

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAKMAK KÖYÜ (KEBAN) ÇEVRESİNDEKİ MAGMATİK VE  
KONTAK METAZOMATİK  
KAYAÇLARIN PETROGRAFİK VE PETROLOJİK  
İNCELENMESİ**

MELEK URAL

Tez Yöneticisi:  
Yrd.Doç.Dr. Sevcan KÜRÜM

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLJİ MÜH. ANABİLİM DALI

ELAZIĞ  
2005

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAKMAK KÖYÜ (KEBAN) ÇEVRESİNDEKİ MAGMATİK VE KONTAK  
METAZOMATİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK VE PETROLOJİK  
İNCELENMESİ

Melek URAL

Yüksek Lisans Tezi  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez, ..... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM

Üye: Prof. Dr. A. Feyzi BİNGÖL

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ayten ÖNAL

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **01/09/2005** tarih ve **2005/...30...14** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

## TEŞEKKÜR

'Çakmak Köyü (Keban) Çevresindeki Magmatik ve Kontak Metazomatik Kayaçların Petrografik ve Petrolojik İncelenmesi' konulu bu çalışma, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2002-2005 yılları arasında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları 2003 yaz aylarında başlatılmış ve daha sonra 2004 yaz aylarında eksikliklerin giderilmesi ve kontrol yapılması amacıyla devam ettirilmiştir. Laboratuvar ve büro çalışmaları ise, 2003-2005 yılları arasında gerçekleştirilmiştir.

Gerek çalışma alanının seçimi ve gerekse çalışmanın yürütülmesinin her aşamasında değerli katkısı ve yönlendirici önerilerinden yararlandığım tez danışmanı hocam Yrd. Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM'e içtenlikle teşekkür ederim.

FÜBAP-932 no'lu proje ile arazi çalışmaları için araç kiralama bedelinin karşılanması ve kayaç analizlerinin yapılmasını sağlayan Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Yönetim Kurulu'na teşekkür ederim.

Arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sırasında değişik konularda değerli katkı ve önerilerinden yararlandığım bölümümüz öğretim elemanlarından Prof.Dr. A.Feyzi BİNGÖL, Prof.Dr.İbrahim TÜRKMEN, Yrd.Doç.Dr.Bünyamin AKGÜL ve Yrd.Doç.Dr.Leyla KALENDER'e; cevher mikroskobisi incelemeleri sırasında yardımcı olan Yrd.Doç.Dr. Mehmet ALTUNBEY ve Doç.Dr.Ahmet ŞAŞMAZ'a; birkaç ince kesitin incelemesinde katkıda bulunan Yrd.Doç.Dr.Emin ERDEM'e teşekkür ederim. Arazi çalışmaları sırasında yardımcı olan başta sevgili babam A.Fethi URAL'a , değerli arkadaşlarım Esen ÖZBULUT ve Sevinç BAKIR'a, yine Jeo.Müh. Cahit DÖNMEZ, Muhammet ÇOBAN, Ahmet Veysel UYUT, Serap ÇOLAK, Arş.Gör.Gülşah BAŞPINAR ve Nevin ÖZTÜRK'e teşekkür ederim. Ayrıca ince ve parlak kesitlerin yapımı sırasındaki yardımlarından dolayı bölümümüz ince kesit teknisyeni Fuat İSTEK'e ve bu çalışmada katkısı bulunan diğer tüm bölüm elemanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın gerçekleşmesi sırasında maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan sevgili aileme ve çok değerli bir büyüğüme sonsuz teşekkürler ediyorum.

<b><u>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</u></b>	<b><u>SAYFA NO</u></b>
ŞEKİLLER DİZİNİ	II
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
KISALTMALAR	VII
ÖZET	IX
ABSTRACT	XI
<b>1. GİRİŞ</b>	1
1.1. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu	1
1.2. Çalışmanın Amacı	1
1.3. Önceki Çalışmalar	2
1.4. Çalışma Yöntemleri	4
<b>2. STRATİGRAFİ</b>	6
2.1. Keban Metamorfitleleri (Permo-Triyas)	6
2.2. Elazığ Mağmatitleri (Üst Kretase )	11
2.3. Seske Formasyonu (Orta Paleosen-Alt Eosen)	20
2.4. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Üst Oligosen)	21
2.5. Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen- Alt Pliyosen)	22
2.6. Alüvyonlar (Kuvaterner)	24
<b>3. MİNERALojİK – PETROGRAfİK İNCELEME</b>	25
<b>4. 3.1. Keban Metamorfitleleri</b>	25
3.2. Elazığ Mağmatitleri	26
3.2.1. Derinlik Kayaçları	26
3.2.2. Yarı Derinlik (Damar) Kayaçları	33
3.2.3. Yüzey Kayaçları	35
3.3. Skarn Kayaçları (Kontak Metazomatik Kayaçlar)	36
3.3.1. Endoskarnlar	40
3.3.2. Ekzoskarnlar	42
<b>5. JEOKİMYA</b>	74
4.1. Elazığ Mağmatitleri	74
4.2. Skarn Kayaçları (Kontak Metazomatik Kayaçlar)	82
<b>6. CEVHERLEŞMELER</b>	85
<b>7. EKONOMİK JEOLojİ</b>	92
<b>8. SONUÇLAR</b>	93
<b>9. REFERANSLAR</b>	95

<b>Şekil 2.1.</b> Çalışma alanının jeolojisi ve yer bulduru haritası	7
<b>Şekil 2.2.</b> Mağaraköy'ün yaklaşık 5 km güneyindeki yamaçta (Kuruçay) Keban Metamorfitleleri'ne ait mermerler ile Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyoritlerin kontağı	8
<b>Şekil 2.3.</b> Keban Metamorfitleleri'ne ait mermerler ile Elazığ Mağmatitleri'ne ait kayalar arasındaki intrüzif dokanak	9
<b>Şekil 2.4.</b> Keban Metamorfitleleri ile diyoritlere yakın bir dokanakta rastlanan amfibolitlerden bir görünüş	10
<b>Şekil 2.5.</b> Amfibolitlerin dere içerisinde çıktığı kafalardan bir görünüş	10
<b>Şekil 2.6.</b> Koruk civarında mermerlerin içinde gelişmiş geniş breşik zon	11
<b>Şekil 2.7.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyorit ve granitlerden bir görünüş	12
<b>Şekil 2.8.</b> Koruk köyünde motopomp yakınında, ayrılmış oldukça yoğun altereli diyoritlerden bir görünüş	13
<b>Şekil 2.9.</b> Pirinçci civarında Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyoritler ile Keban Metamorfitleleri'nin dokanağından bir görünüş	13
<b>Şekil 2.10.</b> Yukarı Çötel Mah. yaklaşık 1 km batısından çekilmiş oldukça taze yüzeyler sunan diyoritlerden bir görüntü	14
<b>Şekil 2.11.</b> Çötel Köyü kuzeybatısındaki karayolu kenarında bulunan gabronun görünümü	15
<b>Şekil 2.12.</b> Üç Ağaç Köyü (Aşağı Çakmak) civarındaki lökogradit ve içerisindeki aplit damarının görünümü	16
<b>Şekil 2.13.</b> Pehlivan dereye büyük kafalar halinde bulunan granodiyoritlerden bir görünüş	16
<b>Şekil 2.14.</b> Tonalitler içerisinde KD-GB doğrultulu kırık sistemlerine yerleşmiş lamprofirlerden bir görünüş	18
<b>Şekil 2.15.</b> Diyoritler içerisindeki lamprofir (spessartit) lerden bir görünüş	18
<b>Şekil 2.16.</b> Granit (Gr)-diyorit (Di) dokanağı	19
<b>Şekil 2.17.</b> Kırkgeçit Formasyonu'na ait kumtaşı ve kumlu kireçtaşlarında bir görünüş	22
<b>Şekil 3.1.</b> Keban Metamorfitleleri'ne ait mermerlerdeki kalsit kristallerinin ikizlenmeleri boyunca gelişmiş kinkbantlar	25
<b>Şekil 3.2.</b> Diyorit örneğindeki zonlu plajiyoklazların (plg) mikroskoptaki	26

görünümü	
<b>Şekil 3.3.</b> Diyoritlerdeki poikilitik dokuyu gösteren bir mikrofotograf	27
<b>Şekil 3.4.</b> Şekil 3.3' ün tek nikoldeki görünümü	27
<b>Şekil 3.5.</b> Öz şekilli hornblend kristalleri	28
<b>Şekil 3.6.</b> Şekil 3.5'in tek nikoldeki görünümü	29
<b>Şekil 3.7.</b> Klorit ve epidotlara dönüşüm gösteren biyotit kristali	29
<b>Şekil 3.8.</b> Tamamen klorite dönüşmüş psödomorf biyotitler	30
<b>Şekil 3.9.</b> Mağaraköy güneydoğusundan alınmış bir diyorit anklavı örneği	31
<b>Şekil 3.10.</b> Mağaraköy civarından alınan granodiyorit içerisindeki anklavın mikroskobik görünümü	31
<b>Şekil 3.11.</b> Tonalitlerde iri ve şekilsiz kuvars kristallerinin görünümü	32
<b>Şekil 3.12.</b> Aplitlerde izlenen grafik dokunun mikroskoptaki görünümü	33
<b>Şekil 3.13.</b> Plajiyoklaz lataları arasındaki hornblend (hbn) kristalleri	35
<b>Şekil 3.14.</b> Keban Metamorfitle'ne ait mermer (PzMzk) birimi ile Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyoritler (Ked) arasındaki intrüzif dokanak ve skarn zonu	39
<b>Şekil 3.15.</b> Epidot skarn kayaçlarının tipik minerallerinden epidotlar (ep) ve beraberindeki kuvars (Q) mineralleri	41
<b>Şekil 3.16.</b> Skarn zonlarında çoğunlukla opak minerallerle birlikte bulunan spinel minerali	42
<b>Şekil 3.17.</b> Skarn kayacı içerisindeki baklava dilimli sfen ve yeşil renkli spinel mineralleri	42
<b>Şekil 3.18.</b> Öz şekilli küçük granat (gr) kristalleri	45
<b>Şekil 3.19.</b> Şekil 3.18'in tek nikoldeki görünümü	45
<b>Şekil 3.20.</b> Kuvars (Q) kapanımları içeren öz şekilli ve zonlu granatlar (gr)	46
<b>Şekil 3.21.</b> Skarn zonlarının tipik minerali olan granat (gr) kristalleri ve beraberindeki serisit (sr) mineralleri	46
<b>Şekil 3.22.</b> Diyorit ve onlarla ilişkili skarnlardaki öz ve yarı öz şekilli hornblend kristalleri	48
<b>Şekil 3.23.</b> Zonlu plajiyoklazlar ve öz şekilli hornblend kristali	48
<b>Şekil 3.24 a,b.</b> Piroksenlerin (cpx) etrafında dizilmiş hornblendlerin (hb) oluşturduğu korona dokusu	49
<b>Şekil 3.25.</b> Piroksenlerin (cpx) içerisinde kalıntı şeklinde kalmış ve büyük ölçüde kloritleşmiş hornblendler (hb)	50
<b>Şekil 3.26.</b> Şekil 3.25'in tek nikoldeki görünümü	50

<b>Şekil 3.27.</b> Opak minerallerle iç içe gelişmiş spinel (sp) grubu mineraller	51
<b>Şekil 3.28.</b> Skarn zonlarında görülen kuvars (Q), epidot (ep), klorit minerallerinin mikroskoptaki görünümü	52
<b>Şekil 3.29.</b> Öz ve yarı öz şekilli yüksek rölyefli sfen kristalleri	53
<b>Şekil 3.30.</b> Çöteli’de Yerçöken Tepeler’in batısında kontakta alınan piroksenlerin (cpx) uralitleşmesi sonucu oluşan lifsi görünümlü tremolitler (tre)	54
<b>Şekil 3.31.</b> Piroksen epidot skarnlarda gözlenen ışınsal, yelpaze görünümlü tremolit/aktinolit minerallerinin mikroskoptaki görünümü	54
<b>Şekil 3.32.</b> Şekil 3.31’in tek nikoldeki görünümü	55
<b>Şekil 3.33 a,b,c,d.</b> Skarn zonlarını gösteren şematik kesitler (ölçeksiz). Çalışma alanındaki skarn zonlarının göreceli konumları ve prograd-retrograd topluluklar	57-58
<b>Şekil 3.34.</b> Pirinççi kuzeybatısından alınan olivin ve piroksenli endoskarn örneği	59
<b>Şekil 3.35.</b> Şekil 3.34’ün bir başka açıdan çekilmiş görünümü	59
<b>Şekil 3.36.</b> Özşekilli ve zonlu granat (gr) kristalleri ve aralarındaki küçük piroksen kristalleri	60
<b>Şekil 3.37.</b> MS-1 nolu ekzoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi	60
<b>Şekil 3.38.</b> Küçük zonlu granat (gr) kristalleri	61
<b>Şekil 3.39.</b> MS-2 nolu granat ekzoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi	61
<b>Şekil 3.40.</b> MS-4 nolu granat-piroksen ekzoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi	62
<b>Şekil 3.41.</b> Piroksen endoskarnlarda gözlenen piroksenlerdeki uralitleşmeler	63
<b>Şekil 3.42.</b> MS-3 nolu piroksen endoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi	63
<b>Şekil 3.43.</b> Çöteli’de Yerçöken Tepeler’in batısında kontakta alınan örnekteki plajiyoklaslarla (plg) birlikte görülen olivin (ol) kristalleri	64
<b>Şekil 3.44.</b> Yerçöken Tepeleri batısından alınan ve kontağı karakterize eden granat (gr), epidot, kuvars (Q) ve kalsitten oluşmuş mikrofotograf	64
<b>Şekil 3.45.</b> MS-8 nolu granat-piroksen endoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi	65
<b>Şekil 3.46.</b> Çöteli’nin kuzeybatısında granat (gr), piroksen (cpx), epidottan (ep) oluşmuş M-6 nolu kayaç örneği	65

<b>Şekil 3.47.</b> Hal (Aydınlar) Köyü güneybatısından alınan piroksenli mermer örneği	66
<b>Şekil 3.48.</b> MS-6 nolu piroksen endoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi	67
<b>Şekil 3.49.</b> Epidot-Piroksen skarlara ait bir örneğin mikroskoptaki görünümü	68
<b>Şekil 3.50.</b> Koruk'da Köybaşı tepe batısından alınan yoğun kloritleşme, opasitleşme gösteren öz şekilli olivin (ol) kristalleri içeren kayaç örneğinin mikroskoptaki görünümü	68
<b>Şekil 3.51.</b> Şekil 3.50'nin farklı bir açıdan tek nikoldeki görünümü	69
<b>Şekil 3.52.</b> Skarn zonlarının tipik minerallerinden tremolit/aktinolit (tre), epidot (ep) ve kuvarsların (Q) bir aradaki görünümü	69
<b>Şekil 3.53.</b> MS-9 nolu endoskarn örneğinin X ışınları difraktometresi	71
<b>Şekil 3.54.</b> MS-7 nolu granat-piroksen-epidot endoskarn örneğinin X ışınları difraktometresi	71
<b>Şekil 4.1.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların ve ilişkili skarn kayaçlarının Q-P diyagramında (Debon ve Le Fort, 1982) sınıflandırılması	76
<b>Şekil 4.2.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütoniklerin ve skarn kayaçlarının A ve B {A= [Al-(K+Na+2Ca)], B= (Fe+Mg+Ti)} diyagramları üzerinde gösterilmesi [Debon ve Le Fort, (1983)]	77
<b>Şekil 4.3.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların Alkali (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)- Silis (SiO <sub>2</sub> ) diyagramı (Kuno, 1966) ile oluştukları tektonik ortamın belirlenmesi	78
<b>Şekil 4.4.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların AFM diyagramı ile oluştukları tektonik ortamın belirlenmesi (Kuno, 1968)	79
<b>Şekil 4.5.</b> Elazığ Mağmatitlerine ait plütonik kayaçların R1-R2 diyagramı (De La Roche ve diğerleri, 1980)	80
<b>Şekil 4.6.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / (CaO+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)'e (A/CNK) karşı Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O (A/NK) diyagramı (Shand, 1951)	81
<b>Şekil 4.7.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların Nb-Y diyagramındaki (Pearce vd., 1984) dağılımı	81
<b>Şekil 4.8.</b> Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların Rb (ppm)-Y+Nb (ppm) diyagramındaki (Pearce vd., 1984) dağılımı	82
<b>Şekil 4.9.</b> Granitoyitlerden mermerlere doğru skarn zonlarındaki	84

elementlerin dağılımını ve bolluğunu gösteren profiller	
<b>Şekil 5.1.</b> Şekilsiz olarak silikat mineralleri içerisinde yer alan pembemsi renkteki manyetit (mg) mineralleri	87
<b>Şekil 5.2.</b> Hematitler (hm)	87
<b>Şekil 5.3.</b> Mozaik doku oluşturan manyetitler (mg)	88
<b>Şekil 5.4.</b> Silikatları ornatın manyetitler (mg) yer yer hematitlere (hm) dönüşmüş	88
<b>Şekil 5.5.</b> Martitleşmeler sonucu hematite (hm) dönüşmüş manyetitler (mg)	89
<b>Şekil 5.6.</b> Altın sarısı renkteki kalkopiritler (kp), yer yer kovellin/kalkozinlere (kv-kz) dönüşmüş	89
<b>Şekil 5.7.</b> Altın sarısı renkteki kalkopiritlerin (kp) görünümü	90
<b>Şekil 5.8.</b> Manyetitler (mg) ve manyetitlerin martitleşmesi ile hematite dönüşmüş olan hematitler	90
<b>Şekil 5.9.</b> Kolloform yapıdaki silikat minerallerinin aralarında yer alan hematitler	91
<b>Şekil 5.10.</b> Manyetitler (mg) hematitlere (hm) dönüşmüş	91

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA NO

<b>Çizelge 3.1.</b> Çalışma alanındaki farklı yerleşim yerlerindeki mineral, doku ve kayaç türlerindeki değişim	72-73
<b>Çizelge 4.1.</b> Tüm kayaç analiz sonuçları ve çalışmayla ilgili bazı parametreler	75
<b>Çizelge 5.1.</b> Çalışma alanında gözlenen cevher mineralleri ve özellikleri	86

## KISALTMALAR

<b>A:</b>	Andradit
<b>AFM:</b>	A= Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O, F= FeO, M= MgO
<b>An:</b>	Anortit
<b>Bi:</b>	Biyotit
<b>Cc:</b>	Kalsit
<b>Chl:</b>	Klorit
<b>Ç.N:</b>	Çift Nikol
<b>Cpx:</b>	Klinopiroksen
<b>Di:</b>	Diyopsit
<b>Ep:</b>	Epidot
<b>Gr:</b>	Granat
<b>Grs:</b>	Grossular
<b>Hm:</b>	Hematit
<b>Hrn:</b>	Hornblend
<b>İm:</b>	İlmenit
<b>İntensity (A.U):</b>	Şiddet (KB)-X ışınından gelen enerji sayımı
<b>Kp:</b>	Kalkopirit
<b>Ke:</b>	Elazığ Mağmatitleri
<b>Ked:</b>	Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyoritler
<b>Keg:</b>	Elazığ Mağmatitleri'ne ait granitler
<b>Kegb:</b>	Elazığ Mağmatitleri'ne ait gabrolar
<b>Kl:</b>	Klorit
<b>Klz:</b>	Kalkozin
<b>Kvl:</b>	Kovellin
<b>Lm:</b>	Limonit
<b>Mg:</b>	Manyetit
<b>MORB:</b>	Okyanus ortası sırt bazaltı
<b>OFB:</b>	Okyanus tabanı bazaltları
<b>OIA:</b>	Okyanus adaları alkali bazaltları
<b>OIT:</b>	Okyanus adaları toleyitleri
<b>Ol:</b>	Ölivin
<b>Oj:</b>	Ojit
<b>Opk:</b>	Opak mineral

**Opx:** Ortopiroksen  
**Ort:** Ortoklaz  
**Plg:** Plajiyoklaz  
**Pi:** Pirit  
**Pj:** Pijonit  
**Prt:** Pirotin  
**PzMzk:** Keban Metamorfitlei  
**Q:** Kuvars  
**Sf:** Sfen  
**Spk:** Spekularit  
**Syn-COLG:** Çarpışma ile eş yaşlı granitoyitler  
**Tk:** Kırkgeçit Formasyonu  
**Tka:** Karabakır formasyonu  
**T.N:** Tek Nikol  
**Tre/Akt:** Tremolit/Aktinolit  
**Qal:** Alüvyonlar  
**VAG:** Volkanik yay granitoyitleri  
**VPB:** Levha içi bazaltları  
**WPG:** Levha granitoyitleri  
**XRD:** X-Ray Difraktometre  
**XRF:** X-Ray Floresans  
**2 $\theta$ :** Kristalin atom düzlemi ile gelen ışın arasındaki açı

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ÇAKMAK KÖYÜ (KEBAN) ÇEVRESİNDEKİ MAĞMATİK VE KONTAK METAZOMATİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK VE PETROLOJİK İNCELENMESİ

MELEK URAL

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 100

Çalışma alanı Elazığ'ın kuzeybatısındaki Çakmak ve Koruk köyleri arasında yer alır ve yaklaşık 250 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsar.

Çalışma alanı kuzeyde Keban ve Malatya Metamorfizmaları'ndan meydana gelen Anadolu levhası ve güneyde Arabistan levhası arasında yer almakta ve Doğu Toros bölgesinin jeodinamik evrimini yansıtmada önemli bir rol oynamaktadır.

Çalışma sahası en yaşlıdan en gence doğru aşağıdaki birliklerden oluşur. Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfizmaları, Üst Kretase yaşlı Elazığ Mağmatitleri, Orta Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu, Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar'dır.

Çoğunlukla karbonat ve pelitik kökenli kayalardan oluşan Keban Metamorfizmaları, Jura-Alt Kretase'de yeşil şist alt fasiyesinin düşük basınç ve sıcaklık koşullarında, metamorfize olmuştur. Ancak çalışma alanının bazı kesimlerinde yer alan ortoamfibolitlerin varlığı metamorfizma derecesinin amfibolit fasiyesine kadar çıktığına işaret etmektedir.

Çalışmanın asıl inceleme konularından biri olan Elazığ Mağmatitleri çalışma bölgesinde; gabro, diyorit, kuvars diyorit, alkali granit, granit granodiyorit ve tonalit gibi derinlik; mikrogranit, mikrodiyorit, mikrogabro, diyabaz ve çoğunlukla tonalit ve diyoritleri kesen aplit ve lamprofirler gibi yarı derinlik; bazalt, dasit, riolit, latit ve kuvars latit gibi çeşitli bileşimdeki yüzey kayalarından oluşmaktadır.

Kırkgeçit Formasyonu, çalışma alanında çoğunlukla kumtaşı, kireçtaşı ve kumlu kireçtaşları ile temsil olunur.

Karabakır Formasyonu, tabanda aglomera ve lav akıntılarıyla başlar, üste doğru bazalt, bazaltik andezit, andezit ve tuf ardalanması ile devam eder.

Elazığ Mağmatitleri ile Keban Metamorfitleri arasındaki kontak zonu boyunca endoskarn ve ekzoskarn oluşumları mevcuttur. Bu skarn zonlarında grossular/andradit bileşimli granatlar, diyopsit, hedenberjit, pijonit bileşimli piroksenler ve tremolit/aktinolit (piroksenlerin uralitleşmesi ile oluşan), hornblend bileşimindeki amfiboller ve bu minerallere ek olarak epidot, kuvars ve titanitlere rastlanmaktadır. Cevherleşmeler, manyetit, hematit, pirit, kalkopirit, spekülarit, limonit, ilmenit, pirotin ve kovellin/kalkozinden oluşmaktadır.

Arazi verileri ile mineralojik ve petrografik veriler bu kayaçların; epidot skarn, granat skarn, granat-piroksen skarn, piroksen skarn, piroksen-epidot skarn, olivin-piroksen skarn, tremolit/aktinolit skarn gibi kayaçlardan oluştuklarını göstermektedir. Kontak metazomatik kayaçlar, Üst Kretase sonunda Keban Metamorfitleri içerisine sokulum yapan diyorit, granit ve gabroik bileşimli mağmatik kayaçların dokanaklarında ve hornblend-hornfels fasiyesinde oluşmuşlardır. Hatta kontakta varlığına rastlanan granat-piroksen mineralleri, ilerleyen metazomatizma koşullarında piroksen-hornfels fasiyesine kadar çıkıldığını göstermektedir.

Arazi gözlemleri Elazığ Mağmatitleri'ne ait mağmatik kayaçların üç evrede oluştuklarını göstermektedir. Birinci evrede bazik ve nötr bileşimli plütonik ve volkanik kayaçlar, ikinci evrede asidik bileşimli plütonik ve volkanik kayaçlar, üçüncü evrede ise artık mağmadan türeyen aplit ve lamprofirler oluşmuştur.

12 adet mağmatik ve skarn kayacına ait örneğin kimyasal analizi, bunların düşük K'lı toleyitik seriyeye ait olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Keban Metamorfitleri, Elazığ Mağmatitleri, skarn, endoskarn, ekzoskarn, XRD, cevherleşme, sokulum, metazomatizma, kontak metazomatik kayaç, granat, piroksen, epidot, tremolit/aktinolit, kalsit, dolomit, kireçtaşı.

## **ABSTRACT**

(Masters Thesis)

### **PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE MAGMATIC AND CONTACT METASOMATIC ROCKS IN THE VICINITY OF ÇAKMAK VILLAGE (NW ELAZIG)**

**Melek URAL**

**Firat University**

**Graduate School of Science and Technology**

**Department of Geological Engineering**

**2005, Page: 100**

The studied area is situated at the northwest of Elazığ, between Çakmak and Koruk villages and covers approximately 250 sq km.

The studied area is surrounded by Anatolian Plate (Keban, Malatya Metamorphics) from the North and Elazığ Magmatics from the South and plays an important role in reflecting geodynamic evolution of Eastern Taurus region.

The studied area consists of the following units from the oldest to the youngest: Permo-Triassic Keban Metamorphics, Upper Cretaceous Elazığ Magmatics, Middle Paleocene-Lower Eocene Seske Formation, Middle Eocene-Upper Oligocene Kirkgeçit Formation, Upper Miocene-Lower Pliocene Karabakır Formation and Quaternary Alluvion.

The Keban Metamorphics, which are mostly carbonate and pelitic origin were metamorphosed in the lower P/T subfacies of the green schist facies at Jurassic-Lower Cretaceous time. However, in some places of the studied area, existence of ortoamfibolites points out the degree of the metamorphism, risen up to amphibolites facies.

Elazığ Magmatics which is one of the main subjects of this study is composed of plutonic rocks of various kinds such as gabbro, diorite, tonalite, granite and granodiorite; subvolcanic rocks of microgranite, microdiorite, microgabbro, diabase, aplite and lamprophyr

(generally which cut diorite and tonalite) volcanic rocks of basalt, dacite, rhyolite, latite and quartz latite in the study area.

Kırkgeçit Formation mostly consists of sandstone, limestone and sandy limestone in the study area.

Karabakır Formation starts with agglomerates and lava flows at the base and grades upwards into basalt, basaltic andesite and tuff.

There are endoskarn and exoskarn formations along the contact zone between Elazığ Magmatics and Keban Metamorphics. The fractures in Keban Metamorphics and Elazığ Magmatics served as channel for skarnization. In these skarn zones, there are garnets with grossular, andradite composition; pyroxene with diopside-hedenbergite-piegonite composition and amphiboles with tremolite-actinolite (which formed result of the uralization of the pyroxene), arfvedsonite, magnesioriebeckite composition; epidote, quartz, titanite as add to these minerals. Ore mineralization is composed of magnetite, hematite, pyrite, calcophyrite, specularite, limonite, ilmenite, pyrrhotine and covellite/calcozine.

The field, mineralogical and petrographical data indicate that these rocks are mainly composed of epidote skarn, garnet skarn, garnet pyroxene skarn, pyroxene skarn, pyroxene-epidot skarn. Contact metasomatic rocks are composed of hornblend-hornfels facies at the zones of diorite, granite, and gabbroic compositions of magmatic rocks which intruded in to Keban Metamorphics at the last Upper Cretaceous. The existence of the garnet pyroxene minerals together in the contact zone indicates that it has been reached until pyroxene hornblend facies in the progressive metamorphism conditions.

The field observations indicate that Elazığ Magmatics consist of three phases. The first phase is the basic and intermediate compositions of plutonic and volcanic rocks. The second phase is acidic plutonic and volcanic rocks. The third phase is aplites and lamprophyrs which are derived from residual magma.

The chemical analyses of 12 samples indicate that the magmatics and skarn rocks belong to subalkaline and low-K tholeiite.

**Key words:** Keban Metamorphics, Elazığ Magmatics, skarn, endoskarn, exoskarn, XRD, ore mineralization, intrusion, metasomatism, contact metasomatic rocks, garnet, pyroxene, epidote, tremolite/actinolite, calcite, dolomite, limestone.

## 1.GİRİŞ

### 1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı Elazığ'ın yaklaşık 30 km. kuzeybatısı'nda bulunan Çakmak köyü (Keban) ile daha kuzeydoğudaki Koruk köyü arasındaki alanı kapsamaktadır. Koruk köyü Poyraz nahiyesine bağlıdır.

Çalışma alanı, Elazığ K42-a4 (Koruk), Elazığ K42-d1 (Çötel), Malatya K41-c2 (Çakmak, Şeyhan, Üçağaç, Mağara köy), Malatya K41-b3 [Üngüzek, Pirinçi, Aşvan, Hal (Yeni Çubuk), Hedi (Aydımlar)] paftaları içerisinde yayılım göstermektedir.

Yukarıda adı geçen köylerin bulunduğu çalışma alanına ulaşım, Elazığ-Keban Karayoluna bağlı asfalt ve stabilize yollarla her mevsim sağlanmaktadır.

Bölge yer yer güneyden kuzeye alçalan bir topografya sunmaktadır. İnceleme alanında yer alan yükseltiler başlıca; Kalbur Tepe (1439.7m), Tor Tepe (1408m); Karaçalı Tepe (1321m); Büyükcevizlik Tepe (1316m), Sarıtaş Tepe (1313m); Hıdırbaba Tepe (1230m); Acıbadem Tepe (1214m); Yakupgölü Tepe (1166m) Ziyaret Tepe (1154m); Kozluca Tepe (1164m); Köybaşı Tepe (1082), Koluk Tepe (1080m) olup, bunların haricinde irili ufaklı yükseltiler de mevcuttur.

Elazığ-Keban karayoluna paralel uzanan Keban Deresi ve buna bağlı irili ufaklı dereler bulunmaktadır. Yöredeki belli başlı dereler, Han Dere, Sarını Çayı, Halit derelerdir. Yöre halkının en önemli geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Ancak topoğrafik engebenin fazla olması nedeniyle tarım alanları sınırlıdır.

### 1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma ile Üst Kretase yaşlı Elazığ Mağmatitleri'nin Çakmak köyünün batı ve kuzeybatısından başlayıp, doğu ve kuzeydoğuya doğru olan yayılımı ile Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitleri ile oluşturduğu intrüzif dokanaklardaki kontak zonu, yani skarn kayaçlarının petrografik, petrolojik ve jeokimyasal özelliklerinin ve bu zon boyunca gelişebilecek olası cevherleşmelerin incelenmesi ile birlikte, bu incelemeler sonucunda elde edilecek verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması ile jenetik ve ekonomik durumlarının irdelenmesi amaçlanmıştır.

### 1.3. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı Türkiye'nin tektonik birliklerinden birisi olan (Ketin, 1966) Doğu Toros Orojenik Kuşağı (Torid Kuşağı) üzerinde yer almaktadır. Bu bölgenin özellikle maden yatakları açısından önemli bir yer tutması nedeniyle bölgesel ölçekte bir çok çalışma yapılmıştır.

Bölgede geniş yayılımlar sunan Elazığ Mağmatitleri ile ilgili çalışmalar Keban, Elazığ ve Baskil çevresinde yoğunlaşmakta olup, daha çok optik-mikroskobik yöntemlere dayalı

mineralojik, petrografik gözlemler ve bazılarında sınırlı ölçüde tüm kayaç, ana ve eser element incelemeleri şeklinde yapılmıştır.

Keban yöresinde ilk çalışma Fichbach (1900) ve Maucher (1937) tarafından Keban kurşun madeniyle ilgili olarak yapılmıştır.

Olsner (1938), Keban bölgesindeki istifin altında Keban mermerinin (kristalize kçt) bulunduğunu, yukarı doğru ise şistlere geçtiğini belirtmiştir.

Tolun (1955), Elazığ-Keban-Pertek-Çemişgezek çevresinde yaptığı jeolojik araştırmalar sonucunda bölgenin 1/1.000.000 ölçekli haritasını yapmıştır. Yazar yöredeki birimlerin stratigrafik dizilimini ana hatlarıyla ortaya koyarak bulabildiği fauna yardımıyla birimlere yaş vermiştir. Ayrıca bölgenin tektonik yapısı ve paleocoğrafik evrimini de açıklamıştır. Bölgedeki cevherleşmelerin başlıca plütonik-asidik kayaçlardan, ofiyolitik serilerden (gabro, diyorit, diyabaz, serpantin) ve andezitlerle dasitlerden kaynaklandığını belirtmektedir.

Kipman (1976), Keban Metamorfiteri üzerine yaptığı çalışmada, birimi alttan üste doğru, 1) mermer, 2) düşük metamorfizmalı kristalize kireçtaşları - kalkışit formasyonu, 3) metakonglomera-kalkfillit formasyonu olmak üzere 3'e ayırmıştır. Fosil bulgularına göre metamorfiterin çökme yaşı Permo-Karbonifer'dir. Araştırmacı bölgede ayrıca Laremiyen hareketlerinin sonunda 4 ayrı fazda traki-latit ve trakitlerin oluştuğunu belirtmektedir.

Özgül (1976), Kambriyen-Tersiyer aralığında çökelmiş kayaç birimlerini kapsayan Toros Orojenik Kuşağını bir takım birliklere ayırarak incelemiştir. Araştırmacı, Keban Metamorfiterini Alanya Birliğine dahil etmiş, bu birliğin şelf türü karbonat ve kırıntılı kayaçlardan meydana geldiğini belirtmiştir.

Balçık vd. (1977), Keban çevresinde yaptıkları çalışmada simli kurşun yatağı olarak bilinen Keban maden sahasının kontakt pinomatolitikten epitermale kadar değişen cevher parajenezleri içeren polimetalik bir yatak olduğunu belirtmektedirler.

Perinçek (1979a, 1979b), ilk defa Hakkari ili Yüksekova ilçesi civarında tanımladığı Yüksekova Karmaşığının; kireçtaşı, şeyl, kumtaşı, volkanik kumtaşı, tuf, aglomera, bazalt, diyabaz, gabro, serpantin, granit ve granodiyoritlerden meydana geldiğini belirtmiştir. Araştırmacı lav akıntıları ve yastık lavlar arasındaki mikritik kireçtaşlarının fosil içeriğine göre karmaşığa Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşını vermiştir.

Bingöl (1982, 1984, 1988), Elazığ Mağmatitleri ile ilgili yaptığı detaylı çalışmalarda, bu birimin derinlik kayaçlarının, İç Torid okyanus tabanının kuzeye doğru dalması ile Keban Levhası'nın çarpışmasıyla oluştuğunu ileri sürmektedir. Araştırmacı bu birime ait volkanik kayaçların ise toleyitik serinin varlığı, kalkalkalen serinin özellikle andezit, dasit ve piroklastik kayaçlarla temsil edilmiş olduğu ve riyolitlerin bulunmayışı gibi sebepleri dikkate alarak bir ada yayı ürünü olduğunu belirtmiştir.

Akyol ve diğ., (1986), Aşvan (Elazığ) demir yatağı üzerine yaptıkları çalışmada bölgede 2 tür cevherleşmenin gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bunlardan birincisi, Keban Metamorfizmaları'nin mermerleriyle Elazığ Mağmatitleri'nin diyoritleri arasındaki dokanıklarda gelişen metasomatik cevherleşmeler, ikincisi ise bölgedeki tektonik hatlara yerleşmiş ve ekonomik olmayan hematit ve limonit damarlarıdır. Sözkonusu cevherleşmeler çalışma alanının kuzeyinde yer almaktadır.

Akgül (1987), Keban yöresinde yaptığı çalışmada Permo - Triyas yaşlı olduğunu kabul ettiği Keban Metamorfizmaları'nin yaşlıdan gence doğru; rekristalize kireçtaşı - kalkışit, mermer ve metakonglomera-kalkfillit formasyonundan oluştuğunu ve mermerler üzerinde uyumsuz olarak yer aldığını belirtmiştir. Keban Metamorfizmaları'nin oluşturan birimlerdeki mineral topluluğunun, esas olarak, kalsit + kuvars + serisit + grafit + klorit + albit' ten oluştuğunu belirterek, bu mineral topluluğunun da yeşilşist fasiyesinin düşük derecelerinde geliştiğinden bahsetmiştir. Metamorfizmaya ise, Keban biriminin güneyinde bulunan okyanusun, Geç Kretase'de kuzeye doğru dalmaya başlaması olayının neden olduğu kanısına varmıştır. Ayrıca yazar Keban çevresinde yaptığı çalışmaya ait magmatik kayaların düşük-K'lı toleyitik karakterli ve ada yayı magmatizması ürünleri olduğunu belirtmektedir. Yazarın çalışma alanının batı kesimlerinde kalan Piran köyü civarında incelemelerini gerçekleştiren yaş bulguları bu çalışmada da geçerli olmuştur.

Kürüm (1987), Keban ilçe merkezi civarında yaptığı çalışmada Keban Metamorfizmaları'nin; Permo-Karbonifer yaşlı mermer, Permian yaşlı kalkışit ve Triyas yaşlı kalkfillitlerden oluştuğunu kabul etmekte ve Jura-Geç Kretase'de de metamorfize olduklarından söz etmektedir. Bununla birlikte mermerlerin batıdan doğuya doğru itilerek hem kalkışitlere bindirdiğini, hem de çalışma alanının doğusunda, batıdan doğuya doğru bindirdiğini belirtmektedir.

Yazgan (1987), Elazığ-Malatya-Pütürge ve Keban'ı da içine alacak şekilde Doğu Torosların jeodinamik evrimini kurmaya çalışmıştır. Çalışmasında petrolojik ve yapısal özelliklere göre 6 büyük tektonik ünite tanımlamıştır. Bunlar; (1) Kıvrımlı Arap Platformu (2) Pütürge Bindirme kuşağı (3) Pütürge Metamorfik masifi ve volkano-sedimanter örtüsü (4) İspendere-Kömürhan Ofiyoliti (5) Baskil Magmatik kayaları ve sedimanter örtüsü (6) Keban ve Malatya Napları'dır.

Aksoy (1993), Elazığ'ın yakın çevresinde yaptığı çalışmada, burada yüzeyleyen mermerlerin, Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfizmaları'ne ait olup, bunların allokon konumlu olduklarından bahsetmiştir. Araştırmacı, Keban Metamorfizmaları'nin Geç Kretase sonrasında güneye doğru sürüklenip Elazığ Mağmatitleri üzerine bindirdiğini belirterek bu bindirme örtüsünün daha sonraki tektonik olaylarla aşınıp parçalandığını ve geriye bugünkü yüksek tepeleri oluşturan kliplerin kaldığını ileri sürmüştür. Yazar, bu bindirmeyi oluşturan basınç

gerilmesinin doğrultusunun yaklaşık KB-GD olduğunu belirterek, bu doğrultunun bölgenin tektonik evrimiyle uyumlu olduğunu savunmuştur.

Önal (1995), Elazığ Mağmatitleri ile benzerlik gösteren Polat Granitoidinin, Keban Metamorfite'lerinin eşdeğeri olan Malatya Metamorfite'lerinin (Beyarslan, 1996; Yılmaz vd. 1987; 1993) mermerlerini intrüfiz olarak kesdiğini ve buna bağlı olarak, iki kayaç dokanağında kontak metasomatik kökenli yoğun skarnlaşmaların ve bunlarla ilişkili demir cevherleşmelerinin ortaya çıktığını belirtmiştir. Bunların başlıcaları; Birvan-Aşvan-Meşeli-Elazığ (Akgül ve Şaşmaz, 1996); Pertek-Demürek-Tunceli (Sağiroğlu, 1992) ve Kanatburun (Altunbey ve Çelebi, 1997a; b)'dur.

Önal ve Altunbey (1999), Pertek (Demürek) civarındaki skarnlaşma ve cevherleşmelerin, Malatya Metamorfite'leri ve Polat Granitoidlerinin Malatya civarındaki dokanağı ile Keban Metamorfite'lerinin Elazığ Mağmatitleri arasındaki Aşvan, Birvan-Meşeli (Elazığ) civarındaki dokanak ilişkisine benzerlik gösteren kontak metasomatik oluşuklar olduğunu belirtmiştir. Ayrıca intrüfiz dokanakların bir kısmında skarnlaşmanın gelişip bir kısmında ise steril kalmasının skarn ve cevher oluşturan çözeltilerin oldukça fakir olduğunu ve dolayısıyla bu çözeltilerin belirli kesimlerde yoğunlaştıklarını belirtmişlerdir.

Şaşmaz ve Sağiroğlu (1990), Billurik Dere (Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri konulu çalışmalarında Elazığ Mağmatitleri'ne ait granitik ve granodiyoritik kayaçların kantağında görülen cevherleşmelerin kontakt tipi cevherleşmeler olduğundan ve yörede cevherleşmelerin yanısıra serisitleşme, kaolinleşme, silisleşme, kloritleşme, turmalinleşme ve epidotlaşma gibi yoğun bir alterasyonun varlığından söz etmektedirler. Cevherleşmelerin Üst Kretase-Paleosen yaş aralığında Keban Metamorfite'lerinin Elazığ Mağmatitleri üzerine bindirmesi sırasında geliştiği ve bölgenin tektonik evrimi ile yakından ilişkili olduğu da vurgulanmaktadır.

#### 1.4. Çalışma Yöntemleri

Tez kapsamında yapılan çalışmalar;

- Literatür çalışmaları
- Arazi çalışmaları
- Laboratuar çalışmaları ve
- Sonuçların değerlendirilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Literatür çalışmaları, arazi çalışmalarından önce başlatılmış ve çalışmaların her aşamasında devam etmiştir. Bu çalışmayla inceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisini konu alan ilgili rapor, makale, dergi, kitap gibi çalışmalar derlenmiştir. Ayrıca bölgede metamorfik

kayaçları intrüzif olarak kesen magmatik kayaçların dokanağında cevherleşmeler yerli ve yabancı kitap ve makaleler ile karşılaştırılarak birlikte tartışılmıştır.

Bu çalışmanın temelini jeolojik gözlem ve yorumlara dayanan arazi çalışmaları oluşturmaktadır. Arazide elde edilen veriler, daha sonra laboratuvar sonuçları ve ilgili literatür desteklenerek yorumlanmıştır.

Arazi çalışmaları sırasında Malatya K 41-c2, Malatya K 41-b3, Elazığ K42-a4 ve Elazığ K42-d1 ve ayrıca K-41 ve K-42 paftalarını içine alan önceden hazırlanmış jeolojik haritalar gerektiği yerde revize edilmiş ve bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Arazide magmatik kayaçlar ve ilişkili kontak zonu kayaçlarından ve bunların dokanağında gelişmiş söz konusu cevherleşmelerden petrografik ve jeokimyasal amaçlı örnekler alınmıştır. Alınan örnekler öncelikle makroskobik olarak incelenmiş ve daha sonra mikroskobik ölçekte elde edilen verilerle birlikte değerlendirilerek kayaç türleri belirlenmiştir.

Petrografik amaçlı laboratuvar çalışmalarında araziden derlenen değişik kayaç örneklerinden yaklaşık 90 adetinin ince kesiti yapılmıştır. Daha sonra yapılan bu ince kesitler polarizan mikroskopta incelenerek, mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca 30 adet örneğin parlak kesitleri yapılarak cevher mikroskobunda opak mineral kapsamları tesbit edilmiştir. Yine petrografik olarak incelenen ve skarn kayaçlarını temsil eden 10 adet örneğin mineralojik bileşimleri XRD metoduyla, İnönü Üniversitesi Fizik bölümünde yapılmıştır. Kanada ACME laboratuvarına gönderilen 12 adet örneğin ise tüm kayaç ana, iz ve eser element içerikleri saptanmıştır.

## 2. STRATİGRAFİ

Çalışma bölgesinde yüzeyleyen birimler aşağıda belirtildiği gibi yaşlıdan gence doğru;

- Keban Metamorfikleri (Permo-Triyas)
- Elazığ Mağmatikleri (Üst Kretase)
- Seske Formasyonu (Orta Paleosen–Alt Eosen)
- Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen–Üst Oligosen)
- Karabakır Formasyonu (Alt Pliyosen)
- Alüvyonlar (Kuvaterner)'dir.

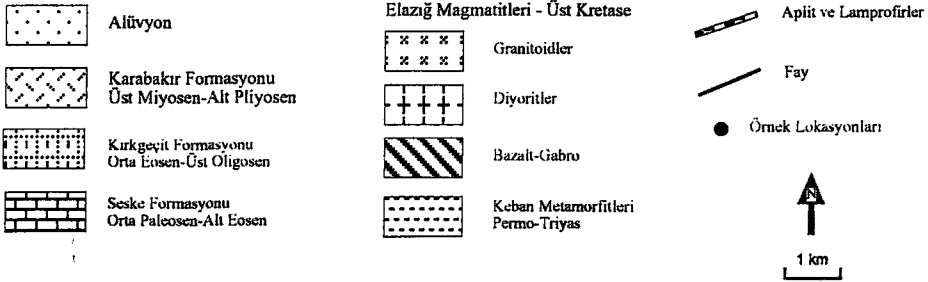
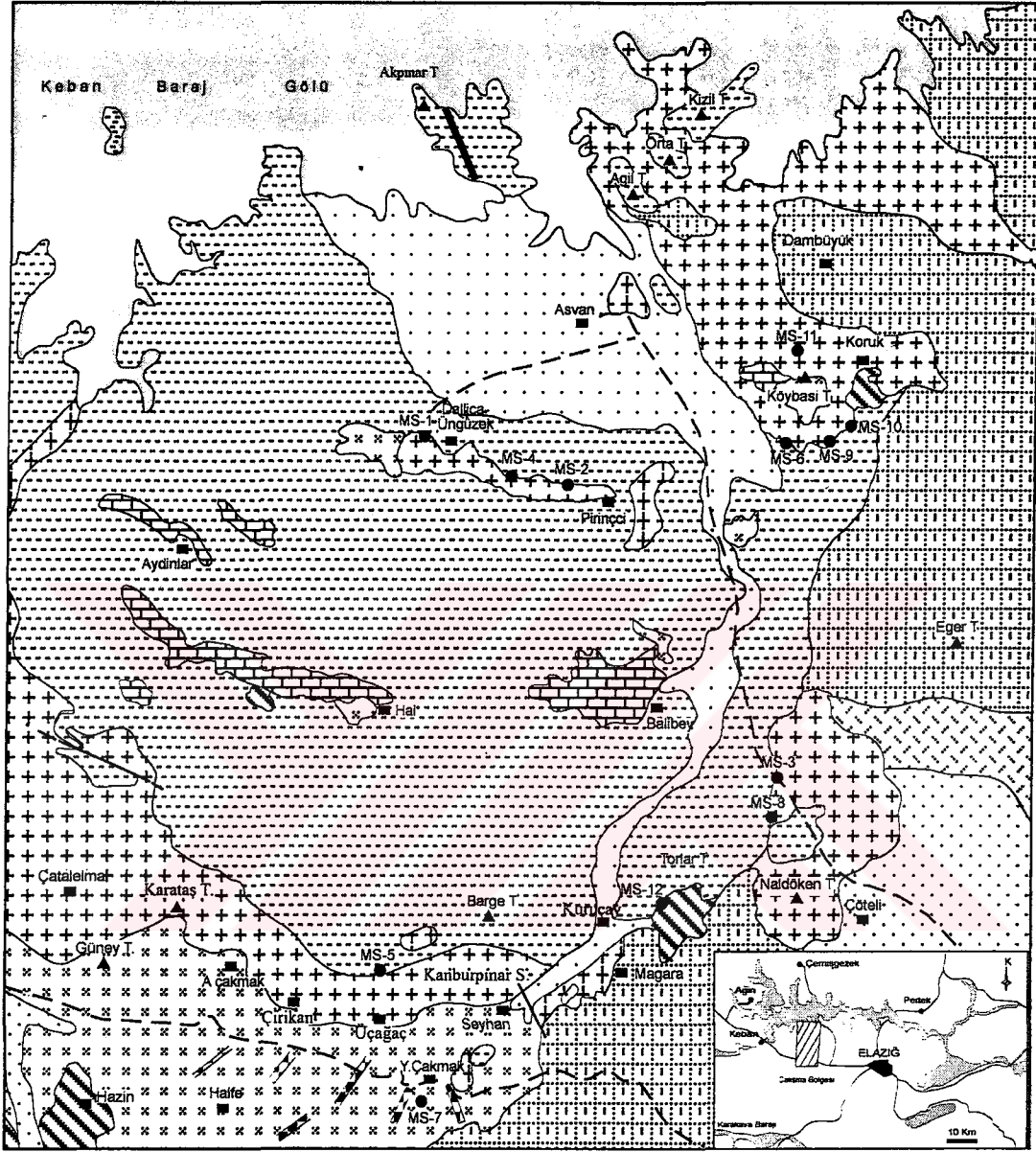
Çalışmanın esas konusu Keban Metamorfikleri ve Elazığ Mağmatikleri arasında gelişen skarnlaşmanın incelenmesi olduğundan, Elazığ Mağmatikleri ve Keban Metamorfikleri ile bu birimlerin dokanağında gelişen skarn kayalarları diğer birimlere göre daha ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

### 2.1. Keban Metamorfikleri (Permo-Triyas)

İnceleme alanında genel olarak mermer, rekristalize kireçtaşı ve kalkışistden oluşan Keban Metamorfikleri, ilk defa Özgül (1976) tarafından adlandırılmış ve Batı Toroslar'da görülen Alanya Birliği'ne dahil edilmiştir. Keban ve çevresinde en iyi yayılımını sunan birim, esas olarak alt şist (rekristalize kireçtaşı-kalkışist), mermer ve üst şist (metakonglomera-kalkfillit) olmak üzere 3 ayrı litolojide yer almaktadır (Kipman, 1981, 1983; Akgül, 1993).

Çalışma alanında geniş bir yayılıma sahip olan mermerler (Şekil 2.1) esas olarak masif görünümündedir. Ancak yer yer belli belirsiz tabakalanma da sunmaktadır. Dış yüzeyleri kirli beyaz, grimsi beyaz görünümüne, yer yer iri kristalli, pürüzlü yüzeyli, kırılma yüzeyleri beyaz, ancak diyoritik kayalarla kontağında kırmızımsı pembemsi-kahvemsi ve yer yer de yeşilimsi renkte gözlenmekte olup, oldukça kırıklı ve çatlaklıdır. Bu kırık ve çatlaklarda ve yer yer Elazığ Mağmatikleri'ne ait kayaların kontağında magma intrüzyonu gözlenmektedir. Mermer ve magmatik kayaların dokanağına yakın kesimlerde görülen iri kalsit kristalleri mermerlerin bu zonda yeniden kristalleştiğini göstermektedir.

İnceleme alanında mermer litolojisindeki birim ile Elazığ Mağmatikleri'ne ait farklı litolojilerdeki kayalar arasındaki intrüzif dokanak ilişkisi en iyi Çakmak, Çöteli, Üngüzek ve Koruk köyleri ve civarlarında gözlemlenmiştir. Bu alanda mermerler içine sokulan diyoritik, gabroik ve granitik magma, dokanaklar boyunca yer yer skarnlaşmaya neden olmuştur (Şekil 2.2).



Sekil 2.1. Çalışma alanının jeolojisi ve yer bulduru haritası.



**Şekil 2.2.** Mağaraköy'ün yaklaşık 5 km güneyindeki yamaçta (Kuruçay) Keban Metamorfizmaları'na ait mermerler ile Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyoritlerin kontakından bir görüntü. Skarnlaşma renk farklılığıyla da ayırılmaktadır. Örnek no: Z-5 . Bakış KD'ya doğru.

Çoğu araştırmacılar tarafından Türkiye'deki bölgesel metamorfizmalara eski temeller gözüyle bakılmıştır. Keban civarındaki metamorfizmalar da bunlardan birini oluşturmaktadır. Gerçekten bu yöredeki metamorfizmalar, doğrudan birbirleriyle ilişkili olmamakla birlikte yakın çevresindeki Malatya, Pütürge ve Bitlis Metamorfizmaları ile beraber bölgenin en yaşlı temelini teşkil etmektedir.

Kipman (1976, 1981), Keban civarında yaptığı çalışmalarda, Keban Metamorfizmalarının bazı düzeylerinde bulunan fosilleri esas alarak, mermerlerin yaşının Permo-Karbonifer, metakonglomera-kalkfillit formasyonunun yaşının da Triyas olduğunu belirtmiştir. Bu metamorfik topluluğun bölgesel metamorfizma yaşının ise Jura-Erken Kretase olabileceğini ileri sürmüştür. Yazar, ayrıca bölgede Triyas'dan Alt Kretase'ye kadar bir çökelmezlik döneminin olduğunu belirterek, karbonat ve pelitik kökenli kayaların düşük P/T koşullarında Jura-Alt Kretase'de metamorfizmaya uğradığını savunurken, Yazgan (1983, 1984), Malatya-Keban platform kireçtaşlarının metamorfizmasını tektonizma ile ilişkili kabul etmiş ve bunu bölgede Senoniyen'de aktif bir kıta kenarında hüküm süren dalma-batma olayı sonucundaki tektonik olaylara bağlayarak kireçtaşlarının tektonizma ile eş yaşlı bir metamorfizma geçirdiğini belirtmiştir. Araştırmacı, Malatya ve Keban Metamorfizmaları'nın yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini kabul etmektedir.

Özgül ve Turşucu (1984) ise, Keban biriminin Permiyen ile Üst Kretase zaman aralığında çökelmiş şelf tipi kırıntılılar ve karbonatlardan oluştuğunu ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirdiklerini kabul etmektedir.

Asutay (1985) ve Akgül (1987, 1993) ise farklı olarak, Keban Metamorfizmaları'nın metamorfizmasına neden olan P ve T koşullarının Keban biriminin güneyinde bulunan okyanus kabağının Üst Kretase'de kuzeye doğru dalması ve bu dalma zonu üzerinde gelişen Elazığ Mağmatikleri'ne ait kayaların oluşumu ile ilişkili olduğunu belirtmektedir.

Çalışma alanında geniş yayılıma sahip olan mermerler ile Elazığ Mağmatikleri'ne ait diyoritik, granitik ve gabroik kayalar intrüfiz dokanaklıdır (Şekil 2.3).

Şeyhan mahallesi kuzeyinde mermer-diyoritik dokanağı yakınında, siyaha yakın koyu renkte, iyi tabakalanmalı, çok iyi şistozite düzlemleri sunan amfibolitler (Şekil 2.4) yer yer dere içlerinde kafalar şeklinde görülmekte olup (Şekil 2.5), bu amfibolitlerin mağmatik kökenli oldukları ve üstteki mermerlerle uyumsuz oldukları düşünülmektedir. Amfibolitlerden alınan örneklerin mikroskopik incelenmesi sonucu, esas olarak hornblend, az miktarda ikincil kalsit, kuvars, plajiyoklaz ve opak minerallerden oluştukları ve nematoblastik dokulu oldukları tesbit edilmiştir.



Şekil 2.3. Keban Metamorfizmaları'na ait mermerler ile Elazığ mağmatikleri'ne ait kayalar arasındaki intrüfiz dokanak. Dokanak yer yer bitki örtüsü ile kaplanmış durumda. Aşağı Çakmak Mah. yaklaşık 1 km doğusu. Bakış K5°B' ya doğru.

Permo-Triyas'ta çökelmiş şelf tipi karbonat ve kırıntılılardan oluşan Keban Metamorfizmaları yeşil şist fasiyesinin düşük derecelerinde metamorfizmaya uğramıştır (Akgül,

1987). Ancak gerek çalışma alanında gerekse çalışma alanının dışında Pertek (Tunceli) civarında amfibolitlerin görülmesi metamorfizma derecesinin yer yer orta dereceye (amfibolit fasiyesi) kadar çıktığına işaret eder.

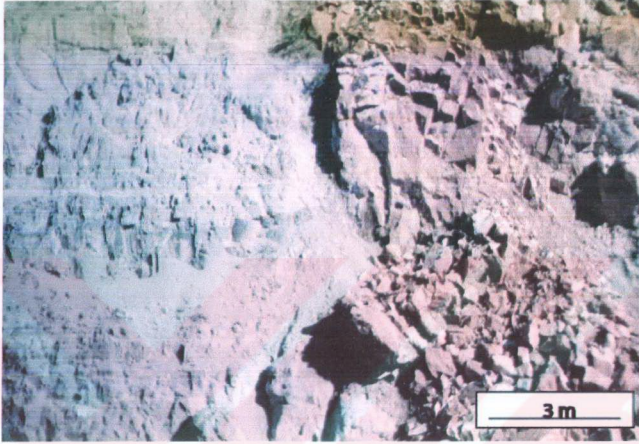


Şekil 2.4. Keban Metamorfitleri ile diyoritlere yakın bir dokanakta rastlanan amfibolitlerden bir görünüş. Şeyhan Mah. yaklaşık bir km KD'su. Örnek no: G-20 ve G-21 . Bakış K'ye doğru.



Şekil 2.5. Amfibolitlerin dere içerisinde çıktığı kafalardan bir görünüş. Şeyhan Mah. yaklaşık bir km KD'su. Bakış GD'ya doğru.

Keban Metamorfitleri'nin Elazığ Mağmatitleri üzerine tektonik olarak geldiği yerde gelişen ve aktif tektonizmaya bağlı olarak oluşmuş küçük ölçekli fayların var olduğu (Şekil 2.6) bu zonda, breşik çakılların etrafında bol miktarda ikincil aragonit oluşumlarına rastlanmıştır.



Şekil 2.6. Koruk civarında mermerlerin içinde gelişmiş geniş breşik zon. Bakış K60°D'ya doğru.

## 2.2. Elazığ Mağmatitleri (Üst Kretase)

İlk defa TPAO jeologları tarafından Hakkari'nin Yüksekova ilçesi yakınında görülüp isimlendirilen birim Doğu Toros kuşağında geniş bir yüzeyleme gösterdiğinden bir çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Perinçek, 1977; 1979; 1980; Tuna, 1979; Yazgan, 1981). Doğu Toroslar'da ve Elazığ civarında geniş yüzeylemeler sunan Üst Kretase yaşlı bu magmatik kayalar, Elazığ ve çevresinde yapılan çalışmalarda, Perinçek (1979), Bingöl (1982, 1988) tarafından Yüksekova Karmaşığı; Yazgan (1981, 1984), Asutay (1985) tarafından Elazığ Volkanik Karmaşığı; Akgül (1991) tarafından Baskil Mağmatitleri ve Turan ve diğ., (1993) tarafından ise birimin düzenli bir magmatik istif göstermesi nedeniyle Elazığ Magmatitleri olarak adlandırılmıştır.

Bingöl ve Beyarslan (1996), birimin tabanda çoğunlukla diyorit, monzodiyorit ve tonalit ile bunların üzerinde yer alan bazaltik yastık lavlar, andezitik lav akıntıları ve piroklastitler ve bunlarla ardalanmalı volkanosedimanlarla tüm bunları kesen granodiyorit ve granitten oluşan derinlik kayaları ve dasit dayk ve domlarından meydana geldiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Elazığ Magmatitlerini oluşturan kayaların Üst Triyas'tan itibaren açılmaya

başlayan Neotetis'in Güney kolunun Üst Kretase'den itibaren kuzeye doğru dalımı ve buna bağlı olarak üstteki levhada meydana gelen supra-subduction zonu ofiyolitleri (Kömürhan ofiyoliti) üzerinde gelişen genellikle kalkalkalen seriye ait ada yayı ürünleri olduğunu belirtmişlerdir.

İnceleme alanının yaklaşık güney sınırını oluşturan Elazığ-Keban karayolunun kuzeyinde geniş bir alanda yayılım sunan Elazığ Mağmatitleri, Yukarı Çakmak, Aşağı Çakmak, Üç Ağaç, Mağaraköy, Yukarı Çötel, Koruk, Üngüzek, Pirinçci, Balıbey, Hal (Yeni Çubuk) Köyleri civarında yüzeylemektedirler (Şekil 2.1).

Elazığ Mağmatitleri çalışma alanında Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir.

Çalışma alanında gerek diyorit, kuvars diyorit, gabro ve bunların yüzey ve yarı derinlik kayaçları gibi nötr ve bazik kayaçlarla; gerekse asit bileşimli alkali granit, granit (Şekil 2.7), granodiyorit, tonalit ve bunların yüzey kayaçları olan dasit, riyoit, latit, kuvars latitler ve mikrogranit gibi yarı derinlik kayaçları inceleme alanında birbiri ile iç içe bulunmaktadır. Söz konusu bu kayaçların biraradalığı seri içi farklılaşmadan kaynaklanmaktadır. Nitekim bazı bantlanmalı gibi görülen diyorit örneklerinde bantlanmanın bir kısmı diyorit, diğer bir kısmı ise kuvars diyorit olarak karşımıza çıkar.

Diyorit ve kuvars diyoritler, Koruk (Şekil 2.8), Üngüzek-Pirinçci (Şekil 2.9) ve Şeyhan Mahallesi Kuzeyi, Mağaraköy ve Yukarı Çötel batısında (Şekil 2.10) yüzeylemektedir.



Şekil 2.7. Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyorit ve granitlerden bir görüntü. Yukarı Çakmak (Habeş Tepe civarı). Bakış GB'ya doğru.

Çötelı köyünde Naldöken Tepe'nin güneyinde ve Yerçöken Tepelerde Elazığ Mağmatitleri'ne ait kayaların büyük çoğunluğunu diyoritler oluşturmaktadır.



Şekil 2.8. Koruk köyünde motopomp yakınındaki ayrılmış oldukça yoğun altereli diyoritlerden bir görünüş. Cevher mineralleri gözlenmektedir. Örnek no: Z-16. Bakış KD'ya doğru.



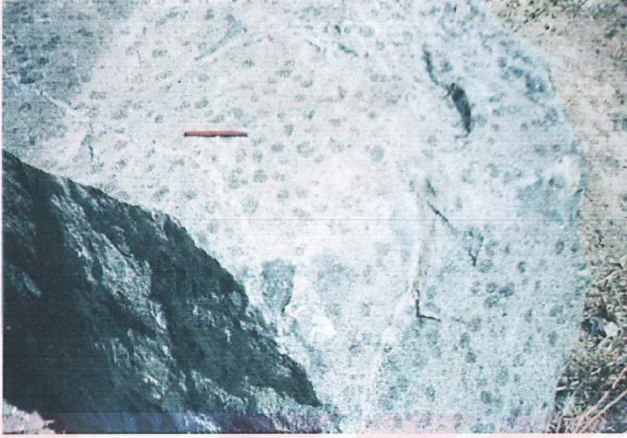
Şekil 2.9. Üngüzek-Pirinçci civarında Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyoritler ile Keban Metamorfitleleri'ne ait mermerlerin kantağından bir görünüş. Örnek no: 1. Bakış GB'ya doğru.



Şekil 2.10. Yukarı Çötel Mah. yaklaşık 1 km batısından çekilmiş oldukça taze yüzeyler sunan diyoritlerden bir görüntü. Örnek no:Z-7 ve Z- 8. Bakış KB'ya doğru.

Gabrolar ise, bu yörede Hal (Yeni Çubuk) köyünün yaklaşık 750 m. batısında ve Naldöken Tepe'nin kuzeyinde, Naldöken gediği'nin güneyinde ve Koruk'ta Köybaşı Tepe'nin yaklaşık 500 m. doğusunda yer almaktadır. Diyoritlerin mermerlerle olan dokanağının en iyi gözleendiği yer, Üngüzek, Pirinçi, Koruk civarında; gabro-mermer dokanağı ise Çötel civarında yüzülemektedir.

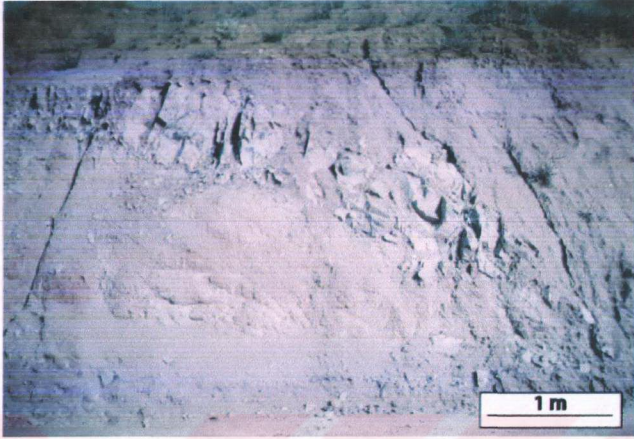
Diyorit ve gabrolar arazide birbirine benzemelerine karşın, gabrolar yeşilimsi renk tonunda (Şekil 2.11), diyoritler ise grimsi renk tonunda gözükmektedir. Altere olmuş kısımlar kolayca kırılıp ufalanırken altere olmayan örnekler oldukça sert ve dayanımlıdır. Makroskobik olarak incelendiğinde mafik mineral olarak siyahımsı yeşil renkli, prizmatik ve levhamsı amfiboller, felsik minerallerden ise beyazımsı, mat görünümlü, prizmatik plajiyoklaslar göze çarpmaktadır. Hemen hemen eş boy taneli olan bu kayaların Keban Metamorfiteri ile oluşturdukları skarn zonunda ince uzun prizmatik ve oldukça büyük piroksen kristallerine, ayrıca granat, epidot, tremolit / aktinolit gibi silikat mineralleri ile manyetit, hematit ve ilmenit gibi cevher mineral oluşumlarına rastlanmaktadır. Diyorit ve gabrolarda subhedral granüller ve poikilitik dokular gözlenmektedir.



Şekil 2.11. Çötelî Köyü kuzeybatısındaki karayolu kenarında bulunan gabronun görünümü.

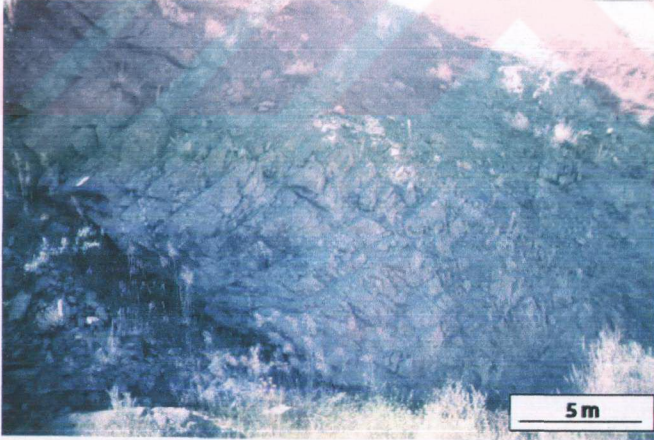
Granitler, daha ziyade Şeyhan Mahallesi, Yukarı Çötelî ve az oranda da Koruk civarında yüzeyleme vermektedir. Granitler, el örneği düzeyinde grimsi kirli beyaz ve soluk pembemsi beyaz renkler sunan orta-kaba taneli granüler dokulu holokristalen kayalardır. Yoğun alterasyon nedeniyle arenalaşmış bir görünüm sunan açık renkli kayaların altere olmamış veya az altere olmuş örnekleri makroskobik olarak incelendiğinde mineral içerikleri kolayca tayin edilebilmektedir. Kuvars mineralleri alterasyona karşı dayanımlı olmaları nedeniyle oldukça taze yüzeyler sunarlar. Tane boyu birkaç mm olup, cam parlaklığında, grimsi beyaz renkte ve öz şekilsiz kristaller halindedir. Çoğunlukla diğer minerallerin arasını dolduracak şekilde kristallenmişlerdir. Plajiyoklaz mineralleri alterasyondan en fazla etkilenen minerallerden olup mat porselen beyazı renktedir. Bunlar hemen hemen eş boy taneli ve prizmatik kristaller halindedir. K.Feldspat mineralleri alkali granitlere doğru bir artış göstermekte ve soluk pembemsi renkleri ile kolayca ayırt edilebilmektedirler.

Şeyhan mahallesi dolaylarındaki mafik bileşeni az ve mikroklin türündeki alkali feldspat içeren örnekler lökogradit olarak değerlendirilmiştir (Şekil 2.12). Zonlu plajiyoklazlar opak mineral ve kuvars kapanımları içermektedir. Yine granitler ve alkali granitler mermerlerle kontak oluşturdukları zaman epidot ve piroksen gelişimi ile bilhassa Yukarı Çakmak, Hal ve Koruk dolaylarında skarn oluşturmuşlardır.



Şekil 2.12. Üç Ağaç Köyü (Aşağı Çakmak) civarındaki lökogradit ve içerisindeki aplit damarının görünümü. Aplitler yaklaşık 50-60 cm genişliğindedir. Bakış K10°B'ya doğru.

Granodiyoritler çalışma sahasında Koruk, Mağaraköy ve Şeyhan mah. (Pehlivan Dere) civarında (Şekil 2.13), Üngüzek güneydoğusunda, Yukarı Çötelî batısında, Yukarı Çakmak'ın yaklaşık 250 m. kuzeyinde vadi içerisinde ve Şeyhan mahallesi yaklaşık 500 m. güneyinde yüzeyleme vermektedir.



Şekil 2.13 Pehlivan Dere'de büyük kafalar halinde bulunan granodiyoritlerden bir görünüş. Bakış KB'ya doğru.

Tonalitler, daha ziyade Elazığ-Keban Karayolu civarında yer alıp, aplit ve lamprofir daykları ile Yukarı Çakmak, Aşağı Çakmak civarında kesilmekte olup açık grimsi, kirli beyaz ve yer yer soluk pembemsi renkler göstermektedir. El örneklerindeki bu farklı renk tonları mafik mineral ve K.Feldspat içeriği dokusal değişimlere ve alterasyona bağlı olarak gelişmiştir. Yoğun alterasyon nedeniyle arenalaşmış bir görünüm sunan tonalitlerin altere olmamış veya az altere olmuş örnekleri makroskobik olarak incelendiğinde mineral içerikleri kolayca ayırt edilebilmektedir.

Elazığ Mağmatitleri'nin en karakteristik özelliklerinden birisi damar kayaçları yönünden zenginliğidir. Diyorit ve özellikle tonalitlerde sıkça görülen aplit ve lamprofirlerle çalışma alanında en fazla Yukarı Çakmak (Şekil 2.14), Şeyhan mahallesi ve Koruk (Şekil 2.15) dolaylarında rastlanmaktadır. Bu damar kayaçları bazik ve asidik bileşimlerde ve farklı şekil ve dokularda arazide yüzeylenmektedir. Şeyhan mahallesi güneyindeki Göldere ve Pehlivan Dere'nin kuzeydoğusunda yer alan diyoritler daha ziyade lamprofirler tarafından kesilmektedir.

Aplit ve Lamprofirler bu alanda genellikle KD-GB ve KB-GD doğrultulu kırık sistemlerine yerleşmişlerdir. Aplitler açık renkli olmaları nedeniyle diyoritler içerisinde çok belirgin bir şekilde izlenirken tonalitler içerisinde ancak K.Feldspat içeriğinin fazla olması nedeniyle oluşan pembemsi renk ve tonalitlere göre çok daha ince taneli olmaları ile ayırt edilebilmektedirler. Lamprofirler ise aplitlerin aksine tonalitlerde tanınmaları daha kolay olurken, diyoritler içerisinde tanınmaları daha zordur.

Aplit ve lamprofirler Elazığ-Keban Karayolu'nun kuzeyinde ve güneyinde geniş yayılım sunmakta ve çoğunlukla tonalitleri keser durumda yüzeylenmektedir. Çalışma alanında aplitler 1 cm den 50 cm ye kadar değişen kalınlığa ulaşırken, lamprofirlerin kalınlığı 2 m ye kadar ulaşabilmektedir.

Dasit ve riyolitler, çalışma alanında Şeyhan mahallesi güneyindeki Göldere'nin kuzeybatısında, Elazığ-Keban karayolu kuzeyinde, Kalburtepe'nin yaklaşık 1 km güneydoğusunda ve Mercan pınarının yaklaşık 300 m kuzeyinde, ayrıca Kuruçay Mahallesi güneydoğusunda yüzeylemeler vermektedir. El örneği düzeyinde porfirik doku gösteren dasitler esas olarak plajiyoklaz ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Grimsi renk tonunun hakim olduğu bazı dasit örneklerinde camsı malzeme miktarı fazladır. Magmatizmanın en son evresini temsil eden aplitik kayaçlardan mineralojik bileşimleri ve kimyasal özellikleri ile ayrılan dasitlerin olasılıkla tonalit bileşimli magmanın yüzeye çıkarak katılaşması sonucu oluşabileceği düşünülmektedir (Akgül, 1993).



Şekil 2.14. Tonalitler içerisinde KD-GB doğrultulu kırık sistemlerine yerleşmiş lamprofirlerden bir görünüş. Elazığ-Keban Karayolu Yukarı Çakmak Mah. Örnek no: Y-3. Bakış GD'ya doğru.

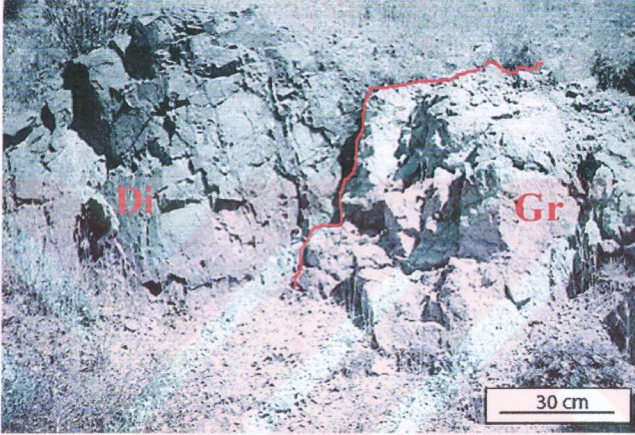


Şekil 2.15. Dioritler içerisindeki lamprofirlerden (spessartit) bir görünüş. Köybaşı Tepe 500 m batısı (Koruk). Lamprofir damarının kalınlığı 35-40 cm. Örnek no:Z-13. Bakış KD'ya doğru.

Bazaltlar, inceleme alanında Koruk doğusunda ve Çötelî kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde yüzülemektedir. El örneği düzeyinde tanınmayacak kadar küçük kristallere sahip bu kayalar siyaha yakın koyu yeşilimsi ve kahverengimsi renkler sunmaktadır. Tektonizma ve

alterasyonun etkisiyle ufalanmış, küçük parçalara bölünmüş bir şekilde ve yer yer kırık çatlaklı olarak gözlenen bazaltlar çoğunlukla gaz boşluklu bir yapı sunmaktadır. Gaz boşlukları epidot, zeolit, kalsit ve kuvars gibi ikincil minerallerle doldurulmuştur.

Asidik bileşimli kayalar ile nötr bileşimli diyoritik kayalar arasındaki dokanak Elazığ-Keban Karayolunun kuzeyinde görülür. Dokanak boyunca kayaların gerek dokusal özelliklerinde gerekse mineralojik özelliklerinde herhangi bir değişiklik görülmemekle birlikte diyoritler içerisinde granitik bileşimli kayaların sokulum yaptığı açıkça görülür (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Granit (Gr)-diyorit (Di) dokanağı. Mağaraköy yaklaşık 2 km güneydoğusu. Bakış KB'ya doğru.

Bu çalışmadaki arazi gözlemleri granit, granodiyorit ve tonalitlerin, diyoritleri keserek onlardan daha genç oldukları, tonalit ve diyoritlerin ise yer yer apolit ve lamprofir damarları tarafından kesildikleri ve onlardan daha yaşlı oldukları şeklinde bir göreceli yaş tayini yapmaya olanak sağlamıştır.

Elazığ Mağmatitleri'ne ait mağmatik kayalarda K/Ar metodu ile mutlak yaş tayini yapan Yazgan (1983, 1984) derinlik kayalarının yaşlarını; 82-86 my (Koniasiyen-Santoniyen), yarı derinlik ve yüzey kayalarının yaşını ise; 74-80 my (Kampaniyen) olarak belirlemiştir.

Periçek (1979b) ve Sungurlu vd. (1985), karmaşığa ait volkanitlerle ara katkılı kırmızı renkli kireçtaşlarında;

- Globotruncana Situarti,
- Globotruncana lapparenti,
- Globotruncana arca,
- Heterohelix sp.

fosillerini saptayarak birime Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşını vermişlerdir.

Tuna (1979) ise, Elazığ Mağmatitleri'nin Üst Maestrihtiyen sedimentleri ile örtüldüğüne dikkat çekerek birimin Koniasiyen-Maestrihtiyen yaşlı olabileceğini belirtmektedir.

### 2.3. Seske Formasyonu (Orta Paleosen-Alt Eosen)

İnceleme alanında kumlu kireçtaşı ve kireçtaşlarıyla temsil olunan birim ilk defa Erdoğan (1975) tarafından Adıyaman'ın Gölbaşı İlçesi Seske Köyü civarında tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Son yıllarda Elazığ ve Malatya yörelerinde yapılan çalışmalarda (Perinçek, 1979a, 1979b; Naz, 1979; Tuna, 1979, Akgül, 1993) benzer birim için aynı ad kullanılmıştır.

Birim çalışma alanının kuzeyinde Balıbey, Hal (Yeni Çubuk) ve Hedi (Aydınlar) köyleri ve civarında geniş yüzeylemeler sunmaktadır (Şekil 2.1).

Hemen hemen yatay duruşlu olan birim, çalışma alanının kuzey kesimlerinde yer alan Balıbey'in kuzeyindeki granitik kayalar, Hedi civarındaki volkanik kayalar, Hal Köyü güneydoğusunda tonalit ve güneybatısında ise gabrolar gibi Elazığ Mağmatitlerine ait magmatik kayalar açılı uyumsuzlukla örtmektedir.

Birimin çalışma alanındaki yüzeylemelerine Asutay (1985) tarafından Üst Maestrihtiyen - Tanesiyen yaşı verilmiştir.

Asutay (1985) ve Özkul (1988) birime ait kireçtaşlarının başlıca alg ve bentonitik foraminiferlerden oluşan resifal karbonat yığılmasını şeklinde olduğunu belirtmişler ve birimin tabanında görülen konglomeraları bu formasyondan ayrı düşünerek söz konusu konglomeratik birimi Kuşçular Formasyonu adıyla incelemişlerdir.

Tabanda düzensiz tabakalı, kaba taneli kumlu kireçtaşları ile başlayan birim, üst seviyelere doğru bol fosilli ve düzgün tabakalanmalar gösterir. Kumlu kireçtaşları sarımsı-kirli beyaz, kireçtaşları ise grimsi beyaz renklere olup; karstik, oldukça kırıklı ve çatlaklı bir yapı sunmaktadır. Kırık ve çatlaklar kumlu kireçtaşlarında daha yoğun ve düzensizdir (Akgül, 1993).

Formasyonu ilk defa tanımlayan Erdoğan (1975), birime Üst Paleosen-Alt Eosen yaşını vermiştir. Ancak, son yıllarda Elazığ civarında yapılan çalışmalarda (Turan, 1984; Asutay, 1985) kireçtaşlarının fosil içeriğine göre birimin yaşı Orta Paleosen'e indirilmiştir. Turan (1984) ve Asutay (1985)'in birime yaş vermede saptamış oldukları fosil topluluğu aşağıdaki gibidir:

Alveolina (Glomalveolina) primaeva	REICHEL
Alveolina (Glomalveolina) sp.	
Miscellanea miscella	(d'ARCHIAC)
Kathina cf. Suphspherica	(SİREL)
Kathina cf. Silveri	SMOUT
Broeckinella arabica	HENSON
Ranikothalia sp.,	

Lacazina sp.  
Pseudolacazina sp  
Gypsina sp.  
İdalina sp.  
Rotalidae  
Fabularia sp.  
Miliolidae  
Assilina sp.  
Algae

Turan (1984), Baskil – Aydınlar yöresinde yaptığı çalışmada Seske Formasyonu'nun tabanda konglomera, tavanında ise kireçtaşları olmak üzere iki ayrı litoloji ile temsil edildiğini belirterek, konglomeraları Seske Formasyonu'nun taban konglomerası olarak kabul etmiştir. Düzensiz boylanmalı konglomeraların yüksek enerjili sığ ortamların karakteristikleri olduğunu ve ortamın daha sonra sakinleşerek yerini kumlu kireçtaşlarının çökeldiği ortama bıraktığını ileri süren araştırmacı, kireçtaşlarının ise, fazla derin olmayan resif gerisi lagün ortamında çökeldiğini belirtmektedir.

#### 2.4. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Üst Oligosen)

İlk defa Perinçek (1979a) tarafından, Van iline bağlı Kırkgeçit Köyü civarında tanımlanmıştır. Bu adlama Elazığ-Malatya çevresinde yapılan çalışmalarda da (Perinçek, 1979b; Naz, 1979; Tuna, 1979; Özkul, 1982, 1986, 1988; Avşar, 1983; Turan, 1984, Asutay, 1985) aynen kullanılmıştır.

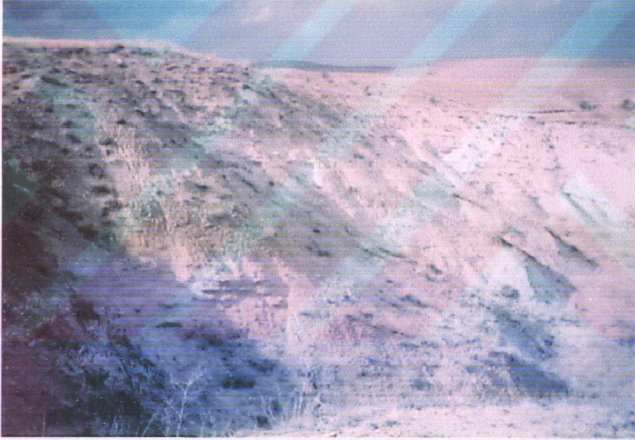
Çalışma alanında Çötelî ve Mağaraköy güneyinde, Alpagut'un doğusunda ve Gişuşağı batısında, Koruk ve Dambüyük doğu ve güneydoğu kesimlerinde geniş yüzeylemeler sunan birim (Şekil 2.1), araştırma konusunu doğrudan ilgilendirmede için ayrıntılı incelenmemiştir. Elazığ Mağmatitleri üzerine Koruk doğusu ve Çötelî'nin yaklaşık 1 km kuzeydoğusunda açılı uyumsuzlukla gelen birimin yaşı, Orta Eosen-Üst Oligosen'dir (Özkul, 1988).

Özkul (1988), Kırkgeçit Formasyonu'nun derin deniz yelpaze çökelleri ve bunlarla yanal ve düşey geçişli yamaç ve havza düzlüğü çökelleriyle karakterize edilen derin deniz tortularından oluştuğunu ve bu birimin Maden Havzası ensialik yayının oldukça kuzeyinde, Elazığ Mağmatitleri ve Keban Metamorfiteği üzerinde tabanı blok faylanmalı olarak gelişmiş yay gerisi bir havzada çökeldiğini belirtmiştir. Araştırmacı Kırkgeçit Formasyonu üzerine yaptığı detaylı sedimantolojik incelemede, bu çökellerin şelf ortamından derin deniz ortamı çökellerine kadar değişen tipte çökeller olduğunu vurgulamıştır.

Birim tabanda konglomeralar ile başlayıp, üst seviyelere doğru masif kumtaşı, kumtaşı-çamurtaşı ardalanması, çamurtaşı ve kireçtaşlarına geçer. Kumtaşları, kumlu kireçtaşları

inceleme alanında Kırkgeçit Formasyonu içerisinde en baskın ve en geniş yayılımına sahip olan litoloji birimidir (Şekil 2.17). Kireçtaşları çalışma alanında özellikle Dambüyük dolaylarında önemli yüzeylemeler sunmakta ve Kırkgeçit Formasyonu'nun en üst seviyelerini teşkil etmektedir. Çalışma alanında yer yer aşınmış ince seviyeler halinde izlenen kireçtaşlarının kalınlıkları bazı kesimlerde yaklaşık 15-20 m. ye kadar çıkmaktadır. Konglomeralar, çoğunlukla masif özellikte olup çakılları Keban Metamorfittleri'ne ait mermerlerden ve Elazığ Mağmatitleri'ne ait magmatik kayalardan kaynaklanmıştır. Konglomeraları oluşturan çakıllar iyi yuvarlaklaşmış, iyi boylanmışlardır. Yer yer tane yer yer de matriks destekli olan bu konglomeraların matriksini kum ve ince çakıl boyutundaki malzemeler oluşturmaktadır.

Formasyona ait tabakaların kalınlıkları yaklaşık 20 cm ile 1 m arasında değişmektedir. Bu ardalanmalı seviyelerde bazen kumtaşı bazen de çamurtaşlarının daha baskın olduğu gözlenir.



Şekil 2.17. Kırkgeçit Formasyonu'na ait kumtaşı ve kumlu kireçtaşlarından bir görünüşü. Balıbeyin yaklaşık 2 km GB'sı (Hıdırbaba yolu sağ yamacı). Örnek no: M-21. Bakış K10°B.

## 2.5. Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen - Alt Pliyosen)

Karabakır Formasyonu, ilk defa Naz (1979) tarafından Pertek batısında Karabakır köyü civarında tanımlanmış olup, formasyonun Çaybağı (Elazığ) civarındaki yüzeylemelerine Türkmen (1988), Çaybağı Formasyonu adını vermiştir.

Karabakır Formasyonu, inceleme alanının doğu kesimlerinde Suçikan Düzü doğusundan ve Naldöken Gedigi'nin kuzeyinden başlayıp çalışma alanının dışında Elazığ-Pertek karayolu batı ve kuzeyinde geniş yüzeylemeler sunmaktadır. Kendisinden daha yaşlı

birimleri açılı uyumsuzlukla örten Karabakır Formasyonu Üst Miyosen'de bölgenin tümüne yayılmıştır. Bölgede Üst Miyosen'den sonra başlayan aşınma hareketleri ile Elazığ Mağmatitleri ve Keban metamorfiteği tekrar açığa çıkmış ve bu birimler üzerinde sözü edilen alanlarda Karabakır Formasyonu'na ait kalıntılar bugün de mevcuttur (Altunbey, 1996).

Karabakır Formasyonu kendisinden daha yaşlı Elazığ Mağmatitleri ve Keban Metamorfiteği üzerine açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Çalışma alanında tamamen volkanizma ürünleri ile temsil edilen birim, tabanda çoğunlukla aglomera ve nadiren de lav akıntıları ile başlayıp, üste doğru lav akıntıları (andezit, bazaltik andezit ve/veya bazalt)-aglomera-tüf aralanmaları ile devam etmekte ve üstte lav akıntıları ile son bulmaktadır (Altunbey, 1996). Sahadaki lav akıntıları-piroklastit aralanmaları, volkanizmanın birkaç evrede geliştiğini göstermektedir.

Turan ve Bingöl (1991), Karabakır Formasyonu'nun tümüyle karasal (göl ve nehir) ortam çökelleri ve karasal volkanizma ürünleriyle temsil edildiğini, formasyonun değişik seviyelerinde hem tortul hem de volkanik ve volkano-tortul malzemelerin bulunduğunu ve bu malzemelerin birbirleriyle yanar ve düşey yönde girift olduklarını belirtmektedirler. Aynı araştırmacılara göre, volkanik malzemelerin etkin olduğu sahalarda tabanda koyu renkli lav akıntısı ve aglomeralarla başlayan birim, aglomera, lapilliston, tüf, tüfit ve volkanik kumtaşlarıyla devam ederek bazalt akıntıları ile son bulmaktadır. Göl ve nehir tortularının egemen oldukları sahalarda ise, çakıtaşı, kumtaşı-çamurtaşı tabakaları ve yer yer organik malzemeli seviyeler (linyit) katılır.

Ercan ve Asutay (1993), Neojen – Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yaptıkları jeokimyasal çalışmalara dayanarak, bunların çoğunlukla alkalin çok azının da subalkalin özellikte olduğunu belirtmektedirler. Bu kayaların genellikle simatik kökenli olduklarını, ancak sialik bulaşmadan da etkilendiklerini vurgulamaktadırlar. Araştırmacılar, Malatya-Elazığ-Tunceli ve Bingöl volkanitlerinin gelişmesini Arap plakası ile Anadolu plakalarının çarpışması sonucu oluşan kıta kabuğu kalınlaşması ve buna karşılık litosfer incelmesinin yarattığı genleşme kuvvetlerinin etkisiyle oluşan tansiyon çatlaklarına bağlamaktadırlar. Bu olaylar sonucu gerçekleşen basınç serbestleşmesi sığ mantodaki bölümsel ergimelerin kıta kabuğu içinde yükselmesine ve eriyen kıtasal kabuk malzemesiyle karışarak kirlenmesine neden olmuştur.

Kürüm (1994), volkanik kayaların esas olarak kalkalkalen özellikte, az olarak da toleyitik özellik göstermektedir. Araştırmacıya göre, Karabakır Formasyonu'na ait volkanitlerin genellikle kalkalkalen özellikte olması, bunların sıkışma rejimi altında geliştiğine işaret etmektedir.

## 2.6. Alüvyonlar (Kuvaterner)

Çalışma alanının en genç birimini oluşturup; yamaç molozu, taraça ve kum birikintileri şeklinde yüzeylemektedir. Taraçaları oluşturan silt, kum ve çakıl boyutundaki malzemeler, civarında bulunan kaynak kayanın litolojisine göre değişmektedir. Çalışma alanında büyük çoğunluğu Keban Metamorfitleri'nden kaynaklanan silt ve çakıl boyutundaki malzemeden oluşmuştur. Keban Baraj gölü kıyısından başlayıp kuzeydeki Aşvan dolaylarında geniş bir alanda yer alan ve daha sonra arı ara hafif kavisler yaparak yaklaşık kuzey-güney doğrultulu bir hat boyunca Şeyhan Mahallesi'ne kadar gelip sonlanmakta ve daha sonra Çötelî kuzeydoğusu ve güneyinde tekrar ortaya çıkıp, Alpagut, Pelteköy, Poyraz ve Cıpköy civarında geniş yüzeylemeler sunmaktadır. Birim kendisinden daha yaşlı birimleri üzerlemektedir (Şekil 2.1).

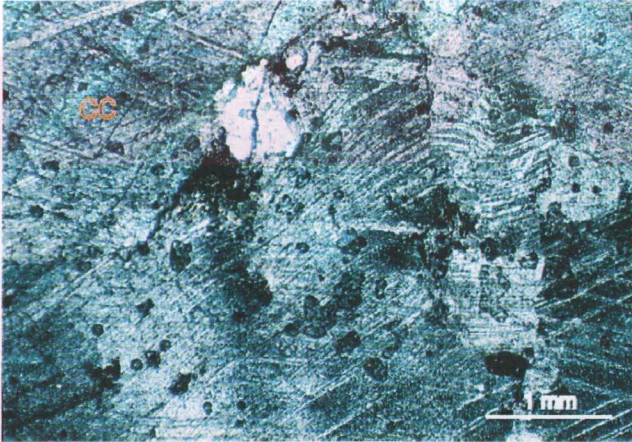
### 3. MİNERALOJİK-PETROGRAFİK İNCELEME

Bu çalışmanın temel araştırma konusu skarn kayaçları olduğundan ve skarn kayaçlarının oluşumu da Keban Metamorfitleri ve Elazığ Mağmatitlerinin kontağında gerçekleştiğinden, sadece bu kayaçlar mineralojik-petrografik olarak incelenecektir.

#### 3.1. Keban Metamorfitleri

Mermerler esas olarak kalsit, dolomit ve bazen önemli miktarlara ulaşan kuvars minerallerinden meydana gelmiştir. İntrüzif kayaçların dokanağına yakın kesimlerde bu minerallere ek olarak granat, piroksen, amfibol, tremolit-aktinolit, epidot ve manyetit bulunmaktadır.

Eş boy taneli, özşekilsiz kalsit kristalleri mozaik doku oluşturmakta ve basınç etkisiyle meydana gelen dalgalı sönme hemen tüm kuvars tanelerinde mevcuttur. Kalsit kristallerinde polisentetik ikizlere de rastlanmaktadır. Bu polisentetik ikizlerin kink bantlar oluşturduğu da görülmektedir (Şekil 3.1). Bard (1980)'a göre kalsitlerde görülen bu mekanik ikizler ve kink bantlar 200°C'deki sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıklarda plastik deformasyon sonucu oluşmaktadır. Kink bantlar deformasyonun özel bir tipi olarak görülebilir. Kinkleşme yüzeyler boyunca oluşan kaymaya bağlıdır.



Şekil 3.1. Keban Metamorfitleri'ne ait mermerlerdeki kalsit kristallerinin ikizlenmeleri boyunca gelişmiş kinkbantlar (Ç.N, 10×3,2).

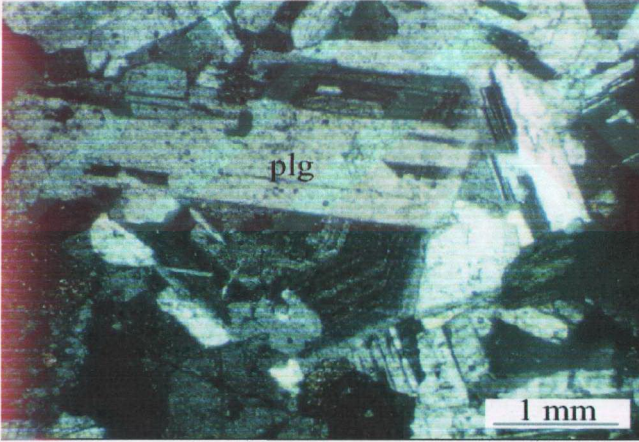
### 3.2. Elazığ Mağmatitleri

Diyorit, gabro, kuvars diyorit, alkali granit, granit, granodiyorit, tonalit ve bunların yarı derinlik ve yüzey kayaçlarından oluşan Elazığ Mağmatitleri, inceleme alanında Elazığ-Keban Karayolunun kuzey kesimlerinde, Çötel, Koruk, Üngüzek, Pirinççi, Mağaraköy, Üç Ağaç, Aşağı Çakmak köyleri civarında geniş yüzeylemeler sunmaktadır (Şekil 2.1).

#### 3.2.1 Derinlik Kayaçları

Diyoritler esas olarak, plajiyoklaz, yeşil hornblend ve biyotitten, tali olarak da, epidot, sfen, spinel ve opak minerallerden oluşmaktadır. Klorit, kalsit gibi mineraller de ikincil olarak bulunmaktadır. Genellikle prizmatik, öz şekilli ve yarı öz şekilli prizmatik kristaller halinde izlenen plajiyoklazlarda albit, albit + karlspat ikizlenmeleri görülmektedir. Diyoritlerde sıkça gözlenen bir mineral olan kalsit, plajiyoklazların alterasyonu sonucu açığa çıkan karbonatlaşmanın yanında, genellikle diğer minerallerin arasını dolduracak şekilde, şekilsiz ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunurlar.

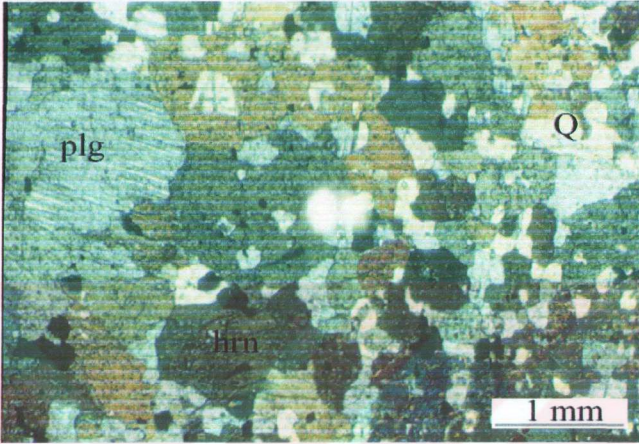
Diyoritlerdeki plajiyoklazların karakteristik özelliklerinden olan zonlanma (Şekil 3.2); normal ve ters zonlanma şeklinde olup, kuvars diyoritlerde de yaygın olarak izlenmektedir. Poikilitik (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4) ve grantüler dokular yaygın olarak görülmektedir



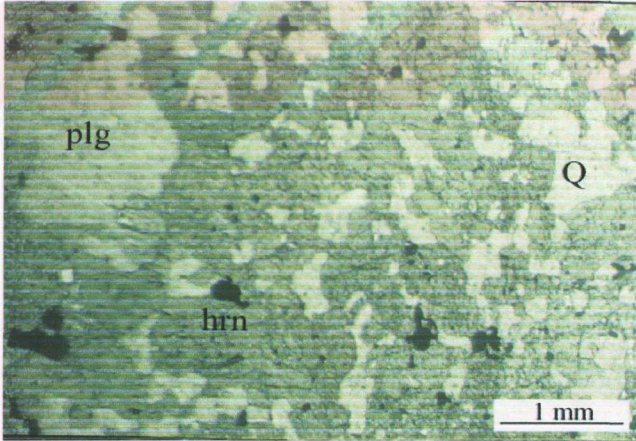
Şekil 3.2. Diyorit örneğindeki zonlu plajiyoklazların (plg) mikroskoptaki görüntüsü. Örnek no: K-3A. (Ç.N, 10x3,2).

Gabrolar; çoğunlukla heterogranüler ve ofitik dokulu olup; piroksen ve plajiyoklazlar esas minerallerini; manyetit, ince taneli kalkopirit, limonit ve pirotin gibi cevher mineralleri ile bunlarla beraber bulunan spinel mineralleri ise tali bileşenlerini oluşturmaktadır. Piroksenler, farklı tane boylarında ve yarı öz şekilli kristaller halinde olup, plajiyoklaz ve opak mineral

kapanımları içermektedir. Piroksenler yer yer uralitleşmeyle amfibollere dönüşmüşlerdir. Yapılan XRD analizleri sonucu piroksenlerin, diyopsit, hedenberjit, enstatit ve pijonit türünde oldukları saptanmıştır.

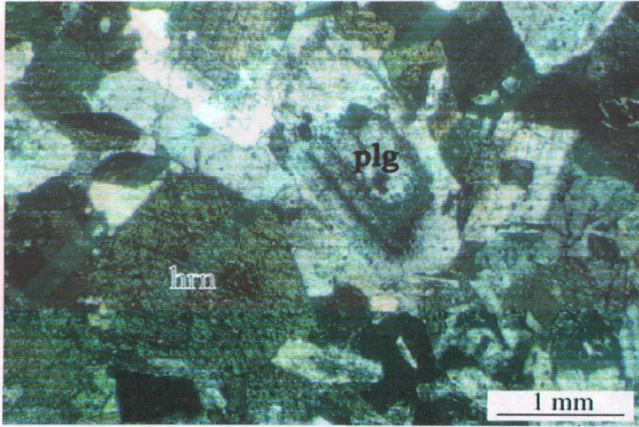


Şekil 3.3. Diyoritlerdeki poikilitik dokuyu gösteren bir mikrofotograf. Hornblendler (hrn) içerisinde plajiyoklaz (plg) ve kuvars (Q) kapantıları. Örnek no: B. (Ç.N, 10×3,2).

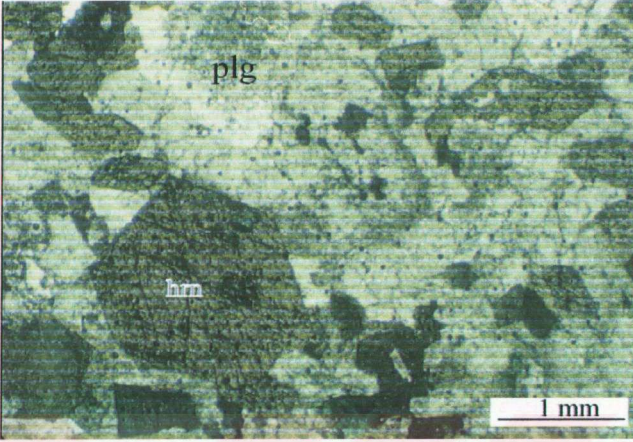


Şekil 3.4. Şekil 3.3' ün tek nikoldeki görüntümü. (T.N, 10×3,2).

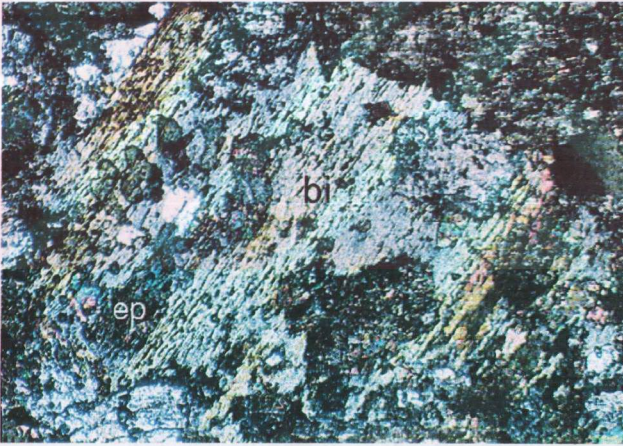
Granitlerin esas bileşenlerinden olan alkali feldspatlar, genellikle mikroklin türündedir ve killeşme türü alterasyon göstermektedir. Pertitleşme ve antipertitleşme yaygındır. Granitler içerisinde mafik bileşenler olarak siyahımsı yeşil renkte, levhamsı (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ), öz ve yarı özşekilli hornblend ve siyahımsı kahverengi prizmatik biyotit mineralleri görülmektedir. Biyotitlerde kloritleşme ve yer yer de özellikle mermerlerin kontağına yakın kesimlerde epidotlaşma türü alterasyon yaygındır (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Biyotitlerde demirce zenginleşmenin belirtisi olarak pleokroizma renginde kırmızılaşma sözkonusudur. Hornblendler de, kloritleşme türü alterasyon göstermektedir. Koruk civarındaki örneklerdeki biyotit ve amfiboller psödomorf halde bulunmaktadır. Şeyhan Mahallesi dolayındaki örneklerin cevher mineral içeriği daha doğuda Yukarı Çöteli civarındaki granit örneklerine (Z-1) nazaran daha azdır. Burada az oranda bulunan opak mineraller çoğunlukla spinel grubu minerallerle birlikte bulunur. Yine Şeyhan mahallesi dolaylarında küçük kristalli ve yığışmlar halinde epidot, ikincil kalsit, kuvars, sfen ve opak mineraller yer almaktadır.



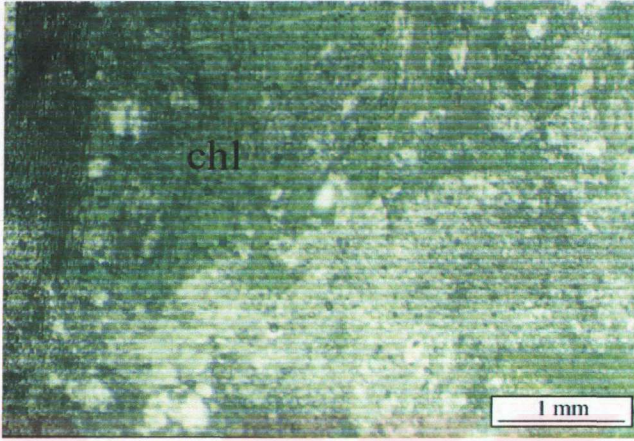
Şekil 3.5. Öz şekilli hornblend kristalleri. Örnek no:Y-13. (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.6. Şekil 3.5' nin tek nikoldeki görüntüsü (T.N, 10x3,2).



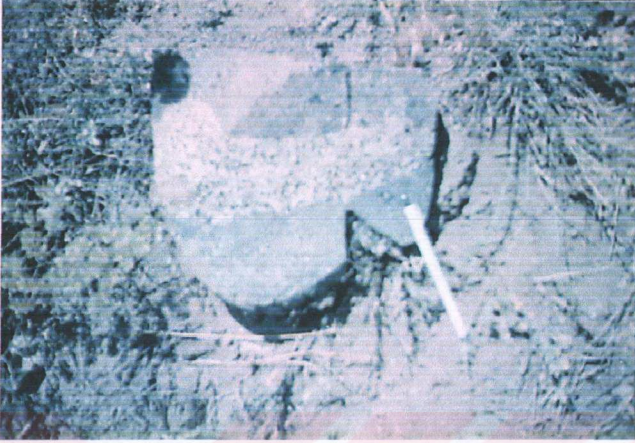
Şekil 3.7. Klorit ve epidotlara dönüşüm gösteren biyotit kristali. Örnek no: K4-3. (Ç.N, 10x3,2).



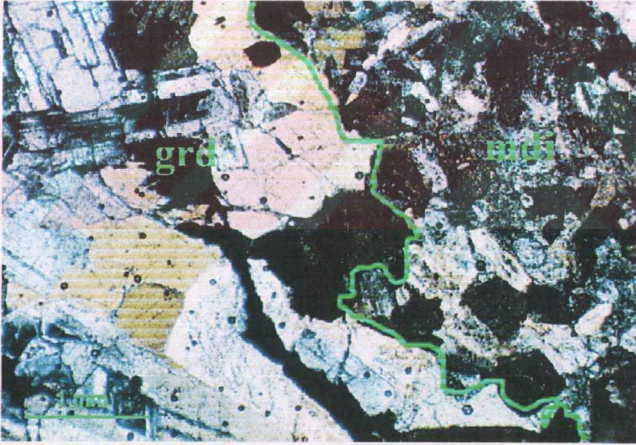
Şekil 3.8. Tamamen klorite dönmüş psödomorf biyotitler. Örnek no: K4-3. (T.N, 10x3,2).

Granodiyoritler genellikle subhedral granüler doku göstermekte ve esas olarak plajiyoklaz, kuvars, yeşil hornblend, opak mineral, biyotitden oluşmaktadır. Yeşil hornblendler genellikle kloritleşmiş ve yer yer de opasitleşmiş durumdadır. Opak mineraller öz şekilli, az oranda ve genellikle amfibol kristalleriyle beraber bulunmaktadır. Yine tali bileşenler olarak sfenlere rastlanmaktadır. Plajiyoklazlar 15 ila 24° lik sönme açısı vermekte olup ve çoğunlukla oligoklaz ve andezin bileşimindedir. Plajiyoklazlar öz ve yarı öz şekilli olup, albit ve karlspat ikizi gösterirler. Özellikle iri kristallerde zonlanma belirgindir. Plajiyoklazlarda yer yer elek dokusu görülmektedir. Alkali feldspatlar az oranda olup genellikle mikroklin bileşimindedir ve killeşme türü alterasyon yaygındır. Kuvars mineralleri öz şekilsiz ve minerallerin arasındaki boşlukları doldurur vaziyettedir. Biyotit minerallerinde kloritleşmeler ve demirce zenginleşmenin bir göstergesi olarak pleokroizma rengi kahveden kırmızı kahveye geçiş gösterir.

Çalışma alanında granodiyorit, tonalit gibi felsik kayaların yer yer anklav içerdikleri gözlenmiştir. Mağaraköy güneydoğusundan alınan granodiyoritler içerisindeki anklav örneği (Şekil 3.9), mikrogranüler dokulu olup, plajiyoklaz, hornblend ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.9. Mağaraköy güneydoğusundan alınmış bir diyorit anklavı örneği.



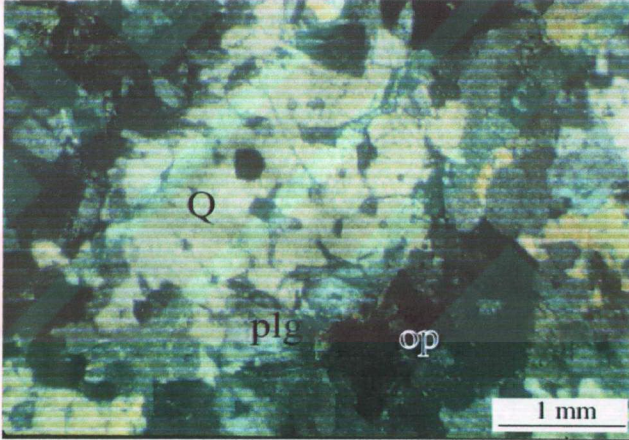
Şekil 3.10. Mağaraköy civarından alınan granodiyorit (grd) içerisindeki anklavın (mdi) mikroskopik görünümü. Örnek no: G-3. (Ç.N, 10x3,2).

Granitlerle benzer mineralojik bileşimde ancak onlardan alkali feldspat miktarının azlığıyla ayrılan iri kristalli ve silise aşırı doymuş mağmatik kayalar olan tonalitler, esas olarak plajiyoklaz, kuvars (Şekil 3.11), hornblend daha az olarak da biyotitten ve tali olarak da apatit,

zirkon ve FeO minerallerinden (hematit, manyetit, vs) oluşmaktadır. Subhedral granüler, poikilitik ve elek dokusu gösteren tonalitler, yoğun alterasyon nedeniyle killeşme, opasitleşme, kloritleşme türü alterasyon türlerini de göstermektedir. Plajiyoklazlar ( $An_{14-45}$ ) öz ve yarı öz şekilli, ikizlenmeli, normal zonlanmalı ve sönme açıları  $8^\circ$  ila  $25^\circ$  arasında değişmektedir.

Yapılan incelemelerde tonalitler içinde önemli miktarda epidot ve klorit minerallerinin varlığına rastlanmıştır. Asutay (1985), tonalitik kayalar içerisinde epidot ve kloritin bol miktarda bulunmasını tonalitleri kesen bazik bileşimli dayklar ile açıklamaktadır. Araştırmacı, bazik daykların sıkça bulunmadığı bölgelerde bu ikincil minerallerin yokluğundan söz etmektedir.

Çalışma alanında özellikle Yukarı Çakmak dolaylarında aplit ve lamprofir daykları ile sıkça kesilen tonalitler inceleme alanında Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir.

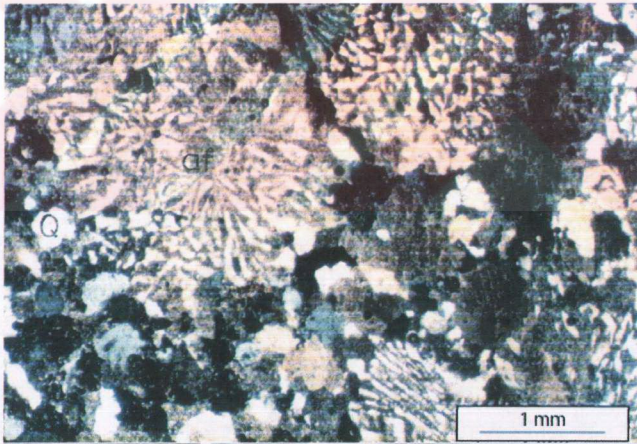


Şekil 3.11. Tonalitlerde iri ve şekilsiz kuvars kristallerinin görünümü. Plajiyoklazların yer yer kuvarsların içinde olması, kuvarslardan önce kristallendiklerine işaret etmektedir. Plg: plajiyoklaz, Q: kuvars, Op: Opak mineraller. Örnek no: Z-9. (Ç.N, 10x3,2).

### 3.2.2.Yarı Derinlik (Damar) Kayaçları

Asutay (1985), asit damar kayaçlarının (aplit) bazik damar kayaçları (lamprofirler) kestiğini, bazik damar kayaçlarının ise benzer bileşimdeki volkanik kayaçları besleyen magmanın daha derinde katılması ile oluştuğunu ileri sürmektedir. Ancak bu çalışmada asit damar kayaçların bazik damar kayaçlarını kestiğine dair bir veriye rastlanmamıştır. Bu çalışmada gerek lamprofirlerin gerekse aplitlerin, çalışma alanındaki diğer magmatik kayaçların katılması sonucu geriye kalan artık magmaların, kırık sistemleri ve soğuma yapıları boyunca yerleşmiş olabilecekleri düşünülmektedir.

Aplitlet, çoğunlukla subhedral granüler doku (aplitik), daha az olarak da grafik (Şekil 3.12) ve mirmekitik doku göstermektedir. Genellikle ortoklaz türündeki alkali feldspatlar ayrışmadan ve kaolenleşmeden dolayı açık kahverenkli ve lif şeklinde ince pertit damarları içermektedirler. Kuvarlar şekilsiz ve dalgalı sönme göstermektedirler. Kuvars ve alkali feldspat bileşimi, granitik mağma sistemlerinde en düşük sıcaklık eriyiklerine karşılık gelir. Bu da söz konusu eriyiklerin, granitik magmanın farklılaşması ile oluşan kalıntı eriyikler olduğunu ifade etmektedir. Çalışma alanında aplitik damarlar içerisinde sulu minerallerin bulunmayışı ve ince tane boyu, aplitlerin kuru kalıntı (rezidual) eriyiklerden kristallendiğini göstermektedir.



Şekil 3.12. Aplitletlerde izlenen grafik dokunun mikroskoptaki görünümü. Q: Kuvars, af: Alkali feldspat (ortoklaz). Örnek no: Z-11. (Ç.N, 10x3,2).

Lamprofirler, çoğunlukla mikrokristalin dokulu olup, intersertal ve mikrolitik porfirik doku da görülmektedir. Hakim feldspat minerali plajiyoklazdır. Latalarda ölçülen sönme açısına

göre plajiyoklazların cinsi % 35 Anortit içeren andezin olarak belirlenmiştir. Çoğunlukla ferromagnezyen mineral olarak yeşil hornblend, daha az olarak da klinopiroksen ve biyotit minerali bulunmaktadır. Hakim mafik mineralin hornblend olması ferromagnezyen mineral oranının fazla olması ve lamprofirik dokunun izlenmesi bazik daykların spessartit olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanında Yukarı Çötelî'nin batısında yüzeyleyen mikrogranitler; plajiyoklaz, kuvars, alkali feldspat, opak mineral ve kloritleşmiş biyotitlerden oluşmaktadır. Plajiyoklaz ve kuvars, hamurda hem fenokristal, hem de mikrolitler halinde bulunmakta ve serisitleşme türü alterasyon yaygın olarak gözlenmektedir. Alkali feldspatlar genellikle kuvarsla iç içe büyüme göstermiş ve grafik doku göstermektedir. Biyotitler çoğunlukla kloritleşmiş olup psödomorf halde bulunmaktadırlar. Opak mineraller bıçağimsı ve ışınal şekilli olup, yapılan cevher mikroskobisi incelemeleri sonucu bu cevher minerallerin manyetitlerin martitleşmesi sonucu oluşmuş, yer yer kolloform yapılar sunan hematitler olduğu ve dolayısıyla da kontak metazomatizmayı işaret ettikleri tesbit edilmiştir.

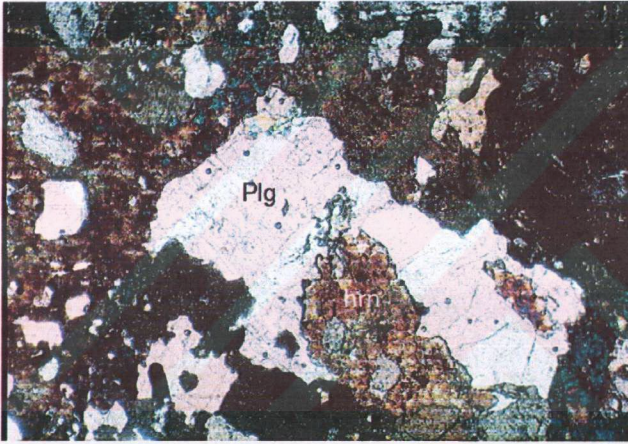
Yine bu grup içerisinde tanımlanan mikroyoritler; bilhassa Koruk civarında yüzeylemekte olup plajiyoklaz, amfibol ve biyotitlerden oluşmuştur. Plajiyoklazlar daha çok küçük prizmatik latalar halinde olup, aralarındaki boşluklar çoğunlukla amfibol (Şekil 3.13) daha az olarak da biyotitlerce doldurulmuştur. Amfibol ve biyotitlerde kloritleşmeler gözlenmektedir. Plajiyoklazlar çoğunlukla karbonatlaşmışlardır. Yani ikincil olarak klorit ve karbonat minerallerine rastlanılır. Alterasyon yoğun olduğundan çok zayıf uçuk pleokroizma gösteren piroksenlerin devamı gibi görünmektedirler. Plajiyoklazlar albit ve albit+kalspat ikizlenmeli ve zonlu yapı gösterirler.

Koruk civarında bulunan mikrogabrolar; porfirik, mikroporfirik, ofitik ve mikrolitik dokulu olup, esas olarak, plajiyoklaz, piroksen ve opak minerallerden oluşmuştur. Plajiyoklazlar hamur içerisinde kristalitler halindeki piroksen ve ikincil kuvarslarla birlikte, küçük prizmatik latalar halinde bulunmakta ve karbonatlaşma ve killeşme göstermektedir. Fenokristal halinde bulunan plajiyoklazlar ise bol kırık çatlaklı ve bazen bu çatlaklar boyunca bazen de kenarlar boyunca karbonatlaşmalar meydana gelmiştir. Yığılım şeklindeki epidot kristalleri ve kloritleşmelere de sıkça rastlanmaktadır. Az oranda ve öz şekilli olarak bulunan opak mineraller yer yer epidotlarla beraber bulunmaktadır.

Çalışma alanında yüzeyleyen diğer bir yarı derinlik kayacı olan diyabaz; Üngüzek ve Koruk civarında yüzeylemektedir. İntersertal ve mikroporfirik doku en yaygın gözlenen dokulardır. Diyabazların esas bileşenleri zonlu plajiyoklaz ve piroksenlerdir. Piroksenlerin sekizgen şekilli kesitlerine de rastlanmıştır. Plajiyoklazlardaki sönme açısı 23-40° ve  $An_{(42-70)}$  ile andezin-labrador bileşimini vermektedir. Plajiyoklazlar hem fenokristal halde hem de ince

latalar halinde ve bazen psödomorf olarak bulunurlar. Çatlaklar boyunca ikincil kalsitler yerleşmiş ve opak mineraller de yaygındır. Koruk civarındaki diyabazlar mikroporfirik dokulu olup esas olarak ortopiroksen, klinopiroksen, hornblend, plajiyoklaz, olivin, opak mineral ve tali olarak da hematit, manyetit gibi opak minerallerle ikincil kalsitten oluşmaktadır. Kayaç genelinde yoğun kloritleşmeler ve karbonatlaşmalar izlenmektedir.

Plajiyoklazlar genellikle küçük latalar halinde, piroksenler ise fenokristal olarak bulunup, psödomorf piroksenlerin iç kısımları kalıntı olarak kalmış kenarları ise karbonatlaşmış ya da kloritlemiştir. Piroksenler yer yer yarı öz şekilli yer yer de sekizgen şekilli kesitler sunarlar. Epidotlar yer yer kloritlerle iç içe bulunur. Opak mineraller az oranda olup, özellikle Çötelî'de Naldöken Tepe kuzeyindeki örneklerde öz şekilli ve epidotlarla beraber bulunurlar.



Şekil 3.13. Plajiyoklaz lataları arasındaki hornblend (hbn) kristalleri. Örnek no: B. (Ç.N, 10x3,2).

### 3.2.3. Yüzey Kayaçları

İnceleme alanında Elazığ Mağmatitleri'ne ait; bazalt, riyolit, dasit, latit, kuvars latit gibi farklı mineralojik ve dokusal özellikler gösteren yüzey kayaçları bulunmaktadır.

İnceleme alanında tonalit ve diyoritleri kestikleri belirlenen aplit ve lamprofir damarları, yüzey kayaçları içerisinde görülmektedir.

Bazaltlar mikroporfirik dokulu olup; esas olarak plajiyoklaz, piroksen daha az olarak olivin, tali olarak kalsit, epidot, kuvarsdan oluşmaktadır. Fenokristal halindeki plajiyoklazlar ve piroksenlerin kırık ve çatlakları boyunca karbonatlaşmalar gözlenmektedir. Zayıf zonlanma

gösteren plajiyoklazlar elek (süngerimsi) dokuludurlar. Bazaltik kayalarda kloritleşme, karbonatlaşma, epidotlaşma ve opasitleşme yaygın alterasyon ürünleridir.

Çalışma alanında geniş yayımlı olmayan latit ve kuvars latitlere Şeyhan Mahallesi güneyindeki vadi içinde rastlanmıştır. Dasitlerle benzerlik gösteren ve makroskobik olarak pek fazla ayrımı mümkün olmayan bu kayaların ayrımı mikroskop incelemeler neticesinde gerçekleştirilmiştir. Esas olarak kuvars, plajiyoklaz, az miktarda da mafik bileşenlerden oluşmaktadır. Serisitleşme, karbonatlaşma ve kloritleşme en yaygın alterasyon türü olarak görülmektedir. Mikrolitik akıntı dokulu olup, hamur malzemesinde fenokristal olarak kuvarsin olmaması ve mafik mineralin de çok az oluşu, kayacın kuvars latit olduğunu göstermektedir.

Granodiyoritlerin volkanik eşlenikleri, kalk-alkali serilerin bir üyesi ve tipik olarak yitim zonlarının kıta tarafında püskürme ürünü olarak oluşan iri kristalli dasitler; granüler ve porfirik dokulu olup; serisitleşme, karbonatlaşma, epidotlaşma ve kloritleşme gibi alterasyonlar göstermektedir. Plajiyoklazlar sönme açalarına göre;  $An_{10-37}$  olup, oligoklaz, andezin, hatta labrador bileşimine kadar değişim göstermektedir. Ayrıca plajiyoklaz, alkali feldspat, amfibol ve biyotit gibi mineraller alterasyona bağlı olarak zaman zaman psödomorf olarak bulunmaktadır. Hamur malzemesi içerisindeki yoğun kloritler, biyotitlerin ve olasılıkla amfibollerin de mikrolitler şeklinde bulunduğu işaret etmektedir. Kuvars az sayıda ve yuvarlaklaşmış olarak bulunmaktadır.

### 3.3. Skarn Kayaçları (Kontakt Metazomatik Kayaçlar)

Klasik anlamda skarn çalışmanın ilk ve vazgeçilmez kuralı, çalışılması istenen bölgedeki skarn yatağının mineralojik bileşiminin yanısıra mineraller arasındaki geçişleri, varsa monomineralik zonları (skarn zonları) veya mineral zonları arasındaki ilişkileri ortaya koymaktır. Bu bağlamda skarn zonlarının arazide tesbit edilmesi skarn mineral topluluklarını belirleyebildiği gibi, skarn zonları ile skarn evreleri arasındaki ilişkinin nasıl geliştiğinin anlaşılmasına da katkıda bulunmaktadır. Gerek Einaudi vd. (1981) gerekse onu takip eden diğer çalışmalar, skarn mineralojisindeki sistematik değişikliklerin ekonomik açıdan umut vadeden bölgelerin değerlendirilmesinde oldukça kullanışlı olduğunu göstermiştir (Kuşçu vd., 2001).

Skarnların bileşimi, metazomatizmanın başlangıcındaki silikatlı evreyi temsil ederler. Bilinen en genç skarn yatakları deniz tabanındaki aktif jeotermal sistemlerde ve sıcak su damarlarında oluşmuştur.

Dokanak yüzeylerinin mermer tabakalarıyla uyumlu olduğu zonlarda çözeltiler mermer tabakaları tarafından engellenerek dokanakta dar bir kuşakta yığılma ve tabakamsı skarn oluşuklarının oluşumuna neden olmaktadır. Uyumsuzluğun olduğu zonlarda ise tabaka düzlemleri ile kırık, çatlak, boşluk gibi ana yapısal unsurlarda çözeltiler büyük boyutlarda

mercek, kafa ve tabakamsı şekilli skarn oluşuklarının oluşmasını sağlamaktadır (Altunbey ve Çelebi, 1997a).

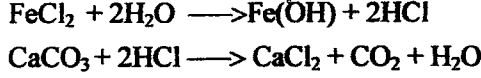
Skarnlaşma, magmatizma sonrası akışkanlar ile kireçtaşları arasındaki tepkimeyle oluşmaktadır. Metazomatizmaya yol açan bu akışkanlar, magmatik sokulumun geldiği aynı derinlikteki kaynağa bağlıdır ve magmatik sürecin tümüyle kesilmesinden sonra etkin hale gelmiştir. Metazomatik akışkanların yayılma sürecinde, kireçtaşı ile magmatik kaya arasındaki dokanak boyunca silika ve alumina, kireçtaşı içine doğru yayılırken, kalsiyum da magmatik kaya içine doğru yayılmıştır. İki yayılmanın karşılaştığı zonda metazomatizma gelişmiştir (Korzinski, 1964; Zharikov, 1970)

Skarnın oluşum ısı izlenen minerallere göre kuramsal olarak 500° ila 600° C dir ve skarn derin olmayan ortamda 250 ile 1000 bar arasındaki basınçta oluşmuştur (Zharikov, 1970; Reverdatto, 1973). Skarn oluşumunda vollaistonitin bulunmaması orta dereceli sıcaklığın ve orta basıncın etkili olduğunu, ısının yüksek olmadığını gösterir (Greenwood, 1967). Einaudi ve diğerlerine (1981) göre; skarn oluşumunun ilk evrelerinde sıcaklık 650 - 700 ila 400°C arasında değişmektedir.

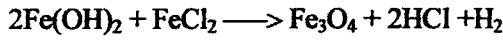
Skarn yatağında manyetit oluşumu kontak metazomatizmanın oksitli evresinde oluşmaktadır. Skarnlaşmalar arasındaki açık boşluklar arasında dolgu olarak bulunması da manyetit geç oluştuğunu gösterir. Magmanın kireçtaşları içine sokulması ve kristallenmesini, sıcak ve uçucu bileşenlerin yaygın olarak serbestleşmesi izler. Magmadan ayrılan uçucu bileşenlerin taşıdığı cevher yapıcı elementler sokulumun kontak eriyiğinden ayrılmış ve daha soğuk bir ortama taşınarak derişmiştir. Silikatlar ile demiroksidin birbiriyle karışmasını önleyen ana etken metazomatizma sırasında oluşan karbondioksitin varlığıdır (Piirainen ve Piispanen, 1967). Granit dokanağında manyetit oluşumu için özel bir tepkime gerekmez; fakat olağandan biraz daha fazla oksitlenmiş ( $10^{-15}$  ile  $10^{-17}$  atmosfer arasındaki  $O_2$  basıncı) basit koşullar gerektirir (Krauskop, 1957).

Skarnlaşma sonrasındaki hidrotermal süreçler sonrasında epidot, aktinolit, klorit ve kalsit minerallerinin ısıdaki azalmaya bağlı olarak geliştiği söylenebilir (Reverdatto, 1973; Oygür, 1986'den). Demir, zayıf asit nitelikli ve sulu eriyikler içinde iki değerlikli olarak klorit bileşimleri biçiminde taşınır. Whitney vd.'nin (1985) yaptığı deneysel çalışmada da düşük ısılarda iki değerli demir kloridin baskın biçimde olduğu görülmüştür. Metazomatizma cephesine kireçtaşından gelen  $CaCO_3$  ile gelişen tepkimeler sonucunda da oksitler biçiminde çöker. Cevher yataklanmasına yol açan tepkimelerin başlıca nedeni kalsiyum karbonatla karşılaştığında eriyikte oluşan pH artışıdır (Holser ve Schneer, 1961). Kukhara'nın (1925) yaptığı deneylere göre manyetit oluşumu için eriyiğin demir hidroksit içermesi gerekir, aksi halde hiçbir zaman manyetit doğrudan çökmemektedir. Demir hidroksidin oluşumu ise demir

kloridin tepkimeye girdiği suyun varlığına bağlıdır (Sangster, 1969). Bu tepkime, ortamda  $\text{CaCO}_3$  ın varlığına bağlı olarak pH daki artışın şiddetlendirdiği bir hidroliz olayıdır. Eriyikte açığa çıkan HCl çevre kayadan gelen  $\text{CaCO}_3$  tarafından etkisizleştirilerek manyetitın çökmesi sağlanır. Bu sırada serbestleşen  $\text{CO}_2$  ise eriyiği seyrelterek daha sonraki depolanmalara neden olur (Whitney vd., 1985).



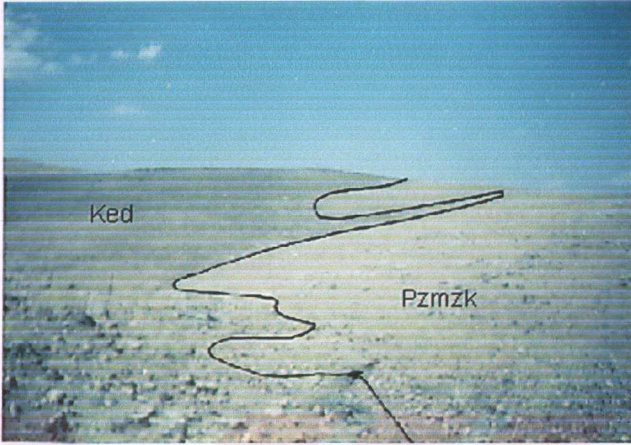
Böylece manyetit,  $\text{FeCl}_3$  yahut  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  eriyiği ile  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  arasında gelişen tepkimeyle kolayca doğrudan oluşabilir. Manyetitdeki oksijenin kaynağı da demir kloridi taşıyan eriyiğin suyu olmalıdır (Kalinin, 1962).



Metazomatizmanın son evresinde gelen sülfidli eriyikler, daha önce oluşan skarn ve manyetit içindeki çatlak ve boşlukları doldurmuştur. Böylece sülfitli evrede oluşan pirit, kalkopirit ve pirotin manyetit içinde saçınımlar, damarcıklar ve yer yer küçük boyutlu mercerler biçiminde görülür. Sülfidli evreden sonra gelişen ve spekülarit ile temsil edilen oksitli evrenin bir yinelemesi de gözlenmektedir. Sülfitleşme sonrasındaki alterasyona bağlı olarak kalsit ve kuvars, manyetitın oksitlenmesiyle de hematit oluşmaktadır.

Gerek Çakmak köyü ve civarında gerekse doğudaki Çötelı bölgesindeki ve daha kuzeydeki Koruk ve Üngüzek-Pirinçci ve Hal köyleri'nde yüzeylemekte olan Keban Metamorfıtları'nın mermerleri ile Elazığ Mağmatitleri'ne ait granitik, diyoritik ve gabroik kayaçlar arasındaki intrüzif dokanıklarda kontakt metazomatik (skarn) oluşuklara rastlanmıştır (Şekil 3.14).

Keban Metamorfıtları ile Elazığ Mağmatitleri'nin dokanağındaki skarn kayaçlarının diyoritik-bazaltik sokulumlarla ilişkili görülmeleri nedeniyle, yaşları Senoniyen olarak düşünülmektedir (Altunbey, 1996).



Şekil 3.14. Keban Metamorfizmaları'na ait mermer (Pzmzk) birimi ile Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyoritler (Ked) arasındaki intrüziif dokanak ve skarn zonu. Çöteli Köyü'nün yaklaşık 1 km güneybatısı. Bakış yönü KB'ya doğru.

Çakmak civarında özellikle diyoritik kayalarla mermerlerin, Koruk civarında diyorit ve granitlerle mermerlerin kontaklarında, Çöteli civarında gabrolarla mermerlerin kontaklarında, Üngüzek-Pirinçi dolaylarında ise diyoritler ve bazaltların mermerlerle kontaklarında skarnlaşma gelişmiştir. Kontak zonu boyunca gözlenen başlıca mineraller şunlardır: Granat, piroksen, kuvars, kalsit, plajiyoklas, tremolit/aktinolit, epidot, klorit, spinel, apatit, sfen az oranda da olivinlerdir. Ayrıca FeO'li bileşenlerden manyetit, hematit, limonit daha az oranda da; sülfürlü bileşenlerden pirit, kalkopirit, vs. bulunmaktadır. Bu oluşuklar gerek bölgesel metamorfik yan kayada gerekse sokulum yapan intrüziif kayada bir takım mineralojik değişimlere neden olmuştur. İntrüziif dokanaklarda gelişen ve esas olarak iri taneli Ca, Fe, Mg, Al, Mn silikat ve esas olarak demir oksit minerallerinden oluşan bu kayalar skarn kayaları olarak tanımlanmıştır (Einaudi vd., 1981).

Skarn kayaları, intrüziif kütle ve yan kayadaki oluşumlarına göre; endoskarnlar ve ekzoskarnlar olmak üzere 2 tipte gelişmiştir.

Gerek karbonatlı yan kayalar gerekse intrüziif kayalar içerisinde ve bunların dokanakları boyunca meydana gelen ekzoskarn ve endoskarn oluşumlarının asıl kaynağı intrüziif kayalardaki skarn oluşturan sıvılardır (Einaudi ve Burt, 1982). Endoskarnlar, Ca eklenmesini yansıtan mineral zonlanması gösterirler (Edwards ve Atkinson, 1986). Ekzoskarnlar ise, intrüziif kütlenin içerisine sokulduğu yan kayacın türüne göre magnezyumlu skarnlar ve kalsiyumlu skarnlar diye sınıflandırılırlar.

Kalsiyumlu skarnlar; kireçtaşlarında görülen skarnlaşmalardır. Bu tip skarnlaşmalarda yaygın olarak Fe-Ca silikat mineralleri görülür. Granat (grossular-andradit), piroksen (diyopsit-hedenbergit), vezüviyanit, vollastonit, amfibol, skapolit, epidot, manyetit, kalsit ve kuvars mineral topluluğu kalsiyumlu skarnlarda sıkça görülür (Einaudi ve Burt, 1992; Sağıroğlu, 1984, 1992; Edwards ve Atkinson, 1986).

Magnezyumlu skarnlar, Mg'ca zengin kayaçlarda (dolomit) görülür. Bu tipik skarn zonlarının karakteristik mineralleri diyopsit, forsterit, serpantin, paragonit, manyetit, spinel, dolomit ve yaygın olarak Fe-Ca silikat mineralleridir. Çalışma alanında bilhassa Koruk ve Çöteli dolaylarında magnezyumlu skarnlara rastlanmıştır.

Bu genel açıklamalardan yola çıkarak çalışma alanında iki tip skarnlaşmanın varlığı saptanmıştır:

1. Endoskarnlar: İntrüzif kayaç (granit, diyorit ve gabroik kayaçlar) içerisinde meydana gelen skarnlaşma
2. Ekzoskarnlar: İntrüzif kayacın içerisine sokulduğu yan kayaçta (kalsik ve dolomitik mermer) meydana gelen skarnlaşma

### 3.3.1. Endoskarnlar

Endoskarnlar inceleme alanında en iyi yüzeylemelerini Çirikan Mah. kuzeyindeki Hoyrat Tepe ve Ziyaret Tepe dolaylarında ve Kanburpınar Sırtı'nda, Şeyhan Mah. güneyinde, Göldere'nin batı yamacında, ayrıca çalışma bölgesinin daha kuzeydoğu kesimlerinde kalan Koruk kuzey ve kuzeybatı kesimlerindeki Köybaşı tepe civarında mağmatiklerle mermerlerin kantağına yakın yerlerde yüzulemektedir. Ayrıca Üngüzek, Pirinçci, Hal köyleri ve civarında da endoskarn örneklerine rastlanmıştır. Diğer alanlarda ise yoğun alterasyon ve yamaç döküntüleri nedeniyle endoskarn oluşukları tam olarak gözlenememektedir.

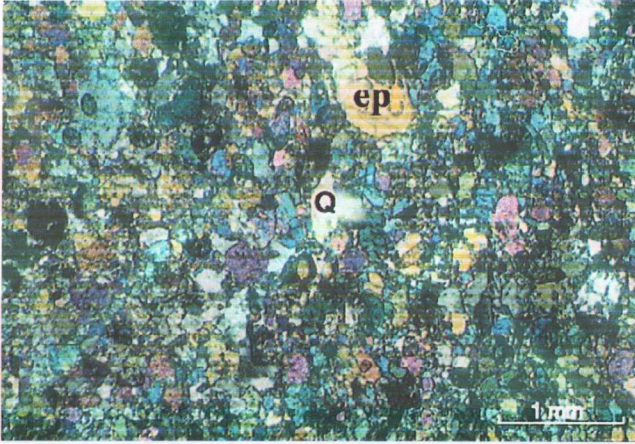
Endoskarnlar, mermerlerle intrüzif kayaç arasında yeşilden griye çalan renk değişimi ile mağmatik kayaçlardan ayırt edilebilir. Ayrıca mağmatik kayaçlarda bulunmadığı kadar endoskarnlarda piroksen ve epidotların bulunması, mermer dokanağına yaklaştıkça hornblendin yaygın olarak kloritleşme ve karbonatlaşma; plajiyoklasların ise karbonatlaşma, serisitleşme ve epidotlaşma göstermesi ve plajiyoklasların diyoritik kayaçlardakinden yüksek anortit içeriğine sahip olması ve kuvars miktarının artması ile mağmatik kayaçlardan ayrılırlar.

Endoskarnlar, esas olarak diyorit daha az olarak da gabroik ve granitik bileşimli plütonik kayaçlar ile Keban Metamorfileri'ne ait mermerlerin oluşturduğu dokanak boyunca ve intrüzif kayaçlar içerisinde gelişmiştir. Diyorit-mermer dokanağındaki endoskarnlar, Üç Ağaç köyü ve Şeyhan mahallesi kuzey yamacında, Çöteli'de Yerçöken tepeler ve Naldöken Gedigi'nde, Koruk güneyi ve Köybaşı tepe civarında endoskarnlar gelişmiştir. Yine Üçağaç köyü ve Şeyhan mahallesi güneyinde, Hal köyü'nde ve Koruk'ta granitik ve tonalitik kayaçlarla

mermerlerin kantağına yakın yerlerde endoskarnlar gelişmiştir. Endoskarnlar; prx-skarn, prx-epidot skarn, epidot-prx skarn, epidot skarn, olivin skarn, olivin-ojit skarn, olivin-prx-epidot, granat-prx-epidot skarn ve granat-piroksen endoskarnlardan oluşmaktadır.

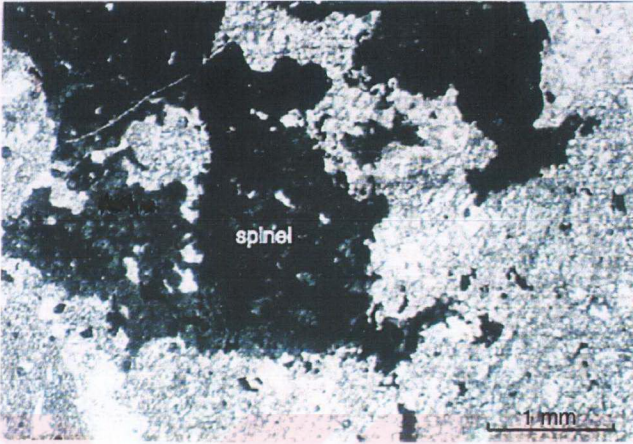
Mineralojik incelemeler diyoritik ve granitik bileşimli intrüziif kütleden kristalize kireçtaşlarına doğru intrüziif kütle bileşenlerinin giderek azaldığını ve yerini endoskarnların esas bileşenleri epidot, piroksen ve yer yer de olivine bıraktığını göstermektedir. Endoskarnlarda kuvars, kalsit ve klorit ikincil bileşenler, opak mineral ve sfen ise tali bileşenler olarak bulunmaktadır.

Endoskarn zonlarında epidot miktarı kristalize kireçtaşlarına doğru giderek artmakta ve tamamen epidottan oluşan epidot skarna geçmektedir (Şekil 3.15).

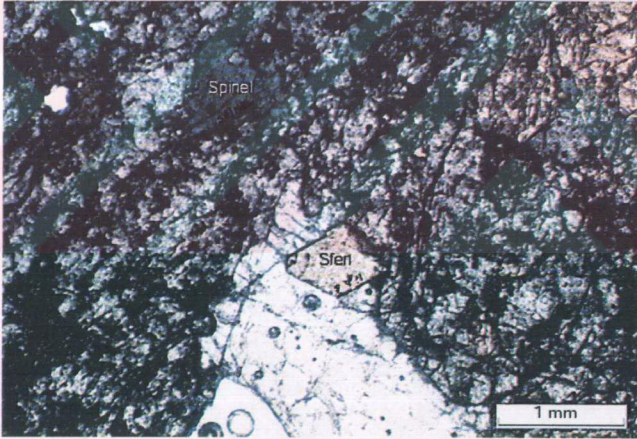


Şekil 3.15. Epidot skarn kayaçlarının tipik minerallerinden epidotlar (ep) ve beraberindeki kuvars (Q) mineralleri. Şeyhan Mah. kuzeyi. Örnek no: G-16. (Ç.N, 10x3,2).

Diyoritik kayaçlar içerisinde olivin bulunmamasına karşılık endoskarn zonlarında yer yer olivinlere rastlanmıştır. Bu durum magnezyum bakımından nisbeten fakir magmanın dolomitik mermerleri özümsemesi sonucu Mg'un artması ve bunun sonucunda da olivinin oluştuğu şeklinde yorumlanmaktadır. Hornblend, plajiyoklas, piroksen, granat, epidot ve spinel (Şekil 3.16) endoskarnların esas bileşenlerini; opak mineral, apatit ve sfenler (Şekil 3.17) ise tali bileşenlerini oluşturmaktadır.



Şekil 3.16. Skarn zonlarında çoğunlukla opak minerallerle birlikte bulunan spinel minerali. Örnek no: M-5. (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.17. Skarn kayacı içerisindeki baklava dilinimli sfen ve yeşil renkli spinel mineralleri (Ç.N, 10x3,2).

### 3.3.2. Ekzoskarnlar

Ekzoskarnlar, çalışma alanında en iyi yüzeylemelerini Üngüzek ve Pirinçi dolaylarında, Hal Köyü batı kesimlerinde ve Koruk'un güneyinde vermektedir. Ekzoskarnlar

ekzoskarn, piroksen epidot ekzoskarn, granat ekzoskarn ve granat-piroksen ekzoskarn şeklindedir.

Ekzoskarnlar, kristalize kireçtaşlarının kırık, çatlak ve tabaka düzlemleriyle, boşluklarında ve mermerlerle iç içe gelişmiştir. Ekzoskarnlar çoğunlukla kalsik skarn olmalarının yanında magnezyumlu olarak ta bulunup, Burt (1977) sınıflamasına göre intrüziv çevresinde gelişen skarnlar (skarn around intrusive) sınıfına girmektedir (Kuşçu ve diğ., 2001). Ekzoskarnlar Ca eklenmesini yansıtan mineral zonlanması gösterirler (Edwards ve Atkinson, 1986).

Yapılan XRD analizleri sonucunda skarnlarda varolan granatların, grossular ve andradit bileşiminde oldukları saptanmıştır. Piroksenler ise çoğunlukla hedenberjit ve diyopsitten oluşmakta, ancak zaman zaman diğer piroksen türlerine de rastlanmaktadır.

Kontaktta görülen prx-granat mineralleri Winkler (1979)'e göre piroksen hornfels fasiyesine işaret etmektedir. Başlangıçta ısı 600°C ve basınç 1000-2000 bar arasındadır. Burada kayalar ilk oluştuğu basınç ve sıcaklık koşullarından farklı koşulların hüküm sürdüğü ortamda kalarak başkalaşmışlardır. Isı ve basınç arttığı için ilerleyen bir metamorfizma olmuştur. Metamorfizma esnasında kısmi ergimeler olmuş ve granat (Şekil 3.18) piroksen gibi yüksek sıcaklık mineralleri oluşmuştur (Aslan, 1991).

Çalışma alanında mağmatiklerle skarn zonları arasındaki dokanakta zonlanmaların var olup olmadığı incelenmiş, ancak alüvyonların ve bitki örtüsünün kaplı olduğu alanda kuşaklara ayırma işi ve sistematik örnek alımı pek mümkün olmamıştır. Örneklemenin ve gözlemlerin yapılabildiği skarn zonları boyunca gelişen yeniden kristallenmelerin gelişigüzel konumda buldukları, yani ritmikleşme göstermedikleri tesbit edilmiştir.

Metamorfizma esnasında  $SiO_2$ 'den başka plajiyoklazlardan gelen CaO, NaO ve  $Al_2O_3$ , ojitten gelen CaO, MgO, FeO ve biraz da  $Al_2O_3$  vardır. Dolayısıyla metamorfizma esnasında formülü  $Ca_2FeAl_2Si_2O_{12}(OH)$  olan epidot minerali bol miktarda görülür. Oluşum sırasında ısının azalmasıyla yine metamorfizma ürünü olan fakat epidota göre daha düşük ısıyı gösteren dış zonda bulunan  $Ca_2(Fe,Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$  bileşiminde olan aktinolitler oluşur. Yani esas olarak plajiyoklaz ve ojit bunun yanısıra diğer mineraller de metamorfizmadan etkilenecek ortam CaO, NaO, MgO, FeO ve  $Al_2O_3$ 'ce zenginleşir. Bu bileşim kontak metamorfizma şartlarında epidot'u oluşturmuştur. Isının düşmesine paralel olarak lifsi yapıdaki aktinolitler oluşmuştur (Aslan, 1991).

Granitoid sokulumu kontak metazomatizmayı meydana getirmiş ve ortamdaki ısı artmıştır. Isı ve basınç nedeniyle plütonun kenarındaki birimler kısmi ergimeye uğramış ve yeniden kristallenme olmuştur. Bu kristallenme plüton ile birlikte gelen silisin ortamdaki bileşenlerle reaksiyonu sonucu oluşur. Yani ortam Al'ca zengin ise Al içeren mineraller, Fe'ce

zengin ise Fe içeren mineraller, Mg'ce zengin ise Mg içeren mineraller kristallenir. Andradit için Ca ve Fe'nin, diyopsit için ise Mg ve Ca'nın olması gerekir.

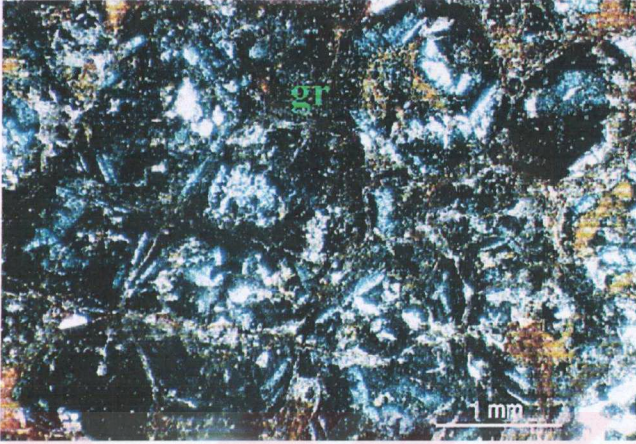
Metamorfizma evresinden sonra ısı ve basınç düşmüştür. Isı hidrotermal evreye gelmiş olup, bu evrede çatlaklarda bulunan su buharı yoğunlaşarak yan kayaçları bozucu bir rol oynamıştır. Hidrotermal sıvı yan kayaçtaki çatlakların içine girerek kalsit ve kuvars kristallerini oluşturmuştur.

Ekzoskarn ve endoskarnlarda sıkça gözlenen diyopsit-hedenberjit serisi piroksenler için gerekli olan kalsiyumu, karbonatlı kayaçlar; Mg, Fe ve Sr'u da plütonik intrüziif kütleler sağlamaktadır. Çünkü çevrede bu elementler için kaynak olabilecek başka bir kayaç veya mineral topluluğu bulunmamaktadır.

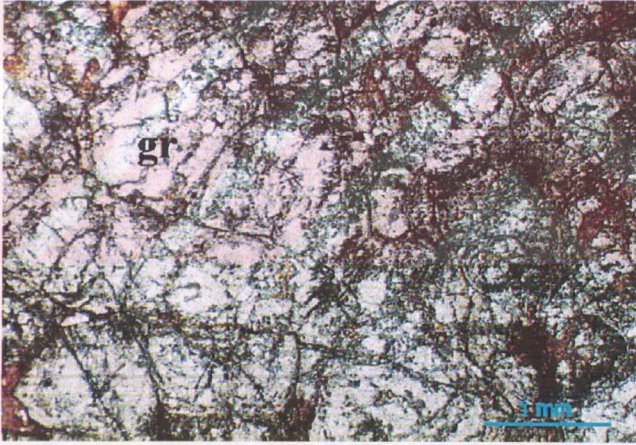
Yapılan cevher mikroskobisi incelemeleri sonucunda ekzoskarnlar içerisinde saçınımlı olarak bulunan opak minerallerin; manyetit, hematit, spekülait, limonit, pirit, kalkopirit ve pirotin, kovellin, kalkozin olduğu tesbit edilmiştir.

Benzer minerallerin hem ekzoskarnlarda hem de endoskarnlarda bulunması ve dolayısıyla tekrardan kaçınmak amacıyla endoskarn ve ekzoskarn zonlarında gözlenen mineraller tek bir çatı altında verilmiştir.

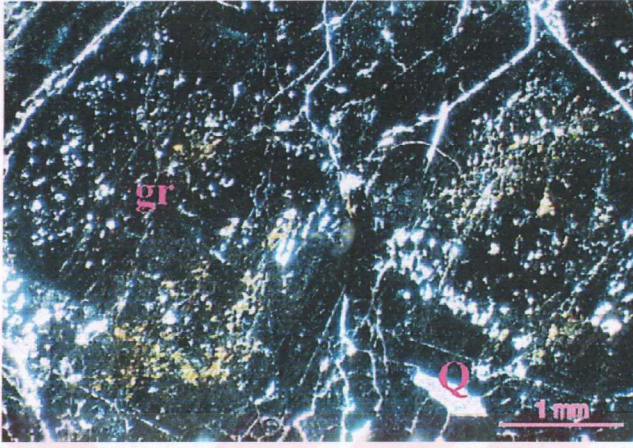
**Granat:** Ekzoskarn zonunda en yaygın olarak gözlenen skarn minerali granattır (Şekil 3.18 ve Şekil 3.19). Yaygın olarak granat-prx skarnlarda görülmektedir. Prx'li diyoritlerden itibaren mermer dokanağı yönünde artmaktadır. Yarı öz şekilli, kahverengimsi gri renkte, reçine parlaklığında ve anizotropik anomali göstermektedirler (Şekil 3.20). Yüksek kırılma indisine sahip olması nedeniyle diğer minerallerle dokanağı net bir sınır oluşturmaktadır (Şekil 3.21). Piroksen endoskarnlarda ender olarak gözlenen granatlar, mermerlere doğru yaygınlaşmaktadır. Granat kristalleri çoğunlukla karbonatlaşmaya daha az olarak da kloritleşme, epidotlaşma, silisleşme ve oksitlenmeye maruz kalmıştır (Şekil 3.20).



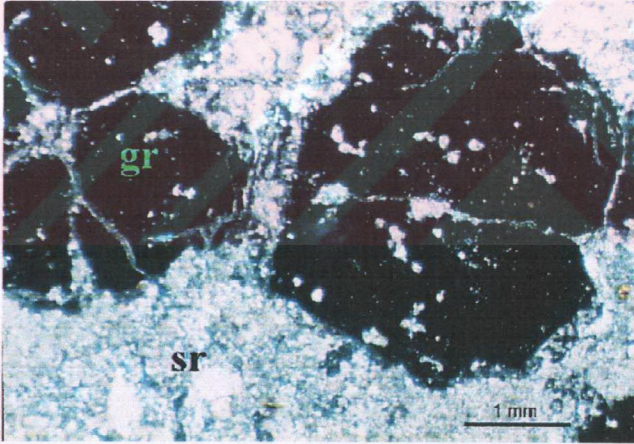
Şekil 3.18. Öz şekilli küçük granat (gr) kristalleri. Örnek no: 4. (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.19. Şekil 3.18'in tek nikoldeki görünümü (T.N, 10x3,2).



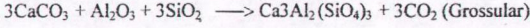
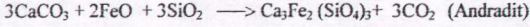
Şekil 3.20. Öz şekilli ve zonlu granatlar (gr) kuvars (Q) kapaınımları içermekte olup, yer yer opasitleşme ve karbonatlar sözkonusudur. Örnek no: 4. (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.21. Skarn zonlarının tipik minerali olan granat (gr) kristalleri ve beraberindeki serisit (sr) mineralleri. Örnek no: 3b. (Ç.N, 10x3,2).

Granatca zengin kayalarda yapılan XRD analizleri granatların genellikle andradit kısmen de grossular bileşiminde olduğunu göstermektedir. İntrüzif küttleden kaynaklanan Fe'nin yüksek sıcaklıklarda Al'dan daha hareketli olması nedeniyle, diyoritik kütleyle yakın skarn zonlarında özellikle grossuların, mermerlere yakın skarn zonlarında ise andraditin yaygın olarak

bulunması metasomatik kökene işaret eder (Smirnov, 1970). Andraditin oluşabilmesi için gerekli olan Ca, içerisinde olduğu mermerlerde bol miktarda bulunurken, Fe ve bir miktar da Si'nin sokulum yapan intrüzif kayalardan (granit ve diyorit) geldiği düşünülmektedir. Andradit ve grossular bileşimli granatları oluşturan reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.

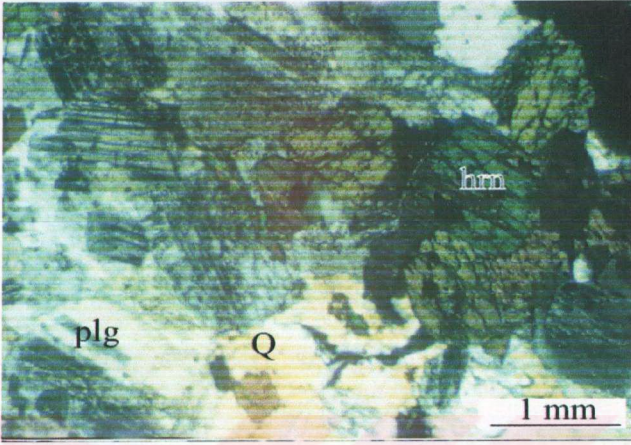


Yapılan mikroskobik çalışmalar sırasında granatların genelde öz ve yarı özşekilli oldukları ve piroksen, kalsit ve klorit ile beraber bulunduğu tesbit edilmiştir.

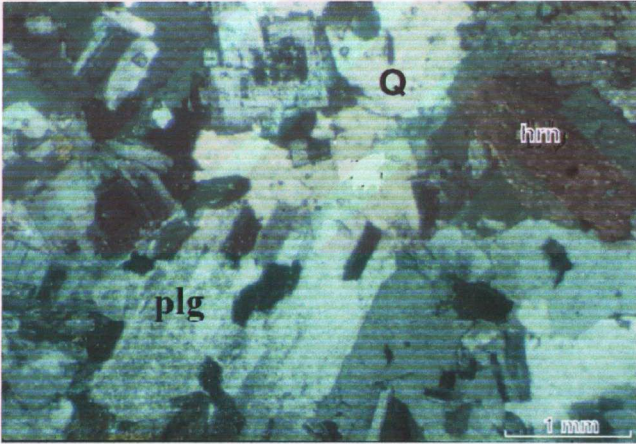
**Hornblend:** Epidot içeren diyoritlerde yaygın olarak bulunan hornblend, ekzoskarnlara doğru azalmaktadır. Ekzoskarnlara yakın zonlarda hornblend kısmen piroksenlerin uralitleşmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Yeşilimsi kahve renkli pleokroizmalı olup, irili ufaklı, öz ve yarı öz şekilli kristallerden oluşmaktadır (Şekil 3.22).

**Plajiyoklaz:** Piroksen içeren diyoritlerde yaygın olarak gözlenen plajiyoklazlar ekzoskarnlara doğru azalmaktadır. Endoskarnlardaki plajiyoklazlar diyoritik kayaçlardakinin aksine yoğun olarak karbonatlaşma, serisitleşme ve sosurütleşme göstermektedir. Bu durum Ca metazomatizması ile ilişkili görülmektedir. Plajiyoklazlar, normal ve osilasyonlu zonlanma gösterip, küçük plajiyoklaz kapanımları içermektedir (Şekil 3.23).

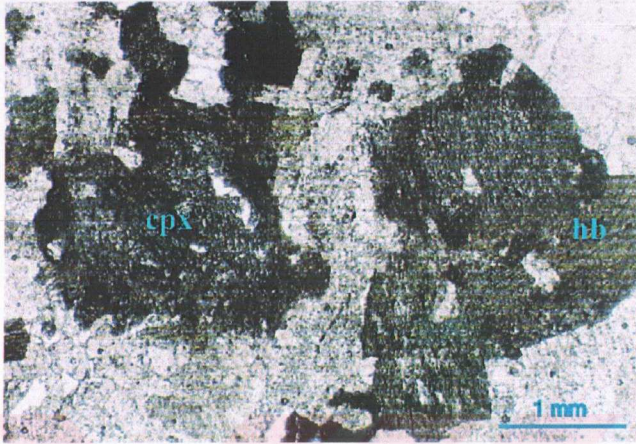
**Piroksen:** Piroksen içeren diyoritlerden mermer dokanağına doğru artan piroksen, yer yer hornblend ve biyotitler tarafından çevrelenmekte ve korona dokusu göstermektedirler (Şekil 3.24 a,b). Bazen de hornblendler piroksenlerin içerisinde kalıntı şeklinde kalmış durumdadırlar (Şekil 3.25 ve Şekil 3.26). Mermer dokanağına doğru bağımsız, öz ve yarı öz şekilli kristallere geçmektedir. Bunlar yaygın olarak kloritleşme, uralitleşme, karbonatlaşma ve opasitleşme gösterirler. Bu piroksenlerin mikroskobik ve XRD incelemeleri sonucunda ağırlıklı olarak diyopsit-hedenberjit bileşimli oldukları saptanmıştır. Bunun yanında bazı skarn kayaçlarında az da olsa diğer piroksen türlerine rastlanmıştır. Diyopsitin hornblend ve biyotiti çevrelemesi diyopsitin hornblend ve biyotitten kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir. Ancak böyle bir yorum kısmen doğru olabilir. Çünkü piroksen skarnlardaki diyopsit miktarı diyoritik kayaçların mafik minerallerinden fazladır ve ayrıca ortama Ca'un girmesi gerekir. Bu nedenle Ca ve Mg zenginleşmesinin kaynağı olarak mermerler; Si kaynağı olarak da diyoritik-granitik magma düşünülmektedir. Zira skarnlaşmanın görüldüğü dokanıklarda Si'ce zengin başka bir kayaç veya mineral topluluğuna rastlanmamaktadır.



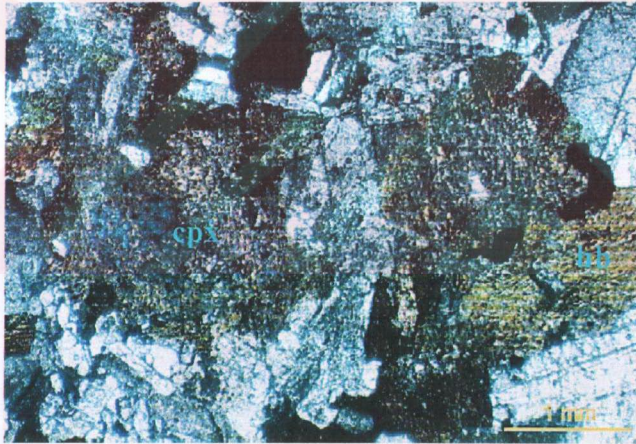
Şekil 3.22. Diyorit ve onlarla ilişkili skarlardaki öz ve yarı öz şekilli hornblend kristalleri. hbm: hornblend, Q: kuvars, plg: plajiyoklaz. Örnek no: 9. (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.23. Zonlu plajiyoklazlar ve öz şekilli hornblend kristali. Plg: plajiyoklaz, qz: kuvars, hb: hornblend. Örnek no: Z-2. (Ç.N, 10x3,2).

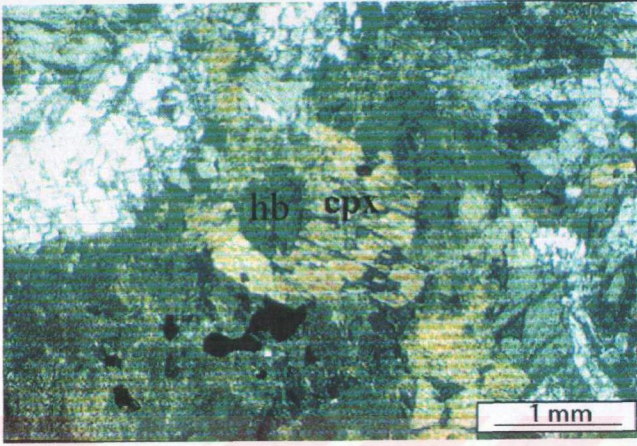


a.

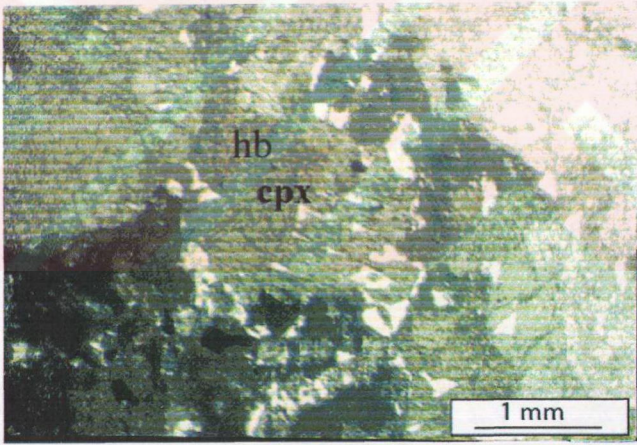


b.

Şekil.3.24 a,b. Piroksenlerin (cpx) etrafında dizilmiş hornblendlerin (hb) oluşturduğu korona dokusu. Örnek no: Y-13. (Ç.N, 10x3,2).



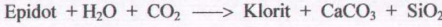
Şekil 3.25. Piroksenlerin (cpx) içerisinde kalıntı şeklinde kalmış ve büyük ölçüde kloritleşmiş hornblendler (hb) . Örnek no: Z-17. (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.26. Şekil 3.25'in tek nikeldeki görünümü, cpx: klinopiroksen. (T.N, 10x3,2).

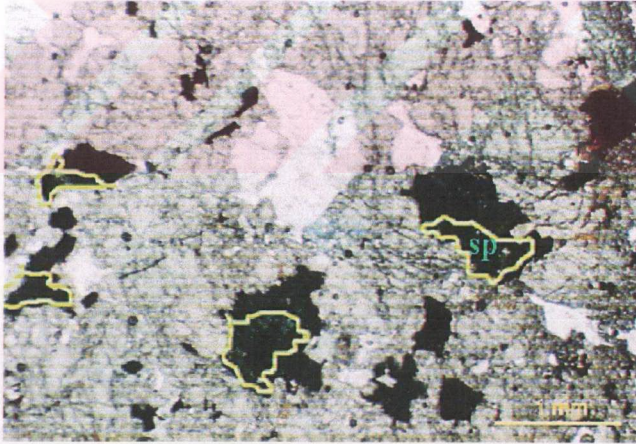
Piroksenlerin mineral sınırlarıyla kırık ve çatlak sistemleri; kalsit, kuvars, klorit, epidot, opak mineral, kalsedon ve zeolit tarafından doldurulmuştur. Piroksenlerin literatürde oluşum ısıları 900-1100°C (Carlson, 1989) arasındadır. Granitoid plütonuyla birlikte gelen silisler Mg'ca zengin ortam bulmuş ve bunlarla reaksiyona girerek  $CaMgSi_2O_6$  bileşimindeki diyopsiti oluşturmuştur.

**Epidot:** Canlı girişim renkleri gösteren epidotlar yaygın olarak kloritleşme karbonatlaşma ve silisleşme gibi alterasyonlar göstermektedir. Bu alterasyonlar aşağıdaki reaksiyonla açığa çıkmış olmalıdır (Deer ve diğ.,1962; Sağıroğlu, 1984'ten).



Suluk yeşilimsi bir renk ve pleokroizma gösteren epidot öz ve yarı öz şekillidir. Bazı kristallerinde kristal ortalarında gelişmiş ikiz lamelleri bazılarında ise zonlu yapılar gözlenmektedir. Epidotlar, epidot skarn ve prx- epidot skarnlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Prx-epidot skarnların büyük çoğunluğunda merkezi kısımlarında epidotların olduğu piroksenler gözlenmektedir. Bu durumda epidot kaynağı olarak piroksenler gösterilebilir. Epidotların bir kısmını granitik kayalardaki plajiyoklasların Si, Na, ve H<sub>2</sub>O ca zengin çözeltilerle reaksiyonu sonucu ortaya çıktıkları bir kısmının da doğrudan skarn oluşturucau Ca, Al, Fe ve Si' li çözeltiler tarafından oluşturuldukları düşünölmektedir. Epidotun varlığı, XRD analiz sonuçlarıyla da doğrulanmıştır.

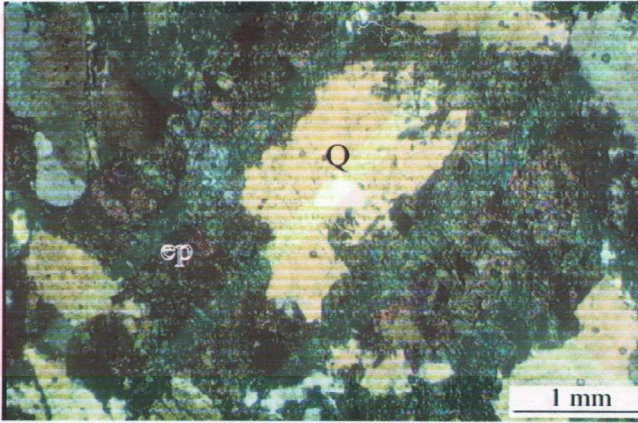
**Spinel:** Esas olarak gabroik kayalarla mermerlerin kondağında gelişmiş olan piroksen skarnlarda ve çoğunlukla da cevher mineralleriyle iç içe bulunmaktadır. Spinel grubu mineralleri zümrüt yeşili renkli, şekilsiz, anizotrop özellikte olup, genellikle opak minerallerle iç içe ya da onların kenarlarında oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Opak minerallerle iç içe gelişmiş spinel (sp) grubu mineraller. Örnek no: M-15. (T.N, 10x3,2).

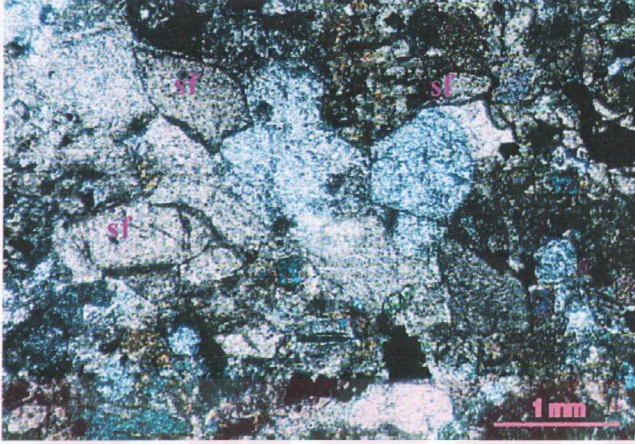
**Kalsit, Kuvars ve Klorit:** Genellikle yukarıda bahsedilen minerallerin kırık ve çatlakları boyunca mineral sınırlarına yerleşmiş, çoğunlukla ikincil olarak bulunurlar. Diyoritik kayalardan mermerlere doğru kalsit ve kuvars miktarı arttığı gibi kalsit kristallerinde taneler de irileşmektedir. Kalsit, mermerler içine sokulum yapan diyoritik kayalarda sıkça görülmektedir. XRD analiz sonuçları da bu kayalarda yaygın olarak kalsit, kuvars ve kloritin bulunduğunu ortaya koymaktadır. İkincil minerallerin önemli bir kısmı piroksen, granat ve tremolit/aktinolit alterasyonu sonucu ortaya çıkmıştır. Düşük sıcaklık minerali kalsedon; mikroskop altında renksiz ince taneli, şekilsiz, lifsi ve ışınal kristaller halinde gözlenmektedir.

Skarn zonunda oluşan mineraller yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru sırayla epidot (Şekil 3.28), aktinolit, kalsit, kuvars, klorit şeklindedir. Skarn zonunda, çatlaklarda bulunan kalsit, kuvars ve klorit mineralleri hidrotermal evrede oluşmuşlardır.



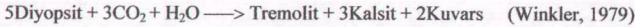
Şekil 3.28. Skarn zonlarında görülen kuvars (Q), epidot (ep), klorit minerallerinin mikroskoptaki görünümü. (Ç.N, 10x3,2).

**Opak mineraller, Sfen ve Apatit:** Hornblend, plajiyoklas, piroksen, granat, epidot, spinel ve sfen gibi minerallerin sınırında ve kısmen de bunlar içinde kapanımlar halinde yoğunlaşan opak mineraller; çoğunlukla manyetit daha az olarak da hematit, limonit, pirit, kalkopirit, kovellin, kalkozin, pirotin ve nadiren de spektüarit şeklindedir. Epidot skarnlardaki opak minerallerin oranı piroksen skarlara oranla daha azdır. Öz ve yarı özşekilli rombik kesitleri ve yüksek çift kırması ile tanınan sfen (Şekil 3.29) genellikle piroksen, kalsit, kuvars, ve plajiyoklas içinde ve mineral sınırında yoğunlaşmıştır. Sfen için gerekli Ti ve Si'un intrüzif kütlede, Ca'un ise karbonatlı yan kayalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Apatit çoğunlukla piroksen, ender olarak da granat, kalsit ve plajiyoklaslar içinde kapanımlar halinde gözlenmektedir.

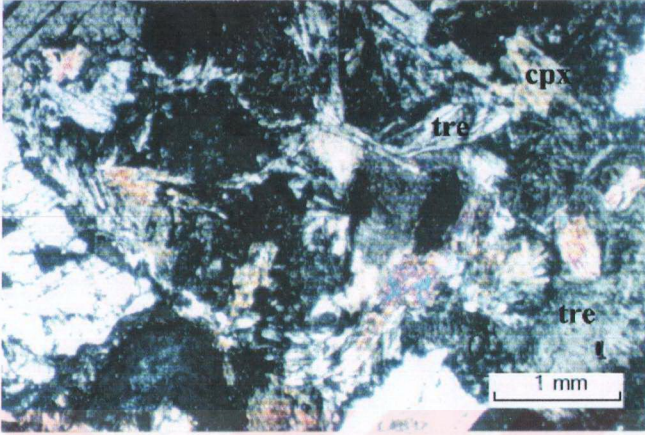


Şekil 3.29. Öz ve yarı öz şekilli yüksek rölyefli sfen kristalleri. Örnek no: G-21. (Ç.N, 10x3,2).

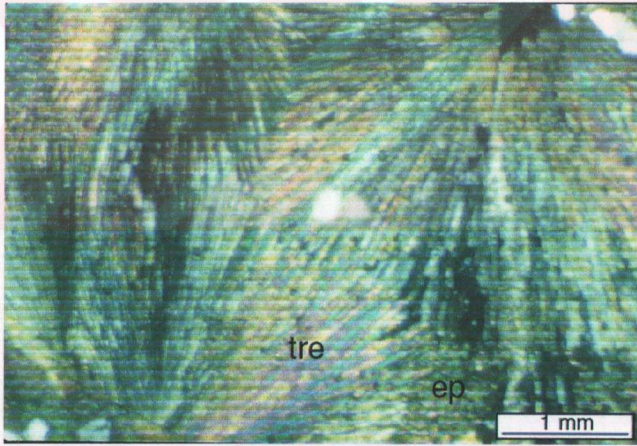
**Tremolit/Aktinolit:** Piroksen skarlarda yaygın olarak görülen tremolit/aktinolit (Şekil 3.30), piroksen-granat skarn ve granat skarlarda da bulunmaktadır. Renksiz ile soluk yeşilimsi bir renk ve zayıf pleokroizma göstermekte ve lifsel / prizmatik / yelpaze görünümündürler (Şekil 3. 31 ve Şekil 3.32). Tremolit/aktinolit içinde piroksenlerin görülmesi bu minerallerin piroksenlerin alterasyonu sonucu oluşabileceğinin göstergesidir. Tremolit aktinolite yoğun olarak silisleşme, karbonatlaşma ve kloritleşme eşlik etmektedir. Bunlar piroksenlerin tremolit aktinolite dönüşümü sırasında açığa çıkmış olabileceği gibi tremolit aktinolitinin daha sonraki evrelerde bozunması sonucu da ortaya çıkmış olabilir:



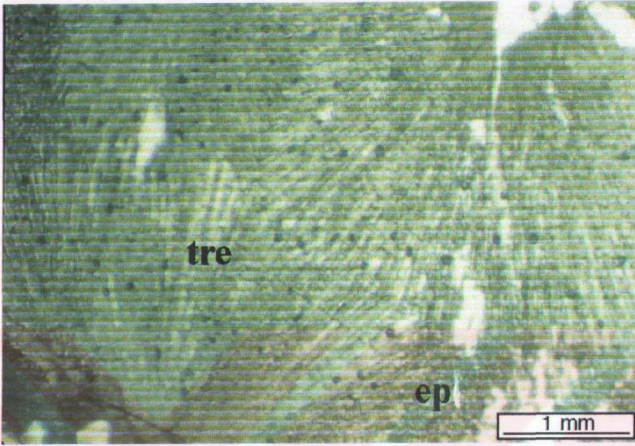
Aktinolit +  $\text{CO}_2 + 3\text{SiO}_2 \longrightarrow \text{Klorit} + \text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2$  (Deer ve diğ., 1962; Altunbey, 1996'dan).



Şekil 3.30. Çöteli'de Yerçöken Tepeler'in batısında kontakta alınan piroksenlerin (cpx) uralitleşmesi sonucu oluşan lifsi görünümlü tremolitler (tre). (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.31. Piroksen epidot skamlarda gözlenen ışınal, yelpaze görünümlü tremolit/aktinolit minerallerinin mikroskoptaki görünümü, tre: Tremolit, ep: Epidot. Örnek no: K6B (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.32. Şekil 3.31'in tek nikeldeki görünümü (T.N, 10x3,2).

Çalışma alanının farklı yerleşim yerlerinde yüzeyleyen skarnlaşmalar aşağıdaki gibidir:

**Üngüzek-Pirinçci civarında gözlenen skarnlar:** Piroksen endoskarn, olivin-piroksen endoskarn, piroksen ekzoskarn, granat ekzoskarn, granat-piroksen ekzoskarn şeklinde olup yer yer cevherleşmeler de skarlara eşlik etmektedir (Şekil 3.33a). Bunlara ilave olarak tremolit/aktinolit-Q ekzoskarnlar da bulunmaktadır.

**Piroksen Endoskarn:** Esas olarak plajiyoklaz, yeşil hornblend, piroksen, biyotit, mikroklin, az oranda da olivin ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Plajiyoklazlar 15 ila 23 arasında değişen sönme açılara sahip olup  $Al_{(40)}$  bileşimine sahip, andezin türündedir. Piroksenler yer yer tremolit/aktinolite dönüşmüş. Opak mineraller yaygın olarak gözlenmektedir. Karbonatlaşma, serisitleşme, silisleşme, kloritleşme, opasitleşme ve uralitleşme gözlenen alterasyon türleridir. Subhedral granüller ve mikroporfirik dokuludurlar.

**Olivin-Piroksen Endoskarn:** Esas olarak piroksen, plajiyoklaz daha az olarak da olivin, kalsit ve ikincil kuvarstan oluşan olivin-piroksen endoskarnlar (Şekil 3.34 ve Şekil 3.35) mikroporfirik dokulu olup, yoğun alterasyon sonucu piroksenler tremolit/aktinolit'e dönüşmüş, plajiyoklazlarda ise karbonatlaşma ve serisitleşmeler gelişmiştir. Ayrıca opasitleşme de yaygın alterasyon türü olarak görülmektedir.

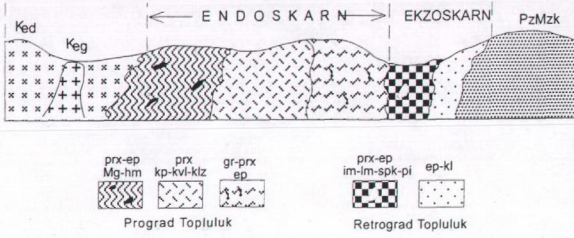
**Piroksen Ekzoskarn:** Heterogranoblastik dokulu olup, yoğun alterasyondan dolayı, plajiyoklaz kristalleri psödomorf olarak bulunup, karbonatlaşmışlardır. Yapılan cevher mikroskobisi incelemeleri sonucu kayaç içerisinde var olan az miktardaki opak mineralin hematit olduğu tesbit edilmiştir.

**Granat Ekzoskarn:** Yan kayaca doğru gidildikçe granat miktarında meydana gelen artıştan yukarıda değinilmişti. Öz şekilli ve zonlu granatlar (Şekil 3.36), bol kırık ve çatlaklı bir yapıda ve kayacın esas bileşenini oluşturmakta olup, yapılan XRD analizleri sonucunda granatların andradit (Şekil 3.37) bileşiminde oldukları saptanmıştır.

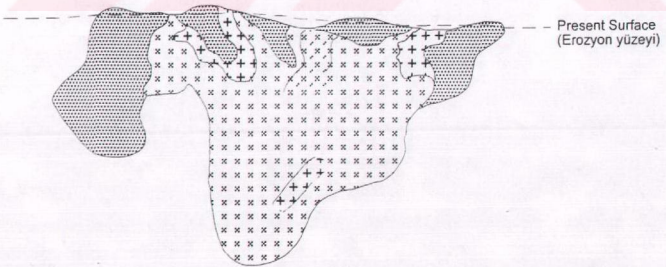
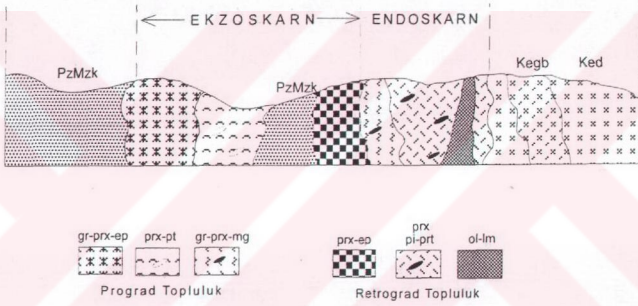
**Granat-Piroksen Ekzoskarn:** Yarı öz şekilli granatlar (Şekil 3.38) plajiyoklaz kapanımları içermektedirler. Plajiyoklazlar, serisitleşmiş ve karbonatlaşmışlardır. Yapılan XRD'lerde granatların grossular ve andradit bileşiminde, piroksenlerin ise esas olarak diyopsit, daha az olarak da johanseniten oluştuğu saptanmıştır. Ayrıca kayaçlar içerisinde kalsit, ilmenit, klorit, kuvars ve spinellerin de var olduğu tesbit edilmiştir (Şekil 3.39 ve Şekil 3.40) .

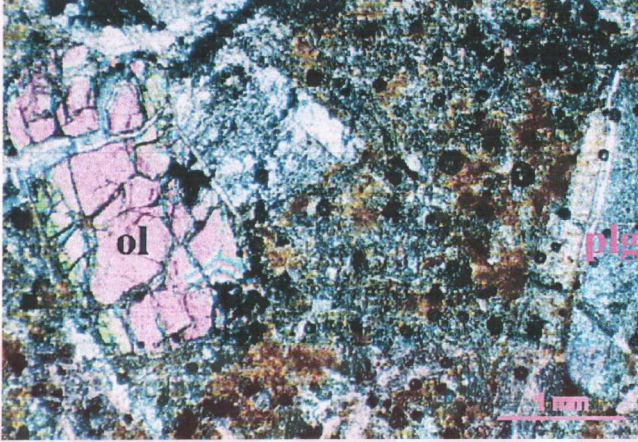


c. Çakmak

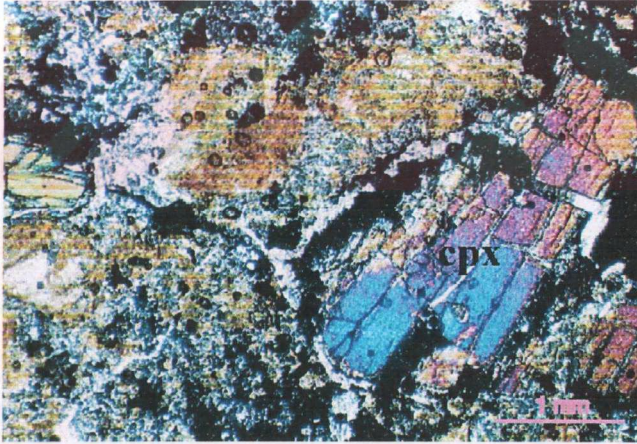


d. Çötelî

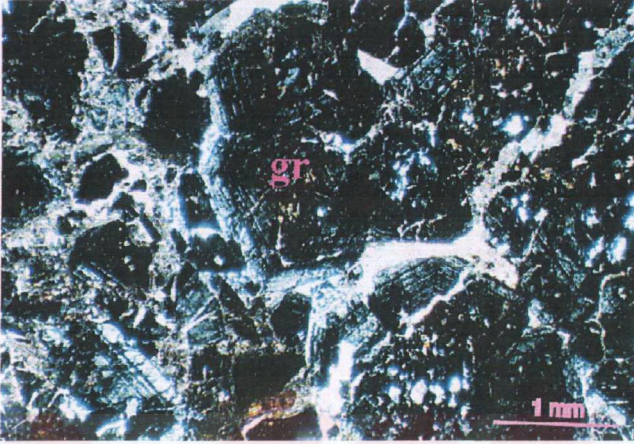




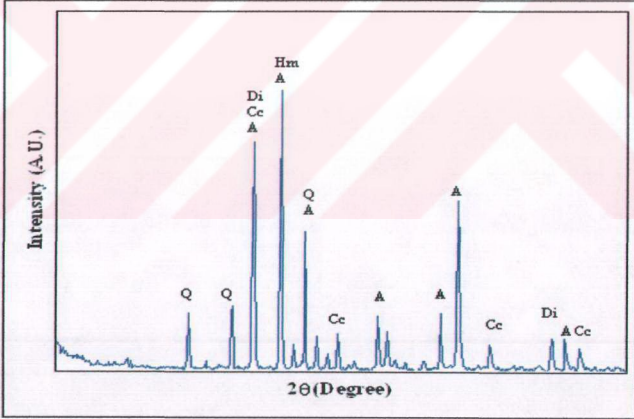
Şekil 3.34. Pirinçi kuzeybatısından alınan olivin ve piroksenli endoskarn örneği. Opasitleşmeler yaygın alterasyon türü olarak görülmektedir. Ol: Olivin, Plg: Plajiyoklaz (Ç.N, 10x3,2).



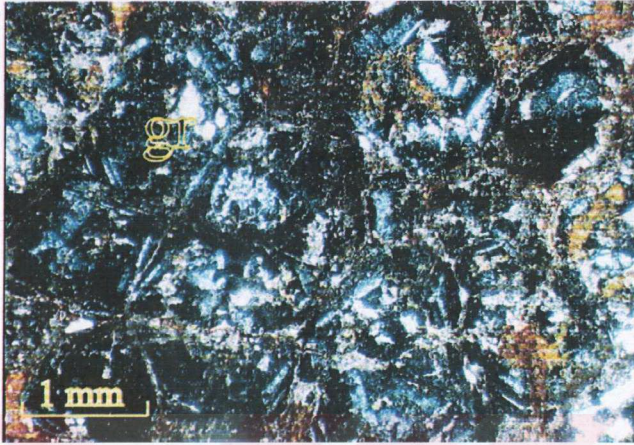
Şekil 3.35. Şekil 3.34'deki ince kesitin bir başka açıdan çekilmiş görüntüsü. cpx: Klinopirosen (Ç.N, 10x3,2).



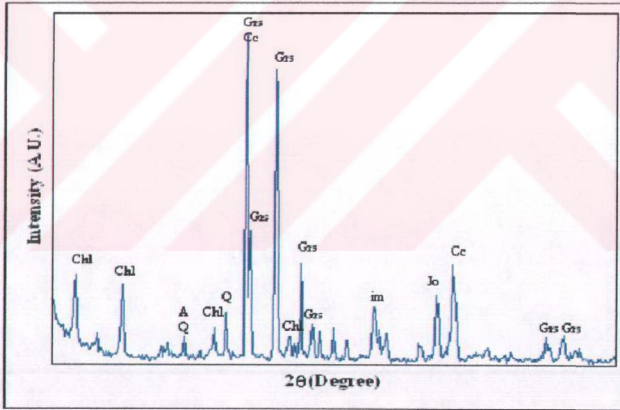
Şekil 3.36. Özşekli ve zonlu granat (gr) kristalleri ve aralarındaki küçük piroksen kristalleri. Granatların kırık çatlakları ve ara boşlukları karbonatlaşmış ve yer yer de FeO'ce zenginleşmiş. Örnek no: MS-1. (Ç.N, 10x3,2).



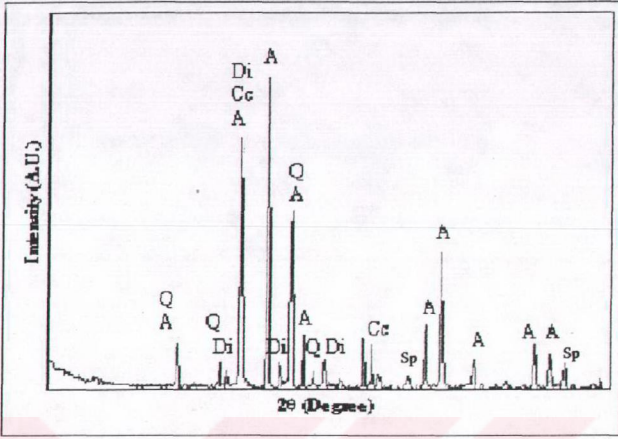
Şekil 3.37. MS-1 nolu ekzoskarm örneğine ait X ışınları difraktometresi. Cc: Kalsit, A: Andradit, Q: Kuvars, Di: Diyopsit, Hm: Hematit.



Şekil 3.38. Küçük zonlu granat (gr) kristalleri. Örnek no: MS-2. (Ç.N, 10x3,2).



Şekil 3.39. MS-2 nolu granat ekzoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi. Chl: Klorit, A: Andradit, Q: Kuvars, Grs: Grossular, Cc: Kalsit, Jo: Johansenit, im: ilmenit.



Şekil 3.40. MS-4 nolu granat-piroksen endoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi. Q: Kuvars, Di: Diyopsit, A: Andradit, Cc: Kalsit, Sp: Spinel.

**Çötelı civarında gözlenen skarnlar:** Piroksen endoskarn, olivin endoskarn, granat-piroksen endoskarn, granat-piroksen-epidot ekzoskarn dan oluşmaktadır (Şekil 3.33d). Bunlardan başka yer yer piroksen ekzoskarn ve piroksen-epidot ekzoskarnlara da rastlanmıştır.

**Piroksen Endoskarn:** Plajiyoklaz, klinopiroksen, opak mineraller ve az olarak da spinel minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 3.41). Plajiyoklazlarda serisitleşme, piroksenlerde ise uralitleşme gözlenen yaygın alterasyonlardır. Yapılan cevher mikroskobisi incelemeleri bu opak minerallerin esas olarak manyetit ve manyetitler içerisinde gelişmiş olan hematit ayrımları olduklarını göstermiştir. Ofitik, poikilitik ve elek dokular bu tür kayalarda gözlenen yaygın dokulardır. Piroksenler çoğunlukla opak mineral ve plajiyoklaz kapanımları içermektedir. Ayrıca XRD analizleri sonucu XRD’lerde plajiyoklazların anortit bileşiminde, amfibollerin hornblend, tremolit ve daha az olarak da arfvedsonit ve magnesioriebekit, piroksenlerin ise çoğunlukla diyopsit ve hedenberjit, daha az olarak da jadeit, enstatit ve johansenit türünde oldukları saptanmıştır (Şekil 3.42). Ayrıca skarn zonlarında rastlanan tipik minerallerden skapolit ve kordiyeritin de az oranda var olduğu saptanmıştır.

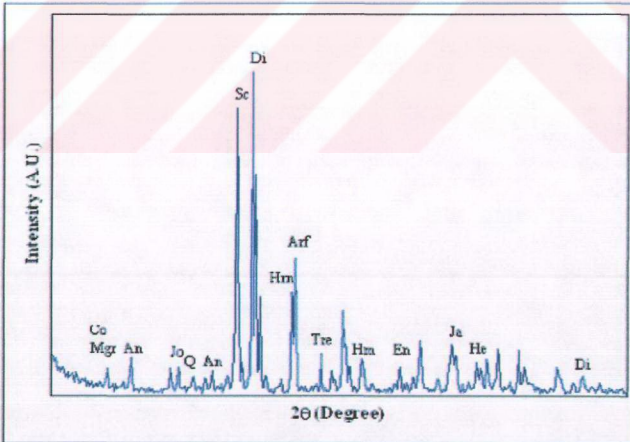
**Olivin Endoskarn:** İntüzif kayacın dolomitik mermerlere sokulumu sonucu kontak zonu kayalarında olivin kristallerine rastlanmaktadır (Şekil 3.43).

**Granat - Piroksen Endoskarn:** Yapılan XRD analizleri sonucu Çötelı civarındaki granatlı piroksen endoskarnlarda diyopsit, hedenberjit, enstatit ve pijonit türünde piroksenlerin; hornblend, tremolit ve arfvedsonit türündeki amfibollerin; ayrıca epidot, spinel, kuvars ve opak

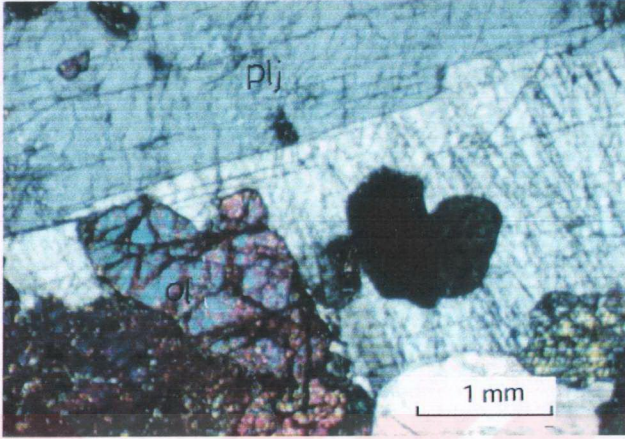
minerallerden magnetitin ve kayaç içerisinde az oranda bulunan ve grossular bileşimindeki granatın bulunduğu tesbit edilmiştir (Şekil 3.44 ve Şekil 3.45).



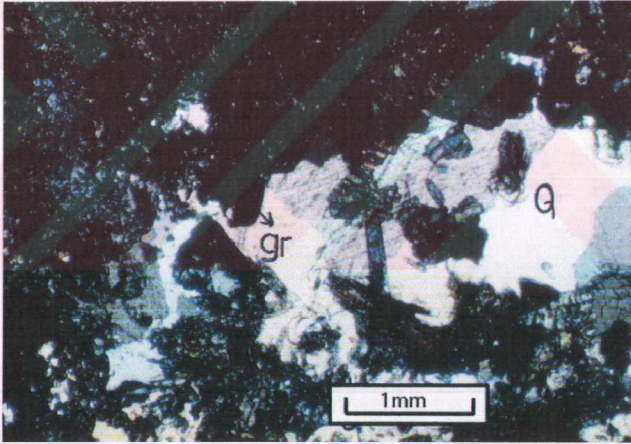
Şekil 3.41. Piroksen endoskarnlarda gözlenen piroksenlerdeki uralitleşmeler (M-15 nolu örnek). Poikilitik doku belirgin bir şekilde izlenmektedir. Plg: plajiyoklaz, cpx: klinopiroksen, hb: hornblend



Şekil 3.42. MS-3 nolu piroksen endoskarn örneğine ait X ışınları diffraktometresi. Co: Kordiyerit, Mgr: Magnesoriebekit, An: Anortit, Jo: Johansenit, Q: Kuvars, Sc: Skapolit, Di: Diyopsit, Hr: Hornblend, Arf: Arfvedsonite, Tre: Tremolit, En: Enstatit, Ja: Jadeyit, He: Hedenberjit, Di: Diyopsite.

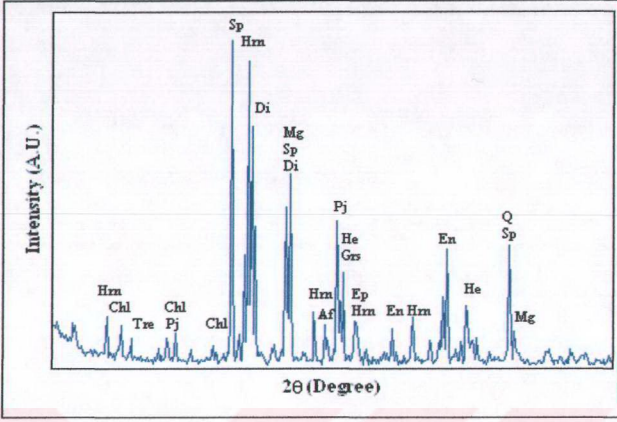


Şekil 3.43. Çöteli'de Yercöken Tepeleri'nin batısında yüzeyleyen olivin endoskarn örneğindeki plajiyoklaslarla (plj) birlikte görülen olivin (ol) kristalleri (Ç.N, 10x3,2).

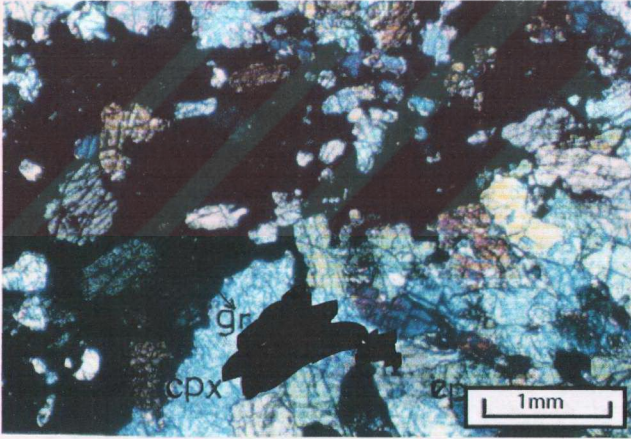


Şekil 3.44. Yercöken Tepeleri batısından alınan ve kontaklı karakterize eden granat (gr), epidot, kuvars (Q) ve kalsitten oluşmuş mikrofotograf. Örnek no: A4. (Ç.N, 10x3,2).

**Granat-Piroksen-Epidot Ekzoskarn:** Şekil 3.46'da görüldüğü gibi granat kristalleri piroksen ve epidotlarla iç içe bulunmaktadır.



Şekil 3.45. MS-8 nolu granat-piroksen endoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi. Hrn: Hornblend, Di: Diyopsit, Mg: Magnesit, Hrn: hornblend, En: Enstatit, He: Hedenbergit, Q: Kuvars, Chl: Klorit, Tre: Tremolit, Pj: Pigeonite, Arf: Arfvedsonite



Şekil 3.46. Çötelî'nin kuzeybatısında granat (gr), piroksen (cpx), epidottan (ep) oluşmuş M-6 nolu kayaç örneği (Ç.N, 10x3,2).

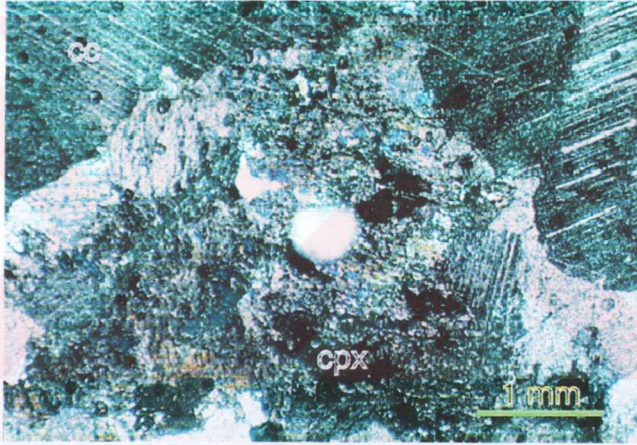
**Hal civarında gözlenen skarnlar:** Epidot endoskarn, piroksen-epidot ekzoskarn ve piroksen ekzoskarn'dan oluşmaktadır (Şekil 3.33a)

**Epidot endoskarn:** Hal Köyü'nün yaklaşık 1 km güneybatısında (Palıtlı Tepe'nin 1 km KB'sı) tonalitlerle mermerlerin kantağında esas olarak plajiyoklaz, kuvars, biyotit, opak mineral ve

bunlara ilave olarak da epidot mineraline rastlanmıştır. Plajiyoklazlar çoğunlukla süngerimsi (elek) dokulu çoğunlukla opak mineral kapanımı içermektedir. Kuvars taneleri içinde zonlu plajiyoklaz kristalleri kapanım halinde bulunmaktadır. Plajiyoklazlardaki sönme açısı 13° ila 25° arasında değişmektedir. Epidot mineralleri özellikle mermer dokanağına yakın kısımlarda yoğunlaşmaktadır.

**Piroksen – Epidot Ekzoskarn:** Esas olarak kalsit, kuvars, opak mineral ve bunlara ilave olarak piroksen ve epidot mineralleri bulunmaktadır. İkincil zeolit oluşumları söz konusudur. Heterogranoblastik dokuludurlar. Kalsit mineralleri yer yer basıncın etkisiyle plastik deformasyon izleri göstermektedir.

**Piroksen Ekzoskarn:** Esas olarak kalsit yer yer de piroksen ve kuvars minerallerine rastlanmaktadır. Kink-bant yapısı buradaki örneklerde de gözlenmektedir (Şekil 3.47).



Şekil 3.47. Hal (Aydınlı) Köyü güneybatısından alınan piroksenli mermer örneği. Cc: kalsit, cpx: klinopiroksen. Örnek no: M-18 (Ç.N, 10x3,2).

**Koruk civarında gözlenen skarnlar:** Piroksen endoskarn, epidot-piroksen endoskarn, olivin-piroksen-epidot endoskarn, olivin-ojit endoskarn, epidot endoskarn ve piroksen-epidot ekzoskarnlardan oluşmakta, yer yer de Q-kalsit ekzoskarn, epidot-klorit ekzoskarn, piroksen ekzoskarn ve tremolit/aktinolit ekzoskarnlara rastlanmaktadır (Şekil 3.33b).

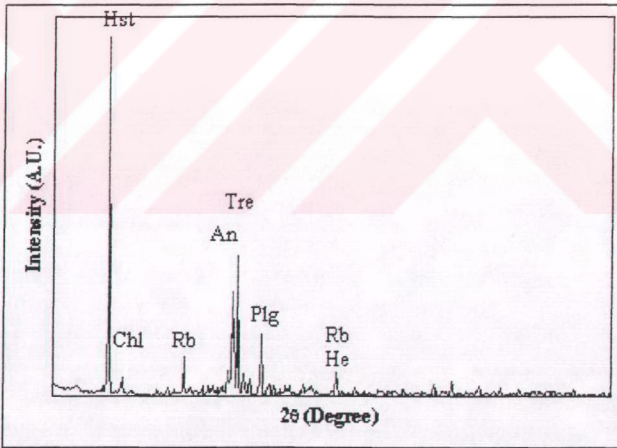
**Piroksen Endoskarn:** Esas olarak amfibol, plajiyoklaz, piroksen ve kloritten oluşmuştur. Piroksenler öz şekilsiz, genelde çatlaklı bir yapıda olup çatlakları arasında karbonatlaşmalar gözlenmektedir. Skarn zonlarında az oranda bulunan biyotit minerali genelde öz şekilsiz, kloritlemiş az oranda Fe'ce zenginleşme söz konusudur. Plajiyoklazların sönme açıları 17-18°

arasında olup,  $An_{(4-33)}$  arasında olup, albit, oligoklaz ve andezin bileşimindedir. Poikilitik ve granüler dokuludurlar. Diyoritlere bağlı olarak gelişmiş endoskarnlardaki amfiboller kloritleşmiş ve XRD'lere göre Fe'li bir amfibol türü olan hastingsit, tremolit ve riebekit; piroksenler ise hedenberjit türündedirler (Şekil 3.48).

**Epidot-Piroksen Endoskarn:** Plajiyoklaz, piroksen, epidot, klorit, ikincil kuvars ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 3.49). Kayaç içerisinde az oranda bulunan opak mineraller epidotlarla iç içe bulunmaktadır.

**Olivin-Piroksen-Epidot Endoskarn:** Plajiyoklazlar  $13^\circ$  ila  $23^\circ$  lik sönme açısı vererek  $An_{(10-44)}$  albit-andezin türünü vermektedir. Plajiyoklazlar ve piroksenler hamur içerisinde mikrolitler halinde bulunmaktadır. Hamur içerisinde iri fenokristaller olarak plajiyoklaz, klinopiroksen, olivin ve klorit, kalsit, serisit, epidot gibi tali mineraller içermektedirler. Kayaç içerisinde var olan amfiboller ya opasitleşmiş ya da kloritleşmiş olarak bulunurlar. Olivin kayaç içerisinde az oranda bulunmakta ve kırıklı-çatlaklı bir yapı göstermektedir.

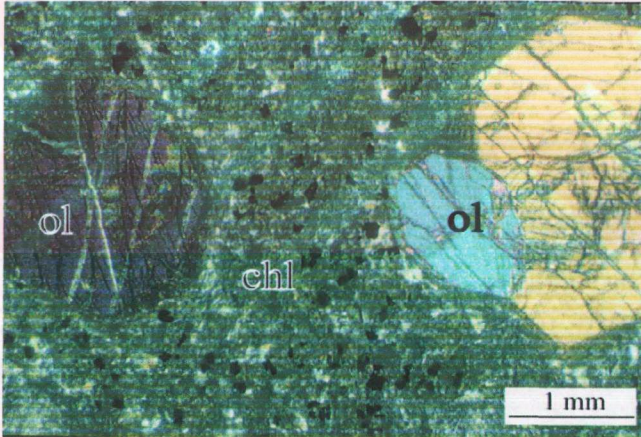
**Olivin-Piroksen Endoskarn:** Ortopiroksen, klinopiroksen, plajiyoklaz, hornblend, opak mineral, olivin ve kalsit minerallerinden oluşur. Olivinler öz şekillidirler (Şekil 3.50 ve Şekil 3.51). Piroksenler öz ve yarı öz şekilli ve  $48^\circ$ lik sönme açısı gösterip, ojit türünü vermektedir.



Şekil 3.48. MS-6 nolu piroksen endoskarn örneğine ait X ışınları difraktometresi. Hst: Hastingsit, Tre: Tremolit, Chl: Klorit, Rb: Riebekit, An: Anortit, Plg: Plajiyoklaz, He: Hedenberjit



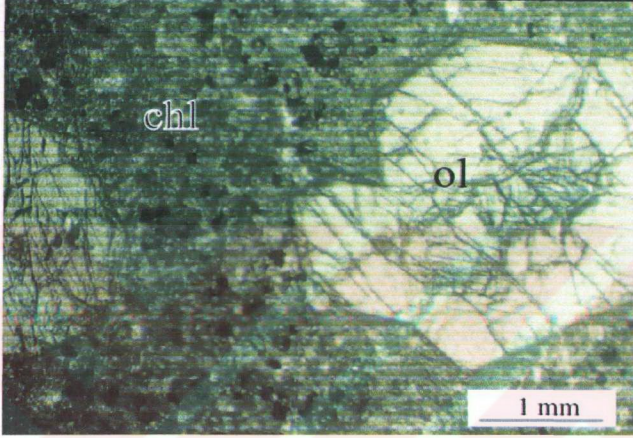
Şekil 3.49. Epidot-Piroksen skarlara ait bir örneğin mikroskoptaki görünümü. Epidotlar çoğunlukla piroksenlerin alterasyonu ile gelişmişlerdir. Örnek no: MS-6. (Ç.N, 10x3,2).



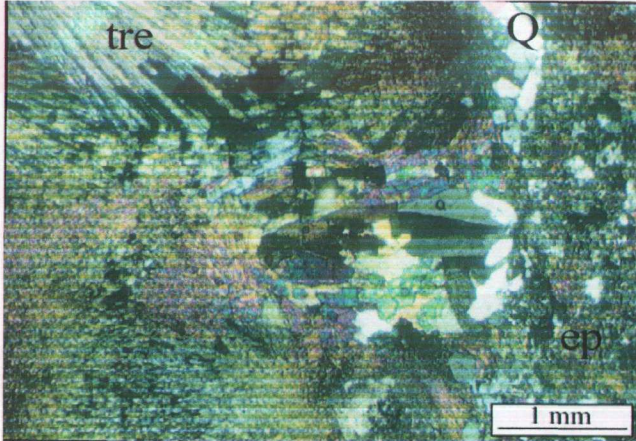
Şekil 3.50. Koruk'da Köybaşı tepe batısından alınan yoğun kloritleşme, opasitleşme gösteren öz şekilli olivin (ol) kristalleri içeren kayaç örneğinin mikroskoptaki görünümü (Ç.N, 10x3,2).

**Epidot - Piroksen Ekzoskarn:** Kalsit, epidot, kuvars, piroksen, tremolit/aktinolit esas minerallerini oluşturur. Skarn zonlarında var olan tremolit/aktinolitler epidotlarla birlikte bulunurlar (Şekil 3.52).

**Epidot Endoskarn:** Epidot endoskarnlar genellikle granitik veya tonalitik kayalara yakın olarak gelişmiştir. Kuvars, plajiyoklaz, K.feldspat, biyotit, amfibol, epidot, klorit, karbonat minerallerinden oluşmaktadır. Kuvars dışındaki tüm mineraller yoğun bir alterasyon göstermektedir. Biyotit ve amfiboller çoğunlukla psödomorf olarak bulunup, yoğun bir şekilde kloritlemişlerdir.



Şekil 3.51. Şekil 3.50'deki ince kesitin farklı bir açıdan tek nikeldeki görüntümü. (T.N, 10x3,2).



Şekil 3.52. Skarn zonlarının tipik minerallerinden tremolit/aktinolit (tre), epidot (ep) ve kuvarsların (Q) bir aradaki görüntümü. Örnek no: K6B . (Ç.N, 10x3,2).

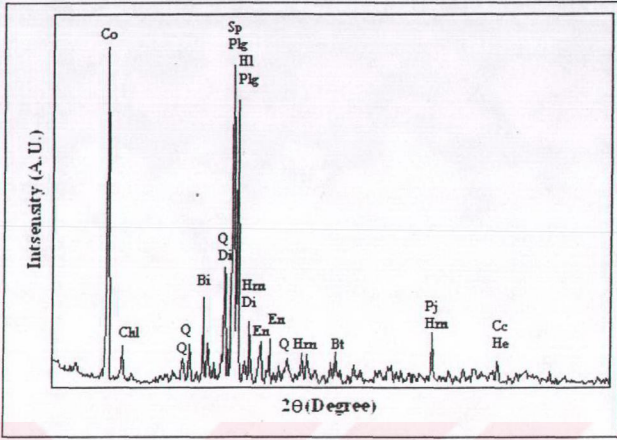
**Seyhan ve Yukarı Çakmak civarında gözlenen skarnlar:** Piroksen-epidot endoskarn, piroksen endoskarn, epidot endoskarn, granat-piroksen-epidot endoskarn; ayrıca epidot-klorit ekzoskarn, piroksen-epidot ekzoskarn ve epidot ekzoskarnlardan oluşmaktadır (Şekil 3.33c).

**Piroksen-Epidot Endoskarn:** Kuvars, hornblend, plajiyoklaz, alkali feldspat, piroksen, epidot, kalsit, sfen esas minerallerini oluşturur. Plajiyoklazlar, öz şekilsiz, ikizlenmeli, osilasyonlu zonlanmalı, merkezi kısımları serisitleşmiş ve amfibol kapantıları içermektedir. Amfiboller kuvvetli yeşil pleokroizmalı, tek ve çift yönde dilinimli yer yer altıgen şekilli kesitler sunmaktadır. İri piroksenlerin etrafında korona dokusu oluşturacak şekilde amfibol kristalleri gelişmiştir. Genellikle öz şekilli küçük kristalitler halinde sfen minerali içermektedir.

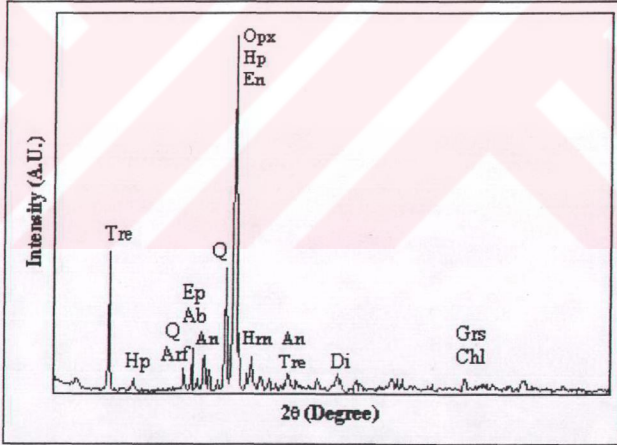
**Piroksen Endoskarn:** Mirmekitik, granüler ve poikilitik dokulu piroksen endoskarnlar, plajiyoklaz, alkali feldspat ve tali olarak kuvars, kalsit, spinel, sfen ve opak mineral içerirler, bunlara ilave olarak skarn zonlarının tipik minerali olan piroksenleri de içerirler. Piroksenler irili-ufaklı, özşekilli ve genellikle küçük kristaller halinde olup XRD analizlerinde çoğunlukla pijonit, diyopsit, daha az olarak da enstatit türünde oldukları saptanmıştır, yer yer opak mineral kapanımları da içermektedirler. Biyotitler Fe'ce zenginleşmenin bir belirtisi olarak pleokroizma rengi kahverengiden kırmızıya kadar değişmektedir. Kayaç içerisinde az miktarda bulunan piroksen kristalleri uralitleşmiş ve 8-10° lik sönme verirler. Plajiyoklazlar karbonatlaşmış ve serisitleşmiş durumdadır. Piroksenler opak mineral kapanımları, hornblendler ise öz şekilli plajiyoklaz kapanımları içermektedir ve dilinimler boyunca opaklaşmış durumdadır. Feldspatlar pertitik yapı gösterirler. Öte yandan granitlere bağlı olarak gelişmiş bazı endoskarn örneklerinde plajiyoklazların andezin-bitownite; piroksenlerin hedenberjit, enstatit, pijonit; amfibollerin ise riebekit, hornblend türünde oldukları ve bunlara ilaveten kordiyerit, heulandit, spinel, kuvars ve kloritlerin varlığı XRD analizleri sonucu tesbit edilmiştir (Şekil 3.53).

**Epidot Endoskarn:** Aşağı Çakmak Mahallesinden alınan örneklerde epidotlaşmalar belirgin bir şekilde izlenmektedir. Bu örneklerde epidot minerallerine kuvars ve klorit mineralleri eşlik etmektedirler

**Granat-Piroksen-Epidot Endoskarn:** Y-12B nolu örnek mikroskopik olarak incelendiğinde varlığı tesbit edilen plajiyoklaz, kuvars, klorit, hornblend, uralitleşmiş piroksen minerallerine XRD analizleri sonucu grossular, klorit, epidot, arfvedsonit, tremolit mineralleri ilave edilmiş ve kayaç içerisinde ortopiroksenlerin var olduğu, klinopiroksenlerin ise hipersten, enstatit, diyopsit türünde oldukları tesbit edilmiştir (Şekil 3.54).



Şekil 3.53. MS-9 nolu endoskarn örneğinin X ışınları difraktometresi. Co: Kordiyerit, Chl: Klorit, Q: Kuvars, Bi: Biyotit, Di: Diyopsit, Sp: Spinel, Plg: Plajiyoklaz, Hl: Heulandit, Hrn: Hornblend, En: Enstatit, Bt: Bitöwnit, Pj: Pijonit, Cc: Kalsit, He: Hedenberjit.



Şekil 3.54. MS-7 nolu granat-piroksen-epidot endoskarn örneğinin X ışınları difraktometresi. Tre: Tremolit, Hp: Hipersten, Q: Kuvars, Ep: Epidot, Ab: Albit, An: Anortit, Hrn: Hornblend, Di: Diyopsit, Grs: Grossular, Chl: Klorit, Arf: Arfvedsonit.

Skarn kayaçlarında yapılan petrografik incelemeler ve 10 adet örneğın XRD analiz sonuçlarına göre, çalışma alanındaki farklı bölgelerde tesbit edilen mineral parajenezleri, dokular ve kayaç türleri Çizelge 3.1'de toplu olarak görölmektedir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki farklı yerleşim yerlerindeki mineral, doku ve kayaç türlerindeki değişim.

Yer	Mineraller	Dokular	Kayaç Türleri
Üngüzek/ Pirinçci /Hal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andradit</li> <li>• Grossular</li> <li>• Diyopsit</li> <li>• Johansenit</li> <li>• Kalsit</li> <li>• Kuvars</li> <li>• Hematit</li> <li>• Klorit</li> <li>• Jadeit</li> <li>• Olivin</li> <li>• Tremolit /Aktinolit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroporfirik</li> <li>• Heterogranoblastik</li> <li>• Subhedral granüler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granat-Piroksen ekzoskarn</li> <li>• Granat ekzoskarn</li> <li>• Piroksen-epidot ekzoskarn</li> <li>• Tre/Akt-Q ekzoskarn</li> <li>• Piroksen ekzoskarn</li> <li>• Epidot endoskarn</li> <li>• Piroksen endoskarn</li> <li>• Olivin-Piroksen endoskarn</li> </ul>
Çöteli	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jadeit</li> <li>• Hedenberjit</li> <li>• Diyopsit</li> <li>• Enstatit</li> <li>• Kordiyerit</li> <li>• Johansenit</li> <li>• Arfvedsonit</li> <li>• Hornblend</li> <li>• Tremolit</li> <li>• Skapolit</li> <li>• Kuvars</li> <li>• Kalsit</li> <li>• Anortit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poikilitik</li> <li>• Ofitik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granat-piroksen-epidot ekzoskarn</li> <li>• Piroksen ekzoskarn</li> <li>• Piroksen-epidot ekzoskarn</li> <li>• Piroksen endoskarn</li> <li>• Granat-piroksen endoskarn</li> <li>• Olivin endoskarn</li> </ul>
Çakmak /Şeyhan/Üç Ağaç/ Mağaraköy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anortit</li> <li>• Kuvars</li> <li>• Grossular</li> <li>• Klorit</li> <li>• Epidot</li> <li>• Diyopsit</li> <li>• Pijonit</li> <li>• Skapolit</li> <li>• Tremolit</li> <li>• Hipersten</li> <li>• Hornblend</li> <li>• Kordiyerit</li> <li>• Spinel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granüler</li> <li>• Poikilitik</li> <li>• Pertitik</li> <li>• Elek doku</li> <li>• Uralitleşmiş piroksen dokusu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piroksen-epidot ekzoskarn</li> <li>• Epidot-klorit ekzoskarn</li> <li>• Piroksen-epidot endoskarn</li> <li>• Piroksen endoskarn</li> <li>• Epidot endoskarn</li> <li>• Granat-piroksen-epidot endoskarn</li> </ul>
Koruk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hastingsit</li> <li>• Tremolit</li> <li>• Riebekit</li> <li>• Klorit</li> <li>• Hedenberjit</li> <li>• Kordiyerit</li> <li>• Diyopsit</li> <li>• Spinel</li> <li>• Biyotit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granüler</li> <li>• Poikilitik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piroksen ekzoskarn</li> <li>• Epidot-klorit ekzoskarn</li> <li>• Q-cc ekzoskarn</li> <li>• Tremolit/Aktinolit ekzoskarn</li> <li>• Piroksen-epidot ekzoskarn</li> <li>• Piroksen endoskarn</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Andezin</li><li>• Anortit</li><li>• Pijonit</li><li>• Kuvars</li><li>• Kalsit</li><li>• Enstatit</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Epidot-piroksen endoskarn</li><li>• Olivin-piroksen-epidot endoskarn</li><li>• Olivin-piroksen endoskarn</li><li>• Epidot endoskarn</li></ul>
--	--	--	---



## 4. JEOKİMYA

### 4.1. Elazığ Mağmatitleri

Çalışma alanındaki mağmatik kayaları kimyasal olarak sınıflandırmak, değişik kayac birimleri arasında kökensel ilişkinin var olup olmadığını saptamak ve kimyasal özelliklerden hareketle bölgenin tektonik gelişimini açıklamaya katkıda bulunmak amacıyla, çalışma alanının değişik kesim ve litolojilerinden alınan 12 adet örneğin tüm kayac kimyasal analizleri (ana oksit, iz element ve NTE analizleri) Kanada (ACME) Analitik Kimya Laboratuvarına gönderilmiş ve X Işınlari Fluoresans (XRF) Yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Örnekler analize gönderilmeden önce Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında kırma, öğütme ve toz haline getirme işlemleri yapılmıştır. Ancak analizi yaptırılan örneklerden 9 adetinin skarn kayalarına ait olması ve geriye kalan 3 adet örneğin de kimyasal değerlendirmede yeterli olmayacağı ve daha sonra yeniden kimyasal analiz yaptırma imkanı da oluşmadığından dolayı, çalışmada bir bütünlüğün sağlanması amacıyla analizi yapılan örneklerle birlikte, çalışma sahasının batısında ve devamında aynı birim üzerine yeterince kimyasal analiz yapmış olan Akgül (1993)'e ait 14 adet kimyasal analiz sonuçları değerlendirilmek üzere kullanılmıştır.

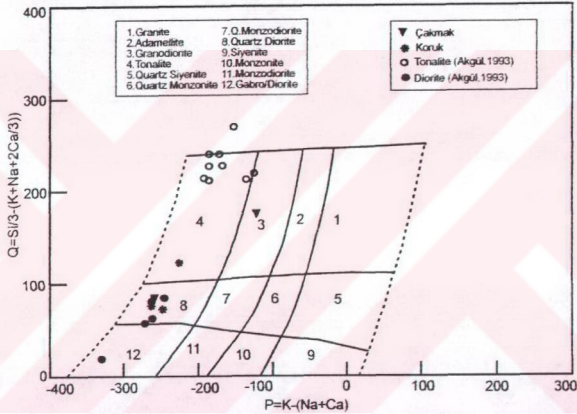
XRF analiz yöntemiyle Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, P ve Mn gibi 10 ana element ile Ba, Ni, Sc, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl ve Se olmak üzere 46 eser element analizi yapılmıştır. Analizleri yapılan örneklerin element içerikleriyle önemli bazı element oranları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Debon ve Le Fort (1982, 1988), kayac oluşturan ana minerallerin ana elementlerini kullanarak elde ettikleri birtakım parametrelere göre geliştirdikleri diyagramlarla granitoyitler için kafemik, alümino-kafemik ve alümino topluluklar belirlemişlerdir. Kafemik ve alümino-kafemik topluluklar için kalkalkali, subalkali, alkali ve toleyitik alt bölümler belirleyen araştırmacılar, alümino topluluklar için ise; kuvars içeriği, renk indisi, alkali oranı ve kuvars alkali ilişkisine göre çeşitli alt bölümler belirlemişlerdir (Boztuğ, 1986, 1989).

Çizelge 4.1. Ana element (%), iz element (ppm) ve NTE (ppm) analiz sonuçları ve çalışmayla ilgili bazı parametreler

Lokasyon Kayactürü Örnek adı	Üngüzek			Çötelı		Çakmak			Koruk			
	Egzo	Egzo	Egzo	Endo	Endo	Kuvarsit	Grd	Gr	Endo	Endo	Kuvarsit	Q-di
Örnek No	MS-1	MS-2	MS-4	MS-3	MS-8	MS-5	MS-7	MS-12	MS-6	MS-9	MS-10	MS-11
SiO <sub>2</sub>	36.73	34.29	36.31	43.52	42.21	89.29	59.61	69.15	47.45	50.68	85.84	57.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.16	11.59	0.69	16.06	14.76	4.35	17.34	14.75	19.10	16.80	4.59	16.28
FeO*	22.75	14.05	23.51	10.34	8.89	1.02	4.89	3.85	8.51	12.36	2.21	8.98
MgO	0.44	1.75	1.72	6.96	8.47	0.65	2.85	0.96	7.02	4.44	0.46	3.26
CaO	31.16	28.85	31.48	20.28	22.03	1.04	8.14	3.32	12.33	8.83	3.43	7.18
Na <sub>2</sub> O	0.07	0.05	0.05	0.42	0.28	0.58	4.03	3.59	1.10	2.94	0.24	3.22
K <sub>2</sub> O	0.04	0.18	0.02	0.06	0.02	2.35	0.95	2.61	0.21	0.53	0.28	0.55
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.17	0.01	0.89	0.93	0.13	0.62	0.31	0.34	1.02	0.09	0.70
MnO	0.03	0.09	0.03	0.02	0.01	0.02	0.10	0.06	0.03	0.10	0.03	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.34	1.13	0.64	0.14	0.08	0.02	0.11	0.09	0.15	0.24	0.07	0.19
LOI	6.10	7.8	5.3	1.0	2.0	0.2	1.0	1.0	3.6	1.7	2.7	1.4
Total	99.89	99.97	99.78	99.71	99.69	99.70	99.66	99.73	99.87	99.66	99.94	99.84
Ni	<20	<20	<20	24	31	<20	<20	<20	23	<20	<20	<20
Cr	0.001	0.002	0.002	0.004	<0.001	0.002	0.001	<0.001	0.014	0.002	<0.001	0.001
V	7	17	6	244	152	10	134	28	182	329	37	179
Sc	1	5	1	15	15	3	24	6	41	37	3	23
Cu	3.9	34.3	37.0	16.0	24.3	24.1	5.4	1.8	89.4	43.3	7.4	24.7
Zn	17	42	948	19	62	22	16	34	14	20	14	36
Sr	30.7	46.9	14.1	146.3	86.0	52.9	266.6	191.1	177.4	198.5	80.4	192.9
Rb	2.1	9.0	1.5	2.7	1.9	65.1	20.7	89.5	5.5	3.3	6.8	10.6
Zr	14.5	96.6	3.0	84.3	93.2	53.6	66.5	133.3	11.2	37.9	19.8	50.8
Nb	0.8	10.5	1.3	0.8	1.0	2.7	3.6	7.3	<0.5	3.5	1.0	3.8
Ba	173	146	147	128	77	366	212	306	70	90	59	166
Pb	0.8	2.9	2.5	1.8	0.9	3.1	0.8	1.2	0.9	0.6	0.4	0.6
Th	1.1	3.5	0.5	0.3	0.4	2.8	1.5	6.6	0.2	0.4	0.7	2.0
La	2.1	25.9	7.6	2.8	2.3	10.0	8.4	13.4	1.6	4.8	4.3	5.4
Ce	2.9	90.7	6.2	7.8	6.7	20.6	17.7	26.2	3.0	10.4	7.8	12.3
Nd	2.0	50.5	6.8	5.8	4.5	9.3	8.1	9.5	2.2	6.0	2.6	7.6
Y	8.0	55.6	6.3	13.4	9.9	9.1	18.6	17.8	11.9	20.7	5.5	21.7
Co	4.3	3.3	2.4	32.0	23.5	2.8	9.0	5.3	36.5	24.2	3.5	17.8
La	2.1	25.9	7.9	2	8.4	7.6	1.6	5.4	10.0	2.3	4.8	4.3
Ce	2.9	90.7	6.2	7.8	6.7	20.6	17.7	26.2	3.0	10.4	7.8	12.3
Pr	.47	12.84	1.57	1.24	.98	2.51	1.89	2.64	.35	1.29	.71	1.52
Nd	2.0	50.5	6.8	5.8	4.5	9.3	8.1	9.5	2.2	6.0	2.6	7.6
Sm	.3	7.9	.9	1.7	1.6	1.9	2.3	2.4	.9	2.0	.7	2.1
Eu	.14	2.07	.28	.63	.44	.34	.75	.73	.36	.85	.23	.78
Gd	.72	7.39	.97	2.20	1.71	1.77	2.39	2.39	1.26	2.88	.57	2.82
Tb	.15	1.35	.11	.40	.29	.27	.44	.42	.21	.55	.13	.52
Dy	.84	8.13	.52	2.39	1.86	1.67	2.71	2.50	1.35	3.44	.73	3.63
Ho	.16	1.70	.10	.40	.30	.25	.62	.59	.29	.69	.14	.70
Er	.59	5.44	.28	1.20	.93	.74	1.72	1.76	1.04	1.76	.48	2.06
Tm	.07	1.00	.06	.19	.15	.11	.28	.30	.16	.30	.07	.31
Yb	.52	5.69	.30	1.15	1.12	.70	2.07	1.82	.87	2.34	.50	2.46
Lu	.07	.79	.03	.19	.16	.11	.40	.31	.14	.34	.10	.32
Nb/Y	0.1	0.2	0.2	0.06	0.1	0.3	0.2	0.4	<0.04	0.17	0.2	0.2
FeO*/MgO	51.7	8.03	13.67	1.49	1.05	1.57	1.72	4.01	1.21	2.78	4.80	2.76
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	0.11	0.23	0.07	0.48	0.30	2.93	4.98	6.2	1.31	3.47	0.52	3.77
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1.75	0.28	2.5	7	14	0.25	4.24	1.38	5.24	5.55	0.86	5.86
K <sub>2</sub> O/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.16	0.03	0.43	0.25	117.5	8.64	29	1.4	2.21	4	2.90
Zr/Nb	18.13	9.2	2.31	105.38	93.2	19.85	18.47	18.26	<22.4	10.83	19.8	13.37

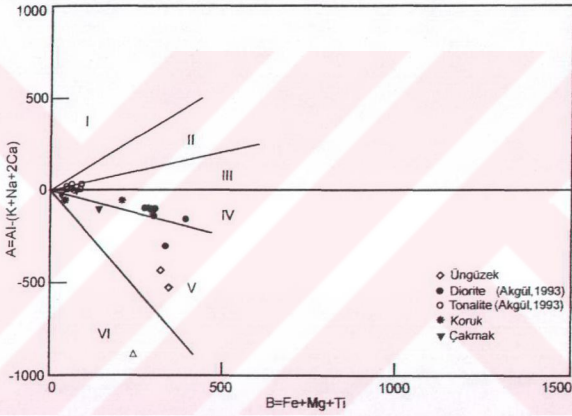
İnceleme alanına ait kimyasal analizi yaptırılmış olan mağmatik kayaların adlandırılmasında Debon ve Le Fort (1982), tarafından önerilen Q-P diyagramını kullanılmıştır. Şekil 4.1'de de görüldüğü gibi kayaç örnekleri granodiyorit, tonalit, diyorit, ve kuvars diyorit bölgelerinde yer almaktadır. Değişik bileşimdeki bu kayaçların Q-P diyagramındaki konumlarından da anlaşıldığı gibi, kimyasal parametrelere göre yapılan kayaç adlandırmasıyla mineralojik adlandırma arasında büyük benzerlikler bulunmaktadır. Diyagramdan da görüleceği üzere Koruk'tan alınan 2 adet kayaç örneği kuvars diyorit, bir örnek ise tonalit bölgesine düşmektedir. Çakmak'tan alınan ve 3 örnekten birisi kuvars diyorit alanına diğeri granodiyorit alanına düşmekte diğeri ise diyagram dışında kalmaktadır. Akgül (1993)'e ait örnekler diyorit, kuvars diyorit ve tonalit alanına yerleşmişlerdir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların ve ilişkili skarn kayaçlarının Q-P diyagramında (Debon ve Le Fort, 1982) sınıflandırılması.

Debon ve Le Fort (1983), kafemik birliği oluşturan mağmaların esas olarak mantodan veya manto bileşeni baskın olan manto+kabuk bileşenli hibrid bir kaynaktan, alüminokafemik birliklerin ise kabuk bileşeni baskın olan manto+kabuk bileşenli hibrid bir kaynaktan oluştuğunu, alümino birliklerin ise tümüyle kabuksal (sialik) malzemenin bölümsel ergimesi ürünü olduğunu belirtirler. Ancak bu üç birlik arasındaki sınırları belirlemenin neredeyse olanaksız olduğunu da vurgularlar. Böyle bir hibrid magma, okyanus kabuğunun kıta kabuğu altına dalarak tükenmesiyle üst manto ve üzerleyen kıta kabuğundan malzeme katılımıyla sağlanabilmektedir.

Debon ve Le Fort (1983) tarafından geliştirilmiş A ve B  $\{A = [Al-(K+Na+2Ca)], B = (Fe+Mg+Ti)\}$  parametreleri kullanılarak farklı magmatik birliklerin ayrılmasını sağlayan diyagram (Şekil 4.2) altı ayrı sektöre bölünmüş, ilk üç sektör (I, II, III) Peralüminus alan, ikinci üç sektör (IV, V, VI) ise Metalüminus alan olarak ayrılarak, her bir alan için de kimyasal bileşimden hareketle olası mineral bileşimi tanımlanmaya çalışılmıştır. Bu diyagram üzerinde kayaların dağılımları incelendiğinde mafik bileşen olarak piroksen, hornblend ve epidot içeren skarn kayaç örnekleri, diyoritik ve bazı tonalitik kayaç örnekleri 4 ve 5 no.lu alanda yani metalüminus bölgede konumlanmakta, diğer tonalit örnekleri ise peralüminus bölgede yer almaktadırlar. Bu örnekler mafik bileşen olarak biyotit ve hornblend içermektedirler. Her bir alan için tanımlanan teorik mineral bileşimleri ise petrografik gözlemler ile uyumludur.

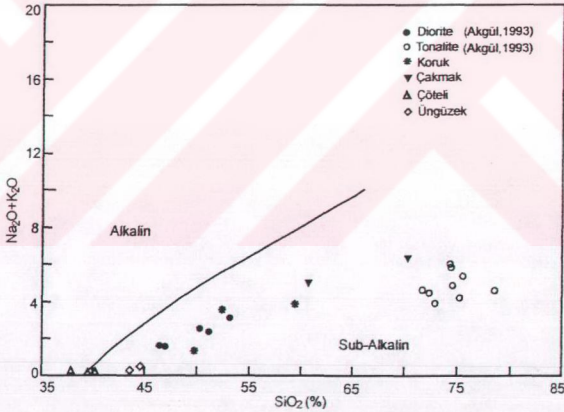


Şekil 4.2. Elazığ Magmatitleri'ne ait plütoniklerin ve skarn kayaçlarının A ve B  $\{A = [Al-(K+Na+2Ca)], B = (Fe+Mg+Ti)\}$  diyagramları üzerinde gösterilmesi [Debon ve Le Fort, (1983)]. B ekseninin üst kısmı peralüminus, alt kısmı metalüminus bölge olarak tanımlanmıştır.

Kuno (1966), kayaçların alkali ( $Na_2O+K_2O$ ) ve silis ( $SiO_2$ ) bileşenlerini kullanarak toleyitik, kalk-alkali ve alkali alanlarını belirleyen bir diyagram geliştirmiştir. Şekil 4.3'de de görüldüğü gibi analiz edilen bir örnek hariç, tüm kayaç örnekleri  $SiO_2-Na_2O+K_2O$  diyagramına göre Sub-Alkali bölgeye düşmektedir. Bu diyagrama göre Çakmak yöresindeki granodiyorit ve tonalit örneklerinin toplam alkali ve silis içerikleri, bir diyorit örneği hariç birbirine benzemektedir. Diğer taraftan Koruk'tan alınan örnekler (bir Koruk örneği hariç ki bu örnek nötr bileşimli) ve diğer diyorit örnekleri benzer alkali içeriklerine sahip olmasına karşın bazı diyorit örneklerinin silis içerikleri biraz daha azdır, bu da çalışma alanında magmatikler ve mermerlerin koyağına yakın alınıyor olabilecek diyorit örneklerinden yan kayaca silis göçü ile

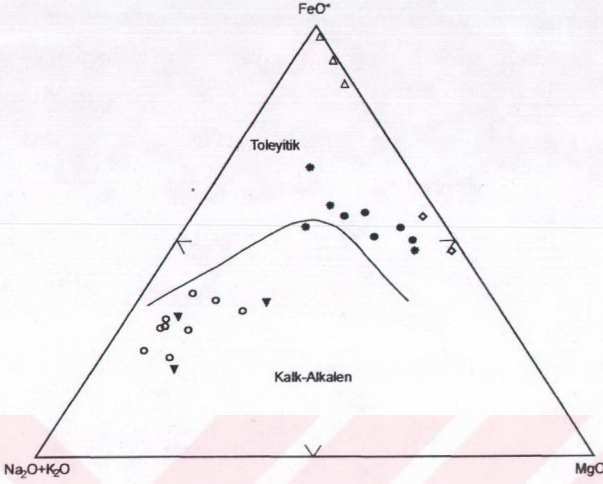
açıklanabilmektedir. Çötel (piroksenli endoskarnlar) ve Üngüzek (granat ve piroksenli ekzoskarnlar)'den alınan örneklerin toplam alkali içerikleri çok düşük olup, silis içerikleri ise 45' in altındadır.

Kayaçların toplam alkali, toplam FeO ve MgO oranları kullanılarak geliştirilen üçgen diyagramda (AFM) diyoritik kayaç örneklerinin tümü toleyitik bölge içerisinde yer almıştır. Üngüzek'ten alınan skarn örneklerinde aşırı bir demir zenginleşmesinin olduğu hemen nerdeyse F (FeO) köşesinde konumlandıkları ve toleyitik bölgede yer aldıkları görülmektedir. Koruk'tan alınan 4 örnekten 3'ü toleyitik bölgede bir örnek ise kalkalkali ve toleyitik sınırına çok yakın ancak kalkalkalen bölge içerisinde yer almıştır. Çötel'den alınan 2 örnek FeO ve MgO'ce zenginleşme göstermiş ve toleyitik alan içerisinde kalmıştır. Üngüzek, Çötel, Koruk yörelerine ait örnekler ve Akgül (1993)'e ait diyoritik kayaç örnekleri alkalilerce fakirdir. Hemen hemen bütün tonalitik kayaç örnekleri alkalilerce zenginleşme ve Fe'ce de fakirleşme göstermektedir. Birkaç tonalit örneği Fe'ce zenginleşme ve nisbeten orta dereceli bir alkali zenginleşmesi göstermektedir. Bu da arazideki skarnlaşma ve cevher oluşumunun çoğunlukla diyoritlere bağlı olarak geliştiğini göstermektedir (Şekil 4.4).



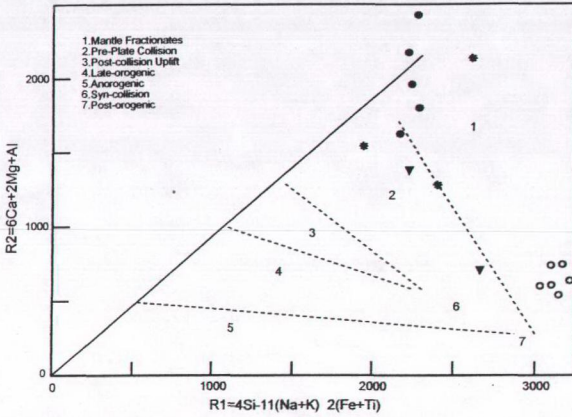
Şekil 4.3. Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaçların Alkali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) – Silis (SiO<sub>2</sub>) diyagramı (Kuno, 1966) ile oluştukları tektonik ortamın belirlenmesi.

Debon ve Le Fort (1982), değişik kayaç üyelerinin oranı ve bunların demirce zenginleşme durumları ne olursa olsun, düşük potasyumlu kayaçlardan meydana gelmiş aşırı doygun tüm kayaç topluluklarının (gabro, diyorit, kuvars diyorit, tonalit ve trondjemit) toleyitik olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.4. Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütönik kayaların AFM diyagramı ile oluştukları tektonik ortamın belirlenmesi (Kuno, 1968). Simgeler şekil 4.3'deki gibidir.

De La Roche ve diğerleri (1980) tarafından, ana element oksitlerin katyonik oranları kullanılarak hesaplanan  $R1-R2$  ( $R1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$ ,  $R2=6Ca+2Mg+Al$ ) parametreleri ile oluşturulan grafik üzerinde Pitcher (1979, 1983) tarafından belirlenmiş olan alanlar üzerinde değerlendirilen veriler kaba bir yaklaşımla 1.alan olarak tanımlanan 'Manto Plajiyogranitleri', 2. alan olarak gösterilen 'Çarpışma Öncesi' alanında ve tonalit örnekleri ise 7.alan olarak gösterilen 'Çarpışma Sonrası' alanlarında yer almaktadırlar (Şekil 4.5). Bu hali ile elde edilen sonuçlar mantodan büyük ölçüde kaynaklandığı ve kıta kabuğunda değişen oranlarda malzeme gelimine işaret etmektedir.

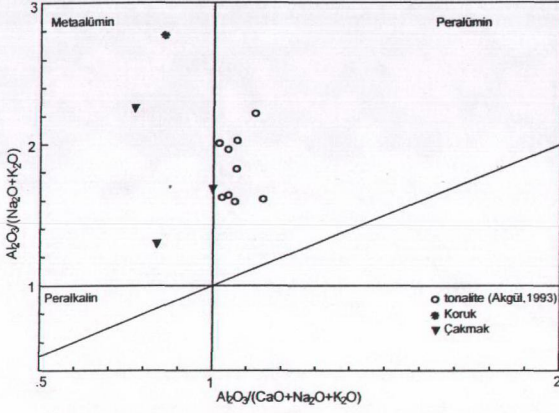


Şekil 4.5. Elazığ Mağmatitlerine ait plütonik kayaların R1-R2 diyagramı (De La Roche ve diğerleri, 1980). Simgeler şekil 4.3'deki gibidir.

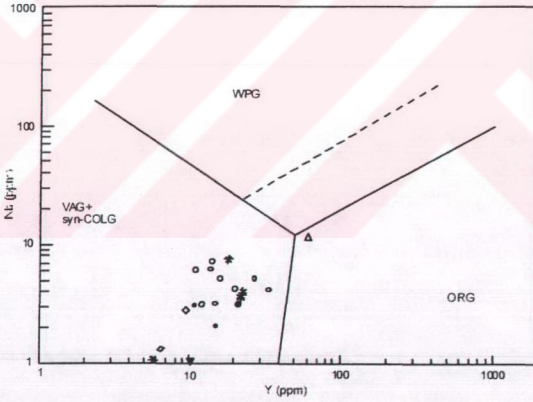
Shand (1951), tarafından hazırlanan  $Al_2O_3 / (CaO+Na_2O+K_2O)$ 'e (A/CNK) karşı  $Al_2O_3 / Na_2O+K_2O$  (A/NK) diyagramında Akgül (1993)'e ait tonalitik kayaç örnekleri Peralümin bölgeye, Çakmak'tan alınan 2 kayaç örneği ve Koruk'tan alınan 1 kayaç örneğinin ise metalümin bölgeye düştüğü şekil 3'te de görülmektedir. Bunların dışındaki örneklerin ise bu diyagramda herhangi bir bölgede yer almaması, skarnlaşmadaki bazı elementlerin aşırı zenginleşmesine bağlanmaktadır (Şekil 4.6).

Ana element içeriklerine göre yapılan sınıflandırmalar taze kayaç örneklerinde birbirine yakın ve benzer sonuçlar verirse de volkanik kayaçların oluşumundan sonraki ayrışma ve metamorfizma olayları sırasında duraysız (mobile) oldukları bilinen ana elementlerin kullanılması, kayaç ayırım diyagramlarının sonuçlarını tartışmalı hale getirmektedir. Halbuki spilitleşme, deniz altı ayrışması ve metamorfizmayı içine alan ikincil ayrışma olayları sırasında çoğunlukla hareketsiz kaldıkları ve duraylı (immobile) oldukları bilinen iz elementlerin (Ti, Zr, Y, Nb, Ce, Ga, Sc) kullanılması, kayaç tipi ayırım diyagramlarından daha sağlıklı ve güvenilir sonuçlar alınmasını sağlamaktadır (Pearce, 1975).

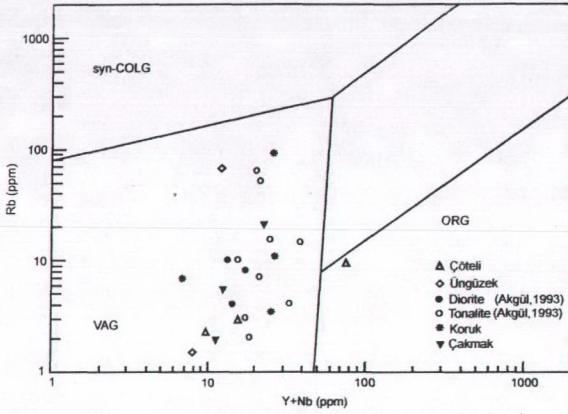
Şekil 4.7'de verilen Nb-Y diyagramına göre çalışma alanındaki kayaç örneklerinin düşük değerlerdeki Nb ve Y içerikleri bakımından VAG ve syn-COLG karakterinde oldukları görülmektedir. Burada VAG ve syn-COLG benzer Nb ve Y içeriklerine sahip olmalarına karşın, çarpışma ürünü granitoyitler, daha yüksek Rb içeriklerine sahip olmaları nedeniyle Rb-(Y+Nb) diyagramı (Şekil 4.8) ile volkanik yay granitoyitlerinden (VAG) kolayca ayırt edilebilir.



Şekil 4.6. Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaların  $Al_2O_3 / (CaO+Na_2O+K_2O)$ 'e (A/CNK) karşı  $Al_2O_3 / Na_2O+K_2O$  (A/NK) diyagramı (Shand, 1951).



Şekil 4.7. Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaların Nb-Y diyagramındaki (Pearce vd., 1984) dağılımı. VAG:Volkanik yay granitoidi, Syn-COLG: Çarpışma granitoidi, WPG: Levha içi granitoidi, ORG: Okyanusal rift granitoidi.



Şekil 4.8. Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonik kayaların Rb (ppm) - Y+Nb (ppm) diyagramındaki (Pearce vd., 1984) dağılımı. VAG: Volkanik yay granitoidi, Syn-COLG: Çarpışma granitoidi, WPG: Levha içi granitoidi, ORG: Okyanusal rift granitoidi. Simgeler şekil 4.7'deki gibidir.

#### 4.2. Skarn Kayaçları

Bu bölümde inceleme alanında Keban Metamorfitleri'ne ait mermerlerle Elazığ Mağmatitleri'ne ait kayaçların (granit, diyorit ve gabro) dokanağında gelişen skarn kayaçlarının ve beraberinde gelişen cevherleşmelerin jeokimyasal özellikleri, ekonomik durumları ve oluşum koşullarının saptanması amaçlanmaktadır.

Skarn kayaçlarının gerek mineralojik bileşimleri gerekse kimyasal analiz değerleri, bu kayaçların CaO, FeO ve MgO'ce zenginleştiklerini, diğer oksitlerin ise zaman zaman arttıkları, zaman zaman da azaldıklarını göstermiştir (Şekil 4.9).

SiO<sub>2</sub> miktarı intrüzif kayaktan skarn kayaçlara doğru gidildikçe azalma gösterir. Bu durum endoskarn ve ekzoskarn zonlarındaki piroksenlerin varlığıyla açıklanabilir.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve CaO değerleri endoskarn ve ekzoskarn zonlarında benzer davranışlar sergilerler. İntrüzif kayaktan endoskarnlara doğru gidildikçe önce ani bir yükselme gözlenir, bu ani yükselişler ekzoskarn zonlarına geçişte de devam etmektedir. Endoskarn ve ekzoskarn zonlarındaki Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> artışı prograd skarn oluşumu esnasında Fe'ce zengin minerallerin oluşumuna bağlanabilir. CaO içeriğindeki artış ise, andradit, grossular ve hedenberjitik piroksen gibi Ca'ca zengin minerallerin varlığına bağlanabilir.

MgO içeriği endoskarn zonlarında ilk örneklerde herhangi bir değişim göstermezken endoskarn-ekzoskarn geçişi yakınında ani bir artış göstermektedir. Bu durum kayaçta varolan Mg'ca zengin piroksenlerin (enstatit) varlığından kaynaklanmaktadır. Endoskarnlardan ekzoskarnlara geçildiğinde hafif bir azalma ardından dereceli olarak artmalar gözlenmektedir.

Bu artış ekzoskarn zonlarında oluşabilen ancak endoskarn zonlarında oluşamayan diyopsitik piroksenler gibi Mg içeren topluluklara işaret etmektedir.

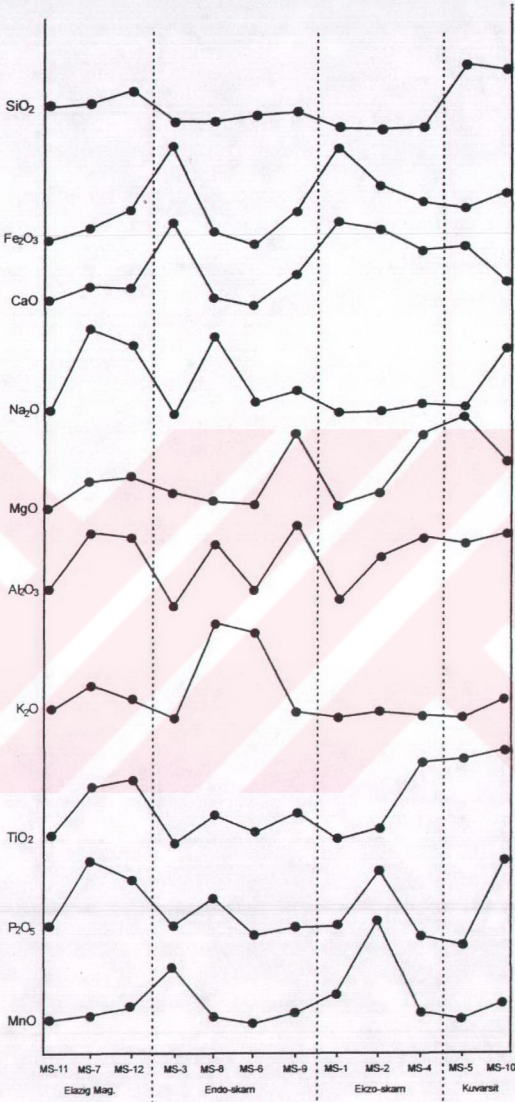
$Al_2O_3$  içeriğinin yer yer endoskarnlarda artışlar göstermesi grossular ve kordiyerit gibi Al içeren minerallerin varlığından kaynaklanmaktadır. Ekzoskarn örneklerinde önce hafif bir iniş daha sonra kademeli bir şekilde yükselmeler gözlenmektedir.  $Al_2O_3$  değerinde azalmanın olduğu MS-1 nolu örnekte grossular gibi Al içeren herhangi bir mineralin olmaması,  $Al_2O_3$  değerinin arttığı diğer örneklerin ise grossular varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Endoskarnlardaki  $Na_2O$  ve  $K_2O$  artışı sokulum kayacından itibaren alkali transferiyle mümkün olmuştur. Endoskarnlardan ekzoskarnlara geçişte  $Na_2O$  ve  $K_2O$  değerleri ilk endoskarn örneklerine göre hafif bir azalma göstermiş, daha sonra da herhangi bir değişme göstermemiştir.

Esas olarak magmatik kayalardaki titanipte yoğunlaşmış olan  $TiO_2$  sokulum kayacından endoskarnlara geçildiğinde küçük artış ve azalmalar şeklinde ekzoskarnlara geçmekte ve bu şekilde devam etmektedir. Ancak ekzoskarn mermer geçişine yakın ani bir pik yapmaktadır. Bayhan (1984),  $TiO_2$ 'nin klinopiroksen ve granatta bulunmadığını, ancak amfibol ve epidotta var olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle MS-4 nolu örnekteki ani  $TiO_2$  artışı bu örnekteki epidottan kaynaklandığını düşündürmektedir.

$P_2O_5$  genel olarak ekzoskarn ve endoskarn zonlarında azalma eğilimindedir. Yalnızca MS-2 nolu ekzoskarn örneğinde ani bir pik yaparak yükselmiştir.

MnO davranışı CaO davranışı ile önemli ölçüde benzerlikler gösterir. Her ikisi de kalsilikat toplulukları veren metazomatik reaksiyonlara eşlik etmişlerdir.



Şekil 4.9. Granitoyitlerden mermerlere doğru skarn zonlarındaki elementlerin dağılımını ve bolluğunu gösteren profiller

## 5. CEVHERLEŞMELER

Çalışma alanında gözlenen başlıca cevher mineralleri manyetit (Şekil 5.1), hematit (Şekil 5.2), pirit, kalkopirit, limonit, kovellin/kalkozin, spekülait ve az miktarda da ilmenit ve pirotin mineralleridir. Manyetitler, genellikle silikat mineralleri ve kalkopiritler içerisinde, irili-ufaklı saçınımlı kristaller halinde görülmektedir. Tane boyu çok ince taneliden 1000 mikrona kadar ulaşmaktadır. Yer yer manyetit kristalleri bir araya gelerek mozaik doku oluşturmaktadır (Şekil 5.3). Manyetitlerin mineral sınırları ile zayıf zonları kalkopirit, pirit, pirotin nadiren de limonit tarafından doldurulmuştur. Manyetitler, manyetit kütesinde kısmen silikat minerallerini ornatır şekilde izlenirken (Şekil 5.4), bazen manyetitlerin mineral sınırları arasındaki boşluklar tamamen silikat mineralleri tarafından doldurulmuştur (Şekil 5.3). Ornatma dokusunun görüldüğü yerlerde silikat minerallerinin ilksel kristal şekilleri korunmuştur. Saçınımlı cevher içerisinde manyetitlerin bir kısmı pirit tarafından ornatıldığı için pirit içerisinde yuvarlağımsı kristaller halinde izlenmektedir. Manyetitler yer yer kenarları boyunca hematite dönüştüğü gibi yer yer de hematit ayrılmaları içermektedir (Şekil 5.5). Yoğun olarak saçınımlı cevher ve manyetit kütesinde izlenen hematit ayrılmaları manyetitten yüksek rölyefi, anizotrop özelliği ve yüksek reflektivitesi ile ayrılmaktadır.

Pirotin, silikat mineralleri içerisinde genellikle şekilsiz masif yığılımlar yer yer de öz ve yarı öz şekilli saçınımlı kristaller halinde izlenmektedir. Tane boyu çok ince taneliden 500  $\mu$ 'a kadar çıkmaktadır. Pirotin anizotrop olup, sertliği kalkopritten yüksek, piritten düşüktür.

Kalkopirit, parlak sarı veya yeşil gölgeli sarı rengi, zayıf anizotropisi ile tanınan kalkopirit genellikle silikat mineralleri içerisinde şekilsiz saçınımlı kristaller halinde izlenmektedir (Şekil 5.6). Ayrıca manyetit kristalleri içerisinde de izlenebilmektedir.

Kalkopirit, esas olarak pirit, manyetit ve pirotin kısmen de hematitlerin mineral sınırları arasındaki boşlukları doldurur vaziyette ve zayıf zonları dolduracak şekilde yerleşmiştir. Pirit, pirotin ve manyetit kapanımları içeren kalkopirit saçınımlı cevher içerisinde kenarları boyunca yer yer kovellin/kalkozine dönüşmüştür (Şekil 5.6 ve Şekil 5.7).

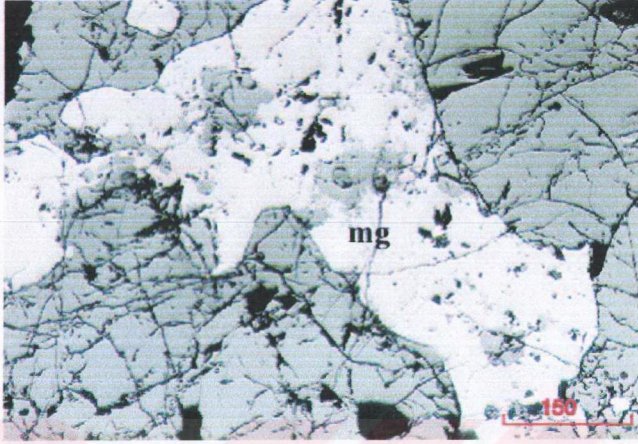
Hematit, genellikle manyetit ayrılmaları (Şekil 5.8) şeklinde ve yer yer kolloform dokudaki silikat mineralleri içerisinde yer almaktadır (Şekil 5.9). Hematit kristalleri çoğunlukla şekilsiz görünümü olup, büyük çoğunluğu manyetitlerin martitleşmesiyle oluşmuştur (Şekil 5.10).

Limonit, genellikle çatlak dolgusu şeklinde pirotin ve kalkopiritin kırık ve çatlak sistemlerinde izlenmektedir.

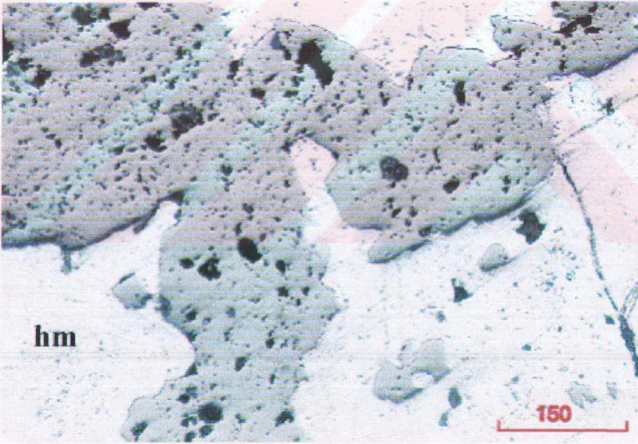
Genel olarak çalışma alanındaki farklı yerleşim yerlerinde gözlenen cevherleşme türleri ve özellikleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Çalışma alanında gözlenen cevher mineralleri ve özellikleri

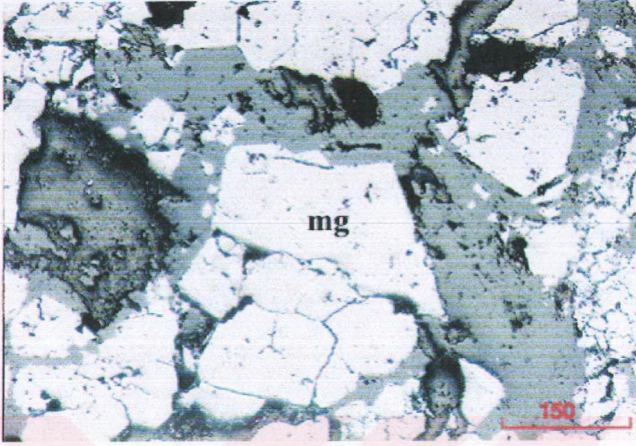
Üngüzek/Pirinçci/Hal	Çötel	Çakmak/Şeyhan/Üç Ağaç/Mağaraköy	Koruk
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manyetit</li> <li>• Kalkopirit (İnce taneli)</li> <li>• Limonit (yüzeysel alterasyonla oluşmuş)</li> <li>• Pirotin (az oranda)</li> <li>• Hematit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalkopirit (İnce taneli)</li> <li>• Pirit (öz şekilli ve saçınımlı halde)</li> <li>• Manyetitler (kırık ve çatlaklı ve yer yer mikron boyutunda, saçınımlı halde ve yer yer de zonlu)</li> <li>• Manyetitler (yer yer kalkopiritlerin kenarları boyunca saçınımlı halde)</li> <li>• hematit (manyetitler içerisinde ayrılmalar halinde)</li> <li>• Limonit (kovellin-kalkozin ve piritlerden dönüşmüş)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manyetit ve hematit (Manyetitin martitleşmesi ile oluşmuş, silikatlar içinde saçınımlı ve irili-ufaklı taneler halinde)</li> <li>• Manyetitler öz şekilli olabilmekte</li> <li>• Limonitler (kalkopiritlerin yüzeysel alterasyonu ile oluşmuş)</li> <li>• Spekülarit ve ilmenit</li> <li>• Yer yer rastlanan kolloform (konsantrik) şekiller (köken olarak kontak metazomatik tipe işaret eder)</li> <li>• Pirit taneleri (gang mineralleri içerisinde)</li> <li>• Kalkopiritler (kenarları boyunca kovellin - kalkozine dönüşmüş)</li> <li>• Limonit (kalkopirit-pirit dokanaklarında)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pirit ve manyetitler (silikatlar içinde saçınımlı halde ve irili ufaklı taneler halinde)</li> <li>• Hematit (kırıklı ve çatlaklı bir yapıda ve manyetitler içinde ayrılmalar halinde)</li> <li>• Kalkopirit (sülfürlü fazlar skarnlaşmanın son evresi olan hidrotermal evreyi temsil ederler)</li> <li>• Kalkopirit (kenarları boyunca kovellin-kalkozine dönüşmüş)</li> </ul>



Şekil 5.1. Şekilsiz olarak silikat mineralleri içerisinde yer alan pembemsi renkteki manyetit (mg) mineralleri. Örnek no: M-15. (T.N, 20x10).



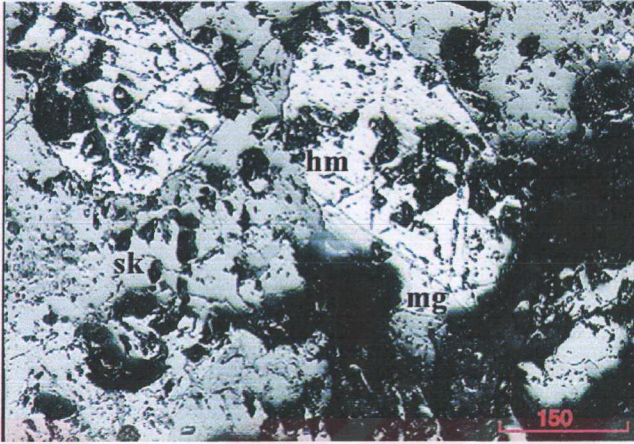
Şekil 5.2. Hematitler (hm). Örnek no: M-15. (T.N, 20x10).



Şekil 5.3. Öz ve yarı öz şekilli manyetitler (mg) mozaik doku oluşturmuşlar ve manyetitlerin aralarındaki boşluklar silikat mineralleriyle doldurulmuştur. Örnek no: Z-17 (T.N, 20x10).



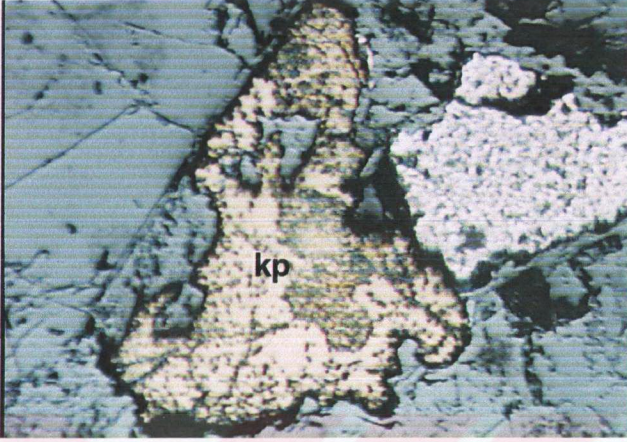
Şekil 5.4. Silikatları ornatın manyetitler (mg) yer yer hematitlere (hm) dönüşmüş. Örnek no: 2-B. (T.N, 20x10).



Şekil 5.5. Martitleşmeler sonucu hematite (hm) dönüşmüş manyetitler (mg).sk: silikat mineralleri. Pembemsi kısımlar manyetit, beyazımsı kısımlar ise hematitlerdir. Örnek no: Z-17. (T.N, 20x10)



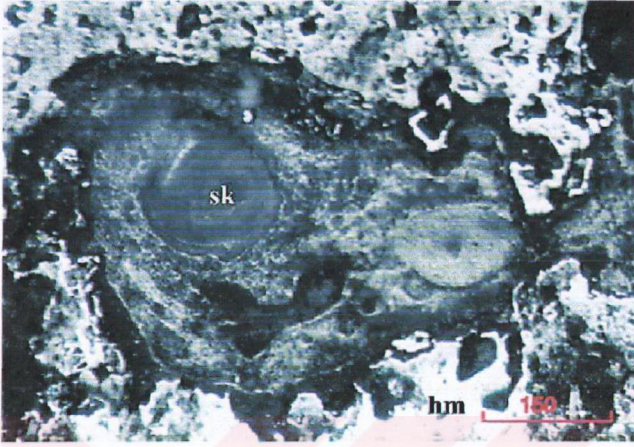
Şekil 5.6. Altın sarısı renkteki kalkopiritler (kp), yer yer kovellin/kalkozinlere (kv-kz) dönüşmüş. Örnek no:D-22. (T.N, 20x10).



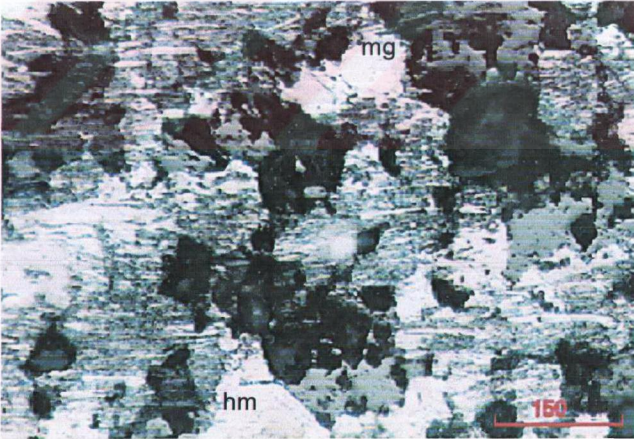
Şekil 5.7. Altın sarısı renkteki kalkopiritler (kp). Örnek no:D-22. (T.N, 20x10).



Şekil 5.8. Manyetitler (mg) ve manyetitlerin martitleşmesi ile oluşan hematitler . Örnek no: C. (T.N, 20x10).



Şekil 5.9. Kolloform yapıdaki silikat minerallerinin aralarında yer alan hematitler. sk: silikat mineralleri, hm: hematit. Örnek no: G-17. (T.N, 20x10).



Şekil 5.10. Manyetitler (mg) hematitlere (hm) dönüşmüş. Örnek no: C. (T.N, 20x10).

## 6. EKONOMİK JEOLJİ

Çalışma alanında Elazığ Mağmatitleri'ne ait mağmatik kayalar ve bunlardan da özellikle diyoritler, yer yer de granitler ve gabrolar ile Keban Metamorfitleri'ne ait rekristalize kireçtaşları arasında skarnlaşmanın geliştiğinden daha önce de bahsedilmişti. Sözkonusu skarnlaşmalarla birlikte gelişmiş manyetit, hematit, ilmenit, spekülait, limonit, ince taneli ve saçınımlı halde bulunan kalkopirit, pirit ve daha az olarak da pirotin ve kovellin/kalkozin cevherleşmelerine rastlanılmıştır. Söz konusu bu cevherleşmeler çalışma alanında skarnlaşmaların varolduğu hemen hemen her yerde bulunmaktadır. Ancak gerek zaman darlığı, gerekse ekonomik olanaksızlıklar nedeniyle sondaj, yarma, manyetik anomali gibi çalışmalar yapılamadığından, sözkonusu skarnlaşma ve cevherleşmelerin ekonomik olup olmadığı tesbit edilememiştir.

## 7. SONUÇLAR

Çalışma alanındaki en yaşlı birim Keban Metamorfitleri'dir. Çalışma alanında çoğunlukla mermerle temsil olunan birimin Elazığ Mağmatitleri ile oluşturduğu dokanak ilişkisi intrüzif olup, dokanak boyunca gerek metamorfik gerekse mağmatik kayalar içerisinde skarnlaşmalar meydana gelmiştir.

Elazığ Mağmatitleri çalışma alanında gabro, diyabaz, bazalt gibi bazik bileşimli kayalar; diyorit, kuvars diyorit, mikrodiorit gibi nötr bileşimli kayalar, alkali granit, granit, granodiorit, tonalit, dasit, riyolit gibi asidik kayalar ve bilhassa diyorit ve tonalitleri kesen aplit ve lamprofir gibi damar kayalarından oluşmaktadır. Bu damar kayalarının granitik magmanın katılmasından sonra geriye kalan magma ile yeni bir magmanın, granitik ve diyoritik kayaların kırık ve çatlaklarına yerleşerek olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanındaki asidik bileşimli granitik kayalar içerisinde yer yer rastlanan anklavların, mafik ve felsik magmaların heterojen karışımıyla olduğu ve Didier ve Barbarin (1991)'in yapmış olduğu mikrogranüler dokulu mafik mağmatik anklav sınıfına girdiği düşünülmektedir.

Elazığ Mağmatitleri'ne ait kayalar birbirini izleyen üç farklı evrede oluşmuşlardır. Birinci evrede bazik ve nötr bileşimli derinlik ve yüzey kayaları, ikinci evrede asit bileşimli derinlik ve yüzey kayaları, son evrede ise aplit ve lamprofir bileşimli damar kayaları oluşmuştur.

Çalışma alanında Elazığ Mağmatitleri'ne ait plütonikler ve bunlarla ilişkili kontak metazomatik kayalar, kayaç ayırım ve tektonik ortam belirleme diyagramlarında bir arada değerlendirilmiştir. Sözkonusu kayalar ada yayı mağmatizması ürünü olup, düşük-K'lu toleyit özelliğindedirler.

Çalışma bölgesindeki skarnlar, ana kayaç (Elazığ Mağmatitleri'ne ait diyorit, granit ve gabrolar) içerisinde oluşan yani, endoskarnlar ve yan kayaç içerisinde (kalsitik ve dolomitik mermerler) oluşan ekzoskarnlar olmak üzere 2 grupta incelenmiştir. Ayrıca intrüzif kayaların gerek kalsitik, gerekse dolomitik mermerleri özümsemesi sonucu hem kalsik hem de magnezyumlu skarn türünde oldukları saptanmıştır ki olivin, spinel, diyopsit gibi mineraller magnezyumlu skarnlar içerisinde yer alırlar. Skarn kayalarının içerdikleri başlıca mineral toplulukları itibariyle; piroksen-epidot endoskarn, epidot-piroksen endoskarn, piroksen endoskarn, epidot endoskarn, granat-piroksen-epidot endoskarn; olivin-piroksen-epidot endoskarn olivin-ojit endoskarn, olivin endoskarn, granat-piroksen endoskarn; piroksen ekzoskarn epidot-klorit ekzoskarn, piroksen-epidot ekzoskarn, epidot ekzoskarn, piroksen-epidot ekzoskarn, Q-kalsit ekzoskarn, epidot-klorit ekzoskarn ve tremolit/aktinolit ekzoskarn, granat-piroksen-epidot ekzoskarn, piroksen-epidot ekzoskarn, granat ekzoskarn, granat-piroksen

ekzoskarn ve tremolit /aktinolit- kuvars ekzoskarnlar şeklinde çalışma alanının farklı bölgelerinde yüzeyledikleri belirlenmiştir.

Çalışma bölgesinde mikroskobik gözlemlerin çoğunun XRD sonuçları ile de benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Skarn oluşumlarındaki minerallerin türlerini tesbit etmek için yapılan XRD analizlerinde; kayaçlarda mikroskobik gözlemlerle de tesbit edilen granatların, grossular-andradit türünde oldukları ve bunlardan da grossuların çoğunlukla endoskarnlarda, andraditin ise ekzoskarnlarda var oldukları tesbit edilmiştir ki bunun sebebi; yüksek sıcaklıklarda demirin alüminyumdan daha hareketli olmasındandır. Piroksenlerin başta diyopsit ve hedenberjit olmak üzere, johansenit, jadeit, enstatit ve pijonit türlerinde oldukları; amfibollerinse skarnların karakteristik minerali tremolit/aktinolit başta olmak üzere, hornblend, riebekit/arfvedsonit, hastingsit ve magnesioriebekit türlerinde oldukları saptanmıştır. Ayrıca spinel, kuvars, kalsit, klorit, skapolit, hematit, kordiyerit gibi minerallerin de var olduğu tesbit edilmiştir.

Çalışma alanında Elazığ Mağmatitleri'ne ait mağmatik kayaçlar ve bunlardan özellikle diyoritler, yer yer de granitler ve gabrolar ile Keban Metamorfite'leri'ne ait rekrystalize kireçtaşları arasında skarnlaşmalar gelişmiştir. Skarnlaşmanın var olduğu hemen her yerde, oldukça kırıklı ve çatlaklı ve yer yer de zonlu kristallerine rastlanan manyetit ve çoğunlukla da manyetitlerin zayıf zonları boyunca martitleşmesiyle oluşmuş hematitlere, ayrıca ilmenit, spekülarit, limonit, ince taneli ve saçınımlı halde bulunan kalkopirit, pirit ve daha az olarak da pirotin ve kalkopiritlerin bozunmasıyla oluşmuş, kovellin/kalkozin gibi cevher minerallerine rastlanılmıştır. Söz konusu bu cevherleşmeler, çalışma alanında skarnlaşmaların var olduğu hemen hemen her yerde bulunmaktadır. Ancak gerek zaman darlığı, gerekse ekonomik olanaksızlıklar nedeniyle sondaj, yarma, manyetik anomali gibi çalışmalar yapılamadığından, sözkonusu skarnlaşma ve cevherleşmelerin ekonomik olup olmadığı tesbit edilememiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre kalsit-diyopsit-grossular mineral topluluğu kireçtaşlarının hornblend-hornfels fasiyesinde ( $T=530\pm 15^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1000$  bar,  $540^{\circ}\pm 20^{\circ}\text{C}$ ,  $2000$  bar) metamorfizmaya uğraması ile oluşmaktadır. Ancak Winkler (1974)'e göre kontakta görülen prx-granat mineralleri piroksen hornfels fasiyesine işaret etmektedir. Yine granatların anizotropi göstermesi  $800^{\circ}$  den daha düşük ısılarda oluştuğunu göstermektedir. Diğer taraftan çalışma alanının sınırlı kesimlerinde gözlenen amfibolitler mağmatik kökenli olup, metamorfizma derecesinin amfibolit fasiyesine kadar çıktığına işaret etmektedir.

## 8. REFERANSLAR

- Akgül, B., 1987,** Keban yöresi metamorfik kayaların petrografik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. F.Ü. Fen Bil. Enst., 60s. (yayımlanmamış).
- Akgül, M., 1991,** Baskil (Elazığ) granitoidinin petrografik ve petrolojik özellikleri. *Yerbilimleri Geosound*, 18, 67-78.
- Akgül, B., 1993,** Piran Köyü (Keban) çevresindeki mağmatik kayaların petrografik ve petrolojik incelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 128s.
- Akgül, B., ve Şaşmaz, A., 1996,** Elazığ kuzeyinde pirometazomatik oluşuklar ve ilişkili Fe-Ti cevherleşmeleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni.*, 39(2), 39-48.
- Aksoy, E., 1993,** Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri. *TÜBİTAK, Yerbilimleri Derg.*, 1,1, 113-123.
- Akyol, Z., Kadioğlu, H., ve Adıgüzel, O., 1986,** Elazığ-Aşvan demir yatağı maden jeolojisi ve rezerv raporu. MTA Genel Müd. Maden Etüd Dairesi rapor no: 1949, 25s.
- Alexandrov, S. M., 1998,** *Geochemistry of Skarn and Ore Formation in Dolomites.*
- Altunbey, M., 1996,** Tuzbaşı - Kanatburun - Ayazpınar (Pertek - Tunceli) yöresindeki demir cevherleşmelerinin jeolojisi ve kökeni, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 176s.
- Altunbey, M. ve Çelebi, H., 1997a,** Kanatburun (Pertek-Tunceli) yöresinin jeolojisi ve demir cevherleşmeleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.*, 9 (2), 1-18.
- Altunbey, M. ve Çelebi, H., 1997b,** Kanatburun (Pertek-Tunceli) yöresindeki skarn kayalarının mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. *Selçuk Üniv. Müh. ve Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl.*,20. Yıl Jeoloji Semp., bildiriler, 45-58, 1997.
- Aslan, Z., 1991,** Özdil (Yomra-Trabzon) yöresinin petrografisi skarn oluşukları ve granat-piroksen ritmikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 74s.
- Asutay, H.J., 1985,** Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi. Doktora Tezi. A.Ü. Fen Bil. Enst. Ankara.
- Asutay, H.J., 1988,** Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi. *MTA Dergisi.* Sayı: 107. Ankara.
- Avşar, N., 1983,** Elazığ yakın kuzeybatısında stratigrafik ve paleontolojik araştırmalar: Doktora tezi, FÜ Fen Bilimleri Enst.(yayımlanmamış), Elazığ.
- Balçık, A., Tüfekçi, M. Ş., Ulutürk, Y. Ve Minas, M., 1977,** Keban Madeni, Derebaca ve Fırat ocağı geliştirme raporu. MTA, Enst., Rap. No: 1581 (yayımlanmamış).
- Bard, A. J., 1980,** *Electrochemical Methods, Harrison Howe Award (American Chemical Society, Rochester Section).*

- Bayhan, H., 1984,** Mineralogy and genesis of the Kesikköprü skarn belt (Bala/Ankara). Hacettepe University, Earth Sciences 11, 45-53 [in Turkish with English abstract].
- Beyarlan, M., 1996,** Kömürhan ofiyolit biriminin petrografik ve petrolojik incelemesi. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 103s.
- Bingöl, A. F., 1982,** Elazığ – Pertek - Kovancılar arası volkanik kayaçlarının petrolojik incelenmesi. F.Ü. Fen Fak. Derg., 1, 9-21.
- Bingöl, A. F., 1984,** Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region. Proceedings of the intern. symp. on the geol. of the Taurus region. Proceedings of the intern. symp. on the geol. of the Taurus Belt, 209-217.
- Bingöl, A. F., 1988,** Petrographical and petrological features of intrusive rocks of Yüksekova complex in the Elazığ region (Eastern Taurus - Turkey). The journal of Fırat Üniv., 3/2, 1 – 17.
- Bingöl, A. F., ve Beyarlan, M., 1996,** Elazığ Mağmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi. KTÜ-30. Yıl. Sempozyumu Bildiri metinleri, Trabzon.
- Boztaş, D., 1986,** Granitoidler. A.ERLER ed., 'Jeokimya ortamları' içinde, 93-176.
- Boztaş, D., 1989,** Granitoidler, MTA yayınları eğitim serisi no: 30, 138s.
- Burt, M. D., 1977,** Mineralogy and Petrology of Scarn Deposits, Rendiconti Società Italiana di Mineralogia, 33 (2), 859-873.
- Carlson, W.D., 1989,** Subsolidus phase equilibria near the enstatite-diopside join in CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> at atmospheric pressure, American Mineralogist, 74, 325-332.
- Debon, F., and Le Fort, P., 1982,** A chemical–mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Royal Soc. of Edinburg Transaction: 73: 135–149.
- Debon, F. and Le Fort, P., 1983,** A chemical – mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Trans. R. Soc. Ed. Earth Sci. 73, 135 – 148.
- Debon, F. and Le Fort, P., 1988,** A cationic classification of common plutonic rocks and associations: principles, method, applications. Bulletin Mineralogique, 111, 493-510.
- De La Roche, h., Leterrier, J., Grand Claude, P. and Marchal, M., 1980,** A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses its relationships with current nomenclature. Chemical Geology, 29, 183-210.
- Didier, J. and Barbarin, B. 1991,** The different types of enclaves in granites-Nomenclature. In Enclaves and granite Petrology, Didier J, Barbarin B (eds). Developments in Petrology 13. Elsevier: Amsterdam; 19-23.
- Edwards, R. and Atkinson, K., 1986,** Ore deposit geology Chapman and Hall, 443s. London.
- Einaudi, M. T., Meinert, L. D. and Newberry, R.J., 1981,** Skarn deposits, Econ. Geol., 75 th. Anniv. vol. 745 – 754.

**Einaudi, M.T. and Burt, D.M., 1982**, A special issue devoted to scarn deposits (introduction-terminology, classification and composition of scarn deposits), econ geol., 77 th. Anniv. Vol. 745-754.

**Ercan, T. ve Asutay, H.J., 1993**, Malatya – Elazığ – Tunceli – Bingöl – Diyarbakır dolaylarındaki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanitlerin petrolojisi. Suat Erk symp. Ankara Üniv. Fen Fak. Jeoloji Müh. Böl. 291-303.

**Erdoğan, T., 1975**, Gölbaşı yöresinin jeolojisi. TPAO Arşivi Rap. No. 229 (yayınlanmamış) Ankara.

**Fischbach, W., 1900**, Keban gümüş madeni hakkında rapor. MTA rap., 384, (yayınlanmamış), Ankara.

**Green, D.H. and A.E. Ringwood, 1967**, The genesis of basaltic magmas. Contrib. Mineral. Petrol. 15, 103-90.

**Holser, W. T. and Schneer, C. J., 1961**, Hydrothermal magnetite, Geol. Soc. Am. Bull. 72, 369 – 386.

**Kalinin, D. V., 1962**, Fomation of magnetite in contact metasomaticiron deposits, Geochemistry, 7, 722 – 727.

**Ketin, İ., 1966**, Anadolu'nun tektonik birlikleri. MTA Enst. Derg., 66, 20-34, Ankara.

**Kipman, E., 1976**, Keban'ın jeolojisi ve volkanitleriin petrolojisi, Doçentlik Tezi, İst. Üniv. (yayınlanmamış).

**Kipman, E., 1981**, Keban'ın jeolojisi ve Keban şaryajı. İ. Ü. Yer Bil. Der., 1, 1-2, 75-81, İstanbul.

**Kipman, E., 1983**, Keban volkanitlerinin petrolojisi. İ.Ü. Yer Bil. Der., 205-130.

**Korzhiski, D.S. 1964**, An Outline of Metasomatic Processes (tras. M.E. Bergunker); International Geol. Review, Volume 6, pages 1713-1734.

**Krauskoph, K.B., 1957**, The heavy metal content of magmatic vapor at 600° C , Econ: Geol., 52, 786 – 807.

**Kukhara, M., 1925**, Experiments on hydrothermal precipitation of magnetite and hematite: Japan. J. Geol. Geogmphy, 4, 1 – 32.

**Kuno, H., 1966**, Lateral variations of basaltic magma across continental margins and island arcs. Can. Geol. Surv., 66-15, 317-315.

**Kuşçu, İ., Kuşçu Gençlioğlu, G. ve Göncüoğlu, M.C., 2001**, Karamadazı demir yatağında skarn zonlanması ve mineralojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt: 44, Sayı: 3.

**Kürüm, S., 1987**, Keban ilçe merkezi çevresinin tektonik özellikleri. Yüksek lisans tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 67s., (yayınlanmamış), Elazığ.

- Kürüm, S., 1994,** Elazığ kuzeybatısındaki genç volkanitlerin petrolojik özellikleri. Doktora Tezi. Fırat Üniv. Fen Bil. Enst. 107s.
- Maucher, A., 1937,** Keban maden zuhurat hakkında mineralojik rapor. MTA Rap., 406, (yayınlanmamış), Ankara.
- Naz, H., 1979,** Elazığ-Palu dolayının jeolojisi. TPAO. Rapor No: 1360. (yayınlanmamış).
- Olsner, O., 1938,** Keban madeni hakkında rapor. MTA Enst. Rap., 279, (yayınlanmamış), Ankara.
- Oygür, V., 1986,** Karamadazı (Yahyalı - Kayseri) kontak metazomatic yatağının jeolojisi ve oluşumu. Jeol. Müh., 27, 1 – 9.
- Önal, A. ve Altunbey, M., 1999,** Dedeyazı – Çavuşlu (Doğuşehir / Malatya) yöresindeki skarn oluşumları ve ilişkili demir cevherleşmeleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 42 (1), 15-27.
- Önal, A., 1995,** Polat-Begre (Doğuşehir) çevresindeki mağmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Doktora Tezi, 159s.
- Özgül, N., 1976,** Torosların bazı temel jeoloji özellikleri. T.J.K. Bül., 19, 1, 65-78, Ankara.
- Özgül, N. ve Turşucu, A., 1984,** Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurus). İnt. Symp. on the geol. of Taurus Belt., 173 – 180.
- Özkul, M., 1982,** Güneyçayırı (Elazığ) bölgesinin sedimentolojisi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniv., (yayınlanmamış).
- Özkul, M., 1988,** Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimentolojik incelemeler, Doktora Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst. 186s. (yayınlanmamış).
- Özkul, M. ve Üşenmez, Ş., 1986,** Elazığ kuzeydoğusunda Eosen derin deniz konglomeralarının sedimentolojik incelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 1, 2, 53-73.
- Pearce, W., 1975,** The geochemistry of ophiolitic mafic rocks from the polymetamorphic Ordenes Complex, Spain Journal of the Geological Society, Volume 140, Number 6, 1983, pp. 877-882(6)
- Perinçek, D., 1979a,** Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları. TPAO Arşivi Raporu no:1361 (yayınlanmamış) Ankara.
- Perinçek, D., 1979b,** The geology of Hazro-Karudağ-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya area. Guide Book TJK Yayını, Ankara.
- Perinçek, D., 1980a,** Arabistan kıtası kuzeyindeki tektonik evrimin, kıta üzerinde çökelen istifteki etkileri. Türkiye 5. petrol kongresi, Tebliğler, 77 – 93. Ankara.
- Perinçek, D., 1980b,** Bitlis Metamorfizmi'nde volkanitli Triyas. TJK. Bül., 23, 201 – 213.
- Piirainen, T. ve Piispanen, R., 1967,** On the origin of primary skarn iron ores:Compt. Rend. Soc. Geol. Finlande XX IIX, 101 – 104.

- Reverdatto, V., 1973**, The facies of contact metamorphism: Skarns. Editor: V. S. Sobolev. Volume: 2. 221 – 229.
- Sağıroğlu, A., 1984**, Akdağmadeni (Yozgat) cevherleşmelerinde görülen değişik skarn oluşuklarının özellikleri ve irdelenmesi. T.J.K. Blt., 27, 1, 69-80.
- Sağıroğlu, A., 1992**, Pertek-Demürek (Tunceli) skarn tipi manyetit ve ilişkili bakır cevherleşmeleri. TJK Blt., 35, 63-70.
- Sangster, D. F., 1969**, Contact – metasomatic magnetite deposits of British Columbia. Geol. Surv. Canada Bull., 172, 85s.
- Smirnov, V. I., 1970**, Geologie der lagerstätten mineralischer rohstoffe. Veb Deutscher Verlag Fur Grundstoffindustrie. 568s., Berlin.
- Shand, S.J., 1951**, Eruptive rocks, Their genesis, composition, classification and their relations to ore deposits. John Wiley, New York, 44s.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, ., Tuna, E., Dülger, S., elikdemir, E. ve Naz, H., 1985**, Elazığ – Hazar -Palu alanının jeolojisi. Petrol İşleri Gen. Müd. Derg., 29, 83-191.
- Şaşmaz, A. ve Sağıroğlu, A., 1990**, Billurik Dere (Elazığ) cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni. MTA Derg., 110, 45-54.
- Tolun, N., 1955**, Elazığ-Keban-Çemişgezek ve Pertek bölgesinin jeolojik etüdü. MTA Enst. Der. Rap. No: 2227 (yayınlanmamış).
- Tuna, E., 1979**, Elazığ-Palu-Pertek bölgesinin jeolojisi. TPAO Rap. No: 1362
- Turan, M. ve Bingöl, A. F., 1991**, Kovancılar – Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektono – stratigrafik zellikleri. Ahmet Acar Sempozyumu, Bildiriler, 213 – 227.
- Turan, M., 1984**, Baskil-Aydınlar yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. Doktora Tezi. F. . Fen Bil. Enst. (yayınlanmamış).
- Turan, M., Aksoy, E., ve Bingöl, A.F., 1993**, Doğu Torosların Jeodinamik evrimininin Elazığ civarındaki zellikleri. Hacettepe Üniv. Yer Bil. 25. Yıl symp.
- Türkmen, İ., 1988**, Palu-Çaybağı (Elazığ doğusu) yöresinin sedimentolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, F. . Fen Bil. Enst., (yayınlanmamış), 79s.
- Whitney, J. A., Hemley, J. J., ve Simon, F. O., 1985**, The concentration of iron in chloride solutions equilibrated with synthetic granitic compositions: The sulfurfree system: Econ. Geol., 80, 444-460.
- Winkler, H. G. F., 1974**, Petrogenesis of metamorphic rocks, 3rd Edition, New York, 1974, pb, 334 pages.
- Winkler, H. G. F., 1979**, Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer - Verlag, New York. 348 pages.

- Yazgan, E., 1981,** Doğu toroslarda etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü. Hacettepe Üniv. Yerbilimleri, 7, 83-104.
- Yazgan, E., 1983,** A geotraverse between the Arabian platforme and the Munzur Nappes. Int. Symp. on the geology of the Taurus Belt Field Guide Book Excursiony, Ankara.
- Yazgan, E., 1984,** Geodinamics evolution of the Eastern Taurus region . İnt. Symp. on the geolgy of the taurus belt. Bildiriler, 199-208, Ankara.
- Yazgan, 1987,** Malatya Güneydoğusu'nun jeolojisi ve Doğu Toroslar'ın jeodinamik evrimi: MTA arşivi, rapor no: 297 (yayınlanmamış)
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Yıldırım, M., 1987,** Güneydoğu Anadolu'da Triyas sonu tektonizması ve bunun jeolojik anlamı. Türkiye Petrol Kong. Bild., 65-77.
- Yılmaz, Y., 1993,** New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen: Geol. Soc. Of Amer. Bull., 105, 251-271.
- Zharikov, V. A., 1970,** Skarns part I, II and III., İntern. Geol. Review, 12, 541-559, 619-647, 760-775.