1 üzerine uygulanan kenar belirginleştirme filtresi görüntüsünden elde edilen çizgisellikler (Kırmızı renk, filtre uygulamadan önceki; sarı renk, filtre uygulandıktan sonraki çizgisellikler)

Bölgeye ait çizgiselliklerin daha belirgin bir duruma gelmesini sağlayan filtreleme tekniği, üç bant üzerine de uygulanmış ve filtreleme öncesindeki çizgisellikler ile sonrasında elde edilen çizgisellikler uydu verileri üzerine çizilerek gösterilmiştir (Şekil 6.26-6.27).



Şekil 6.26 Çalışma alanının alanının **RGB 453** üzerine uygulanan kenar belirleme filtre görüntüsünden elde edilen çizgisellikler (Siyah çizgi, filtre uygulamadan önceki; sarı çizgi, filtre uygulandıktan sonraki çizgisellikler)



Şekil 6.27 Çalışma alanının Aster **RGB 731** üzerine uygulanan kenar belirleme filtre görüntüsünden elde edilen çizgisellikler (Kırmızı, filtre uygulamadan önceki çizgisellikler; sarı, filtre uygulandıktan sonraki çizgisellikler)

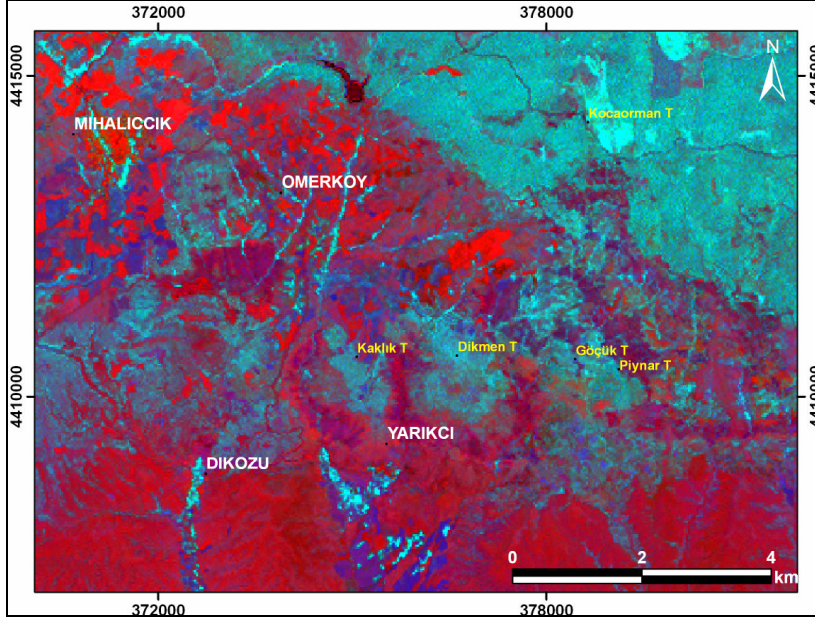
6.5 Bant Oranlama

Temel itibariyle bir görüntü zenginleştirme tekniğidir. En az iki spektral bant birbirine oranlanarak, oran görüntüler elde edilmiştir. İkili bant oranlama kombinasyonlarının yanında, 3 adet 2'li bantlar oranlanarak renkli karışımlar elde edilmiş, burada her bir ikili bant oranından RGB renkli bant oranlanmaları elde edilmiştir. Bant oranlamalar kombinasyon sayılarının çok fazla olması nedeniyle, uygun bant oranlamasının seçiminin yapılmasını güçleştirmiştir. Yapılan bant oranlama görüntülerinde, bölgedeki serpantinleşmiş ultramafik kayalar ve silika kapaklar diğer birimlerden rahatlıkla ayrılmıştır.

Lillesand and Kiefer (2000)'e göre; bazen aynı özelliklere sahip bir yüzeyin topografyasının eğim ve bakı, gölgelik veya mevsimlik değişikliklerinden dolayı güneş ışınlarının açısı ve yoğunluğunu etkileyerek farklı parlaklık değerleri aldığı belirtilmiştir. Bu koşulların yüzey materyallerinin doğru bir şekilde ayırt edilmesini engellediği ve bu durumlarda oran görüntüleri uygulanarak, görüntünün çevresel koşullardan etkilenmesi en aza indirildiği belirtilmiştir.

6.5.1 Landsat 7 ETM + İçin Bant Oranlama

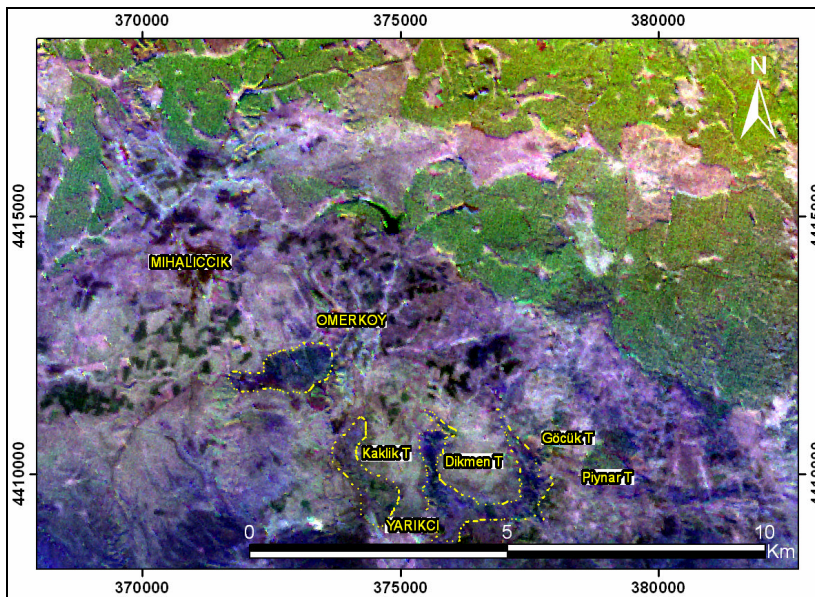
ETM7/ETM4 bant oranı demir oksit bakımından yüksek reflektans verir. 4/3 ETM bant oranlaması bitkiye duyarlı olup, bitkili alanları öne çıkarırlar. ETM5/ETM7 kil mineralleri için yüksek reflektans gösterir (Kaufmann 1988). 7/4, 4/3 ve 5/7 ETM bant oranlarının RGB görüntüsünde (Şekil 6.28), kırmızı alanlar demiroksit bulunabilecek alanları, yeşil alanlar bitkilerin bulunduğu alanları ve mavi alanlar da kil bulunabilecek alanlara işaret etmektedir. Burada, silika kapaklar ve serpantinleşmiş ultramafik kayalar (eflatun renkte) diğer birimlerden ayırt edilebilmektedir.



Şekil 6.28 Çalışma alanının Landsat RGB 7/4:4/3:5/7 bant oran görüntüsü

6.5.2 Aster için Bant Oranlama

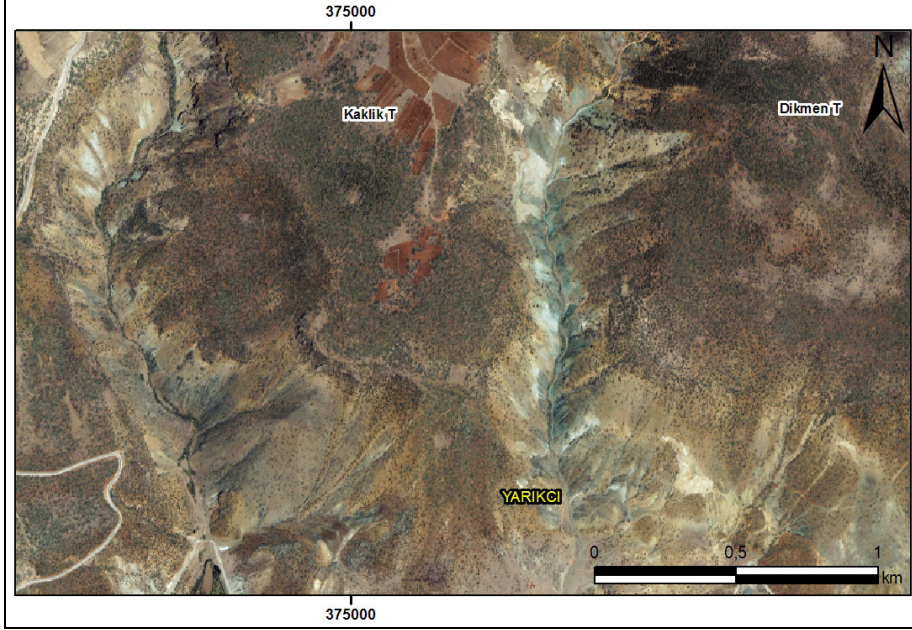
Çalışma alanına ait Aster uydu verisine uygulanan bant oranlarından B4/B5, B4/B6 ve B4/B9 RGB kompozit imajı, bölgedeki serpantinleşmiş ultramafik kayaları koyu mavi renkte belirgin olarak açığa çıkardığından seçilmiştir. Elde edilen görüntüden ultramafik kayaların (lacivert renkte) sınırları sarı noktalı çizgi ile çizilmiştir. (Şekil 6.29). Bitki örtüsü yeşil, yerleşim alanları kahverenginde gözlenmiştir.



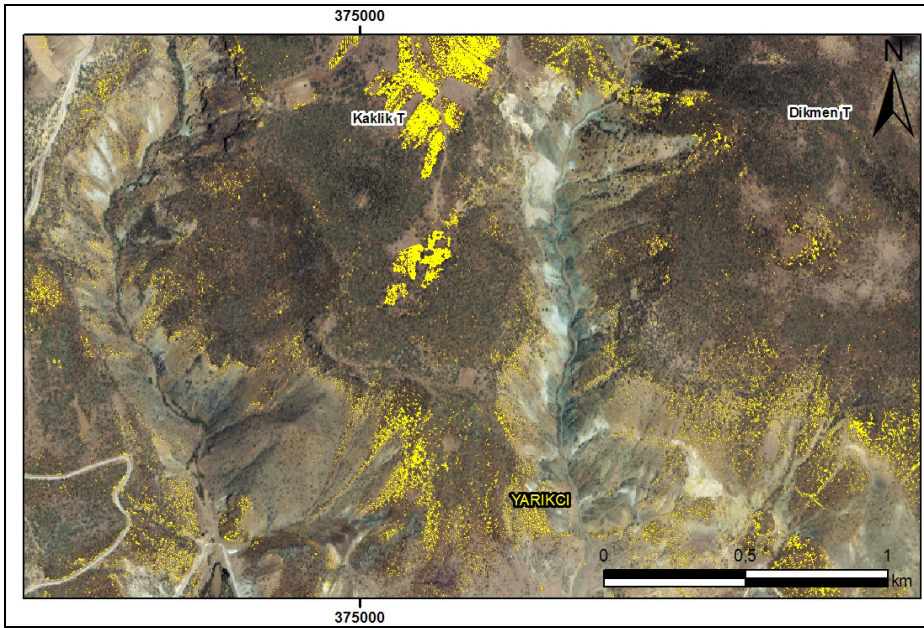
Şekil 6.29 Çalışma alanının Aster RGB B4/B5:B4/B6:B4/B9 bant oran görüntüsü

6.5.3 İkonos için Bant Oranlama (Demiroksit analizi)

Çalışma alanına ait İkonos uydu verisine uygulanan demiroksit analizi (Band3/Band1) sonucunda, bölgede demiroksit bulunabilecek alanlar belirlenmiş ve bu alanlar sarı ile boyanmıştır. Şekil 6.30'da demiroksit analizi uygulanmadan önceki görüntü, Şekil 6.31'de ise demiroksit analizi uygulandıktan sonraki görüntü verilmiştir.



Şekil 6.30 Çalışma alanına ait İkonos RGB 321 görüntüsü



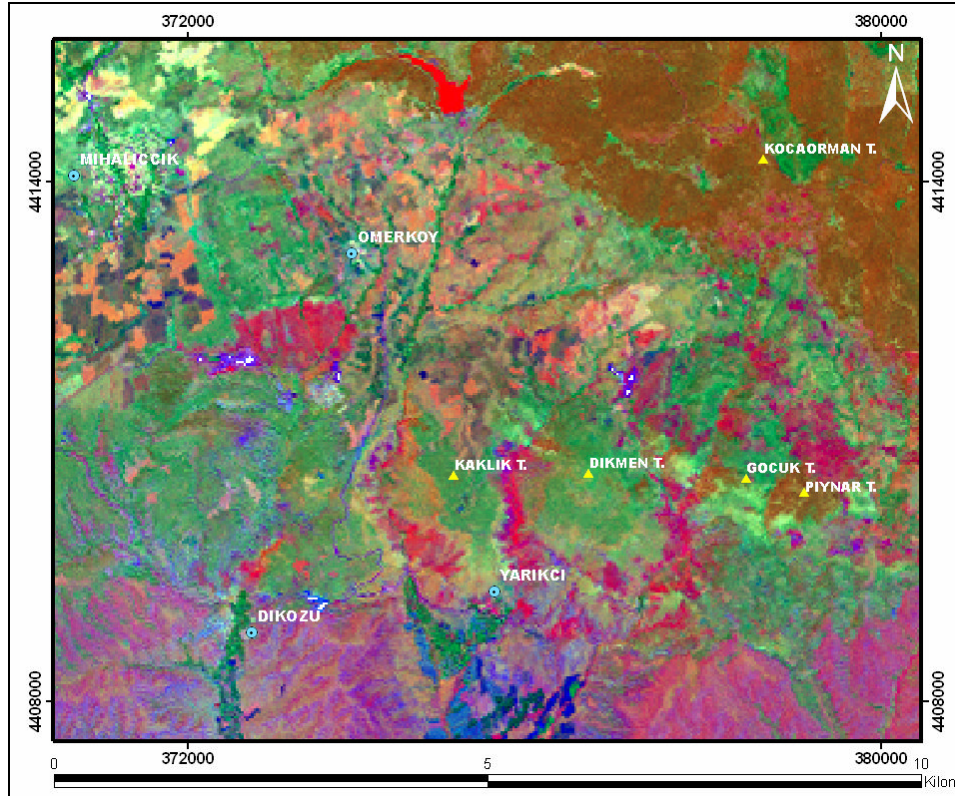
Şekil 6.31 İkonos verisine uygulanan Band3/Band1 Demiroksit analizi görüntüsü

6.6 Temel Bileşenler Analizi (PCA – Principal Components Analysis)

Birden fazla bant üzerinde gerçekleştirilen, orijinal verilerden daha içerikli ve daha zengin veri edebilmeyi sağlayan bir analizdir (HAT 2006). Bu analiz ile birden fazla bantta bulunan bilgiler tek görüntüde bir araya getirilerek yorumlama işlemi için daha içerikli ve zengin yeni görüntüler elde edilmektedir. Temel bileşenler analizi, birden fazla görüntüyü tek bir bileşende toplarken veri kaybını da minimum seviyede tutmaktadır.

6.6.1 Landsat 7 ETM + için Temel Bileşenler Analizi

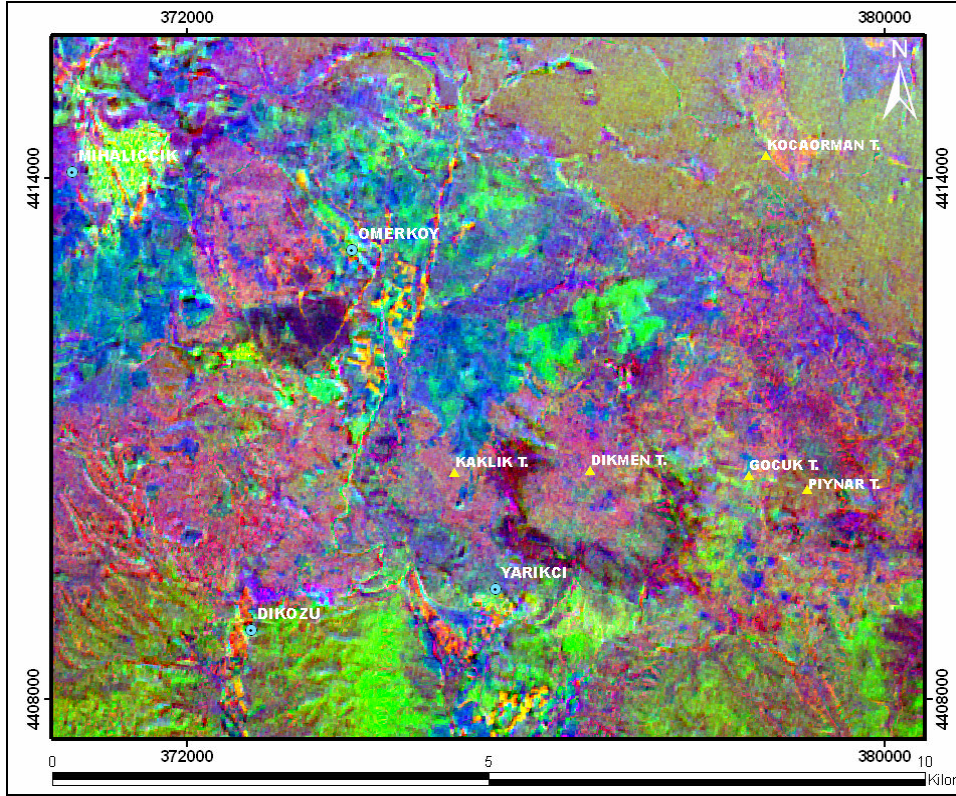
Landsat da yaptığımız temel bileşen analizleri, çalışma amacına yönelik olarak çok gerçekçi ve faydalı sonuçlar vermektedir. PCA 321 de; silika kapaklar, manyezitler ve serpantinlerin sınırları belirgin bir şekilde gözlenmiş ve birbirlerinden kolaylıkla ayrılmaktadır. Yeşil renkte gözükten bitki örtüsünün altında silika kapak; açık kahve tonlarında gözlenirken, manyezitler koyu lacivert renginde ve serpantinleşmiş ultramafik kayalar da kırmızımsı mor renkte izlenmektedir (Şekil 6.32).



Şekil 6.32 Landsat uydu verisi RGB 321 temel bileşenler analiz görüntüsü

6.6.2 Aster için Temel Bileşenler Analizi

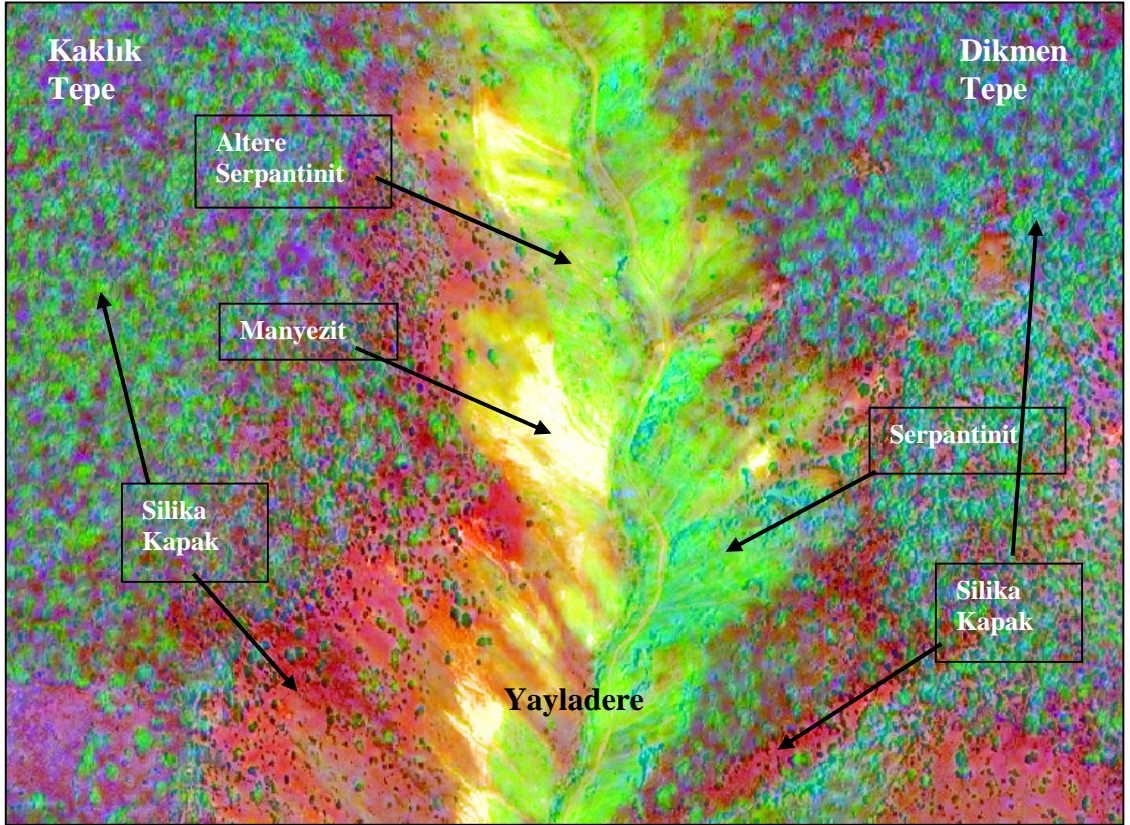
Çalışma alanının Aster RGB 456 uydu verisi üzerinde uygulanan temel bileşenler analizinde silika kapaklar, manyezitler ve serpantinitlerin sınırları oldukça belirgin bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.33). Elde edilen görüntüde; silika kapaklar pembenin tonlarında, manyezitler sarı ve ultramafik kayalar ise koyu lacivert-mor renklerinde görülmektedir.



Şekil 6.33 Aster uydu verisi **RGB 456** temel bileşenler analiz görüntüsü

6.6.3 İkonos için Temel Bileşenler Analizi

İkonos'ta yapılan temel bileşen analizlerinde, çalışma alanına yönelik çalışmalar için oldukça faydalı görüntüler elde edilmektedir. Temel bileşen analizleri sonucunda elde edilen görüntülerden, litolojik sınırları net çok net olarak vermesi sebebi ile **RGB 123** seçilmiştir. (Şekil 6.34). Kaklık Tepe, Yayladere, Dilmen Tepe bölgesinden alınan İkonos uydu verisine uygulanan temel bileşenler analizi sonucunda, bölgedeki silika kapaklar kırmızı-koyu pembe renklerde, manyezitler beyaz renkte, serpantinitler açık yeşil renklerde ve altere serpantinitler de sarımsı renklerde gözlenmektedir. Bu sonuçtan da anlaşılacağı üzere İkonos dar alanları çalışmak için oldukça uygun bir uydu verisidir.



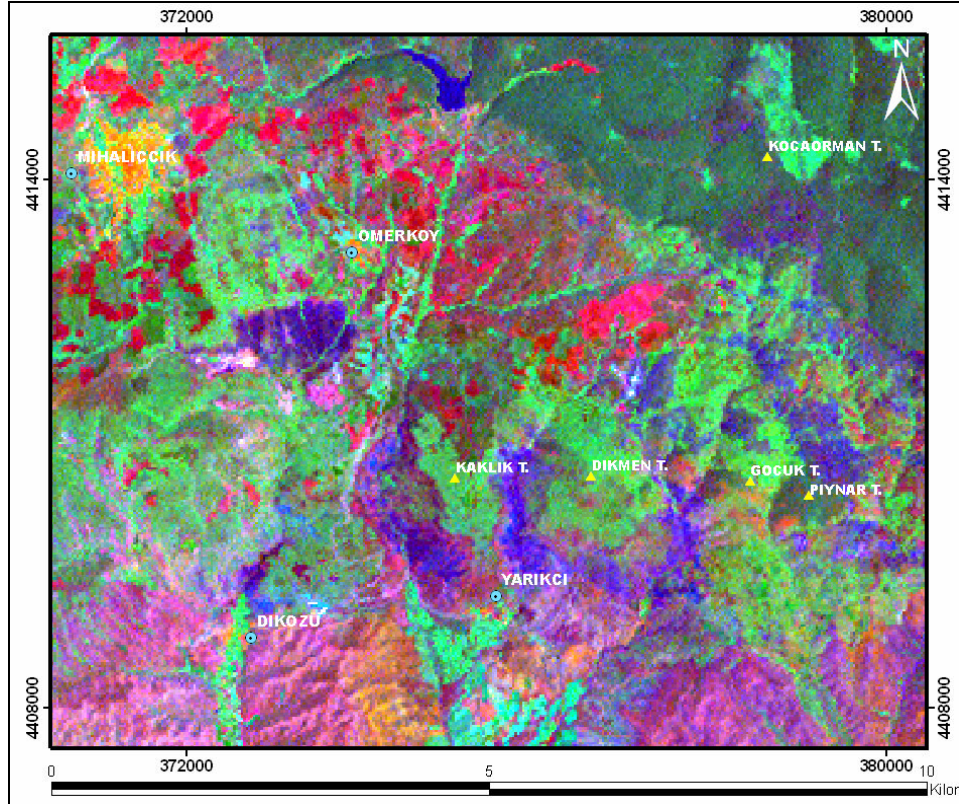
Şekil 6.34 İkonos uydu verisi **RGB 123** temel bileşenler analiz görüntüsü

6.7 Dekorelasyon Gerilmesi (Decorrelation Stretching)

Dekorelasyon gerilmesi işlemi, uydu verisinin bantları arasında karşılıklı ilişkiye ve temel bileşen değişimine dayalı olan bir görüntü zenginleştirme tekniğidir. Bu analiz ile bantların sahip olduğu bilgiler ve aralarındaki ilişki kullanılarak daha zengin ve anlaşılır görüntüler elde edilmiş; birimler birbirinden kolaylıkla ayırt edilmiş, litolojik farklılıklar açıkça gözlenmiştir. Ortaya çıkan sonuç görüntülerde silika kapak, manyezit ve serpantinlerin sınırları belirginleştirilmiştir.

6.7.1 Landsat 7 ETM + için Dekorelasyon Gerilmesi

Landsat uydu verilerine uygulanan dekorelasyon gerilmesi analizlerinden birçok RGB bant kombinasyonları elde edilmiş, bunlardan en iyi sonuçlardan birini veren **RGB 742** kompoziti Şekil 6.35’de verilmiştir. Burada yeşil-koyu yeşil renkte gözükten bitki örtüsünün altında silika kapaklar eflatun renkte çok net şekilde gözlenirken, manyezitler beyaz-açık mavi renklere ve serpantinler ise lacivert renkte gözlenmektedir.



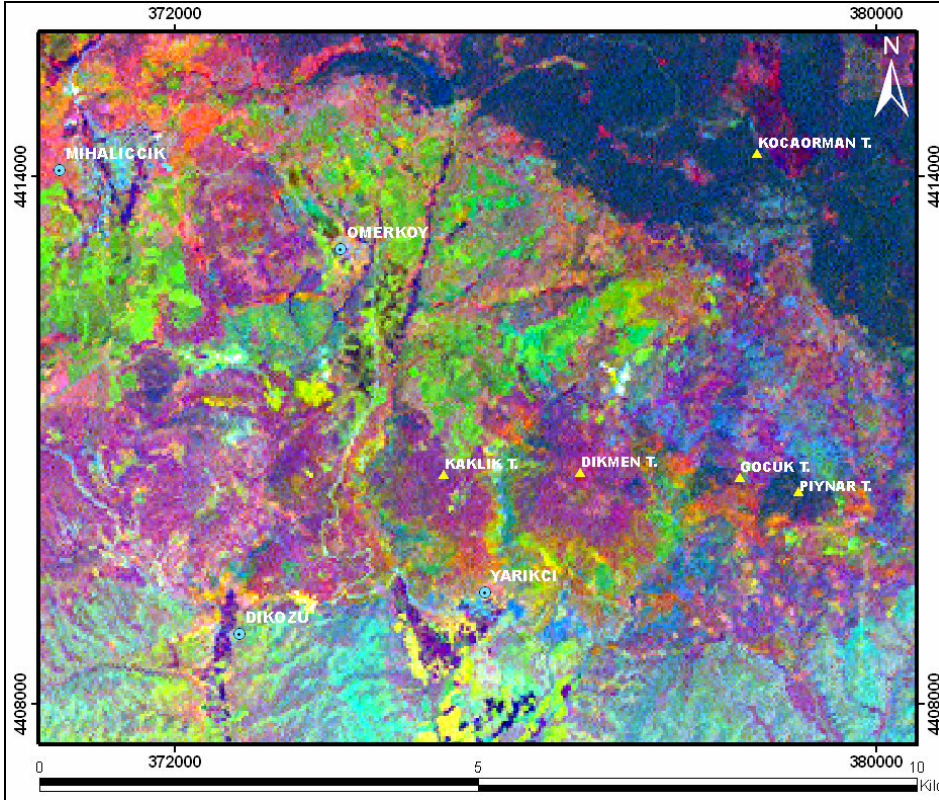
Şekil 6.35 Landsat uydu verisi **RGB 742** dekorelasyon gerilmesi analiz görüntüsü

Landsat uydu verisi **RGB 742** dekorelasyon germe analizi çalışmasında (Şekil 6.35), diğer görüntülerde, Diközü tarafında bulunan sedimanter birimlerle birbirinden ayırt edilemeyen serpantinleşmiş ultramafik kayalar, bu görüntüde net olarak ayrılmaktadır.

6.7.2 Aster için Dekorelasyon Gerilmesi

Aster de yapılan dekorelasyon gemesi çalışmalarında da bölge için güzel görüntüler elde edilmiş, benzer şekilde, silika kapak, manyezit ve serpantinlerin sınırları belirgin bir şekilde gözlenmiştir.

Aster **RGB 531** dekorelasyon gemesi analizinin görüntüsünde, koyu pembe renkte gözükken bitki örtüsünün altında silika kapaklar sarı-turuncu renklerde gözlenirken, manyezitler beyaz-açık yeşil renklerinde ve serpantinler ise yeşilimsi-turkuaz renginde gözlenmektedir. Diközü tarafındaki sedimanter birimler ise açık turkuaz rengiyle, çalışma alanındaki serpantinleşmiş ultramafik kayalardan ayrılmaktadır (Şekil 6.36).

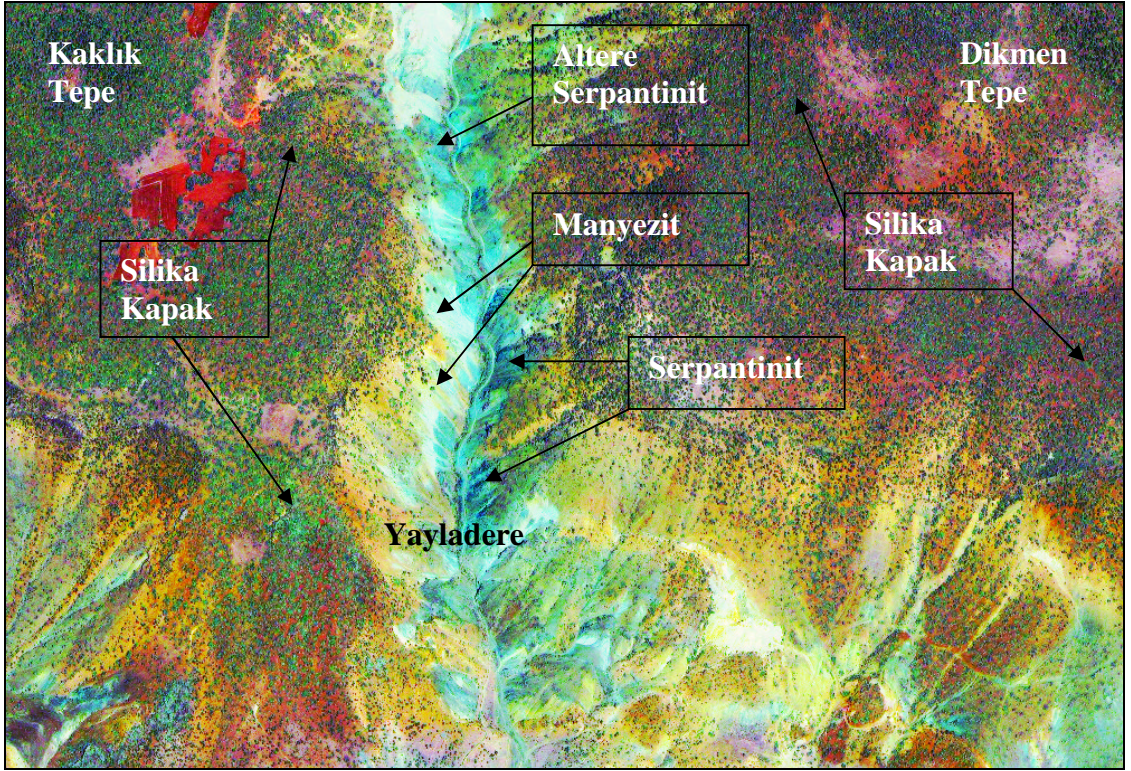


Şekil 6.36 Aster uydu verisi **RGB 531** dekorelasyon gemesi analiz görüntüsü

6.7.3 İkonos için Dekorelasyon Gerilmesi

Çalışma alanının İkonos **RGB 123** uydu verisi üzerinde uygulanan Dekorelasyon gemesi analiz görüntüsünde, litolojik sınırlar ve birimler birbirinden net bir şekilde ayrılmıştır (Şekil 6.37).

Kaklık Tepe, Yayladere, Dilmen Tepe bölgesinden alınan İkonos uydu verisine uygulanan dekorelasyon gemesi analizi sonucunda, bölgedeki silika kapaklar pembe ve sarı renklere, bu birimin altında serpantinitler yeşil ve koyu turkuaz renklere, altere serpantinitler açık turkuaz renkte ve manyezitler ise beyaz renkte gözlenmektedir.



Şekil 6.37 İkonos uydu verisi **RGB 123** dekorelasyon gemesi analiz görüntüsü

6.8 Görüntü Sınıflama

Görüntü zenginleştirmek için en çok kullanılan metotlardan biridir. Görüntü sınıflama, görüntülerdeki ham bilgiyi tematik bilgiye dönüştüren bir işlemdir (HAT 2006). Bu işlem isteğe bağlı olarak veya otomatik olarak yapılabilir.

Otomatik sınıflandırma da, sayısal ortamda bulunan uydu verilerinden otomatik olarak, sınıflandırılmış raster veriler oluşturulmuş; çok bantlı bir görüntü üzerindeki resim hücrelerinin sahip olduğu değerlere göre istenen sayıda sınıfa atanması sağlanmış ve bunu da yaparken çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Buradaki amaç; çalışma alanında bulunan birimlerin, sahip oldukları özelliklere göre belli sınıflara atanmasıdır. Çalışma alanı için yapılan “yönlendirilmiş (supervised)” ve “yönlendirilmemiş (unsupervised)” sınıflandırmalar birimleri birbirinden ayırarak, bölge hakkında yorum yapmada kolaylık sağlamıştır.

6.8.1 Yönlendirilmemiş Sınıflandırma

Yönlendirilmemiş sınıflandırma işlemi, otomatik olarak gerçekleştirilen bir işlemdir. Çalışma alanına gitmeden önce birçok yönlendirilmemiş sınıflama yapılmış ve bölge hakkında araziye gidilmeden birçok bilgi edinilmiştir.

Bu sınıflandırmada hücrelerin spektral özelliklerine göre sınıflar oluşturulur ve her bir hücre bu sınıflardan hangisine yakın özellik gösteriyorsa ona atanır. Yönlendirilmemiş sınıflandırma sonucunda görüntünün belli sayıda sınıfa ayrılması sağlanır. Ancak bu sınıfların yeryüzünde hangi tematik sınıfı temsil ettiği veya bir sınıfı gerçekten temsil edip etmediği bilinmediğinden, bu sınıflara karşılık gelebilecek alanlar arazi çalışması sonrasında tespit edilmelidir.

Landsat-Aster-Ikonos uydu verilerine uygulanan yönlendirilmemiş sınıflandırma çalışmalarında, özellikle manyezitli bölgelerin yerini ayırt etmeye yönelik çalışmalar yapılmış ve bulgular saha çalışmaları ile de doğrulanmıştır.

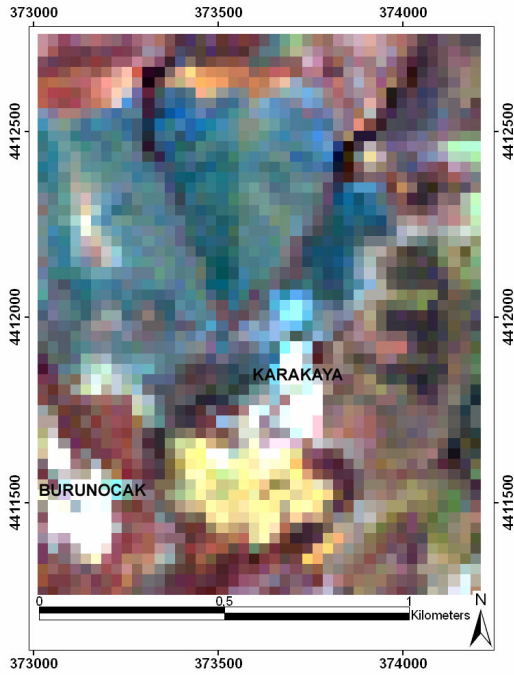
Değişik bantların kombinasyonu ile elde edilen RGB kompozit sınıflandırma çalışmaları ile bölgedeki birimleri ayırmada oldukça anlamlı sonuçlar vermiştir.

Landsat verileri üzerinde (6. Bant: Termal Bant hariç) yapılan Adaptive, Fuzzy C Means, Isodata, K Means yönlendirilmemiş sınıflandırmaları, diğer sınıflandırma metotlarına göre, bölgedeki birimleri ayırmada oldukça anlamlı sonuçlar vermiştir. Elde edilen görüntülerde manyezitçe zengin alanların, diğer yerlerden belirgin bir şekilde ayrılması sağlanmıştır.

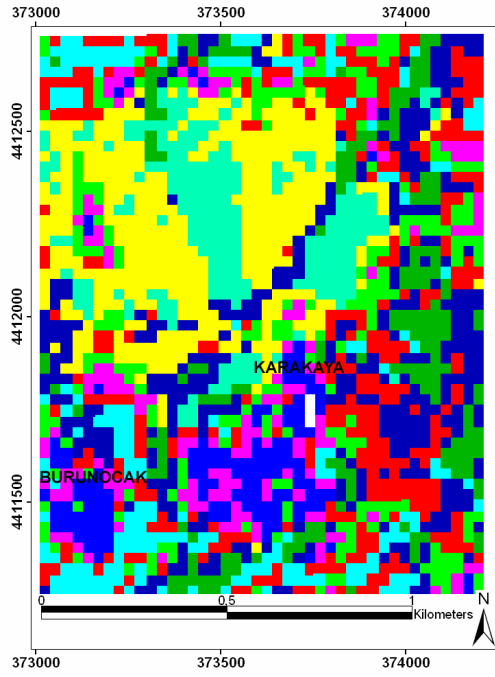
Asterde verileri üzerinde, uygulanan Adaptive, Fuzzy C Means, Isodata, K Means yönlendirilmemiş sınıflandırmaları, Landsat üzerinde yapılan yönlendirilmemiş sınıflandırmalarında olduğu gibi, benzer şekilde bölgedeki birimleri ayırmada oldukça anlamlı sonuçlar vermiştir. Elde edilen görüntülerde, çalışma alanındaki manyezitçe zengin alanların, diğer alanlardan açık bir şekilde ayrılması sağlanmıştır.

Ikonosta yapılan Adaptive, Fuzzy C Means, Isodata, K Means yönlendirilmemiş sınıflandırmaları sonucunda elde edilen görüntüler çok daha iyi sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni Ikonos'ta çözünürlüğün çok daha hassas olmasından kaynaklanır. Bu sınıflamalar ile manyezitli alanların sınırları kolaylıkla belirlenebilmiştir. Ayrıca Ikonos'ta bulunan bulutlu alanlar bir çizgiyle çizilerek diğer alanlar ile karıştırılmaması için, bu alanlardan ayrılması sağlanmıştır.

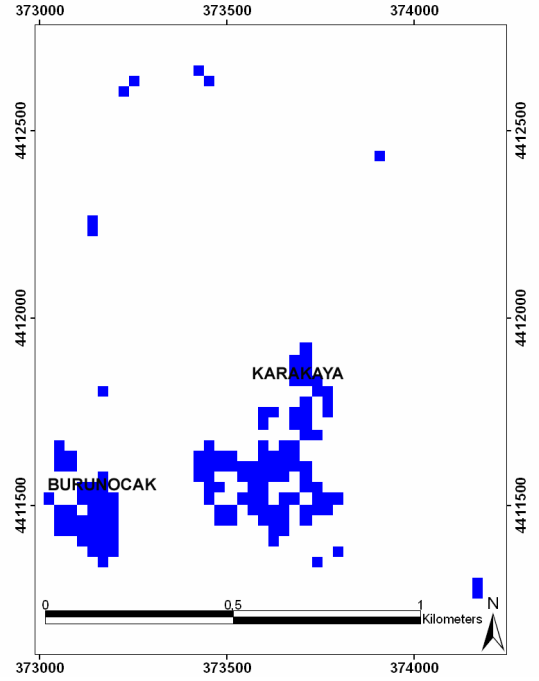
Landsat, Aster ve Ikonos'ta yapılan yönlendirilmemiş sınıflandırma çalışmalarından, bölgede çalışma alanına yönelik olarak en iyi sonuçları veren sınıflandırma çalışmaları, şekil 6.38-6.64'te verilmiştir.



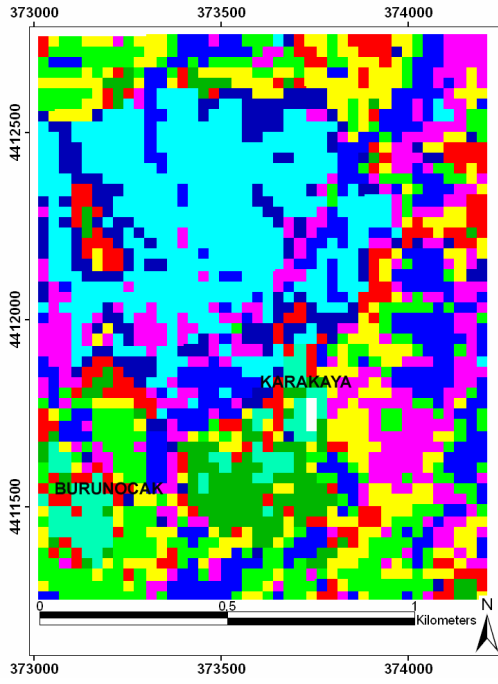
Şekil 6.38 Çalışma alanının Landsat uydu verisi RGB 531 görüntüsü



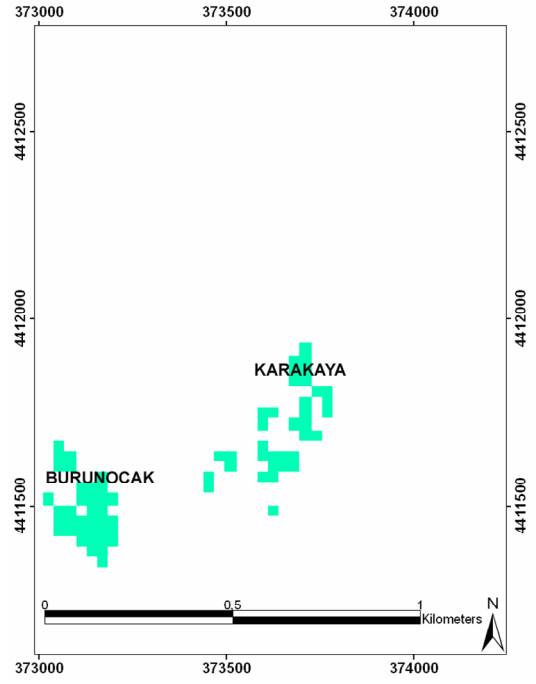
Şekil 6.39 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar mavi renktedir)



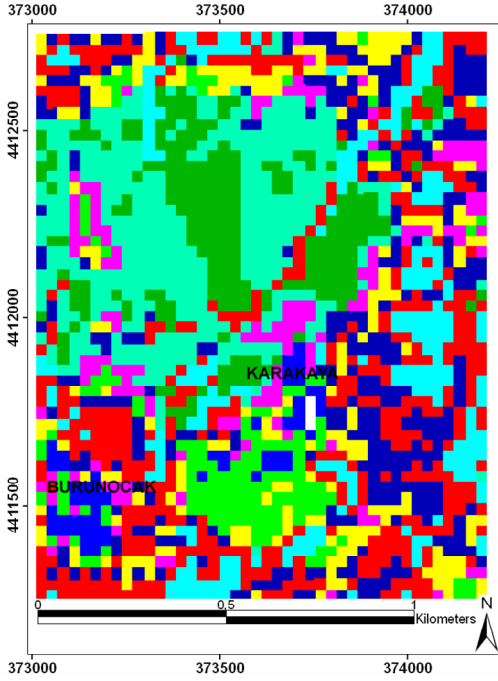
Şekil 6.40 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Mavi renkler: manyezit)



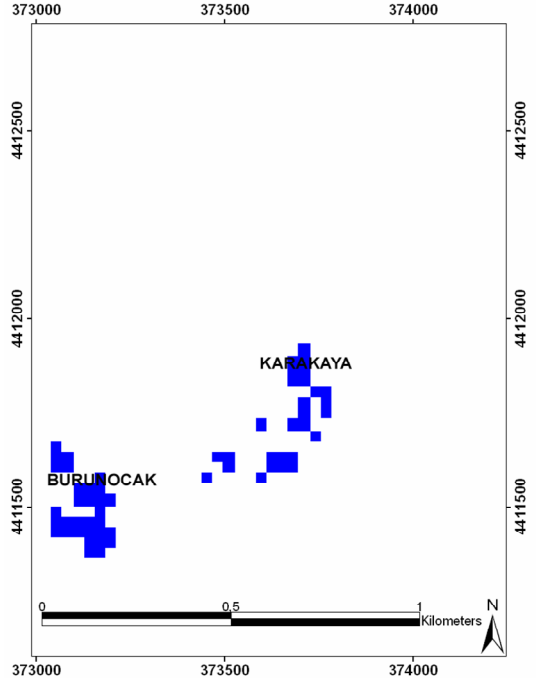
Şekil 6.41 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar yeşil renktedir)



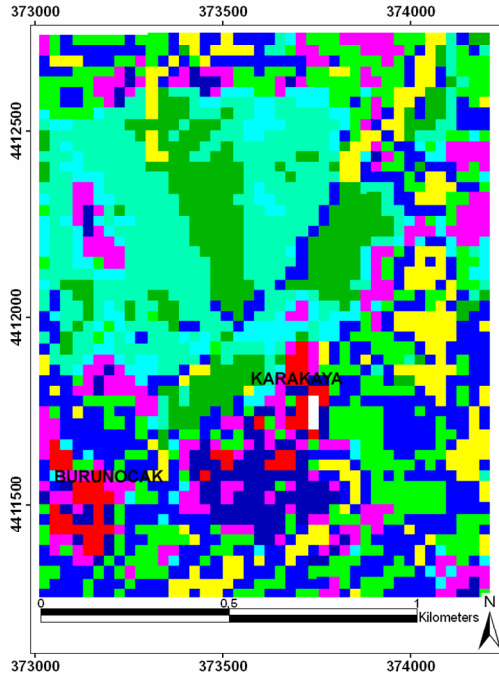
Şekil 6.42 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Yeşil renkler: manyezit)



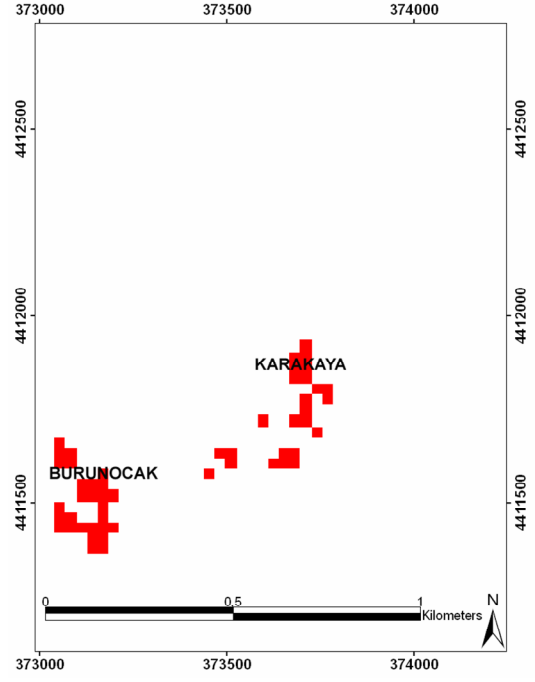
Şekil 6.43 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan K Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar mavi renktedir)



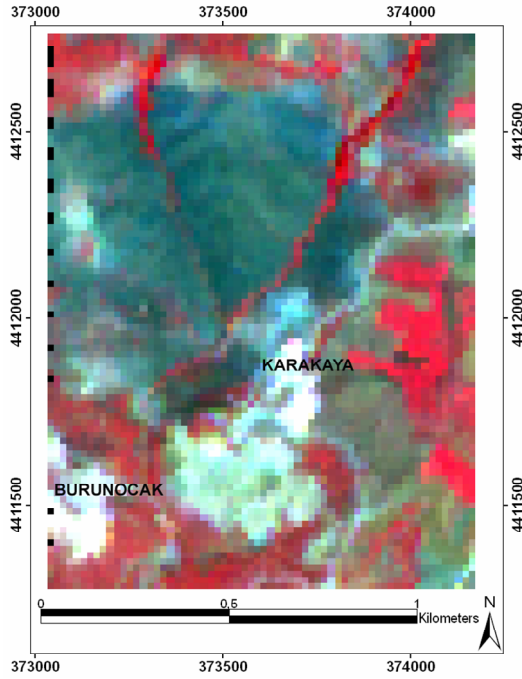
Şekil 6.44 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Mavi renkler: manyezit)



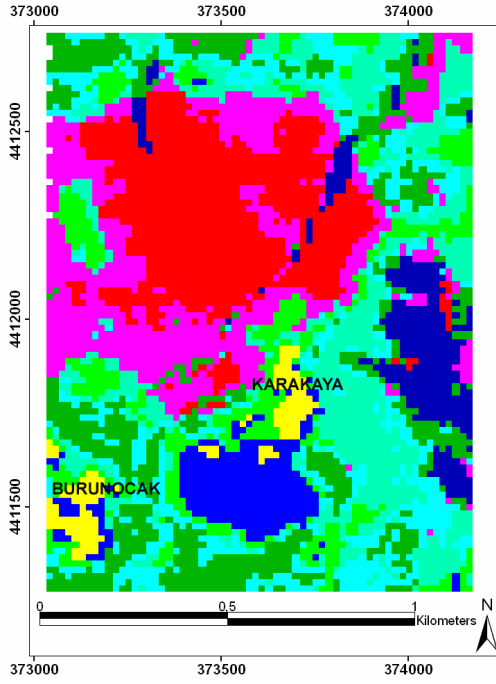
Şekil 6.45 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir)



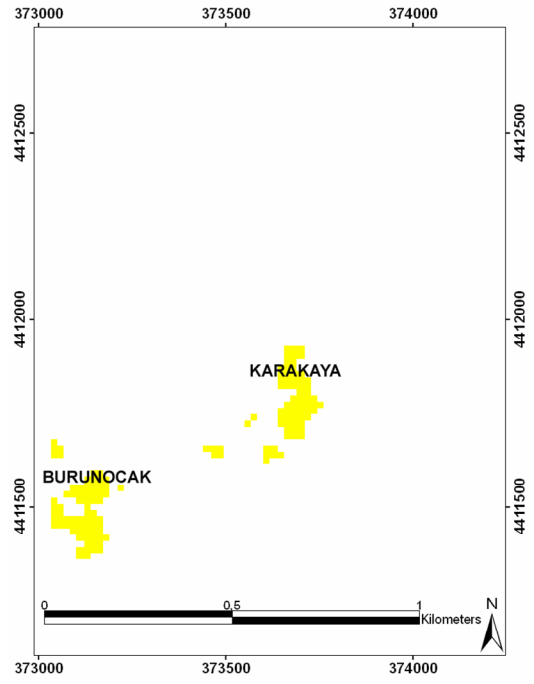
Şekil 6.46 Landsat uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit)



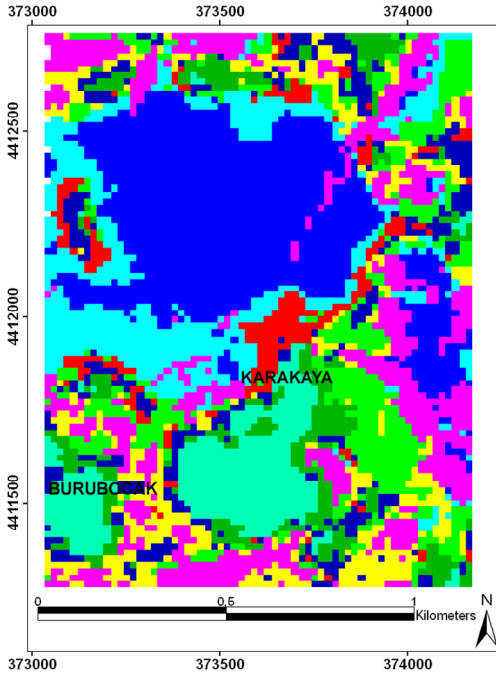
Şekil 6.47 Çalışma alanının Aster uydu verisi **RGB 321** görüntüsü



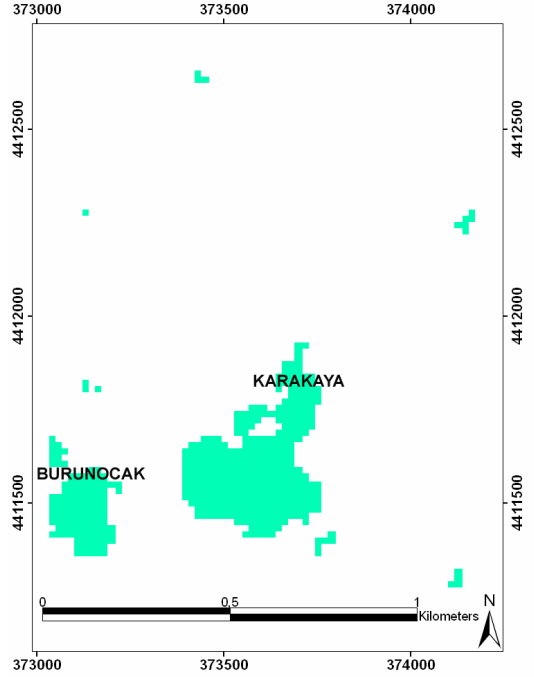
Şekil 6.48 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar sarı renktedir)



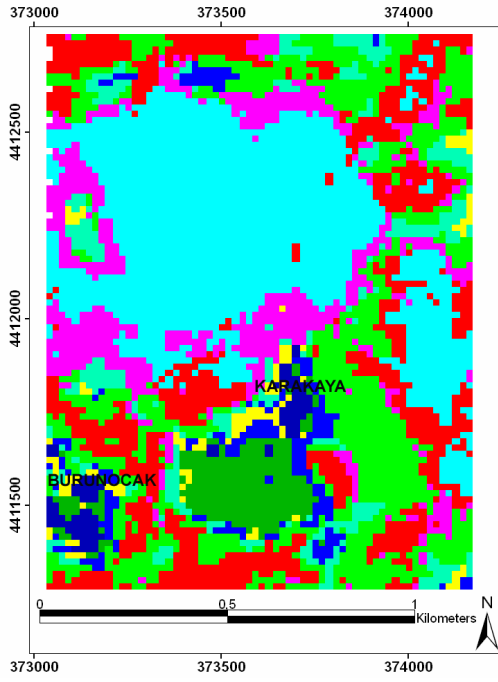
Şekil 6.49 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Sarı renkler: manyezit)



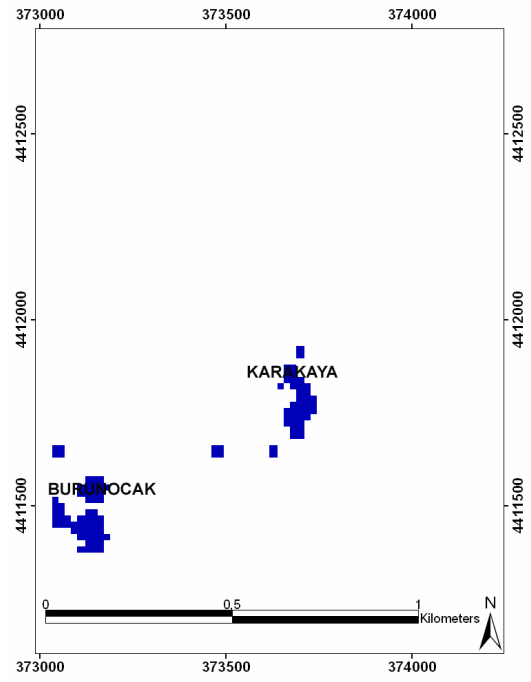
Şekil 6.50 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar yeşil renktedir)



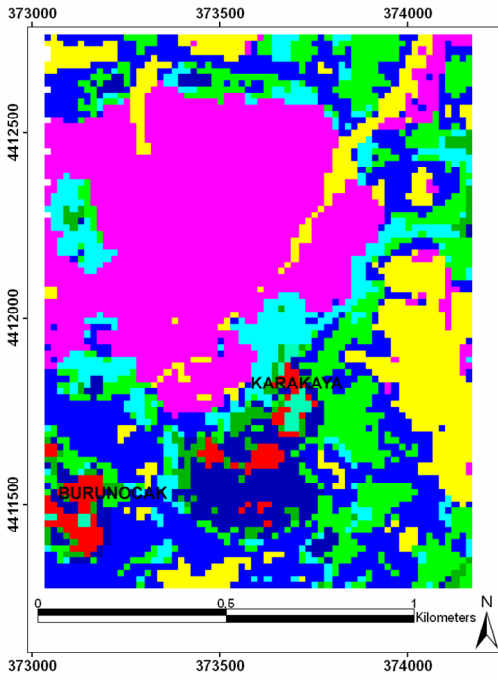
Şekil 6.51 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Yeşil renkler: manyezit)



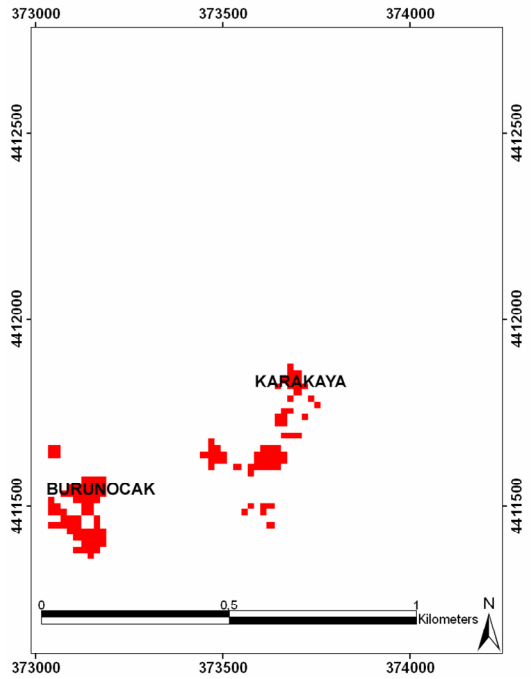
Şekil 6.52 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan K Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar mavi renktedir)



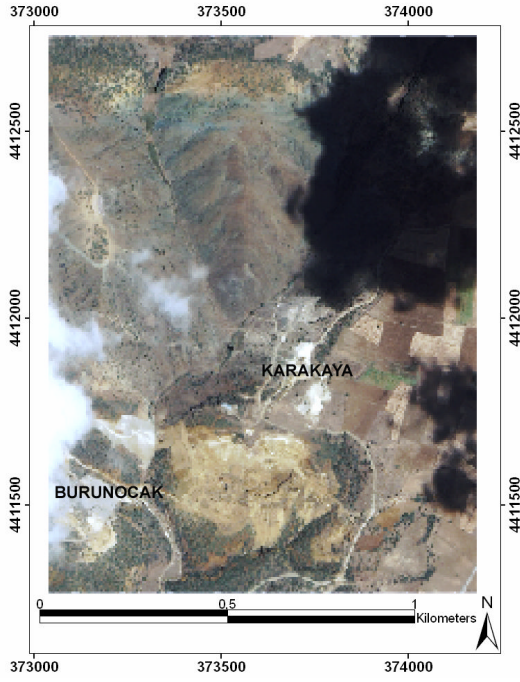
Şekil 6.53 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Mavi renkler: manyezit)



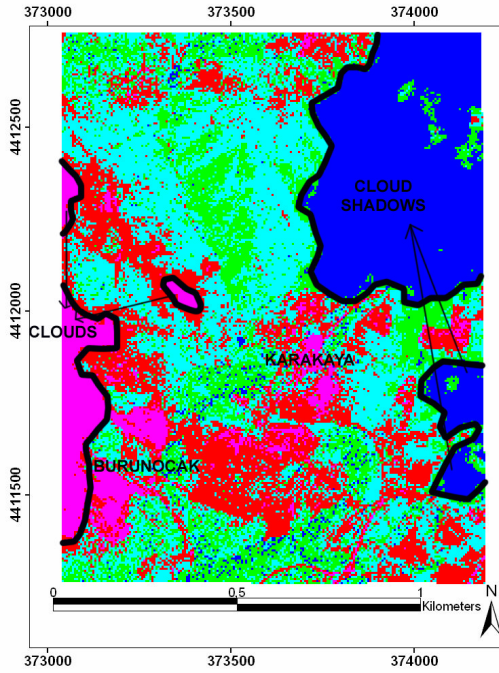
Şekil 6.54 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir)



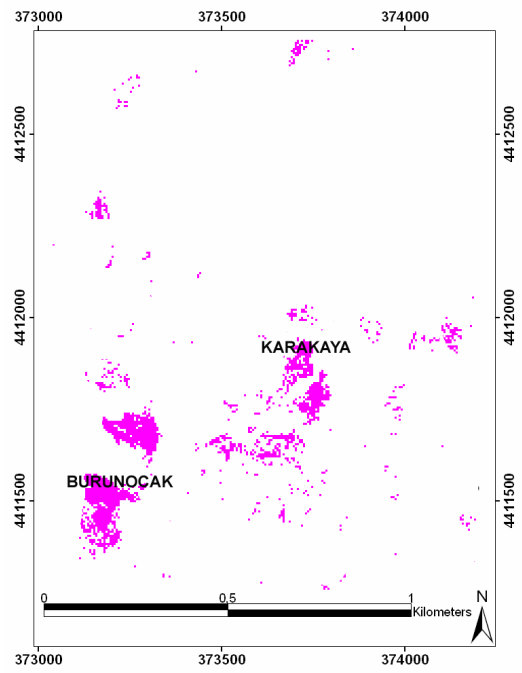
Şekil 6.55 Aster uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit)



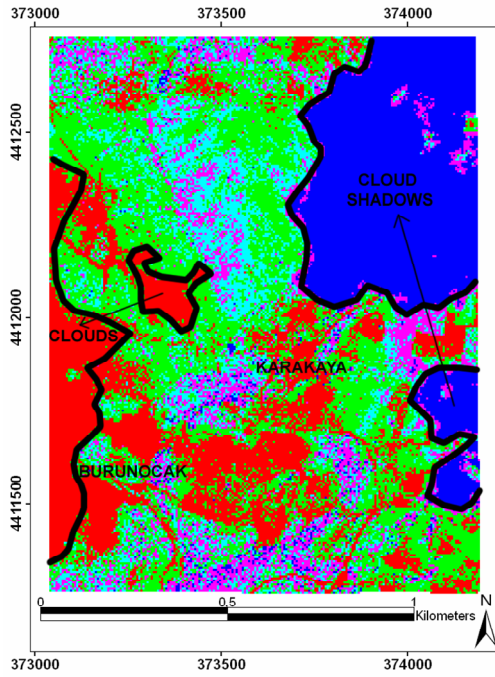
Şekil 6.56 Çalışma alanının Ikonos uydu verisi **RGB 123** görüntüsü



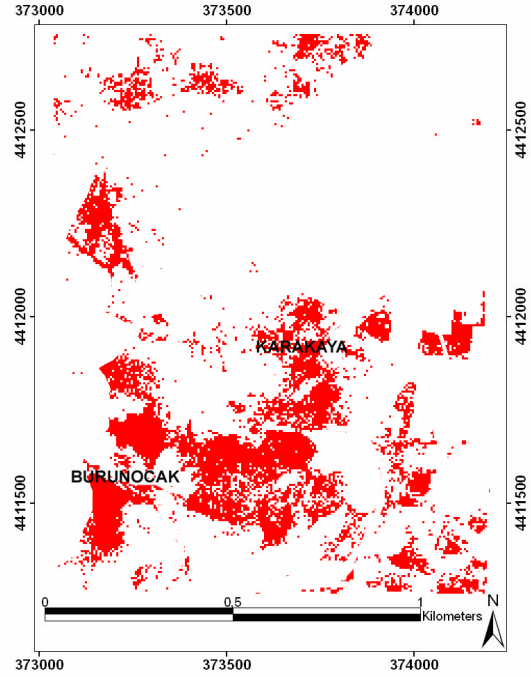
Şekil 6.57 Ikonos uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar pembe renktedir)



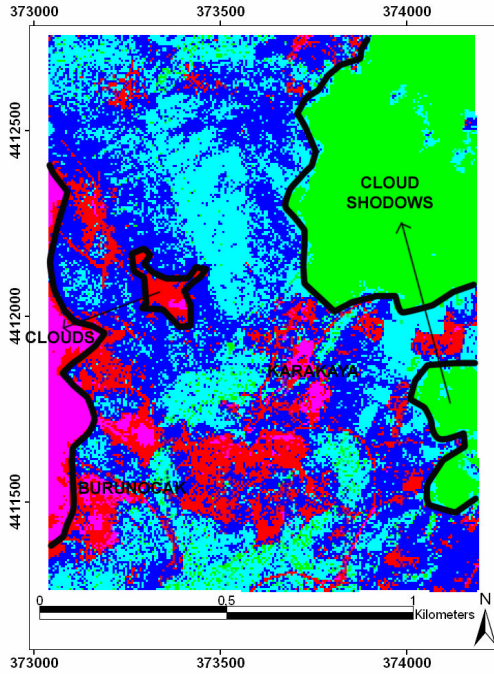
Şekil 6.58 Ikonos uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Pembe renkler: manyezit)



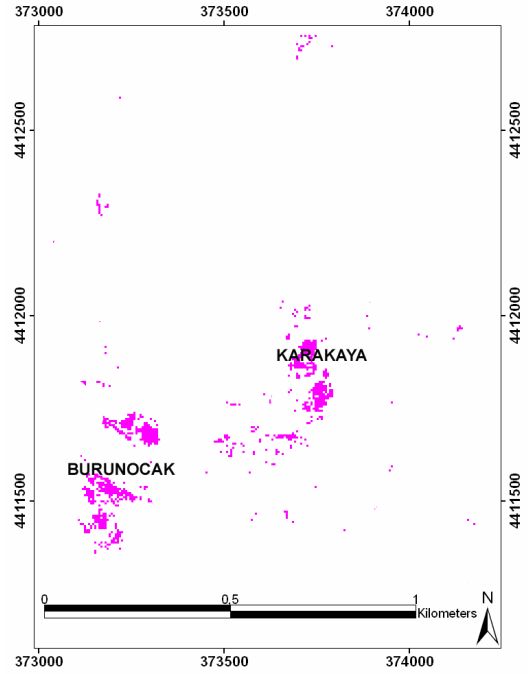
Şekil 6.59 Ikonos uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir)



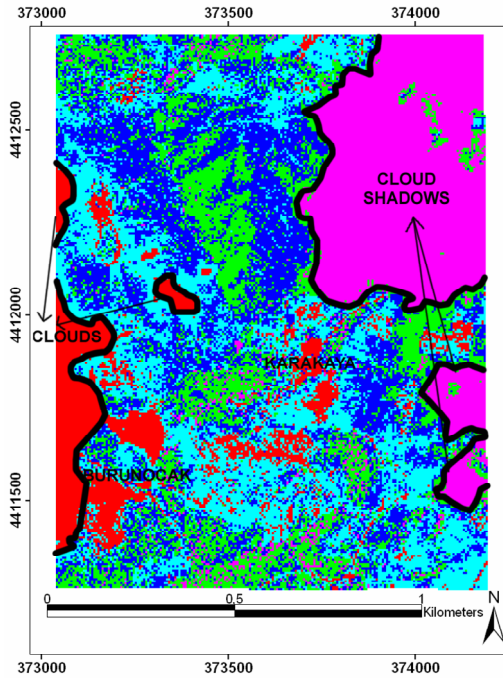
Şekil 6.60 Ikonos uydu verileri üzerinde uygulanan Isodata sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit)



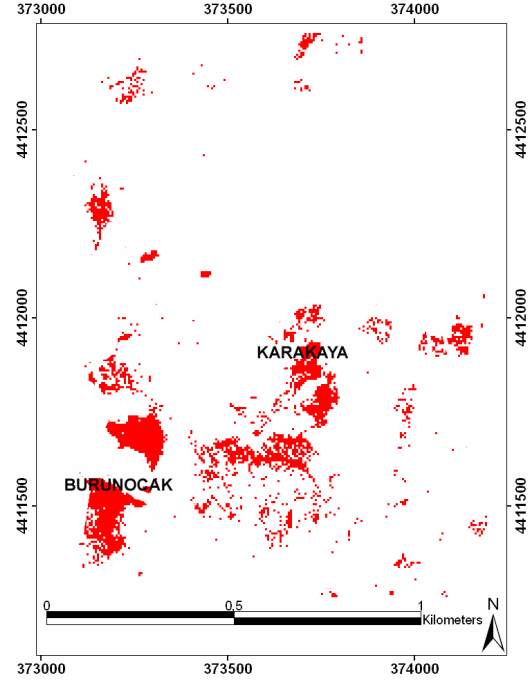
Şekil 6.61 Ikonos uydu verileri üzerinde uygulanan K Means sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar pembe renktedir)



Şekil 6.62 Ikonos uydu verileri üzerinde uygulanan Fuzzy C Means sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Pembe renkler: manyezit)



Şekil 6.63 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflaması (Manyezitçe zengin alanlar kırmızı renktedir)

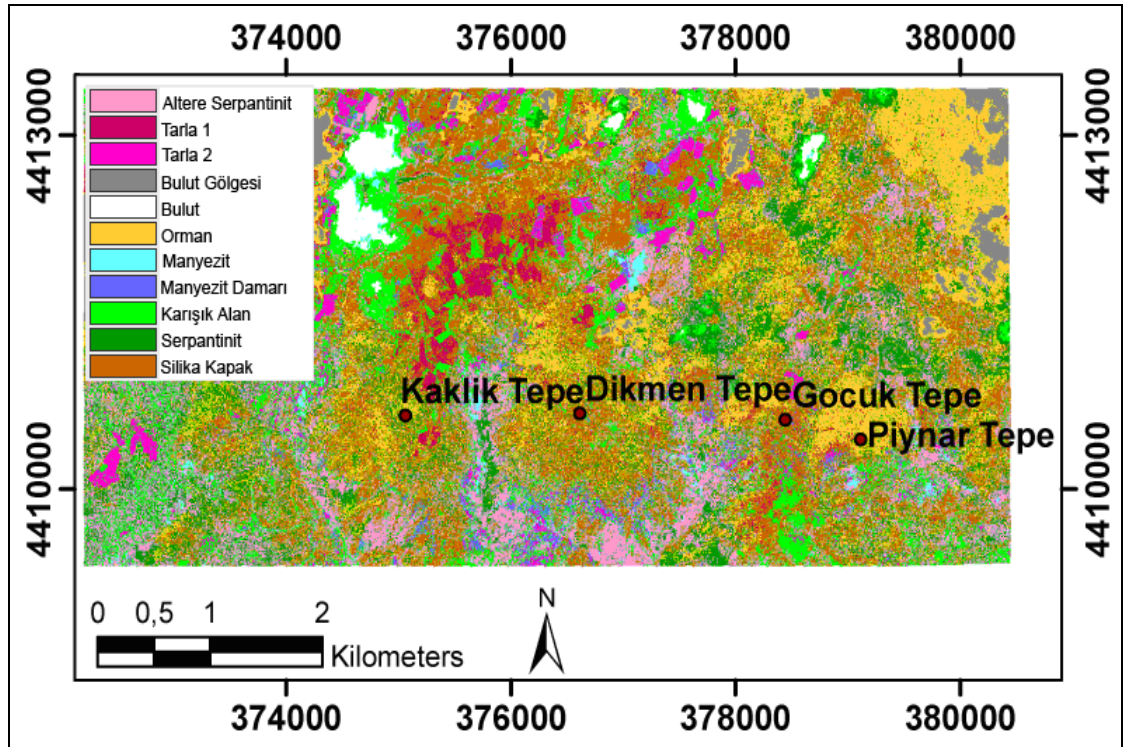


Şekil 6.64 İkonos uydu verileri üzerinde uygulanan Adaptive sınıflamasının ayıklanmış görüntüsü (Kırmızı renkler: manyezit)

6.8.2 Yönlendirilmiş Sınıflandırma

Görüntünün küçük bir kısmının kullanıcı tarafından tanımlandığı ve programın, diğer kısımları bu tanımlamaya göre yaptığı sınıflamadır. Arazi çalışması yapıldıktan sonra, elde edilen verilere göre (numune ve kontrol noktaları) birçok yönlendirilmiş sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. Landsat ve Asterde yapılan yönlendirilmiş sınıflandırma çalışmaları; çalışma alanının genelinde bitki örtüsünün yaygın olmasından dolayı iyi sonuçlar vermemiştir. Çözünürlüğünün iyi olması sebebiyle, Ikonos uydu verisinde yapılan Maximum Likelihood sınıflandırması, saha doğrulamaları gözönüne alındığında, diğer yönlendirilmiş sınıflandırma çalışmalarına göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Şekil 6.65).

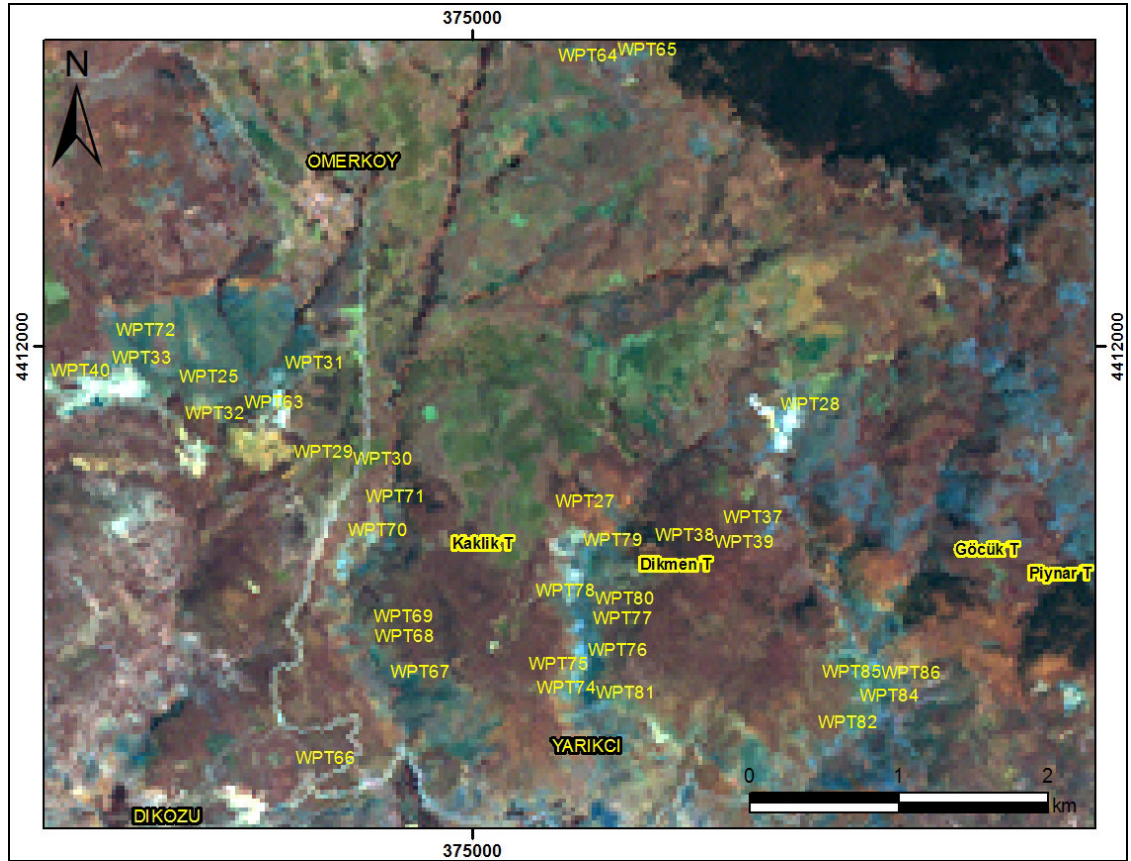
Bu görüntü de lejantta da belirtildiği gibi kahve tonundaki renkler silika kapakları, koyu yeşil serpantinitleri- eflatun ve tonundakiler altere serpantinitleri gösterirken turkuaz ve mavi tonundaki renkler ise manyezitleri göstermektedir.



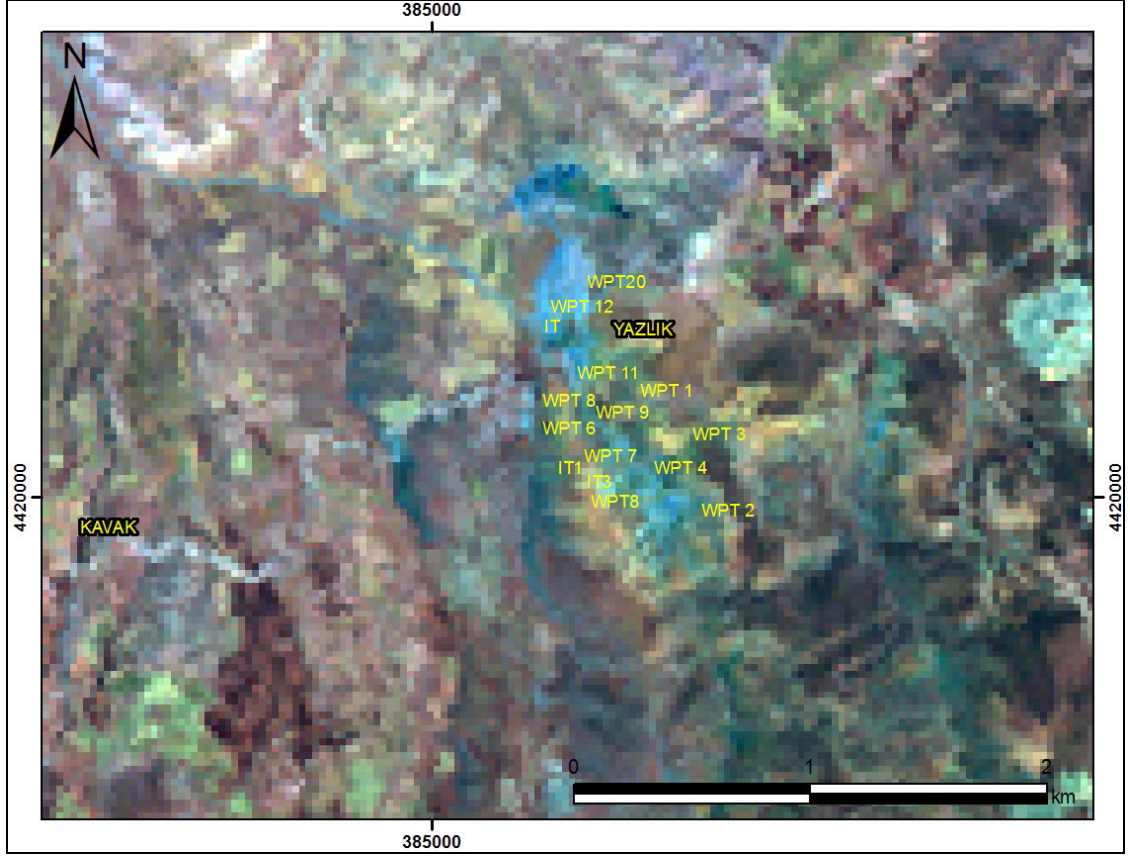
Şekil 6.65 Çalışma alanının Ikonos uydu verisine uygulanan Maximum Likelihood yönlendirilmiş sınıflandırma görüntüsü

6.9 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) (Geographic Information System-GIS) ile İlgili Çalışmalar

Coğrafi Bilgi Sistemi' nin temel çalışma prensibi belli bir coğrafi bölge için grafik (konumsal) ve öznitelik (grafik/konumsal olmayan) verilerinin ilişkilendirilerek farklı katmanlar halinde saklanması ve bu katmanları kullanarak istenilen sorgulamanın yapılmasına dayanmaktadır. Araziden alınan numunelerin yer kontrol noktaları ve açıklamaları ayrı katmanlar yerleştirilerek uydu üzerinde görüntülenmiştir. Bu da arazi için yorum yapmada kolaylık sağlamıştır (Şekil 6.66-6.67).



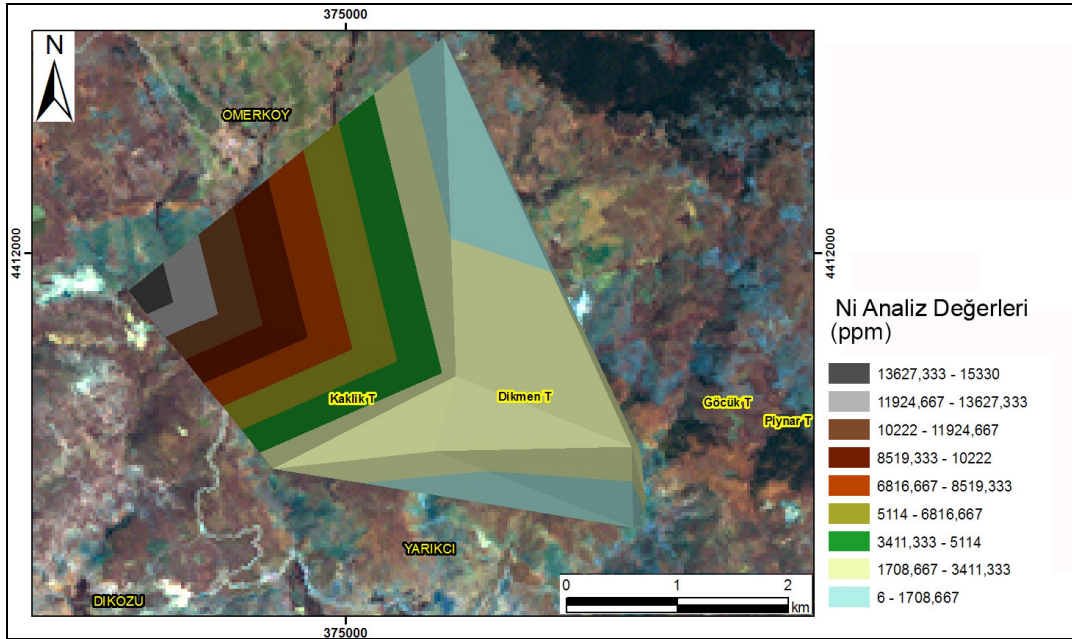
Şekil 6.66 Çalışma alanının Landsat RGB 531 üzerinde analiz yerleri



Şekil 6.67 Çalışma alanının Landsat RGB 531 üzerinde analiz yerleri

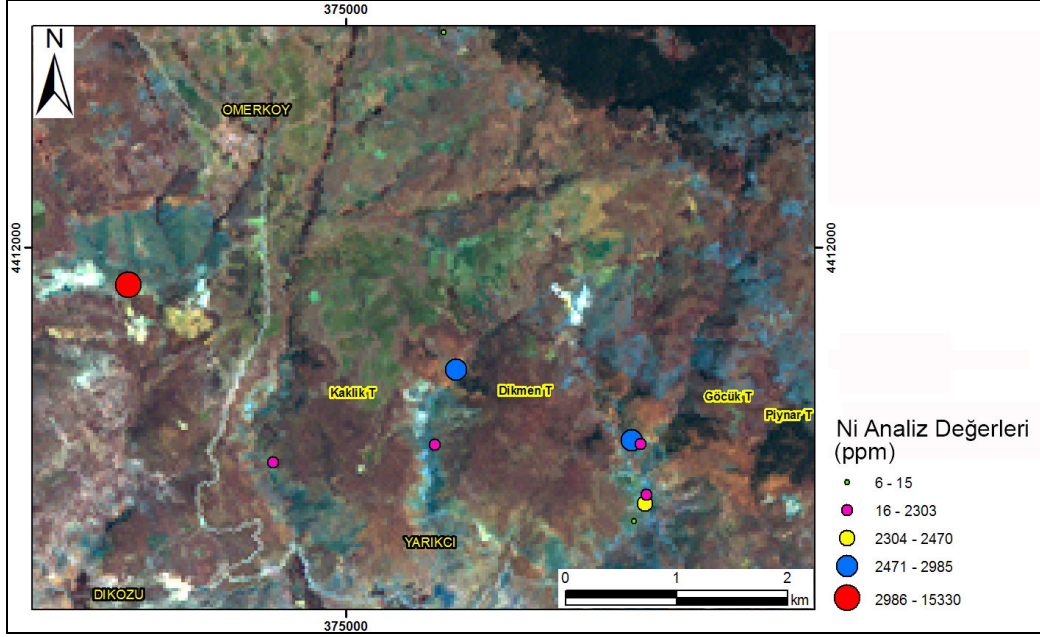
Bölgede, coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanarak, bölgede anomali veren değerlerde görülen Ni, Zn ve Co analiz değerlerine göre yapılan TIN haritasında, Ni, Zn ve Co anomolisinin Burçaközü'nde en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir.

Böyle bir haritalama yönteminde elde edilen değerlerden anomali verenler rahatlıkla belirlenebilmekte ve alan hakkında yorum yapmada kolaylık sağlamaktadır. Aşağıdaki TIN haritasına göre, Burçaközü'ne gittikçe diğer yerlere nazaran Ni değerinin arttığını söylemek mümkündür (Şekil 6.68). Numune sayısının azlığı beklenen TIN görüntüsünü çıkarmamakla birlikte Ni artan bölgeleri göstermesi açısından önemli görülmüştür.



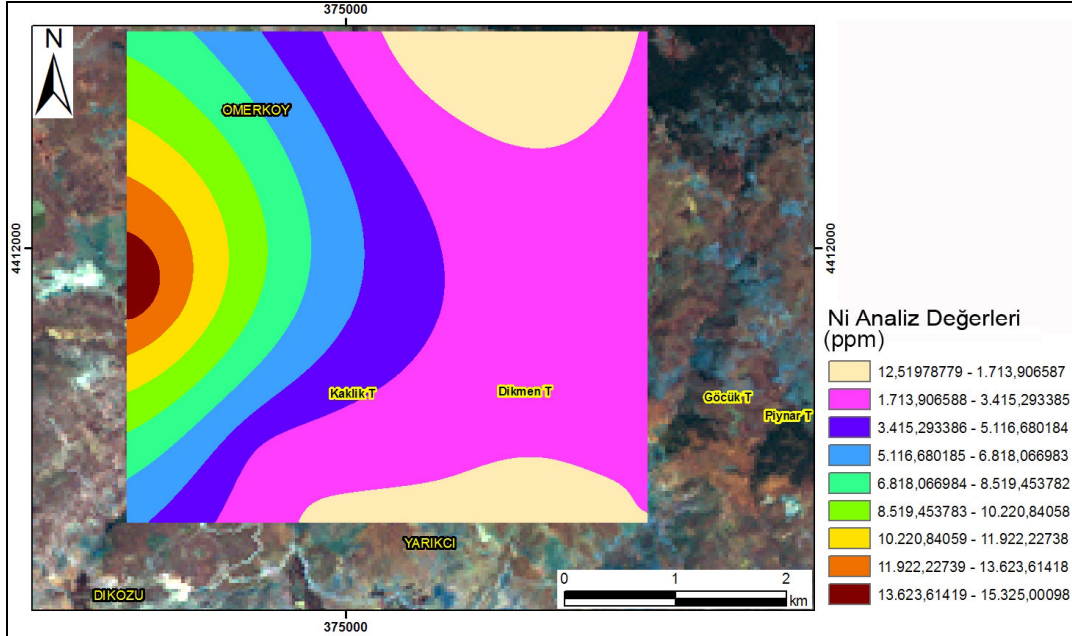
Şekil 6.68 Çalışma alanına ait Ni TIN haritası görüntüsü

Benzer şekilde, coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanarak, Ni analiz değerlerine göre yapılan tampon bölge haritasında, Ni anomolisinin Burçaközü'nde en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Böyle bir haritalama yönteminde elde edilen değerlerden anomali verenlerin yerleri rahatlıkla belirlenebilmekte ve alan hakkında yorum yapmada kolaylık sağlamaktadır. Aşağıdaki tampon bölge görüntüsüne göre, Ni değeri Burçaközü'nde en fazla değerde gözlenmektedir (Şekil 6.69).



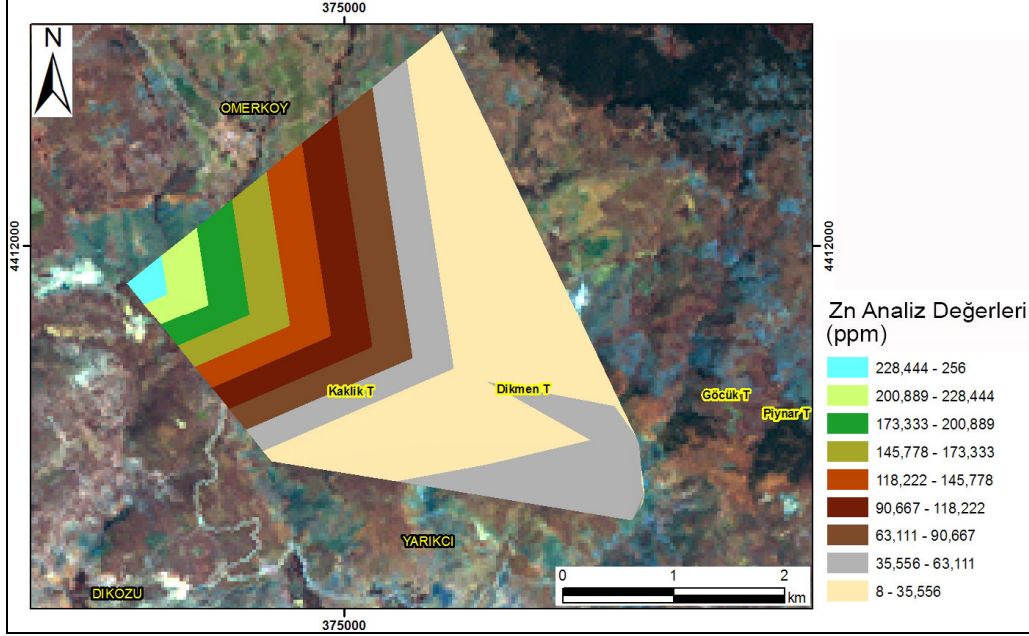
Şekil 6.69 Çalışma alanına ait örneklerden elde edilen Ni değerlerinin farklı sunumu

Coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanarak, Ni analiz değerleri için gridleme haritası yapılmış ve bölge için Ni değerlerinin nereye doğru artma eğilimde olduğunu gösteren harita elde edilmiştir. Bu harita, Ni değerlerindeki artışı kademeli olarak Burçaközü'ne doğru arttığını göstermektedir (Şekil 6.70).



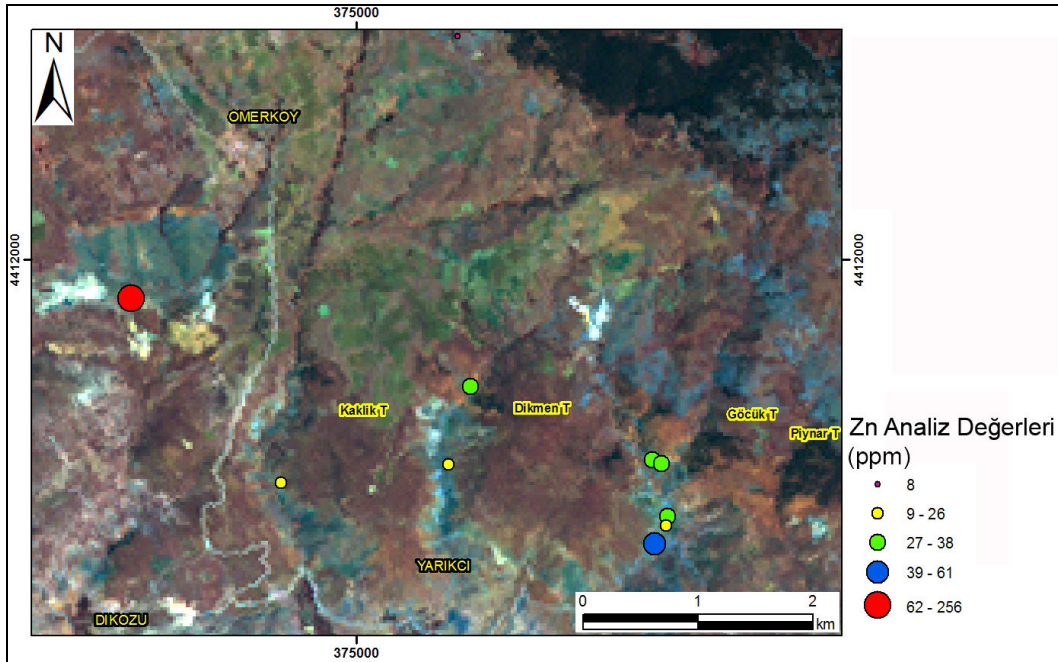
Şekil 6.70 Çalışma alanına ait Ni grid harita görüntüsü

Zn analiz değerlerine göre yapılan TIN haritasında, Zn anomolisinin benzer şekilde Burçaközü'nde en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Aşağıdaki TIN haritasına göre, Burçaközü'ne gittikçe Zn değeri artmaktadır (Şekil 6.71).



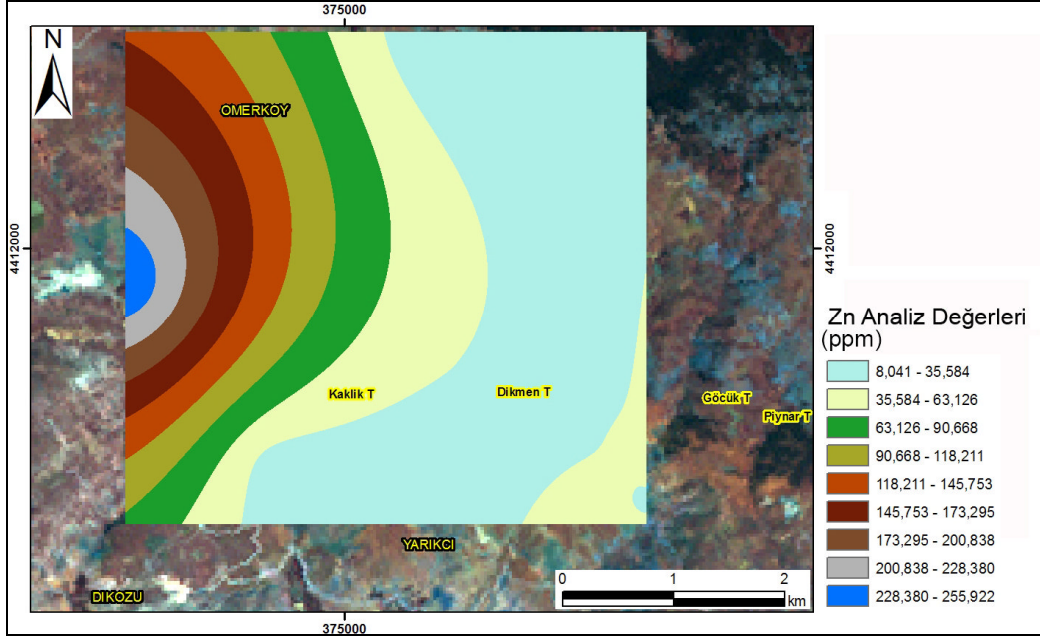
Şekil 6.71 Çalışma alanına ait Zn TIN görüntüsü

Zn analiz değerlerine göre yapılan tampon bölge haritasında, Zn anomoli değerinin Burçaközü'nden alınan numunede en yüksek değerde görülmektedir (Şekil 6.72).



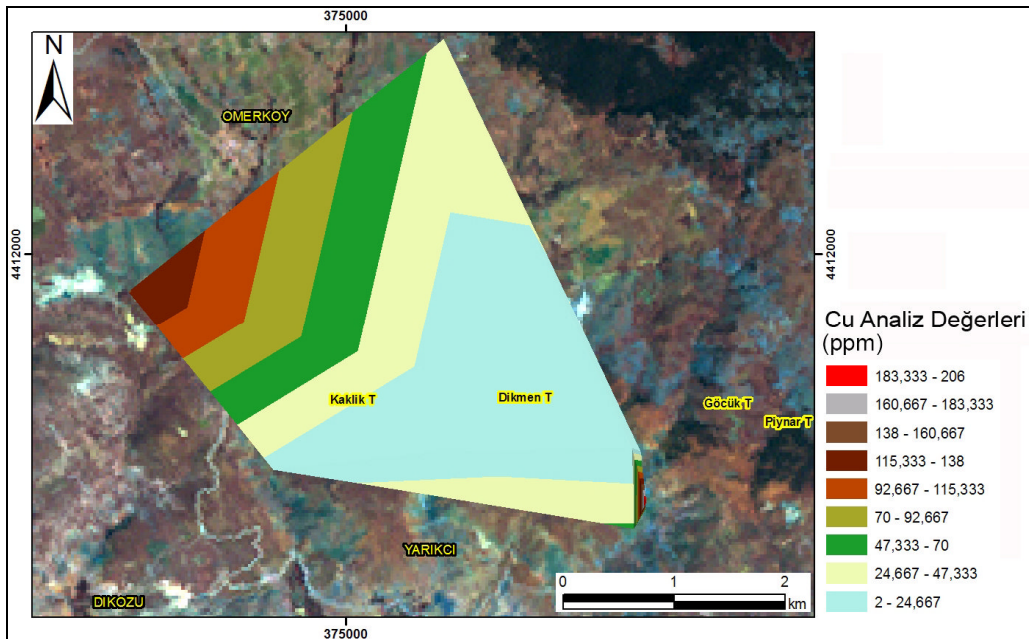
Şekil 6.72 Çalışma alanına ait örneklerden elde edilen Zn değerlerinin farklı sunumu

Zn analiz değerleri için gridleme haritası yapılarak bölge için Zn değerlerinin nereye doğru artma eğiliminde olduğunu gösteren harita elde edilmiştir. Zn değerlerindeki artışı kademeli olarak Burçakközü'ne doğru arttığını göstermektedir (Şekil 6.73).



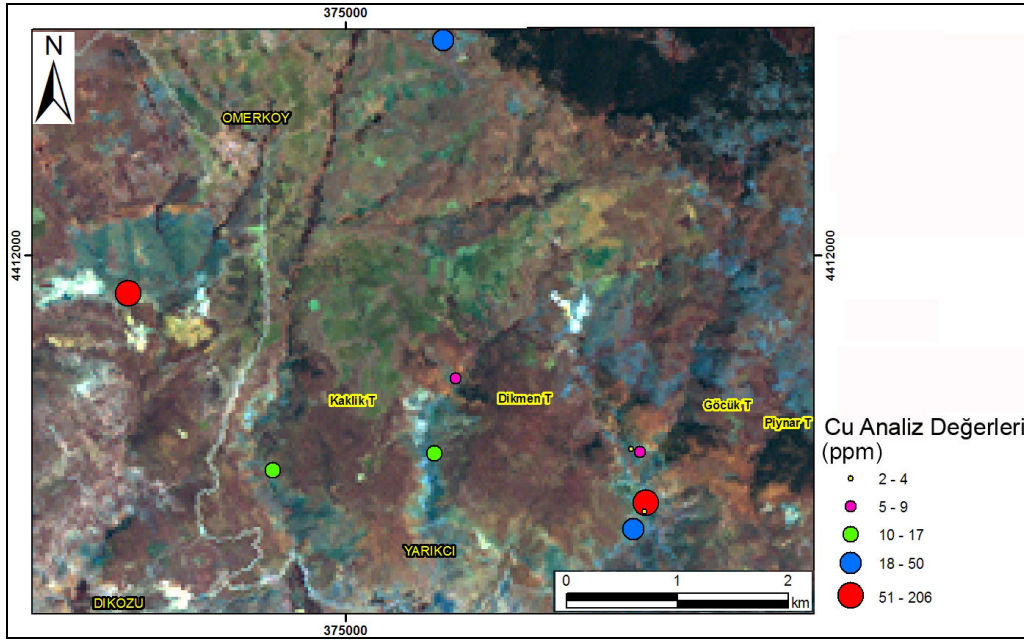
Şekil 6.73 Çalışma alanı ait Zn grid harita görüntüsü

Cu analiz değerleri için TIN haritası yapılarak bölge için, Cu değerlerinin en fazla Burçakközü'n'de ve en fazla da Hamamdere'de olduğu görülmektedir (Şekil 6.74).



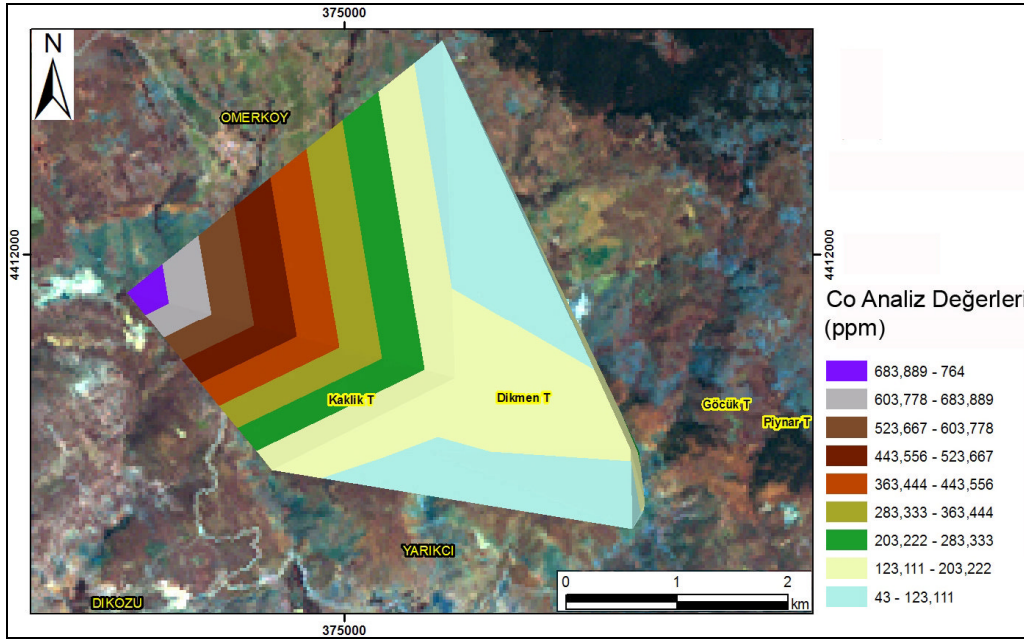
Şekil 6.74 Çalışma alanına ait Cu TIN görüntüsü

Cu analiz değerleri ile yapılan tampon bölge haritasında, Cu anomali değerinin Burçaközü'nden alınan numunede en yüksek değerde görülmektedir (Œekil 6.75).



Œekil 6.75 alıŒma alanına ait örneklerden elde edilen Cu değerlerinin farklı sunumu

Co analiz değerleri için TIN haritası yapılarak bölge için, Co değerlerinin en fazla Burçaközü'de olduğu görülmektedir (Œekil 6.76).



Œekil 6.76 alıŒma alanına ait Co TIN görüntüsü

7. SONUÇLAR

Çalışmamızın esas amacı bölge jeolojisini yapmak olmamakla birlikte sahada elde edilen verilerin daha önceki çalışmalara büyük ölçüde uyum sağladığı görülmüştür. Ancak, özellikle MTA tarafından yapılan haritada Triyas yaşlı olarak tanımlanan listvenitlerin, yanlış yorumlandığı kanaati hasıl olduğundan, tarafımızdan yapılan stratigrafik kolonda (Şekil 2.9) serpantinleşmeden sonra oluştuğu belirtilmiştir.

Bölgede birçok yerde belirlenen kromit-manyezit cevherleşmeleri, ultramafik kayalarda hidrotermal alterasyon sonucu oluşan nikel zenginleşmeleri bölgede belirlenmiş maden yatak ve zenginleşmeleridir. Ayrıca yer yer rastlanan listvenitler de silis ve karbonat alterasyonu geçirmiş serpantinler olması, bölgede hidrotermal solusyonların etkili olduğunu göstermektedir. Sahada hakim olan ultramafik-mafik kayaların kümülat gurubuna mensup kayalar olduğu ve içerdiği kromit cevherleşmelerinin tektonitlerde olduğu gibi dağılım olarak çok büyük boyutlarda olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki şiddetli hidrotermal alterasyonun izleri başta Kocadere-Yayladere-Hamamdere olmak üzere birçok alanda gözlenmiş ve liçing sebebiyle üst kısımlarda silika zengin bir kapağın, alt kısımlarda da Ni zenginleşmelerinin olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki manyezitlerin serpantinleşme sonrası oluşan elek dokusuna, silika kapak altına ve fay çatlaklarına yerleşmesi de bölgede gerçekleşen hidrotermal alterasyonun belirgin göstergeleridir.

Burçaközü'nde, taşınmış olarak görülen, oldukça kırılğan ve dunitik bir zarfa sahip olmayan ikincil kromit zenginleşmelerinin de bu şiddetli hidrotermal alterasyon sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Bölgedeki en genç birimler ise kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

Çalışma alanındaki kromitler, masif, tabakalı ve nodüler zenginleşmeler şeklinde; manyezitler ise damar, ağ, filon, blok ve karnabahar şeklinde gözlenmektedir.

Jeokimyasal analizlere göre, peridotitlerin, ana kimyasını SiO_2 , MgO ve Fe_2O_3 oluşturmaktadır. Ultramafik kayaların dekompozisyonu ile açığa çıkan MgO köklerinin MgCO_3 (manyezit) oluşumunda, SiO_2 ve Fe_2O_3 köklerinin ise sahada sık görülen demirce zengin silika kapakların oluşmasında kullanıldığı görülmüştür.

Gabro ve diyabaz dayklarında belirlenen yüksek Na_2O ve K_2O değerleri, bu kayaların okyanus ortamında sodyum ve potasyum metasomatizmasına uğradığının göstergeleridir.

Debon ve Le Fort, 1983 tarafından hazırlanan diyagramda; diyabaz daykları ve gabro metalüminyumlu bölgeye düşmektedir.

$\text{MgO-CaO-Al}_2\text{O}_3$ diyagramda (Coleman 1977) mafik ve ultramafik kayaların konumuna göre gabro ve diyabaz daykları mafik kümülat alanına düşerken, ultramafik kayaların (dunit, harzburjit, altere serpantinitle) metamorfik peridotitler ile ultramafik kümülat alanına düştüğü görülmüştür.

Gabro ve diyabazlarda LILE (Large Ion Lithophil Elements) (Sr, K, Rb, Ba) nin HFSE (High Field Strength Elements) (Ta, Nb, Zr, Ti,) göre yüksek değerler vermesi, incelenen ofiyolitlerin bazaltik yay magmalarından üretilen dalma batma zonu ofiyoliti olduğunu göstermektedir (Rollinson 1993, Özen ve Sarıfakıoğlu 2002).

Ayrıca analizlerde Au değerleri de anomali vermektedir.

Yapılan analizlerde, Cr_2O_3 oranının % 49 olması, bölgedeki kromitin metalurjik olduğunu düşündürsede, kromit içindeki Fe_2O_3 oranının, ortalama bir değer olan % 8'den fazla çıkması ise incelenmeye değer bir konu olarak düşünülmektedir. İkincil kromitin fazla miktarda SiO_2 içermesi, kromitlerin bölgeye taşınarak geldiğini gösteren bir delil olarak düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki ofiyolitik kayalara ait major, iz, nadir toprak elemanı analizleri tektonik ortam diyagramlarına aktarıldığında da, bu kayaların dalma-batma zonu ofiyolitleri olduğu anlaşılmıştır. Sonuçta, arazideki ofiyolitler, Geç Triyas- Erken Kretase zaman aralığında oluşan Neotetis Okyanusunun kuzey kolu olan İzmir-Ankara Okyanusundaki okyanus içi dalma-batma zonunun ürünleri olarak yorumlanmıştır. (Tekeli 1981, Gautier 1984, Bragin and Tekün 1996).

Bölgede yapılan çeşitli uydu çalışmalarının, özellikle manyezitçe zenginleşmiş bölgelerin ve kromitçe zengin ultramafik yan kayaların yerlerinin belirlenmesinde etken olduğu görülmüştür.

Çalışma alanının, Sayısal Yükseklik Modeli'nin yardımı ile hazırlanan üç boyutlu görüntüleri, araziye gitmeden arazinin genel yapısı hakkında bilgi vermiştir. Uydu görüntüsü giydirilmiş bu üç boyutlu görüntüler, arazi çalışmaları öncesi ve sonrasında arazinin kolay tanınmasını ve yorum yapılmasını sağlamıştır.

İkonos, Aster ve Landsat uydularından çözünürlüğü en iyi olan İkonos uydu verileri küçük alan incelemelerinde Aster ve Landsat'a göre çok daha iyi görüntüyü vermektedir. Buna karşılık bölgeyi genel olarak yorumlamak için Landsat ve Aster gibi uyduların daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Bölgeye ait SRTM verilerinin üç boyutlu görüntüleri, çalışma alanındaki fay hatlarını ve direnç sistemini temel hatlarıyla ayrıntılı olarak göstermiş, bölgeye yerleşen manyezitlerin muhtemel yerlerini belirlemede çok faydalı olmuştur.

Landsat, Aster ve İkonos uydu verileri kullanılarak elde edilen çeşitli RGB kompozitleri, bölgedeki kayaların, bitkilerin ve altere alanların sınırlarını net olarak göstermektedir. Özellikle, manyezitçe zengin bölgelerin, ultramafik alanların ve silikaca zengin bölgelerin bütün uydu çalışmalarında tanımlandığı görülmektedir. Aynı bölgeler, sınıflandırma çalışmalarında da kusursuz olarak belirlenmiştir. Özellikle manyezit, silika kapak ve serpantinleşmiş bölgelerin verdiği benzer renkler kolayca tanınmalarını sağlamıştır.

Filtreleme çalışmalarında özellikle silika kapak sınırları tam olarak belirlenmiştir. Yapılan birçok filtreleme çalışması sonucunda “kenar belirginleştirme” filtreleme tekniği silika kapakları ön plana çıkarmış olduğu için kullanılması en uygun filtreleme çalışmalarından biri olduğuna karar verilmiştir. Özellikle Landsat’ta yapılan kenar belirleme filtresi, farklı RGB kompozitleri eşliğinde bölgede bulunan silika kapakların ve manyezitçe zengin bölgelerin belirlenmesini çok net olarak sağlamıştır. Tüm bu çalışmalar; yapılan saha gözlemleri ve alınan numunelerle doğrulanmıştır. Ayrıca uygulanan kenar belirginleştirme filtresi ile bölgedeki çizgisellikler çizilerek hem tek bant, hem de RGB bant kombinasyonları üzerinde gösterilmiştir.

Landsat, Aster ve Ikonos uydu verileri üzerinde bant oranlamaları yapılmış ve özellikle Ikonos’ta yapılan demir analizleri bölge için olumlu sonuçlar vermiştir.

Yapılan temel bileşen ve dekorelasyon gemesi analizlerinin sonucunda, hem Aster, hem de Landsat görüntülerinde silika kapaklar, manyezitler ve serpantinleşmiş ultramafik kayalar net olarak birbirinden ayrılmıştır. Ikonos’ta yapılan temel bileşen ve dekorelasyon gemesi analizinde, çözünürlüğünün çok iyi olması nedeniyle bu birimler birbirinden çok net olarak ayrılmıştır.

Yönlendirilmiş ve yönlendirilmemiş sınıflama çalışmaları sonucunda, arazideki farklı birimlerin birbirlerinden kolaylıkla ayrılması sağlanmıştır. Bölgeye gidilmeden önce o bölgelerdeki birimler sınıflandırılmış ve ön bir bilgiye sahip olunmuştur. Çalışılan bölgeye gidildikten sonra elde edilen bu bilgiler gerçekleriyle karşılaştırılmış, bunların büyük ölçüde doğrulukları ispatlanmış ve gösterilmiştir.

Sınıflandırma çalışmalarında, Landsat, Aster ve Ikonos uydu verilerine uygulanan Fuzzy C Means, Isodata, Adaptive ile K Means yönlendirilmemiş sınıflandırma çalışmaları, diğer yönlendirilmemiş sınıflandırma çalışmalarından, bölgede çalışma alanına yönelik olarak oldukça faydalı sonuçlar vermiştir. Ayrıca, bu yönlendirilmemiş sınıflandırma çalışmaları, manyezitçe zengin alanların yerlerinin belirlenmesinde oldukça yararlı olmuştur. Özellikle Ikonos’ta uygulanan bu yönlendirilmemiş sınıflandırma çalışmaları, çözünürlüğün Landsat ve Aster uydu verilerindeki çözünürlüğe

göre çok daha iyi olması sebebiyle, sınırların daha hassas biçimde belirlenmesini sağlamıştır.

Çalışma alanının Ikonos uydu verisi üzerinde uygulanan yönlendirilmiş sınıflandırma çalışmalarından en iyi sonucu Maximum Likelihood yönlendirilmiş sınıflandırması vermiştir. Bu sınıflandırmada, çalışma alanındaki birimler çok net bir şekilde birbirlerinden ayrılmıştır. Landsat ve Asterde yapılan yönlendirilmiş sınıflandırma çalışmaları, çalışma alanının genelinde bitki örtüsünün yaygın olmasından dolayı iyi sonuçlar vermemiştir. Bu yüzden Landsat ve Asterde yapılan yönlendirilmiş sınıflandırma çalışmalarına yer verilmemiştir.

Bölgede, coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanarak, bölgede anomali veren değerlerde görülen Ni, Zn ve Co analiz değerlerine göre yapılan TIN haritasında, Ni, Zn ve Co anomolisinin Burçaközü'nde en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Cu anomolisinin ise Hem Burçaközü hem de Hamamdere'de yüksek değerler verdiği görülmüştür. Bölgede Ni zenginleşmesinin görülmesi, mevcut ultrabazik kayaların liçingi-süzülmesi ile oluşmasına bağlanmıştır. Bununla birlikte, bölgede mevcut Co, Cu ve Zn artışlarının, yakın çevrede bulunan granitik bir kayaca bağımlı hidrotermal solusyonların etkisiyle oluştuğu izlenimini vermektedir.

Sonuç olarak, seçilen uydu verilerinin, uygun programlar eşliğinde zenginleştirilmesi, işlenmesi ve sorgulanması ile yapılan çalışmaların, büyük emek ve mali destek gerektiren jeoloji ve maden çalışmalarında, zaman ve para tasarrufu açısından çok etkin olarak kullanıldıkları görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abrams, M.J., Brown, D., Lepley, L., Sadowski, R. 1983. "Remote Sensing for Porphyry Copper Deposits in Southern Arizona" *Economic Geology* 78, 591-604.
- Aydal, D., 1990; Cevherdeki Toplam Demir Yüzdesinin XRD-floresans Radyasyon Şiddeti Yardımıyla Kantitatif Olarak Bulunması. 133-152.
- Barutoğlu, Ö. H. 1960. The Eskişehir chrome region with special reference to the Sazak mine (Turkey). *Symposium on Chrome Ore, Cento, Ankara*, pp. 146-156. M.T.A. Rep. No. 985.
- Baştaoğlu, D. 1974. Eskişehir Mihaliçcik Dolaylarının Krom Prospeksiyon Rp. 5252.
- Batchelor, B. and Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48,43-55.
- Bovik, A., Clark, M. and Geisler, W. 1990. Multichannel texture analysis using localized spatial filters. *IEEE trans. Pattern Anal. Mach. Intel*, 12(1), pp.55-73.
- Boyalı, İ. 1984. Yunusemre-Karaçam-Doğray-Karkın-Karaburhan-Dümrek (Mihaliçcik-Sivrihisar-Eskişehir) yöresi Nikel-Kobalt prospeksiyon raporu. M.T.A. rap.no: 7589. Ankara.
- Boyalı, İ. ve Koç, İ. 1986. Dinözü-Yarıklı-Hamidiye-Bahtiyar-Kavak- Beyköy (Mihaliçcik/Eskişehir) Yöresi Nikel-Kobalt prospeksiyon raporu. M.T.A. rap.no: 8016. Ankara.
- Bragin, N. Y. and Tekün, U.K. 1996. Age of radiolarian-chert blocks from the Senonian ophiolitic m.lange (Ankara, Turkey). *The Island Arc* 5, 114-122.
- Brinkmann, R. 1966. Geotektonische Gliederung von West-Anatolien. *N.Jb. Geol. Palaont. Mh.*, pp. 603-618.
- Buisson, G. and Leblanc, M. 1985. Gold-bearing listwaenites (carbonatized ultramafic rocks) from ophiolite complexes; Centre Geologique Et Geophysique, Université Des Sciences Et Techniques Du Languedoc, Montpellier. France.
- Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Pres.
- Campbell, N. A. 1980. "Robust Procedures in Multivariate Analysis I: Robust Covariance Estimation", *Applied Statistics*, 29 , 231-237.
- Coleman, R.G. 1977, *Ophiolites*: New York, Springer Verlag, 229 p, New York.

- Congalton, R.G., Oderwald, R.G., and Mead, R.A. 1983. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49, 1671–8.
- Crosta, A. and Moore, J. McM. 1989. Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: a prospecting case history in Greenstone belt terrain. In: *Proceedings of the 7th ERIM Thematic Conference: Remote sensing for exploration geology*, pp. 1173-1187.
- Çoğulu, E. 1967. Etude Petrographie de la region Mihaliçcık: Schweiz. *Min.Petrog., Mitt*, 47, 683 - 824.
- Daugman, J. G. 1985. Uncertainty relation for resolution in space, spatial-frequency, and orientation optimized by two- dimensional visual cortical filters. *Journal of the Optical Society of America A*, 2(7), 1160-1169
- Debon, F., and Le Fort, P., 1983. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions Royal Society of Edinburg, Earth Sciences*, 73, 135-149.
- Eastman, J.R. 2003. *IDRISI Kiimanjaro: Guide to GIS and Image Processing*. Manuel version 14.0.
- Erentöz, C. 1975. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası: Erentöz, C. der., MTA Enst., Yayl., Ankara.
- Friedl, M.A. and Brodley, C.E. 1997. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data, *Remote Sensing of Environment*, vol. 61, pp. 399-409.
- Gautier, Y. 1984. Deformations et metamorphismes associes a la fermeture Thyssienne en Anatolie Centrale (Region de Sivrihisar, Turquie):Tez, Paris Üniv., centre Dorsay.
- Gong, P. and P.J. Howarth. 1990. A graphical approach for the evaluation of land-cover classification procedures. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 11, No. 5, pp. 899-905. (a)
- Gong, P. and P.J. Howarth. 1990. The use of structural information for improving land-cover classification accuracies at the rural-urban fringe. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 56, No. 1, pp. 67-73. (b)
- Gözler, M., Cevher, F. ve Küçükayman, A. 1985. Eskişehir civarının jeolojisi ve sıcak su kaynakları. *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü derg.* No: 103-104, Ankara.

- Gözler, M.Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H.J. 1996. Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:9973, 87s. Ankara (yayımlanmamış).
- Guilbert, J.M. and Park, C.F., JR. 1986. The Geology of Deposits. W.H. Freeman and Company, 985 pp.
- HAT (Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri) <http://www.hatgis.com.tr/> Erişim tarihi: 17.06.2006.
- Hegelson, H.C. Garrels, R.M. and Mackenzie, F.T. 1969, Evaluation of irreversible reactions in geochemical processes involving minerals and aqueous solutions-II. Applications: Geochim. Cosmochim. Acta, 33, 455-481.
- Howarth, Ian D. Prinja, Raman K., Massa, Derck. 1995. The IUE MEGA Campaign: The Rotationally Modulated Wind of z Puppis. The Astrophysical Journal, 452:L65-L68, 10 October 1995.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8: 523-548.
- Kalinowski, A. and Oliver, S. 2004. ASTER Mineral Index Processing Manual Compiled www.ga.gov.au/image_cache/GA7833.pdf Erişim zamanı: Haziran 2006.
- Kaufman, H. 1988. Mineral exploration along the Agaba-Levant structure by use of TM-data concepts, processing and results. International Journal of Remote Sensing, 9: 1630-1658.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 1994. Remote Sensing and Photo Interpretation, 3rd. ed. John Wiley and Sons: New York. 750 p.
- Lillesand, M.T. and Kiefer, W.R. 2000. 'Remote Sensing and Image Interpretation', Jhon Wiley and Sons, Inc. New York.
- Lisenbee, A. 1971. The Orhaneli ultramafic-gabbro thrust sheet and its surroundings: Campbell, A.S., ed., Geology and history of Turkey pet. da., Explor. Soc.Libya, Tripoli, 349 - 360.
- Loughlin, W.P. 1991. Principal Component Analysis for alteration mapping. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 57: 1163-1169.
- Nebert, V.K., Brosch, FJ. and Mort, W. 1986. Zur geologie und platten tektonischen entwicklung eines vvestlichen teilabschnittes der Anatoliden-Pontiden sütün: Jb.geol. B.A.
- Okay, A.İ. 1980. The petrology of blueschists in northvest Turkey, northeast of Tavşanlı: Doktora tezi (yayımlanmamış), Cambridge Üniv., İngiltere.

- Okay, 1981. Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin jeolojisi ve mavi şist metamorfizması: TJK. Bült., 24, 85-95.
- Okay, 1984. Distribution and characteristics of the northwestern Turkish blueschist: Robertson, A.H.F. ve Dixon, J.E., ed., The geological evolution of the eastern Mediterranean da., Geol.Soc.London, 297 - 308.
- Özen, H. ve Sarıfakıoğlu, E. 2002. Dağküllü Ofiyoliti ile Sivrihisar (Eskişehir) Dolayındaki Ofiyolitlerin Petrografisi ve Jeokimyası. MTA .
- Tekeli, O. 1981, Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey : Geology, 9, 68 - 72.
- Tomlin, C.D. 1990, Geographic Information Systems and Cartographic Modeling (Prentice Hall).
- Vaidyanathan, P. P. and Nguyen, T. Q. March 1987. "A 'trick' for the design of FIR half-bant filters," IEEE Trans. on Circuits and Systems, vol. 34, pp. 297-300.
- Penrose Konferansı, 1973. On the Symposium on ophiolites in the earths crust: Geological Nevvsletter, 3, 8.
- Ramoser, H., Müller-Gerking, J. and Pfurtscheller, G. 2000. Optimal spatial filtering of single trial EEG during imagined hand movement IEEE Trans. Rehabil. Eng. 8 441-6.
- Rollinson, H.R. 1993. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons, 352 pp.
- Sarız, K. 1990. Türkmentokat-Karatepe (Eskişehir) manyezit yataklarının oluşumu MTA Dergisi Sayı 110 Sayfa 77-97 Öz
- Sarkar, A., Basu, S., Varma, A. K. and Kshatriya, J. 2002. Autocorrelation analysis of ocean surface wind vectors, Proc. Indian Acad. Sci. 111 297-303.
- Singh, A. and Harrison, A. 1985. Standardized principal components. International Journal of Remote Sensing, 6: 883-896
- Şengör, A. M. C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. 1983. Türkiye'deki Tetisin evrimi ve levha tektoniği açısından bir yaklaşım: Türkiye Jeol. Kur. Yerbilimleri özel dizisi.
- Şengör, A. M. C. 1993. Some current problems on the tectonic evolution of the Mediterranean during the Cainozoic. Proceeding Erice 1992, in stampa.

- Şentürk, K. ve Karaköse, C. 1979. Orta Sakarya dolayının temel Jeolojisi raporu M.T.A. rap. no: 6642. Ankara.
- Tankut, A. 1980. The Orhaneli massif, Turkey: Proceedings International Ophiolite Symposium, Cyprus.
- Walter, 2004. Object-based classification of remote sensing data for change detection. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 58 (2004), 225 – 238.
- Weingart, W. 1954. 56/2, 56/4 Sivrihisar ve 57/1, 57/3 Ankara paftalarının jeoloji haritası hakkında rapor: MTA Rap., 2248 (yayımlanmamış), Ankara.
- Wilkinson, G. G. 2005. Results and implications of a study of fifteen years of satellite image classification experiments, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43, pp. 433-440.
- Yılmaz, Y. 1981. Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi. İÜYB Derg., 1, 1-2, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: İpek USLU

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi:17.05.1979

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ankara Cumhuriyet Lisesi 1996

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği (2004)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Safran Madencilik: Kasım 2005-Mayıs 2007

Yayınları

Tebliğler

1. Aydal, D., Çopuroğlu, İ., Uslu(Taşdelen), İ. ve Uslu, A., 2006. Nikel ve Manyezit Oluşumlarının SRTM ve Ikonos Uydu Verileri ile İncelenmesi: Mihaliçcık- Eskişehir-Türkiye Örneği. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı
2. Aydal, D., Vural, A., Uslu(Taşdelen), İ. ve Aydal, E. G., 2006. Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) cevherleşme bölgesinin LANDSAT 7 ETM+ kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli Bildiri Özleri Kitabı.
3. Aydal, D., Vural, A., Uslu(Taşdelen), İ. ve Aydal, E. G., 2006. Alakeçi-Kisacık (Bayramiç-Balıkesir) Cevherleşme Bölgesinin Landsat 7 ETM+ Kullanılarak Crosta Tekniği ile İncelenmesi. Bildiri özleri kitabı, sayfa 195.
4. Aydal, D., Uslu(Taşdelen), İ., 2006. Ikonos, Aster ve Landsat Uydu Verilerinin Manyezit Araştırmalarında Karşılaştırılması: Mihaliçcık-Eskişehir-Türkiye Örneği; Bildiri özleri kitabı, sayfa 188.

5. Aydal, D., Gökten, E. ve Taşdelen, İ.(2006) Landsat 7 ETM Uydu Görüntülerinin Deniz Taban Morfolojisini Belirlemede Kullanılması; Finike Körfezi-Antalya-Türkiye Örneği, 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, sf:453.

6. Aydal, D., Polat,O., Uslu, A. ve Uslu, İ., 2008. Locating of the Ore Bearing Zebra Dolomites By Using Landsat 7 ETM+ and Quickbird Satellite Data in Hınzır Mountain, Kayseri,Turkey. Will be presented in the Third International Conference on the Geology of the Tethys. (8-11 January 2008)

Posterler

1. Aydal, D., Gökten, E., Uslu(Taşdelen), İ. Landsat 7 ETM Uydu Görüntülerinin Deniz Taban Morfolojisini Belirlemede Kullanılması; Finike Körfezi -Antalya-Türkiye Örneği. Türkiye Jeoloji Kurultayı 2006.

Makaleler

1. Aydal, D., Vural, A., Uslu(Taşdelen), İ. ve Aydal, E. G., 2006. Alakeçi-Kisacık (Bayramiç-Balıkesir) Cevherleşme Bölgesinin Landsat 7 ETM+ Kullanılarak Crosta Tekniği ile İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisine kabul edildi.

2. Aydal, D., Uslu(Taşdelen), İ., 2006. İkonos, Aster ve Landsat Uydu Verilerinin Manyezit Araştırmalarında Karşılaştırılması: Mihaliçcik-Eskişehir-Türkiye Örneği. Selçuk Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisine kabul edildi.

3. Aydal, D., Vural, A., Uslu(Taşdelen), İ. ve Aydal, E. G., 2006. Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) cevherleşme bölgesinin Landsat7 ETM+ kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli Kitabı, 11 sayfa.

4. Aydal, D., Polat,O., Uslu, A. ve Uslu, İ., 2008. Locating of the Ore Bearing Zebra Dolomites By Using Landsat 7 ETM+ and Quickbird Satellite Data in Hınzır Mountain, Kayseri,Turkey. Accepted for publication in the Third International Conference on the Geology of the Tethys Proceedings Book. (8-11 January 2008)