

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİKİLİ-KAYNARCA VE BERGAMA-OVACIK
HİDROTERMAL ALTERASYON ZONLARININ
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Kaan ÖZGEN

Eylül, 2009
İZMİR

**DİKİLİ-KAYNARCA VE BERGAMA-OVACIK
HİDROTHERMAL ALTERASYON ZONLARININ
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**

Kaan ÖZGEN

Eylül, 2009

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

KAAN ÖZGEN, tarafından **Öğr. Gör. Dr. CEM KINCAL** yönetiminde hazırlanan **“DİKİLİ-KAYNARCA VE BERGAMA-OVACIK HİDROTERMAL ALTERASYON ZONLARININ UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİGİ SİSTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Öğr. Gör. Dr. CEM KINCAL

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Tolga OYMAN

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Aykut AKGÜN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle, lisan öğrenimimden bu yana Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama bilim dallarına yönelmemi sağlayan ve tez çalışmaları sırasında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren danışman hocam Öğr. Gör. Dr. CEM KINCAL'a,

LANDSAT uydu görüntülerinin elde edilmesi ve kullanılması esnasında gerekli yardım ve anlayışı gösteren, akademik kariyerimi çalışma hayatım ile birlikte devam etmemde bana her türlü desteği veren ve kendi mesleğim adına bugünlere gelmemde büyük emekleri olan başta Koza Altın İşletmeleri A.Ş. Genel Müdürü Yardımcısı Sayın Zafer KARA, Madenler Baş Mühendisi Sayın Deniz BEŞİR, Türkiye Aramalar Baş Mühendisi Sayın Ömer ALBAYRAK ve aramalar bölümünde çalışan mühendis ve diğer çalışma arkadaşlarıma,

Uzaktan algılama sistemleri konusunda verdiği önemli bilgiler ve program uygulamalarında bana her zaman yardımcı olan Sayın M. Evren Yücel'e,

Ve tezimin yazımı esnasında bana sağladıkları sonsuz manevi destekten dolayı aileme,

şükranlarımı sunarım.

Kaan ÖZGEN

DİKİLİ-KAYNARCA VE BERGAMA-OVACIK HİDROTERMAL ALTERASYON ZONLARININ UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Son yıllarda yerbilimlerinde modern teknolojilerin kullanılmasıyla jeolojik yapıların tanımlanması, aktif fayların ve volkanların takip edilmesi, maden aramaları ve mühendislik araştırmalarına yönelik büyük ilerlemeler kazanılmıştır. Akademik alanda Türk ve yabancı ortaklı birçok işletme, artık yeni teknolojilere yoğun paralar harcayarak araştırmalarında bu yeni teknolojileri kullanarak hedefe ulaşmaya çalışmaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri, yerbilimleri içerisinde yapılacak olan faaliyetlerin daha az para ve emek harcanmasını sağlayarak hedefe ulaşılması amacıyla kullanılmaktadır.

LANDSAT görüntüleri ile belirli alanlarda kil ve demiroksitli alterasyon zonları genel hatlarıyla kolaylıkla saptanabilmektedir.

Bu çalışmada, inceleme alanındaki hidrotermal alterasyon alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. LANDSAT TM ve ETM+ görüntüleriyle bant oranlamaları, renkli kompozitler ve temel bileşenler analizi metotları Erdas 9.2 yazılımı kullanılarak alterasyonlu alanlar bitki örtülerinin seyrek olduğu sahalar içerisinde belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, LANDSAT, Hidrotermal Alterasyon, Erdas 9.2 yazılımı.

**REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS
BASED INVESTIGATION OF THE DİKİLİ-KAYNARCA AND BERGAMA-
OVACIK HYDROTHERMAL ALTERATION ZONES**

ABSTRACT

In recent years, the great progress has been made about to identify geological structures, to follow up active volcanoes and faults, mine and engineering researches by using modern technologies on earth sciences. Some of the universities and some of the Turkish companies or companies with a foreigner partners are spending too much money to get the latest technologies and they are trying to achieve their target by using this latest technologies. The remote sensing methods are used to decrease spending money and effort in the earth science applications.

The alteration zones with clay and iron-oxid can be easily identified in the some areas by using LANDSAT images.

This study is aimed that to determine the hydrothermal alteration zones in the working area. By using Erdas 9.2 software, LANDSAT TM and ETM+ images, band ratios, color composites and methods of pricipal components analysis it had been determined that the alteration zones had been settled in the fields where the vegetation is rarely.

Keywords: Remote Sensing, Geographical Information Systems, LANDSAT, Hydrothermal Alteration, Erdas 9.2 software.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR –GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışma Alanı.....	1
1.2 Coğrafik Durum.....	1
1.3 Amaç.....	1
1.4 Yöntemler.....	2
BÖLÜM İKİ - GENEL JEOLJİ.....	3
2.1 Bölgesel Jeoloji.....	3
2.1.1 I.Yuntdağ volkanitleri (Tyu-I).....	5
2.1.2 Demirtaş Piroklastik Kayaları (Tb).....	6
2.1.3 II.Yuntdağ Volkanitleri (Tyu-II).....	7
2.1.4 III. Yuntdağ Volkanitleri (Tyu-III).....	7
2.1.4.1 Kocaağıl Hornblend Andezit.....	7
2.1.4.2 Dikili Biyotit - Hornblend Andezit.....	8
2.1.4.3 Çam Tepe Dasiti.....	9
2.1.4.4 Çam Tepe Riyoliti.....	9
2.1.4.5 Koca Tepe Biyotit - Hornblend Andezit.....	10
2.1.4.6 Sulukaya Biyotit - Hornblend Andezit.....	10
2.2 Volkanizma ve Hidrotermal Aktivitenin Tarihi.....	14
2.3 Jeolojik Yapı ve Faylar.....	16

BÖLÜM ÜÇ - TEMEL KAVRAMLAR.....19

3.1 Uzaktan Algılama	19
3.1.1 Uzaktan Algılamadaki Temel Kavramlar.....	19
3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	21
3.2.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki Temel Kavramlar.....	22
3.3 Elektromanyetik Spektrum.....	25
3.4 Uydu Sistemleri.....	26
3.4.1 Landsat Uydu Sistemi.....	27
3.4.2 Aster Uydu Sistemi.....	29

BÖLÜM DÖRT - HİDROTERMAL ALTERASYON TİPLERİ VE ALTERASYON HARİTALAMA TEKNİKLERİ.....30

4.1 Hidrotermal Alterasyon Tipleri.....	30
4.1.1 İleri Arjilik Alterasyon	30
4.1.2 Serisitleşme.....	31
4.1.3 Potasik Alterasyon.....	31
4.1.4 İntermediyer (Ortaç) Arjilik Alterasyon.....	32
4.1.5 Propilitik Alterasyon.....	32
4.2 Alterasyonlu Alanları Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Haritalama Teknikleri..	33

BÖLÜM BEŞ – COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI.....36

5.1 İlk Çalışmalar.....	36
5.2 Sayısal Görüntü İşleme.....	39
5.2.1 Görüntü Düzeltme.....	39
5.2.2 Görüntü Zenginleştirme.....	43
5.2.2.1 Çok Bantlı Zenginleştirme.....	44

5.2.3 Sınıflandırma.....	47
5.2.3.1 Kontrollü (Supervised) Sınıflandırma.....	47
5.2.3.2 Kontrolsüz (Unsupervised) Sınıflandırma.....	48
5.2.3.3 Sınıflandırma Doğruluğu.....	49
5.3 Uygulamalar.....	50
5.3.1 Hidrotermal Alterasyon Çalışmaları.....	50
5.3.2 Görüntü Analiz Çalışmaları.....	53
5.3.3 Sonuçlar ve Değerlendirmeler	83
KAYNAKLAR.....	86

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Batı Anadolu'nun Kuzey Ege kanadında, İzmir ilinin 110 km kuzeyinde Dikili - Kaynarca mevki ile Bergama - Ovacık köyü arasında J 18 d1 - d4 ve J 17 c2 - c3 paftalarında toplam 220 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1).

1.2 Coğrafi Durum

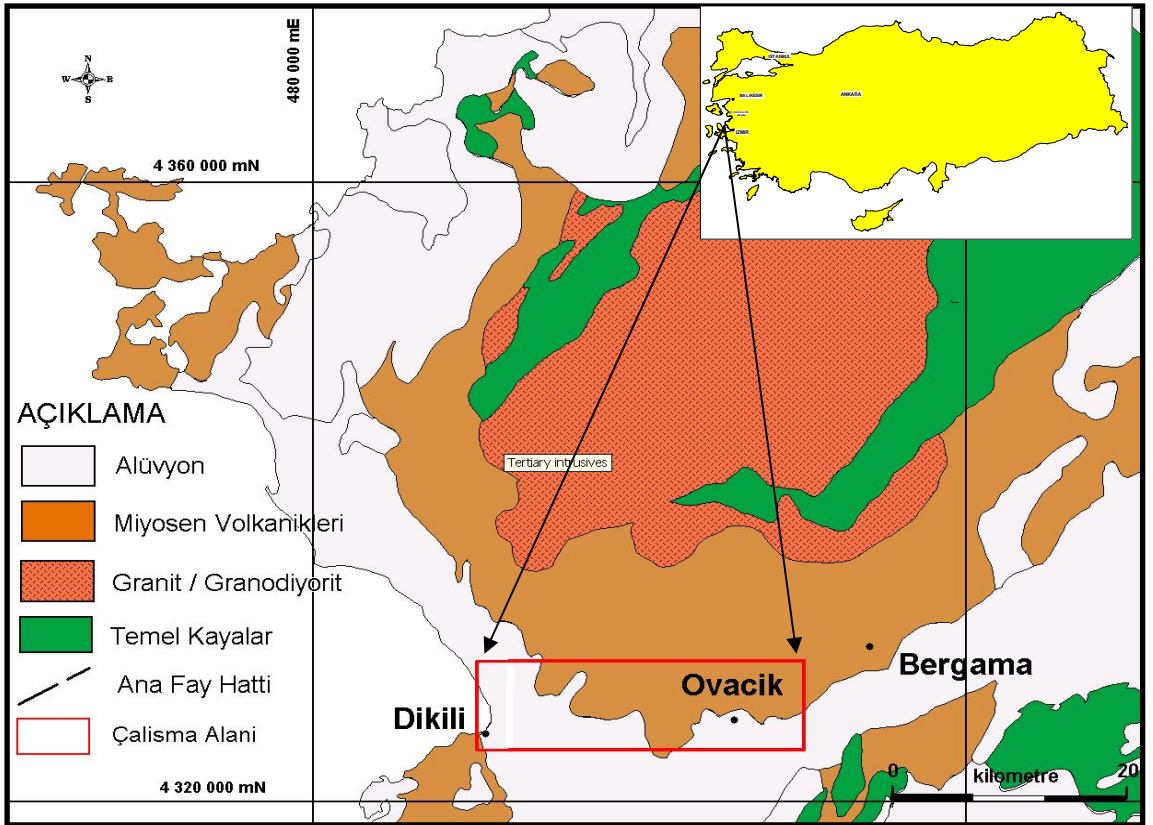
Çalışma alanı ve çevresinde yazlar sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz iklimi görülmektedir. Bergama Meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre proje sahasının su toplama havzasının yıllık ortalama yağışı 728.2 mm, yıllık ortalama sıcaklığı 16°C'dir. En az yağışlı aylar Temmuz (6.3 mm) ve Ağustos (6.5 mm), en çok yağışlı aylar ise Ocak (134.4 mm) ve Aralık (144.2 mm) dir. Çalışma alanında bitki örtüsünü genel olarak maki, zeytin ve çam ağaçlarından oluşmaktadır.

1.3 Amaç

Bu çalışmada, seçilmiş olan çalışma alanındaki hidrotermal alterasyon alanlarının LANDSAT 5 TM / ETM 7+ görüntüleri kullanılarak saptanması hedeflenmiştir. Bunun için, çalışma alanındaki alterasyonlu alanlar ilk olarak LANDSAT görüntüleriyle genel hatları ile ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra, bu alanlara ait LANDSAT görüntüleri ERDAS 9.2 programında incelenerek çalışmalar yapılmış ve alanın alterasyon özellikleri tanımlanmıştır. Çalışmalar sonucunda alterasyon mineral türlerinin belirlenebileceği bir çalışma oluşturulmuştur. Böylece eldeki mineral zonlarından oluşan bir alterasyon haritası elde edilmiştir. Saptanan alterasyon ve mineralizasyon verileri ile arazi gözlem ve mineralojik bilgileri karşılaştırılıp ve uzaktan algılama yöntemiyle hidrotermal alterasyonların tayininde ne ölçüde başarılı olunabileceği belirlenmiştir.

1.4 Yöntem

Seçilmiş olan çalışma alanındaki hidrotermal alterasyon alanlarının tespiti için çalışmalar, arazi ve ofis çalışmaları şeklinde sürdürülmüştür. Arazi çalışmalarında, çalışma alanına ait 1/100000 ölçekli jeoloji ve hidrotermal alterasyon haritaları yapılmıştır. Ofis çalışmalarında, çalışma alanını da içerisine alan ve Koza Altın İşletmeleri A.Ş. tarafından sağlanmış LANDSAT 5 Tematik Haritalayıcıları (TM) ve LANDSAT 7+ Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcıları (ETM+) (path 181 / row 33) görüntüleri kullanılarak ERDAS 9.2 programında, çalışma alanına ait jeoloji, süreksizlik, hidrotermal alterasyonlu alanlar, mineral kompozisyonu ve bitki indeks haritaları yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, arazi ve ofis çalışmaları birbirleriyle karşılaştırılarak tutarlılıkları incelenmiştir.



Şekil 1.1 Çalışma alanının konumu ve genel jeoloji haritası (MTA, 1/500 000 lik jeoloji haritasından değiştirilerek)

BÖLÜM İKİ

GENEL JEOLJİ

2.1 Bölgesel Jeoloji

Dikili-Bergama yöresinin jeolojisini, Temel Kayaları, Kozak Plütonu, I.Yuntdağ volkanitleri, Soma Formasyonu, Piroklastik kayalar, II. Yuntdağ volkanitleri, III. Yuntdağ volkanitleri ve Dededağ Bazaltları ile alüvyonlar oluşturulmaktadır (Eşder, 1998).

Tersiyer öncesi temel kayalar Kozak Dağı çevresinde yeralan, Çamoba ve Kınık Formasyonlarıdır. Bu oluşuklar ; Permiyen kireçtaşları ve silttaşlarından ibarettir. Daha sonra başlıca Triyas yaşlı kireçtaşı ve çamurtaşları yer almaktadır. Bunlar bu bölgede yeralan Dikili-Bergama Grabeni içerisinde daha büyük derinliklere kadar devam etmektedir (Maden Tetkik Arama- Japan International Cooperation Agency, 1987).

Metamorfik temel birimleri, Mesozoyik konglomeraları, kumtaşı ve rekristalize kireçtaşı olistolitleri plütonun etrafını çevreler. Bunlar, sırayla patlama kayaları tarafından çevrelenen andezitik volkanoklastik kayalar, farklılaşmamış ara volkanik lav akma/domları ve Yürekli dasitidir. Bunlar kısmen eşzamanlı yerleşen Erken Miyosen sırasında hipabisal granodiyorit porfiri sokulumlarıdır (Yılmaz ve diğ., 2007).

Bölgedeki en eski birimler Paleozoik yaşlı metamorfik kayaların içerdikleri düşük dereceli muskovit, klorit ve kuvars şistlerdir. Bergama sahasında bölgesel ölçekte ayrıntılı olarak yapılan araştırma ve bölgenin yapısal özellikleri Türkiye'nin batısında Geç Oligasen'den Erken Miyosen'e kadar yaygın magmatizma oluştuğunu göstermektedir (Yılmaz ve diğ., 2007).

Araştırma alanının KD'da yüzeylemiş olan Kozak Plütünü, granodiyorit olarak adlandırılmıştır. Radyometrik yaş tayini sonuçları, bu kayaların Eosen ile Oligosen esnasında sokulduklarını göstermektedir (Eşder, 1998).

I. Yuntdağ volkanitleri Kozak dağlarının GB'sında geniş alana yayılmıştır. Bunların piroksen andezitten, dasite doğru değişen çeşitli andezitlerden ibaret olduğu saptanmıştır. Bu kayalar çok defa kuvvetli bir alterasyona uğramışlardır (Eşder, 1998).

Soma Formasyonu, araştırma sahasının GB ve doğu tarafında mostra vermektedir. Bu formasyon büyük miktarda sedimanter tuf, siltli kireçtaşı, silttaşı ve kumtaşından ibarettir. Aynı zamanda alçalma hareketi burada bu formasyonun çökmesine neden olup, büyük bir olasılıkla felsik magmanın neden olduğu volkanik aktivite ile de ilgili bulunmaktadır(Maden Tetkik Arama- Japan International Cooperation Agency, 1987).

Yuntdağı'nı oluşturan II. Yuntdağı volkanitleri ; hornblend andezit ile piroksen andezitten oluşmuştur. III. Yuntdağı volkanitleri Bergama grabeninin KB'sında ve Dikili sahasında lav domları olarak yer almışlardır. Bunlar genellikle, biyotit-hornblend andezit ve dasitten oluşmuşlardır.

Dededağ bazaltları yersel olarak Dikili-Bergama havzası içerisinde mostra verirler. Bu kayalar; koyu gri, kompakt piroksen andezit ve bazalt lav akıntılarında ibarettir. Dededağ volkanı Erken Pleistosen'de oluşmuştur (Maden Tetkik Arama- Japan International Cooperation Agency, 1987).

2.1.1 I. Yuntdağ Volkanitleri (Tyu-I)

I.Yuntdağ Volkanitleri araştırma sahasının KD, KB ve GB'sında bulunmaktadır. Kuzey tarafta, Boz Tepeden başka bütün volkanitler I.Yuntdağı volkanitlerine aittir.

Bu kayaların çoğu direkt ve yatay olarak Demirtaş piroklastikleri tarafından örtülmüş olmakla beraber, bunlar; Koca Tepe'nin (317 m) doğu yamacında ve Armut Tepe (130 m) civarında, Demirtaş piroklastikleri tarafından kapatılmaktadır.

Bu kayalar başlıca hornblend andezit lavlarından ibaret olup, çok kere breşik tüflerle ardışıklardır. Bu kayalar, çoğunlukla hidrotermal alterasyona uğramış olup, açık gri veya koyu gri renkli altere kayalara dönüşmüşlerdir. Bazı çatlaklar silis minerali, kalsit ve jibs minerali ile dolu bulunmaktadır. Bundan başka alterasyona uğramış silisifiye ve killi zonlar çok zaman bu kayaların içindedir.

Tersiyer öncesi kayalar üzerinde yeralan I. Yuntdağ volkanik kayaları geniş alanlar kaplamakta olup, maksimum 1500 m kalınlığa ulaştıkları tahmin edilmektedir. Jeotektonik açıdan bunlara ait mevcut mostraları oluşturan kayaların yüksek kısmında yer aldıkları düşünülmektedir (Eşder, 1998).

Kayalardaki bazı D-B fay izleri Dede Tepe'nin 500 m kuzeyindeki vadide bulunmuştur. Buralarda, fay düzleminde çok sayıda düşey yönlü kayma yüzeyleri bulunmaktadır. Kaynarca'nın 2 km doğusundaki Bayram Tepe'de I. Yuntdağ volkanitleri içerisinde Sinter'e benzeyen hidrotermal zonlarında çok sayıda damarlar bulunmaktadır. Bu damarlar idiomorf şekilli kalsit ve kuvars kristalleri ile doludur. Bu damarlar genellikle K 39° ile 70° B doğrultulu, 70° ile 90° KB'ya eğimli olup, genişlikleri 20 m yi bulmaktadır. Bayram Tepe'nin yaklaşık 500 m güneyinde yer alan Ballica Tepe altere olmamış III. Yuntdağ volkanitlerinden oluşmaktadır. Her iki taraftaki bu jeolojik özellikler oldukça farklı gözükmemektedir. Nisbeten, mevcut olan bir fayın Bayram Tepe ile Ballica Tepe arasında olduğu tahmin edilmektedir.

2.1.2 Demirtaş Piroklastik Kayaları (Tb)

Araştırma alanındaki Demirtaş Piroklastik kayaları Demirtaş civarında geniş bir yayılım göstermektedir. Araştırma alanında bu kayalar Geyikli nehrinin sağında Çam Tepe'nin GB'sında nehir yatağı ile, Koca Tepenin GB'sı, Koca Tepe doruğu ve Dikili ılıcası'nın GD'su tarafından belirtilen sıra ile sınırlanmıştır. Bu kayalar I.Yuntdağ volkanitleri üzerler, mostraların buldukları yükseklikler değişik metrelerde gözlenebilmektedir. Örneğin; Boz tepenin aşağı yukarı 300m doruk kısmında bulunmuş olup, Çam tepenin GB yamacında ise 10 ila 20 m dolayında mevcuttur. Aradaki fark 300 m'yi bulmaktadır. Bu olgu, I. Yuntdağ volkanitlerinin volkanik aktiviteden sonra bu sahadaki fayların hareketinden ileri geldiği ile açıklanmaktadır.

Bu kayalar direkt olarak araştırma alanının KB'sındaki II.Yuntdağ volkanitlerine ait bazalt veya piroksen andezitler tarafından örtülmüştür. Bunlar başlıca felsik piroklastik kayalar olmakla beraber, Geyikli nehrinin sağ tarafında bunlar dasit lavlarından ibarettir. Koca Tepenin GB yamacındaki mostrada piroklastik kayalar açık gri renkli olup, 2 cm ile 50 cm çapında çok sayıda hornblend andezit veya dasit kaya parçalarını içermektedir. Bu kayaların su içerisinde çökeldiğine dair herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bunların ikincil olarak çökeldikleri görülmektedir.

Mostralardaki Demirtaş Piroklastikleri'nin kalınlıkları 100 m'den az olmakla beraber, Kaynarca civarındaki alçalma zonunda çok daha kalın olarak depolandıkları görülmektedir.

Koca Tepe'nin doğu yamacında ve Dikili ılıcası'nın GD'sunda zayıf bir alterasyon zonu belirlenmiştir.

Bu kayalar, jeolojik yapıyı açıklayabilmek için anahtar tabaka olarak kullanılmaktadır. Tüm araştırma sahasının her tarafına saçılmış olan I. Yuntdağ volkanitleri, III. Yuntdağ volkanitlerinden kolayca fark edilmektedir.

2.1.3 II.Yuntdağ Volkanitleri (Tyu-II)

II. Yuntdağ volkanitleri, araştırma alanının KB'sında yer almaktadır. Bu kayalar, Demirtaş Piroklastik kayaları üzerinde yer almakta ve III. Yuntdağı Volkanitleri ile örtülmektedir (Eşder, 1998).

Bu kayalar; koyu, kompakt bazalt ve piroksen andezit lavlardan meydana gelmektedir. Bunlar, araştırma alanındaki mafik volkanizmanın ürünü olan effüsif kayalardır.

GD'daki Armut Tepe'nin eteklerinde, 2-3 m genişliğindeki KD-GB gidişli bir dayk, kayalar içerisine sokulmuştur. Bundan başka, Armut Tepe'nin GB'sında kayaları ve Demirtaş Piroklastiklerini kesen KB gidişli bir fay gözlenmiştir. Bu kayalar içerisinde birkaç küçük hidrotermal damarlar bulunmuştur.

2.1.4 III. Yuntdağ Volkanitleri (Tyu-III)

III. Yuntdağ volkanitleri petrografik ve stratejik özelliklere dayanarak, altı tali lava ayrılmıştır. Bunlar sırasıyla; Kocaağıl hornblend andezit, Dikili-Biyotit-Hornblend andezit, Çam Tepe dasit, Çam Tepe riyolit, Koca Tepe biyotit-Hornblend andezit, Sulukaya biyotit-hornblend andezittir (Eşder, 1998).

2.1.4.1 Kocaağıl Hornblend Andezit

Kocaağıl Hornblend andezit güneyde, Dede Tepe'nin güney eteklerinde uzanmaktadır. Piroksen-Hornblend andezitten ibaret olan bu lav; araştırma alanında III. Yuntdağ volkanitleri'nin mafik lavları olarak gözlenmektedir. Bu lav; koyu gri rengi, kompakt, az fenokristalli ve çok eklemlili oluşu ile karakterize olmuştur. Bu özelliklerinden dolayı bu lav Dikili lavından ayrılmaktadır. Bu lavın, Kaynarca Jeotermal sahasında yeraltında mevcut olduğu kabul edilmektedir. Açık çatlaklara sahip bu lav içerisinde depolanmış

siğ sıcak sulara sahip büyük bir olanak bulunmaktadır (Maden Tetkik Arama- Japan International Cooperation Agency, (1987).

2.1.4.2 Dikili- Biotit-Hornblend Andezit

Dikili-Biyotit-Hornblend Andezit, araştırma alanının birçok yerinde ve Kaynarca civarında bulunmaktadır. Araştırmada III. Yuntdağ volkanitleri olarak isimlendirilen bu lavla korele edilmiştir. Bu lav, araştırma alanının kuzey tarafındaki başlıca Kale Tepe, Eşkinburnu Tepe (170 m), Payam Tepe (223 m) ve Dede Tepe (250 m) civarında yaygındır. Güney tarafta ise, bu lav Evreşen Tepe, Maşat Tepe, Kargın Tepe ve Ballica Tepe civarında mostra vermektedir.

Bu lav direkt olarak Kocatepe, Dikili ılıcası ve Boztepe Tepesinden Demirtaş piroklastikleri üzerinde yer almaktadır. Sahanın diğer tarafında I. Yuntdağı volkanitleri, II.Yuntdağı volkanitleri ve Kocaağıl lavı üzerinde yer almaktadır. Çam Tepe'nin doğu eteğinde, Kocatepe civarında, Sulukaya düzündü bu lav en genç bir lav olan III. Yuntdağı volkanitlerinin üzerinde bulunmaktadır.

Bu lav genellikle Hornblend-Biyotit Andezitten ibarettir. Kuzey taraftaki dağları oluşturan bu lav, kırmızımsı, gri renkli ve kompakt özelliği ile karakterize olmuştur. Kaynarca'nın güney tarafında bu lav tam aksine porfiritik bir yapıya sahiptir.

Plajioklas, hornblend ve biyotit fenokristalları, kuzey taraftaki lavdan daha büyük ve hacimlidir. Bundan başka, bu oluşum sonuncusundan daha mafik olarak görünmektedir.

Topoğrafya bütünüyle lav domları ile lav akıntıları tarafından oluşturulmuştur. Mevcut topoğrafyadan ve lavın akıntı yapısından, lav akış yönünün Dede Tepe ve Payam Tepe dolayında GB gidişli, Koca Tepe civarında ise, KB gidişli olarak görünmektedir.

Zayıf ve orta dereceli alterasyon genellikle hidrotermal damarlar boyunca bulunmaktadır. Örneğin; birçok damar ve alterasyon zonları Payam Tepe'nin GB'sındaki vadi boyunca, Enikburun Tepe'nin güney eteğinde ve GB'daki Koca Tepe eteğinde bulunmaktadır. Lav içerisinde, farklı seviyeler boyunca uzanan yalnız kalsit ve kuvars damarları değil, ayrıca ağ şeklinde damarlarda gözlenmiştir. Bu damarların varlığı Dikili lavının erüpsiyonundan sonra jeotermal aktivitenin başladığını göstermektedir.

2.1.4.3 Çam Tepe Dasiti

Çam Tepe dasiti; Çam Tepe'nin eteğinde bulunmakta ve bu lav KD'dan GB'ya doğru uzanmaktadır. Bu lav Çam Tepe riyoliti tarafından örtülmekte ve direkt olarak Dikili biyotit-hornblend andezitini örtmektedir. Bu lav dasit olup, iri taneli biyotit ve plajiolklas kristallerinden ibarettir. Çam Tepe'nin güney tarafındaki lavın bazı kısımları zayıf bir hidrotermal alterasyona uğramış, yine Çam Tepe'nin güneyinde küçük silis damarları bulunmaktadır.

2.1.4.4 Çam Tepe Riyoliti

Çam Tepe riyoliti Çam Tepe'nin KB yamacını meydana getirir. Araştırma alanında, bunun Çam Tepe dasiti ve Dikili-Biyotit Hornblend Andeziti üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle, bu lav araştırma alanındaki volkanizmanın son safhasında oluşmuştur.

Bu lav, açık gri renkli olup, kompakt riyolit ve birkaç iri taneli biyotit ve kuvars fenokristallerinden ibarettir. Ayrıca, bu lav akma yapısı ve bol eklemlere sahiptir.

Çam Tepenin batı kenarında doğrusal topoğrafik özellik KD'dan GB'ya doğru uzanmakta olup, bu durum bir fayın varlığını işaret etmektedir. Armut Tepe ile KD'daki Çam Tepedeki aynı riyolit II. Yuntdağı volkanitlerine ait bazalt lavının içerisine sokulmuştur. Bu riyolit Çam Tepe riyolitine ait olabilir (Eşder, 1998).

2.1.4.5 Koca Tepe Biyotit-Hornblend Andezit

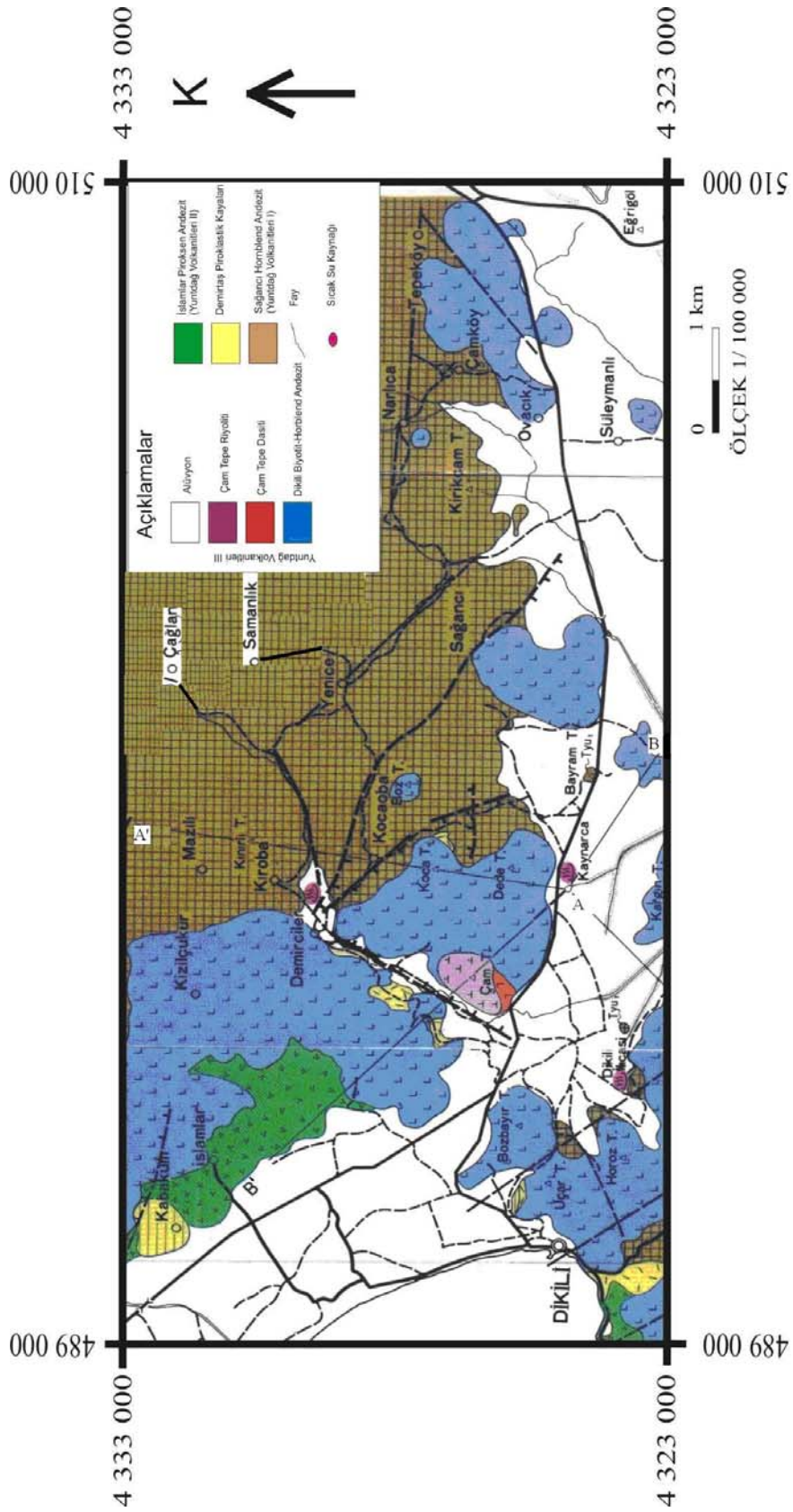
Koca Tepe biyotit-hornblend andezit Koca Tepe'nin zirvesinden KB'ya ve GB'ya doğru akmıştır. Bu lav genellikle, Dikili lavı üzerinde yer alır, GD'da ise direkt olarak Demirtaş piroklastikleri üzerindedir (Eşder, 1998).

Bu lav, Dikili lavını oluşturan kayalara benzerlik göstermekte olup, biyotit-hornblend andezitten ibarettir. Ancak lav içerisindeki fenokristaller Dikili lavından daha iridir. Bu lav araştırma alanında en genç volkanizma sonucunda ortaya çıkmaktadır.

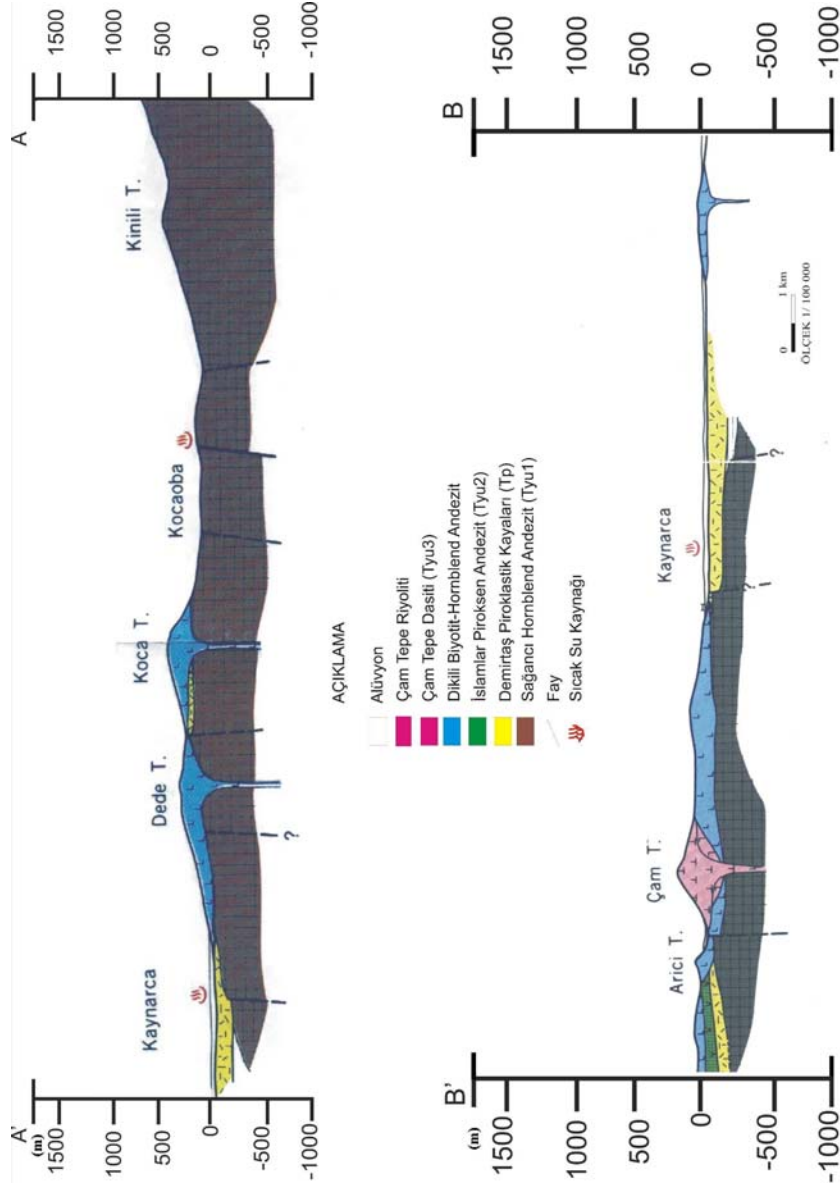
2.1.4.6 Sulukaya Biyotit-Hornblend Andezit

Sulukaya biyotit-hornblend andeziti Sulukaya düzünden Dede Tepe ve Payam Tepe arasındaki dağ geçidinden KB ya doğru akmıştır.

Bu lav direkt olarak Dikili lavı üzerinde yer almakta olup, büyük bir olasılıkla volkanizmanın en geç safhasında oluşmuş ve araştırma alanında Koca Tepeye benzemektedir (Eşder, 1998).



Şekil 2.1 Dikili – Kaynarca ve Bergama - Ovacık araştırma sahasının jeoloji haritası (MTA-JICA, 1987'den değiştirilerek).



Şekil 2.2 Dikili – Kaynarca ve Bergama - Ovacık çalışma sahasını içerisine alan 1/100 000 ölçekli enine jeolojik kesitleri.

Tablo 2.1 Dikili-Bergama stratigrafik kolon kesiti

2.2 Volkanizma ve Hidrotermal Aktivitenin Tarihi

YAŞ		JEOLJİK SÜTUN	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
KUVATERNER	Holosen	Alüvyon	çamur, kum, çakıl		
	Üst Miyosen – Pliyosen?	Dededağ Bazalt	bazalt, piroksen andezit	siyah, massif, sütunsal çatlaklı vesicular bazalt 9.9 ± 0.6 - 6.7 ± 0.7 My	
TERSİYER	Miyosen	Yuntdağ Volcanikleri III	Sulu Kaya biyotite-hornblende andeziti	biyotit-hornblend andezit	
			Koça Tepe biyotit-hornblend andeziti	biyotit-hornblend andezit	Koyu kırmızı; fenokristalce zengin
			Çam Tepe riyliti	riyolite	Açık kahverengi, (kuvvetli silisifiye, kısmen breşlenmeli ve oksidize olmuş)
			Çam Tepe dasit	biyotit dasit	Koyu pembemsi kırmızı
			Dikili biyotit-hornblend andezit	biyotit-hornblend andezit	Kırmızımsı koyu gri, kompakt
				biotite-hornblende andesite	Fenokristal-zengin
			Koça Ağıl hornblend andezit	hornblend andezit, piroksen-hornblend andezite	koyu gri, kompakt, fenokristalce fakir
		Yuntdağ Volcanikleri II	İslamlar piroksen andezit	bazalt, piroksen andezit hornblend- piroksen andezit	koyu , kompakt 14 - 15My?
	Erken Miyosen?	Demirtaş Piroklastik Kayaları		felsik piroklastikler, ignimbirit, dasit lav	Yuntdağ Volcanikleri I in üzerinde kısmi bir alanda depolanmışlardır 13 – 15 My?
		Soma Formasyonu		kireçtaşı, tufümsü çamur taşı, siltaşı	Orta Miocene yaşlı
Yuntdağ Volcanics I		Saçancı hornblend andezit	hornblend andezit , biyotit-hornblend andezit , (altere andezit)	Koyu yeşilden açık yeşilimsi griye; 1500m kalınlığında ; 18.5-16.7My	
	Kozak Sokulum Kompleksi		Porfiritik mikrogranodiyorit granodiyorit, adamellit	22.1 ± 0.4 - 19.5 ± 0.4 My	
TERSİYER ÖNCESİ	Triyas Temel Kayalar (Kınık Formasyonu)		konglomera, kumtaşı, siltaşı, kumlu kireçtaşı, metasedimanlar ve metavolkanikler		

Tersiyerdeki Kozak granitik magmanın intrüzyonundan sonra Dikili-Bergama çalışma alanının bulunduğu bölgede yoğun bir volkanizma yer almıştır. Bu volkanik aktivite şiddetli bir şekilde Miyosen'de başlamış Pliyosen esnasında da devam etmiştir. Aşağıda belirtildiği gibi Neojen esnasında başlıca dört ana volkanizma vardır. I. Yuntdağ volkanitlerini oluşturan Andezit volkanizması, Demirtaş Piroklastik kayalarını oluşturan Feslik Volkanizma, II. Yuntdağ Volkanitlerini oluşturan Mafik volkanizma ve III. Yuntdağ Volkanitlerini oluşturan Dasit volkanizmasıdır (Eşder, 1998).

Andezit volkanizması, Kozak masifinin GB yamacının merkezi kısmında yer alır. Bu volkanik aktivite ürünü kayalar, yaklaşık maksimum 1500 m kalınlığında olup, başlıca hornblend-andezit erüpsiyonuna neden olmuştur. Araştırma alanının KB tarafında, Nebiler köyü civarında porfiritik kayalar oldukça geniş yayılım gösterirler. Kesin yaş tayini sonuçlarından, Miyosen esnasında erüpsiyon yapan bu kayaların 15 ile 16 milyon yıl yaşında oldukları anlaşılmaktadır (Maden Tetkik Arama- Japan International Cooperation Agency, 1987).

Soma formasyonunun çökeliminden sonra, büyük kalınlıklara ulaşan Andezitik volkanizmayı takip eden felsik volkanizma ve felsik piroklastik kayalar yer alırlar. Bu volkanizmanın aktivite merkezi büyük bir olasılıkla Demirtaş olup, bu araştırma alanının GB'sında mevcut düşük gravite anomalisiyle MTA raporlarında belirlenmiştir. Bölgenin yükselmeye başlaması ile de felsik magmatizma başlamıştır. Felsik magmatizmanın yer aldığı aynı sahada, mafik magma dışarıya akmaya başlamıştır. Şiddetli erüpsiyonların başlamasıyla, çimentolaşmış kül akıntıları çıkmaya başlamıştır, volatillerin uçmasıyla da, sakin bir şekilde mafik lav akıntılarına neden olan erüpsiyon başlamıştır (Maden Tetkik Arama- Japan International Cooperation Agency, 1987).

Mevcut bu verilere göre; sonuçta piroksen andezit ve bazalt gibi mafik kayaların bazı kısımları Kuvaterner yaşlı Dededağ Bazaltları olarak korele edilmiştir. Bununla beraber bu kayalar, yersel olarak III. Yuntdağ Volkanitleri tarafından örtülmüşlerdir. Bu nedenle konu edilen mafik volkanik kayalar büyük bir olasılıkla II. Yuntdağı

volkanitleri ile karşılaştırılmaktadır. Kesin yaş tayinleri sonuçlarına göre, bu mafik volkanik kayalar 14-15 milyon yılı işaret ettiği ve bundan dolayı felsik volkanizma ile aynı veya bundan önce hareket ettiği işaret etmektedir (Maden Tetkik Arama-Japan International Cooperation Agency, 1987).

Geç dasit volkanizması çalışma sahasının içerisinde olan Dikili-Bergama jeotermal sahasında çok kere lav domları oluşturmuştur. Domlar; KB-GD VE DKD-BGB doğrultusunda dizilmişlerdir. III. Yuntdağ volkanitleri aşağıda bir sıra dahilinde üç tali bölüme ayrılmıştır; biyotit-hornblend andezit, dasit ve riyolit. Geç fazdan meydana gelen bu volkanizma açık bir şekilde dom şeklinde, Dikilinin 5 km doğusunda yer alan Çam Tepe volkanını oluşturmuş olup, bunlar riyolit lavından meydana gelmiştir. Büyük bir olasılıkla, şimdiki jeotermal aktivitenin kaynağının, III. Yuntdağı volkanizması'nın Post-Volkanik hareketinden türediği kabul edilmektedir. Her ne kadar kesin yaş 14 ile 16 milyon olsada bu veriye göre III. Yuntdağ volkanitlerinin Demirtaş Piroklastik kayalarından daha yaşlı olduğunu göstermektedir.

Araştırma alanında, Nebiler, Kocaoba, Kaynarca, Dikili ılıcası ve Pamuk Tepe olarak isimlendirilmiş olan beş sıcak su kaynağı bulunmaktadır. Özellikle bunlardan Kocaoba, Kaynarca ve Dikili ılıcası olarak bilinen kaynaklar 60°C'nin üzerinde sıcak su boşaltmaktadır. Bundan başka Kaynarca sıcak su kaynağı kaynama sıcaklığında sıcak sular boşaltmaktadır.

Hidrotermal alterasyona uğramış zonlar, başlıca; Salihler-Gökçağıl, Kocaoba, Sağancı-Ovacık, Kaynarca ve Dikili ılıcasından yaygın olarak bulunmaktadır. Bunlara ait kısmen ve tamamen alterasyona uğramış mostralar yaklaşık toplam 18.5 km²'lik bir alanda yer almaktadır. Bu altere zonlar başlıca ; Miyosen den Pliyosen'e kadar uzanan Soma formasyonu ve I.Yuntdağ volkanitleri'nin yer aldığı sahalarda oluşmuştur. Bu kayalar, II. Yuntdağ volkanizmasından önce yoğun bir şekilde alterasyona uğramışlardır. Özellikle tahmini olarak hiç olmazsa Kocaobadan, Sağancı-Ovacık'a doğru yoğun jeotermal aktivite derinde yüksek sıcaklıklı bir rezervuar oluşturmuştur. Bu alandaki jeotermal sistemin KB-GD gidişli faylar tarafından kontrol edilmekte olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Bundan başka, Bayram

Tepe ve Ovacık'taki kuvars ve kalsit damarlarının yüksek sıcaklıklı akışkan yollarının jeotermal rezervuarlar için önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir.

Araştırma alanında, alterasyon aşağıda belirtilen üç ebata bölünmüştür; Soma Formasyonundan önce, II. Yuntdağ volkanizmasından önce ve III. Yuntdağı volkanizmasından sonradır.

I. Yuntdağ volkanizmasından önceki hidrotermal alterasyon fazı başlıca Kocaoba ile Sağancı ve Dikili civarında meydana gelmiştir. Jeotermal aktivite ile yakın ilişkisi olan bu alterasyon Miyosen zamanında I. Yuntdağı volkanlarının magmatizmadan ileri gelmiştir. Bu safhada hareketlenen akışkanın pH'ın nötral-asidik ve sıcaklığının ise 150°C'yi aştığını göstermektedir (Eşder, 1998).

II. Yuntdağ volkanizmasından önceki safhada, Salihler-Gökçağıl sahasında jeotermal aktivite çok kuvvetliydi. Felsik volkanizmaya bağlı bu jeotermal aktivite ve onun hareketli akışkanı pH'ı oldukça kuvvetli asidik ve düşük sıcaklıktaydı. Büyük bir olasılıkla bu altere zon sığ derinliklerde asidik akışkan ile olan reaksiyonu sonucunda meydana geldi. III. Yuntdağ volkanizmasının son bulmasından sonra, Kaynarca civarında IV. Tip zayıf alterasyon zonları gözlenmiştir. Böylece bu olgu Kocaoba'da, Kaynarca ve Dikili ılıcasında olduğu gibi bugünkü jeotermal aktivite ile yakın ilişkili olduğu düşünülmektedir. Kesin yaş tayini sonuçlarından Pliyosen yaşlı andezitler 13 milyondan daha büyük değerler göstermektedir (Maden Tetkik Arama-Japan International Cooperation Agency, 1987).

2.3 Jeolojik Yapı ve Faylar

Araştırma alanı içerisinde Dikili - Kaynarca mevki arasında yapılan çalışmada KB - GD, KD - GB ve BKB - DGD gidişli olmak üzere üç tip fay tespit edilmiştir. Bunlar sırasıyla;

- a) Koca Tepe ve Kocaobanın doğu kenarında uzanan KB - GD gidişli (F-1) fayı
- b) Dede Tepe'nin doğu kenarı ile Çam Tepe'nin kuzey kenarından geçen KB - GD gidişli (F-2) fayı

- c) Çam Tepe'nin batı kenarından geçen KB - GD gidişli (F3) fayı
- d) Dikili ılıcası'nın KD kenarından geçen KD` ya eğimi KB - GD gidişli (F4) fayı, Kaynarca'nın kuzey kenarından geçen, GD`ya eğimli BKB - DGD doğrultulu (F5) fayı, ve Kaynarca'nın güney kenarından geçen, KD`ya eğimli BKB - DGD doğrultulu fay (F6).

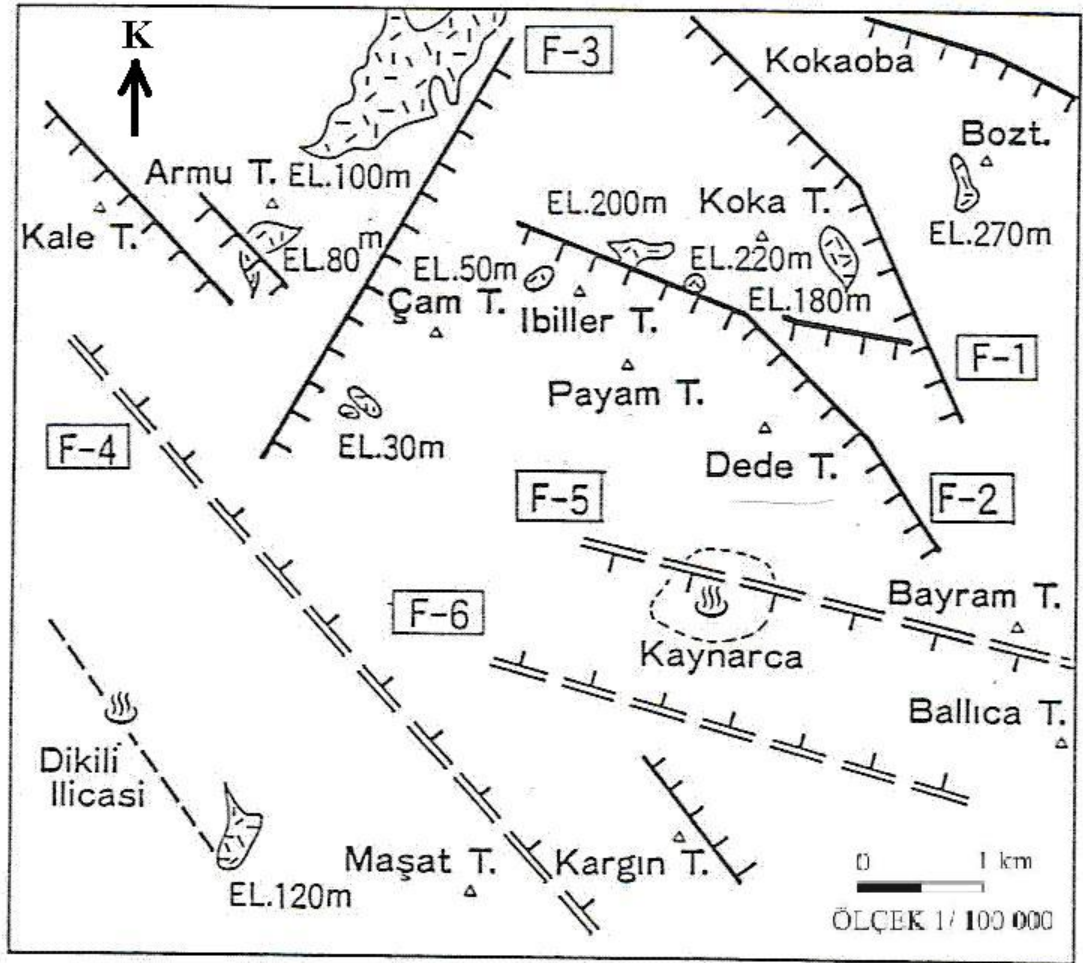
Bu faylar gravite anomalileri ile I. Yuntdağ Volkanitleri'nin yayılımına dayanmaktadır. Faylar, Kaynarca'nın batısında KB - GD gidişli alçalım zonunu ve Kaynarca'nın doğusunda ise BKB - DGD gidişli alçalım zonunu oluşturmaktadır.

Bu zonun genişliği yaklaşık 1 km, alçalım derinliği ise yaklaşık 300 m olabilir.

Araştırma alanındaki jeolojik yapı merkezi alçalım alanına doğru düşen KB - GD gidişli basamak fayların oluşturduğu KB - GD gidişli graben tarafından kontrol edilmektedir. Kaynarcanın doğu tarafında, bu graben DKD - BGB gidişli bir grabene dönüşmüştür.

KB - GD gidişli fayların aktivitesi I. Yuntdağı volkanitleri'nin püskürmesinden sonra başlamış olup, genellikle III. Yuntdağı Volkanizması fay hareketlerine bağlı olarak meydana gelen depresyon zonlarını doldurmuştur. Birçok KB - GD gidişli kırıklar ve hidrotermal damarlar III. Yuntdağı volkanitleri içerisinde bulunmuştur. Bu nedenle, fay hareketleri III. Yuntdağı volkanitleri'nin aktivitesinden sonrada devam ettiği kabul edilmektedir.

Sonuçta, Dikili lavı Çam Tepe'nin KB'sındaki KB - GD gidişli fay tarafından kesilmiş olup, en genç Çam Tepe dasiti ve riyoliti KD - GB gidişli yarıklar boyunca bunların içerisinde dışarı akmıştır. Sonuç olarak, KD - GB gidişli fayların aktivitesi büyük bir olasılıkla Dikili lavının erüpsiyonundan sonra yer almıştır (Eşder, 1998).



Şekil 2.3 Çalışma alanı içerisinde Dikili – Kaynarca mevki arasında arazide tespit edilmiş faylar (F-1,F-6 Fay), (Eşder, 1998).

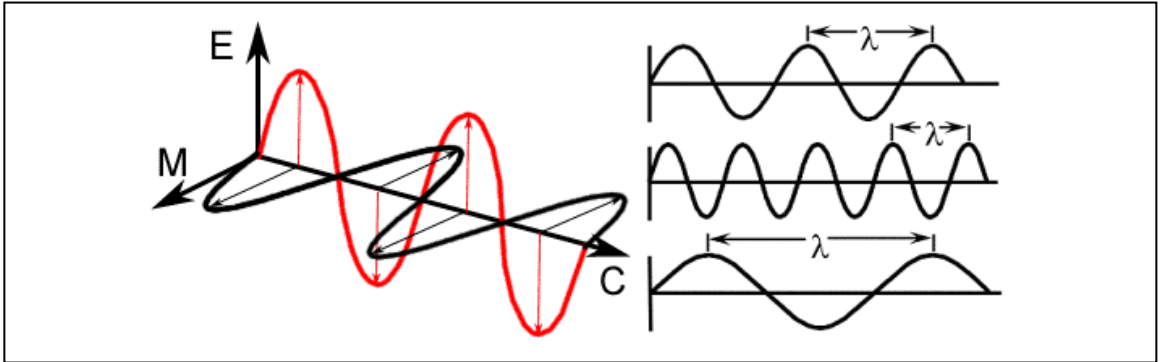
BÖLÜM ÜÇ

TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde tez içerisinde adı geçen bazı temel kavramlar hakkında kısaca bilgi verilecektir. Bu kavramlar özellikle uygulama aşamasında kullanılacak olan Uzaktan Algılamaya ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine yöneliktir.

3.1 Uzaktan Algılama

Uzaktan Algılama (UA) belli bir mesafeden bilgi elde etme bilim ve sanatıdır. Böylece nesne veya varlıklara herhangi bir fiziksel temasta bulunulmadan bilgi sağlanır. Uzaktan Algılama bilimi, nesnelerin ve varlıkların nasıl ortaya çıkabileceğini anlamak için teori ve araçlar sağlayarak sürekli gelişmekte ve analiz teknikleri kullanarak yararlı bilgiler üretmektedir (Yomralıoğlu, 2000). Uzaktan Algılama'nın temelinde cisimlerin yaymış oldukları elektromanyetik enerjinin değerlendirilmesi yatmaktadır. Elektromanyetik enerji ışık hızında 3×10^8 m/sn'de hareket eder ve bütün enerji şekillerini kapsar. Görünür ışık elektromanyetik enerjinin bir çeşitidir. Radyo dalgaları, morötesi (ultraviolet), x-ray ve diğer bilinen çeşitler buna örnektir. Elektromanyetik enerji, genelde bir dalga gibi hem elektrik hem de manyetik eleman olarak davranır (Şekil 3.1). Bir dalganın tepesi (en yüksek yeri) ile onu takip eden dalganın tepesi arasındaki uzunluğa dalga boyu (wavelength) denir. Bir saniyede oluşturulan dalga sayısı frekans (frequency) olarak adlandırılır (Örmeci, 1987).



Şekil 3.1 Elektromanyetik dalga şekili

3.1.1 Uzaktan Algılamadaki Temel Kavramlar

Bant / Spektral Bant; Elektromanyetik enerji yayılımında herhangi bir dalga boyu aralığını belirtmek için kullanılan terimdir. Uzaktan Algılama cihazları görüntüleri genellikle farklı bandlarda toplar. Bu bandlar temsil ettikleri elektromanyetik dalga boyu aralıklarının özelliklerine göre; mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi, kızılötesi, termal gibi isimler verilir (Arda, 2006).

Raster veri; Raster veri coğrafi verilerin hücrel olarak temsil edilmesine dayalıdır. Resim içindeki her bir hücrenin mekansal özelliklerini temsil eden bir rakamsal değeri vardır. Aynı değere sahip hücreler aynı özelliği temsil etmektedir. Uydu görüntüleri ve taranmış haritalar raster verilere örnektir (Arda, 2006).

Vektör veri; Vektör veri, nokta, çizgi ve poligon ana elemanlarından oluşur. Noktalar sadece bir koordinat değeri ile ifade edilen elemanlardır. Çizgiler, eğri bir çizgi oluşturan koordinatlar dizisidir. Poligonlar bir alan oluşturan çizgiler bütünüdür (Arda, 2006).

Konumsal Çözünürlük; Uydu tarafından tanımlanabilen en küçük birimin büyüklüğüdür. Bir raster/resim üzerindeki detay seviyesidir. Düşük çözünürlüğe sahip görüntülerde küçük nesnelerin detayı bulunmaz. Yüksek çözünürlüklü görüntüler ise fotoğraf kalitesine yakın bir niteliğe sahiptir ve küçük nesnelere detaylı görülür (Arda, 2006).

Zamansal çözünürlük; Uydunun taramış olduğu bir alanı tekrar tarayınca kadar geçen zamandır (Arda, 2006).

Sınıflandırma; Birbirine göre jeoreferanslanmış birden çok görüntü veya bandın bir arada analiz edilerek bu görüntülerdeki benzer istatistik özelliklere sahip olanlarının gruplar halinde bir araya gelerek sınıflar oluşturulmasıdır. Sınıflandırma sonucunda bir raster veri elde edilir (Arda, 2006).

Sayısallaştırma; Analog veriyi dijital/sayısal veriye dönüştürme işlemidir. Analog formdaki verinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında görüntülenebilmesi ve analiz edilebilmesi için sayısallaştırılması gerekmektedir (Arda, 2006).

3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS, konumsal bilgi ile dolaylı veya dolaysız bir şekilde bağlı olan meslek disiplinlerinin verimini artırmak, hızlı ve ekonomik olmalarını sağlamak amacıyla kullandıkları bir sistemdir. Kullanıcıların çok farklı disiplinlerden olması nedeniyle, bu kavram da değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Yomralıoğlu (2000)'e göre genel anlamıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir. CBS'nin açıklandığı ve kullanım alanlarının ortaya koyulduğu bir çok kaynak eser literatürde mevcuttur (Yomralıoğlu, 2000; Heywood, 1998; Burrough, 1991; Aronoff, 1989). CBS'nin önemli beş bileşeni vardır. Bunlar; donanım, yazılım, veri, insan ve yöntemlerdir (Yomralıoğlu, 2000; Clarke, 1999). CBS'yi etkin bir şekilde kullanabilmek, bu bileşenlerin tamamının organize bir şekilde kullanılmasına bağlıdır. Bu bileşenler içerisinde en önemlilerinden biri olan veriler, en fazla zamanı ve maliyeti (%45-80) (Yomralıoğlu ve Demir, 1994) gerektiren bileşendir. CBS projelerinin gerçekleşmesi, uygun yapıdaki verilerin mevcut olmasına bağlıdır. Özellikle geniş alanlara yayılmış çevresel tabanlı CBS projelerinde veri toplama aşaması daha da önem kazanmaktadır. CBS'de kullanılacak verilerin toplanmasında çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler şu şekilde sıralanabilir; Yersel Ölçü Yöntemi, Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Küresel Konum Belirleme (GPS) ve Mevcut verilerin değerlendirilmesi olarak sıralanabilir (Kraus, 1993; Kennedy, 1996; Heywood, 1998; Yomralıoğlu, 2000; Longley, 2001). Bu çalışma kapsamında özellikle Uzaktan Algılama, mevcut veriler yöntemlerinden faydalanılmıştır. CBS günümüze kadar hızlı gelişim safhaları geçirmiş ve bu nedenle de kullanım alanları genişlemiştir.

Coleman ve diğ. (2000), 1960'tan günümüze kadar geçen süreç içerisinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin gelişimini üç safhada ortaya koymuştur.

1. Safha (1960-1980): Bu periyot daha çok konumsal verinin araştırılması ve geliştirilmesi üzerinde durulduğu, haritacılıktaki ilk bilgisayar uygulamasının yapıldığı, otomatik arazi kayıtlarının toplandığı ve ilk kent ve bölgesel bilgi sistemlerinin kurulmaya teşebbüs edildiği periyottur.

2. Safha (1975-2000): Bu periyotta yönetim ve planlamada bilgisayar tabanlı konumsal bilgi sistemleri oluşturma çabaları vardır. Yerel yönetimler, tüm düzeylerde veri tabanlarına büyük miktarda yatırım yapmıştır. Bu periyodun en önemli atılımı ticari CBS'deki çok hızlı gelişimdir. Ayrıca sayısal harita yazılımlarında ve bilgisayar donanımlarında yeni gelişmeler olmuştur.

3. Safha (1990-...): Şimdiye kadarki yatırımlar daha çok veri tabanlarının kurulması üzerine olmuştur. Bu periyotta veri tabanlarının dağıtılmış konumsal bilgi sistemlerinin birbirleriyle link edilmesi üzerinde durulmuştur.

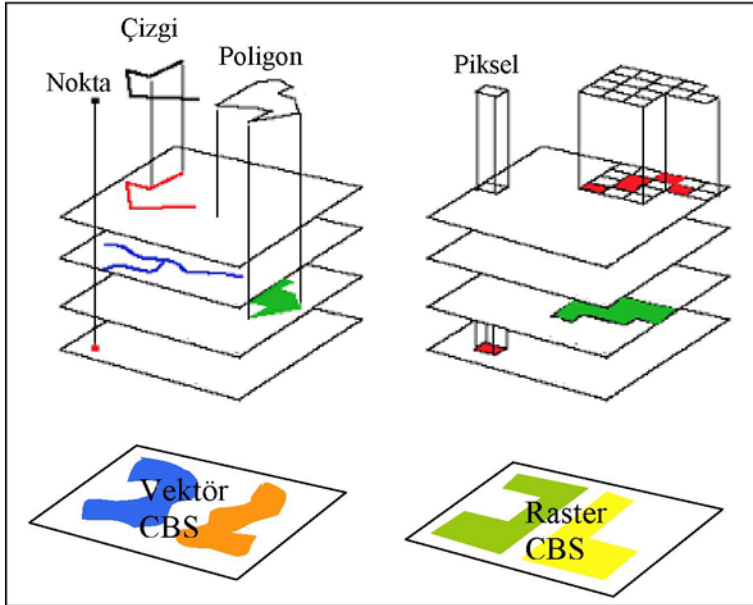
3.2.1 Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki Temel Kavramlar

Gerçek dünya ile ilgili verinin organize edilmesi ve işlenerek uygun bir dijital veri setine dönüştürülmesi işlemi “**veri modelleme**” olarak adlandırılır. Veri modeli, bir plana göre verinin mantıksal organizasyonu olarak bilinir. Konumsal veri, farklı yollarla organize edilebilir (Bonham, 1994). CBS'de konumsal veri organizasyonlarında raster ve vektör modeller en çok tanınan modellerdir.

Vektör veri modeli; Vektör veri modeli, bilgisayarda kartografik gösterimde ve CBS çalışmalarında da ilk olarak kullanılan modeldir. Sayısallaştırma ile kolayca elde edilebilirler. Parseller gibi gösterimi karmaşık olan konumsal özelliklerin gösteriminde daha doğru sonucu verirler. Çizici gibi kalem yazıcılardan çıktı alması daha kolay olur

(Clarke, 1999). Vektör veri modelde, gerçek dünyadaki her bir obje önce geometrik olarak nokta, çizgi veya poligon olarak sınıflandırılır (Şekil 3.2). Her bir objenin geometrisini tanımlayan koordinatlar, 2(x, y), 3(z) veya 4 (m-zaman veya objenin diğer bir özelliği) olarak bilgisayarda temsil edilebilir (Longley, 2001).

Raster veri modeli; Raster veri yapısı en basit anlamı ile piksellerden (hücre) oluşur. Her bir piksel satır (row) ve sütun (column) numarası ile koordinatlandırılır. Pikseller harita verisinin cinsini veya değerini temsil eder. Raster yapıda, nokta, tek bir hücre ile; çizgi, lineer haldeki pikseller dizisi, alan ise komşu piksel grupları ile temsil edilir. Objeler, yansıttıkları renk değerlerine veya bilgi tiplerine göre; renk skalasındaki değerlere göre atanırlar. Haritadaki coğrafi varlıkların hassasiyeti, piksel boyutuna veya çözünürlük gücüne bağlı olarak değişir (Şekil 3.2). Piksel boyutu küçüldükçe, coğrafi verilerin hassasiyeti artar (Burrough, 1991). Raster ve vektör veri modelleri iki boyutlu objelerin temsilinde kullandıkları gibi, üç boyutlu yüzey modelleri oluşturmada da kullanılabilirler. Raster ve vektör modellerden elde edilen yüzey modelleri aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.2 Raster ve Vektör veri modeli (Reis, 2003).

İlişkisel Veri Modeli ; İlişkisel Veri Modelinde (İVM) temel kavram “tablo” dur. Bir tablo satır ve sütunlardan oluşur. İlişkisel bir Veri Tabanında (VT) varlıklar, öznitelikler ve ilişkilere ait bütün veriler tablolarda bulunur. Tablo sütunlarında varlık ve ilişki tipi öznitelikleri yer alır. Her bir varlığa ait veri ise tablonun ayrı bir satırını oluşturur. Bir varlığa ait veri birden fazla tabloda bulunabilir (Cömert, 1999). İlişkisel modelde “anahtar” tablolar arasında gezinme olanağı sağlar. Bir tabloda birden fazla anahtar değer tanımlanabilir. Örneğin bir malik tablosunda vergi numarası tek başına anahtar olarak yeterli olabilirken, bir parsel tablosunda pafta no, ada no ve parsel numarasının üçünün birden anahtar olarak seçilmesi gerekebilir. İlişkisel modelde anahtarların aynı olduğu bir tablodaki ikinci bir satır veri olarak girilemez. İlişkisel model günümüzde Oracle, Ingres, Dbase, Microsoft Access gibi veri tabanı programlarında ve MapInfo, Arc\Info gibi CBS yazılımlarında kullanılmaktadır.

Yüzey modelleme; Sayısal Arazi Modelleme (SAM) olarak bilinir. SAM, arazi yüzeyinin topoğrafik olarak modellenmesi için kullanılır. Yüzeyin doğru olarak modellenmesi, araziden yeter sayıda verinin elde edilmesi ile mümkün olur. Bu nedenle coğrafi konum itibarı ile uygun sayıda verinin araziden seçilmesi gereklidir. SAM düzenli veya düzensiz olarak elde edilmiş verilerin x, y, z (x ve y yatay koordinat, z yükseklik) değerleri ile oluşturulur. Yüzey modelleri raster ve vektör sayısal arazi modeli olmak üzere iki şekilde elde edilebilir

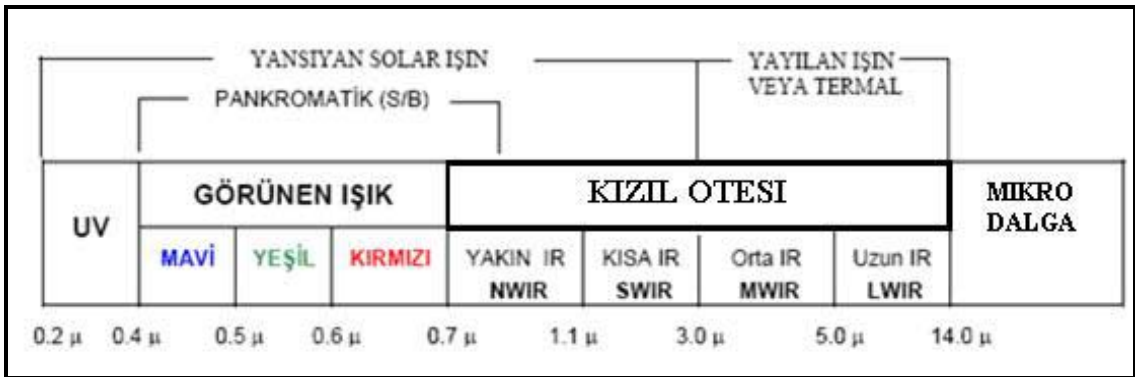
Vektör Bazlı Yüzey Modeli; Bu yöntemde, yüzeye dağılmış noktalar arasında en yakın üç nokta birleştirilerek birbirine bağlı, yüzeyi en iyi temsil eden, birbirini kesmeyen üçgenler kullanılarak yüzey modeli oluşturulur. Bu üçgenler ağında komşu birimler merkez konumlara yatayda değil düşeyde hizalı olup, şekiller geometrik olarak bölünemezler. Yüzeyi en iyi yansıtacak model eşkenar üçgenlerden oluşur (Gazioğlu, 2001).

Grid Bazlı Yüzey Modeli; Raster bazlı sayısal arazi modelinde, arazi karesel veya dikdörtgensel gridlere bölünür, grid orta noktalarının yükseklikleri hesaplanır ve bu

yükseklik değerine göre arazi yüzeyi oluşturulur. Bu modelin kullanımında sağlanacak doğruluk, arazinin karmaşıklığı ve pikselin çözünürlüğüne bağlıdır. Arazinin topoğrafik yapısı karmaşık ise daha fazla miktarda grid gereklidir. Arazinin topoğrafik yapısı oldukça düz ise daha az sayıda grid alınarak aynı derecede doğruluk sağlanabilir (Heywood, 1998; Alp, 1998).

3.3 Elektromanyetik Spektrum

Uzaktan Algılama'da, elde edilen enerjinin cinsi elektromanyetik spektrum içinde tanımlanabilir. Şekil 3.3 görüldüğü gibi, spektrum mikron metre (μm) dalga boyu biriminde parçalara ayrılmıştır. Her mikron 1 milimetrenin binde biri kadardır (10^{-6}). Spektrumun bölümleri dalga boylarının karakteristik özelliklerine göre isimlendirilmiştir. Morötesi (Ultraviolet-UV), kızılötesi (infrared), görünür (visible) ve mikro dalga (microwave) bölgeler spektrumun bazı bilinen bölgeleridir. Bölgeleri birbirinden ayıran kesin bir çizgi yoktur. 0.4- 0.7 μm arası görünür bölge (mavi, yeşil, kırmızı) olarak adlandırılır ve insan gözüne duyarlıdır. Kızılötesi bölge ise yakın kızılötesi 0.75 μm - 1.5 μm aralığında ve termal kızılötesi 3 veya 4 μm ile 12 veya 13 μm dalga boyu arasında olmak üzere ikiye ayrılır. Bu bölge tarım ve ormancılık çalışmaları açısından önemli bir spektrum bölgesidir (Cracknell ve Hayes, 1991).



Şekil 3.3 Elektromanyetik spektrum bölgeleri (İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanı, 2002).

3.4 Uydu Sistemleri

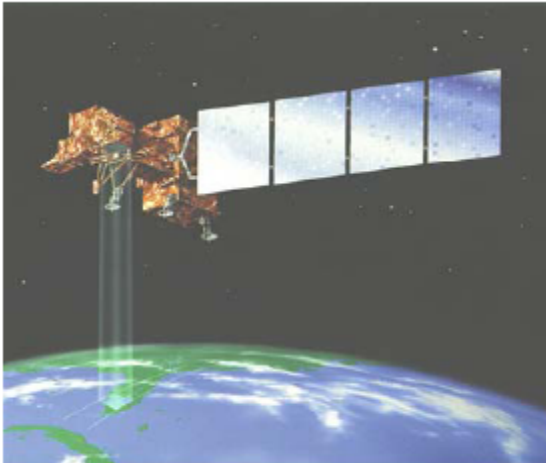
Yeryüzü üzerinden bilgi toplayan, hizmet amacına göre değişen özelliklerde bir çok uydu vardır. Doğal kaynakların araştırılması amacıyla 1972 yılında ABD tarafından uzaya gönderilen Landsat uydusundan sonra bir çok uydu uzaya gönderilmiştir. Bu amaçla en çok kullanılan uydulardan biri de Landsat uydusudur. Bununla ilgili detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

Geniş alanlara yayılmış doğal kaynakların tespit edilmesinde kullanılan diğer bir uydu ise Fransızların Spot uydusudur. Bu uydu serisinin ilki 1986 yılında uzaya fırlatılmıştır. Şu ana kadar 5 adet Spot uydusu uzaya gönderilmiştir. Bunlardan en son Mayıs 2002’de gönderilen Spot 5 uydusudur ve bu uydu 2.5-5 m siyah-beyaz ve 10 m renkli bantta (60 km çerçeve ile) çözünürlüklüdür. Bu uyduda toplam 5 adet (Pankromatik dahil) spektral bant bulunmaktadır. 1999 yılında fırlatılan Ikonos uydusu pankromatik bantta 1m, renklide 4m çözünürlüklü uydudur. Günümüzdeki en yüksek çözünürlüklü Quickbird verisinden, pankromatik bant için 0.61m’lik, multispektral bantlar içinse 2.5m’lik çözünürlükte görüntüler elde edilmektedir. Standart işlenmiş ürünler için, pan 0.70m (0.73m. - 30° off-nadir) ve multispektral bantlar ise 3.0m (2.9m.- 30° off-nadir) çözünürlük sunmaktadırlar. Aynı uydunun işlenmemiş görüntüleri de 0.61m gibi yüksek çözünürlükte dirler (Karakış S., Marangozi A. M., Büyüksalih G. 2009). Ikonos’un en çok kullanıldığı alanlar kentsel planlama ve alt yapı çalışmaları olmaktadır. Yine 1995 yılında Hindistan’ın ilk serisini uzaya gönderdiği IRS uydusu, pankromatik bantta 5.3 m ve renkli bantta ise 23.5 m çözünürlük ile en çok kullanılan uydulardan biridir. Bunlardan başka, Aster, ERS, Radarsat ve Jers gibi aktif algılama yapan uydular da mevcuttur (Hord, 1986; Sesören, 1998; Richards ve Jia, 1999).

3.4.1 Landsat Uydu Sistemi

Landsat uydu sistemi, doğal kaynakların araştırılması amacıyla uzaya gönderilen ilk Uzaktan Algılama uydusudur. ERST-1 (Earth Resources Technology Satellite) olarak adlandırılan, daha sonra Landsat-1 olarak ismi değiştirilen uydu, 1972 yılında ABD Uzay Merkezi tarafından yörüngesine oturtulmuştur (Reis, 2003). Landsat-2 1975'te fırlatılmıştır. Landsat-3, 4 ve 5 sırasıyla 1978, 1982 ve 1984 yıllarında yörüngeye yerleştirilmiştir. Landsat-6 fırlatma sırasında tahrip olmuştur. Son olarak Landsat-7 uydusu 15 Nisan 1999'da fırlatılmıştır. İlk üç Landsat uyduları birinci jenerasyon uydular olarak adlandırılmıştır. Benzer yörünge ve çok spektrumlu tarayıcı (MSS) özelliklerine sahiptirler. Tablo 3.1'de özellikleri verilmiştir.

Landsat 4, 5 ve 6. uydular ise, MSS ve sonradan geliştirilen Tematik Tarayıcı (TM) sistemlerini taşımaktadır. Landsat 7 uydusu ise Geliştirilmiş Tematik Görüntüleyici (Enhanced Thematic Mapper-ETM+) algılayıcısını taşımaktadır. Landsat ETM+ algılayıcısı, yüksek çözünürlüklü veri sağlayabilme özelliğinde, sekiz bantlı ve radyometrik bir multispektral tarayıcıdır. Uydu 4.3 m uzunluğunda, 2.8 m çapında ve kütlesi yaklaşık 2200 kg ağırlığındadır (Şekil 3.4). Landsat uydusunun spektral bantları ve uygulama alanları Tablo 3.1'de verilmiştir. Uydu 705 km yükseklikte, güneş uyumlu, 98° eğim açısıyla, alçalma sırasında ekvatoru yerel saatle 10'da geçen bir yörüngede döner. Yaklaşık 375 GB veriyi board üzerinde saklayabilmekte veya 150 Mbps hızda yer istasyonuna veri transfer edebilmektedir. Yeryüzeyi üzerinden veri toplamadaki piksel boyutları; pankromatik bantta 15 m, görünür, yakın ve orta dalga kızılötesi olmak üzere 6 banta 30 m ve termal kızılötesi bantta 60 metredir (Aksu vd., 2001). Landsat ETM 7+, yılda 91.000'in üzerinde çerçevelik arşive sahip olmuş, dünyanın her yerinden sistematik bir şekilde veri toplamaktadır (Goward vd., 1999).



Şekil 3.4 Landsat ETM+ uydusunun şematik gösterimi

Tablo 3.1 Landsat MSS, TM ve ETM+'nın algılama yaptığı bantlar, yörünge özellikleri, çözünürlükleri ve uygulama alanları (İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanı, 2002).

SENSÖRLER		LANDSAT 4-5 MSS	LANDSAT 4-5 TM	LANDSAT 7
MEKANSAL ÇÖZÜMLEME (Spatial Resolution)		PAN: 30 m. MS: 79 m.	28.5m.	PAN: 15 m. MS: 30-60 m.
TAYFSAL ÇÖZÜMLEME (Spectral Resolution)		0.50-1.10	0.45-12.50	0.45-12.50
RADYOMETRİK ÇÖZÜMLEME (Radiometric Resolution)		6 Bit	8 Bit	8 Bit
ZAMANSAL ÇÖZÜMLEME (Temporal Resolution)		16 Gün	16 Gün	16 Gün
TARAMA GENİŞLİĞİ (Swath)		185 x170 Km.	185 x170 Km.	185 Km.
YÖRÜNGE YÜKSEKLİĞİ (Km)		900 Km.	705 Km	705 Km
BANDLAR	DALGA UZUNLUĞU (μ m)	KULLANIM ALANLARI		
LANDSAT 4-5 MSS				
Band1: Yeşil	0.50-0.60	Sağlıklı bitkile ve su havzalarını belirleme		
Band2: Kırmızı	0.60-0.70	Bitkileri ayırma, toprak ve jeolojik sınırları kararlaştırma		
Band3: Yakın IR	0.70-0.80	Ürün rekolte tahmini ve toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Band4: Yakın IR	0.80-1.10	Bitkileri gözleme ve pusa nüfuz etme		
LANDSAT 4-5 TM				
Band1: Mavi	0.45-0.52	Toprak/bitki ayırımı, Bathmetry/sahil haritacılığı, kültürel / iskan özelliklerini tesbit		
Band2: Yeşil	0.52-0.60	Yeşil bitkileri haritalama ve kültürel / iskan özelliklerini tesbit		
Band3: Kırmızı	0.63-0.69	Bitki türlerini ayırmak ve toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Band4: Yakın IR	0.76-0.90	Canlı ve sağlıklı bitki miktarı, toprak/ürün ve arazi/su tasnifi		
Band5: Orta IR	1.55-1.75	Bitki ve topraktaki nem, kar, buz ve bulutlu sahaları ayırma		
Band6: Termal IR	10.40-12.50	Bitki ve sağlıklı ürünleri ayırma, haşarat ilacı uygulama, ısı yoğunluğu ve termal kirlenme		
Band7: Orta IR	2.08-2.35	Jeolojik kaya tiplerini ve toprak sınırlarını ayırmak, torak ve bitkilerdeki rutubeti belirlemek		
LANDSAT 7				
Band1: Mavi	0.45-0.515	Landsat 4 ve 5 kapsamındaki MSS ve TM bantlarının uygulandığı alanlarda kullanılır.		
Band2: Yeşil	0.525-0.605			
Band3: Kırmızı	0.63-0.69			
Band4: Yakın IR	0.75-0.90			
Band5: Orta IR	1.55-1.75			
Band6: Termal IR	10.40-12.50			
Band7: Orta IR	2.08-2.35			
PAN	0.52-0.90			

3.4.2 Aster Uydu Sistemi

1999 yılında NASA 'ya ait TERRA uydusuna monte edilmiştir. Dünya çevresinde dairesel olarak yer yüzeyinden 705 km uzaklıkta kutuplara yakın bir yörüngede dönmektedir. Yörüngede güneşle eş zamanlı olarak ve yerel saatle sabah saat 10.30 'da yeryüzünden veri toplamaya başlamaktadır. Uydu üzerinde beş ayrı modül bulunur. Yüksek alansal (spatial), tayfsal (spektral) ve radyometrik çözünürlüğe sahip toplam 14 bant spektral aralığa sahiptir (Tablo 3.2). Görüntü büyüklüğü 60 x 60 km 'dir.

Tablo 3.2 Aster uydusunun spektral aralıkları ve çözünürlükleri

Band	Spektral Aralık (μm)	Alansal Çözünürlük (m)
1	0.52 - 0.60	15
2	0.63 - 0.69	15
3	0.78 - 0.86	15
3N	0.78 - 0.86	15
4	1.60 - 1.70	30
5	2.145 - 2.185	30
6	2.185 - 2.225	30
7	2.235 - 2.285	30
8	2.295 - 2.365	30
9	2.360 - 2.430	90
10	8.125 - 8.475	90
11	8.475 - 8.825	90
12	8.925 - 9.275	90
13	10.25 - 10.95	90
14	10.95 - 11.65	90

Aster görüntüleri özellikle kayaç tipi tanımlaması, ayrıntılı volkanik aktivite haritalaması, çizgisel ve dairesel yapıların belirlenmesi, hidrotermal alterasyon alanlarının ve mineralojik zon haritalarının hazırlanması, jeotermal alanların belirlenmesi, stereoskopik üç boyutlu görüntü elde edilmesi vb. gibi jeolojik amaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından en önemlisi Aster görüntülerinin 14 spektral aralığına sahip olmasından dolayı, mineral ve alterasyon haritalarının daha ayrıntılı bir şekilde oluşturulmasıdır (MTA, 2009).

BÖLÜM DÖRT

HİDROTERMAL ALTERASYON TİPLERİ VE ALTERASYON HARİTALAMA TEKNİKLERİ

4.1 Hidrotermal Alterasyon Tipleri

4.1.1 İleri Arjilik Alterasyon

Bu alterasyon dijit, kaolinit (her ikisi de $Al_2Si_2O_5(OH)_4$) formülüne sahiptir, pirofillit ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$) ve kuvars ile karakterize olunur. Serisit genellikle mevcuttur ve çoğunlukla alunit, pirit, turmalin, topaz, zunyit ve amorf kil mineralleri de vardır. Bu en yoğun alterasyon şekillerinden birisidir. Asit plütonik stoklarca eşlik olunan çoğu baz metal damarları veya baca yataklarına bağılı en iç zonda yer alırlar. Bu alterasyon keza “hot spring (sıcak su kaynakları)” ortamlarda ve sığ kıymetli metal yataklarında bulunur.

Cevher kütlelerine eşlik eden sülfidler genellikle sülfürce zengin olan kovellit, dijenit, pirit ve enarjittir.

Bu alterasyonda feldispat ve mikalarda bazların (alkaliler (K-Na) ve kalsiyum (Ca) büyük ölçüde çözümlenmesi söz konusudur. Fakat sadece alüminyumun çok fazla mobilize olmadığı durumda yer alır. Eğer alüminyumda kayaçtan uzaklaşır o zaman kayaçta silisleşmeye doğru gidilir ve artan serisit miktarı ile dışa doğru serisitleşmeye geçilir.

İleri arjilik alterasyonun oluşumu, çok büyük miktarlarda hidrotermal sıvılarının sirkülasyonu ve damar oluşum ve büyümeleri için gerekli yüksek geçirgenliğin gelişimi için son derece önemlidir (Forum maden, 2009).

4.1.2 Serisitleşme

Dünya çapında cevherli alanlarında, sleyt ve granit gibi alüminyumca zengin kayaçların içindeki en yaygın alterasyon tipidir. En hakim mineraller serisit ve kuvars olup pirit bunlara çoğunlukla eşlik eder. Burada dikkat edilecek şey serisitin gerçekten muskovit olup olmadığını bilmek gerekir. Çünkü serisit mineralleri illit, paragonit, flogopit, talk ve pirofillit ile karıştırılabilir. Muskovit geniş bir basınç-sıcaklık (P-T) aralığında duraylıdır ve bu nedenle alterasyon minerali olarak en yaygın olduğu kabul edilir. Eğer yan kayaca potasyum (K) getirimi varsa o zaman bu elementçe fakir kayaçlar (diyoritler gibi) serisitleşebilir. Ancak bu ve diğer alterasyon süreçleri ile yan kayaçların bazen öyle olsa bile tamamen serisit ve kil minerallerinden olduğu düşünülmemelidir. Yan kayaçta görülen şey görünüm olarak bu minerallerce zenginlik veya ilgili minerallerde miktar olarak artışıdır. Bazen yeni mineral veya mineraller, diğer tüm minerallerin dışında gelişebilir fakat bu durum her zaman olmak zorunda değildir. Granitin serisitleşmesi esnasında, feldispat ve mikalar serisite dönebilir ve bu reaksiyon sonucu ikincil kuvarslar oluşur. Fakat ikincil sıvı kapanımlarının gelişimi dışında birincil kuvarslar büyük ölçüde etkilenmezler. Yan kayaç alterasyonu bazı minerallerin reaksiyonunun ve alterasyonunun diğerlerine göre daha fazla olduğu ileri doğru giden (progresif) bir alterasyondur. Eğer makaslanma alterasyona eşlik ediyorsa veya fillosilikatları içeren diğer alterasyon tipleri varsa o zaman kayaçta şistozite gelişir. Aksi halde hornfels benzeri dokular gelişir (Forum maden, 2009).

4.1.3 Potasik Alterasyon

İkincil K-Feldispat ve/veya ikincil biyotitin ortaya çıkması ile serisitleşme, potasyum silikat alterasyonuna geçer. Potasyum silikat alterasyonu, porfiri bakır yataklarının merkezinin derin kesimlerinde çok yaygındır. Florca zengin ortamlarda, topaz, zunyit ve kuvars ile birlikte serisite eşlik ederek grayzenleri oluştururlar. Serisitleşme zonunun dış kısmında düşük mertebeli ortaç (intermediyer) arjilik alterasyon

oluşabilir. Böylelikle serisitleşme 3 tip yüksek mertebeli ve bir de düşük mertebeli alterasyonlara geçişlidir diyebiliriz (Forum maden, 2009).

4.1.4 İntermediyer (Ortaç) Arjilik Alterasyon

Burada başlıca mineraller plajiolazın alterasyon ürünleri olarak kaolin ve montmorillonit grup mineralleridir. Ortaç arjilik zonu, alterasyonun dış kesimine doğru montmorillonitçe hakim mineral zonu ve serisitik zona yakın kaolin minerallerinden oluşan zon ile iki ayrı zona ayrılabilir. Sülfidler genellikle önemsiz oranlardadır. Ortaç arjilik alterasyon zonunda dışa doğru taze kayaca ulaşılmadan önce propilitik alterasyon mevcut olabilir (Forum maden, 2009).

4.1.5 Propilitik Alterasyon

Bu alterasyon; klorit, epidot, albit ve karbonat (kalsit, dolomit veya ankerit) ile karakterize edilen bir alterasyondur. Az miktarda serisit, pirit ve manyetit bulunabilir. Daha az oranlarda zeolitler ve montmorillonitler yer alır.

Piopilitik deyiimi ilk kez Becker tarafından 1882 yılında Nevada'daki Comstock Lode'deki andezit ve diyoritler için kullanılmıştır.

Ana piopilitik minerallerinden birisinin çok fazla gelişmesi durumunda, Piopilitleşmenin alt sınıfları ortaya çıkar. Bunlar örneğin kloritleşme, albitleşme ve karbonatlaşmalar olabilir (Forum maden, 2009).

Tablo 4.1 Alterasyon tipleri ve dönüştükleri mineraller

Alterasyon Tipi	Dönüştüğü Mineraller
Potasik	Ortoklaz
Propilitik	Epidot - Klorit
Arjilik	Kaolinit - İllit - Montmorilyonit
İleri Arjilik	Propillit - Alünit
Oksidasyon	Hematit - Götüt - Jarosit
Silisleşme	Kuvars

4.2 Alterasyonlu Alanları Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Haritalama Teknikleri

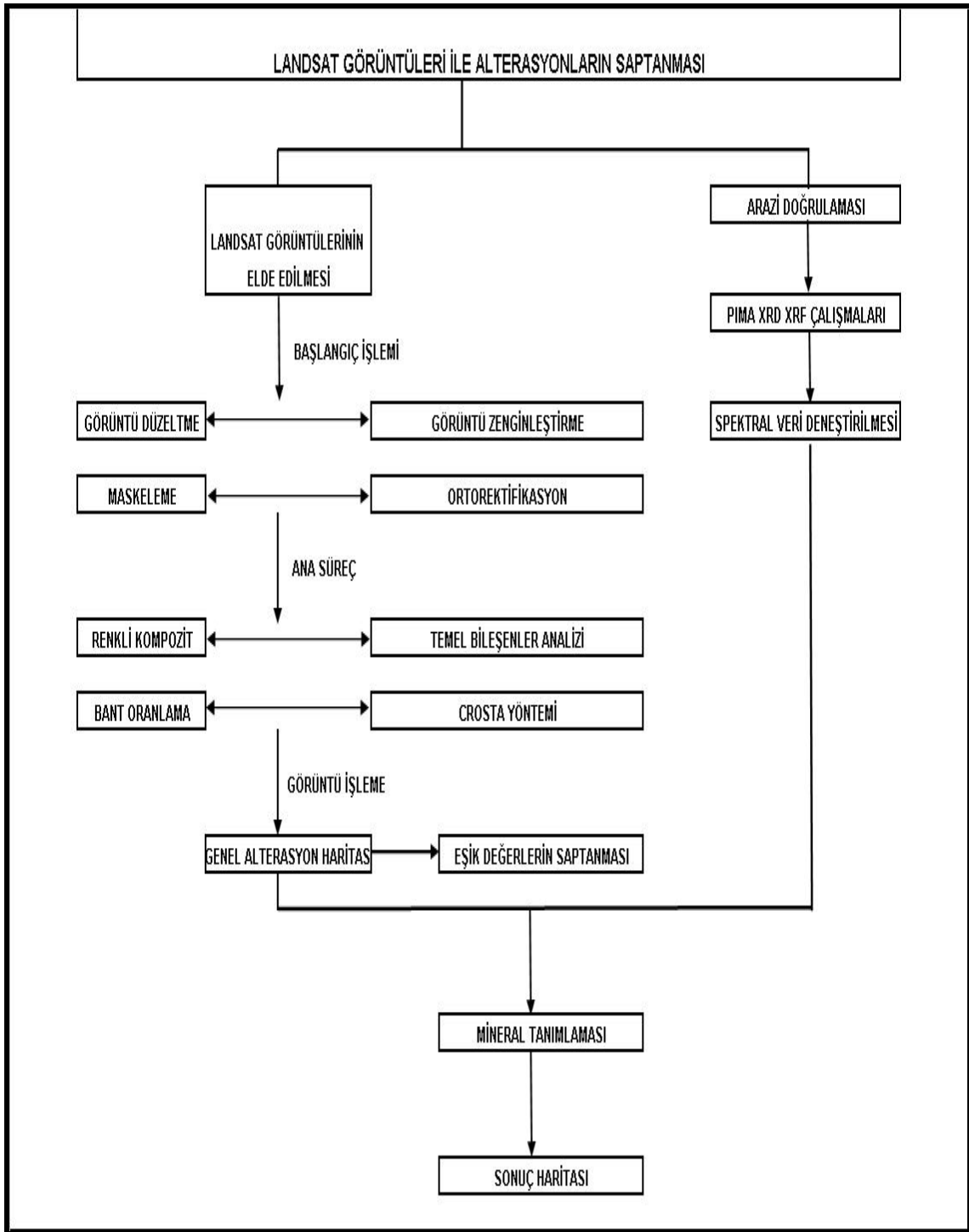
Uzaktan algılama teknikleri kısa bir süreden beri uygulanmakta ve bu teknolojiyi kullanarak farklı metodların geliştirilmesi devam etmektedir. Renk bileşimleri (Color composites), band oranlama (band rationing), Crosta tekniği (Crosta technique), Abrams yöntemi alterasyon haritalamasında iyi bilinen ve sıkça kullanılan metodlardır.

Çalışma kapsamında öncelikli araştırmalar LANDSAT TM ve LANDSAT ETM+ görüntüleri üzerinde uygulama alanlarının tespiti ve metodu denemek amacıyla yapılacaktır. Tüm görüntüler üzerinde su maskeleyme işlemi ve dengelenmiş karışıklık zenginleştirme tekniği (BCET) uygulanarak istenmeyen sinyaller ve bant içindeki düzensizlikler giderilecektir.

Çalışma prensibi genel akım şeması çerçevesinde uygulanacaktır (Şekil 4.1). Çalışma esnasında her bir analiz sonucu bir önceki ile karşılaştırılacaktır. Renkli kompozitler, band oranlaması, temel bileşenler analizi ve Crosta yöntemleri uygulanacaktır.

Uygulamalar sonucunda elde edilen görüntü potansiyel alterasyon alanını oluşturacaktır. Bölgeden daha önceden alınmış spektral nitelikleri belli olan sonuçlarla

arazide yapılmış olan alterasyon haritası ile bu alterasyon haritaları karşılaştırılacak ve uygulamanın verimliliği tartışılacaktır.



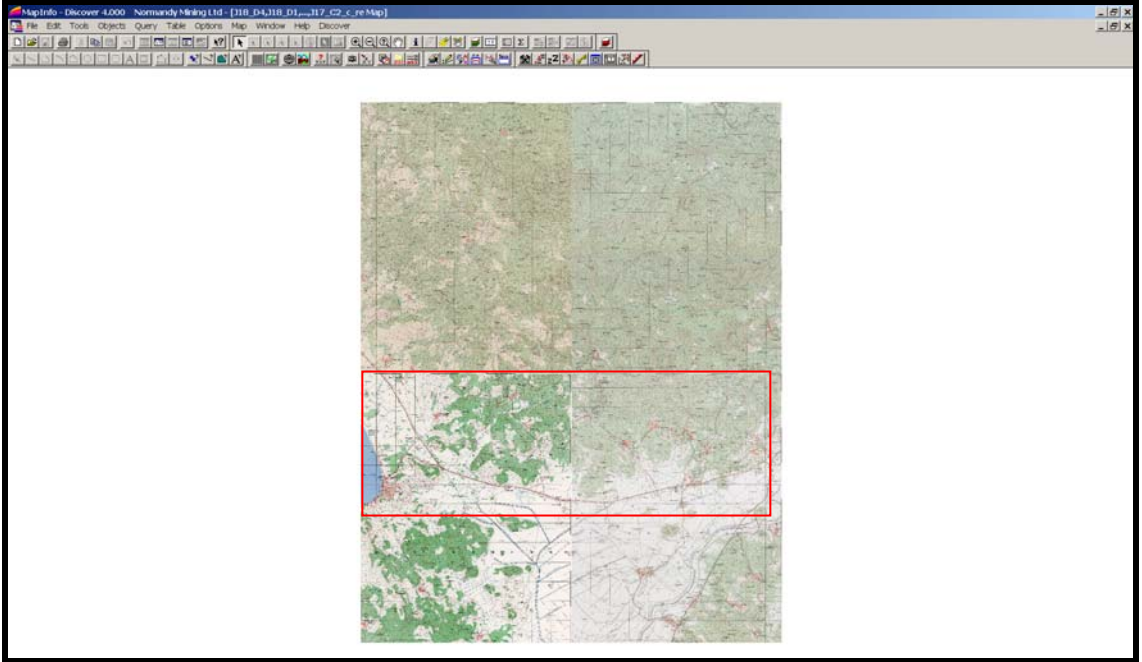
Şekil 4.1 Çalışma prensibini gösteren akım şeması

BÖLÜM BEŞ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI

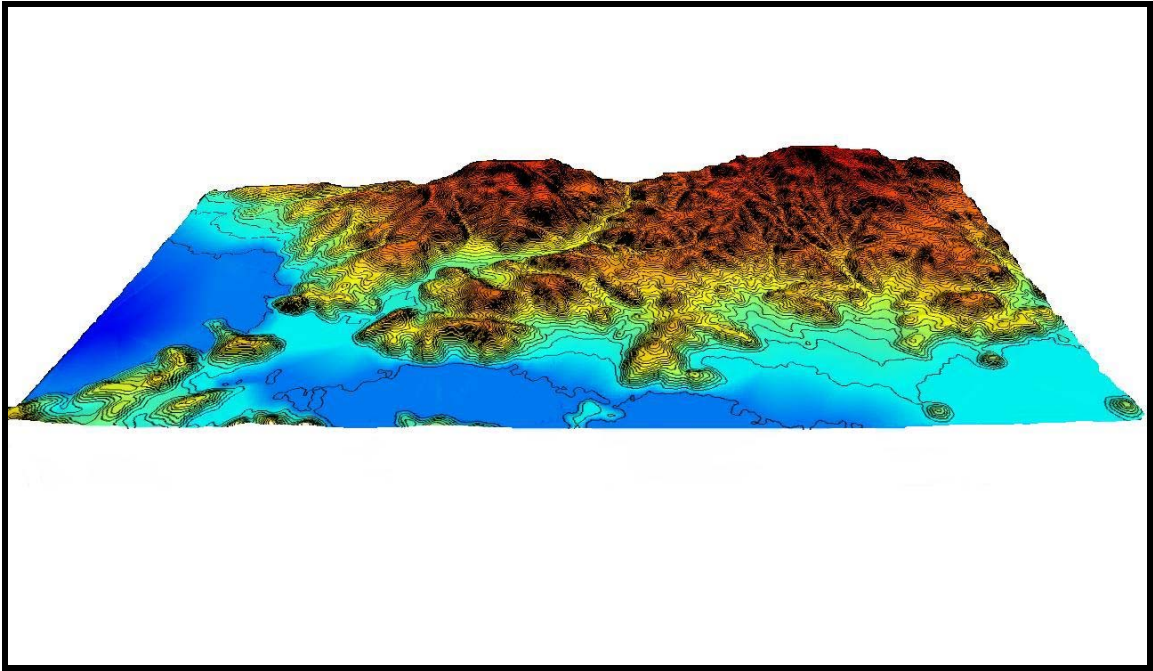
5.1 İlk Çalışmalar

Bu çalışmada LANDSAT 5 Tematik Haritalayıcıları (TM) ve LANDSAT 7+ Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcıları (ETM+) (path 181 / row 33) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma esnasında ERDAS 9.2 ve Mapinfo 6.5 programları kullanılmıştır. İlk olarak çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar (J 18 d1 – d4 ve J 17 c2 - c3) JPEG formatında taratıldıktan sonra Mapinfo 6.5 ortamına aktarılmıştır (Şekil 5.1). Aktarılan haritalar dünya koordinat sistemine oturtulduktan sonra SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşturmak için çalışma alanının topoğrafik haritasının sayısallaştırması yapılmıştır.



Şekil 5.1 JPEG olarak taratılmış kırmızı dikdörtgen ile belirtilmiş çalışma alanına ait haritaların Mapinfo 6.5 ortamına aktarılmış görüntüsü.

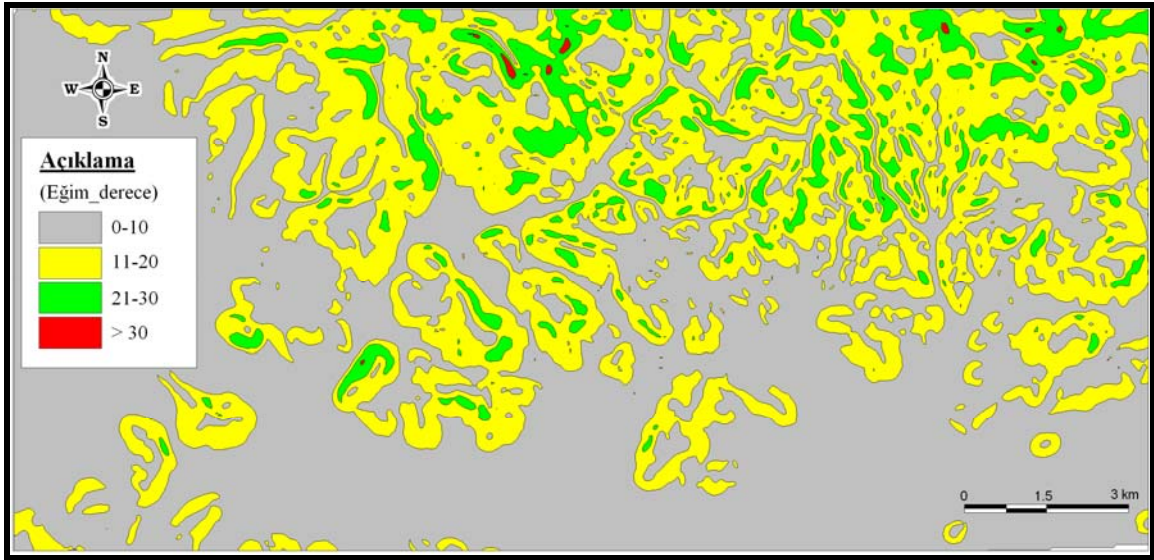
Sayısallaştırılmış olan paftalara yükseklik değerleri girilir. SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) yükseklik verisinin üzerine uydu görüntüsünün giydirilmesi ile elde edilen, yüzey yüksekliklerinin bilgisayar ortamında modellenmiş 3 boyutlu perspektif görüntüleridir. Sayısal yükseklik modelleri genellikle raster verilerdir ve bu raster'ların her bir hücre değeri modellenmiş yükseklik değerlerini gösterir. Sayısal yükseklik modeli sürekliliği olmayan verileri (yükseklik noktaları, konturlar, vb.) aralardaki boşlukları modelleme yoluyla doldurarak sürekli ve yumuşak geçişler gösteren raster bir veri halinde sunar (Şekil 5.2). SYM; X ve Y koordinat bilgisinin yanısıra Z yani yükseklik bilgisine de sahiptir.



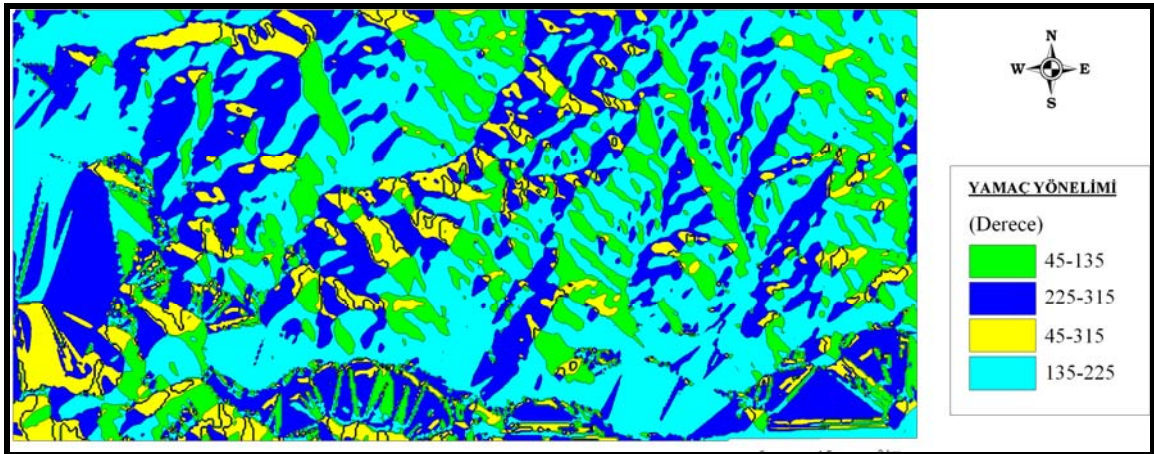
Şekil 5.2 Çalışma alanına ait sayısallaştırılan paftanın SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) görüntüsü.

Bu çalışmada koordinat sistemi olarak UTM (Universal Transverse Mercator) kullanılmıştır. Elde ettiğimiz SYM raster bir görüntüdür. X, Y, Z koordinat bilgilerine sahip, piksellerden meydana gelen bir görüntüdür. Piksellerin sahip olduğu bu x, y, z değerlerinden yararlanarak çalışma alanının eğim ve yamaç yönelimi haritalarını elde edebiliriz (Şekil 5.3 ve 5.4). Eğim (slope) bir yüzeyin yatay yüzeye göre durumunu ifade

etmekte kullanılan bir kavramdır. Yamaç yönelimi (aspect) ise bir yüzeyin Kuzeye veya güneye göre konumunu gösterir. SYM ve RGB kompozit görüntüsünden yararlanarak çalışma alanının 3 boyutlu (3D) görüntüsü elde edilebilir. Bu çalışmada Landsat RGB kompozit görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.3 Çalışma alanına ait Mapinfo 6.5 programında hazırlanmış eğim haritası.



Şekil 5.4 Çalışma alanına ait Mapinfo 6.5 programında hazırlanmış yamaç yönelimi haritası.



Şekil 5.5 Çalışma alanının Landsat 7 ETM+ RGB 732 görüntüsüne ait bant kombinasyonu kullanılarak Mapinfo 6.5 programında hazırlanmış 3 boyutlu jeolojik birimler görüntüsü.

5.2 Sayısal Görüntü İşleme

Sayısal görüntü işleme, bilgisayar yardımı ile uydu verilerinin veya diğer raster verilerin işlenmesi ve yorumlanarak anlamlı bilgilerin elde edilmesidir. Uydu verilerinin analizi görüntü düzeltme, görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma olmak üzere üç temel başlık altında toplanarak aşağıda açıklanmıştır.

5.2.1 Görüntü Düzeltme

Düzeltilmenin amacı görüntü elde etme işleminden (görüntü çekerken) kaynaklanan çarpıklıklardan ve kalite düşüklüğünden görüntüyü kurtararak yer yüzeyine ait daha kaliteli görüntü elde etmektir. Bu işlem, ham görüntü ve işlerinin geometrik bozukluklar açısından düzeltilmesini, verilerin radyometrik olarak kalibre edilmesini ve verilerde bulunan gürültünün elimine edilmesini sağlamak amacıyla yapılan ilk işlemleri içerir. Bu nedenle bir görüntü düzeltme işlemi büyük ölçüde görüntü verisi elde etmek için

kullanılan algılayıcıların özelliklerine bağlıdır. Görüntü düzeltme işlemleri çoğu zaman “ön işleme” olarak da adlandırılır. Çünkü, bunlar daha sonraki adımlarda görüntülerden özel bilgiler elde etmek için yapılan “işleme ve analiz” işlerinden daha önce yapılır.

Geometrik Düzeltme; Ham dijital görüntüler genellikle geometrik bozukluklar, algılayıcı platformun yüksekliği, davranışı ve hızındaki değişimlerden kaynaklanır. Panoramik bozukluk, dünyanın küreselliği, atmosferik yansımaya, algılayıcının “anlık görüş alanı (IFOV)” taramasının doğrusal olmayışı gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Geometrik düzeltmenin amacı, yukarıda sözü edilen bozucu etkileri ortadan kaldırarak düzeltilen görüntünün en yüksek geometrik doğruluğa ulaşmasını sağlamaktır (Lillesand ve Kiefer, 2000).

Atmosferik düzeltme uydunun algılama sırasında oluşturduğu rakamları yeryüzü yansımaya değerlerine çeviren bir uygulama olarak tanımlanır (örneğin kesin yüzey yansımaya değerleri). İlk olarak modele bağımlı kalmaksızın, dijital rakamları, kazanım kayıp değerlerini görüntüden uzaklaştırarak uydu radyans değerlerine çevirmek gerekir. Eğer çizgi, gürültü etkisi, istatistiksel yöntemler ile görüntüden uzaklaştırılmış ise bu kazanım ve kayıp değerleride düzeltme sürecinde mutlaka bulunmalıdır.

UA verisi genellikle sistematik ve rastgele geometrik hataları ile yüklü olarak elde edilir. Sistematik bozukluklar, bozuklukların kaynaklarının matematiksel olarak modellenmesi sonucu türetilen formüller uygulanarak kolaylıkla düzeltilebilir. Rastgele bozukluklar ve bilinmeyen artık sistematik bozukluklar, yeryüzüne iyi bir şekilde dağıtılmış ve yer kontrol noktalarının yardımı ile düzeltilir. Bol sayıda (çerçeve başına 30-50 adet nokta veya 200 km^2 'de bir nokta) ve yüksek kalitede yer kontrol noktalarının seçimi, çok büyük bir iş gücü gerektirmektedir. Yer kontrol noktaları (YKN) yeryüzünde belli olan ve görüntü de görülen bazı coğrafi detaylar olabilir. Örneğin iki yolun kesişimi veya kıyı çizgilerinde görülen farklı bir kısım YKN olarak alınabilir. Düzeltme işleminde, bir çok yer kontrol noktası bozuk görüntü üzerinde görüntü koordinatları (sıra, sütun) cinsinden ve yer kontrol koordinatları (haritadan sayısallaştırılmış, arazide

GPS ile belirlenmiş, UTM koordinatları veya enlem, boylam şeklinde olabilir) yardımıyla yerleştirilir. Bu değerler daha sonra geometrik olarak düzeltilmiş harita koordinatları ile bozuk görüntü koordinatları arasında ilişki kurularak iki koordinat sistemi arasındaki dönüşüm parametrelerini belirlemek amacıyla “en küçük kareler” yöntemine tabi tutulur. Bu eşitliklerdeki katsayılar bir kez belirlendiğinde, harita üzerindeki herhangi bir noktadaki bozuk resim koordinatları düzeltilebilir (Lillesand ve Kiefer, 2000; Jensen, 1996). Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse;

X_i , Y_i dönüşüm öncesi nokta koordinatları, X' , Y' dönüşüm sonrası nokta koordinatları ve a_0 , a_1 , a_2 , b_0 , b_1 , b_2 dönüşüm matrisi katsayıları olmak üzere;

$$X' = b_0 + b_1X_1 + b_2Y_1 \quad (1)$$

$$Y' = a_0 + a_1X_1 + a_2Y_1 \text{ eşitlikleri ile hesaplanır.}$$

Dönüşüm doğruluğu, görüntü koordinatları ile bunlara karşılık gelen referans koordinatları arasındaki uzaklık olan “karesel ortalama hata (KOH)”nın hesaplanması ile bulunur (Gazioğlu, 2001);

$$R_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X^2) R_i}, \quad R_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y^2) R_i}$$

$$RMS = \sqrt{R^2_x + R^2_y}$$

R_x, R_y : x, y yönündeki karesel ortalama hata

RMS : Karesel ortalama hata

X_{ri}, Y_{ri} : i. Yer kontrol noktasının düzeltme değeri

n : Yer kontrol noktası sayısı

Yeniden Örnekleme; Görüntünün geometrik olarak düzeltilmesi işleminden sonra, görüntünün piksel değerleri yeniden hesaplanır. Yeniden örnekleme adı verilen bu işlem üç adımda yapılır. İlk olarak görüntü üzerinde koordinatları bilinen kontrol noktaları belirlenir. Bu koordinatlar, genellikle sayısal ve kağıt altlıklarda bulunan topoğrafik haritalardan ya da GPS ile elde edilir. Kontrol noktaları belirlendikten sonra, bu koordinatlar yardımı ile görüntü, bir dönüşüm yöntemi ile lokal koordinat sistemine dönüştürülür. Son olarak dönüştürülmüş görüntüdeki piksellerin sayısal değerleri (Digital Number - DN) tekrar hesaplanır. Bu aşamada görüntünün konumsal çözünürlük değeri değiştirilebilir. Bunların gerçekleştirilmesi aşağıda açıklanan üç yöntemle yapılabilir.

En Yakın Komşuluk Yöntemi; Bu yöntemde piksellerin parlaklık değerleri değişmez ve dönüşüm süresi kısadır. Geometrik olarak düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri, girdi görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değerinin atanmasıyla elde edilir. Campbell (1996)'a göre en yakın komşuluk yöntemi, üç yöntem içinde hesaplama açısından en hızlı ve en verimli olanıdır.

Bilineer Enterpolasyon Yöntemi; Bu yöntem, daha karmaşık bir yeniden örnekleme yöntemidir. "Birinci derece enterpolasyon" adı ile anılan bu yöntemde, girdi görüntüsüne dik iki doğrultudaki parlaklık değerleri enterpole edilerek çıktı pikseline verilir (Önder, 2000). Burada geometrik olarak düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntünün pikselleri etrafındaki 4 pikselin ağırlıklı ortalamasının hesaplanmasıyla bulunur. Piksellerin ortalama değeri alındığından katlama etkisi oluşur ve kenar düzeltmesi nedeniyle veri kaybı olur (Musaoğlu, 1999).

Kübik Katlama Yöntem; Bu yöntemde geometrik olarak dönüşmüş görüntünün piksel değerleri, orijinal görüntüdeki piksele en yakın 16 pikselin ağırlıklı ortalaması alınarak bulunur. Kübik katlama yönteminde en yüksek doğruluk elde edilir, ancak hesaplama süresi en uzun olan yöntemdir (Campbell, 1996).

5.2.2 Görüntü Zenginleştirme

Görüntü zenginleştirmenin amacı; görüntüdeki detaylar arasındaki görüntü farklılıklarını daha keskin bir şekilde anlaşılır hale getirmek sureti ile görsel yorum yapma imkanını daha da geliştirmektir. Böylece görüntü üzerinde amaca göre aranan özellikler daha belirgin bir duruma getirilirken, bunların dışında kalan özellikler bastırılmış olabilir. Bir görüntü analizcisi için görüntü zenginleştirme ve bunları görüntüleme seçenekleri sonsuz kabul edilmektedir. Çoğu görüntü zenginleştirme tekniği, nokta operasyonu ya da yerel operasyonlardan oluşur. Nokta operasyonları, bir görüntüdeki veri setindeki her bir pikselin parlaklık değerini bağımsız olarak değiştirir. Yerel operasyonlar ise komşu piksellerin parlaklık değerlerine dayalı olarak her bir pikselin değerini değiştirir. Her iki zenginleştirme şekli de tek bant (monochrome) görüntü üzerinde veya çok görüntülü karışımların (multi-image composites) tek tek bileşenleri üzerinde uygulanabilir. En uygun görüntü zenginleştirme metodunu seçmek bir sanat olup, kişinin tercihinine bağlıdır (Önder, 2000, Evsahibioğlu, 1994).

Bu çalışmada kullanılan görüntü zenginleştirme teknikleri temel olarak iki kısımda toplanmıştır. Bunlar:

- Kontrast Zenginleştirme
- Çok Bantlı Zenginleştirme

Kontrast Zenginleştirme; Uydu algılayıcıları, kutup bölgeleri gibi az ve çöl alanları gibi çok fazla aydınlanması olan yerlere kadar çok geniş bir aralıktaki aydınlanmaya göre dizayn edilmektedirler. Bu nedenle uydu görüntülerinde, yararlanılacak piksel değerlerde, toplam piksel değer aralıklarının az bir kısmı kullanılır (Önder, 2000). Kontrast zenginleştirme, verileri daha belirgin hale getirmek amacıyla orijinal piksel değerlerini uygun değer aralıklarına yayarak kontrastı artırma işlemidir. Böylece analizci söz konusu coğrafi detaylar arasındaki kontrastı daha iyi algılayabilir. Her parlaklık

seviyesine ait kaç piksel olduğu, histogram grafiği ile gösterilir. Bu parlaklık değerleri (0-255) grafiğin x eksenini boyunca, her bir parlaklık değerine karşılık gelen toplam piksel sayısı ise grafiğin y ekseninde gösterilir (Örmeci, 1987). Kontrast zenginleştirme, Doğrusal Kontrast Zenginleştirme ve Doğrusal Olmayan Kontrast Zenginleştirme olmak üzere ikiye ayrılır.

5.2.2.1 Çok Bantlı Zenginleştirme

Çok bantlı zenginleştirme, görüntü oranlaması ve ana bileşenler dönüşümü olarak iki şekilde açıklanacaktır.

Görüntü Oranlanması (Spektral Oranlama); Kontrast zenginleştirme tek bantta yapılabilirken, görüntülerin oranlanması, iki veya ikiden fazla spektral bant kullanılarak yapılabilir. En az iki spektral bant birbirine oranlanarak, oran görüntüleri elde edilir. Bazen aynı özelliklere sahip bir yüzeyin topoğrafyasının eğim ve bakı, gölgelik veya mevsimlik değişikliklerinden dolayı güneş ışınlarının açısı ve yoğunluğunu etkileyerek farklı parlaklık değerleri alır. Bu koşullar yüzey materyallerinin doğru bir şekilde ayırt edilmesini engeller. Bu durumlarda oran görüntüleri uygulanarak, görüntünün çevresel koşullardan etkilenmesi en aza indirilir (Lillesand ve Kiefer, 2000). Spektral bant oranlamasının en çok kullanıldığı alanlardan biri bitki örtüsünün elde edilmesindedir. Bu amaçla;

Normalize edilmiş Bitki İndeksi (NBI);

IR; kızılötesi bant, K; Kırmızı bant olmak üzere

$NBI = \frac{IR - K}{IR + K}$, ve

Bitki İndeksi (BI) $BI = \frac{IR}{K}$ oranı gibi teknikler geliştirilmiştir.

İkili bant oranlama kombinasyonlarının yanında, 3 adet 2'li bantlar oranlanarak renkli karışımlar elde edilebilir. Burada her bir ikili bant oranına sırasıyla RGB renkli karışım atanarak 3'lü renkli bant oranlanması elde edilir. Bant oranlamalar kombinasyon

sayılarının çok fazla olması nedeniyle, uygun bant oranlamasının seçiminin yapılmasını güçleştirmektedir. Buna karşılık özellikle arazi örtüsünün (vejetasyon, toprak ayırımı gibi) çıkarılmasında görüntü oranlama çok hızlı bir tekniktir, fakat tek başına yeterli değildir (Rahman, 2001).

Tablo 5.1 Literatürde bilinen renkli bileşenlerinin genel özeti (Yetkin, 2003).

TM Bantları (KYM)	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Ekstra	Referans
4 7 6	Yapısal çizgisellik ayırımı	Hidrotermal alterasyon	Sıcaklık kontrantı		
7 5 4	Hidrotermal alterasyon / sokulum	Gabro	Bitki örtüsü		Rothery,1987
7 4 2	Kil mineralleri daha parlak renktedir	Bitki örtüsü		Radyometrik düzeltme önemlidir	Chica - Olmo ve diğer., 2002
4 7 5	Bitki örtüsü	Kil mineralleri daha parlak renktedir	Kil mineralleri daha parlak renktedir	Radyometrik düzeltme önemlidir	Quin, 2001
4 5 3		Bitki örtüsü	Dere ve su alanları	Toprak ve bitki alanları tespitinde önemlidir	
7 5 3	Volkan kaldera alanları	Bitki örtüsü	Kar,su alanları		Quin, 2001
4 7 2	Arka plan pembe	FeO tonu sarımsı yeşil			
4 7 3	Arka plan turuncu-kırmızıdır	FeO tonu sarımsı yeşil			Jingyuan & Xucman, 1991

Tablo 5.2 LANDSAT TM'deki indeksler ve oluşum işlemleri (San ve Sümer, 2003).

İndeksler	İşlemler
Bitki İndeksi	B4 - B3
Normalize Fark Bitki İndeksi	$B4 - B3 / B4 + B3$
Demir Oksit	$B3 / B1$
Kil Mineralleri	$B5 / B7$
Demir Mineralleri	$B5 / B4$
Mineral Kompozisyonu	$B5 / B7, B5 / B4, B3 / B1$
Hidrotermal Kompozisyon	$B5 / B7, B3 / B1, B4 / B3$

Tablo 5.3 Bant oranlanması kompozitlerinin özeti (Yetkin ve diğ., 2003).

TM Bantları (KYM)	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Ekstra	Referans
5 3 : 3 2 : 4 5	Kilce zengin alanlar	Demiroksitçe zengin alanlar		Sarımsı-turuncu alanlar kil+demir oksitçe zengin	Ambras ve diğ., 1983
7 4 : 4 3 : 5 7	Demir iyonları içeren mineraller	Bitki örtüsü	OH/H ₂ O/SO ₄ veya CO içeren mineraller		Kaufman, 1988
5 7 : 5 4 : 3 1	Kil mineralleri	Demir mineralleri	Ferik oksitler		Chica - Olmo, 2002
4 3 : 2 5 : 5 4	Bitki örtüsü	Kum tepeler	Karbonat örtü		Mohammad ve diğ., 2002
3 7 : 5 7 : 5 4	Ayrışmış kireçtaşı	Taze kireçtaşı	Sabka alanlar		
3 1 : 5 7 : 4 5				Yoğun altere kısımlar koyu mavi renkli veya menekşe mavisi renkte	Abdelhamid & Rabba, 1994

Ana Bileşenler Dönüşümü (Principal Components Transformation); Multispektral verideki farklı bantlar arası yüksek korelasyon, multispektral görüntü verilerinin analizinde sıkça karşılaşılan bir problemdir. Yani, çeşitli dalga boylu bantlardan dijital verilerle oluşturulan görüntüler çoğu zaman aynı imiş gibi görünür ve aynı bilgileri sunar. Ana bileşen dönüşümü, multispektral verideki bu gereğinden fazla verileri azaltmak için dizayn edilmiş bir tekniktir. Örneğin Landsat MSS bant 4 ve bant 5 (yeşil ve kırmızı) aynı yüzey örtüleri için aynı yansıma değerlerini verdikleri için, görsel olarak birbirlerine benzerler. Çok bantlı görüntüler istatistik analiz tekniklerine tabi tutularak bu verilerin gereğinden fazla verileri ve aralarındaki korelasyonu düşürebilir. Ana Bileşenler Dönüşümü olarak adlandırılan bu işlem ile, üzerinde çalışılan bant sayılarında azalma olur ve orijinal banttaki bilgilerin çoğu sıkıştırılarak daha az bant ile çalışılma olanağı sağlanır. Bu dönüşüm ya verilerin görsel olarak yorumlanmasından önce bir zenginleştirme operasyonu olarak uygulanır ya da verilerin otomatik olarak

sınıflandırılmasından önce yapılan bir ön işlem olarak uygulanır (Carr, 1998). Bu dönüşümde orijinal veriler içinde maksimum varyansa sahip doğrultular boyunca bileşen eksenleri adı verilen eksenler oluşur. Pikseller yeni koordinat eksenine yerleştiklerinde 1. ana bileşen eksenini 2. ana bileşen eksenine göre daha büyük varyansa sahiptir. Bu nedenle 1. ana bileşen eksenini veri grubunun uzun eksenini (ana eksen) belirtir ve daha fazla bilgiyi içerir. İkinci ana bileşen elipsin ana eksenini dik (ortogonal) kesen eksendir ve birinci bileşende tanımlanmamış verilerin büyük bir kısmını tanımlar (Kaya, 2000). Diğer bantlardaki bilgiler böylece ilk iki veya ilk üç bantta toplanır ve diğer bantlarda daha az bilgi kaldığından kullanılmaz.

5.2.3 Sınıflandırma

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

5.2.3.1 Kontrollü (Supervised) Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma, kent, tarım veya orman gibi bazı arazi sınıflarının benzerlik veya konumları arazi çalışması, hava fotoğraflarının analizi, haritalar ve kişisel deneyimlerin birleştirilmesi yoluyla öncül olarak bilinir. Analizci bu arazi sınıflarından homojen olan örnek alanları olarak görüntü üzerine yerleştirmeye çalışır. Bu alanlar

genellikle eğitim alanları (training area) olarak ifade edilir. Çünkü bunların spektral karakteristikleri görüntünün geri kalan kısımları için sınıflandırmanın gerçekleştirilmesinde kullanılır. Her bir eğitim alanının istatistik parametresi (ortalama, standart sapma, kovaryans matrisi, korelasyon matrisi gibi) hesaplanır. Uygun sınıflandırma algoritması seçilerek araziden ilk eğitim alanları toplanır. Daha sonra sınıflar arasındaki en iyi ayırımı sağlayacak bantlar seçilir. İlave eğitim verisi toplanır ve sınıflandırma algoritmasına uygulanarak, sınıflandırma haritası elde edilir (Jensen, 1996). Bu algoritmalarından Bayes-teoremi ve en yüksek olabilirliğin temel prensibi aşağıdaki gibidir;

$$P(c_i/x) = \frac{P(c_i) p(x/c_i)}{\sum P(c_k) p(x/c_k)}$$

Burada, $P(c_i/x)$ C sınıflar içinden verilen bir sınıfa ait spektral gözlemin (x) olasılığı; $p(c_i)$ c_i sınıfına ait a-öncül (a-priori) olasılığı ve $p(x/c_i)$ eğitim alanlarından hesaplanan c_i sınıfının a-soncul (a-posteriori) olasılığıdır. Her bir piksel olasılığı maksimum olan c_i sınıfına atanır (Csillag vd., 2000).

Kontrollü sınıflandırmada Ortalamaya En Az Uzaklık (Minimum-Distance-to-Means) Yöntemi, Paralel Kenar (Parellelepiped) Yöntemi ve En Yüksek Olabilirlik (maximum Likelihood) Yöntemi en çok kullanılan üç yöntemdir (Richards, 1999).

5.2.3.2 Kontrolsüz (Unsupervised) Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırmada sınıflandırma için herhangi bir deneme alanı kullanılmaz. Bunun yerine bu şekildeki bir sınıflandırma, bir görüntü içerisindeki bilinmeyen pikselleri inceleyen ve bunları görüntü değerlerinde mevcut doğal grup ve kümelere dayanarak bir dizi sınıflar içinde toparlayan algoritmalar içerir. Verilen bir sınıf çeşidi içindeki değerlerin ölçü alanındakilere yakın olması gerekirken farklı sınıflardaki verilerin birbirlerinden çok iyi ayrılması bu işlemdeki ana öncül bilgidir. Kontrolsüz

sınıflandırma sonucunda oluşturulan sınıflar spektral sınıflardır. Çünkü bunlar tamamen görüntü değerindeki doğal gruplara bağlıdır ve spektral sınıfların kimlikleri ilk başta bilinmez. Spektral sınıfların kimliklerini ve bilgisel değerlerini belirlemek için, analizci, sınıflandırılmış veri ile bazı referans veri formlarını (büyük ölçekli görüntü veya haritalar) karşılaştırmalıdır. Böylece kontrollü sınıflandırma yaklaşımında faydalı bilgi kategorileri tanımlayıp bunların spektral farklılıklarını incelediğimiz gibi kontrollü sınıflandırma yaklaşımında spektral olarak birbirinden ayrılabilen sınıfları belirleyip bunlardan elde edilecek bilgileri tanımlayabiliriz (Lillesand ve Kiefer, 2000). Bir çok kümeleme yöntemi olmasına rağmen, ISODATA en yaygın kullanılan yöntem olmuştur. Bu yöntem en iyi yakınsama özelliğine sahiptir, oldukça hızlıdır ve karmaşık veri grupları içinde doğal gruplama işleminde iyi sonuçlar üretebilen bir yöntem olarak belirtilmiştir (Csillag, 2000).

5.2.3.3 Sınıflandırma Doğruluğu

Sınıflandırma işleminin tamamlanmasının ardından, sonuç ürünün doğruluğunun belirlenmesi gerekir. Bunun için, çalışma bölgesine ait mevcut haritalar veya GPS ölçmeleri neticesinde elde edilen kesin olarak doğruluğuna emin olunan referans verileri kullanılır. Sınıflandırılmış görüntü verisindeki piksellerle bu referans verileri karşılaştırılır. Karşılaştırma işleminde piksellerin rastgele seçilmesi, doğruluk değerlendirmesi yapan kişinin olumlu veya olumsuz olarak hesaplamaya etkisini önler. Sınıflandırma doğruluğunun belirlenmesinde, sınıflandırma aşamasında kullanılmayan eğitim alanlarına ait piksellerin seçilmesi gerekir. Böylece yine sınıflandırma doğruluğunun eğitim alanları ile olumlu bir şekilde etkilenmesi önlenmiş olur. Bu amaçla en çok kullanılan yöntem hata (confusion) matrisidir. Hata matrisi yardımı ile sınıflandırılmış piksellerin doğruluk yüzdeleri hesaplanır (Mather, 1999). Bir çok hata ölçüsü bu hata matrisinden elde edilebilir. Bunlardan bazıları toplam doğruluk, üretici ve kullanıcı doğruluğudur. Hata matrislerinden elde edilen sınıflar arası doğrulukların analiz edilmesi amacıyla k kappa katsayısı kullanılır. K değeri genel doğrulukla Kappa katsayısı, 0 ile 1 arasında değer alır ve hata matrisinin satır ve sütun toplamaları ve

köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanır. k 'nın 1 olması istenen en ideal durumdur. Kappa değerinin hesaplanması aşağıdaki şekildedir (Congalton, 1991; Lillesand ve Kiefer, 2000);

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - N \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

r = hata matrisindeki toplam satır sayısı

x_{ii} = i . Satır ve sütündeki piksel sayısı

x_{i+} = i Satırdaki toplam piksel sayısı

x_{+i} = i sütünündeki toplam piksel sayıları

N = matrisin tamamındaki piksel sayıları

5.3 Uygulamalar

5.3.1 Hidrotermal Alterasyon Çalışmaları

Çalışma alanında daha önceden MTA tarafından yapılan çalışmalarda, 59 adet altere kaya örneği X-Ray toz kırınımı metodu ile (powder diffraction Method) analizi yapılmış ve bu örneklerin 20 tanesi ise kimyasal olarak analiz edilmiştir. Arazi çalışma sonuçları ve X-Ray analizleri , hidrotermal alterasyon ; aşağıda verilen dört ayrı tipe ayrılmıştır. Bunlar sırasıyla;

- ❖ Silisli mineral tipi
- ❖ Alünit tipi
- ❖ Kaolin-Profillit tipi
- ❖ Alimino-kil tipi
- ❖ Zeolit-alkali feldspar tipi'dir.

Hidrotermal alterasyon çalışmasının sonuçlarına dayanarak, alterasyonla jeolojik yapı ve alterasyonla jeotermal aktivite arasındaki ilişkiler tartışılmıştır. Bunlara ilaveten kuvars damarlarındaki sıvı kapanımlarında homojenleşmiş sıcaklık ölçülerek rezervuar sıcaklığı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Alterasyona maruz kalan beş saha aşağıda verilmiştir.

1-Sahiller-Gökçeagıl Sahası

2-Kocaoba Sahası

3-Sağancı-Ovacık Sahası

4-Kaynarca Sahası

5-Dikili ılıcası Sahası

Kısmen ve tamamen alterasyona uğramış zonların mostraları yaklaşık, toplam 18.5 km² lik bir alana yayılmıştır. Hidrotermal alterasyona uğramış zonlar şu minerallerden oluşmaktadır.

1-Silis mineralleri ; Tridimit, kristobalit, opal ve kuvars

2-Kil mineralleri ; Kaolin, montmorillonit, karışık mineral seviyeleri ve klorit

3-Diğer mineraller ; Alunit, jips, kalsit ve pirit

Jeotermal olarak çok aktif bir sisteme sahip Kaynarca'da altere son kuvars, alfa kristobalit, montmorillonit ve karışık mineral seviyeleri ile ilgili kalsit olarak tanımlanmıştır.

Alterasyon sırasında, yeniden aktif hale gelen kimyasal bir bileşen, genellikle konsantre olan K₂O gibi bileşenler, genellikle kayadan koparılmaktadır (alınmaktadır).

Bu sahanın K ve KD kısmında, alterasyona uğramış zonlar KB'dan GD'ya doğru yayılma göstermektedirler. Özellikle silisifiye olmuş altere zonlar, hidrotermal alterasyon ürünü olan kuvars ve kalsit damarları KB-GD faylar boyunca yayılmışlardır. Buna göre; bu faylar jeotermal akışkanlar için düşey yönde hareketlerini sağlayan bir rol oynarlar. Bu sahadaki alterasyon çalışması aşağıdaki gibi üç kısma ayrılmıştır.

1-Soma formasyonunun çökeliminden önce

2-II.Yuntdağı volkanizmasından önce

3-III.Yuntdağı volkanizmasından sonra

Soma formasyonundan sonra çökelimden önce, hidrotermal altersyon çalışma sahasının doğusundaki Kocaoba'dan Sağancı'ya doğru hareket etmiş, bir ısı kaynağı rolü oynayan I. Yuntdağ volkanizmasını meydana getiren magmatizma buna bağlı olarak gelişen jeotermal aktivite alterasyonu sonuçlamıştır. Bu fazdaki akışkan hareketi olasılıkla pH şartlarında nötral-asidik olup sıcaklığı 150°C'yi aşacaktır.

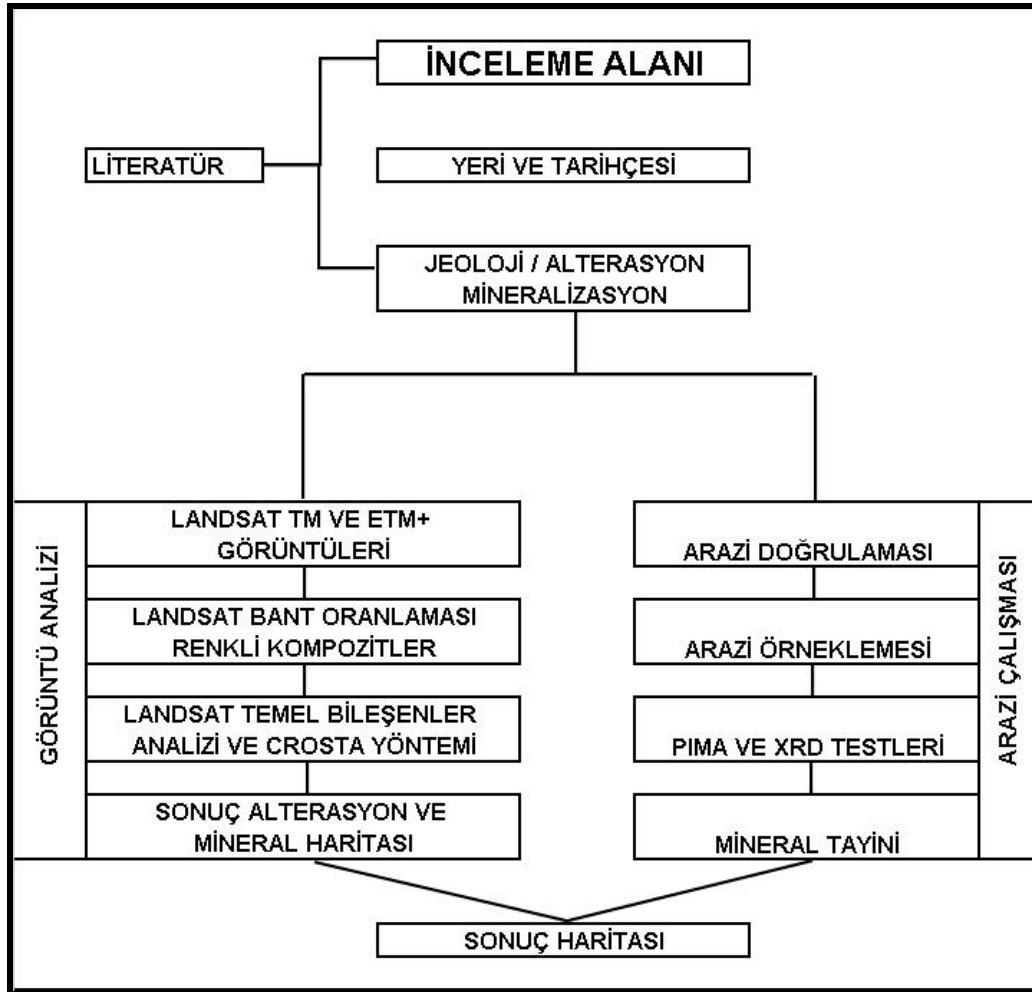
Araştırma sahasının kuzey tarafında yeralan Demirtaş piroklastiklerini oluşturan kayalar hidrotermal alterasyona maruz kalmışlardır. Altere zon Miyosen ile Pliyosen sürecinde oluşmuş ve feslik magma ile ilgili jeotermal aktiviteyi sonuçlamıştır Bu aşamada oluşan jeotermal akışkan kuvvetli asidik karakterde olup sıcaklığı nispeten düşüktür.

Kaynarca civarında zayıf altere olmuş zonlar geç III. Yuntdağ volkanitleri içerisinde meydana gelirler. Bu tip alterasyonların şimdiki Kaynarca, Kocaoba ve Dikili Ilıcısı sıcak su kaynakları ile ilgili olduğu görülmektedir. Sonuç olarak oluşmasında büyük bir olasılıkla geç volkanizmanın post volkanik hareketi sonunda III. Yuntdağ volkanları şimdiki jeotermal aktivitenin ısı kaynağı olarak bir rol oynar.

5.3.2 Görüntü Analiz Çalışmaları

Araştırma alanında srasıyla Landsat TM ve ETM+ görüntüleri üzerinde aşağıdaki grafikteki sıra dikkate alınarak Erdas 9.2 programında çalışmalar sürdürülmüştür.

Çalışma alanına ait uydu görüntüleri üzerinde ilk olarak LANDSAT 5 Tematik Haritalayıcıları (TM), LANDSAT 7 Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcıları (ETM+) (path 181 / row 33) görüntüleri üzerinde çalışmalara başlanarak alanın genel olarak jeolojisi, yapısal öğeleri, kil alterasyonu, mineral kompozisyonu, demir alterasyonu ve bitki örtüsü ve süreksizlik sistemleri hakkında uydu görüntüleri üzerinden bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

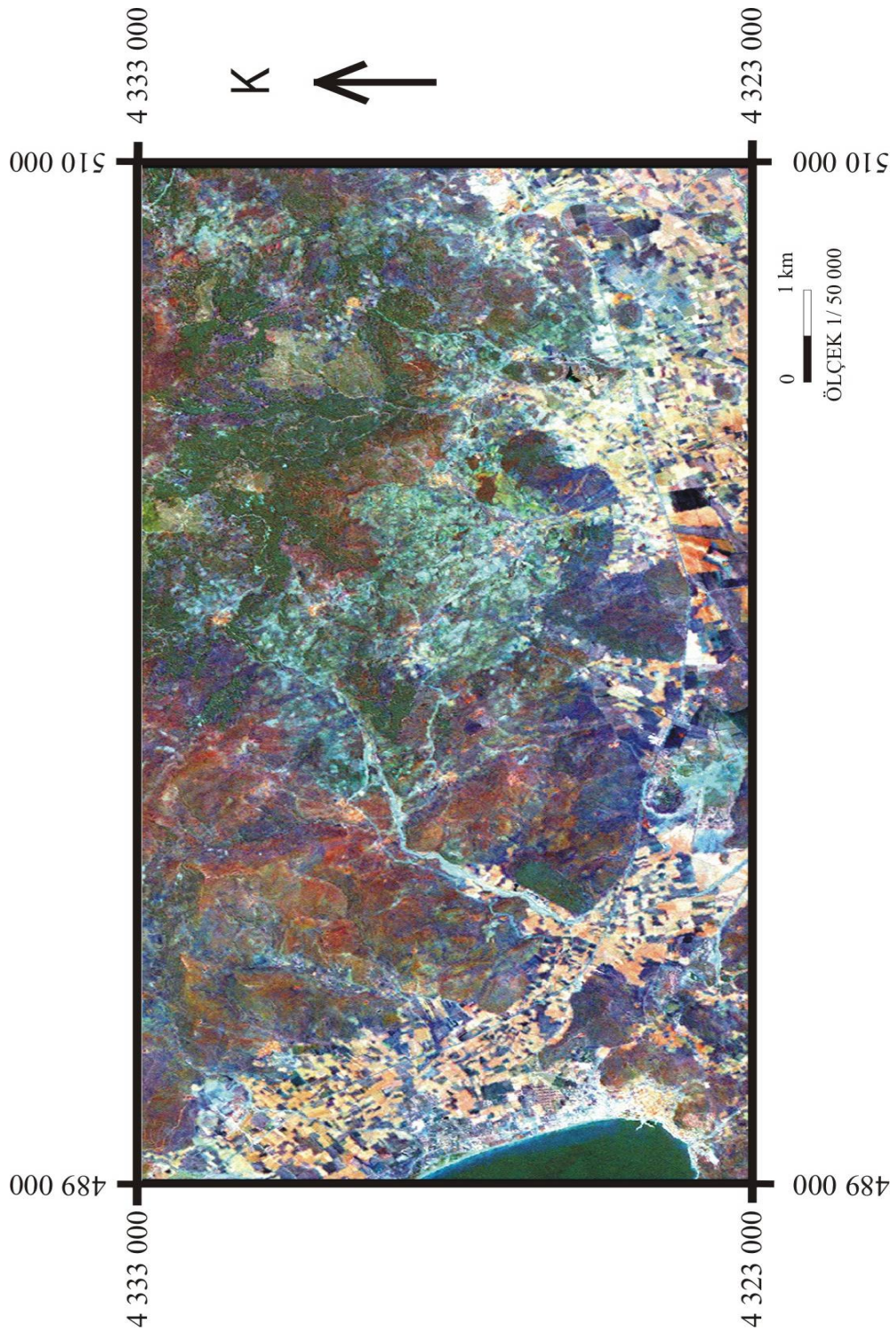


Şekil 5.6 İnceleme alanının uygulamaları sırasında izlenecek genel akım şeması.

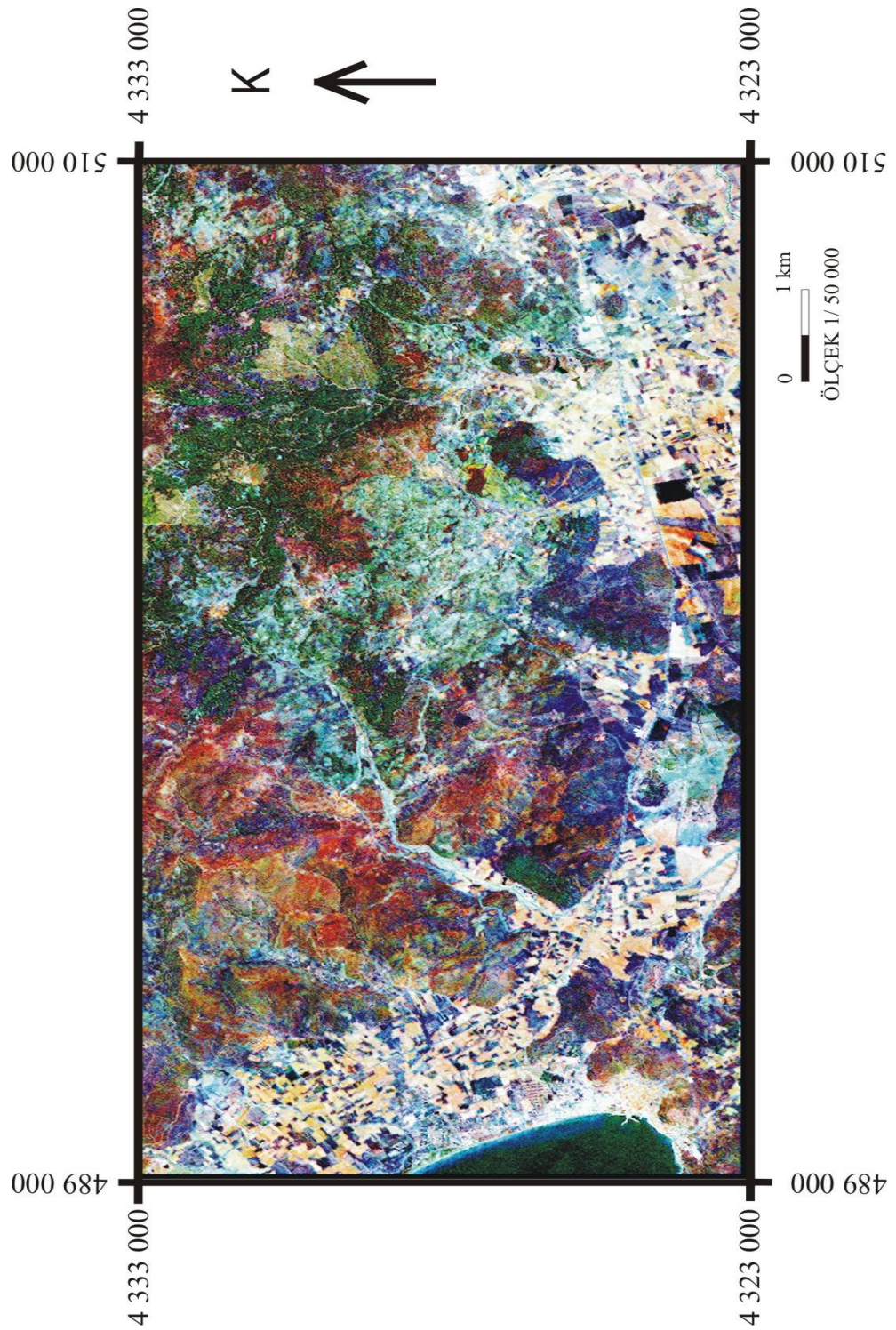
Çalışma alanına ait görüntüler ortorektifiye edilmiş olarak NİK İnşaat firmasından temin edilmiştir. Bu görüntüler üzerinde ilk olarak Landsat 5 TM uydusuna ait görüntülerden optimum indeks faktörüne göre en uygun 7 3 2 bant oranlamaları kullanılarak çalışma alanının genel jeolojik birimlerini tanımlanmaya çalışılmıştır (Şekil 5.7). Aynı işlem Landsat 7 ETM+ 7 3 2 jeolojik birimler görüntüsü olarakta hazırlanmıştır. Landsat uydusunun çözünürlüğü düşük olduğundan elde edilen görüntü Erdas Imagine 9.2 programı içerisinde elde edilmiş Landsat 7 ETM+ 7 3 2 görüntüsünde daralmış olan bant aralıkları histogram yöntemiyle 0-256 renk aralığına getirilerek görüntünün netliği artırılmış (Şekil 5.8) ve daha sonra da görüntünün renk kontrastlığıyla oynanarak histogram yapılmış olan görüntü içerisindeki ince litolojik ayrımlar yakalanmaya ve detayın daha çok ortaya konulmasına çalışılmıştır (Şekil 5.9). Bu işlem için Erdas 9.2 programında Landsat 7 ETM+ decorlation stretch yöntemiyle renk aralıkları düzeltilerek görüntülerin netliği artırılmıştır. Örnek olarak Şekil 5.9'de en net olarak görüleceği üzere alandaki kırmızı ve mavi renkli alanlar Şekil 5.7'de daha genel gözlendiği gibi, Şekil 5.8'de daha fazla detaya inilmiş ve birimin kendi içerisindeki farklılıklarda yakalanmaya çalışılmış ve bunda da başarılı olunulmuştur. Ayrıca yeşil renkli olarak Şekil 5.9'deki görüntüde görünmekte olan bitki örtüsünde kendi içerisinde diğer görüntülere nazaran daha çok belirginleşmiş ve sınırları net olarak gözlenebilmektedir. Yeşil rengin kendi içerisindeki renk değişimi bitkinin yaşıyla da orantılıdır (Daha koyu renkli yaşlı bitkiler ormanlık alanları gösterirken, açık renkli alanlara gidildikçe bitkiler daha genç olarak karşımıza çıkmaktadır). Ayrıca Şekil 5.9'de elde edilmiş olan görüntüde drenaj ağları, yollar, tarlalar da daha belirgin hale geldiği gözlenmektedir.



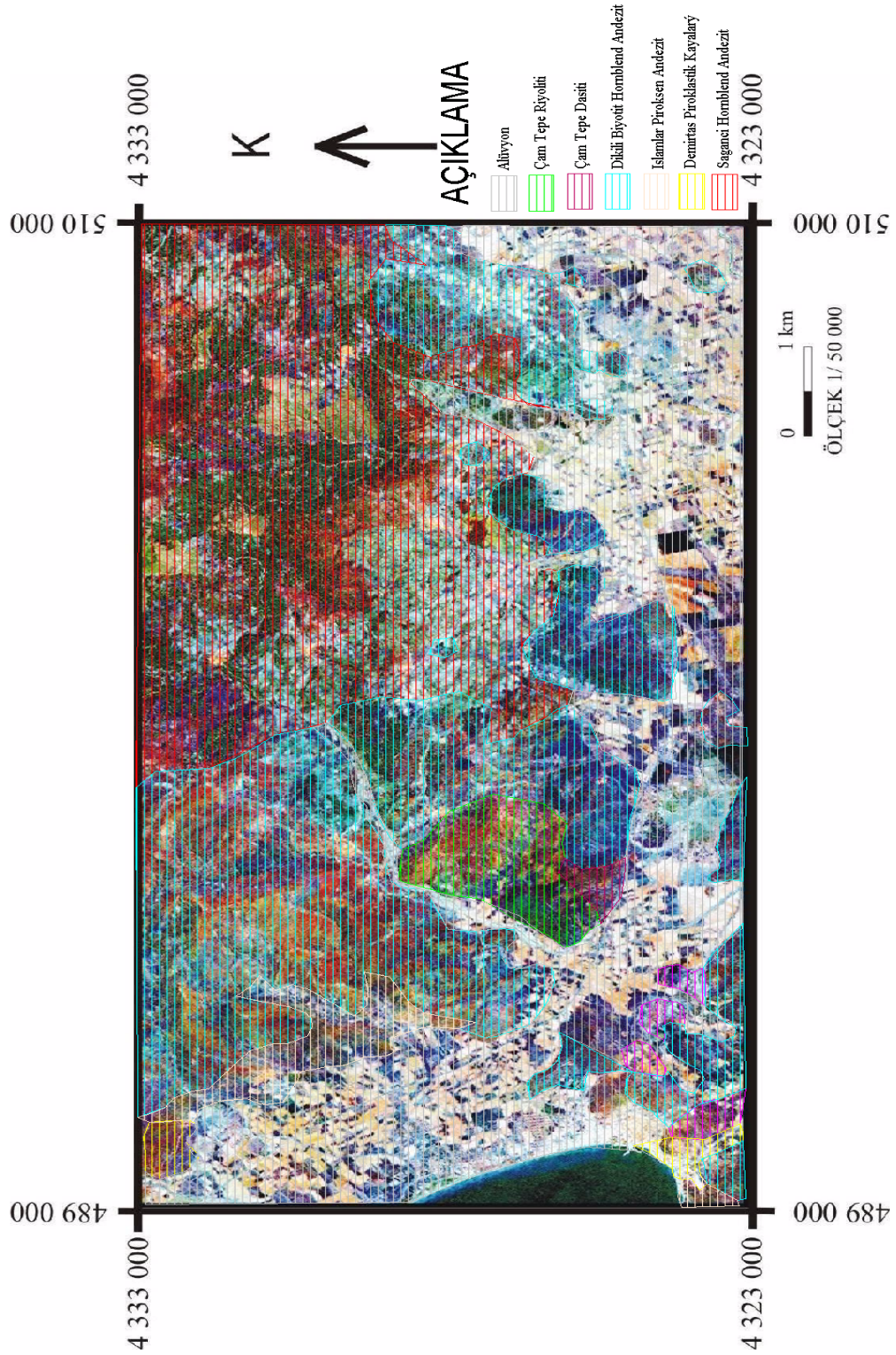
Şekil 5.7 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 5 TM uydusu 7 3 2 jeolojik birimler görüntüsü.



Şekil 5.8 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Histogram yapılmış Landsat 7 ETM+ 7 3 2 jeolojik birimler görüntüsü.



Şekil 5.9 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Histogram yapılmış renk kontrastıyla oynanarak detaylar daha belirginleştirilmiş Landsat 7 ETM+ 732 jeolojik birimler görüntüsü.



Şekil 5.10 Dikili – Kaynarca ve Bergama - Ovacık araştırma sahasına ait Landsat 7 ETM+ 732 jeolojik birimler görüntüsü ile arazide yapılmış jeoloji haritasının üst üste çakıştırılmış görüntüsü.

Landsat 7 ETM+ uydusundan elde edilmiş 7 3 2 görüntüsü ile arazide yapılmış jeoloji haritası Şekil 5.10 daki gibi üst üste çakıştırıldığında jeolojik dokanaların birbirleriyle uyumlu oldukları görülmektedir.

Çalışma alanına ait LANDSAT 5 Tematik Haritalayıcıları (TM), LANDSAT 7 Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcıları (ETM+) uydu görüntüleri üzerinde alterasyonlu alanların tayini için kil alterasyonu olan alanlar Erdas Imagine 9.2 programında ilk olarak Landsat 5 TM 5 7 bant oranlaması kullanılarak genel hatları ile tanımlanmaya çalışılmıştır. Buna göre Şekil 5.11'de görülmekte olan kil alterasyonlu alanlar genel olarak elde edilmiştir. Görüntüdeki açık renkli alanlar kil alterasyonunun olduğu yerleri bize genel olarak göstermektedir.

Daha sonra Landsat 5 TM 7 4 2 bant oranlaması kullanılarak Şekil 5.12 ve bu görüntüdeki detayları daha öne çıkarmak için görüntü histogram yöntemiyle 0-256 renk aralığına getirilerek görüntünün netliği artırılmış Şekil 5.13 ve daha sonra da görüntünün renk kontrastlığıyla oynanarak histogram yapılmış olan görüntü içerisindeki ince kil alterasyonlu alanlardaki ayrımları yakalanmaya ve detayın daha çok ortaya konulmasına çalışılmıştır.

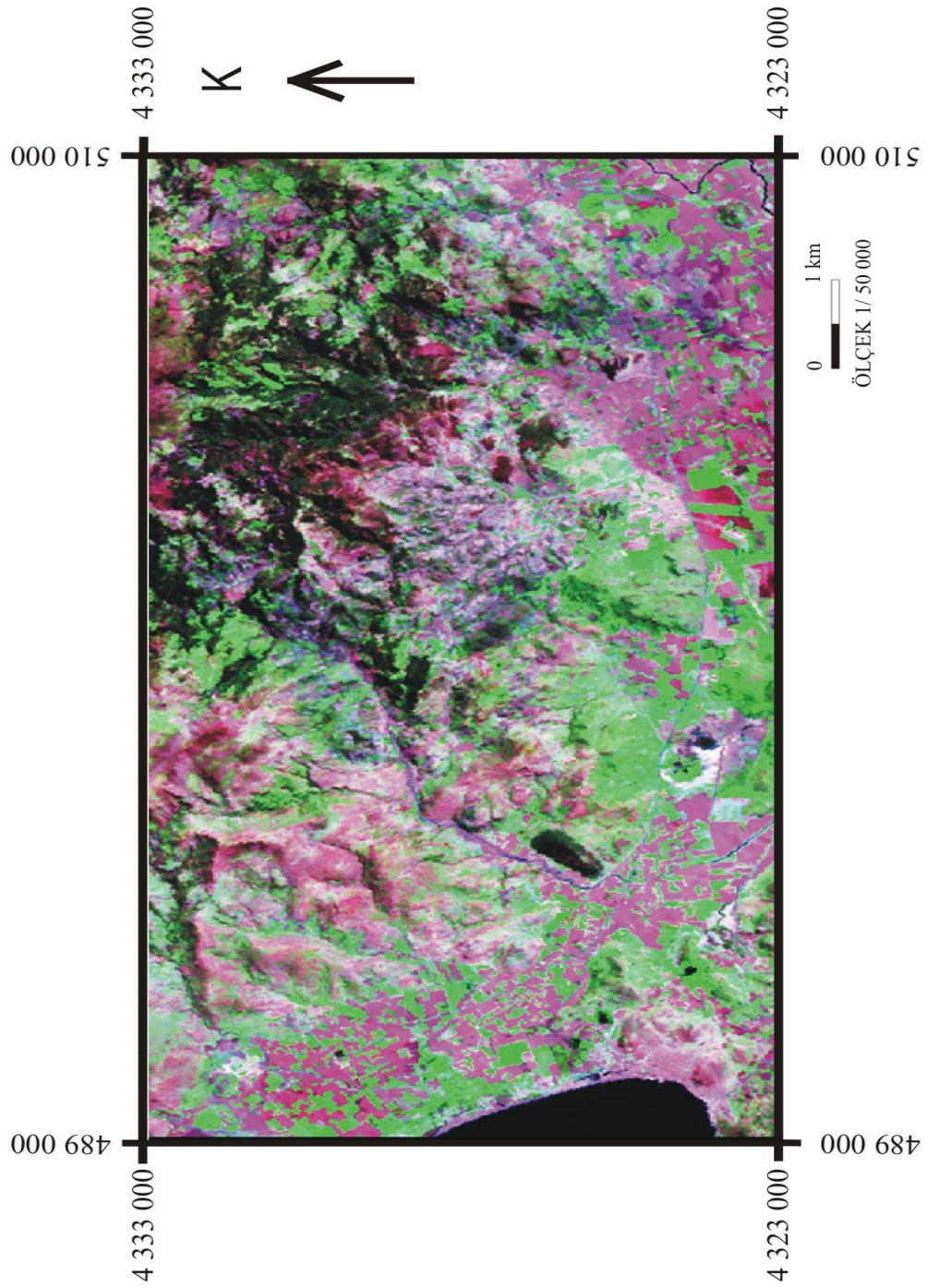
Elde edilen bu görüntülerde kırmızı alanlar kil absorpsiyon alanlarını, yeşil renkte görülenler bitki örtüsünü belirtmektedir. Sarımsı yeşil alanlar kil alterasyonundan çok demir oksitçe zengin alanları işaret etmektedir. Beyaz alanlarda (açık pikseli) hem kil hemde demiroksitçe zengin alanları işaret etmektedir. KYM bant 7 4 2, yapısal elemanların tanınmasını kolaylaştırırken, sedimanter ve volkanik kayalar gibi yüzeysel birimlerinde ayırtlanmasında olanak sağlar (sedimanter kayaların katmanlamaları rahatlıkla görülürken volkanik kayaların görüntüdeki dokusu pürüzsüz ve yumuşak bir topoğrafya sunar. Şekil 5.12 KB pembe renkli alanlar volkanik kayaları belirttiği gibi).

İkinci aşama olarak kil absorpsiyon alanları için Şekil 5.14'de görülmekte olan Landsat 5 TM 7 5 1 KYM renkli bileşen histogram edilmiş görüntüsü elde edilmiştir.

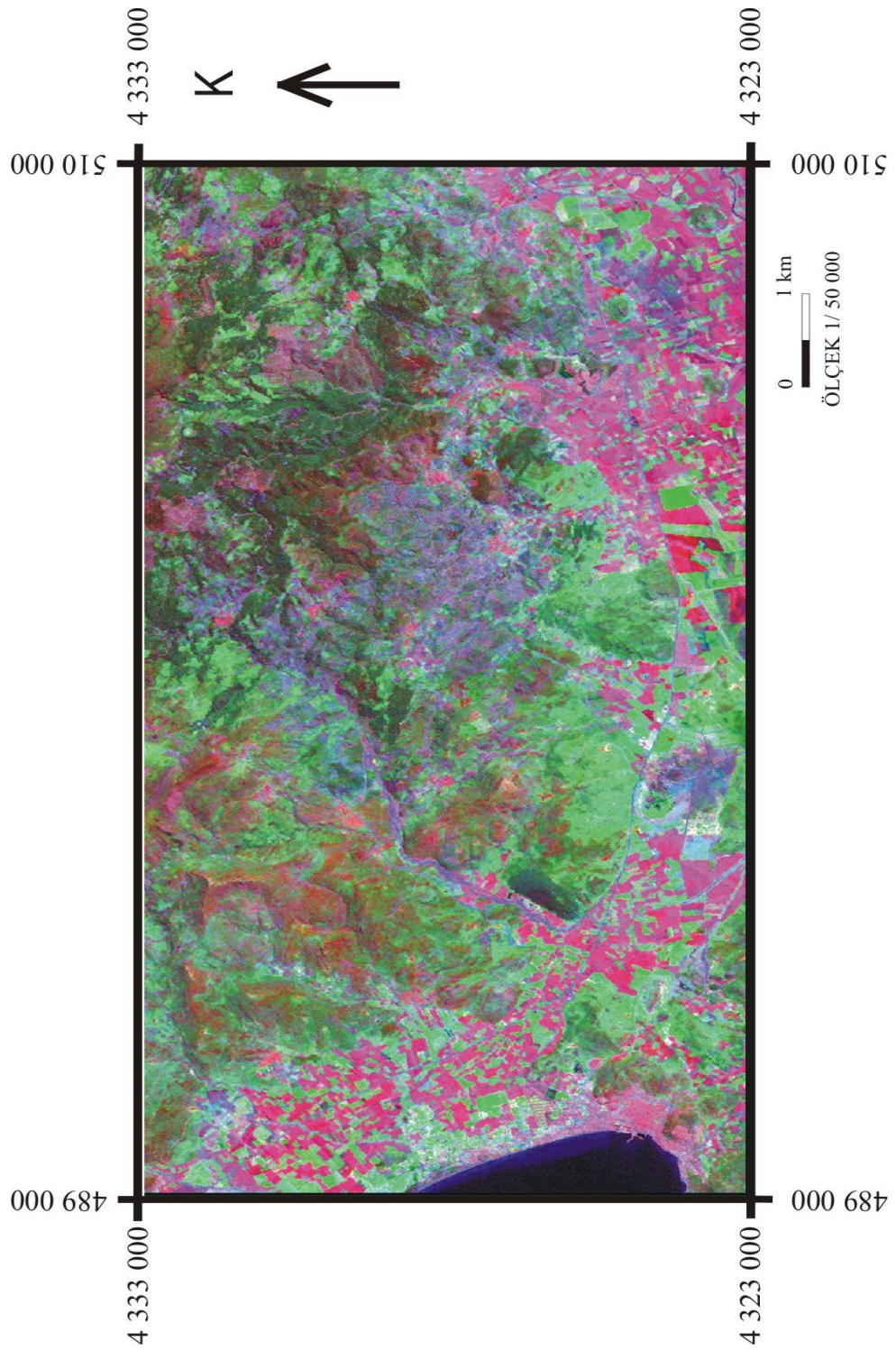
Landsat 7 ETM+ 7 5 1 KYM renkli bileşen görüntüsü histogram edilmiş bu görüntüde Şekil 5.15 kırmızı alanlar kil absorpsiyon alanlarını, mavi-yeşil alanlar killerin demir okside baskın olan anomalilerini ve beyaz renkli alanlarda hem demir oksit hem de kil alterasyonu sunan alanları belirtir. Her iki görüntü içerisinde, KD uzanımlı fay koridoru belirgin olarak görülebilmektedir. Görüntülerdeki renk farkı bu bölgedeki koridoru belirgin olarak gösterir.



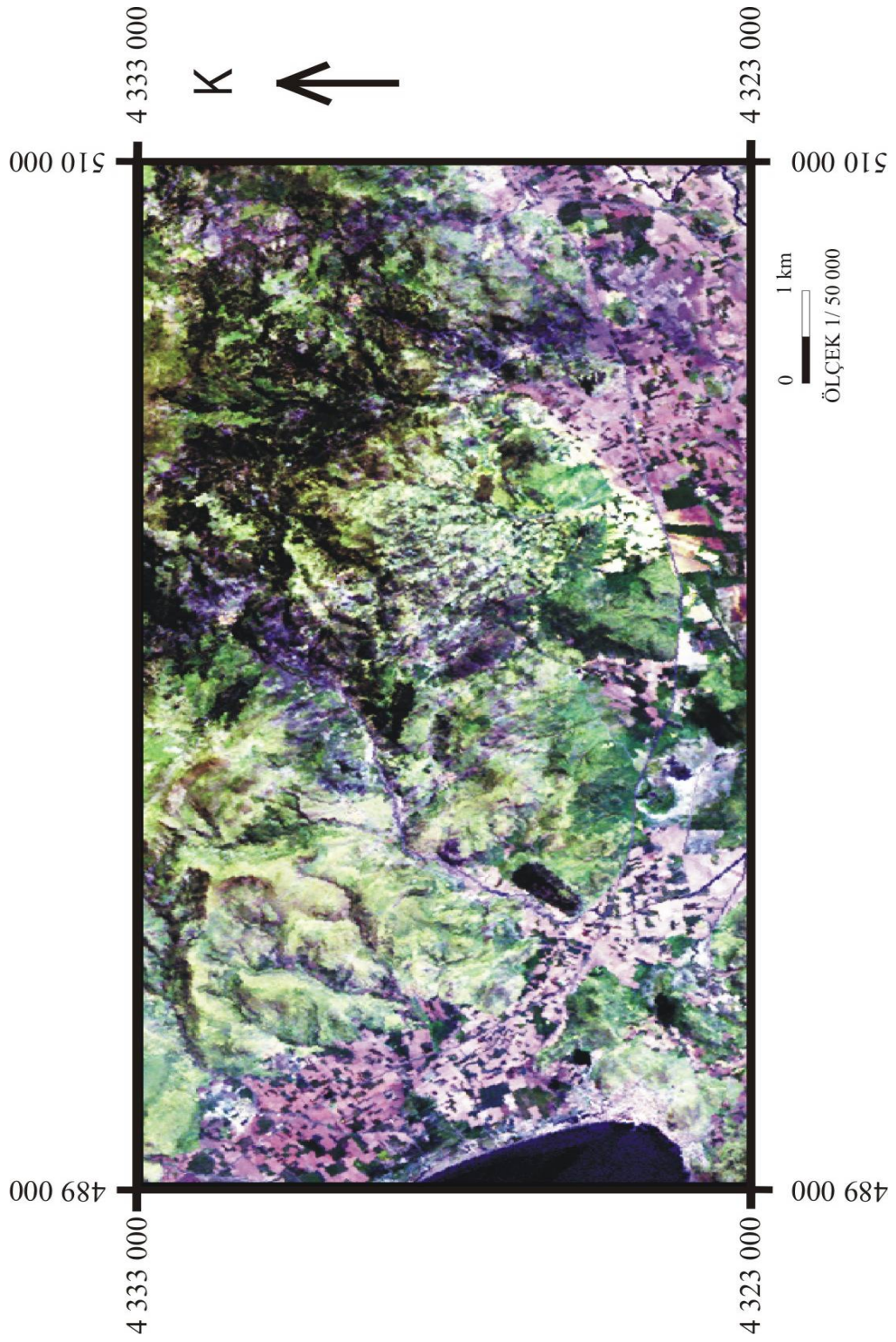
Şekil 5.11 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 5 TM 5 7 genel kil alterasyonlu alanlar görüntüsü (Beyaz renkli alanlar kil alterasyonunun olduğu alanları belirtir).



Şekil 5.12 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 5 TM 7 4 2 KYM histogram yapılmış renkli bileşen görüntüsü.



Şekil 5.13 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 7 ETM+ 7 4 2 KYM histogram yapılmış renkli bileşen görüntüsü.



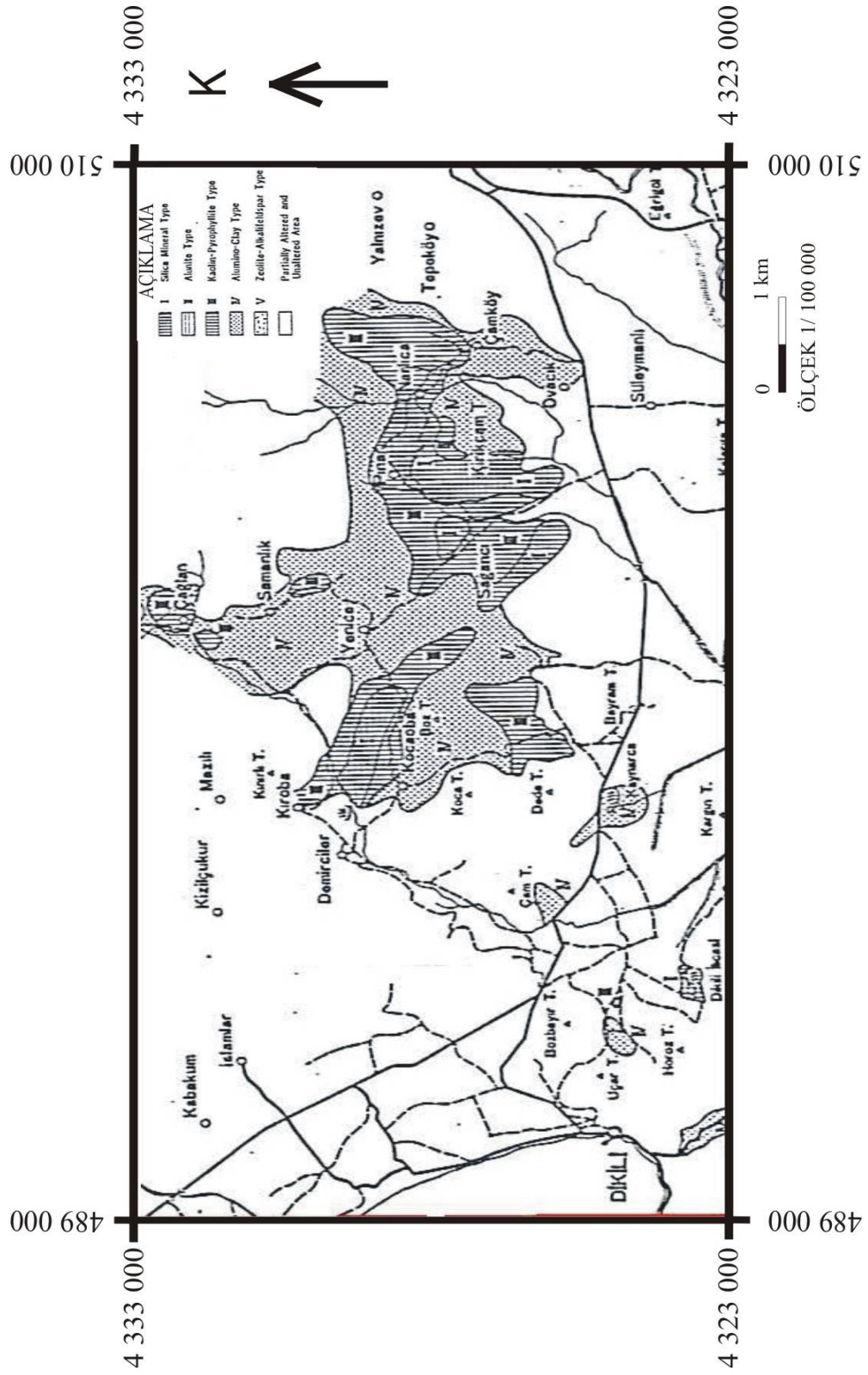
Şekil 5.14 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 5 TM 7 5 1 KYM histogram yapılmış renkli bileşen görüntüsü.



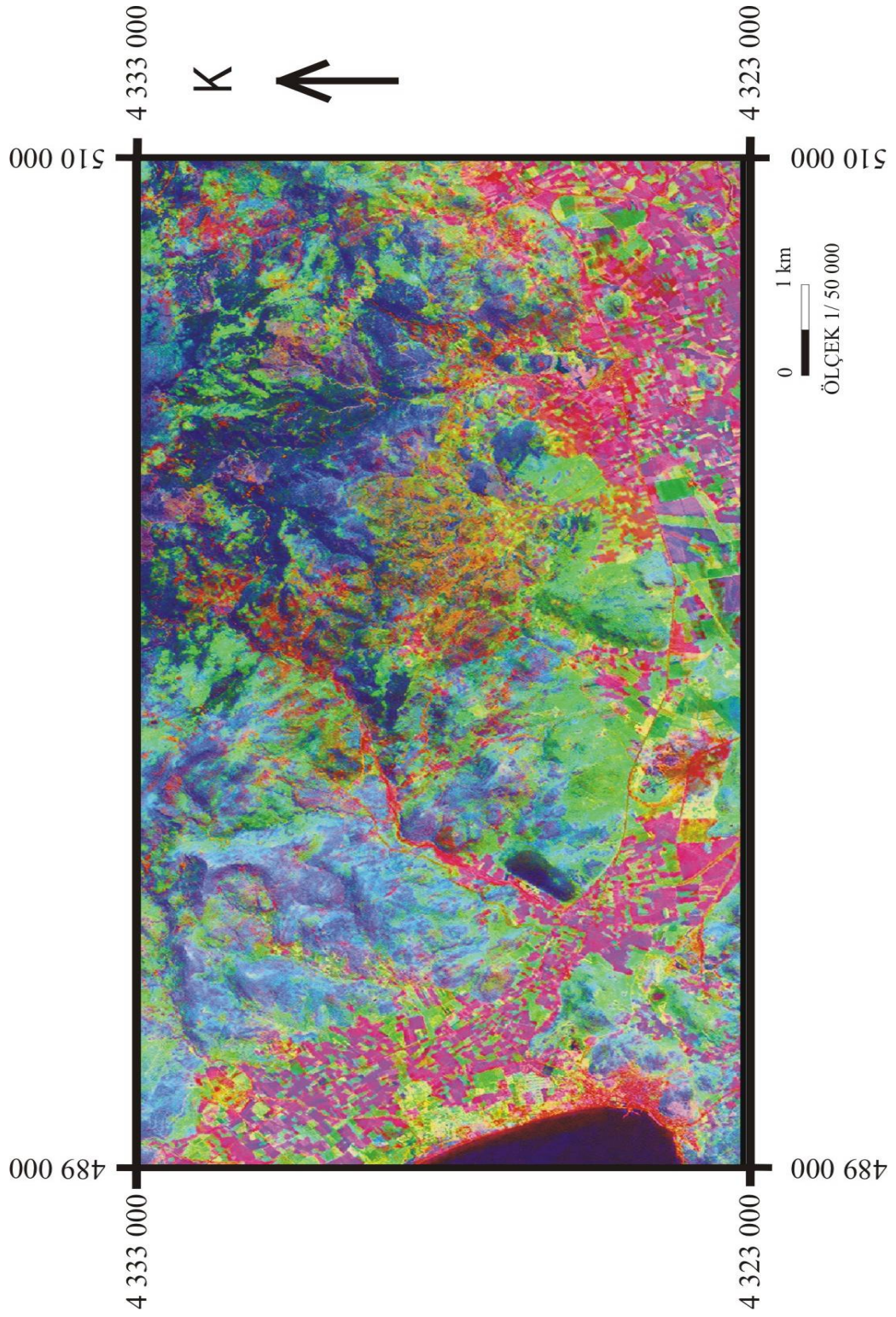
Şekil 5.15 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 7 ETM+ 751 KYM histogram yapılmış renkli bileşen görüntüsü.

Temel bileşenler analizi birçok banttın spektral niteliklerin yansıtıldığı bir metodu oluşturur. Crosta ve Moore (1989) tarafından oluşturulan ve Loughlin (1991) tarafından Crosta tekniği olarak geliştirilen bu yöntem ile daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Yöntem hedef alterasyon minerallerindeki teorik spektral yansımaların tahmini için öz vektör yüklemeleri üzerindeki denemelere dayanmaktadır.

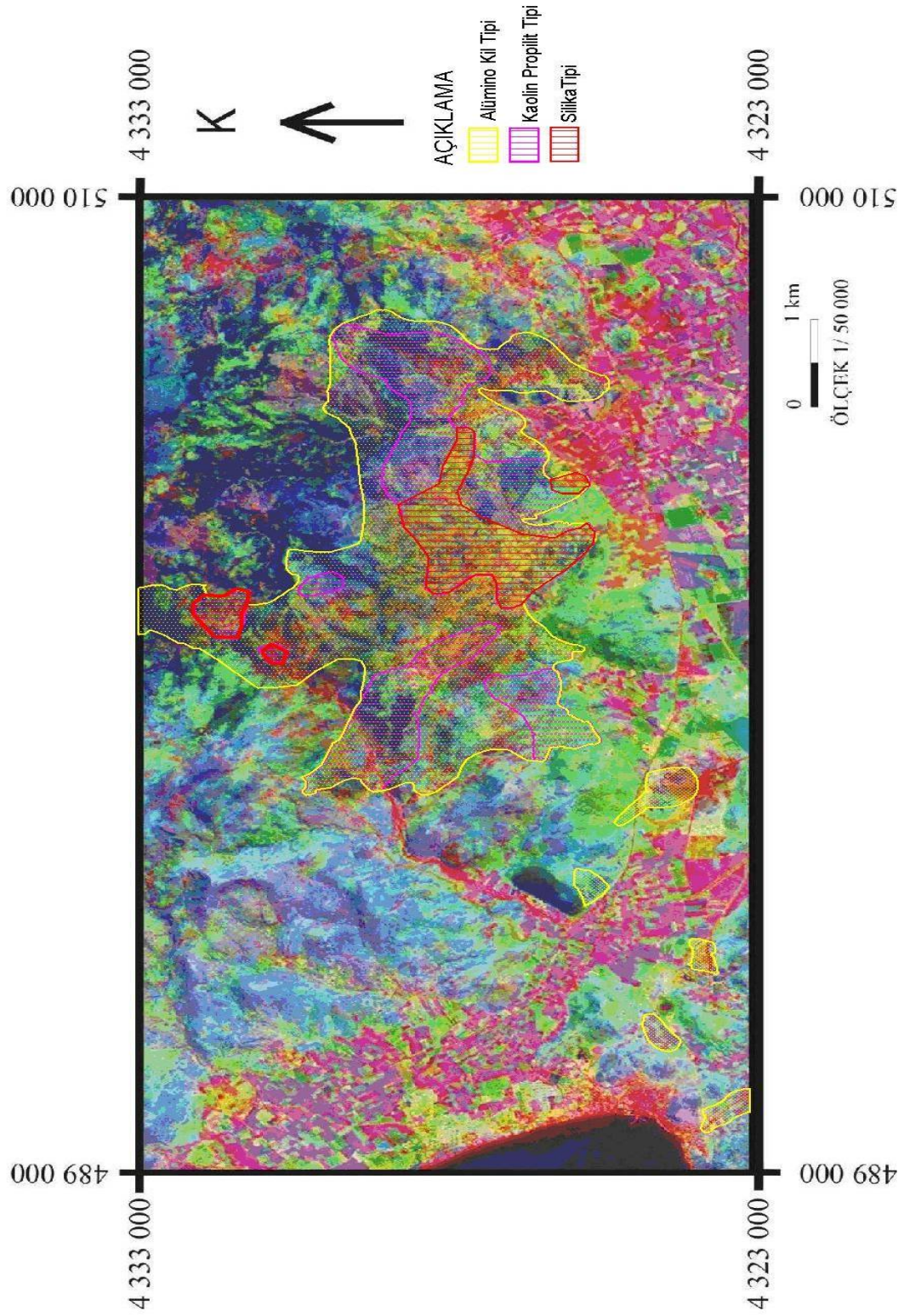
Crosta yönteminin en çok kullanılan versiyonu 4 bantla yapılanıdır, fakat LANDSAT ETM+ / TM'nin 6 yansıtıcı bandı ile de bu teknik uygulanabilmektedir. Girdi olarak seçilen ETM+ bantları hedef yüzey üzerindeki spektral yansımaları elde edebilecek nitelikte olmalıdır. Bu nedenle demir oksit – kil mineralleri ve bitki arasındaki farklılığı ayırt edebilmek için ETM+ bant 4 ve bant 3 kullanılır. Bant 4 içerisindeki bitki yüksek yansıma sunarken, demir oksit – kil mineralleri ise yüksek absorpsiyon sunarlar. Bant 3'de ise demir oksit–kil mineralleri yüksek yansıma gösterirken, bitki örtüsü absorpsiyona sahiptir. ETM+ bant 5 ve 7'de benzer olarak bant 5 deki yüksek kil mineralleri yansımaları ve bant 7'de ki kil absorpsiyonu nedeniyle kullanılmaktadır. ETM+ bant 1 ve 2 hem kil hem de demir oksit için benzer sonuçlar vermektedir. Bu nedenle genel olarak bant 1 seçilir. Sonuç olarak bant 1,4, 5 ve 7 kil tayini için ve bant 1, 3, 4 ve 5 ise demir oksit tayinlerinde Crosta yöntemi için seçilir. Bu bantlar daha sonra standart TBA dönüşümü için girdi olarak kullanılır (Carranza ve Hale, 2002).



Şekil 5.16 Çalışma sahasında arazide çizilen alterasyon haritası.



Şekil 5.17 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 7 ETM+ PC6 124 KYM görüntüsü.



Şekil 5.18 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 7 ETM+ PC6 124 KYM ve çalışma sahasında arazide çizilen alterasyon haritasının üst üste çakıştırılmış görüntüsü.

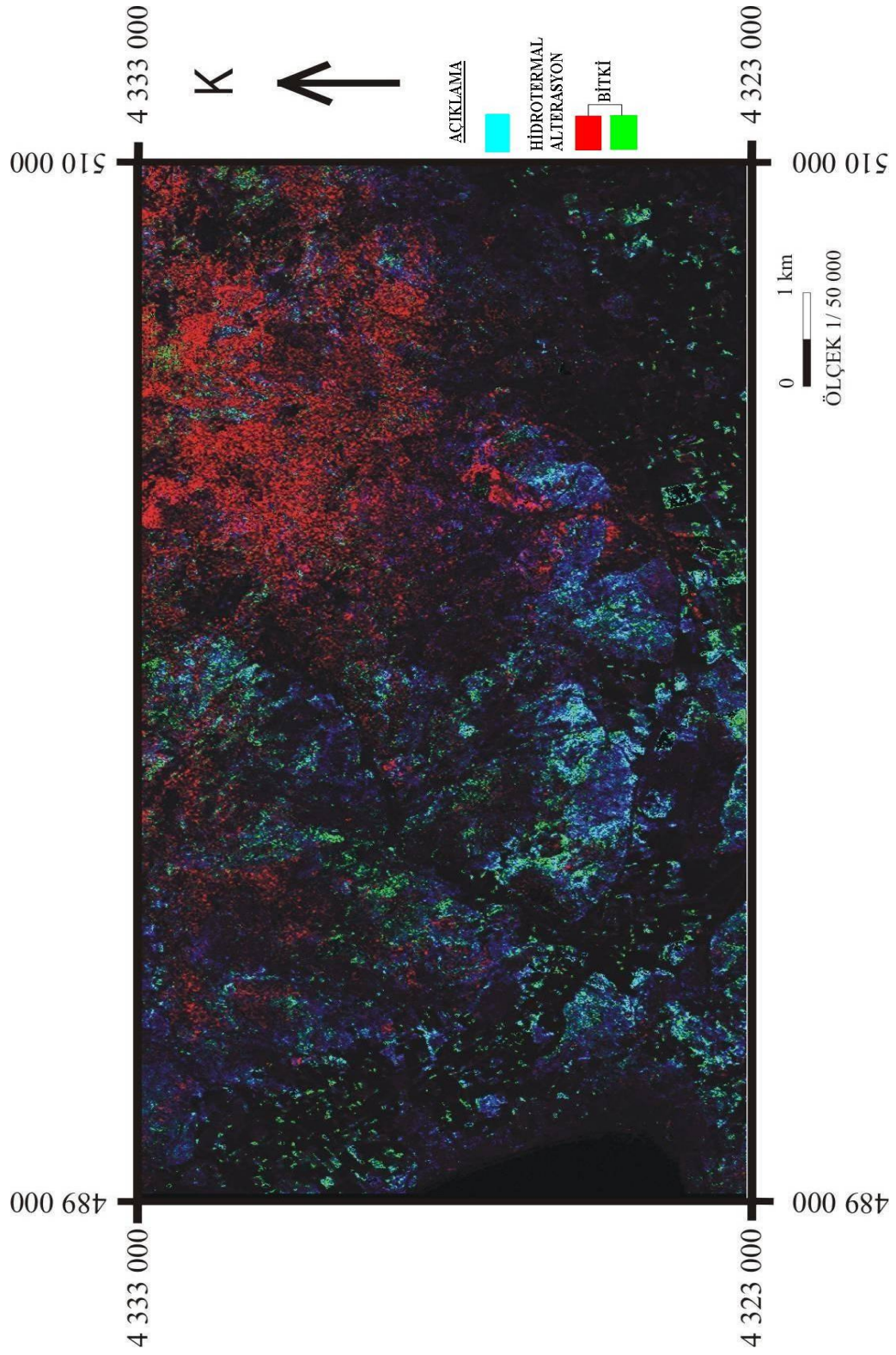
Şekil 5.16 arazide yapılmış olan alterasyon haritası ile Şekil 5.17 Temel bileşenler analizi yapılmış görüntü birleştirilerek Şekil 5.18 elde edilmiştir. Bu şekil incelendiğinde turuncumsu kırmızı alanlar kaolin propillitçe zengin alanları, sadece kırmızı alanlar silikaca zengin alanları, mavimsi - sarımsı yeşil alanlar ise alümino-kil alterasyon alanlarını açıkça ortaya koymakta ve birbiriyle örtüşmektedir. Pembe renkli alanlar sulak alanları ve dere yataklarını açık maviden koyu maviye olan alanlar ise alterasyona uğramamış ve/veya az uğramış olan volkanik kaya birimlerini bize belirtmektedir.

Sonuç olarak arazide çizilmiş olan kil alterasyonuna uğramış olan alanlar ile uzaktan algılama ile Landsat uydu görüntülerinden elde edilen görüntüler genel hatları olarak birbirleriyle örtüşmektedirler.

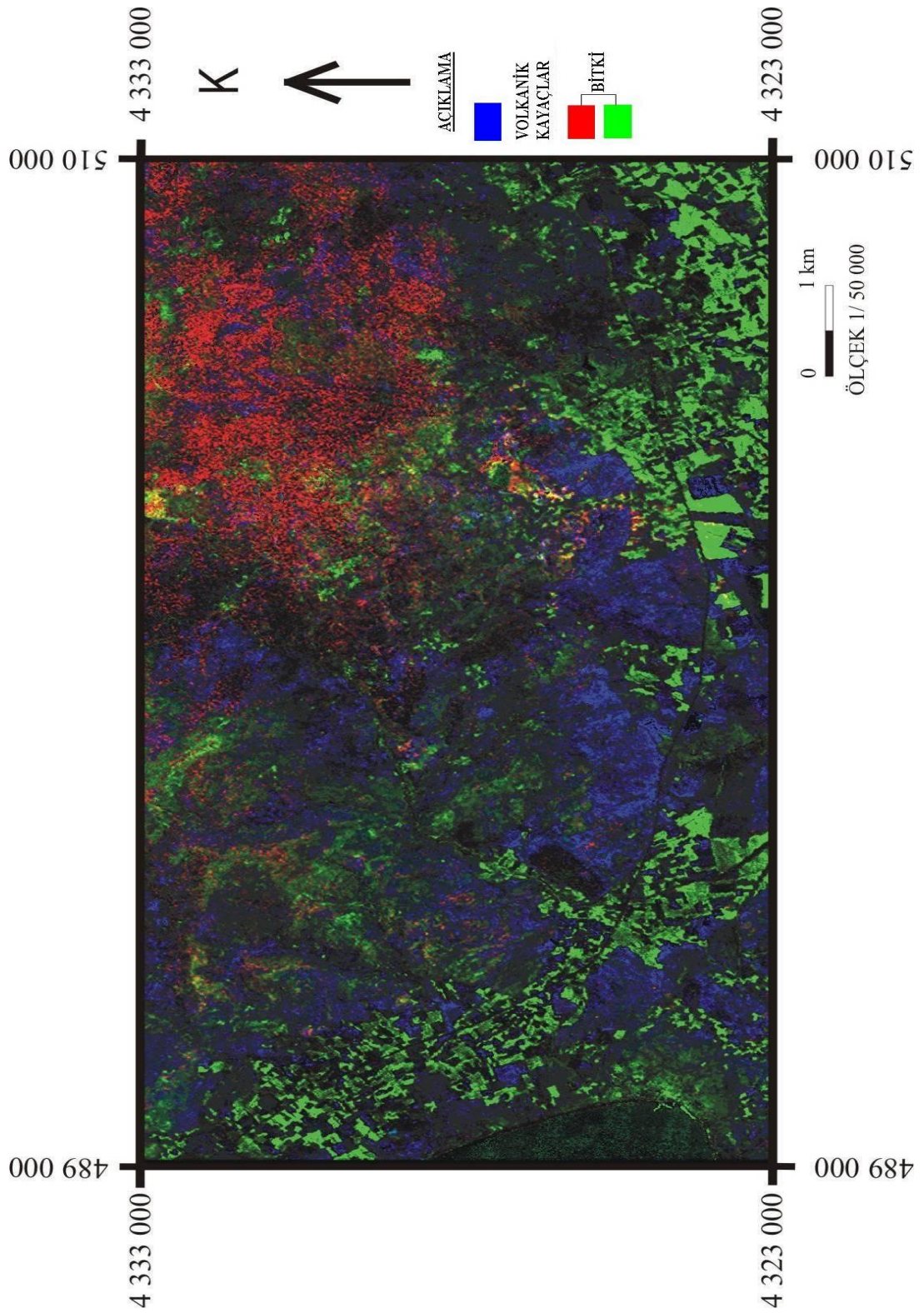
Bundan sonra Erdas 9.2 programında Landsat 7 ETM+ uydusu 2 3 1 görüntü kombinasyonu kullanılarak çalışma alanına ait hidrotermal alterasyona uğramış alanlara ait bir uydu görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen bu görüntüye göre Koyu açık mavi renkli alanlar hidrotermal alterasyona uğramış alanları , Kırmızı alanlar bitki örtüsünü, yeşil alanlar genç bitki yeni sürülmüş tarlaları bize bildirmektedir. Görüntüde görüleceği üzere deniz kıyısına yakın yerlerde tarlaların içerisinde de hidrotermal alterasyona uğramış alanlar gibi gözlenmekte ve bu görüntü bizi yanıltmaktadır (Şekil 5.19).

Çalışma alanına ait mineral kompozisyon görüntüsü Erdas 9.2 programında 3 2 1 görüntü oranlaması kullanılarak hazırlanmıştır. Elde edilen görüntü Şekil 5.20'de görülmektedir. Bu görüntüde görülen Mavi renkli alanlar volkanik kayaçları, Kırmızı renkli alanlar yaşlı bitki-orman, yeşil renkli alanlar ise genç bitki sürülmüş tarlaları bize göstermektedir.

Çalışma alanına ait demir oksit alterasyon görüntüsü elde edilmesi için Erdas 9.2 programında Landsat uydusu ETM+ 3 2 görüntü oranlaması kullanılarak hazırlanmıştır. Elde edilen görüntü Şekil 5.21'de görülmektedir.



Şekil 5.19 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 7 ETM+ uydusu 2 3 1 hidrotermal alterasyonlu alanlar görüntüsü.



Şekil 5.20 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat 7 ETM+ uydusu 3 2 1 mineral kompozisyonu görüntüsü.



Şekil 5.21 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat uydusu ETM+ 3 2 demir oksit alterasyonu görüntüsü. (Beyaz renkli alanlar demir oksit alterasyonunun olduğu alanları belirtir).

Görüntü, birçok yeryüzü alanını göstermektedir ve alterasyonlu alanları göstermesi açısından başarılı değildir. Bununla birlikte birçok toprak örtüsü ve kayaç yüzeylerinde mevcut olan demir oksitin bir alterasyon belirteci olarak kullanması yanıltıcı olabilir.

Ayrıca demir oksitli alanların tayini için Landsat TM 531 Şekil 5.22 ve Landsat ETM+ 531 Şekil 5.23 renkli bileşen görüntüsü hazırlanmıştır. LANDSAT TM / ETM+ KYM 531 renkli bileşen görüntülerde demir oksitli alanlar kolaylıkla anlaşılabilir. Bunun nedeni, demir oksit bant 3'de yüksek yansımaya değerleri sunarken, bant 1'de daha düşük yansımaya değerlerine sahiptir. Görüntüde yeşilimsi-mavi alanlar demiroksitçe zengin alanları gösterirken, koyu kırmızı-kahverengimsi renkli alanlarda bitki örtüsünü işaret etmektedir. Açık piksel alanlarda yine kil alterasyonuna sahip alanları belirtmektedir.

Çalışma alanına ait bitki örtüsünün ortaya konulması için yine Erdas 9.2 programında Landsat TM uydusu bitki indeksi formülizasyonu kullanılarak Şekil 5.24'deki görüntü elde edilmiştir. Bu işlem sonucundaki görüntüde açık renkli piksellerin bir kısmında bir çok çeşitlilikteki güçlü / sağlıklı bitki alanlarını gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca Landsat ETM+ uydusu 432 KYM Bitki İndeksi kullanılarak da Şekil 5.25'deki görüntü elde edilmiştir. Bu görüntüde Koyu yeşil alanlar daha yaşlı ormanlık alanlar kırmızı ve açık yeşil alanlar ise genç bitkileri ifade etmektedir.



Şekil 5.22 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat TM 531 demir oksit alterasyonu görüntüsü.



Şekil 5.23 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat ETM+ 531 demir oksit alterasyonu görüntüsü.



Şekil 5.24 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat TM uydusu normalize bitki indeksi görüntüsü ((NDVI; $B4-B3 / B4+B3$), (Beyaz renkli alanlar bitkilerin olduğu yerleri belirtir).



Şekil 5.25 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat ETM+ uydusu 432 KYM Bitki İndeksi.

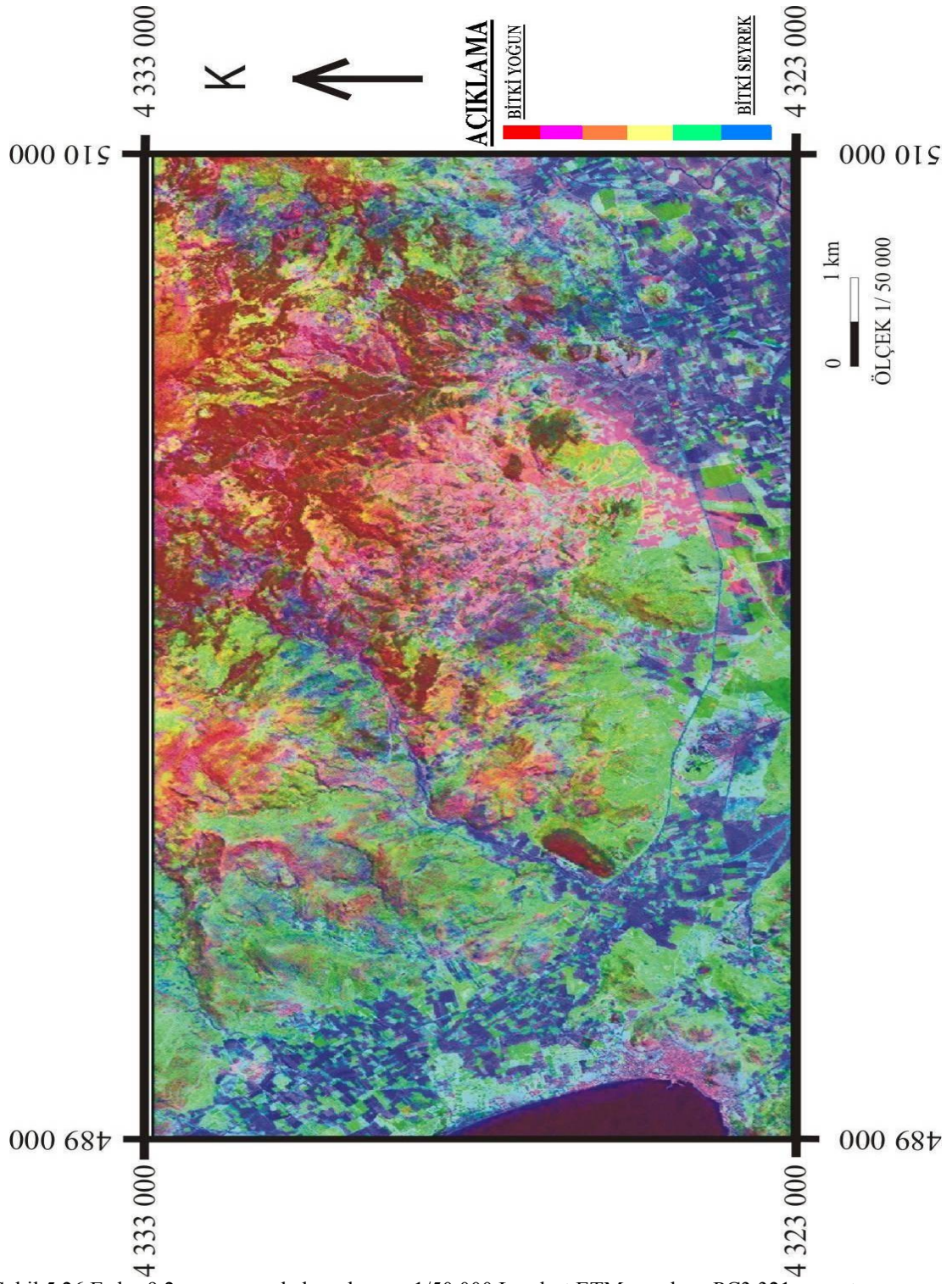
Bitkilerin tanımlanması için ayrıca temel bileşenler analizi kullanılarak PC3 de bitkilere dağılımlarına ait diğer bir görüntü Şekil 5.26'de görüldüğü gibi hazırlanmıştır. Bu görüntüde yansıma eşik değerleri ne göre koyu kırmızı alanlar en yaşlı bitkiler – ormanlık alanları belirtirken yeşilin koyudan açık yeşile kadar yaşlı bitkilerden genç bitkileri bize bildirmektedir.

Çalışma alanını içerisine alan landsat görüntüleri kullanılarak, ofis ortamında yorumu yapılmıştır, arazi çalışması buna göre gerçekleştirilmiştir.

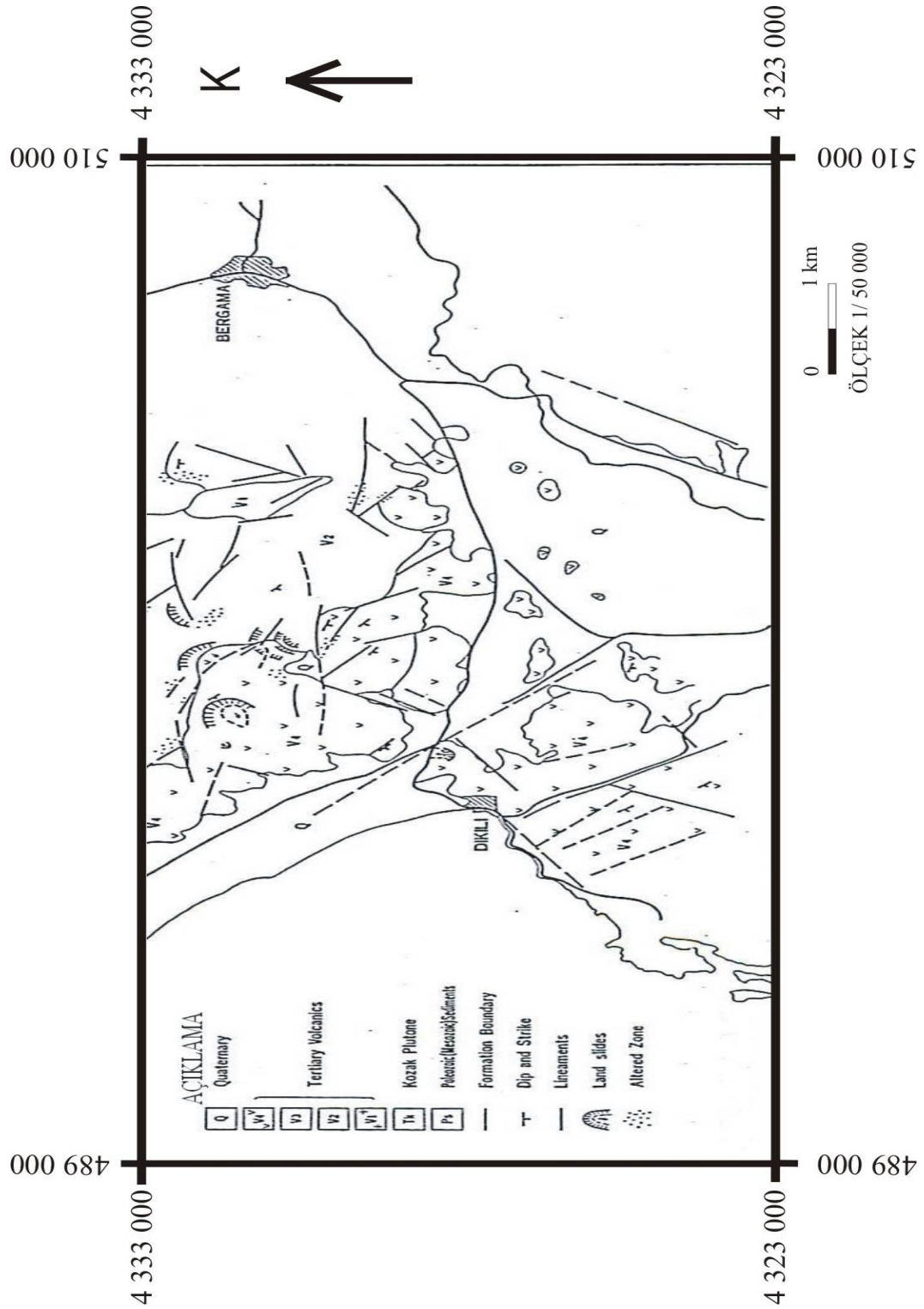
Batı Anadolu, KD-GB gidişli çizgiselliklerden oluşan 4 tektonik bölgeye ayrılmıştır. Bu çizgiselliklerin maksimum gidişi N 30° E olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında özellikle, Bergama tarafında paralel olan çizgisellikler farklı oldukça geniştirler. KD-GB gidişli yapılar ise; kısmen küçük ve dar grabenleri meydana getirmiştir.

Çalışma alanı, Tersiyer ve Erken Kuvaternerde yoğun bir volkanizmaya sahne olmuştur. Burada iki farklı fay ve Lineament bulunmaktadır. Bunlardan biri KD-GB, diğeri KB-GD doğrultuludur. KD-GB gidişli fay boyunca, Felsik volkanizma piroklastik kayaları püskürtmüştür. Diğer taraftan, dom şeklindeki volkanlar, KB-GD gidişli faylar boyunca sıralanmışlardır. Bunlardan başka çalışma alanı ve onun çevresinin jeolojisi tanımlanarak sınıflandırılmıştır.

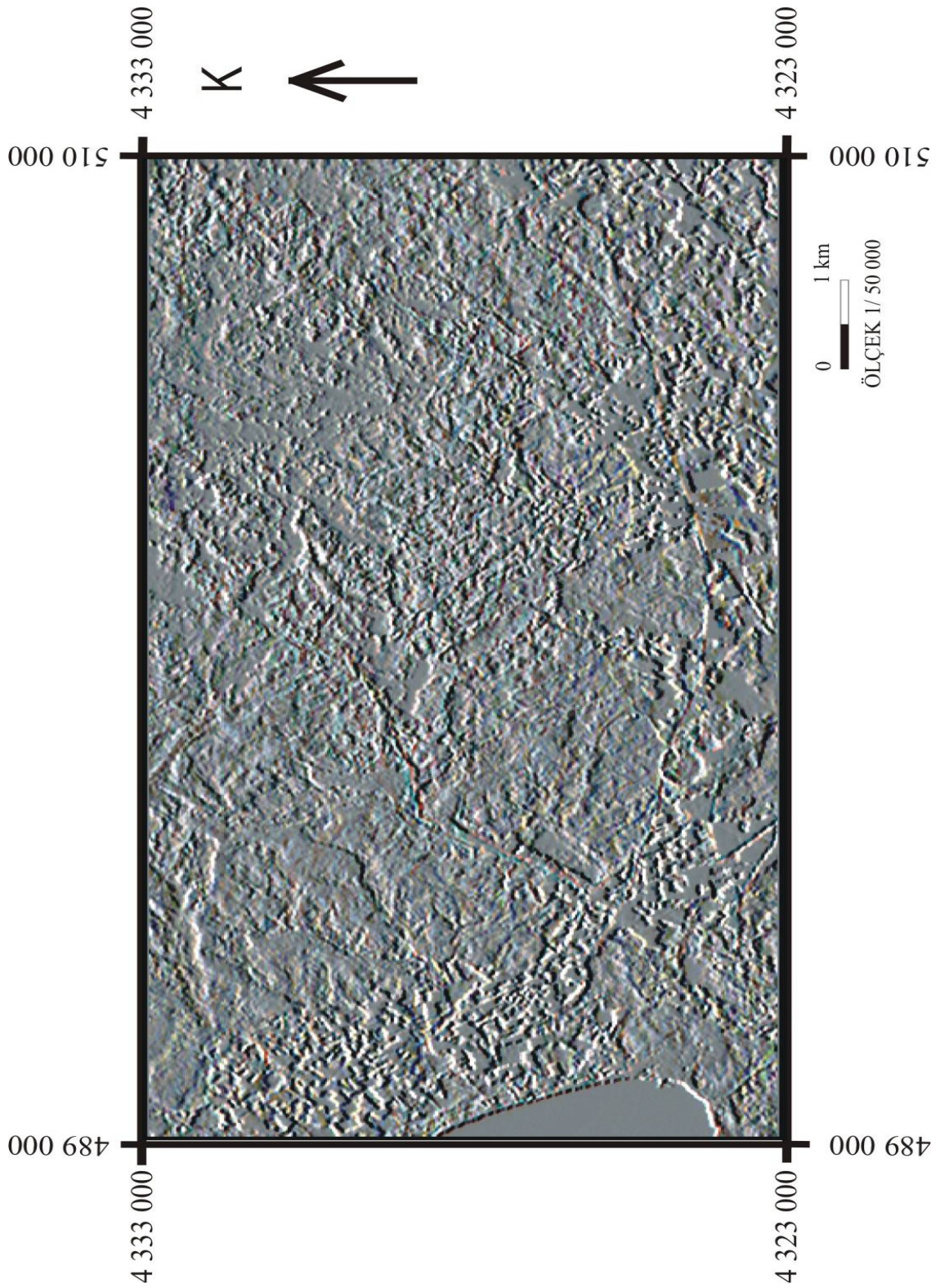
Ayrıca çalışma alanına ait hava fotoğrafları üzerinde de çalışmalar yapılmıştır. 1/35000 ölçekli hava fotoğrafları üzerinde süreksizlikler, topoğrafya ve kayma yüzeyleri, Landsat fotoğraflarının yorumlanmasından elde edilen detay sonuçlara dayanarak araştırılmıştır (Şekil 5.27). Süreksizliklerin ana gidişi K 50° B'dır. Düzenli olmayan drenaj zonlarındaki mevcut alterasyonların karakteristik yapısı, killi zonlarda ve silisifiye olmuş zonlar içerisinde gelişen sert, pürüzlü mostralr içerisinde yoğunlaşmaktadır.



Şekil 5.26 Erdas 9.2 programında hazırlanmış 1/50 000 Landsat ETM+ uydusu PC3 321 görüntüsü.



Şekil 5.27 Çalışma alanımında içerisine alan Landsat fotoğrafları kullanılarak hazırlanmış jeolojik yorum ve süreksizlik haritası (Eşder, 1998'den değiştirilerek).



Şekil 5.28 Erdas 9.2 programında hazırlanmış Landsat Landsat ETM+ uydusu K-G yönelimli çizgisellik görüntüsü.

5.3.3 Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Seçilmiş olan alanda çalışmalar arazi ve ofis çalışmaları olarak iki kısımda yrtlmştir.

Ofis alışmaları kapsamında, çalışma alanı ve çevresine ait daha önceki çalışmalar incelenmiş, LANDSAT TM ve LANDSAT 7 ETM+ görüntüleri elde edildikten sonra Erdas 9.2 programında alterasyonlu alanların tayini için coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Coğrafi bilgi sistemleri kapsamında çalışma alanına ait topoğrafik haritalar Mapinfo 6.5 programında sayısallaştırılması yapılarak alanın üç boyutlu topoğrafyası ve jeolojik birimler görüntüsü, yamaç yönelimi ve eğim haritaları oluşturulmuştur.

Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında ise, hava ve uydu fotoğrafları kullanılarak çalışmalar yrtlmştir. 1/35000 ölçekli hava fotoğrafları üzerinde süreksizlikler, topoğrafya, kayma yüzeyleri, alterasyonlu zonlar tespit edilmiştir. Süreksizliklerin ana gidişi K 50° B olarak belirlenmiştir. Düzenli olmayan drenaj zonlarındaki mevcut alterasyonların karakteristik yapısı, killi zonlarda ve silisifiye olmuş zonlar içerisinde gelişen sert, prztl mostralara içerisinde yoğunlaştığı grlmştir.

Uydu görüntüleri üzerinde ise alışmalar Erdas 9.2 programında yrtlmştir. Çalışma alanına ait uydu görüntülerinin, renkli bileşen görüntüleri genel alterasyon haritalamaları ve jeolojik unsurların tayininde hızlı ve doğru bir yöntemdir. Renkli bileşenler LANDSAT TM/ETM+ 432, 531, 732, 742 ve 751 bantlarının KYM kanallara uygulanması neticesinde elde edilmiştir. Çalışma sahası içerisinde renkli bileşenler LANDSAT TM ve LANDSAT 7 ETM+ görüntüleri Erdas 9.2 programı kullanılarak çalışma alanına ait demir alterasyon, mineral kompozisyon, hidrotermal alterasyonlu alanlar ve bitki indeksi tayini yapılmış ve birbirleri ile kıyaslanmıştır.

Bant oranlamaları da renkli kompozit görüntüler gibi mevcut alterasyon zonlarının genelinde başarılı sonuçlar vermiştir. LANDSAT TM bant oranlamaları 5/7, 3/2, 4/5 ve 5/7, 5/4, 3/1 bantlarının KYM kanallarına uygulanması ile oluşturulmuştur. Çalışma sahası içerisinde 57 bant oranlanması ile genel alterasyonlu alanlar tespit edilmiştir. Ancak bu görüntü hidrotermal alterasyonlu alanların tayininde çok başarılı değildir. PC6 124 görüntüsü ile arazide haritalanmış alterasyonlu zonlar karşılaştırılarak karşılaştırılması yapılmış ve birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Temel bileşenler analiz tekniği ile uygulanan Crosta yöntemi bilinen ve seyrek bitki örtüsüne sahip alterasyonlu alanlar üzerinde başarı ile uygulanmıştır. LANDSAT TM ve ETM+ görüntülerinde uygulanan metotlarla kil ve demir oksit mineralleri belirlenmiştir. Bazı alanlarda açık renkli pikseller dereler boyunca ve tarımsal alanlarda gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak ayrılmış kil ve demir oksitli malzemenin taşınarak bu alanlarda birikmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu alanların alterasyonlu alanları kapsamamasına rağmen, alterasyon materyallerine yakın bir kaynaktan oluştuğunu işaret etmektedir.

Hava fotoğrafları ve uydu fotoğraflarının Erdas 9.2 programı kullanılarak hazırlanan görüntüler üzerinde yapılan çalışmalar ile çalışma alanının jeolojik birimleri, süreksizlik sistemleri tespit edilmiş ve arazide yapılan harita ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, uydu fotoğraflarının Erdas 9.2 programı kullanılarak hazırlanan görüntüler üzerinde yapılan çalışmalar ile çalışma alanının bitki indeks haritaları oluşturulmuştur. Buna göre bitkiler gençten yaşlıya tanımlanmış ve bu haritalar ile bitkilerin yoğunlukta olduğu alanlar ayırtlanmıştır.

LANDSAT TM ve LANDSAT 7 ETM+ görüntüleri yardımı ile elde edilen alterasyon, mineral haritaları, arazi gözlem ve daha önce yapılmış olan jeokimyasal örneklemeler ile uyumakta ve doğruluğunu kanıtlamaktadır. Aynı alterasyon eşik değerlerine sahip olan görüntülü alanlar çalışma alanının çevresindeki diğer potansiyel alanlar bizlere gösterebilir. Böylelikle daha fazla emek ve para harcamadan yeni

alterasyonlu alanlar ve bunların bizlere işaret ettiği endüstriyel hammadde ve metalik maden yatakları tespiti yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Aksu, O., Erdoğan, M., Yılmaz, A. (2001). *Landsat uydu görüntüleri ve 17 ağustos 1999 gölcük depreminde zarar gören alanların otomatik olarak tespitinde kullanımı*. Harita dergisi, 126 sayı içinde (35 – 48).
- Alp, O. (1998). *Sayısal arazi modeli üzerine bir inceleme*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, doktora tezi.
- Arda, E. (2006). *Baskil (Elazığ) granitoid kayalarına bağlı cevherleşmeler çevresinde oluşan alterasyonların Landsat 7 TM-ETM+ ve Aster uydu görüntüleri kullanılarak incelenmesi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic information system: A management perspective*, Ottawa: WDL publication.
- Bakraç, S. ve Altay, O. (2004). *Dikili-Kaynarca T-1, jeotermal kuyusu sondaj faaliyet raporu*. Maden Tetkik Arama Ege Bölgesi. Rapor No: Jt-255.
- Bonham, G.F. (1994). *Geographical information systems for geoscientists: modelling with GIS*, Ottawa: Delta printing.
- Burrough, P.A. (1991). *Principles of geographical information systems for land resources assessment* (5. baskı). New York: Oxford Pres.
- Campbell, J.B.(1996). *Introduction to remote sensing* (2. baskı). New York: The Guilford Pres.
- Carr, J.R. (1998). *A visual basic program for principal components transformin for digital images*. Pergamon: 24 (3) içinde (209-218).
- Clarke, K.C. Editör, (1999). *Getting started with geographic information systems* (2. baskı). NewJersey: Prentice-Hall.
- Congalton, R.G. (1991). *A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data, remote sensing of environment* (37. baskı) içinde (35-46).
- Cömert, Ç. ve Bostancı, H.T. (1999). *Kentsel geliştirme projeleri için coğrafi bilgi sistemlerinin önemi. Trabzon Zağnos dere havzası örneği, yerel yönetimlerde kent bilgi sistemi uygulamaları sempozyumu*, Trabzon: Bildiri kitabı İçinde (273-285).

- Cracknell, A.P. ve Hayes, L.W.B. (1991). *Introduction to remote sensing*, Basingstoke: Burgess Science Press,
- Csillag, F., Perera, A., Wilson, H. (2000). *Land cover analysis of the moose river basin, forest ecosystem science co-operative*, Final report. Toronto.
- Eşder, T. (1998). *Kaynarca ve çamur ılıcaları (Dikili) jeotermal alanları ve çevresinde bugüne kadar yapılan jeotermal araştırmalara ilişkin derleme raporu*. Ankara.
- Evsahibioğlu, A.N. (1994). *Uzaktan algılama (UA) temel eğitimi, sayısal uydu görüntülerinin analizi, coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kursu notları İçinde (1-36)*. Kocaeli: Tübitak - Marmara Araştırma Merkezi yayını.
- Forum maden, (2009). www.forumaden.com/forum/index.php?action=printpage;topic=779.0
- Gazioğlu, C. (2001). *Marmara denizi tabanının ve yakın çevresinin yüzey yapılarının çok yönlü araştırılması (Jeomatik)*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi doktora tezi.
- Goward, S.N., Masek, J.G., Irons, J.R., ve diğer.(1999). *Landsat 7 Science Mission*. içinde (43 – 45).GIM International.
- Heywood, I. (1998). *An introduction to geographical information systems*, New York: Wentley longman.
- Hord, R.M. (1986). *Remote sensing methods and applications*, Amerika: John Wiley ve sons Press.
- Jensen, J.R.(1996). *Introductory digital image processing (2. baskı)*. Amerika: Prentice-hall Pres.
- Karakışı S., Marangozi A. M., Büyüksalih G. (2009). Quickbird pan-sharpened görüntüsü üzerinden otomatik detay çıkarımı ve coğrafi bilgi sistemlerine uygunluğunun analizi. http://jeodezi.karaelmas.edu.tr/karakis/KURULTAY3_karakis.pdf.
- Kaya, Ş. (2000). *Uydu görüntüleri ve sayısal arazi modeli kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu-Işıklar dağı kesiminin jeomorfolojik-jeolojik özelliklerinin incelenmesi*, İstanbul: İTÜ doktora tezi.

- Kennedy, M. (1996). *The global positioning system and GIS*. Michigan: Arbor Pres.
- Kraus, K., Stewardson, P.(1993). *Photogrammetry fundamentals and standard processes* (4. baskı). Bonn: WB-Druck Press.
- Lillesand, T.M. ve Kiefer, R.W.(2000). *Remote sensing and image interpretation* (4. baskı). New York: The Lehigh Pres.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J ve Rhind D.W. (2001). *Geographic information systems and science*, London: Bath Pres.
- Mather, P.M.(1999). *Computer processing of remotely-sensed images* (2. baskı). Manchester: Bookcraft (Bath).
- Maden Tetkik Arama- Japan International Cooperation Agency, (1987). *The pre-
phsibility study on the Dikili-Bergama geothermal development project in the republic
of Turkey*, Maden Tetkik Arama Ege Bölgesi:
Rapor no: Jt-135.
- Maden Tetkik Arama, (2005). *Türkiye jeotermal kaynakları envanteri*. Ankara: Maden
Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.
- Maden Tetkik Arama, (2009). [http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/RSC_WEB/
index.php?id=ua](http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/RSC_WEB/index.php?id=ua).
- Musaoğlu, N. (1999). *Elektro-optik ve aktif mikrodalga algılayıcılardan elde edilen
uydu verilerinden orman alanlarında meşcere tiplerinin ve yetiştirme ortamı
birimlerinin belirlenme olanakları*. İstanbul: İTÜ doktora tezi.
- Önder, M. (2000). *Coğrafi bilgi sistemlerinde ve uzaktan algılama*. Ankara: Hacettepe
Üniversitesi Matbaası.
- Örmeci, C. (1987). *Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri)* (cilt 1).
İstanbul: İTÜ matbaası.
- Özudoğru, S. (2003). *İzmir-Dikili-Kaynarca jeotermal sahası testleri*. MTA Ege
Bölgesi: Rapor No: Jt-160.
- Rahman, M.M. (2001). *Identification of land use and land cover using band rationing
technique*. 11 Kasım 2001, [http://www.murraystate.edu/qacd/cos/geo/gsc641/1997/
rahman/index.html](http://www.murraystate.edu/qacd/cos/geo/gsc641/1997/rahman/index.html).

- Reis, S. (2003). “Çevresel planlamalara altlık bir coğrafi bilgi sistemi tasarımı ve uygulaması: trabzon il bilgi sistemi (TİBİS) modeli”. Trabzon: KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü doktora tezi.
- Richards, J.A. ve Jia, X. (1999). *Remote sensing digital image analysis an introduction* (3. baskı). Berlin: Springer Printed.
- Sesören, A. (1998). *Uzaktan algılamada temel kavramlar*. İstanbul: Mart Matbaacılık.
- Yılmaz,H., Oyman,T., Arehart, G.B., Çolakoğlu, A. R., Billor,Z. (2007). *Low-sulfidation type Au–Ag mineralization at Bergama, İzmir, Turkey*. *Ore Geology Reviews* 32 (2007) içinde (81–124).
- Yılmazer, S., Gevrek, A.İ., Sünger, Z., Üstün, Z., Çetiner, L. (1990). *İzmir-Dikili-Kaynarca jeotermal sahası Kaynarca-1 derin jeotermal sondajı kuyu jeolojisi bitirme ve değerlendirme raporu*. Ankara: MTA Rapor No: 9466.
- Yomralıoğlu, T. ve Demir, O. (1994). *Kentsel bir coğrafi bilgi sistemi modelleme, 1. ulusal coğrafi bilgi sistemi sempozyumu*. Trabzon: bildiriler kitabı (276-290).
- Yomralıoğlu, T. (2000). *Coğrafi bilgi sistemleri temel kavramlar ve uygulamalar* (1. baskı). İstanbul: Seçil ofset.