

**YILDIZELİ (SİVAS) YÖRESİ FLOGOPİT OLUŞUMLARININ  
MİNERALOGİK-PETROGRAİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

**HÜLYA YEŞİLDAĞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2009**

**CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YILDIZELİ (SİVAS) YÖRESİ FLOGOPİT OLUŞUMLARININ**  
**MİNERALOGİK-PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

**HÜLYA YEŞİLDAĞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI**  
**PROF.DR.HÜSEYİN YALÇIN**

**SİVAS**  
**2009**

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

Başkan  
(Danışman) Prof.Dr.Hüseyin YALÇIN

Üye Doç.Dr.Hüseyin YILMAZ

Üye (Raportör) Yrd.Doç.Dr.Taner EKİCİ

### ONAY

Bu tez çalışması, 28/07/2009 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

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

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YILDIZELİ (SİVAS)YÖRESİ FLOGOPİT OLUŞUMLARININ MİNERALojİK- PETROGRAfİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Hülya YEŞİLDAĞ

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr.Hüseyin YALÇIN

Yıldızeli yöresinde Orta Anadolu Plütonikleri'ne ait Üst Kretase yaşlı Karakoç plütonikleri ve Paleosen yaşlı felsik plütonik kayalar biçiminde farklı iki seri/birliktelik bulunmaktadır. Karakoç plütonikleri; ultramafik (hornblendit ve kısmen piroksenit) ve mafik kayalardan (gabro, monzogabro, diyorit, monzodiyorit ve monzonit) oluşmakta ve birbirlerine geçiş göstermektedir. Magmatiklerin yanı sıra, metamorfikler de siyenit- ve granit-aplit sokulumları ile kesilmektedir. K/Ar radyometrik yöntemi ile elde edilen yaşlar (Karakoç plütoniklerinden hornblend  $69.7 \pm 1.8$  Ma; siyenit-aplit  $67.8 \pm 1.7$  Ma ve flogopit  $60.1 \pm 1.6$  Ma); ultramafik kayafelsik dayk sokulumu ve buna bağlı hidrotermal alterasyon sırasını vermektedir.

Flogopit mineralizasyonları Karakoç plütonikleri ile ilişkili olup, Yıldızeli metamorfikleri ile çevrelenmekte, felsik plütonik ve damar kayaları ile kesilmektedir. Daykların sokulum yaptığı zonlarda granat-skapolit-epidot-flogopitik pirometasomatik oluşumlar ortaya çıkmıştır. Flogopit levhalarının oluşturduğu paketler piroksen ve/veya hornblendlerden oluşan zon ile çevrelenmektedir. Bu zon içerisinde yer yer granat, epidot ve skapolit seviyeleri ve/veya mercikleri de bulunmaktadır.

Karakoç plütoniklerinin ana bileşenlerini hornblend, arfvedsonit, egirin/egirin-ojit, skapolit, nefelin, enstatit, plajiyoklaz, ortoklaz; tali mineralleri ise biyotit, zirkon, titanit, apatit, topaz, ksenotim ve opak mineraller oluşturmaktadır. Felsik plütonik kayalar başlıca ortoklaz, plajiyoklaz, mikroklin ve kuvars, kısmen hornblend, arfvedsonit, egirin/egirin-ojit, biyotit, muskovit ve eser miktarda granat, zirkon, titanit, apatit, topaz, ksenotim ve opak mineraller içermektedir. Pirometasomatik kayaların (granatfels ve epidozit) bileşenlerini bolluk sırasına göre granat, epidot, hornblend, plajiyoklaz, mikroklin, ortoklaz, kuvars, ojit, biyotit, klorit ksenotim, titanit ve opak mineraller temsil etmektedir.

Fillosilikatları ultramafik plütonik kayalarda smektit, C-S (klorit-smektit), klorit ve P-V/I-V (flogopit-vermikülit/illit-vermikülit); mafik plütonik kayalarda smektit, klorit ve I-S (illit-smektit); felsik plütonik kayalarda smektit; pirometasomatik kayalarda 1M Fe-Al flogopit, smektit, I-V/P-V ve S-V (smektit-vermikülit) oluşturmaktadır. Flogopit bileşeni Mg/(Mg+Fe) flogopitte 0.74 ve P-V'de 0.67 dir. Diğer silikat minerallerinden hornblend Ca-Na-K magneziyen hastingsit, skapolitler mizzonit ve granatlar grossular bileşimindedir.

Toplam eser element konsantrasyonu flogopit-P-V-granat-hornblend-skapolit yönünde azalmaktadır. Kondrit-normalize iz ve nadir toprak element dağılımları granat-hornblend-skapolit-flogopit-P-V yönünde azalmakta olup; minerallerin desenleri genellikle birbirinden ve NASC (Kuzey Amerikan Şeylleri) den ayrılmakta ve belirgin bir ayrışma göstermektedir. Ayrıca, farklı ana-kayaca ve/veya oluşuma sahip flogopitler jeokimyasal özellikleri bakımından belirgin biçimde ayırt edilebilmektedir.

Flogopitin  $\delta^{18}\text{O}$  değeri ‰ +10.4 (SMOW)  $\delta\text{D}$  değeri ‰ -79 (SMOW), P-V'in değerleri ise sırasıyla  $\delta^{18}\text{O} = \text{‰} +11.7$  (SMOW) ve  $\delta\text{D} = \text{‰} -105$  olarak belirlenmiştir. Flogopit ve P-V'lerin  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri manto ve MORB'a göre daha düşük; kıtasal kökenli magmatiklere ise benzerdir. Fillosilikat minerallerinin  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  derişimleri; flogopitin hipojen, P-V'in ise süperjen kökenli olduğunu ortaya koymaktadır. Azalan  $\delta\text{D}$  ve artan  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri flogopitleşme; buna karşın artan  $\delta\text{D}$  ve azalan  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri vermiküitleşme yönelimini vermektedir. Diğer taraftan, izotopsal ayrışma başlangıç değeri olarak alınan granitoyid kayalarına göre; flogopit için ~ 280 °C ve P-V için ~130 °C oluşum sıcaklıkları elde edilmiştir. Bu sıcaklık değerleri; flogopit ve P-V minerallerinin magmatik değil, pirometasomatik kökenli olduğunu düşündürmektedir.

Yıldızeli bölgesinde Üst Kretase yaşlı Karakoç plütoniklerinin Paleosen yaşlı granitoyid-siyenitoyidler ile yaptığı kontaklarda iç içe geçmiş kontakt hidrotermal alterasyon ve/veya kontak metasomatizma (pirometasomatizma) ile ilişkili K-metasomatizması etkileşimi sonucunda koyu renkli minerallerin (piroksen, hornblend) transformasyonu ile gelişmiş başlıca flogopitleşme ile temsil edilen mineralizasyonlar bulunmaktadır. Flogopitler; yer yer P-V ara fazından geçerek, vermikülit türü negatif dönüşümlere uğramıştır. Karakoç plütoniklerinde neoformasyon ve/veya açık ve koyu renkli minerallerden itibaren dönüşüm ürünü olarak türeyen pirometasomatik bozuşma zonlarındaki minerallerin oluşum sırası granat (grossular)-epidot-skapolit-flogopit biçimindedir.

Karakoç plütoniklerinde flogopitleşme-sonrası gelişen epijenetik mineraller ise smektit, klorit, C-S, I-S, I-V ve S-V olup; zayıf düzlemlerdeki sıvılar ile açık/koyu renkli minerallerin bozuşması ve/veya kayaların çatlak ve gözeneklerinde çökeltmesi ile oluşmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Plütonik, Pirometasomatizma, Bozuşma, XRD, Ana-İz elementler, İzotoplar

## SUMMARY

MsC Thesis

### MINERALOGIC-PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL STUDIES OF PHYLOGOPITE OCCURRENCES IN YILDIZELİ (SİVAS) AREA

Hülya YEŞİLDAĞ

Cumhuriyet University  
Institute of Applied and Natural Sciences  
Geological Engineering Department

Supervisor: Prof.Dr.Hüseyin YALÇIN

The different two series/associations as Upper Cretaceous Karakoç plutonics and Paleocene felsic plutonic rocks belonging to Central Anatolian Plutonics are present in the Yıldızeli area.

Karakoç plutonics consist of ultramafic (hornblendite and partly pyroxenite) and mafic (gabbro, monzogabbro, diorite, monzodiorite and monzonite) and are of transition into each others. Magmatics as well as metamorphics are cut by intrusions of syenite- and granite-aplites. The ages obtained from K/Ar radiometric method (Karakoç plutonics hornblende  $69.7 \pm 1.8$  Ma; syenite-aplite  $67.8 \pm 1.7$  Ma and phlogopite  $63.6 \pm 2.4$  Ma) give an order of ultramafic rock-felsic dike intrusion and its hydrothermal alteration.

Phlogopite mineralizations related to Karakoç plutonics are surrounded by Yıldızeli metamorphic rocks and cut by felsic plutonic and vein rocks. Garnet-scapolite-epidote-phlogopitic pyrometasomatic occurrences appear within the zones intruded by dikes. Packages of phlogopite plates (1-5 cm) are surrounded by a zone (10-15 m) with pyroxene and/or hornblendes in which garnet, epidote and scapolite layers and/or lenses are found in places.

Karakoç plutonics are composed of as main constituents of hornblende, arfvedsonite, aegirine/aegirine-augite, scapolite, nepheline, enstatite, plagioclase, orthoclase, and biotite, zircon, titanite, apatite, topaz, xenotime and opaque as accessory minerals. Felsic plutonic rocks contain chiefly orthoclase, plagioclase, microcline and quartz, partly hornblende, arfvedsonite, aegirine/aegirine-augite, biotite, muscovite, and trace amount of garnet, zircon, titanite, apatite, topaz, xenotime and opaque minerals. The components of pyrometasomatic rocks (garnetfels and epidosite) are represented by garnet, epidote, hornblende, plagioclase, microcline, orthoclase, quartz, augite, biotite, chlorite, xenotime, titanite and opaque minerals in order of abundances.

Phyllosilicates are formed of smectite, C-S (chlorite-smectite), chlorite and P-V/I-V (phlogopite-vermiculite/illite-vermiculite) in the Karakoç plutonics, smectite, chlorite and I-S (illite-smectite) in the mafic plutonic rocks, smectite in the felsic plutonic rocks, and 1M Fe-Al phlogopite, smectite, I-V-P-V and S-V (smectite-vermiculite) in the pyrometasomatic rocks. Phlogopite components Mg/(Mg+Fe) are 0.74 for the phlogopite and 0.67 for P-V. Of the other silicate minerals, hornblende, scapolite and garnet are respectively Ca-Na-K magnesian hastingsite, mizzonite and grossular in compositions.

Total trace element concentrations decrease phlogopite-P-V-garnet-hornblende-scapolite trend. The distributions of chondrite-normalized trace and rare earth elements diminish clearly from garnet-hornblende-scapolite-phlogopite towards P-V and the mineral patterns distinguish from each others and NASC and also show a clear differentiation. In addition, phlogopites with different host-rocks and/or formations could be distinctly separated with respect to their geochemical properties.

$\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  values are determined as +10.4 and -79 ‰ (SMOW) for phlogopite and +11.7 ‰ -105 ‰ for P-V.  $\delta^{18}\text{O}$  values of phlogopite and P-V have lower than those of mantle and MORB; whereas they are similar to those of magmatic rocks with continental origin.  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  concentrations of phyllosilicate minerals consider that the phlogopite and P-V have respectively hypogene and supergene origins. The decreasing  $\delta\text{D}$  and increasing  $\delta^{18}\text{O}$  values indicate phlogopitization trend, whereas those of increasing  $\delta\text{D}$  and decreasing  $\delta^{18}\text{O}$  sign vermiculitization trend. On the other hand, according to granitoid rocks, reflecting initial values for isotopically fractionation, formation temperatures of phlogopite and P-V were obtained as ~ 280 and ~130 °C, respectively that phlogopite and P-V minerals are thought to be pyrometasomatic rather than magmatic origin.

The mineralizations, representing mainly phlogopitization, found in the contacts between Upper Cretaceous ultramafic/mafic plutonics and Paleocene granitoid-syenitoids in Yıldızeli area, are developed from the transformations of mafic minerals (pyroxene, hornblende) as a result of K-metasomatism related to the telescoped contact hydrothermal alteration and/or contact metasomatism (pyrometasomatism). Phlogopites are sometimes undergone vermiculite type of negative transformations passing into P-V interphases. The formation sequences of minerals deriving from products of neof ormation and/or transformation of felsic and mafic minerals are of garnet (grossular)-epidote-scapolite-phlogopite in the pyrometasomatic alteration zones of ultramafic rocks.

As to epigenetic minerals, which are developed as post-phlogopitization within the Karakoç plutonics, are smectite, chlorite, C-S, I-S, I-V and S-V are formed of alteration of mafic/felsic minerals interacting the fluids within the weak planes and/or deposition within the fractures and pores of the rocks.

**Keywords:** Plutonic, Pyrometasomatism, Alteration, XRD, Major-trace elements, Isotopes



## TEŞEKKÜR

Bu Yüksek Lisans Tezi; M-333 nolu Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyon Başkanlığı'nın (CUBAP) desteği ile gerçekleştirilmiştir. Hazırlamış olduğum bu çalışmada, her türlü yardım ve katkılarını esirgemeyip beni yönlendiren, manevi desteğini her an hissettiğim çok değerli hocam Prof.Dr. Hüseyin YALÇIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Yıldızeli (Sivas) yöresindeki arazi çalışmalarına katılan ve tezin tüm evrelerinde bilimsel katkılarını eksik etmeyen Prof.Dr. Ömer BOZKAYA'ya, tezin değişik aşamalarındaki destekleri için Yrd.Doç.Dr.Nazmi OTLU, Yrd.Doç.Dr.Taner EKİCİ ve Doç.Dr.Hüseyin YILMAZ ve Dr.Sema TETİKER'e, XRD çalışmalarındaki emekleri için Kimya Yüksek Mühendisi Fatma YALÇIN'a ve ince-kesitlerin hazırlanmasındaki yardımları için teknisyen Ufuk KUŞ'a teşekkür ederim.

Eğitim yaşamımda beni yalnız bırakmayan tüm yakın arkadaşlarıma ve daima desteğinden güç aldığım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Hülya YEŞİLDAĞ

16.07.2009

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	v	
ABSTRACT	vii	
TEŞEKKÜR	ix	
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	x	
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii	
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii	
KISALTMALAR DİZİNİ	xix	
1	GİRİŞ	1
1.1	İnceleme Alanının Tanıtımı	1
1.2	Amaç ve Kapsam	1
1.3	Önceki Çalışmalar	1
1.4	Bölgesel Jeoloji	6
2	STRATİGRAFİ ve LİTOLOJİ	10
2.1	Yıldızeli metamorfileri	12
2.1.1	Aşılık metamorfiti	12
2.1.2	Fındıcak metamorfiti	13
2.1.3	Pelitlikaya kuvarsiti	13
2.1.4	Kadıköy metamorfiti	13
2.2	Karakoç plütonikleri	14
2.3	Yücebaca granitoyidi	14
2.4	Davulalan siyenitoyidi	15
3	FLOGOPİT MİNERALİZASYONUNUN JEOLJİSİ	16
4	MATERYAL VE YÖNTEM	25
4.1	Optik Mikroskop İncelemeleri	25
4.2	X-ışını Difraksiyonu İncelemeleri	25
4.3	Jeokimyasal İncelemeler	29
5	MİNERALJİ-PETROGRAFİ	31
5.1	İnce Kesit Petrografisi	31
5.1.1	Plütonik kayaçlar	31
5.1.1.1	Ultramafik plütonik kayaçlar	32
5.1.1.2	Mafik plütonik kayaçlar	39
5.1.1.3	Felsik plütonik kayaçlar	47
5.1.2	Damar kayaçları	52
5.1.3	Pirometasomatik kayaçlar	58
5.1.4	Metamorfik kayaçlar	61
5.2	X-ışınları İncelemeleri	63
5.2.1	Plütonik kayaçlar	63
5.2.1.1	Ultramafik plütonik kayaçlar	63
5.2.1.2	Mafik plütonik kayaçlar	66
5.2.1.3	Felsik plütonik kayaçlar	68
5.2.2	Damar kayaçları	69

5.2.3	Pirometasomatik kayalar	71
5.2.4	Metamorfik kayalar	77
6	JEOKİMYA	78
6.1	Ana ve İz Element Jeokimyası	78
6.2	Duraylı İzotop Jeokimyası	84
7	FLOGOPİTLERİN OLUŞUMU	87
8	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	92
9	KAYNAKLAR	97
	ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No.		Sayfa
Şekil 1.1	Türkiye'nin bölgesel jeolojisinde Sivas baseninin konumu (Göncüoğlu vd., 1997a; Görür vd., 1998'den değiştirilerek)	8
Şekil 1.2	İnceleme alanının yer bulduru ve basitleştirilmiş jeoloji haritası (MTA, 2002)	9
Şekil 2.1	İnceleme alanı ve civarının jeoloji haritası (Alpaslan, 1993'ten sadeleştirilmiştir)	10
Şekil 2.2	İnceleme alanının jeoloji haritası ve örnek yerleri (Alpaslan, 1993'ten sadeleştirilmiştir)	11
Şekil 2.3	Yıldızeli çevresinin genelleştirilmiş ölçülü stratigrafik dikme kesiti (Alpaslan, 1993'ten sadeleştirilmiştir)	12
Şekil 3.1	Kadıköy metamorfiteği içerisinde siyah renkli klinopiroksen monzodiyorit sokulumları (Yıldızeli-Karakoç köyü)	16
Şekil 3.2	Karakoç plütonikleri içindeki hornblenditler (Yıldızeli-Karakoç köyü)	17
Şekil 3.3	Pembe renkli siyenit içinde mafik magmatik enklavlar (Yıldızeli-Karakoç köyü)	18
Şekil 3.4	İnceleme alanında klinopiroksen hornblendit-siyenit aplit-mermer dizilimi (Yıldızeli-Karakoç köyü)	19
Şekil 3.5	Karakoç plütoniklerine sokulum yapan aplit daykları Yıldızeli-Karakoç köyü)	19
Şekil 3.6	Yıldızeli metamorfiteğinden mermerleri kesen siyenit aplit (Yıldızeli-Karakoç köyü)	20
Şekil 3.7	Karakoç plütonikleri kesen ince siyenit aplitler (Yıldızeli-Karakoç köyü)	20
Şekil 3.8	Karakoç plütonikleri'nden bozmuş hornblenditler içerisinde farklı ölçeklerde gelişmiş siyenit aplitler (Yıldızeli-Karakoç köyü)	21
Şekil 3.9	Karakoç plütoniklerinden bozmuş hornblenditleri kesen siyenit aplitler ve siyenit aplitler tarafından çevrelenen bozmuş hornblenditler (Yıldızeli-Karakoç köyü)	21
Şekil 3.10	Karakoç plütonikleri içerisinde flogopit zonlarını kesen aplit daykları (Yıldızeli-Karakoç köyü)	22
Şekil 3.11	Karakoç plütoniklerinden bozmuş hornblenditleri kesen ve faylarla ötelenmiş olan ince siyenit aplitler (Yıldızeli-Karakoç köyü)	22
Şekil 3.12	Karakoç plütoniklerinde gelişmiş flogopit oluşumları ve siyenit aplit daykları (Yıldızeli-Karakoç köyü)	23
Şekil 3.13	Karakoç plütonikleri içerisinde beyaz renkli skapolit oluşumları (Yıldızeli-Karakoç köyü)	24
Şekil 4.1	Cumhuriyet Üniversitesi MİPJAL'da uygulanan kil ayırma iş akış şeması	28

Şekiller Dizini (devam ediyor)

Şekil 5.1	Birleştirilmiş QAPF-PpxHbl diyagramında (Streckeisen, 1976), inceleme alanındaki ultramafik/mafik ve felsik plütonik kayaların dağılımı ve yönelimi (Şakar'ın, 2004 verileri ile birleştirilerek)	31
Şekil 5.2	Klinopiroksen hornblendit örneğinde uralitleşme, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Arf: Arfvedsonit, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)	35
Şekil 5.3	Klinopiroksen hornblendit örneğinde c// kesitler sunan nefelinler, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Scp: Skapolit)	35
Şekil 5.4	Klinopiroksen hornblendit örneğinde c $\perp$ kesitler sunan nefelinler, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Arf: Arfvedsonit, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)	36
Şekil 5.5	Klinopiroksen hornblendit örneğinde nefelinler içindeki lifsi mika oluşumları, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend)	36
Şekil 5.6	Klinopiroksen hornblendit örneğinde skapolit içinde epidotla kuşatılmış nefelin mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Ep: Epidot, Scp: Skapolit)	36
Şekil 5.7	Plajiyoklazlı klinopiroksen hornblendit örneğinde plajiyoklaz (bitovnit) minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Plj: Plajiyoklaz, Hbl/Arf: Hornblend/Arfvedsonit, Scp: Skapolit)	37
Şekil 5.8	Klinopiroksen hornblendit örneğinde biyotit minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Bt: Biyotit, Hbl: Hornblend, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)	38
Şekil 5.9	Klinopiroksen hornblendit örneğinde özşekilli-yarı özşekilli titanit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Hbl/Arf: Hornblend/Arfvedsonit, Ttn: Titanit)	38
Şekil 5.10	Nefelinli hornblendit örneğinde yeşil renkli klorit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Chl: Klorit, Hbl: Hornblend, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)	39
Şekil 5.11	Klinopiroksen diyorit örneğinde yeşil hornblend içinde ayrışım lamelleri şeklindeki mavimsi yeşil arfvedsonit minerali oluşumu, a) çift nikol, b) tek nikol (Arf: Arfvedsonit, Hbl: Hornblend, Scp: Skapolit)	42
Şekil 5.12	Hornblend monzonit örneğinde hornblend ve arfvedsonit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Hbl: Hornblend, Arf: Arfvedsonit)	42
Şekil 5.13	Hornblend gabro örneğinde skapolit minerali içinde balık sırtı görünümlü oluşumlar (Ca-zeolitleşme), a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Hbl: Hornblend, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)	43
Şekil 5.14	Hornblend gabro örneğinde skapolit minerali içinde plajiyoklaz oluşumları, a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Hbl: Hornblend, Plj: Plajiyoklaz)	43

Şekiller Dizini (devam ediyor)

Şekil 5.15	Hornblend gabro örneğinde skapolit minerali içinde plajiyoklaz ve epidot mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Hbl: Hornblend, Plj: Plajiyoklaz, Ep: Epidot)	43
Şekil 5.16	Hornblend gabro örneğinde nefelinleri kesen epidot (klinozoyisit) minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Ep: Epidot)	44
Şekil 5.17	Hornblend gabro örneğinde ortoklaz mineralinde poyikilitik doku, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Hbl: Hornblend, Scp: Skapolit)	45
Şekil 5.18	Klinopiroksen diyorit örneğinde skapolit içinde zirkon mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Zrn: Zirkon, Arf: Arfvedsonit, Scp: Skapolit)	45
Şekil 5.19	Hornblend gabro örneğinde zirkon ve titanit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Zrn: Zirkon, Ttn: Titanit, Hbl: Hornblend, Or: Ortoklaz)	45
Şekil 5.20	Klinopiroksen diyorit örneğinde skapolit içinde apatit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Ap: Apatit)	46
Şekil 5.21	Siyenit örneğinde mikroklin ve ksenotim mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Mc: Mikroklin, Xe: Ksenotim, Or: Ortoklaz)	50
Şekil 5.22	Siyenit örneğinde (SYM-13) plajiyoklaz içinde biyotit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Bt: Biyotit, Pl: Plajiyoklaz)	50
Şekil 5.23	Siyenit örneğinde özşekilli titanit minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Ttn: Titanit, Or: Ortoklaz)	50
Şekil 5.24	Siyenit örneğinde topaz mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Toz: Topaz, Ap: Apatit, Hbl: Hornblend, Or: Ortoklaz)	51
Şekil 5.25	Siyenit örneğinde özşekilli epidot minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Ep: Epidot)	51
Şekil 5.26	Siyenit örneğinde özşekilsiz epidot minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Ep: Epidot)	52
Şekil 5.27	Siyenit örneğinde yelpaze biçimli klorit oluşumları, a) çift nikol, b) tek nikol (Chl: Klorit, Or: Ortoklaz)	52
Şekil 5.28	Siyenit apilit örneğinde ortoklaz içinde ipliksi pertitler, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz)	55
Şekil 5.29	Siyenit apilit örneğinde karlsbad ikizlenmesi ve pertitik dokulu ortoklaz mineralinin gözeneklerinde epidot mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Ep: Epidot)	55
Şekil 5.30	Siyenit apilit örneğinde plajiyoklaz mineralinde mirmekitik doku, çift nikol, (Pl: Plajiyoklaz); b) Granit apilit örneğinde kuvarlarda mikro yönelme, çift nikol, (Qtz: Kuvars, Or: Ortoklaz)	55

Şekiller Dizini (devam ediyor)

Şekil 5.31	Granit aplit örneğinde a) Mikroklin mineralinde kafes tipi ikizlenme ve grafik doku oluşumları; b) Ortoklaz minerali içinde grafik doku oluşumu (Mc: Mikroklin, Or: Ortoklaz)	56
Şekil 5.32	Siyenit aplit örneğinde granat mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Grt: Granat, Or: Ortoklaz)	56
Şekil 5.33	Siyenit aplit örneğinde ortoklaz içinde özşekilli titanit minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Ttn: Titanit, Or: Ortoklaz)	56
Şekil 5.34	Granit aplit örneğinde kataklazma etkisi ile minerallerde kırılma, ufalanma/kataklazma etkisi (çift nikol)	57
Şekil 5.35	Epidot-granatfels örneğinde optik izotrop ve yarı özşekilli-özşekilsiz granat mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Grt: Granat, Cal: Kalsit)	60
Şekil 5.36	Epidot-granatfels örneğinde optik izotrop granat ile ksenotim mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Grt: Granat, Xe: Ksenotim)	61
Şekil 5.37	Siyenit örneğinde siyenit-epidozit sınırı/geçişi a) çift nikol, b) tek nikol	61
Şekil 5.38	Mermer örneğinde polisentetik ikizlenme gösteren kalsit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol	62
Şekil 5.39	Mermer örneğinde biyotit/flogopit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Bt: Biyotit, Cal: Kalsit, Om: Opak mineral)	62
Şekil 5.40	Ultramafik plütonik kayalardan alınan hornblendit örneğinde belirlenen minerallerin XRD-TK difraktogramı	65
Şekil 5.41	Ultramafik plütonik kayalardan alınan hornblendit örneğinde belirlenen minerallerin XRD-TK difraktogramı	65
Şekil 5.42	Ultramafik plütonik kayalardan alınan klinopiroksenit örneğinde belirlenen smektit ve karışık tabakalı I-V minerallerinin XRD-KF difraktogramı	66
Şekil 5.43	İnceleme alanında saptanan feldispat piklerinin alkali feldispat ve plajiyoklaza ait hesaplanmış desenler ile karşılaştırılmaları (feldispat türlerine göre piklerin simgelenmesi Chen, 1977'de düzenlenmiştir)	70
Şekil 5.44	Ultramafik plütonik kayalardan alınan flogopit mineral örneğine ait XRD-TK difraktogramı	73
Şekil 5.45	Ultramafik plütonik kayalardan alınan hornblendit örneğinde belirlenen skapolit mineralinin XRD-TK difraktogramı	73
Şekil 5.46	Epidot-granatfels örneğinde belirlenen minerallerin XRD-TK difraktogramı	74
Şekil 5.47	Damar kayalardan alınan örnekte belirlenen granat minerallerinin XRD-TK difraktogramı	74
Şekil 5.48	Ultramafik plütonik kayalardan alınan flogopit mineral örneğine ait XRD-KF difraktogramı	75
Şekil 5.49	Ultramafik plütonik kayalardan alınan flogopit örneğinde belirlenen karışık tabakalı P-V ve S-V minerallerinin XRD-KF difraktogramı	75

Şekiller Dizini (devam ediyor)

Şekil 5.50	Ultramafik plütonik kayalardan alınan bozuşmuş piroksenit örneğinde belirlenen Phl-P-V-S-V minerallerinin XRD-KF difraktogramı	76
Şekil 5.51	Flogopit örneğindeki 1M flogopitlerin yönlenmemiş X-ışınları toz difraktogramı	77
Şekil 6.1	Fillosilikat minerallerinin $\text{SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{+tFe}_2\text{O}_3$ ve $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-tFe}_2\text{O}_3$ üçgen diyagramındaki dağılımları	81
Şekil 6.2	Minerallerin eser element içeriklerine göre dağılımı (M=Karışık davranışlı elementler, H=Halojen, PM=Değerli metaller, LFSE=Kalıcılığı düşük elementler, HFSE=Kalıcılığı yüksek elementler)	81
Şekil 6.3	Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize iz element desenleri (Kondrit: Sun ve McDonough, 1989; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet vd.,1984)	83
Şekil 6.4	Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize REE bollukları (NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin vd. 1968, diğer elementler Gromet vd., 1984; Kondrit: Sun ve McDonough, 1989)	83
Şekil 6.5	Flogopit minerallerinin oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta\text{D}$ diyagramındaki konumları (Oklar sırasıyla serpantin-flogopit ve flogopit-P-V yönündeki izotopsal farklılaşmayı göstermektedir. Kaolinit çizgisi: Sheppard ve Gilg, 1996; süperjen-hipojen çizgisi: Sheppard vd., 1969; Meteorik su çizgisi: Craig, 1961; Magmatik ve metamorfik su alanları: Sheppard, 1986; Kuluncak flogopit ve P-V: Yalçın ve Hozatlıoğlu, 2007)	85
Şekil 6.6	$\% \delta^{18}\text{O}$ değerleri manto için 5.7 (Kyser, 1986) ve grantik su için 5.3-11 $\%$ (Harris vd., 1997; Whalen vd., 1996) varsayılarak flogopit ve P-V'teki suyun Zheng'e (1993) göre hesaplanmış $\% \delta^{18}\text{O}$ (SMOW) değerleri ile sıcaklık arasındaki ilişki	86



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge No.		Sayfa
Çizelge 4.1	İnceleme sahasından alınan örneklerle uygulanan laboratuvar yöntemlerinin dağılımı	25
Çizelge 4.2	XRD çekimlerinde kullanılan aletsel koşullar	26
Çizelge 4.3	Dolomit referans alınarak saptanmış ortalama mineral şiddet faktörleri (Yalçın ve Bozkaya, 2002 verilerine ekleme yapılarak ve değiştirilerek)	26
Çizelge 4.4	Kaolin-EG referans alınarak saptanmış ortalama kil minerali şiddet faktörleri (Yalçın ve Bozkaya, 2002 verilerine ekleme yapılarak)	27
Çizelge 5.1	İnceleme alanındaki ultramafik plütonik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları	32
Çizelge 5.2	İnceleme alanındaki mafik plütonik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları	40
Çizelge 5.3	İnceleme alanındaki felsik plütonik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları	48
Çizelge 5.4	İnceleme alanındaki damar kayaçlarından alınan örneklerin optik mikroskopi inceleme sonuçları	53
Çizelge 5.5	İnceleme alanındaki pirometasomatik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları	59
Çizelge 5.6	İnceleme alanındaki metamorfik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları	61
Çizelge 5.7	Ultramafik plütonik kayaçların XRD-TK ve KF çözümlene sonuçları (%)	64
Çizelge 5.8	Ultramafik plütonik kayaçları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	64
Çizelge 5.9	Ultramafik plütonik kayaçlardaki fillosilikat minerallerinin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	64
Çizelge 5.10	Mafik plütonik kayaçların XRD-TK ve KF çözümlene sonuçları (%)	67
Çizelge 5.11	Mafik plütonik kayaçları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	67
Çizelge 5.12	Mafik plütonik kayaçlardaki fillosilikat minerallerinin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	67
Çizelge 5.13	Felsik plütonik kayaçların XRD-TK ve KF çözümlene sonuçları (%)	68
Çizelge 5.14	Felsik plütonik kayaçları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	68
Çizelge 5.15	Damar kayaçlarının XRD-TK çözümlene sonuçları (%)	69
Çizelge 5.16	Damar kayaçlarını oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	69
Çizelge 5.17	Pirometasomatik kayaçların XRD-TK ve KF çözümlene sonuçları (%)	72
Çizelge 5.18	Pirometasomatik kayaçları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	72

Çizelgeler Dizini (devam ediyor)

Çizelge 5.19	Pirometasomatik kayalardaki fillosilikat minerallerinin istatistiksel değerlendirilmesi (%)	72
Çizelge 5.20	Metamorfik kayalaların XRD-TK çözümlene sonuçları (%)	77
Çizelge 6.1	Yıldızeli yöresinden alınan örneklerin ana element kimyasal ve minerallerin birim-hücre bileşimleri	79
Çizelge 6.2	Yıldızeli yöresinden alınan örneklerin iz element kimyasal bileşimleri	80
Çizelge 6.3	Fillosilikat minerallerinin duraylı izotop ( $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta\text{D}$ ) bileşimleri	85
Çizelge 7.1	Farklı ana ve yan kayaç, yaş ve jeolojik ortamları temsil eden biyotit-flogopitlerin karşılaştırılması	88

## KISALTMALAR DİZİNİ

AF=Alkali feldispat	Mc=Mikroclin
Ap=Apatit	Ms=Muskovit
Agt/Ag=Egirinojit/Egirin	NASC= Kuzey Amerikan Şeylleri
Ap=Apatit	Ne=Nefelin
Arf=Arfvedsonit	OM=Optik mikroskopi
Aug=Ojit	Om=Opak mineraller
Bt=Biyotit	Or=Ortoklaz
Cal=Kalsit	P=Plajiyoklaz(+Skapolit)
Chl=Klorit	PDB=PeeDee Belemnite
C-S=Klorit-Smektit	Phl=Flogopit
C-V=Klorit-vermikülit	Phs=FilloSilikat
En=Enstatit	Pl=Plajiyoklaz
Ep=Epidot	Px=Piroksenit
EG=Etilen glikol	Px-Hbl=Piroksen Hornblendit
F=Feldispatoyid	P-V=Flogopit-Vermikülit
Fel=Feldispat	Phs=FilloSilikat
Grt=Granat	Prx=Piroksen
H=Halojen	REE=Nadir toprak elementleri
Hbl=Hornblend	Qtz=Kuars
Hbl-Px=Hornblend Piroksenit	Scp= Skapolit
Hbl-G=Hornblend Gabro	Sm=Smektit
HFSE= Kalıcılığı yüksek elementler	S-V=Smektit-Vermikülit
I-S=İllit-Smektit	SMOW=Standart Ortalama Okyanus Suyu
I-V=İllit-Vermikülit	TK=Tüm kayaç
KF=Kil fraksiyonu	Toz=Topaz
LFSE=Kalıcılığı düşük elementler	Tre/Act=Tremolit/aktinolit
M=Mafik Mineral	Ttn= Titanit
MORB=Okyanus ortası sırtı bazaltı	Xe=Ksenotim

# 1. GİRİŞ

## 1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı

İnceleme alanı, Yıldızeli'nin (Sivas) yaklaşık 20 km güneyinde yer alan Karakoç Köyü ve civarını kapsamakta olup, 1/25.000 ölçekli Sivas İ-36 c2 ve Sivas İ37 d1 paftalarının kesiştiği yaklaşık 2 km<sup>2</sup> lik bir kesim ile sınırlandırılmıştır.

## 1.2 Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışması, Sivas iline bağlı Yıldızeli ilçesi Karakoç köyü ve civarındaki plütonik kayalarla ilişkili flogopit oluşumlarını kapsamaktadır. İncelemenin ana konusunu oluşturan flogopit minerali aslında mika grubu bir mineral olmasına rağmen, endüstriyel anlamda çeşitli etkiler karşısında (sıcaklık, kimyasal madde) ayrılma (eksfoliasyon) ve/veya fiziksel genleşebilme kapasitesine sahip olması nedeniyle vermikülit grubu içerisinde de değerlendirilmektedir. Flogopitler; ısı ve elektriksel yalıtım özellikleri nedeniyle sanayi alanında (ısı ve ses yalıtımı ile katkı maddesi olarak boya ve plastiklerde) ve toprak düzenleyici olarak ziraat alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, genel olarak flogopit ve eşlikçi kayaların ayrıntılı mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yıldızeli yöresinde plütonizma ve flogopit mineralizasyonu arasındaki etkileşimler; flogopite eşlik eden diğer minerallerin (özellikle fillosilikatlar) düşey ve yanal dağılımları; ana kayaç, köken, oluşum sırası ve mekanizması; diğer alterasyonlar arasındaki ilişkiler, ayrıca magmatik dizilim içindeki konumu saptanarak aynı ve/veya benzer plütonik kuşaklardaki olası flogopit seviyeleri belirlenebilecektir.

## 1.3 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve yakın çevresinde yapılan çalışmalar çoğunlukla genel jeoloji ve magmatiklerin petrolojisini kapsamakta olup, bunlar aşağıda özetlenmiştir:

Okay (1952, 1953, 1955), yaptığı çalışmalarda bölgeyi Anatolid Tektonik Birliği içerisinde değerlendirmiştir. Bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış ve bölgedeki birimleri Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı olarak belirtmiştir. Mesozoyik'i sadece gabro ve hornblendit türü kayalardan oluşan, Üst Kretase'nin en üst kesimleri veya Üst Kretase'den daha genç olan serpantinitle temsil ettiğini ileri sürmüştür.

Yalçınlar (1955), Sivas civarında yapmış olduğu çalışmada Karaçayır yakınından geçen, doğu-batı uzanımlı, üstü açılmış olan bir antiklinali Paleozoyik yaşlı kayaçların oluşturduğunu; ayrıca Oligosen ve Miyosen yaşlı kayaçların karasal ve denizel fasiyeslerin varlığından bahsetmiştir.

Pollak (1957), Akdağmadeni-Yıldızeli yöresinde yaptığı çalışmada genelde orto ve para kökenli kayaçlardan oluşan metamorfitlelerden bahsetmiştir. Ayrıca bu metamorfitlelerin tabanına yerleşmiş büyük bir plütonun varlığını ileri sürmüştür. Bölgenin üç farklı kıvrımlanma evresinin etkisinde kaldığını, son kıvrımlanma evresinin Alpin evreye ait olduğunu belirtmiş ve bu kıvrımlanma yapılarının bir kırılma tektoniği ile izlendiğini ifade etmiştir. Son olarak da kristalin kayaçların hem kuzeyde hem de güneyde Tersiyer yaşlı birimlerle örtülmüş olduğunu belirtmiştir.

Baykal (1960), çalışmasında 1/500000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Bölgedeki şist ve mermerlerin değişik zamanları temsil eden granitler tarafından kesildiğini, bölgenin geçirmiş olduğu en şiddetli hareketlerin ise Üst Kretase'de gerçekleşmiş olduğunu, ofiyolit yerleşimi için Üst Kretase yaşının verilebileceğini belirtmiştir.

Sovoja (1960), petrol olanaklarını belirlemek amacıyla Yıldızeli (Sivas) civarında bir çalışma yapmıştır. Bölgede Paleozoyik yaşlı kuvarsit, gnays ve mikaşistin varlığını ortaya koyarak ofiyolitik kayaçların Maestriziyen'de yerleşmiş olduğunu belirtmiştir. Fosilli kireçtaşı, filiş ve volkanik fasiyesleri saptayarak Eosen yaşlı olduklarını ileri sürmüştür.

Göksu (1974), 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun paftasını hazırlayarak, özellikle ofiyolitli karışık ve örtü kayaçları üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapmıştır.

Tatar (1977), Yıldızeli (Sivas) yöresini ve Çamlıbel Dağlarını kapsayan çalışmasında bölgedeki kayaçları; Akdağ Metamorfitleleri, ofiyolitik seri, Üst Kretase sedimentleri, ofiyolitik seriyi kesen asidik ve bazik plütonlar, Paleojen sedimentleri, Tersiyer volkanitleri ve Neojen sedimentleri olarak ayırtlamıştır.

Yılmaz (1981a), Tokat ile Sivas (Yıldızeli, Karaçayır) arasındaki bölgede Karaçayır Metamorfitleleri ile ofiyolitli karışığı tanımlamış ve aralarındaki ilişkinin tektonik olduğunu belirtmiştir. Örtü kayanın ise çeşitli düzeylerde ofiyolitli karışıktan türemiş olistrostromları içerdiğini ve Üst Senoniyen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz (1981b), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede yaptığı çalışmada bazı volkanitlerin petrokimyasal özelliklerini incelemiştir. Volkanitler, üç gruba ayırtlanmıştır. I. Grup Volkanitler toleyitik karakterli olup ofiyolitik karışık içerisinde yer almakta; II. Grup Volkanitler Üst Kretase (olasılı Turoniyen) yaşlı, kalkalkali karakterli olarak belirtilmekte, III. Grup Volkanitler ise Eosen ya da büyük olasılıkla daha genç olup kalkalkali karakterli kayaların farklılaşmasının son ürünü olarak oluştuğu ifade edilmektedir.

Yılmaz ve Özer (1984), Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı'nın Akdağmadeni ile Karaçayır arasındaki bölümünün temel jeolojisini incelemiştir. Temelde metamorfitletler ile Üst Kretase-Paleosen yaşlı karışık ile örtü kayalarının yer aldığını, üzerine ise yer yer granitik ve siyenitik plütonikler tarafından kesilen Eosen yaşlı dizinin açılı uyumsuzlukla geldiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca Eosen dizisini kesen volkanitlerin dom yapısı sunduğunu da belirtmişlerdir. Tüm bu birimlerin üzerine Neojen ve Kuvaterner yaşlı bazalt akıntıları ile karasal oluşukların açılı uyumsuzlukla geldiği ortaya konulmuştur.

Geven (1992), Torid-Anatolid Platformu ile Kırşehir Masifi'nin çarpışması sonucu okyanus kabuğunun Kırşehir Masifi'nin altına dalarak kısmi ergimeye uğradığını, bu durumun kabuk içerisinde granitik magmanın yükselmeye başlamasına neden olduğunu ortaya koymuştur.

Akıman ve Boztuğ (1993), Orta Anadolu Kristalin Kompleksi içinde yer alan alkali magmatik kayaçların coğrafik ve bölgesel jeolojik konumları, birbirleri ile olan ilişkileri, jeodinamik oluşum ortamları ve/veya koşulları, birlikte oluşturdukları kayaç toplulukları ve ekonomik önemlerinden bahsedilmiştir.

Alpaslan (1993), Yıldızeli yöresi (Sivas Batısı) metamorfitletlerini petrolojik açıdan incelemiştir. Araştırmacıya göre; bölgedeki kayaçların temelinde intrüzüfler tarafından kesilen metamorfik kayaçlar yer almakta, Üst Kretase yaşlı ultramafitletler ise tektonik dokanakla bu birimlerin altında bulunmaktadır. Bu birimleri açılı uyumsuzlukla Paleosen-Eosen yaşlı, birbiriyle yanal geçişli olan kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan birimler ve yine onları da açılı uyumsuzlukla Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal detritikler örtmektedir. Bölgedeki en genç çökelleri ise Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal çökeller oluşturmaktadır.

Gökten'in (1993) çalışmasında, Yıldızeli (Sivas) güneyinde bulunan metamorfik kayaçların Akdağ Masifi'ne ait horst yapısında olduğu belirtilmiştir. Bu masif içinde Eosen öncesinde intrüziflerin sokulduğu ve masifin Eosen ve daha

genç olan örtü kayalar tarafından örtüldüğü ifade edilmiştir. Masifin orta basınç-yüksek sıcaklık derecesindeki bölgesel metamorfizma ile intrüzyondan kaynaklanan kontak metamorfizma etkisinde kaldığı ortaya konulmuştur.

Tolluoğlu (1993), İç Anadolu magmatik yay plütönünü yüzeyleyen intrüzif serilerin; dış zonda kalkalkali, iç zonda ise alkali karakterde zonlanma gösterdiklerini belirtmiştir. Kırşehir masifi içinde stok ve dayklar şeklinde yüzeyleyen siyenitoyidlerin lökokratik bileşimli ve aşırı doymun alkali (ALCOS) karakterli olduğu ifade edilmiştir.

Türel vd. (1993), Üst Kretase sırasında Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı'nın kuzeyinde ensimatik bir ada yayının oluştuğunu ileri sürmüştür. Bu yayın Orta Anadolu kabuk parçası ile çarpışması ve üzerine itilmesi sonucu bölgedeki kıtasal kabuk kayaçlarının kısmi ergimeye uğrayarak granitik magmanın oluşumuna yol açtığı ifade edilmektedir.

Erler ve Bayhan (1993, 1995), Orta Anadolu'da köşeleri Sulakyurt, Ulukışla ve Sivas'ta olan kabaca üçgen biçimli bir alanda yüzeyleyen magmatik ve metamorfik kayaçlar topluluğunu "Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı", karmaşığın hem I hem de S tipi özellik sergileyen granitoyid bileşimli kayaçlarını "Orta Anadolu Granitoyidleri" olarak adlandırmışlardır. Çalışmada granitoyidlerin; ada yayı, levha içi ve çarpışma sonrası granitoyidleri bölgesinde yer aldıkları ileri sürülmektedir.

Alpaslan ve Boztuğ'un (1997) araştırmasında, Yıldızeli (Sivas) yöresinde Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı'nı kesen Yücebaca Granitoyidi'nin S tipinde, Davulalan Siyenitoyidi'nin ise alkalın karakterde ve alümino-kafemik bileşiminde olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca; çarpışma kökenli Yücebaca Plütönü ile çarpışma sonrası plütön olan Davulalan Plütönü'nün üzerini Tersiyer yaşlı birimlerin örttüğü belirtilmiştir.

Tatar (1997), Üst Kretase'de Neotetis'in kuzey kolunun Pontitler'in altına dalması sonucu Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'nın meydana geldiği ifade edilmiştir. Bu çarpışma sonucu oluşan kabuk kalınlaşmasına bağlı olarak I tipi magmatik kayaçlar gelişmiştir. Kabuk kalınlaşmasından sonra oluşan gerilme rejimi neticesinde ise yükselen üst manto diliminin kısmi ergimesi ile M tipi magmatik kayaçların oluştuğu ileri sürülmüştür.

Yalınz ve Göncüoğlu (1998) çalışmalarında Orta Anadolu Metamorfitleri üzerine Erken Santoniyen sonrası-Geç Maestrihtiyen öncesinde tektonik

dokanakla yerleşen Orta Anadolu Ofiyolitleri'nin, yoğun olarak parçalanmış ancak ofiyolit istifi özelliğini korumuş metamorfik tektonitler, kümülat ve izotop gabrolar, plajiyogranitler, levha-dayk kompleksine ait diyabazlar, yastık lavlar ve Orta Turoniyen-Santoniyen yaşlı epi-ofiyolitik çökellerden oluştuğu ifade edilmiştir. Ayrıca Orta Anadolu Ofiyolitleri'nin granitoidler tarafından kesildiği belirtilmiştir.

Yalın vd. (1999), Orta Anadolu Kristalin Kompleksi'nde çarpışma sonrası gelişen magmatizmanın, Erken Santoniyen sonrası-Erken Kampaniyen zaman aralığında, İç Anadolu Ofiyolitleri'nin yerleşmesinden sonra geliştiğini ortaya koymuştur.

Boztuğ (2000), Orta Anadolu'da İzmir-Ankara kenet zonu boyunca meydana gelen magmatizma ve metamorfizmanın Geç Kretase'de eş zamanlı olarak oluştuğunu belirtmiştir. Orta Anadolu Kristalin Kompleksi, Kırşehir Bloğu veya Kırşehir Masifi olarak adlandırılan birliğin çok sayıda metasedimanter, ofiyolitik dilim ve intrüzif içerdiğini belirtmiştir.

Floyd vd. (2000), Orta Anadolu Kristalin Kompleksi ya da Kırşehir Bloğu'nu Toros Anadolu Karbonat platformu'nun metamorfik kenarı olarak tanımlanmıştır. Orta Anadolu Kristalin Kompleksi'nin Neotetis'in İzmir-Ankara-Erzincan kolundan türemiş okyanus parçalarını içerdiği ve içinde iki tektonik birim ayırtlanmış olduğu ifade edilmektedir.

İnceleme konusunu yakından ilgilendiren kapsamlı dört çalışma bulunmaktadır. Bunlardan ikisi doğrudan flogopit (Üçgül, 1997; Yalçın ve Hozathoğlu, 2007); diğerleri (Toksoy, 1998; Şakar, 2004) ise magmatiklerin petrolojisini kapsamaktadır.

Üçgül (1997), Sivas-Yıldızeli-Karakoç cevher yatağının ana mineral olarak flogopit minerali içerdiğini ve muhtemel rezervinin 2.750.000 ton olduğunu belirtmiştir. Çalışmada yataktan alınan numunelerin ısısal ve kimyasal yöntemlerle genleşme özellikleri incelenmiş ve sonuçta numunelerin alevle doğrudan temasın olduğu koşulda en yüksek 13.2, elektrikli fırın ortamında en yüksek 18.2, kimyasal olarak ise en fazla 49 kat geliştirilebileceği ortaya konulmuştur.

Toksoy (1998) ve Toksoy-Köksal vd. (2001); Kurançalı bölgesindeki (Kırşehir-Orta Anadolu) vermikülitleşmiş flogopit içeren metagabroların petrografisini ve mineralojisini incelemiştir. Flogopitler; Orta Anadolu



Ofiyolitleri'nin ayrı bir birimi olan Kuraçalı metagabrosunda gelişmiş olup; Orta Anadolu Granitoidleri'ne ait granitik dayklar ile ilişkili K-ca zengin çözeltilerin etkisi ile piroksen ve amfibollerin bozuşma (alterasyon) ürünleridir. Vermikülitler ise flogopitlerin yüzeysel bozunması ile oluşmuştur.

Şakar (2004), Karakoç (Yıldızeli-Sivas) köyü civarında yaptığı çalışmada; Karakoç mafik plütoniklerini, yapısal ve mineralojik özellikleri itibariyle yaygın kontakt metasomatizma ve asimilasyon verilerinin gözlemlendiği mafik plütonikler ve ultramafikler olarak ayırtlamıştır. Plütonik kayaçların levha içi granitoid yerleşimi ile gelişmiş, hem alkali hem de subalkali özellik sunan, toleyitik ve kalkalkali karakterli olduğu belirtilmiştir. Karakoç mafik plütoniklerinin levha içi gerilmeye bağlı olarak oluştuğu ifade edilmiştir.

Yalçın ve Hozatlıoğlu (2007), Malatya civarında yapmış olduğu çalışmada, Divriği Ofiyolitli Karışığı'na ait ultramafik kayaçlarda belirlenen bozuşma ürünlerini serpantinleşme-öncesi, -sırası ve -sonrası olarak üç ana gruba ayırmıştır. Çalışmada listfenitik zonlara eşlik eden flogopit minerallerinin, ofiyolitik dizilimdeki mika-peridotitlerinin ana minerallerinden olduğu, listfenitleşme neticesinde tane boyutunun arttığı ve belirli zonlarda biriktiği, pirometasomatizma ile de yer yer P-V ile vermikülite dönüştüğü ortaya konulmuştur.

#### **1.4 Bölgesel Jeoloji**

İnceleme alanını da kasayan İç Anadolu'da farklı yaş, jeotektonik konum ve kayaç türlerine sahip tektono-stratigrafik birimler bulunmaktadır (Şekil 1.1).

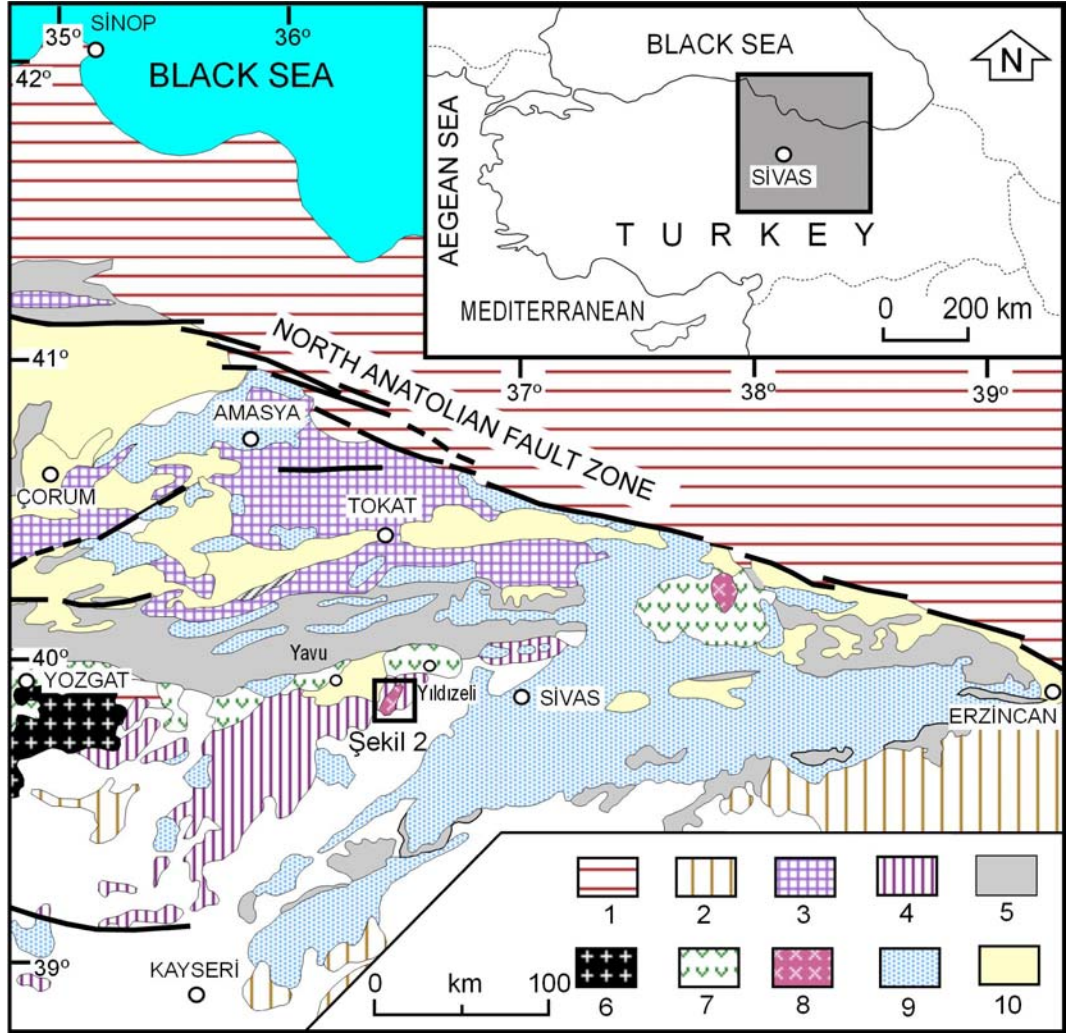
İnceleme alanı Sivas iline bağlı Yıldızeli yöresinde plütonik kayaçlar ile ilişkili flogopit oluşumlarını kapsamaktadır (Şekil 1.2). Yıldızeli yöresinde en yaşlı birimi Paleozoyik yaşlı metamorfikler oluşturmaktadır. Üst Kretase yaşlı ofiyolitik dizilimi, Paleosen yaşlı plütonikler, Eosen yaşlı kırıntılılar ve volkanikler izlemektedir. En genç birimleri Miyosen yaşlı volkanikler ile Miyos-Pliosen yaşlı karasal tortullar oluşturmaktadır.

Bu tektono-stratigrafik birimlerden, Kuzey Anadolu Ofiyolitleri, Neo-Tetis okyanusunun kuzey koluna ait allokon topluluklarını temsil etmekte olup, Üst Kretase-Paleosen'de (Yılmaz, 1985) veya Üst Kretase'de (Göncüoğlu vd., 1997a) güneye doğru Torid-Anatolid Platformu üzerine yerleşmiştir.

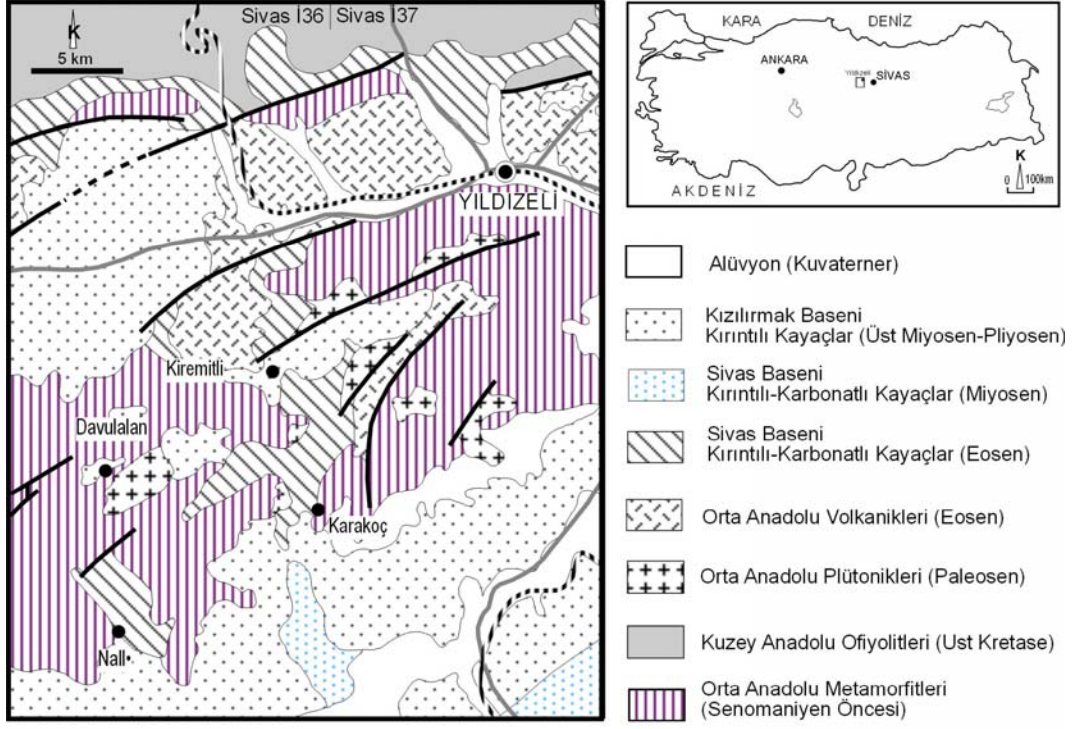
Neo-Tetis'in kapanmasına paralel olarak Geç Kretase'den itibaren Sakarya Kıtası ve Kırşehir Bloku olmak üzere iki kıtasal birim üzerinde (Şengör ve Yılmaz, 1981), Orta Anadolu Basenleri (Koçyiğit, 1991; Görür vd., 1998) oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'e kadar gelişimlerini sürdürmüşlerdir. Bu basenlerden biri olan Sivas baseni çarpışma ile ilişkili tipik bir ön ülke havzası olup (Görür vd., 1998), Üst Paleosen'de (Kavak, 1998; Poisson vd., 1996) oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'de Anadolu ve Arap levhalarının çarpışması ile evrimini tamamlamıştır (Görür vd., 1998).

Neo-Tetis'in Eosen'de kapanmasından sonra çarpışma ile ilişkili magmatiklerden Paleosen'de Orta Anadolu Granitoidleri (Boztuğ, 2000) ile Orta-Üst Eosen'de Orta Anadolu Siyenitoidleri (Boztuğ vd., 1994) ve Orta Anadolu Volkanikleri gelişmiştir.

Orta Miyosen'den itibaren ise neotektonik "Ova" rejimi (Şengör, 1979) altında intrakratonik basenler gelişmiş olup (Görür vd., 1998), bu rejim Geç Pliyosen'e kadar (Koçyiğit, 1991) devam etmiştir. Bu dönemde oluşan küçük havzalar, İmranlı-Suşehri çevresinde ofiyolitik ve magmatik kayalar üzerinde yaygın olarak çek-ayır türü havzalar (Yılmaz, 1998) olarak bulunmaktadır. Bu havzalar Üst Miyosen-Geç Pliyosen yaşlı akarsu, göl ve/veya playa çökellerinden oluşmaktadır.



Şekil 1.1 Türkiye'nin bölgesel jeolojisinde Sivas baseninin konumu (Göncüoğlu vd., 1997a; Görür vd., 1998'den değiştirilerek): 1-Pontidler, 2-Toridler, 3-Sakarya Kompozit Birliği (SCT), 4-Orta Anadolu Metamorfikleri (Senomaniyen Öncesi), 5-Kuzey Anadolu Ofiyolitleri (Üst Kretase), 6- Orta Anadolu Granitoyidleri (Üst Kretase-Paleosen), 7- Orta Anadolu Volkanikleri-Volkanosedimanterleri (Eosen), 8- Orta Anadolu Siyenitoyidleri (Eocene), 9- Orta Anadolu Basenleri (Üst Krease-Alt Miyosen), 10-Neojen ve Kuvaterner Örtü

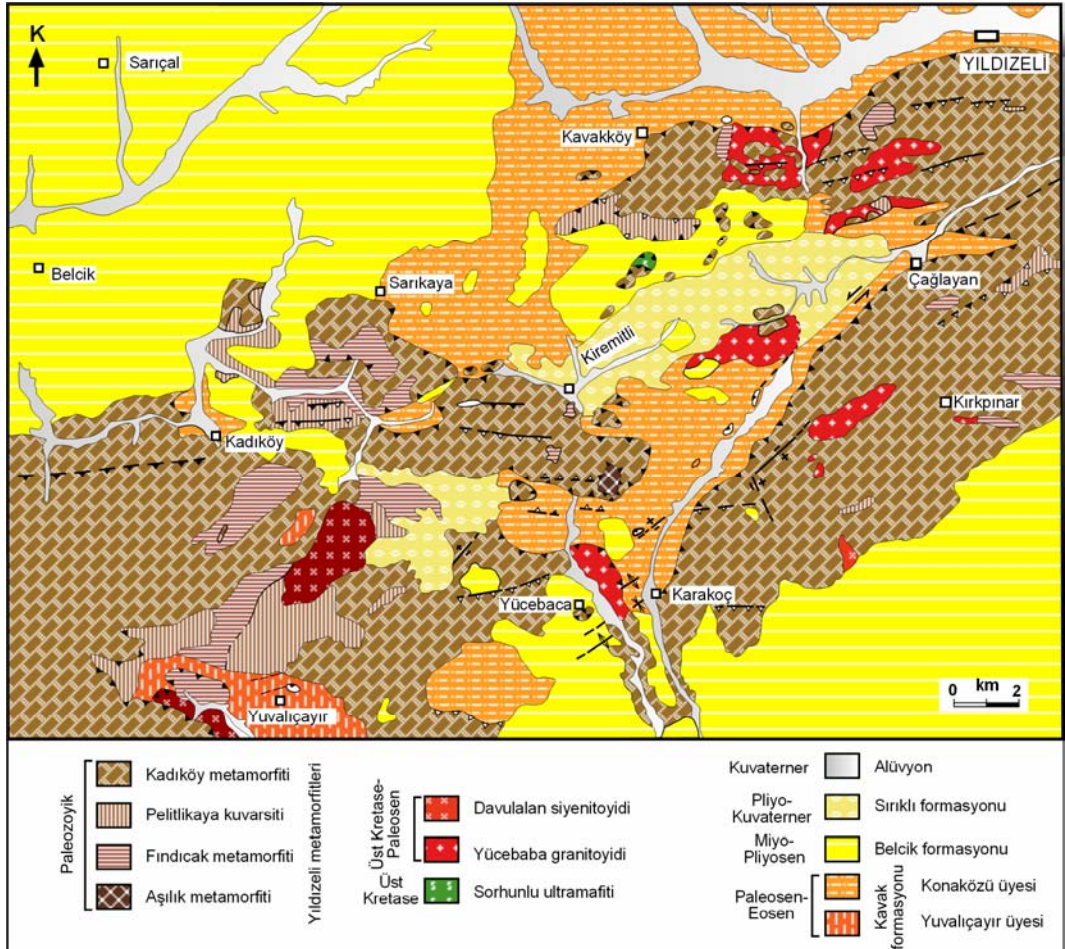


Şekil 1.2 İnceleme alanının yer bulduru ve basitleştirilmiş jeoloji haritası (MTA, 2002)

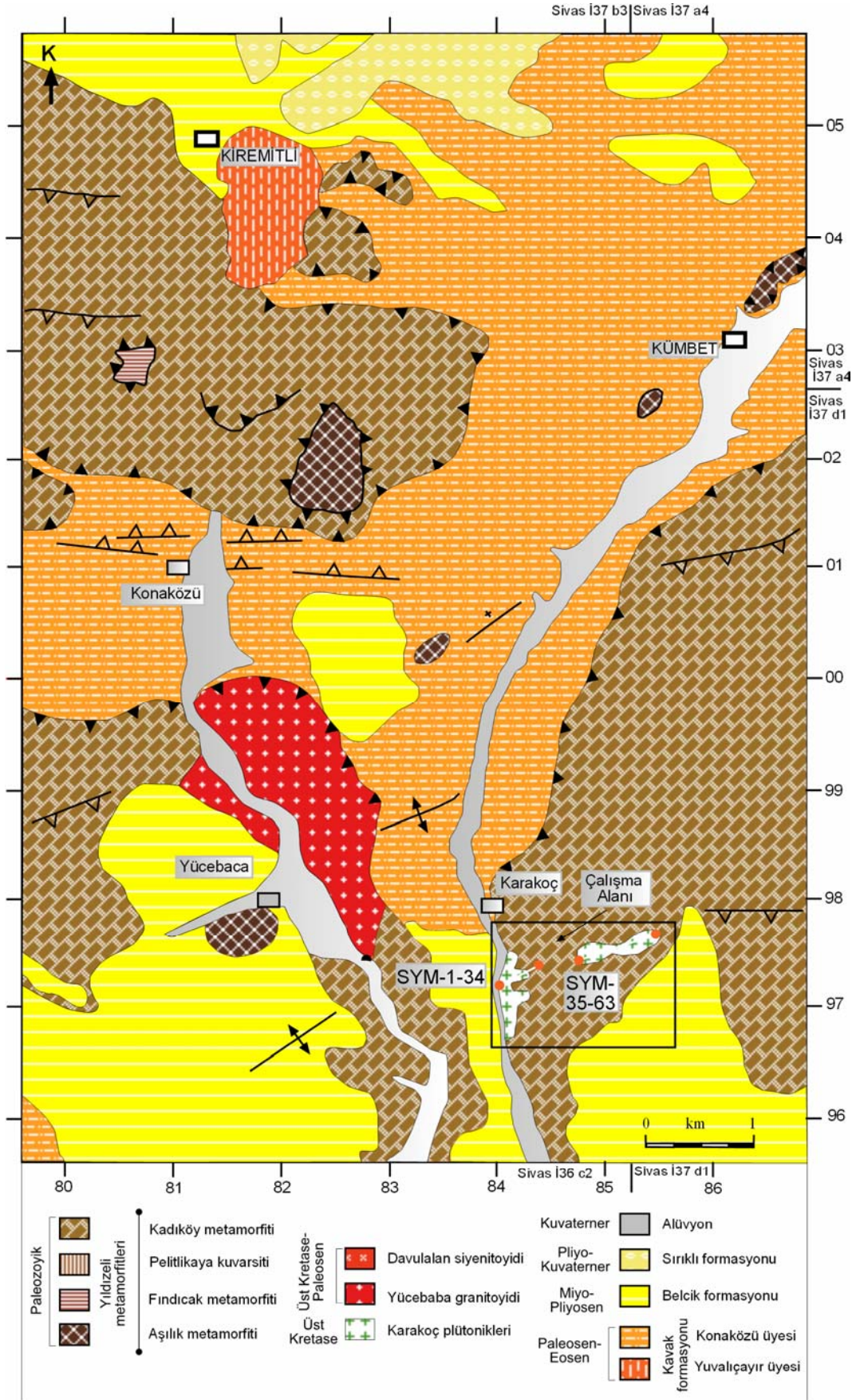
## 2. STRATİGRAFİ VE LİTOLOJİ

Kırşehir Bloku'nun (Poisson, 1986) kuzeydoğu kesiminde yer alan inceleme alanında farklı yaş, litoloji ve tektonik konuma sahip birimler bulunmaktadır. Alpaslan (1993) tarafından gerçekleştirilen ayrıntılı çalışmaya göre; inceleme alanının temelinde, Paleozoyik yaşlı metamorfikler ve üzerinde tektonik dokanakla bulunan Üst Kretase yaşlı ultramafikler ile Üst Kretase-Paleosen yaşlı plütonikler bulunmaktadır. Bu istif ise Tersiyer yaşlı sedimanter-volkanosedimanter birimlerce uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2.1, 2.2 ve 2.3).

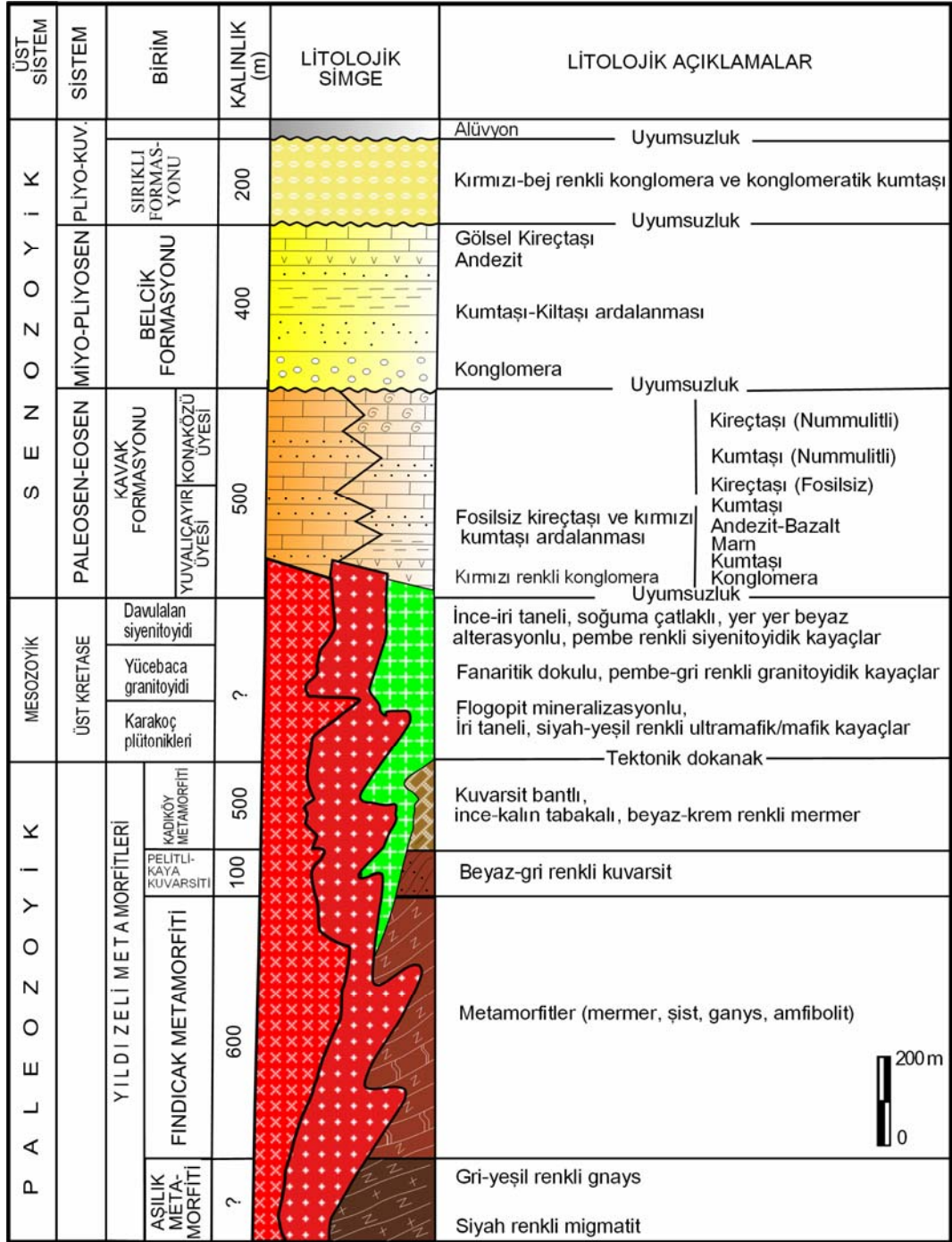
Bu çalışmanın konusunu oluşturan flogopit mineralizasyonları daha ziyade ultramafik/mafik plütonikler ile doğrudan ilişkili olup, metamorfik kayalar ile çevrenmekte, felsik plütonik ve damar kayaları ile kesilmektedir. Bu nedenle aşağıdaki bölümlerde Tersiyer yaşlı birimlerin stratigrafisine girilmemiştir.



Şekil 2.1 İnceleme alanı ve civarının jeoloji haritası (Alpaslan, 1993'ten sadeleştirilmiştir)



Şekil 2.2 İnceleme alanının jeoloji haritası ve örnek yerleri (Alpaslan, 1993'ten sadeleştirilmiştir)



Şekil 2.3 Yıldızeli çevresinin genelleştirilmiş ölçülü stratigrafik dikme kesiti (Alpaslan, 1993'ten sadeleştirilmiştir)

## 2.1 Yıldızeli metamorfİtleri

### 2.1.1 Aşılık metamorfİti

Kırşehir ve Akdağmadeni yöresinde yapılan çalışmalarda Mesozoyik öncesi yaşlı (Toluoğlu,1990) veya Paleozoyik yaşlı (Yılmaz, 1981a; Tatar, 1977) olarak kabul edilen metamorfİtlerin tabanında yer alan birim, siyahımsı-grimsi-yeşilimsi rengi ile üzerindeki Fındıcak metamorfİtlerinden ayırt edilebilmektedir.

Gnays dokusu gösteren metapelitik bileşimdeki metamorfitleer ile yer yer l6kosomların oluşumuyla belirlenen migmatitlerden oluşmakta ve yer yer küçük aplitik dayklarla kesilmektedir. Birim içerisinde tektonik aktiviteye bağlı olarak gelişen kataklazma sonucunda yer yer gelişen kataklastik foliasyon gözlenmektedir.

### **2.1.2 Fındıcak metamorfiti**

Kırşehir (Tolluoğlu, 1986, 1987, 1990; Seymen 1981a, 1981b, 1982, 1983) ve Akdağmadeni (Tatar, 1977; Yılmaz, 1981a) yörelerinde yapılan çalışmalarda Mesozoyik öncesi yaşı veya Paleozoyik yaşı (Yılmaz, 1981a; Tatar, 1977) olarak değerlendirilmiştir.

Arazide grimsi yeşil rengeyle tanınabilen birim başlıca amfibolit, kalsilikatik gnays, amfibol gnays ve diyopsit-hornblend gnays gibi kalsilikatik kayaç toplulukları ile mika gnays, sillimanit-disten gnays, sillimanit-mika gnays, mika gnays ve mika şist gibi pelitik kayaçlardan ve hornblend-epidot şist ve kalk-şist gibi yarı-pelitik kayaçlardan oluşmaktadır. Birim içerisinde yer yer kalsilikatik mermer ve mermer bileşimindeki kayaçlar da gözlenmektedir. Yer yer aplitik damarlarla kesilmiş olan birim, tektonik aktivitenin etkisiyle yoğun kıvrımlanma göstermektedir.

Bölgede Mesozoyik sonu-Tersiyer başına doğru gelişen intrüzüf magmatik faaliyetlere, bu birim içerisinde de yaygın olarak rastlanmaktadır.

### **2.1.3 Pelitikaya kuvarsiti**

Kahverenkli ve tekdüze litolojisiyle kolaylıkla tanınabilen birim, mermerler içerisinde tektonik dokanaklı olarak ve küçük merccekler halinde izlenmektedir (Alpaslan, 1993). Genel olarak breşik dokulu kuvarsit ile şistozite gösteren kuvarsitlerden (mika-kuvars şist) oluşmaktadır. Birimin içerisinde süt kuvarsitten oluşan kuvars bantları ve küçük ölçekli izoklinal kıvrımlar gözlenmiştir.

Tolluoğlu (1986, 1987, 1990) tarafından metamorfitleerin yaşının Paleozoyik olabileceği belirtilmiştir.

### **2.1.4 Kadıköy metamorfiti**

Sivas ile Tokat arasında (Tatar, 1977, Yılmaz, 1981a) ve Kırşehir yöresinde (Seymen, 1981a, 1981b, 1982, 1983; Tolluoğlu, 1986, 1987, 1990, 1993) yapılan



çalışmalara göre; Paleozoyik yaşlı olabileceği benimsenen birim, Yıldızeli metamorfitlelerinin en geç birimini oluşturmaktadır.

Alt düzeyleri pelitik arakatlıklar ve yer yer de kuvars bantları içeren mermerlerden ve üstte ise masif mermerlerden oluşan birim içerisine st Kretase-Paleosen yaşlı Yücebaca granitoyidi sokulum yapmıştır. Granitoyidin dokanakları boyunca oluşan kontakt metamorfizma etkisi ile oluşan kayalar (kalsit-kuvars-diyopsit fels ve diyopsit fels) bulunmaktadır. Ayrıca birimin tabanında kuvarsit bantları ve yer yerde süt kuvars yumruları bulunmaktadır.

Birimi oluşturan kayaların, kendi içerisinde yer yer ters fay, yer yer de bindirme düzlemleri boyunca gelişen faylanmalar sonucunda mermerlerde makaslama hareketlerini belirleyen S-şekilli yapılar gelişmiştir. Ayrıca imbrikasyon yapısının geliştiği de belirtilmiştir (Alpaslan, 1993; şakar, 2004).

## **2.2 Karakoç plütonikleri**

şakar (2004) tarafından adlandırılan birim, çalışma alanı ve civarında yalnızca Karakoç Köyü'nün güneyinde, Karakoz Dere boyunca, yaklaşık olarak 1,5 km<sup>2</sup> lik dar bir alanda gözlenmektedir.

Koyu gri-siyah renkli oldukça iri kristalli plütonik kayalardan oluşan birim, Yıldızeli metamorfitleleri'ne ait mermer, şist ve gnayslar içerisindeki tabaka ve foliasyon düzlemleri arasına "sil" konumunda yerleşmiştir.

şakar (2004) tarafından st Kretase yaşında olabileceği ileri sürülen birim, mafik plütonik kayalar olarak diyorit ve gabrolardan oluşmakta; yer yer de hornblendit ve piroksenit şeklinde tanımlanan/adlandırılan ultramafik kayalar serilerine geçiş göstermektedir.

## **2.3 Yücebaca granitoyidi**

Yıldızeli metamorfitlelerini kesen Yücebaca granitoyidi birbirinden bağımsız birçok plüton halinde yüzeylemektedir. En karakteristik olanı Yücebaca Köyü yöresinde yüzeyleyen plütonlar genellikle faneritik dokulu, pembemsi gri renkli, alkali feldispat ve kuvarsça zengin granitik kayalardan oluşmaktadır.

Tatar (1977) tarafından yapılan çalışmada, yöredeki granitik kayaların ofiyolitli seriyi kestiği belirtilmiştir. şakar (2004) tarafından yapılan çalışmada ise birim üzerinde yer yer uyumsuz olarak yer alan st Paleosen-Eosen yaşlı Kavak formasyonunun Konakz yesine ait taban konglomeralarında granitik kayalar

çakılları izlenmesi nedeniyle yaşının en azından Üst Paleosen öncesi olabileceği düşünülmüştür. Tüm bu veriler ışığında ise Şakar (2004) tarafından birimin Üst Kretase- Paleosen (?) yaş aralığında bölgeye yerleştiği öne sürülmüştür.

Yıldızeli metamorfitleti içerisinde gözlenen granitik kayaçların bazılarının, metamorfitleti tektonik dokanaklara sahip olduğu ve tektonik aktivite sonucu metamorfitleti birlikte deformasyona uğradıkları ileri sürülmüştür.

Yücebaça granitoyidi, metamorfitleti kesen Karaçayır siyeniti (Ünal, 1987) ile deneştirilebilmektedir (Şakar, 2004). Ancak; Boztuğ vd. (2008a) Kaman-Kırşehir yöresindeki plütoniklerde tek zirkon  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$  buharlaşma yaşı Çamsarı kuvars siyeniti için  $95.7\pm 5.1$  My; Hamit ve Baranadağ granitoyidleri için ağırlıklı ortalama  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$  buharlaşma yaşı  $74.3\pm 4.5$  My ve amfibol  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  ağırlıklı ortalama yaşı  $72.7\pm 0.1$  My; Çamsarı, Hamit, Baranadağ ve Durmuşlu granitoyidleri için apatit fizyon izi yaşı  $\sim 57$ - $61$  My arasında değişmektedir. Boztuğ vd. (2008b) Karaçayır siyeniti için tek zirkon  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$  buharlaşma yaşı  $99.0\pm 11.0$  My (Senomaniyen-Turoniyen), biyotit  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  soğuma yaşı  $\sim 65$  My (Üst Kretase-Paleosen geçişi), Apatit fizyon izi tektonik yükselme/yüzeyleme yaşı  $58$ - $61$  My (Orta Paleosen) elde etmiştir.

#### **2.4 Davulalan siyenitoyidi**

İlk kez Alpaslan (1993) tarafından tanımlanan birimin Yıldızeli metamorfitletini kesen plüton ve dayklar halinde izlendiği belirtilmiştir. Bu plütonlardan en karakteristik olanı, Davulalan Köyünün güneydoğusunda yüzeylemektedir.

Birim arazide bulunuş özelliklerine göre; Aşılık ve Fındıcak metamorfitletini kesen dayklar, Yıldızeli metamorfitletine sokulum yapmış plütonlar ve tektonik hareketler sonucunda taşınmış olan ve yönlü doku gösteren siyenitoyidler olmak üzere üçe ayrılmıştır (Alpaslan, 1993).

Üst Kretase-Paleosen (?) yaş aralığında ve Yücebaça granitoyidinden sonra bölgeye yerleştiği düşünülen birim, genellikle fanaritik dokulu, alkali feldispatlarca zengin siyenitler ile monzonitik bileşimli felsik ve mafik damar kayaçlarından oluşmaktadır.

Birimin Karaçayır siyeniti, Yozgat batoliti ve Hasançelebi granitoyidi ile deneştirilebileceği belirtilmiştir.

### 3. FLOGOPİT MİNERALİZASYONUNUN JEOLJİSİ

Flogopit oluşumlarının yer aldığı Karakoç plütonikleri; koyu gri-siyah renkli, oldukça iri kristalli ultramafik ve mafik kayalar ile temsil edilmektedir. Bunlardan ultramafik kayalar çoğunlukla hornblendit ve kısmen piroksenit; mafik kayalar ise gabro, monzogabro, diyorit, monzodiyorit ve monzonitten oluşmaktadır. Karakoç plütonikleri; Kadıköy metamorfiti mermerlerinin tabaka ve/veya foliyasyon düzlemleri arasına sil konumunda yerleşmiştir (Şekil 3.1).

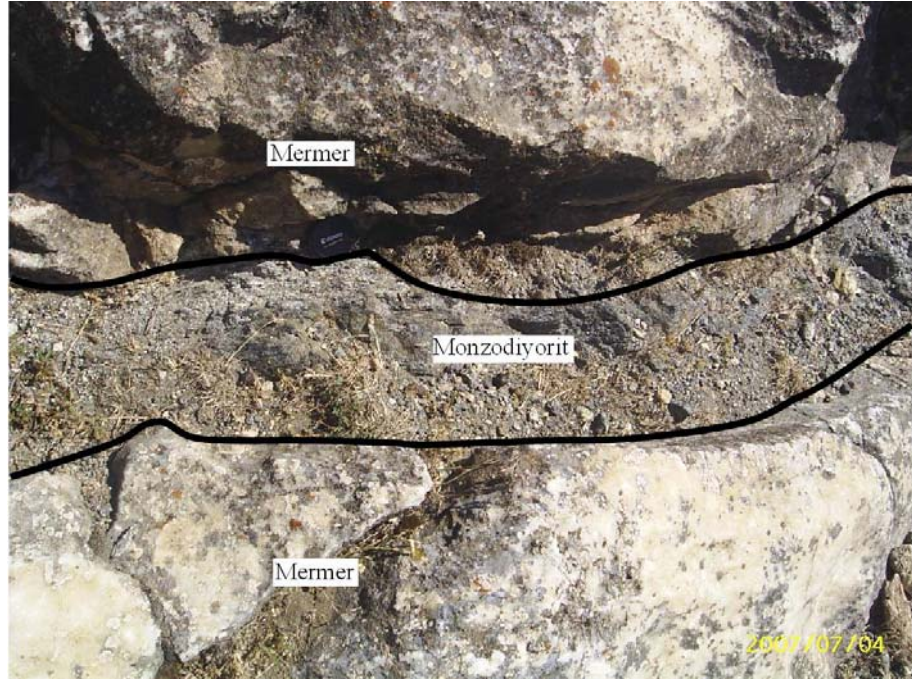
Mafik kayalardan gabrolar; beyaz-yeşil renkli olup, feldispat-piroksen bantları içermektedir.

Diyoritler; ince taneli, siyah renkli benekler biçiminde hornblend ve bazı örneklerde iri kristalli plajiyoklaz mineralleri ile temsil edilmektedir.

Monzogabrolar; yeşilimsi iri kristalli bir görünüm sunmaktadır.

Monzodiyoritler; 50 cm yer yer de 10-20 cm kalınlıkta, siyah renkli hornblend içeren kayalardır. Monzodiyoritli zon ile gabro arasında, 5 cm kalınlıkta kuvars bantı (kuvarsolit) saptanmıştır.

Monzonitler, hornblend arabantlı, 3 cm kalınlıkta, beyaz renkli, yer yer de epidotlaşma göstermektedir.



Şekil 3.1 Kadıköy metamorfiti içerisinde siyah renkli klinopiroksen monzodiyorit sokulumları (Yıldızeli-Karakoç köyü)

Ultramafik kayalar; çoğunlukla yeşilin değişik tonlarında renklere sahip olup, çoğunlukla hornblendit, ender olarak hornblend-piroksenit ile temsil edilmekte ve birbirlerine geçiş göstermektedir. Hornblenditler, koyu yeşil-siyah renkli, iri taneli, çubuksu ve sert kayalardır (Şekil 3.2). Siyah renkli benekler içeren bu kayalar, genel olarak çıkıntı görünümüne mermerler arasında girinti yapan 0.2-5.0 m kalınlıklarda siller şeklinde gözlenmektedir. Hornblendit damarlarının mermerlere yakın dış kesimleri flogopitçe zengin, orta kesimleri ise hornblend-flogopit ardalanması göstermektedir.

Karakoç plütoniklerinin uyumlu bir şekilde sokulum yaptığı mermerler, iri kristalli, şeker dokusu kazanmış, genellikle DB/70°K yönlü, felsik plütonik kayalar ile kesilmekte, ayrıca 1-10 cm kalınlık ve 5-20 cm uzunlukta kuvars-silis mercekleri içermektedir.

İnceleme alanında felsik plütoniklerden (Yücebaca granitoyidi ve Davulalan siyenitoyidi), siyenitler içerisinde 0,5-20 cm çapında, küresel, elipsoyidal ve mercek biçimli mafik magmatik enklavlar yer almaktadır (Şekil 3.3).



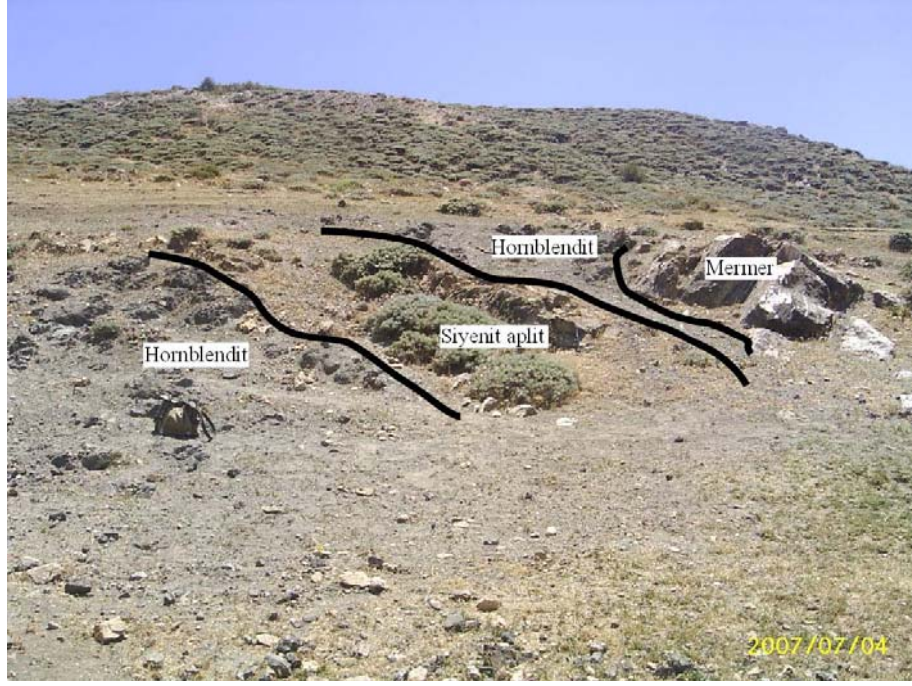
Şekil 3.2 Karakoç plütonikleri içindeki hornblenditler (Yıldızeli-Karakoç köyü)



Şekil 3.3 Pembe renkli siyenit içinde mafik magmatik enklavlar (Yıldızeli-Karakoç köyü)

Yer yer epidotlaşmış Karakoç plütonikleri ile mermerler, pembe renkli, iri kristalli, 1-20 cm arasında değişen kalınlıklardaki siyenit ve granit aplit sokulumları ( $K10-70^{\circ}D/80-90^{\circ}KB$ ) ile kesilmektedir (Şekil 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9).

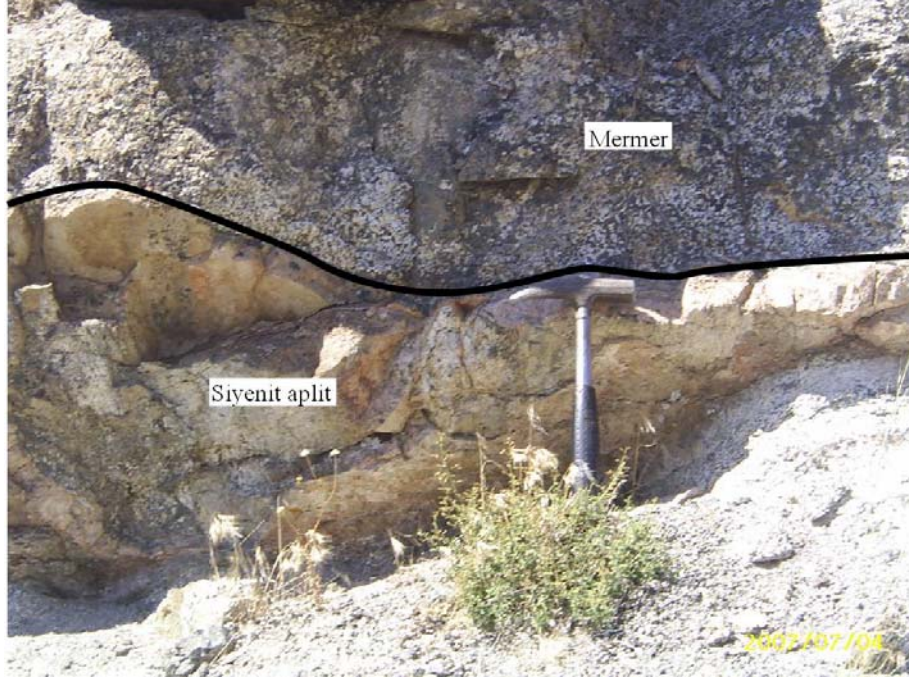
Aplitik dayklar değişik konumlarda bulunmakla birlikte 22-26 cm'lik normal faylarla ötelenmişlerdir (Şekil 3.10 ve 3.11). Pembe renkli daykların sokulum yaptığı 5-7 cm'lik kesimlerde siyah renkli granat oluşumları bulunmaktadır.



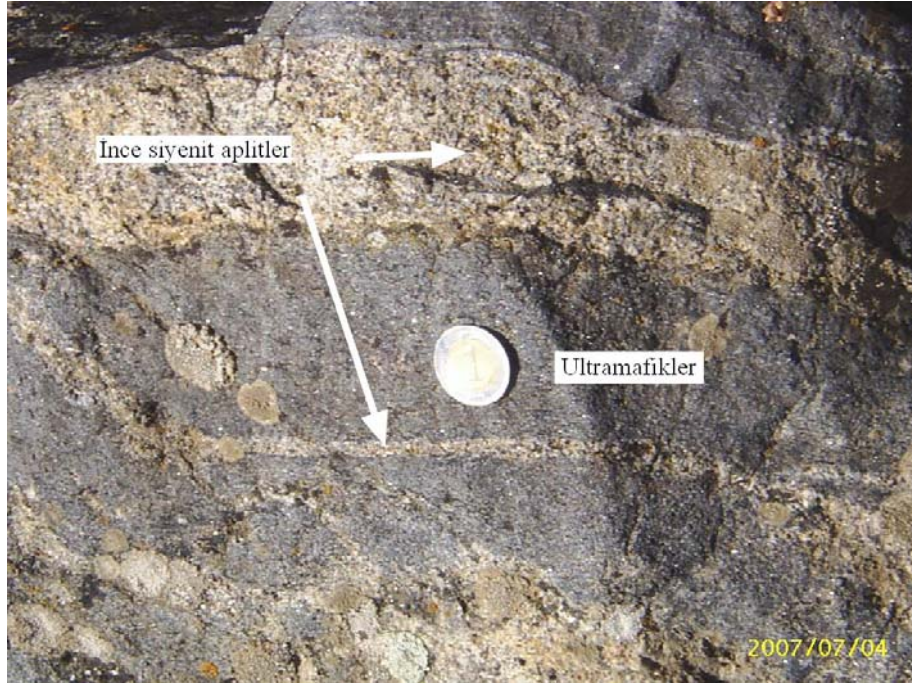
Şekil 3.4 İnceleme alanında klinopiroksen hornblendit–sıyenit aplit-mermer dizilimi (Yıldızeli-Karakoç köyü)



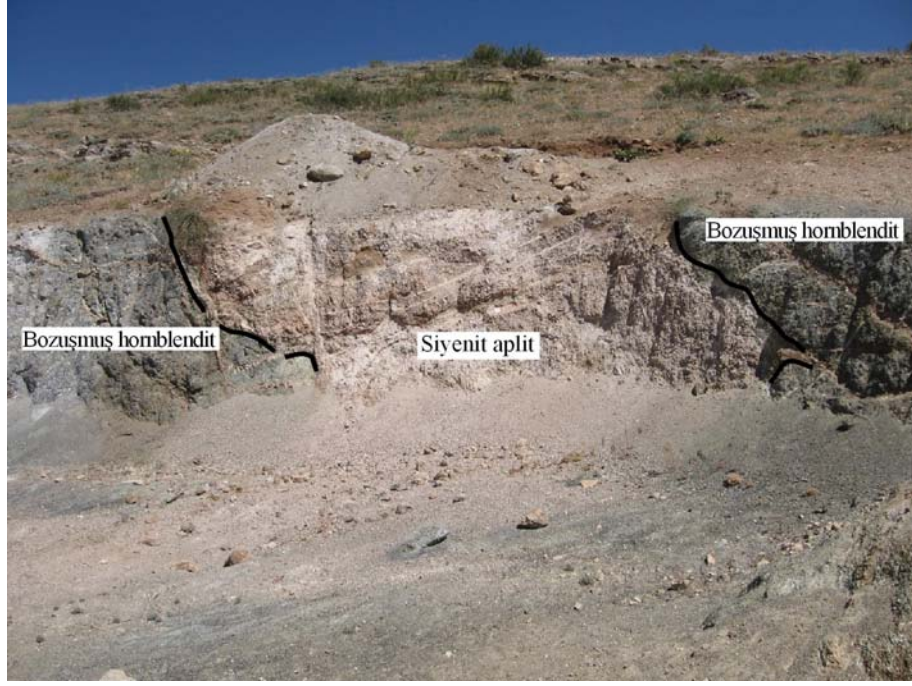
Şekil 3.5 Karakoç plütoniklerine sokulum yapan aplit daykları (Yıldızeli-Karakoç köyü)



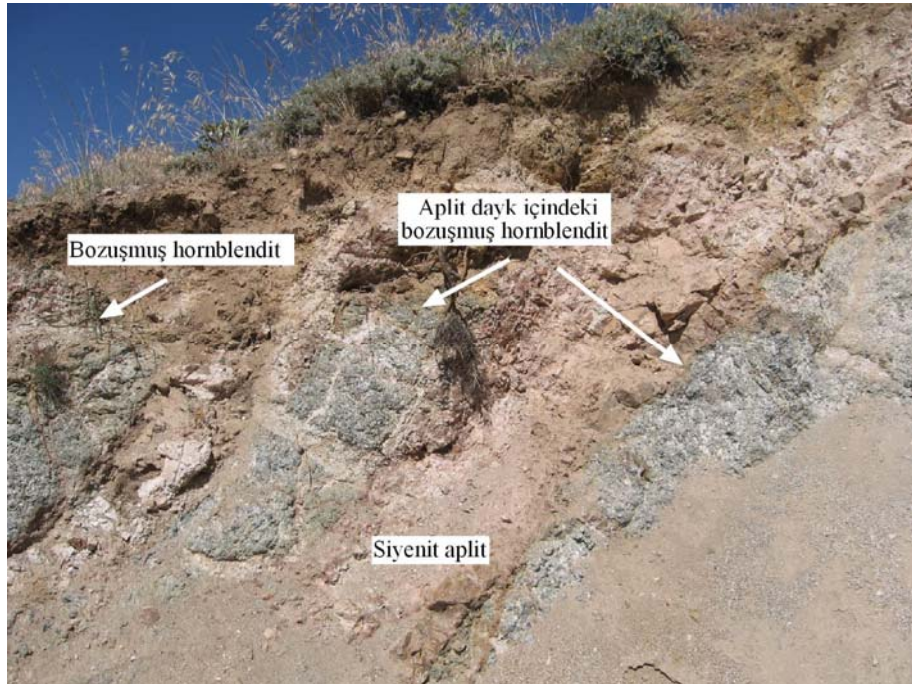
Şekil 3.6 Yıldızeli metamorfizmlerinden mermerleri kesen siyenit aplit (Yıldızeli-Karakoç köyü)



Şekil 3.7 Karakoç plütonikleri kesen ince siyenit aplitler (Yıldızeli-Karakoç köyü)

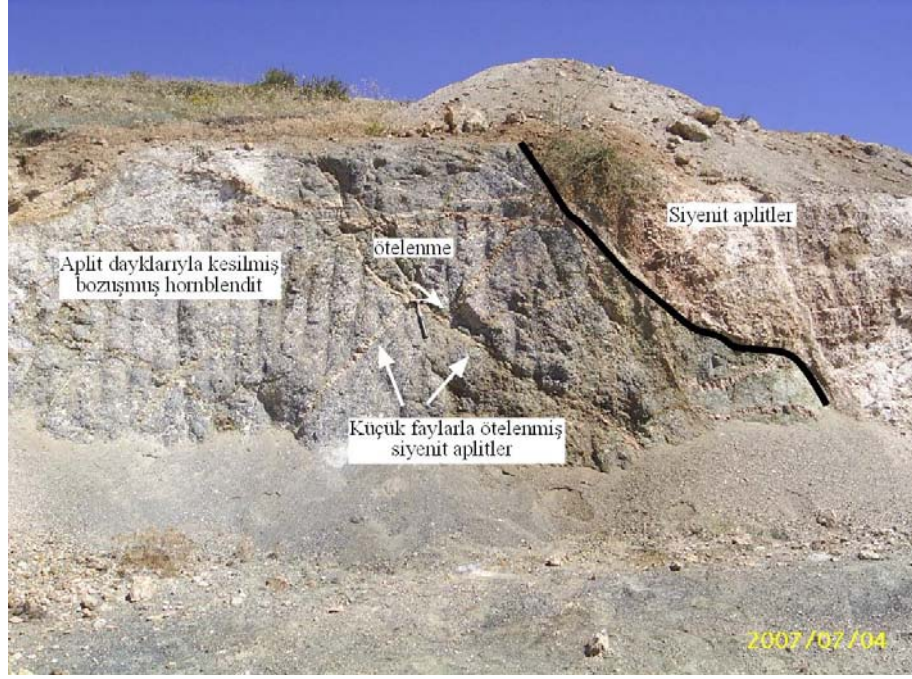


Şekil 3.8 Karakoç plütönikleri'nden bozuşmuş hornblenditler içerisinde farklı ölçeklerde gelişmiş siyenit apolitler (Yıldızeli-Karakoç köyü)

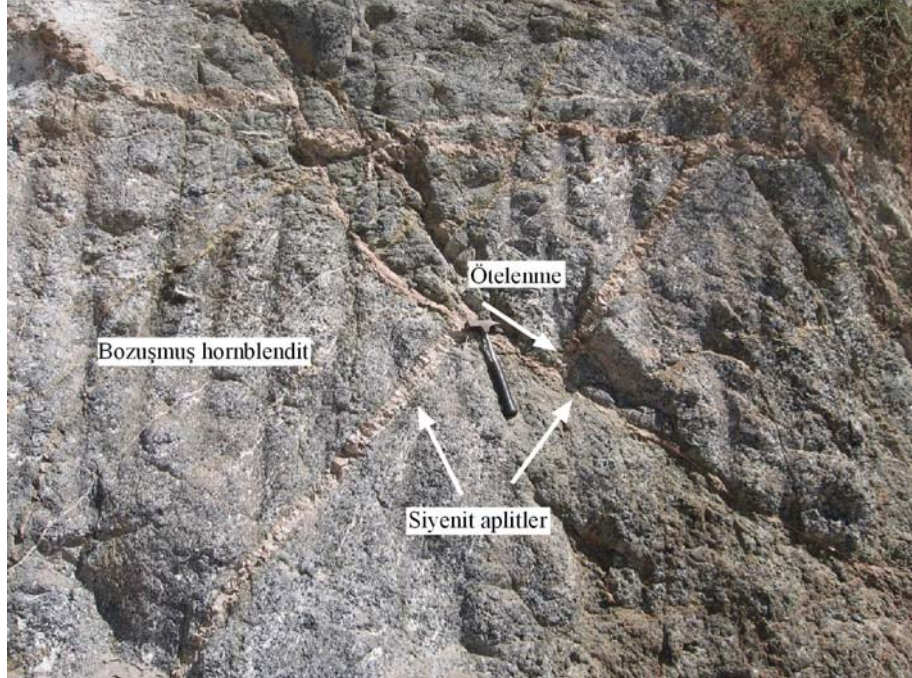


Şekil 3.9 Karakoç plütöniklerinden bozuşmuş hornblenditleri kesen siyenit apolitler ve siyenit apolitler tarafından çevrelenen bozuşmuş hornblenditler (Yıldızeli-Karakoç köyü)





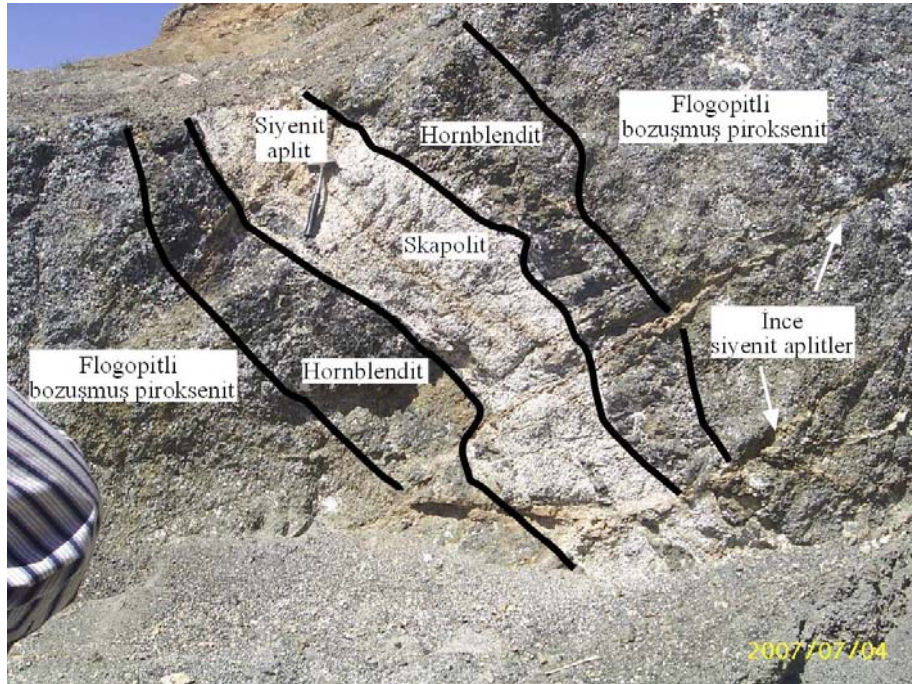
Şekil 3.10 Karakoç plütonikleri içerisinde flogopit zonlarını kesen aplit daykları (Yıldızeli-Karakoç köyü)



Şekil 3.11 Karakoç plütoniklerinden bozuşmuş hornblenditleri kesen ve faylarla ötelenmiş olan ince siyenit aplitler (Yıldızeli-Karakoç köyü)

Flogopit oluşumları Karakoç plütoniklerine eşlik etmektedir. Karakoç yatağında 1-5 cm kalınlıktaki flogopit pul/levhalarının oluşturduğu paketleri 10-15 cm kalınlıktaki yeşil renkli piroksen ve/veya hornblend mineralleri çevrelemektedir. Flogopit oluşumları arasındaki, 20-50 cm kalınlıktaki beyaz bozunmalı hornblendit kayaçlarını pembe renkli ve 15-20 cm kalınlıktaki apitler kesmektedir. Apitleri ise 40-60 cm kalınlığında, hornblend içeren beyaz renkli skapolitli zon çevrelemektedir (Şekil 3.12).

Ayrıca flogopit mineral oluşumları içinde beyaz renkli, lifsel, biraz sert, yer yer toz gibi dağılgan skapolit mineralleri yer almaktadır (Şekil 3.13). Ayrıca 6 cm kalınlığında, beyaz-yeşil renkli bozunma yamalıklı skapolit-piroksen oluşumları bulunmaktadır.



Şekil 3.12 Karakoç plütoniklerinde gelişmiş flogopit oluşumları ve siyenit aplit daykları (Yıldızeli-Karakoç köyü)



Şekil 3.13 Karakoç plütonikleri içerisinde beyaz renkli skapolit oluşumları (Yıldızeli-Karakoç köyü)

Yeşilimsi kahve-kahve renkli, camsı ve/veya inci parlaklığında, iri, yarı şeffaf ve dilinim düzlemleri boyunca birbirinden zorlukla ayrılabilen, kırılğan, çok ince ( $< 0.5$  mm), 1-3 cm çapındaki flogopit pulları, üst üste dizilerek iri levhamsı topluluklar (1-5 cm) oluşturmaktadır.

Bu çalışmada K/Ar yaş tayini verilerine göre; Karakoç plütoniklerindeki hornblenditler için Üst Kretase ( $69.7 \pm 1.8$  Ma); siyenit apilitler için Üst Kretase ( $67.8 \pm 1.7$  Ma), Karakoç plütoniklerinin içinde gelişen flogopit mineralleri için ise Paleosen ( $60.1 \pm 1.6$  Ma) yaşları elde edilmiştir.

#### 4. MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanından çoğunluğu ultramafik birimlere ait olmak üzere toplam 61 adet mineral ve kayaç örneği alınmıştır. Bunlar Cumhuriyet Üniversitesi (C.Ü.) Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları'nda (MİPJAL) yıkandıktan sonra ince-kesit, kırma-öğütme-eleme, kil ayırma, X-ışınları difraksiyonu (XRD) ve optik mikroskopi (OM) gibi çeşitli işlemlerden geçirilmiştir. Bunların birimlere göre dağılımı Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 İnceleme sahasından alınan örneklere uygulanan laboratuvar yöntemlerinin dağılımı

Birim/Yöntem	OM	XRD			JEOKİMYA		
		TK	KF	Politipi	Ana-İz	İzotop	K/Ar
Ultramafik Plütonikler	14	15	6	1	1		1
Mafik Plütonikler	12	12	2				
Felsik Plütonikler	9	10	1				
Damar Kayaçları	4	4	5		1		1
Pirometasomatikler	5	23			4	2	1
Metamorfikler	2	3					
TOPLAM	46	67	14	1	6	2	3

##### 4.1 Optik Mikroskop İncelemeleri

C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda hazırlanan lam preparatlar (ince kesit) üzerinde Nikon marka, alttan aydınlatmalı binoküler polarizan mikroskobunda yapılmıştır. Bu yöntem ile kayacı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; bozuşma ve bozunma ürünleri aydınlatılmaya çalışılmıştır (Örneğin, Mackenzie vd., 1988) .

##### 4.2 X-ışını Difraksiyonu İncelemeleri

OM ile incelenemeyecek kadar küçük (submikroskopik) tane boyuna sahip kayaçların tüm kayaç (XRD-TK) mineralojik bileşimlerinin ve kil boyu bileşenlerinin (XRD-KF), ayrıca minerallerdeki polimorfik değişimlerin belirlenmesi amacıyla X-ışınları difraksiyonu en çok kullanılan yöntem olmuştur.

XRD çalışmalarında kullanılacak örnekler önce 3-5cm' lik parçalar halinde çekiçle, daha sonra Fritisch marka çeneli kırıcıda 5mm'den küçük taneler halinde kırılmış ve yine aynı marka silikon karbid çanaklı öğütücüde sertlikleri de dikkate alınarak yaklaşık 10-30 dk süreyle öğütülmüştür. Bu şekilde elde edilen toz

malzeme naylon torbalara konulup etiklendikten sonra, çözümlenmelere hazır konuma getirilmiştir. XRD çözümlenmeleri Rigaku marka DMAX IIC model X-ışınları difraktometresinde (Anot=Cu (CuK<sub>α</sub>=1.541871Å), Filtre=Ni, Gerilim=35 kV, Akım=15 mA, Gonyometre hızı=2°/dak., Kağıt hızı=2cm/dak., Zaman sabiti=1 sn, Yarıklar=1° 0.15 mm 1° 0.30 mm, Kağıt aralığı=2θ 5-35°) yapılmıştır (Çizelge 4.2).

XRD çözümlenmeleri sonucunda örneklerin tüm kayaç ve kil boyu bileşenleri (< 2 µm) tanımlanmış ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi (Brindley, 1980) esas alınarak hesaplanmıştır. Tüm kayaç ve kil fraksiyonu hesaplamalarında Çizelge 4.3 ve 4.4 deki mineral şiddet faktörleri kullanılmış olup, yansımalar mm cinsinden ölçülmüştür. Bu yöntemde tüm kayaç için dolomit, kil fraksiyonu için glikollü çekimlerden itibaren kaolinit referans olarak alınmıştır (Yalçın ve Bozkaya, 2002). d-mesafelerinin ölçülmesinde kuvars iç standart olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 XRD çekimlerinde kullanılan aletsel koşullar

Koşullar	Tüm kayaç	Kil fraksiyonu	Kil fraksiyonu d(060)
Dalga boyu (λ)	CuK <sub>α</sub> =1.541871Å		
Anot	Cu		
Filtre	Ni		
Gerilim	35 kV		
Akım	15 mA		
Yarıklar	DS=1°, SS=1°, RS=0.15 mm RS <sub>M</sub> =0.30 mm	DS=4°, SS=4°, RS=0.30 mm RS <sub>M</sub> =0.60 mm	
Gonyometre / Tarama hızı (SS)	5°/dak.	2°/dak.	0.5°/dak
Adım genişliği (SW)	0.04°	0.02°	0.01°
Kağıt hızı	45 mm/dak.	16 mm/dak.	28 mm/dak.
Zaman sabiti	1 sn.	4 sn.	4 sn.
Kağıt aralığı	2θ = 5-35°	2θ = 2-30°	2θ = 59-63°

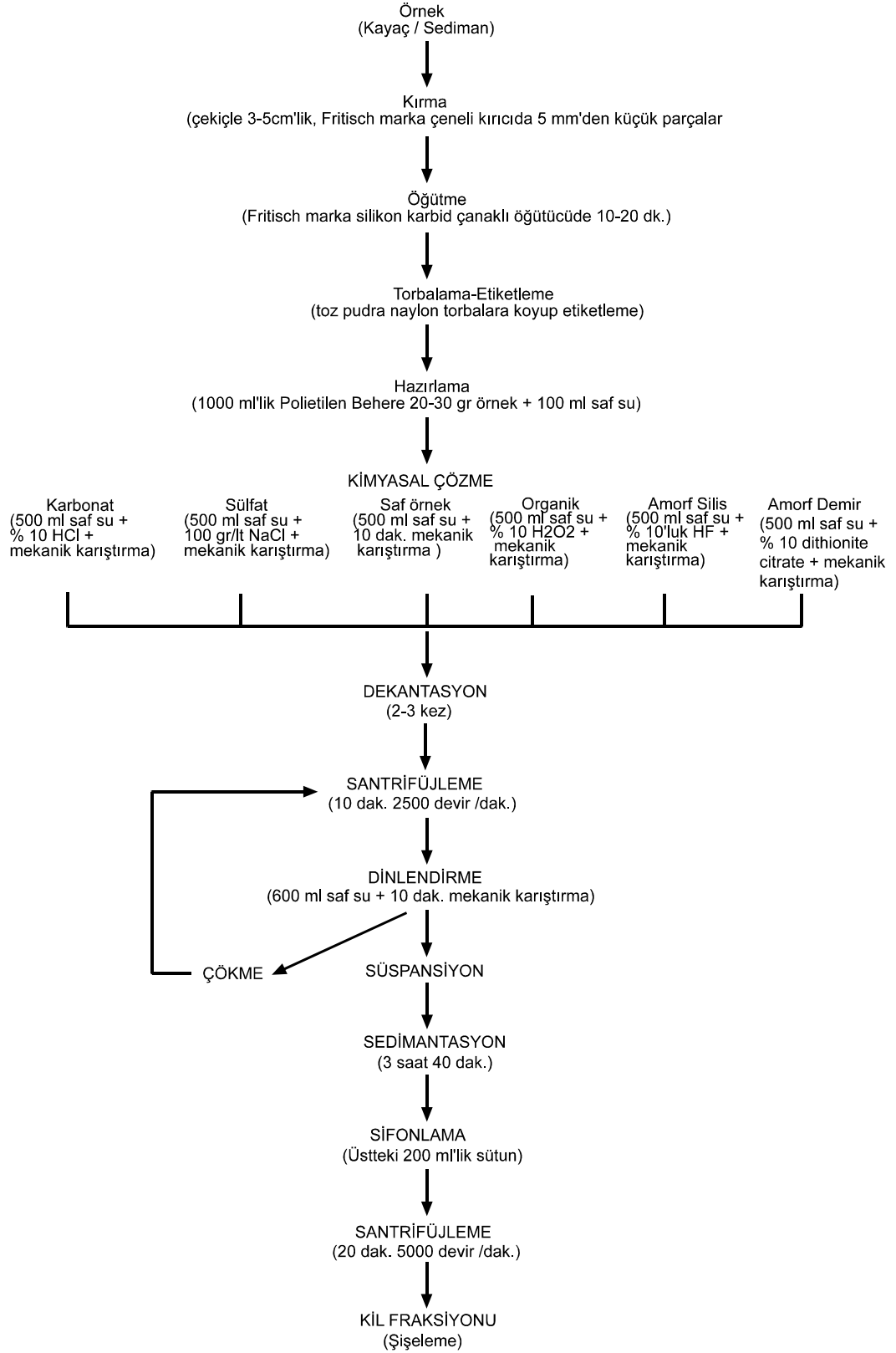
Çizelge 4.3 Dolomit referans alınarak saptanmış ortalama mineral şiddet faktörleri (Yalçın ve Bozkaya, 2002 verilerine ekleme yapılarak ve değiştirilerek)

Mineral	(hkl)	d (Å)	2θ°	Faktör
Dolomit	(104)	2.886	30.96	1.00
Kalsit	(104)	3.035	29.41	0.86
Kuvars	(101)	3.34	26.64	0.89
Plajiyoklaz	(040)	3.20	27.86	3.23
Sanidin	(040)	3.20	27.86	3.32
Hornblend	(110)	8.51	10.39	3.18
Piroksen	( $\bar{2}$ 21)	2.94	30.38	3.67
Skapolit	(112)	3.46	25.73	2.67
Granat	(420)	2.68	33.43	4.58
Biyotit	(001)	10.1	8.75	6.53
Kil	(001)	~4.5	19.72	14.72

Çizelge 4.4 Kaolin-EG referans alınarak saptanmış ortalama kil minerali şiddet faktörleri (Yalçın ve Bozkaya, 2002 verilerine ekleme yapılarak)

Mineral	(hkl)	d (Å)	2θ°	Faktör
İllit	(001)	10.0	8.84	1.52
İllit	(002)	5.03	17.62	2.80
İllit	(003)	3.35	26.58	1.38
Smektit	(001)	~15	~6	1.57
Smektit	(002)	8.6	10.28	13.05
Smektit	(003)	5.7	15.52	9.39
Smektit	(005)	3.4	26.18	5.57
Klorit	(001)	14.3	6.16	3.41
Klorit	(002)	7.16	12.36	0.65
Klorit	(003)	4.72	18.79	2.01
C-S	(002)	15.5	5.70	7.57
C-S	(004)	7.8	11.34	6.25
C-S	(006)	5.2	17.04	16.18
I-S	(003)	8.2	10.78	6.41
I-S	(005)	5.4	16.40	10.85
I-S	(008)	3.38	26.34	3.21
I-V	(002)	12	7.37	1.17
I-V	(004)	6	14.76	3.90
I-V	(006)	4	22.22	1.13
I-V	(002)	12	7.37	1.17
I-V	(004)	6	14.76	3.90
I-V	(006)	4	22.22	1.13

Filloilikat/kil içeren kayaçlarda, bu minerallerin diğerlerinden ayrılması işlemleri C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kil Ayırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. XRD-KF çözümlenmeleri için gerekli kil ayırma işlemi esas itibarıyla kimyasal çözme (kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme – dekantasyon / dinlendirme ve yıkama, süspansiyonlama - sedimentasyon - sifonlama - santrifüjleme ve şişelemeden oluşmaktadır (Şekil 4.1). Süspansiyonlama işleminin olmaması durumlarında Calgon eklenerek, bu süreç hızlandırılmaya çalışılmıştır. Santrifüjleme işlemi Heraeus Sepatech marka Varifuge 3.2 S model 5600 devir/dk hıza ve 200 cc kapasiteli metal kodelere sahip santrifüjde yapılmıştır. Ayrılmış her kil çamurundan üzerine sıvama veya kabarıp çatlayanlarda süspansiyon halinde üç adet yönlendirilmiş lam preparat hazırlanmış ve bunlar oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kil fraksiyonu difraktogramları normal-N (havada kurutulmuş), glikolleme-EG (60 °C de 16 saat desikatörde etilen glikol buharında bırakma) ve fırınlama-F (490 °C de 4 saat fırında ısıtma) işlemlerinden geçirilerek elde edilmiştir. Çekimlerde gonyometre hızı 1°/dak ve kayıt aralığı 2θ=2-30° (hata miktarı ±0.04°) olarak ayarlanmıştır.



Şekil 4.1 Cumhuriyet Üniversitesi MİPJAL'da uygulanan kil ayırma iş akış şeması

Son on yıl içerisinde özellikle asimetrik piklerin grafiksel değerlendirilmesi ile ilgili bilgisayar programı (WINFIT: Krumm, 1996) bu tür problemlerin çözümünde sıkça kullanılmaktadır. Normal (havada kurutulmuş) ve glikollü çekimlerden elde edilen XRD pik verileri (RAW dosyaları) ilgili programa uygun sayısal formata (ASCII) dönüştürüldükten sonra değişik  $2\theta$  aralıklarında ( $2\theta=3-11^\circ$ ,  $5-11^\circ$ ,  $15-20^\circ$  ve  $22-30^\circ$ ) pik çözümü gerçekleştirilmektedir. Kil fraksiyonundaki fazlar WINFIT pik çözümlemesinin yanı sıra, NEWMOD<sup>®</sup> (Reynolds, 1985) desenlerinden de doğrulanmıştır.

Sonuçta pik konumlarının belirlenmesiyle her bir kil mineralinin ayrı ayrı  $2\theta$  veya  $d_{(00l)}$  değerleri, yarı yükseklikteki pik genişlikleri (FWHM), pik şiddetleri ve alanları ile kristalit büyüklükleri de saptanabilmektedir.

Saf veya safa yakın fillosilikat minerallerinin (flogopit) politipi belirlenmelerinde Bailey (1980, 1988) ve J.C.P.D.S. (1990) tarafından önerilen ayırtman pikler kullanılmıştır. Politiplerin belirlenmesinde  $2\theta = 2-65^\circ$  kayıt aralığı ve  $2^\circ/\text{dak.}$  gonyometre hızı kullanılmıştır.

### 4.3 Jeokimyasal İncelemeler

Saf 6 adet mineralin ana, iz/eser ve nadir toprak element (REE) çözümlenmeleri ile oksijen-hidrojen izotop jeokimyası Kanada'daki Activation Laboratories Ltd. (Actlabs) şirketine yaptırılmıştır. Ana element çözümlenmelerinde lityum metaborat/tetraborat füzyon ICP, iz/eser ve nadir toprak element çözümlenmelerinde ICP-MS kullanılmıştır. Bunlar; geçiş metalleri (Cr, Ni, Co, Sc, V, Cu, Pb, Zn), granitoyid elementleri (Bi, In, Sn, W, Mo), karışık davranışlı elementler (As, Sb), halojen (Be), değerli metal (Ag), kalıcılığı düşük elementler / LFSE (K, Rb, Cs, Ba, Sr, Tl, Ga), kalıcılığı yüksek elementler / HFSE (Ta, Nb, Hf, Zr, Ti, Y, Th, U), nadir toprak elementleri / REE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) ile diğer elementi (Ge) kapsamaktadır.

ICP ve ICP-MS yöntemlerinde öncelikle numuneler lityum metaborat/tetraborat füzyonu ile eritilmiştir. Elde edilen boncuk zayıf nitrik asit ile çözeltiye alınmıştır. Bu atak işlemi ile  $\text{SiO}_2$  yi de kapsayan ana elementler, REE ve diğer HFSE ler çözeltiye aktarılmıştır. ICP-MS yönteminde iyonizasyon kaynağı olarak argon plasma ve dörtlü kütle spektrometre kullanılmaktadır.



Analiz sırasında çözeltili Ar gazından geçerek nebulize edilerek (bulutsu hale getirilerek) plazma ortamına gönderilir. Böylece bir plazmayı oluşturacak biçimde gaz ve elementler uyarılmış iyonize atomlara dönüştürülür. Plasmadaki pozitif iyonlar, dörtlü kütle spektrometresine odaklandırılır. Burada katyonlar ayırt edilerek sayılır ve miktarları belirlenir.

Oksijen bağıl olarak standart ortalama okyanus suyu'na (SMOW-Standard Mean Ocean Water) göre ifade edilmiş olup; burada SMOW'un  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri sıfır olarak tanımlanır. Karbon bağıl olarak Belemnite'e (PDB-PeeDee Belemnite) göre ifade edilmiş olup; burada PDB'nin  $\delta^{13}\text{C}$  değeri sıfırdır. Oksijen, bağıl olarak PDB'e göre de ifade edilir, buradaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}=1.03091(\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}})+30.91$$

Duraylı izotop jeokimyası için izotopik standartların tanımlanması O'Neil (1986) tarafından ayrıntıları ile sunulmuştur.

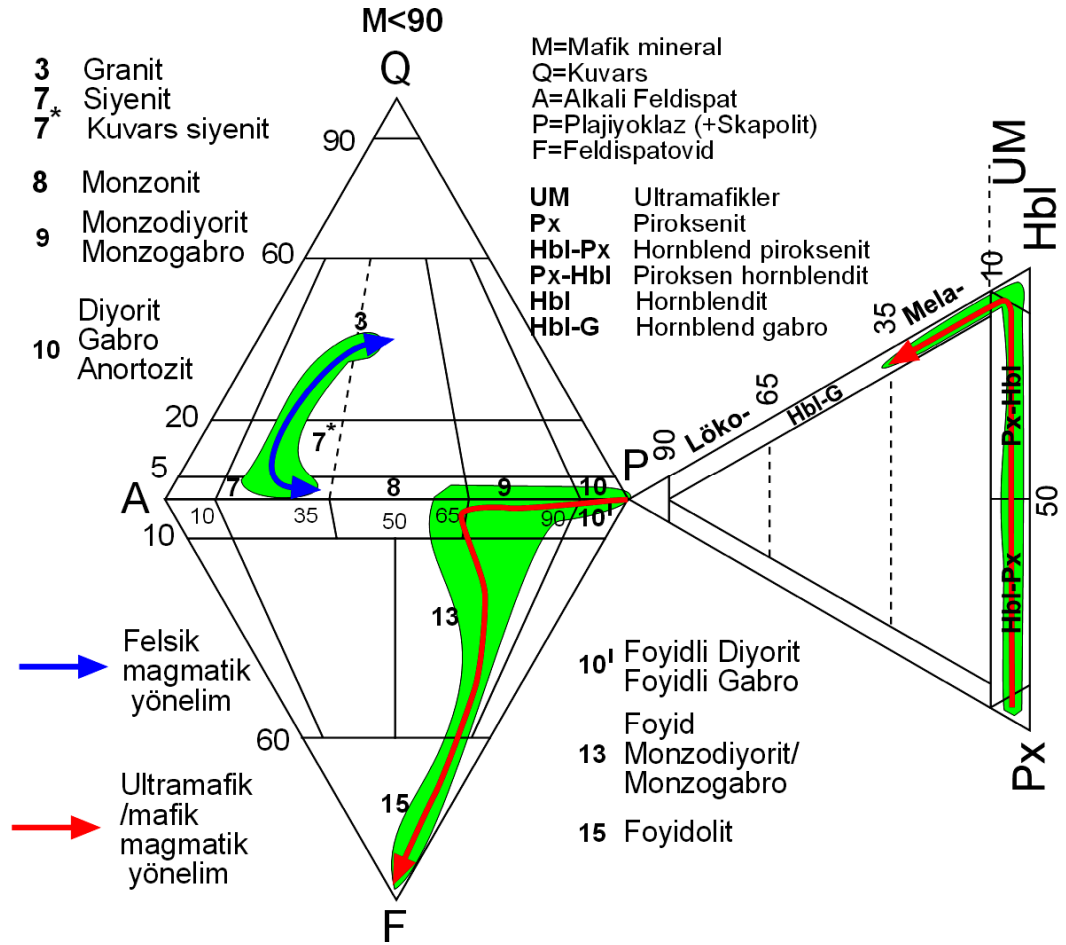
## 5. MİNERALOJİ-PETROGRAFİ

### 5.1 İnce-Kesit Petrografisi

İnceleme alanındaki kayaçlar; plütonik, damar, pirometasomatik ve metamorfiklerden oluşmaktadır. Magmatik kayaçların adlandırılmasında Streckeisen (1976) sınıflaması esas alınmıştır. Mineral adlarının kısaltılmasında ise Kretz'in (1983) önerileri kullanılmıştır.

#### 5.1.1 Plütonik kayaçlar

Bunlar, üç gruba ayrılmaktadır: a) Ultramafik plütonik kayaçlar ( $M > \% 90$ ), b) Mafik (melanokrat) plütonik kayaçlar ( $M \% 45-90$ ), c) Felsik plütonik kayaçlar. Bunlar Üst Kretase yaşlı ultramafik/mafik plütonik (Karakoç plütonikleri) ve Paleosen yaşlı felsik plütonik (Yücebaca granitoyidi ve Davulalan siyenitoyidi) seri/birliktelik biçiminde farklı iki seri/birliktelik oluşturmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Birleştirilmiş QAPF-PpxHbl diyagramında (Streckeisen, 1976), inceleme alanındaki ultramafik/mafik ve felsik plütonik kayaçların dağılımı ve yönelimi (Şakar'ın, 2004 verileri ile birleştirilerek)

### 5.1.1.1 Ultramafik plütonik kayalar

Holokristalin-hipidiyomorf tanelerle donatılan bu kayaların ana bileşenlerini klinoamfibol (hornblend, arfvedsonit), klinopiroksen (egirinojit/egirin), skapolit ve nefelin; bazı kesitlerde ise plajiyoklaz oluşturmaktadır. Tali mineralleri ise ortopiroksen (enstatit), fillosilikat (biyotit), zirkon, titanit, apatit ve opak mineraller temsil etmektedir. Kalsit ise gözenek ve çatlakları doldurmakta, bazı kesitlerde de kuvars ona eşlik etmektedir. Bozuşma (alterasyon) ürünleri olarak kil, epidot ve klorit mineralleri görülmektedir. Ultramafik plütonik kayalara ait optik petrografik inceleme sonuçları Çizelge 5.1 de sunulmuştur.

Çizelge 5.1 İnceleme alanındaki ultramafik plütonik kayaların örneklerinin optik mikroskopik inceleme sonuçları

Örnek No	Doku	Mineralojik Bileşim	Özellikler	Kayaların Adı
SYM-3	Holokristalin hipidiyomorf tanelerle donatılan	Hbl+Arf+Agt/ Ag±Scp±Ne± Cal±Om	Hbl: Kahverengimsi-yeşil, hastingsit Arf: Mavimsi yeşil, yarı özşekilli Agt/Ag: Uralitleşme, epidotlaşma Scp: Özşekilsiz, meyonit, az Ne: Özşekilli, c// ve c⊥, çatlaklarında lifsi-levhamsı-şerit şeklinde mika dönüşümleri Cal: Gözenek ve çatlaklarda, polisentetik ikizlenme Om: Özşekilli-yarı özşekilli	Klinopiroksen Hornblendit
-4	Holokristalin hipidiyomorf tanelerle donatılan	Hbl+Arf+Agt/ Ag±Scp±Ne± Ep±Cal±Zrn	Hbl: Sarımsı kahverengi-yeşil Arf: Hbl'in kenarlarından itibaren gelişmiş lameller-yamalar şeklinde, mavimsi yeşil, yarı özşekilli-özşekilsiz Agt/Ag: Uralitleşme, çevresinde epidotlaşma ve kloritleşme Scp: Özşekilsiz, meyonit, yer yer killeşme, Ne: Özşekilli-yarı özşekilli, c// ve c⊥, killeşme, poyikilitik doku Ep: çok Cal: Gözenek ve çatlaklarda Zrn: Metamiktizasyon, tali, Scp içinde kapanımlar	(Skapolitli) Klinopiroksen Hornblendit
-8	Holokristalin hipidiyomorf tanelerle donatılan	Hbl+Arf+Agt/ Ag±Scp±Ne±Bt ±Cal±Zrn±Om	Hbl: Sarımsı kahve-yeşil, kenarlarından itibaren biyotite dönüşüm Agt/Ag: Uralitleşme (arfvedsonitik), açık yeşil, yarı özşekilli Scp: Özşekilsiz, meyonit, killeşme Ne: Özşekilli, c// ve c⊥ Cal: Gözenek ve çatlaklarda Zrn: Metamiktizasyon, kapanım şeklinde	(Skapolitli Nefelinli) Klinopiroksen Hornblendit
-10	Holokristalin hipidiyomorf tanelerle donatılan	Hbl+Arf+Agt/ Ag+Pl+Scp±Ne ±Qtz±Cal±Om	Arf: Hbl'in içinde ayrışım lamelleri-yamalar Agt/Ag: Uralitleşme, yarı özşekilli-özşekilsiz Scp: Özşekilsiz, killeşme Ne: Özşekilli, c// ve c⊥, hamurumsu Pl: Optik engebe yüksek, girişim rengi yüksek, polisentetik ikizlenme, sönme açısı 43°, anortit içeriği % 76 (bitovnit) Qtz: Gözenek ve çatlaklarda Cal: Gözenek ve çatlaklarda Om: Etrafında demiroksit zenginleşmesi	(Skapolitli) Plajiyoklazlı Klinopiroksen Hornblendit

Çizelge 5.1 (devam ediyor)

-17	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf+Agt/ Ag+Scp+Ne± Ep±Cal±Zrn± Om	Hbl: Çubuksu-prizmatik, özşekilsiz, 15° eğik sönme, yüksek pleokroyizma Arf: Açık mavimsi-yeşil Agt/Ag: Özşekilsiz, soluk açık yeşil, uralitleşme Scp: Özşekilsiz, hamurumsu Ne: Hamurumsu, düşük optik engebe Cal: Gözenek ve çatlak Ep: Pistazit-klinozoyisit	(Nefelinli Skapolitli) Klinopiroksen Hornblendit
-23	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf+Ep± Agt/Ag±Cal	Hbl: Sarımsı kahve-yeşil, 15° eğik sönme, epidotlaşma Agt/Ag: Özşekilsiz, uralitleşme Ep: Özşekilsiz, pistazit-klinozoyisit Cal: Gözenek ve çatlaklarda	Hornblendit
-24	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf+Agt/ Ag±Ep± Ne±Cal±Qtz±A p±Ttn±Xe	Hbl: Yarı özşekilli, epidotlaşma, sarımsı kahve-yeşil, bazılarında çift yönlü dilinim Arf: Hbl içinde yama şeklinde ve ayrı mineral olarak Agt/Ag: Uralitleşme Ep: Pistazit, klinozoyisit, az Cal: Gözenek ve çatlaklarda Qtz: Cal ile birlikte gözenekleri doldurmakta	(Plajiyoklazlı) Klinopiroksen Hornblendit
-28	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf±Ne± Agt/Ag±Ep± Cal±Om±Xe	Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, 15° eğik sönme, kahverengimsi yeşil Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Ne: Özşekilli, yarı özşekilli, c⊥ (optik izotrop) ve c//, dilinimli, düşük OE, bol killeşme Agt/Ag: Küçük, özşekilsiz, ender Ep: Sarımsı pistazit, klinozoyisit, zoyisit, özşekilsiz Cal: Gözenek ve çatlaklarda	Hornblendit
-29	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf+Agt/ Ag+Scp±Ne± Ep±Cal±Xe	Hbl: Yarı özşekilli- özşekilsiz, 25° eğik sönme, pleokroyizma yüksek (sarı-koyu yeşil) Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Agt/Ag: Yarı özşekilli, 40° eğik sönme, açık yeşil, yaygın arfvedsonitik uralitleşme Scp: Hamurumsu, meyonit, yaygın killeşme, epidotlaşma Ne: Özşekilli-yarı özşekilli, c⊥ (optik izotrop) ve c// kesitleri, hamurumsu, düşük optik engebe, skapolit içindekilerin çevresi epidotla kuşatılmış Ep: Pistazit, klinozoyisit, özşekilsiz Cal: Gözenek ve çatlaklarda	(Skapolitli) Klinopiroksen Hornblendit
-30	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf±Ne± Ep±Cal±Chl± Ttn±Om	Hbl: Yarı özşekilli, 17° eğik sönme, kahverengimsi yeşil, kloritleşme Arf: Yarı özşekilli, koyu mavimsi yeşil Ne: Özşekilli-yarı özşekilli, c⊥ (optik izotrop) ve c// kesitleri, OE düşük, killeşme Ep: Özşekilsiz, pistazit, klinozoyisit Cal: Gözenek ve çatlaklarda Chl: Biyotitten itibaren, özşekilsiz, levhamsı, açık yeşil, optik izotrop görünümlü	Hornblendit
-32	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf+Scp+ Ne±Agt/Ag±Ap ±Om	Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, çubuksu, sarımsı kahve-yeşil Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Scp: Hamurumsu, killeşme Ne: Özşekilsiz, poyikilitik doku, çok az killeşme Agt/Ag: Özşekilsiz, 43° eğik sönme, açık yeşil	(Skapolitli) Hornblendit

Çizelge 5.1 (devam ediyor)

-49	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf+Pl ±Agt/Ag±Cal± Ap±Ttn	Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahve-yeşil Arf: Yarı özşekilli, yeşilimsi mavi Pl: Yarı özşekilli, polisentetik ikizlenme Agt/Ag: Özşekilsiz, açık yeşil Cal: Gözenek ve çatlaklarda Ap: Çubuk şekilli, tali	(Plajiyoklazlı) Klinopiroksen Hornblendit
-58	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Hbl+Arf±Ne± En±Ep±Cal± Om	Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahve-yeşil, çift yönlü dilinim Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Ne: c⊥ ve c// kesitler, siyah benekli bozunma? En: Özşekilsiz, renksiz Ep: Özşekilsiz, sarımsı püstazit	Hornblendit
-63	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Ne+Hbl+ Arf+Agt/Ag± Cal±Ttn±Xe± Ep±Zrn	Ne: Özşekilsiz Hbl: Özşekilsiz, pleokroyizma yüksek (sarı-yeşil-koyu yeşil) Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Agt/Ag: Özşekilsiz, uralitleşme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Xe: Özşekilsiz, bol çatlaklı	(Siyenit Aplit-Hornblendit geçişi)

Agt/Ag=Egirinojit/egirin, Ap=Apatit, Arf=Arfvedsonit, Bt=Biyotit, Cal=Kalsit, Chl=Klorit, En=Enstatit, Ep=Epidot, Hbl=Hornblend, Ne=Nefelin, Om=Opak mineral, Qtz=Kuvars, Pl=Plajiyoklaz, Scp=Skapolit, Ttn=Titaniit, Xe=Ksenotim, Zrn=Zirkon

Hornblend mineralleri; çubuğumsu-prizmatik biçimli, ince-kesitte çoğunlukla yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahverengiden yeşile kadar değişen renklerde kuvvetli pleokroyik, çoğunlukla tek yönlü olmak üzere bazen çift yönlü dilinim gösteren ve 12° den 25° ye kadar değişen derecelerde eğik sönme sunan minerallerdir. Arfvedsonit mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, çoğunlukla hornblend mineralleri ile birlikte ayrışım lamelleri (yama) biçiminde ve daha az olarak da ayrı bileşen halinde bulunan, açık/koyu mavimsi yeşil renkli minerallerdir. Amfiboller; yer yer kloritleşme ve epidotlaşma göstermektedir.

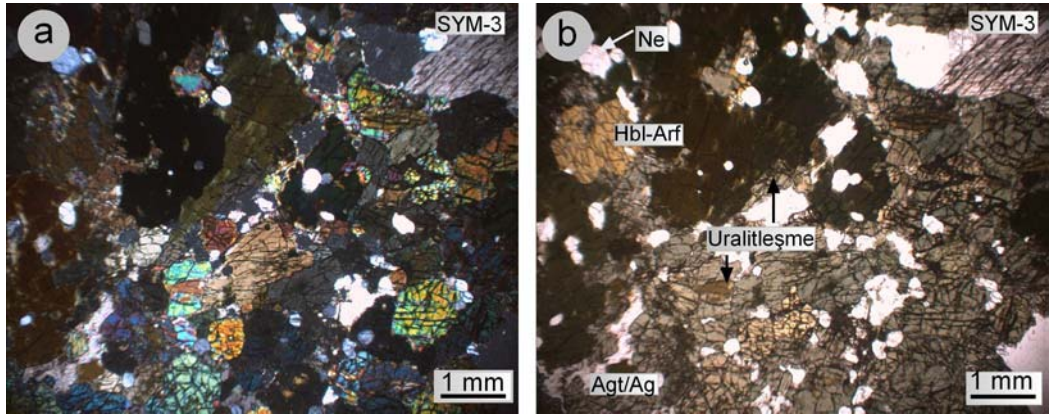
Egirinojit/egirin mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, açık-soluk yeşil renkli olup hornblende göre düşük pleokroyizmaya sahip, 40° eğik sönme göstermektedir. Yaygın uralitleşme, bazen arfvedsonitik uralitleşme sonucu hornblend ve/veya arfvedsonite dönüşmüşlerdir (Şekil 5.2). Ayrıca kloritleşme ve epidotlaşma göstermektedir.

Skapolit mineralleri, özşekilsiz, diğer mineralleri saran görünümde, canlı girişim renkli, düşük optik engebeli, renksiz ve bollukları kayaçtan kayaca değişmekte olup, meyonit türündedir. Yaygın killeşme ve epidotlaşma göstermektedir.

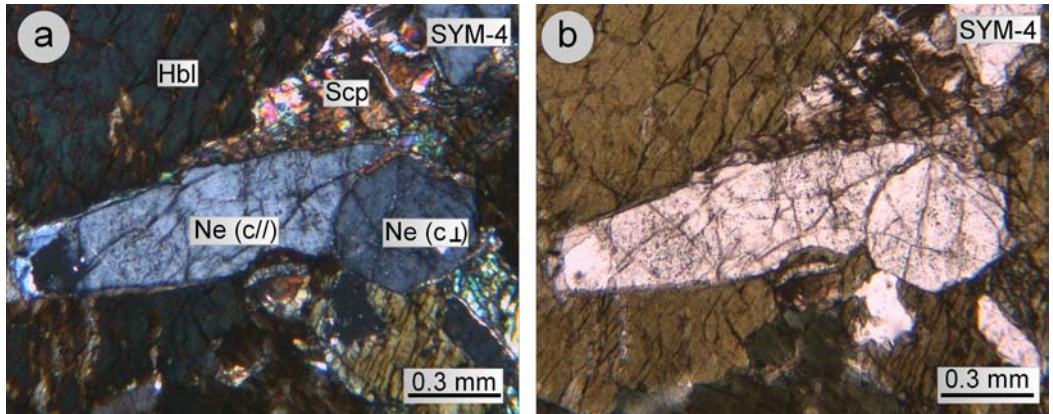
Nefelin mineralleri, özşekilli (c// ve c⊥ kesitleri)-yarı özşekilli-özşekilsiz, gri girişim renkli, renksiz, düşük optik engebe, paralel sönme ve çok güzel

dilinimlenme göstermektedir (Şekil 5.3 ve 5.4). Özşekilsiz olanlarda poyikilitik doku göstermekle birlikte, bazı nefelinlerin çatlaklarında lifsi-levhamsı mika dönüşümleri yer almaktadır (Şekil 5.5). Skapolit minerali içerisinde bulunan bazı özşekilli nefelinlerin etrafı epidot mineralleri ile kuşatılmış olarak bulunmaktadır (Şekil 5.6). Bol killeşme sunan nefelin mineralleri ayrıca siyah benekli bozunma da göstermektedir.

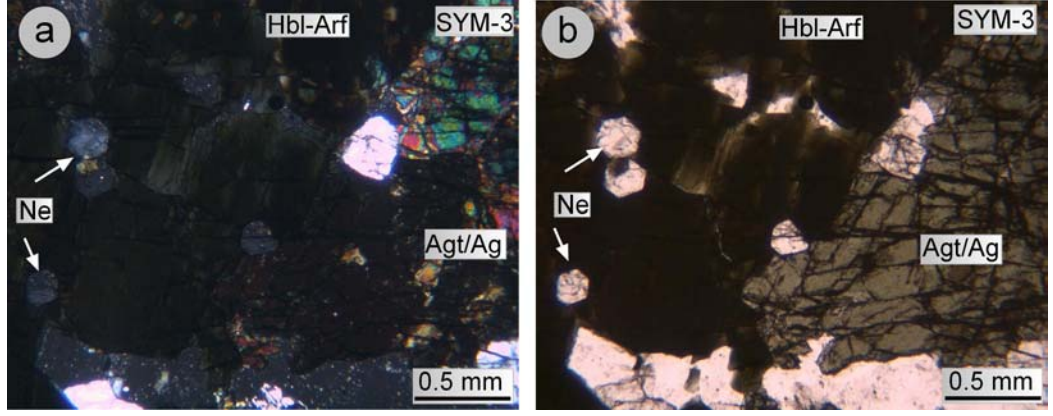
Plajiyoklaz mineralleri; yarı özşekilli, polisentetik ikizlenmeli, düşük optik engebeli ve renksiz olarak bulunmaktadır. Ayrıca, anortit içeriği (% 76: bitovnit) ve optik engebesi kısmen yüksek, I. dizinin üst girişim renklerini sunan plajiyoklaz mineralleri de görülmüştür (Şekil 5.7). Plajiyoklazlar, daha ziyade ortoklazlarda gözlenen poyikilitik ve pertitik benzeri dokusal ilişkiler göstermektedir.



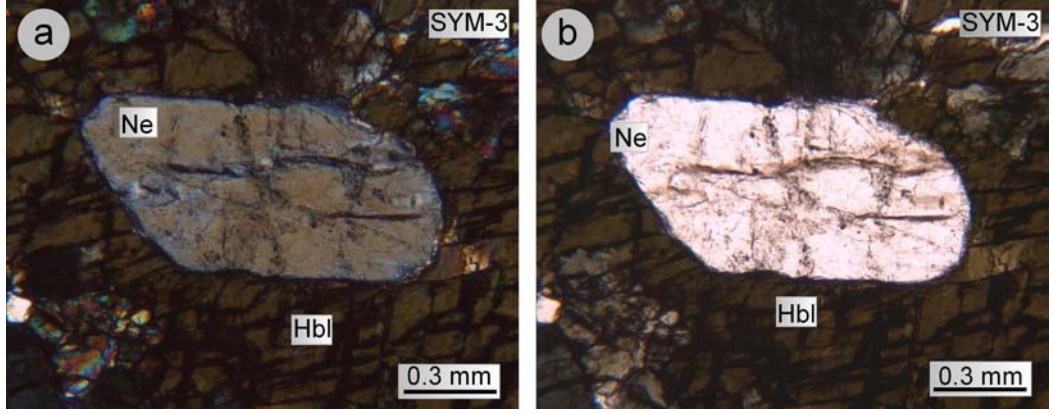
Şekil 5.2 Klinopiroksen hornblendit örneğinde uralitleşme, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Arf: Arfvedsonit, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)



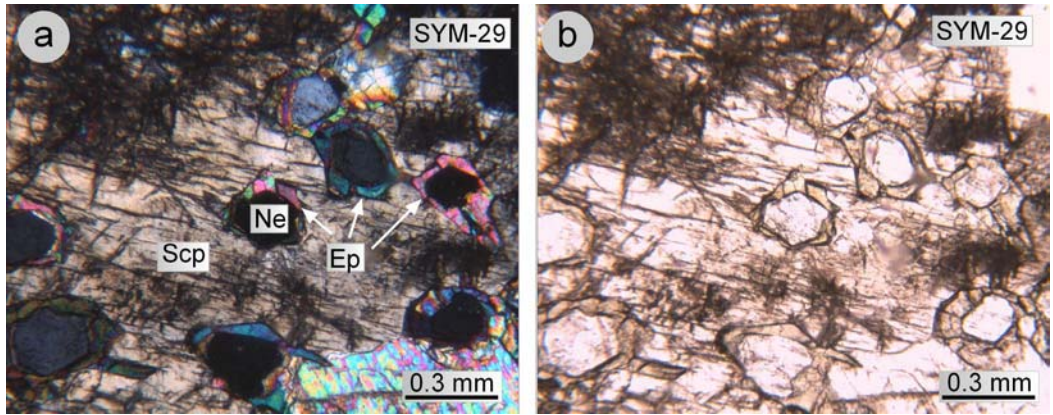
Şekil 5.3 Klinopiroksen hornblendit örneğinde c// kesitler sunan nefelinler, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Scp: Skapolit)



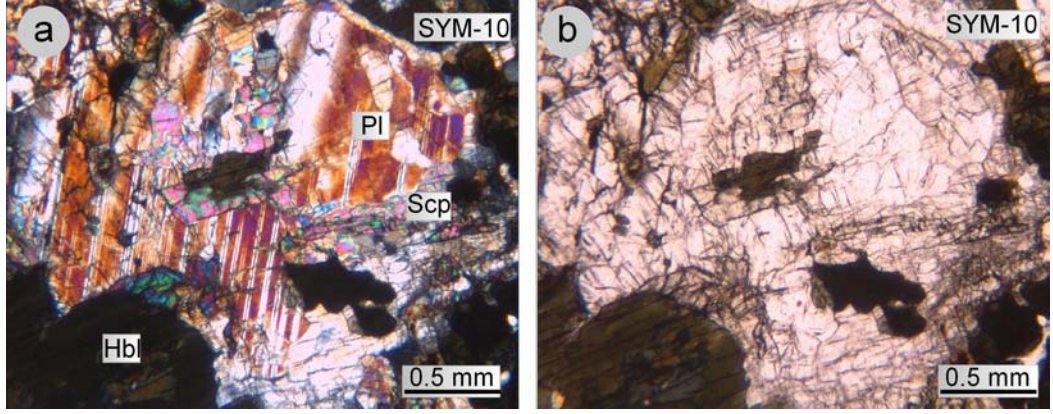
Şekil 5.4 Klinopiroksen hornblendit örneğinde c.l kesitler sunan nefelinler, a) çift nikel, b) tek nikel (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Arf: Arfvedsonit, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)



Şekil 5.5 Klinopiroksen hornblendit örneğinde nefelinler içindeki lifsi mika oluşumları, a) çift nikel, b) tek nikel (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend)



Şekil 5.6 Klinopiroksen hornblendit örneğinde skapolit içinde epidotla kuşatılmış nefelin mineralleri, a) çift nikel, b) tek nikel (Ne: Nefelin, Ep: Epidot, Scp: Skapolit)



Şekil 5.7 Plajiyoklazlı klinopyroksen hornblendit örneğinde plajiyoklaz (bitovnit) minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Plj: Plajiyoklaz, Hbl/Arf: Hornblend/Arfvedsonit)

Biyotit mineralleri; pulsü sönme gösteren, levhamsı, kırmızımsı-kahve renkli, hornblend mineralinden itibaren gelişmiş (?) ender bulunan mikalardır (Şekil 5.8).

Zirkon mineralleri; özşekilsiz, canlı girişim renkli, optik engebese yüksek, renksiz, diğer mineraller içinde özellikle skapolitler içinde kapanımlar şeklinde bulunan ve metamiktizasyon gösteren tali bileşenlerdir.

Titanit mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, her iki nikol renkleri yaklaşık aynı olan, optik engebese yüksek tali kristallerdir (Şekil 5.9).

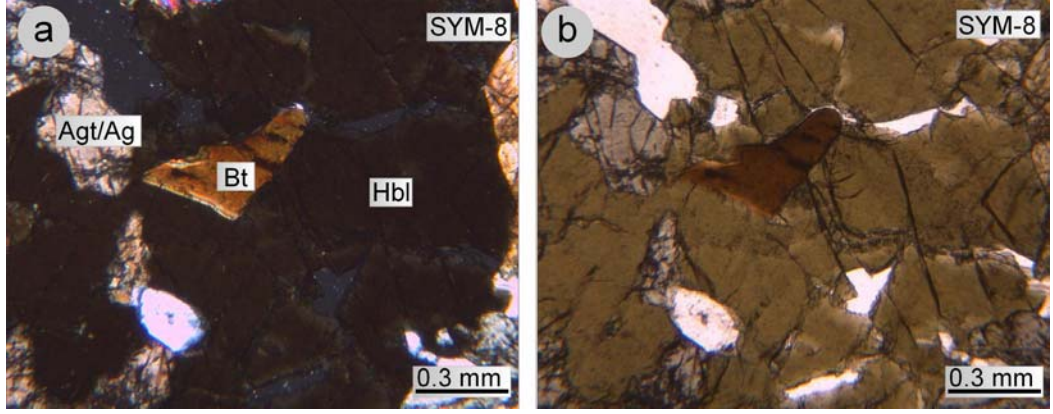
Apatit mineralleri; iğnemsî biçimli, gri girişim renkli, optik engebese yüksek ve renksizdir.

Ksenotim mineralleri; özşekilsiz, optik engebese yüksek, her iki nikolde yaklaşık benzer renk sunmakta ve kahverengimsidir.

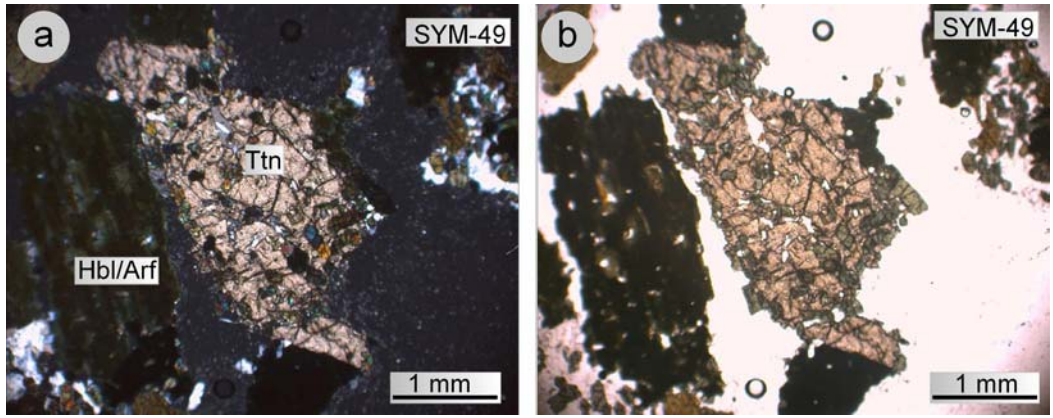
Opak mineraller; özşekilli-yarı özşekilli, bazılarının etrafı demir oksit bakımından zenginleşmiştir.

Epidot mineralleri; piroksen, amfibol ve skapolitlerin hidrotermal bozuşması ile oluşmuş, özşekilsiz, bazı kesitlerde nefelinlerin çatlaklarında veya etrafını kuşatmış biçimde bulunmaktadır. Genellikle pistazit (canlı girişim renkli, sarımsı renkli) olmak üzere klinozoyisit (eğik sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz) ve ender olarak da zoyisit (paralel sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz) türü epidot mineralleri gözlenmiştir.





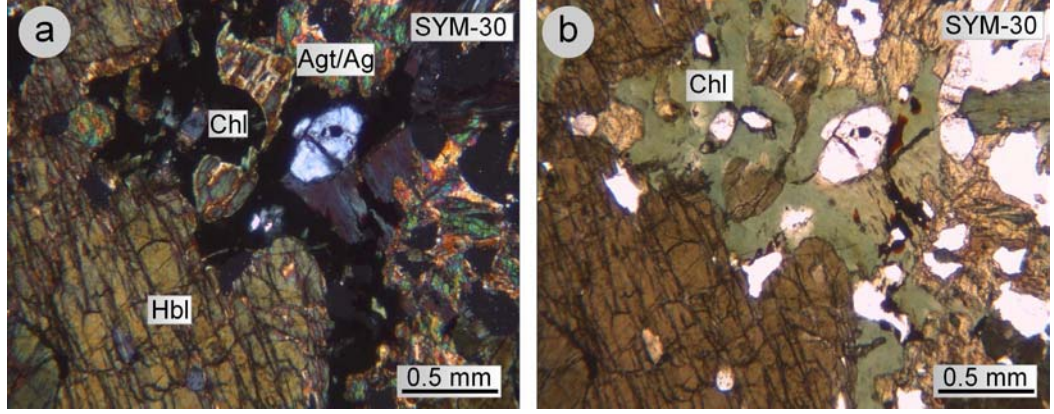
Şekil 5.8 Klinopiroksen hornblendit örneğinde biyotit minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Bt: Biyotit, Hbl: Hornblend, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)



Şekil 5.9 Klinopiroksen hornblendit örneğinde özşekilli-yarı özşekilli titanit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol ( Hbl/Arf: Hornblend/Arfvedsonit, Ttn: Titanit)

Post-magmatik oluşumları kalsit, kuvars ve klorit temsil etmektedir. Kalsit mineralleri; gözenek ve çatlakları doldurmakta, özşekilsiz, polisentetik ikizlenmeli, optik engebesi düşük ve renksizdir. Bazı kesitlerde, özşekilsiz, dalgalı sönme gösteren, renksiz ve pürüzsüz görünümlü kuvars mineralleri kalsite eşlik etmektedir. Klorit mineralleri; piroksen ve hornblendlerden itibaren gelişmiş, levhamsı, özşekilsiz, yer yer optik izotrop görünümlü ve açık yeşildir (Şekil 5.10).

Yukarıda dokusal özellikleri, mineral türleri ve bollukları verilen kayalar hornblendit biçiminde adlandırılmıştır. Skapolit ve/veya nefelin ve/veya plajiyoklaz ve/veya klinopiroksen içeren bu kayalarda ilgili mineraller ön ek olarak adlandırmada kullanılmıştır. Örneğin; skapolitli nefelinli klinopiroksen hornblendit, nefelinli skapolitli klinopiroksen hornblendit, nefelinli skapolitli plajiyoklazlı klinopiroksen hornblendit, nefelinli hornblendit ve klinopiroksen hornblendit adlamaları yapılmıştır. Şakar (2004), hornblenditlerin yanı sıra, nefelinli/skapolitli hornblend piroksenit ve skapolitli piroksenit türü kayalar da saptamıştır.



Şekil 5.10 Nefelinli hornblendit örneğinde yeşil renkli klorit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Chl: Klorit, Hbl: Hornblend, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)

### 5.1.1.2 Mafik plütonik kayaçlar

Holokristalin-hipidiyomorf taneseli dokuya sahip bu kayaçların ana bileşenlerini klinoamfibol (hornblend, arfvedsonit), klinopiroksen (egirinojit/egirin), skapolit, nefelin, plajiyoklaz ve ortoklaz oluşturmaktadır. Tali mineralleri ise fillosilikat (biyotit), zirkon, titanit, apatit, topaz, ksenotim, ortopiroksen (enstatit) ve opak mineraller temsil etmektedir. Kalsit, gözenek ve çatlakları doldurmaktadır. Bozuşma ürünleri olarak epidot ve klorit mineralleri görülmektedir. Mafik plütonik kayaçlara ait optik petrografik inceleme sonuçları Çizelge 5.2 de sunulmuştur.

Hornblend mineralleri; çubuğumsu-prizmatik biçimli, çoğu kesitte yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahve-yeşil renkli, kuvvetli pleokroyik, tek-çift yönlü dilinim ve  $12-20^{\circ}$  eğik sönme göstermektedir. Arfvedsonit mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, mavimsi yeşil renkli,  $10^{\circ}$  eğik sönmeli, tek yönlü dilinimli, çoğunlukla hornblend mineralleri ile birlikte ayrışım lamelleri (yama) biçiminde (Şekil 5.11) ve daha az olarak da ayrı bileşen halinde bulunmaktadır. Hornblend ve arfvedsonit minerallerinin ayrımının net olarak görülebildiği örnek (SYM-56) de bulunmaktadır (Şekil 5.12).

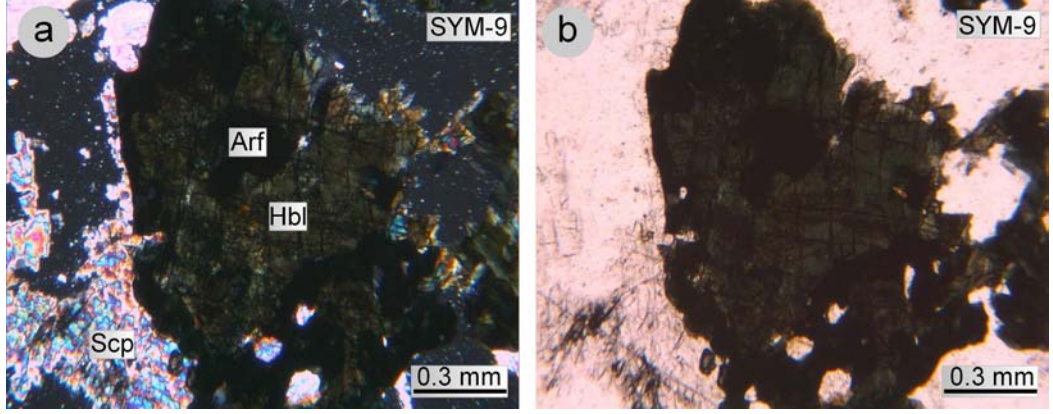
Çizelge 5.2 İnceleme alanındaki mafik plütonik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları

Örnek No	Doku	Mineralojik Bileşim	Özellikler	Kayaç Adı
SYM-5	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Agt/Ag+Hbl+Arf+Scp±Ne±Ep±Pl±Cal±Zrn±Om	Agt/Ag: Arfvedsonitik uralitleşme, yaygın epidotlaşma Arf: Mavimsi yeşil, özşekilsiz Scp: Özşekilsiz, meyonit türü, zeolitleşme (Ca-zeolit, balık sırtı görünümlü) Ne: Özşekilli-yarı özşekilli, c// ve c⊥, grafik doku benzeri Pl kapanımları, Hbl ve Px kapanımları, minerali kesen epidotlaşma Ep: Pistazit-klinozoyisit, Scp ile girift ilişki Pl: Polisentetik ikizlenme, yarı özşekilli-özşekilsiz Cal: Gözenek ve çatlaklarda, ender Zrn: Metamiktizasyon, Scp içerisinde kapanım	(Skapolitli) Hornblend Gabro
-9	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Hbl+Arf+Agt/Ag+Scp±Ne±Pl/Or±Cal±Ttn±Xe±Zrn±Ap±Om	Arf: Hbl'in içinde yamalar şeklinde ayrışım (eksolüsyon) lamelleri Agt/Ag: Uralitleşme, yarı özşekilli- özşekilsiz Scp: Epidotlaşma, özşekilsiz, bol Ne: Özşekilli, c// ve c⊥ kesitler, çatlak ve gözeneklerinde epidot Pl/Or: Pertitik doku, ender Cal: Gözenek ve çatlaklarda Xe: Çatlaklı Ap: Çok, çubuksu-ığnemsî Gözeneklerde ığnemsî-sferülitik mineraller(C-S?), çevresi epidotlaşmış	(Skapolitli) Klinopiroksen Diyorit
-11	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Scp+Ne+Agt/Ag+Hbl+Arf+Pl/Or±En±Cal±Zrn±Ap±Om	Scp: Özşekilsiz, killeşme Ne: Özşekilsiz Agt/Ag: Yarı özşekilli- özşekilsiz, uralitleşme Arf: Açık mavimsi-yeşil, Arf-Hbl geçişi Pl/Or: Damlalar biçiminde grafik doku benzeri oluşumlar, poykilitik doku En: Çatlaklı Cal: Gözenek ve çatlaklarda Zrn: Metamiktizasyon, büyük Ap: c⊥ kesitleri	(Nefelinli Skapolitli) Hornblend Gabro
-19	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Scp+Pl/Or+Agt/Ag+Hbl+Arf±Ne±Ep±En±Cal±Ttn±Xe±Zrn±Ap±Om	Scp: Hamurumsu, renksiz Ne: Hamurumsu, poykilitik doku Pl/Or: Pertitik doku, killeşme Agt/Ag: Özşekilsiz, 35° eğik sönme, uralitleşme Hbl: Özşekilsiz, 15° eğik sönme, yüksek pleokroyizma Arf: 10° eğik sönme, hornblendin kenarlarında açık mavimsi-yeşil Ep: Pistazit-klinozoyisit Cal: Gözenek ve çatlaklarda Ttn: Özşekilsiz, tali Xe: Özşekilsiz, çatlaklı, tali Ap: c⊥ kesitleri	(Skapolitli) Klinopiroksen Monzodiyorit
-20	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Scp+Agt/Ag+Hbl+Arf+Pl/Or±Ne±Ep±Bt±Tr/Act±Cal±Toz±Ttn±Xe	Scp: Hamurumsu, yaygın bozunma (killeşme) Ne: Hamurumsu, c⊥ ve c// kesitleri, bol Agt/Ag: Özşekilsiz, uralitleşme (kenarlarda) Arf: Hbl içinde yamalar şeklinde Pl/Or: Özşekilsiz, killeşme, epidotlaşma Ep: Pistazit-klinozoyisit Bt: Pulsu sönme, yarı özşekilli, kloritleşme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Toz: Bol, Ne ve Scp içinde kapanımlar	(Skapolitli) Hornblend Gabro

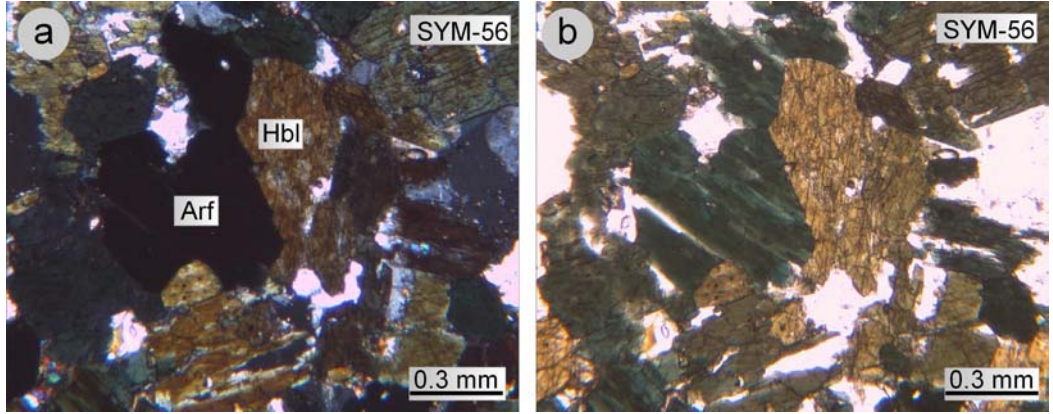
Çizelge 5.2 (devam ediyor)

-21	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Scp+Ag <sub>t</sub> /Ag+Or +Hbl+Arf±Ne± En±Cal±Toz± Ttn±Xe±Zrn± Ap±Om	Scp: Hamurumsu, killeşme Ne: Yarı özşekilli-özşekilsiz Agt/Ag: Özşekilsiz, uralitleşme, çok Or: Yarı özşekilli, pertitik doku, zonlu doku, karlsbad ikizlenmesi, killeşme, serizitleşme, epidotlaşma Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, 17° eğik sönme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Ap: İğnemsî, optik engebesi yüksek	(Skapolitli) Hornblend Monzogabro
-27	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Ag <sub>t</sub> /Ag+Hbl+ Arf±Scp±Ep± Cal±Zrn±Ap± Om	Ag <sub>t</sub> /Ag: Yarı özşekilli, 42° eğik sönme, açık yeşil, uralitleşme Hbl: Yarı özşekilli, 12° eğik sönme, pleokroyizma yüksek (sarı-yeşil-koyu yeşil) Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Scp: Hamurumsu/diğer mineralleri çevrelemekte, meyonit Ep: Pistazit-klinozoyisit, özşekilsiz Pl: Polisentetik ikizlenme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Zrn: Metamiktizasyon Ap: İğnemsî, çubuk şekilli, tali,	(Skapolitli) Klinopiroksen Diyorit
-51	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Pl+Hbl+ Arf±Ag <sub>t</sub> /Ag± Scp±Cal±Ap± Ttn±Zrn±Om	Or: Özşekilsiz, pertitik doku, karlsbad ikizlenmesi, killeşme, serizitleşme Pl: Yarı özşekilli- özşekilsiz, polisentetik ikizlenme Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, kahverengimsi yeşil, tek ve çift yönlü dilinim Arf: Yarı özşekilli, yeşilimsi mavi Scp: Hamurumsu Cal: Gözenek ve çatlaklarda Ap: c <sub>1</sub> ve c// kesitleri, tali	Klinopiroksen Monzodiyorit
-56	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Pl+Hbl+Arf ±Ep±Cal±Ttn± Om	Or: Özşekilsiz, pertitik doku, serizitleşme Pl: Özşekilsiz, polisentetik ikizlenme, serizitleşme Hbl: Yarı özşekilli, sarımsı kahve-yeşil Arf: Yarı özşekilli, yeşilimsi mavi Ep: Özşekilsiz, sarımsı pistazit Cal: Gözenek ve çatlaklarda	Hornblend Monzonit
-57	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Scp+Or+Hbl+ Arf+Ag <sub>t</sub> /Ag+ Ne±Bt±Ttn±Zrn ±Om	Scp: Hamurumsu, meyonit Or: Özşekilsiz, pertitik doku, killeşme Hbl: Özşekilsiz, sarı-koyu yeşil pleokroyizma Arf: Yarı özşekilli, çimen yeşili Agt/Ag: Yarı özşekilli, uralitleşme Ne: Özşekilsiz	(Skapolitli) Hornblend Klinopiroksen Monzonit
-60	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Scp+Hbl+Arf± Ne±Ag <sub>t</sub> /Ag±Ep ±Cal±Ttn±Ap± Om	Scp: Hamurumsu, meyonit, yaygın killeşme Ne: Özşekilsiz, hamurumsu, yaygın killeşme Hbl: Özşekilsiz, sarı-koyu yeşil pleokroyizma Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Agt/Ag: Özşekilsiz, uralitleşme Ep: Özşekilsiz, sarımsı pistazit Cal: Gözenek ve çatlaklarda Om: Özşekilsiz	(Skapolitli) Klinopiroksen Diyorit
-62	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Pl+Hbl+Arf +Ep+Ag <sub>t</sub> /Ag+ Ne±En±Cal± Chl±Ttn	Or: Pertitik ve poyikilitik, killeşme, serizitleşme Pl: Polisentetik ikizlenme, epidotlaşma Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, pleokroyizma yüksek (sarı-yeşil-koyu yeşil) Arf: Yarı özşekilli, mavimsi yeşil Ep: Özşekilsiz, sarımsı pistazit Agt/Ag: Özşekilsiz, uralitleşme En: Paralel sönme, epidotlaşma Cal: Gözenek ve çatlaklarda	Hornblend Klinopiroksen Monzonit

Ag<sub>t</sub>/Ag=Egirinojit/egirin, Ap=Apatit, Arf=Arfvedsonit, Bt=Biyotit, Cal=Kalsit, Chl=Klorit, En=Enstatit, Ep=Epidot, Hbl=Hornblend, Ne=Nefelin, Or=Ortoklaz, Om=Opak mineral, Pl=Plajiyoklaz, Scp=Skapolit, Toz=Topaz, Tr/Act=Tremolit/Aktinolit, Ttn=Titanit, Xe=Ksenotim, Zrn=Zirkon



Şekil 5.11 Klinopiroksen diyorit örneğinde yeşil hornblend içinde ayrışım lamelleri şeklindeki mavimsi yeşil arfvedsonit minerali oluşumu, a) çift nikol, b) tek nikol (Arf: Arfvedsonit, Hbl: Hornblend, Scp: Skapolit)

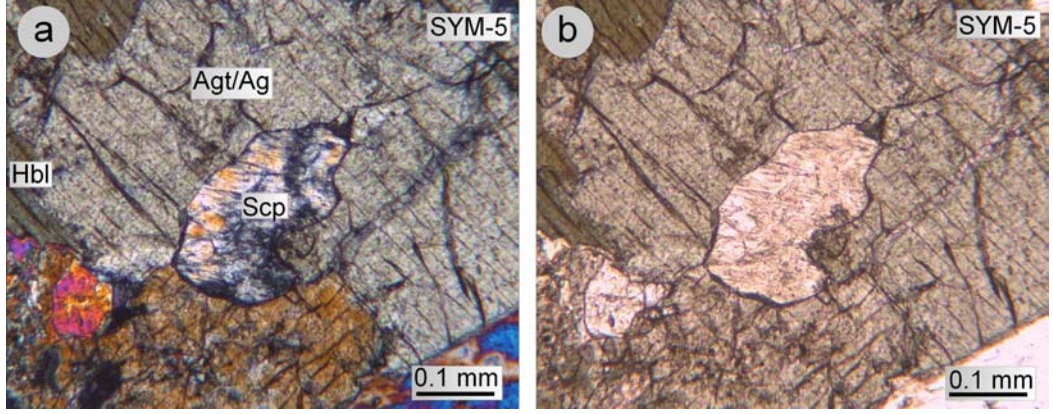


Şekil 5.12 Hornblend monzonit örneğinde hornblend ve arfvedsonit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Hbl: Hornblend, Arf: Arfvedsonit)

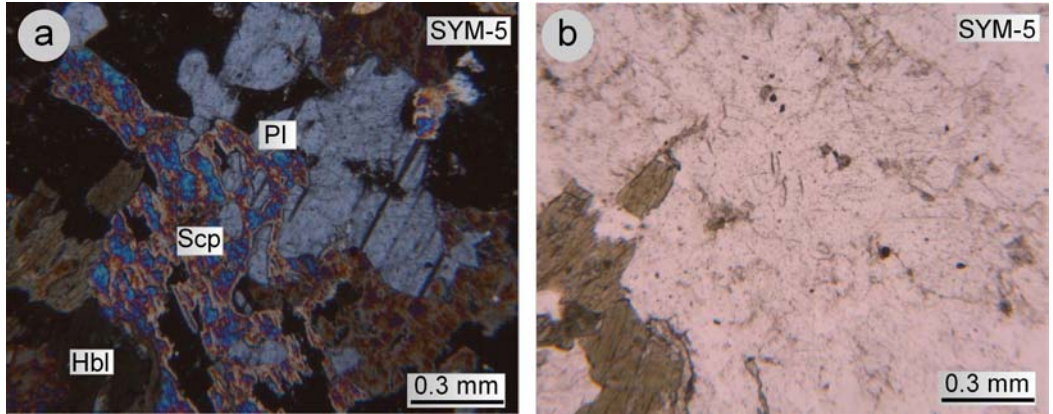
Egirinojit/egirin mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, açık-soluk yeşil renkli olup, hornblende göre düşük pleokroyizmaya sahip,  $35-42^\circ$  eğik sönme, kenarlarından itibaren yaygın uralitleşme (bazı kesitlerde arfvedsonitik uralitleşme) sonucu hornblend ve/veya arfvedsonite dönüşmüş minerallerdir. Ayrıca epidotlaşma görülmektedir.

Skapolit mineralleri; özşekilsiz, mineralleri sarar bir halde, canlı girişim renkli, renksiz, bol, düşük optik engebeye sahip, meyonit türünde olduğu bilinen ve hidrotermal bozuşma sonucunda Ca-zeolite (balıksırtı görünümlü) dönüşmüş (Şekil 5.13) minerallerdir. İçerisinde plajiyoklaz minerali oluşumu şeklinde poyikilitik doku gözlenmektedir (Şekil 5.14 ve 5.15). Ayrıca yaygın killeşme göstermektedir.

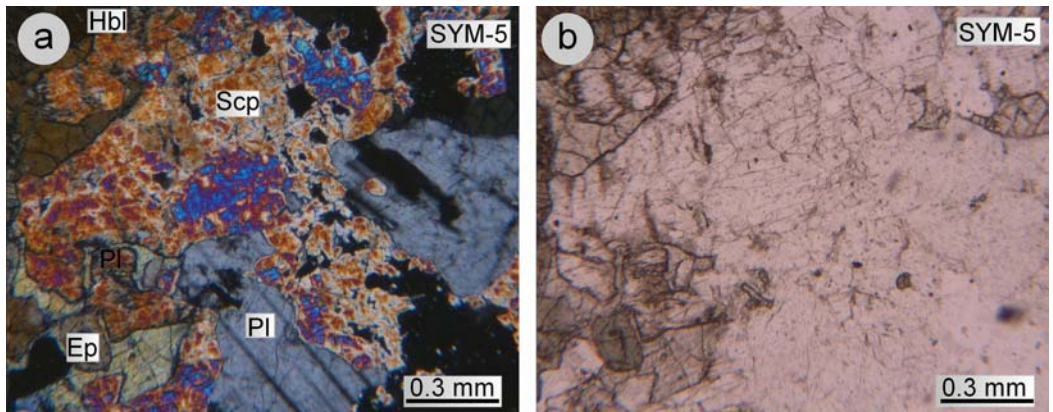
Nefelin mineralleri, özşekilli (c// ve c $\perp$  kesitleri)-yarı özşekilli, gri girişim renkli, renksiz, düşük optik engebeli, paralel sönme gösteren, bazı kesitlerde grafik doku benzeri plajiyoklazların yanı sıra, hornblend ve piroksen kapanımları şeklinde poyikilitik doku sunmaktadır. Nefelinleri keser şekilde epidot minerali oluşumları bulunmaktadır (Şekil 5.16). Yaygın olarak killeşme göstermektedir.



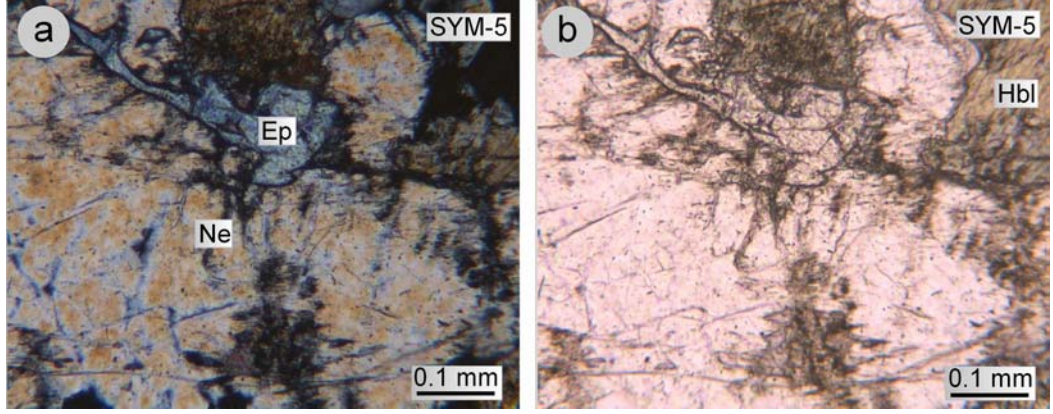
Şekil 5.13 Hornblend gabro örneğinde skapolit minerali içinde balık sırtı görünümü oluşumlar (Ca-zeolitleşme), a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Hbl: Hornblend, Agt/Ag: Egirinojit/Egirin)



Şekil 5.14 Hornblend gabro örneğinde skapolit minerali içinde plajiyoklaz oluşumları, a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Hbl: Hornblend, Plj: Plajiyoklaz)



Şekil 5.15 Hornblend gabro örneğinde skapolit minerali içinde plajiyoklaz ve epidot mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Hbl: Hornblend, Plj: Plajiyoklaz, Ep: Epidot)



Şekil 5.16 Hornblend gabro örneğinde nefelinleri kesen epidot (klinozoyisit) minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Ne: Nefelin, Hbl: Hornblend, Ep: Epidot)

Plajiyoklaz mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, renksiz, polisentetik ikizlenmeli ve düşük optik engebelerdir. Serizitleşme ve yaygın epidotlaşma göstermektedir.

Ortoklaz mineralleri; özşekilsiz, renksiz, optik engebeleri düşük, karlsbad ikizlenmeli, poyikilitik doku (Şekil 5.17), pertitik doku, damlalar biçiminde grafik doku benzeri oluşumlar göstermektedir. Ayrıca, yer yer serizitleşme ve killeşme gibi bozuşmalara sahiptir.

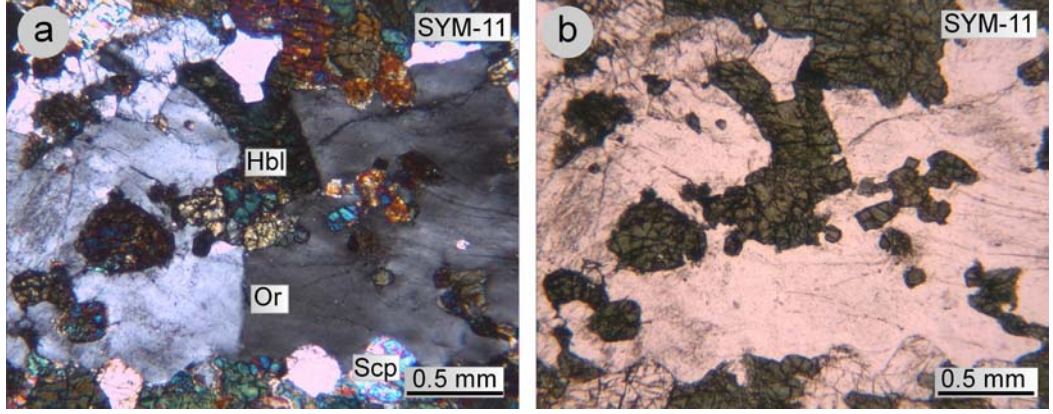
Epidot mineralleri; özşekilsiz, bazı kesitlerde nefelinlerin çatlaklarında bulunmaktadır. Genellikle pistazit (canlı girişim renkli, sarımsı renkli) olmak üzere klinozoyisit (gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz, eğik sönme) ve ender olarak da zoyisit (paralel sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz) türü epidot mineralleri gözlenmiştir. Bazı kesitlerde pistazitlerin skapolit mineralleri ile girift ilişki şeklinde buldukları görülmektedir.

Biyotit mineralleri; levhamsı, pulsü sönme göstermekte, kırmızımsı-kahve renkli olup, kloritleşme göstermektedir.

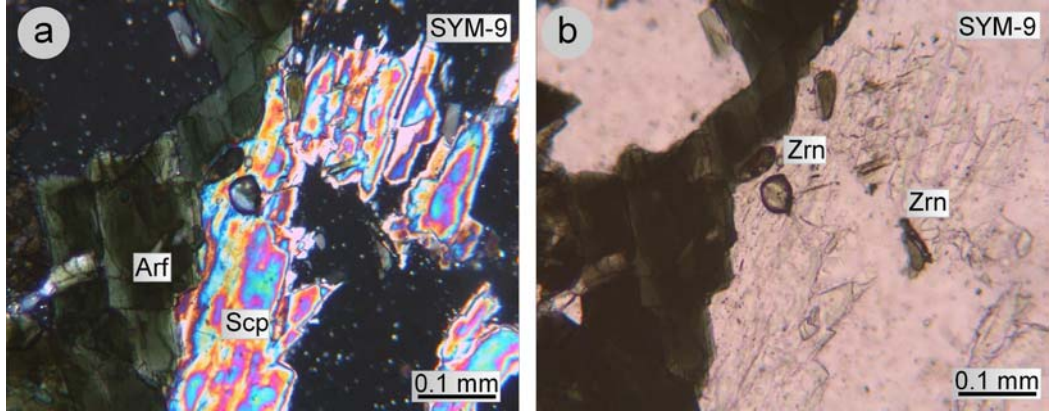
Zirkon mineralleri; özşekilsiz, canlı girişim renkli, optik engebeleri çok yüksek, renksiz, mineraller içinde özellikle de skapolitler içinde kapanımlar şeklinde bulunmakta ve metamiktizasyon göstermektedir (Şekil 5.18 ve Şekil 5.19).

Titanit mineralleri; özşekilli-özşekilsiz, optik engebeleri yüksek, her iki nikoldeki renkleri yaklaşık olarak benzemekle birlikte, koyu kahve renklidir (Şekil 5.19).

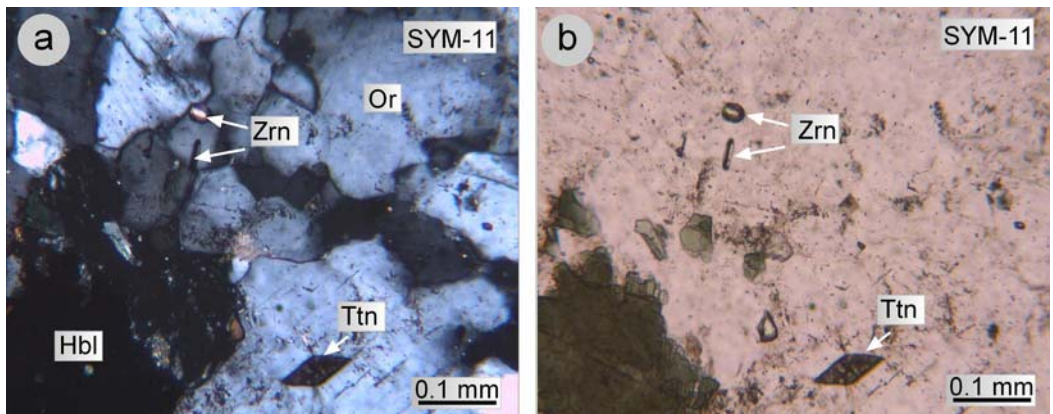
Apatitler; iğnemsî biçimli, gri girişim renkli, renksiz ve optik engebeleri yüksek tali minerallerdir (Şekil 20).



Şekil 5.17 Hornblend gabro örneğinde ortoklaz mineralinde poyikilitik doku, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Hbl: Hornblend, Scp: Skapolit)

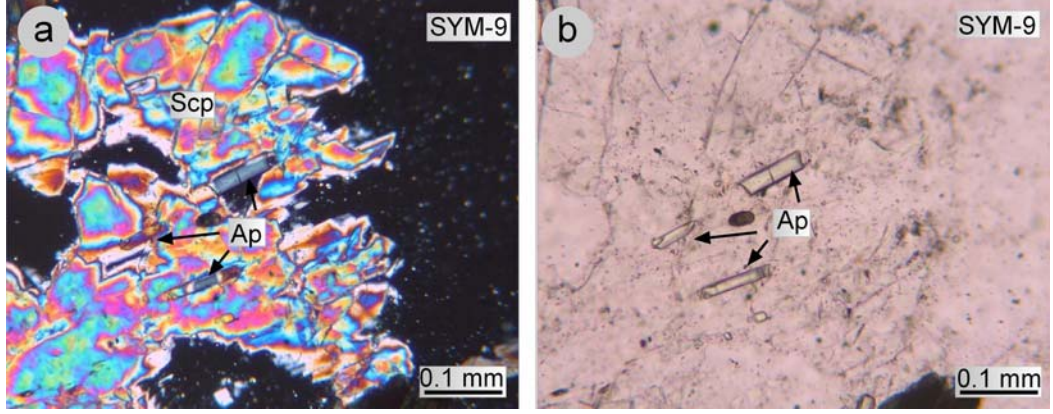


Şekil 5.18 Klinopirosken diyorit örneğinde skapolit içinde zirkon mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Zrn: Zirkon, Arf: Arfvedsonit, Scp: Skapolit)



Şekil 5.19 Hornblend gabro örneğinde zirkon ve titanit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Zrn: Zirkon, Ttn: Titanit, Hbl: Hornblend, Or: Ortoklaz)





Şekil 5.20 Klinopiroksen diyorit örneğinde skapolit içinde apatit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Scp: Skapolit, Ap: Apatit)

Topaz; çubuğumsu (c//) ve altıgen (c⊥) biçiminde, gri girişim renkli, renksiz, optik engebese yüksek, çoğunlukla skapolit ve nefelinler içinde kapanımlar halinde bulunmaktadır.

Ksenotim mineralleri; özşekilsiz, optik engebese yüksek, her iki nikoldeki rengi yaklaşık benzer olup, kahverengimsidir.

Enstatit mineralleri; özşekilsiz, gri girişim renkli, renksiz, çatlaklı, paralel sönmeli olup, epidotlaşma göstermektedir.

Opak mineraller; özşekilli-yarı özşekilli, her iki nikolde de siyah renklidir.

Kalsit mineralleri; özşekilsiz, gözenek ve çatlakları doldurmakta, renksiz, polisentetik ikizlenmeli ve optik engebese düşüktür.

Klorit mineralleri; piroksen ve hornblendlerden itibaren gelişmiş, gözeneklerde yer alan, levhamsı, özşekilsiz, yer yer optik izotrop görünümlü ve açık yeşil renkli bozuşma ürünü minerallerdir. Bir kesitte (SYM-9) de bozuşmaya işaret eden, iğnemsisferülitik, çevresi epidotlaşmış (C-S?) ve gözeneklerde yer alan mineraller görülmüştür.

Yukarıda dokusal özellikleri, mineral türleri ve bollukları verilen kayaçlar Streckeisen'e (1976) göre gabro, diyorit, monzogabro, monzodiyorit ve monzonit olarak adlandırılmıştır. Skapolit ve/veya nefelin ve/veya plajiyoklaz ve/veya klinopiroksen ve/veya klinoamfibol (hornblend, arfvedsonit) içeren bu kayaçlarda ilgili mineraller bollukları nispetinde ön ek olarak adlandırmada kullanılmıştır. Örneğin; nefelinli skapolitli hornblend gabro, nefelinli skapolitli klinopiroksen diyorit, skapolitli klinopiroksen diyorit, nefelinli skapolitli klinopiroksen monzodiyorit, skapolitli klinopiroksen monzodiyorit, nefelinli skapolitli hornblend monzogabro, hornblend monzonit, skapolitli hornblend klinopiroksen

monzonit, epidotlaşmış nefelinli skapolitli klinopiroksen monzonit olarak tanımlanmıştır. Bu kayaçlara ek olarak, Şakar (2004) çalışmasında foyidolit de tanımlamıştır.

### 5.1.1.3 Felsik plütonik kayaçlar

Holokristalin-hipidiyomorf taneseli dokuya sahip bu kayaçların ana bileşenlerini ortoklaz, plajiyoklaz ve mikroklin oluşturmaktadır. Klinoamfibol (hornblend, arfvedsonit), klinopiroksen (egirinojit/egirin), kuvars, fillosilikat (biyotit, muskovit), zirkon, titanit, apatit, topaz, ksenotim ve opak mineraller ender olarak bulunmaktadır. Kalsit, gözenek ve çatlakları doldurmaktadır. Bozuşma mineralleri olarak; epidot, klorit ve kil görülmektedir. Felsik plütonik kayaçlara ait optik petrografik inceleme sonuçları Çizelge 5.3 de sunulmuştur.

Ortoklaz mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, renksiz, optik engebesi düşük, karlsbad ikizlenmeli, pertitik (şerit, yama, iplik) ve grafik dokulu olmakla birlikte serizitleşme, killeşme ve epidotlaşma göstermektedir.

Plajiyoklaz mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, renksiz, polisentetik ikizlenmeli, optik engebesi düşük, pertitik dokulu (şerit, yama), bol biyotit kapanımları içermekte ve serizitleşme, epidotlaşma, killeşme göstermektedir. Ayrıca gözeneklerinde epidot minerali oluşumları bulunmaktadır.

Mikroklin mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, renksiz, optik engebesi düşük, tipik kafes tipi ikizlenme göstermekte, pertitleşme ve grafik doku oluşumları bulunmaktadır (Şekil 5.21). Serizitleşme, epidotlaşma ve killeşme göstermektedir.

Hornblend mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahve-yeşil renkli olup, 15° den 17° ye kadar değişen derecelerde eğik sönme göstermektedir.

Arfvedsonit mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz ve mavimsi yeşil renklidir.

Egirinojit/egirin mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, açık-soluk yeşil renkli olup, uralitleşme ve kloritleşme göstermektedir.

Kuvars mineralleri, özşekilsiz, renksiz, optik engebesi düşük, temiz yüzeylidir.

Biyotit mineralleri; levhamsı, pulsü sönme gösteren, kırmızımsı-kahve renkli olup, plajiyoklazlar içinde kapanım halinde görülmektedir (Şekil 5.22).

Çizelge 5.3 İnceleme alanındaki feslik plütonik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları

Örnek No	Doku	Mineralojik Bileşim	Özellikler	Kayaç Adı
SYM-12	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Pl+Mc+Hbl+ Arf±Agt/Ag± Cal±Qtz±Ttn± Toz±Zrn±Ap± Om	Or: Özşekilsiz, killeşme, serizitleşme, epidotlaşma Pl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, zonlu doku, polisentetik ikizlenme, killeşme, serizitleşme, epidotlaşma Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz Agt/Ag: Uralitleşme, kloritleşme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Qtz: Çok az Toz: Az Zrn: Metamiktizasyon, bol -Gözeneklerde C-S ve/veya mika (biyotit) benzeri oluşumlar	Siyenit
-13	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Pl+Mc±Hbl± Arf±Agt/Ag± Bt±Cal±Qtz± Ttn±Toz±Zrn± Ap±Om	Or: Özşekilsiz, killeşme, serizitleşme, epidotlaşma Pl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, polisentetik ikizlenme, bol biyotit kapanımları, killeşme, serizitleşme, epidotlaşma Mc: Kafes tipi ikizlenme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Qtz: Az, özşekilsiz Ttn: Özşekilli-yarı özşekilli Zrn: Metamiktizasyon Ap: İğnemsisi, optik engebesi yüksek	Siyenit
-14	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Mc+Pl+Hbl+ Arf±Agt/Ag±Bt± Cal±Qtz±Toz± Ttn±Zrn±Ep±Ap	Or: Özşekilsiz, killeşme, epidotlaşma Mc: Kafes tipi ikizlenme Pl: Yarı özşekilli, polisentetik ikizlenme, killeşme, serizitleşme Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, 15° eğik sönme Agt/Ag: Hafif yeşil Bt: Pulsu sönme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Qtz: Temiz yüzeyle, özşekilsiz z,az Ttn: Özşekilli-yarı özşekilli Zrn: Bol, metamiktizasyon Ep: Yarı özşekilli, yer yer siyah renkli bozunma (opaklaşma)	Siyenit
-16	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Mc+Pl+Bt± Cal±Ms±Qtz± Ttn±Xe±Zrn±Om	Or: Karlsbad ikizlenmesi, pertitik doku, killeşme, serizitleşme, epidotlaşma Mc: Kafes tipi ikizlenme, killeşme, serizitleşme, epidotlaşma Bt: Pulsu sönme, özşekilsiz, kırmızımsı-kahve, feldispatların içinde kapanım Cal: Gözenek ve çatlaklarda Zrn: Metamiktizasyon, tali Gözeneklerde kloritleşme ve epidotlaşma (pistazit, klinozoyisit)	Siyenit
-26	Holokristalin hipidiyomorf tanelisel	Or+Pl±Mc±Bt± Ms±Ap±Zrn±Ep± Om	Or: Yarı özşekilli-özşekilsiz, pertitik doku (şerit, ipliksi), grafik doku, killeşme, serizitleşme yer yer muskovitleşme, çok bozunmuş Pl: Polisentetik ikizlenme, serizitleşme Mc: Kafes tipi ikizlenme, yarı özşekilli, bozunma çok, serizitleşme, killeşme Bt: Çok az, kloritleşme Ms: Ender, renksiz Ep: Tek halkalı zonlu doku, özşekilli, kenarlarında çok az opaklaşma epidotlaşma, muskovit oluşumu (?)	Siyenit

Çizelge 5.3 (devam ediyor)

-36	Holokristalin hipidiyomorf taneler	Or+Pl±Grt±Ca± Ms±Ap±Ttn±Om	Or: Yarı özşekilli-özşekilsiz, pertitik doku, grafik doku, killeşme, serizitleşme Pl: Yarı özşekilli, polisentetik ikizlenme, serizitleşme Cal: Gözenek ve çatlaklarda Ms: Renksiz, kapanım	Siyenit
-46	Holokristalin hipidiyomorf taneler	Or+Pl±Ep±Ms± Chl±Zrn±Om	Or: Yarı özşekilli-özşekilsiz, pertitik doku (şerit-yama), killeşme, serizitleşme, gözeneklerde epidotlar Pl: Yarı özşekilli, polisentetik ikizlenme Ep: Pistazit, klinozoyisit Ms: Ender, renksiz Chl: Ortoklazın gözeneklerinde Zrn: Metamiktizasyon, tali	Siyenit
-50	Holokristalin hipidiyomorf taneler	Or+Mc+Pl±Bt± Ms±Toz±Ttn±Ap ±Zrn±Om	Or: Yarı özşekilli-özşekilsiz, pertitik doku, grafik doku, karlsbad ikizlenmesi, killeşme, serizitleşme Mc: Kafes tipi ikizlenme, grafik doku Pl: Yarı özşekilli, polisentetik ikizlenme, kapanım şeklinde Bt: Özşekilsiz, pulsu sönme, kloritleşme Ms: Renksiz Ttn: Yarı özşekilli-özşekilsiz, tali Zrn: Metamiktizasyon, tali	Siyenit
-53	Holokristalin hipidiyomorf taneler	Or+Mc+Otz+Pl± Bt±Chl±Ttn±Ap± Zrn±Om	Or: Yarı özşekilli-özşekilsiz, pertitik doku, karlsbad ikizlenmesi, killeşme, serizitleşme Mc: Kafes tipi ikizlenme, pertitik doku Qtz: Özşekilsiz, temiz yüzeyli Pl: Özşekilsiz, polisentetik ikizlenme, küçük Chl: Yelpeze şekilli, yeşil, ender Zrn: Metamiktizasyon, tali	Siyenit

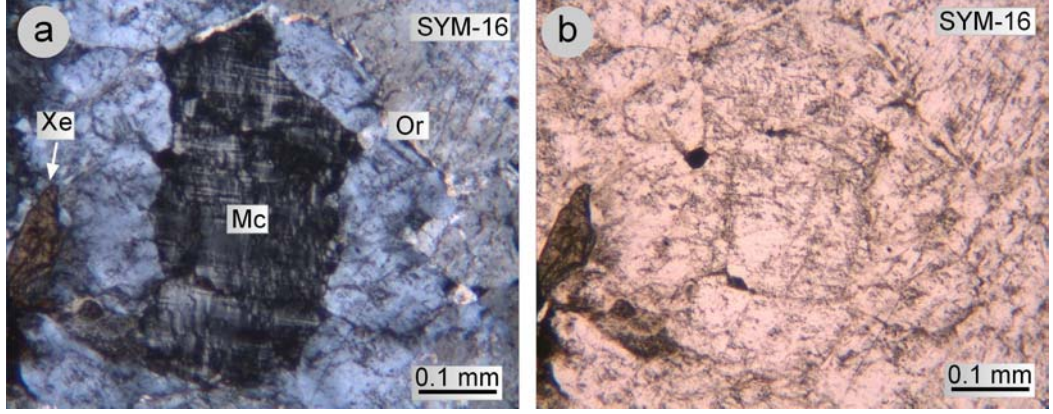
Agt/Ag=Egirinojit/egirin, Ap=Apatit, Arf=Arfvedsonit, Bt=Biyotit, Cal=Kalsit, Chl=Klorit, Ep=Epidot, Grt=Granat, Hbl=Hornblend, Mc=Mikroclin, Ms=Muskovit, Or=Ortoklaz, Om=Opak mineral, Qtz=Kuvar, Pl=Plajiyoklaz, Toz=Topaz, Ttn=Titanit, Xe=Ksenotim, Zrn=Zirkon

Zirkon mineralleri; özşekilsiz, canlı girişim renkli, renksiz, optik engebesi yüksek ve metamiktizasyon göstermektedir.

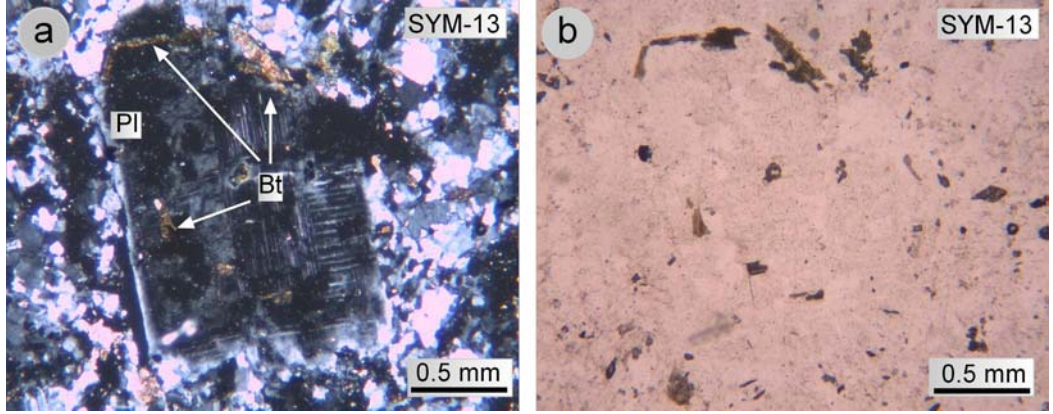
Titanit mineralleri; özşekilli-yarı özşekilli, optik engebesi yüksek ve her iki nikeldeki renkleri yaklaşık benzerdir (Şekil 5.23).

Apatitler; iğnemsî biçimli, gri girişim renkli, renksiz, optik engebesi yüksek minerallerdir.

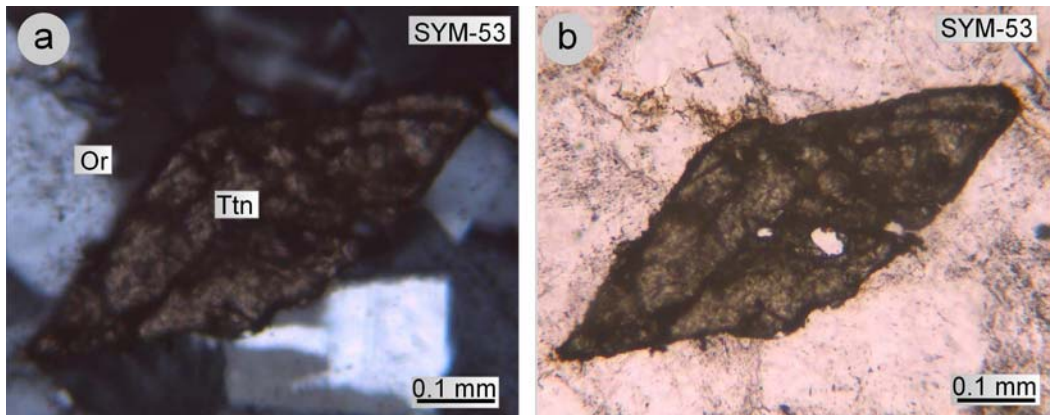
Topaz; çubuğumsu ve altıgen biçimli, gri girişim renkli ve renksizdir (Şekil 5.24).



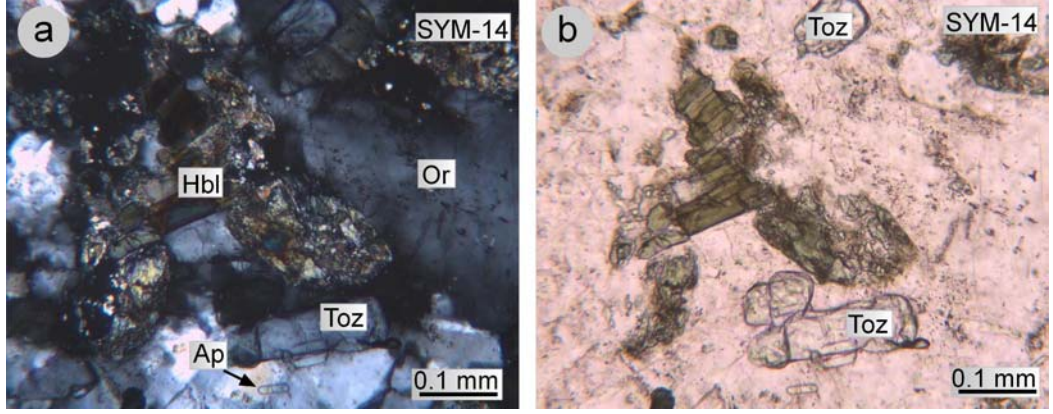
Şekil 5.21 Siyenit örneğinde mikroklin ve ksenotim mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Mc: Mikroklin, Xe: Ksenotim, Or: Ortoklaz)



Şekil 5.22 Siyenit örneğinde plajiyoklaz içinde biyotit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Bt: Biyotit, Pl: Plajiyoklaz)



Şekil 5.23 Siyenit örneğinde özşekilli titanit minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Ttn: Titanit, Or: Ortoklaz)



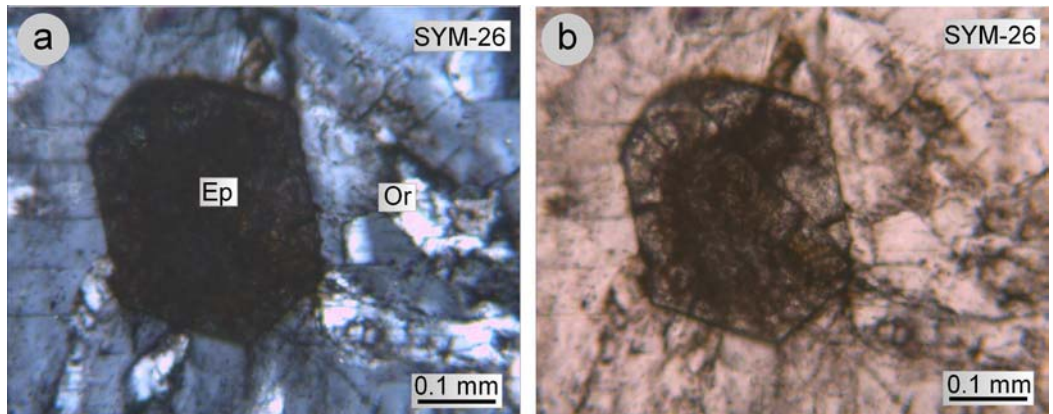
Şekil 5.24 Siyenit örneğinde topaz mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Toz: Topaz, Ap: Apatit, Hbl: Hornblend, Or: Ortoklaz)

Ksenotim mineralleri; özşekilsiz, kahverengimsi, her iki nikolde yaklaşık benzer renkli ve optik engebesi yüksektir (Bkz. Şekil 5.21).

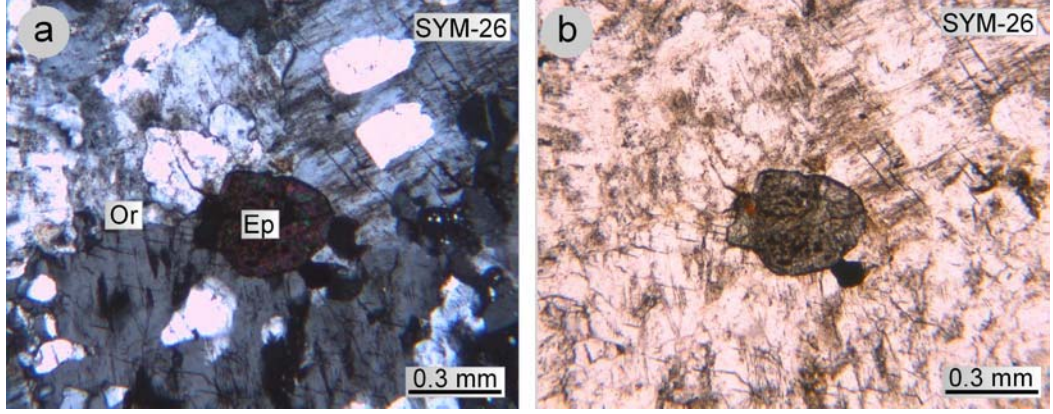
Opak mineraller; özşekilli-yarı özşekilli, her iki nikolde de siyah renkli olan tali bileşenlerdir.

Epidot mineralleri; özşekilsiz, ortoklaz ve plajiyoklaz minerallerinin bozuşması ile oluşmuş, genellikle pistazit (canlı girişim renkli, sarımsı renkli) olmak üzere klinozoyizit (eğik sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz ) ve ender olarak da zoyisit (paralel sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz) türü minerallerdir. Bazı örneklerde özşekilli-yarı özşekilli, tek halkalı zonlu doku, siyah renkli bozuşma (opaklaşma) göstermektedir (Şekil 5.25 ve 5.26).

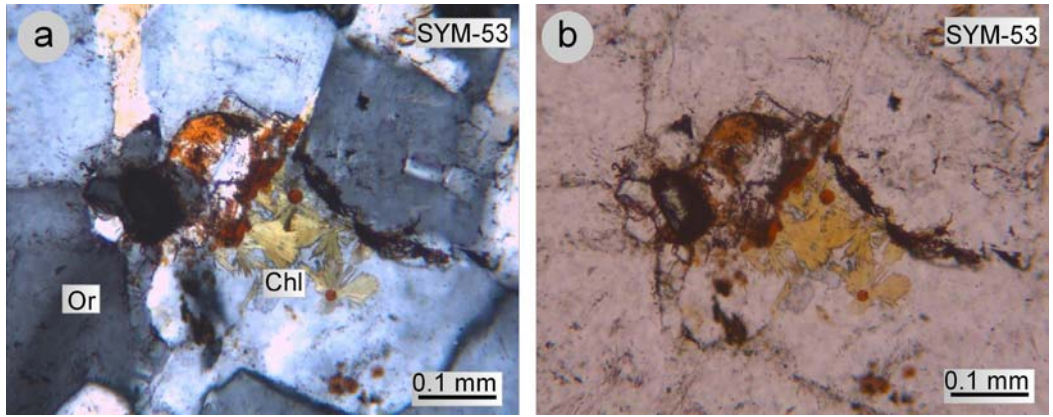
Kloritler; özşekilsiz/levhamsı, biyotitlerden itibaren gelişmiş, yeşil renkli bozuşma ürünü minerallerdir. Gözeneklerde kloritleşme (Şekil 5.27) ve epidotlaşma görülmüştür.



Şekil 5.25 Siyenit örneğinde özşekilli epidot minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Ep: Epidot )



Şekil 5.26 Siyenit örneğinde özşekilsiz epidot minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Ep: Epidot )



Şekil 5.27 Siyenit örneğinde yelpaze biçimli klorit oluşumları, a) çift nikol, b) tek nikol (Chl: Klorit, Or: Ortoklaz)

Kalsit mineralleri; özşekilsiz, optik engebesi düşük, renksiz, polisentetik ikizlenmeli olup, gözenek ve çatlakları doldurmaktadır.

Yukarıda dokusal özellikleri, mineral türleri ve bollukları verilen kayalar Streckeisen'e (1976) göre siyenit olarak adlandırılmıştır.

### 5.1.2 Damar kayaları

Holokristalin-hipidiyomorf taneli dokuya sahip bu kayaların ana bileşenlerini ortoklaz, plajiyoklaz, mikroklin ve kuvars oluşturmaktadır. Fillosilikat (biyotit, muskovit), hornblend, zirkon, granat, titanit, apatit, topaz, ksenotim ve opak mineraller ender olarak bulunmaktadır. Kalsit ise gözenek ve çatlakları doldurmaktadır. Bozuşma ürünleri olarak epidot, klorit ve kil mineralleri görülmektedir. Damar kayalarına ait optik petrografik inceleme sonuçları Çizelge 5.4 de sunulmuştur.

Çizelge 5.4 İnceleme alanındaki damar kayalarından alınan örneklerin optik mikroskopi inceleme sonuçları

Örnek No	Doku	Mineralojik Bileşim	Özellikler	Kayaç Adı
SYM-6	Holokristalin hipidiyomorf taneşel, Kataklastik doku	Or+Pl+Mc+Qtz+Ep+Cal±Ttn±Grt±Zrn±Om	Or: Grafik doku, pertitik doku, killeşme, serizitleşme Pl: Polisentetik ikizlenme Mc: Grafik doku, kafes tipi ikizlenme Qtz: İnce tanelilerde mikro yönelme Ep: Zoyisit-klinozoyisit Cal: Gözenek ve çatlaklarda Zrn: Metamiktizasyon Om: Özşekilli-özşekilsiz -Bir seviyedeki minerallerde kırılma-parçalanma ve ufalanma biçiminde kataklazma	Granit aplit
-7	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Or+Pl+Mc+Qtz±Ttn±Grt±Zrn±Ep±Om	Or: Grafik doku, pertitik doku (ipliksidadamla, Pl kapanımları), killeşme, serizitleşme, Pl: Polisentetik ikizlenme, grafik doku, mirmekitik doku, serizitleşme Ttn: Tali, özşekilli-özşekilsiz Grt: Pirop, özşekilsiz, optik izotrop, kahverengi Zrn: Metamiktizasyon, tali Ep: Yarı özşekilli, yer yer siyah bozunma (opaklaşma) Om: Özşekilli-özşekilsiz	Siyenit aplit
-18	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Or+Pl±Toz±Ttn±Xe±Ep±Chl±Ap±Cal	Or: Karlsbad ikizlenmesi, pertitik doku (yama, çubuk), killeşme, Ap kapanımları, gözeneklerinde epidot mineralleri Pl: Polisentetik ikizlenme, serizitleşme, epidotlaşma Toz: Bol Ttn: Özşekilli-yarı özşekilli, tali Ep: Özşekilsiz, pistazit-klinozoyisit Chl: Gözeneklerde, ender Ap: İğnensi ve c⊥ kesitleri, optik engebesi yüksek, tali Cal: Gözenek ve çatlaklarda	Siyenit aplit
-55	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Or+Pl+Qtz±Hbl±Bt±Ms±Ap±Ttn±Zrn±Om	Or: Karlsbad ikizlenmesi, grafik doku, pertitik doku, killeşme, serizitleşme Pl: Çubuğumsu prizmatik, polisentetik ikizlenme, killeşme, serizitleşme Qtz: Az Hbl: Özşekilsiz, sarı-yeşil Bt: Yarı özşekilli, pulsü sönme, sarımsı kahve-yeşil, kloritleşme Ms: Renksiz, yaprağımsı Ttn: Özşekilli-özşekilsiz, tali Zrn: Metamiktizasyon	Siyenit Aplit

Ap=Apatit, Bt=Biyotit, Cal=Kalsit, Chl=Klorit, Ep=Epidot, Grt=Granat, Hbl=Hornblend, Mc=Mikroclin, Ms=Muskovit, Or=Ortoklaz, Om=Opak mineral, Qtz=Kuvars, Pl=Plajiyoklaz, Toz=Topaz, Ttn=Titanit, Xe=Ksenotim, Zrn=Zirkon



Ortoklaz mineralleri; özşekilsiz, gri girişim renkli, renksiz, optik engebesi düşük, pertitik (yama, damla, çubuk, iplik) doku (Şekil 5.28), grafik doku ve karlsbad ikizlenmesi göstermektedir. Serizitleşme, killeşme ve gözeneklerinde epidot minerali oluşumları bulunmaktadır (Şekil 5.29).

Plajiyoklaz mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, çubuğumsu prizmatik biçiminde, renksiz, optik engebesi düşük, polisentetik ikizlenme ve mirmekitik doku göstermektedir (Şekil 5.30a). Serizitleşme, killeşme ve epidotlaşma türü bozunmalar görülmektedir.

Mikroklin mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, renksiz, optik engebesi düşük, tipik kafes tipi ikizlenme ile grafik doku göstermektedir (Şekil 5.31).

Kuvarslar, özşekilsiz, optik engebesi düşük, renksiz, dalgalı sönme gösteren minerallerdir. Bazı kesitlerde ince taneli kuvarslarda mikro yönlenme göze çarpmaktadır (Bkz. Şekil 5.30b).

Biyotit mineralleri; levhamsı, kırmızımsı-kahve renkli olup, pulsü sönme ve kloritleşme göstermektedir.

Muskovit mineralleri; yaprağımsı ve renksizdir.

Hornblendler; çubuğumsu-prizmatik şekilli, çoğu kesitte yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahverengiden yeşile kadar değişen kuvvetli pleokroyik minerallerdir.

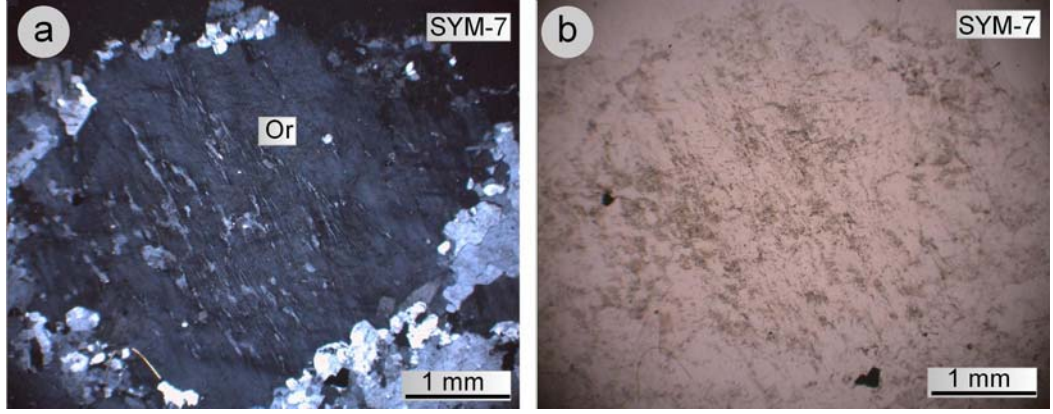
Zirkon mineralleri, özşekilsiz, canlı girişim renkli, renksiz, optik engebesi çok yüksek, mineraller içinde kapanımlar halinde olup, metamiktizasyon göstermektedir.

Granat mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, optik izotrop, kahve renkli olup, optik engebesi yüksektir (Şekil 5.32).

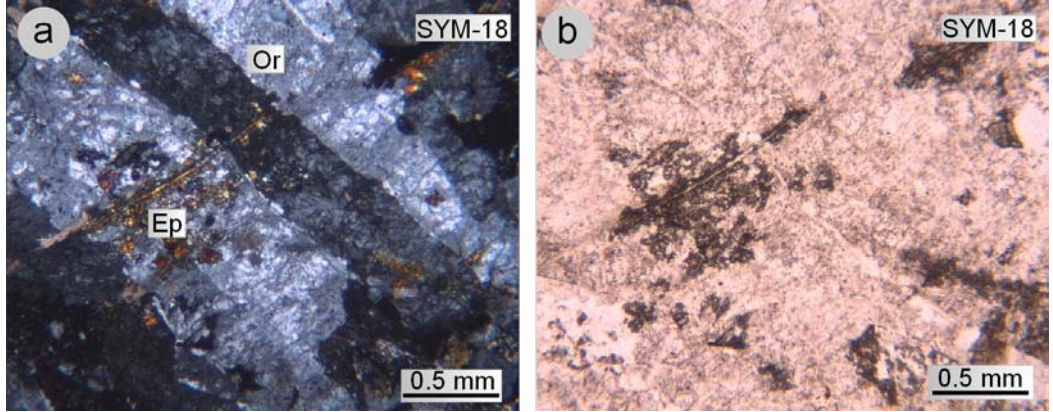
Titanit mineralleri; özşekilli (dörtgen)-özşekilsiz, kahve renkli, her iki nikeldeki renkleri benzer olan, optik engebesi yüksek minerallerdir (Şekil 5.33).

Apatitler; iğnemsî ve altıgen şekilli, gri girişim renkli, renksiz, optik engebesi yüksek minerallerdir.

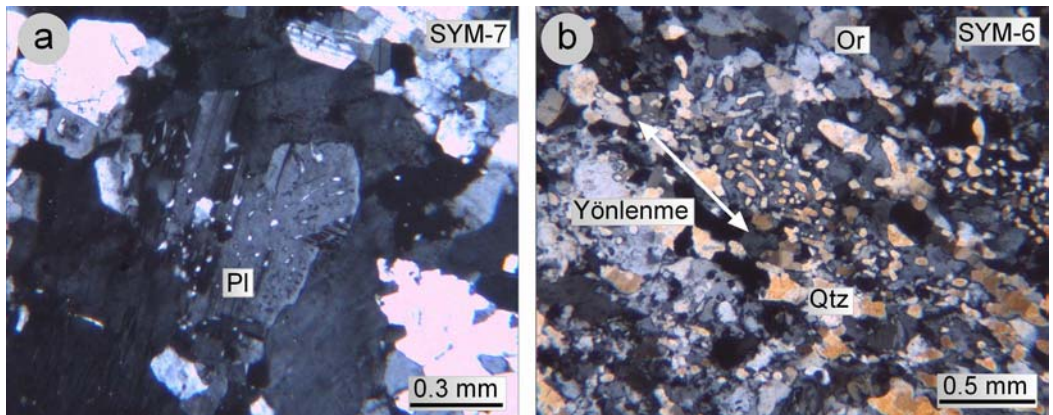
Topaz; çubuğumsu ve altıgen şekiller sunan, gri girişim renkli, optik engebesi yüksek, renksiz minerallerdir.



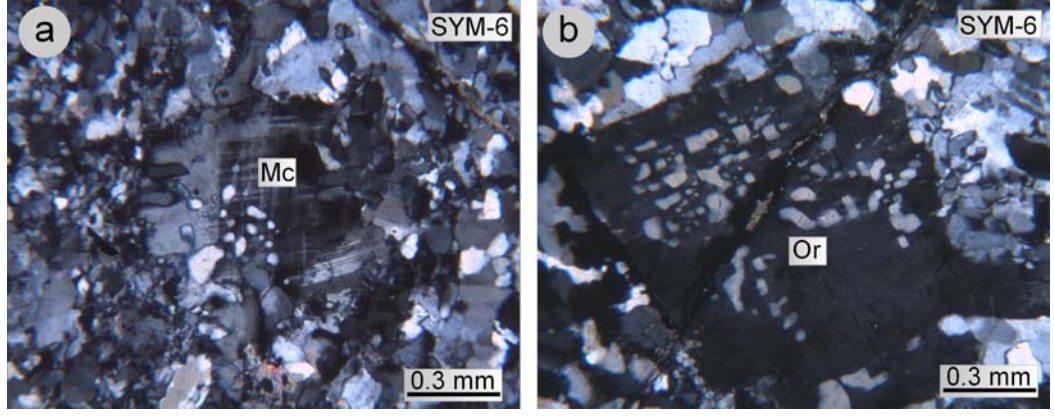
Şekil 5.28 Siyenit apilit örneğinde ortoklaz içinde ipliksi pertitler, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz)



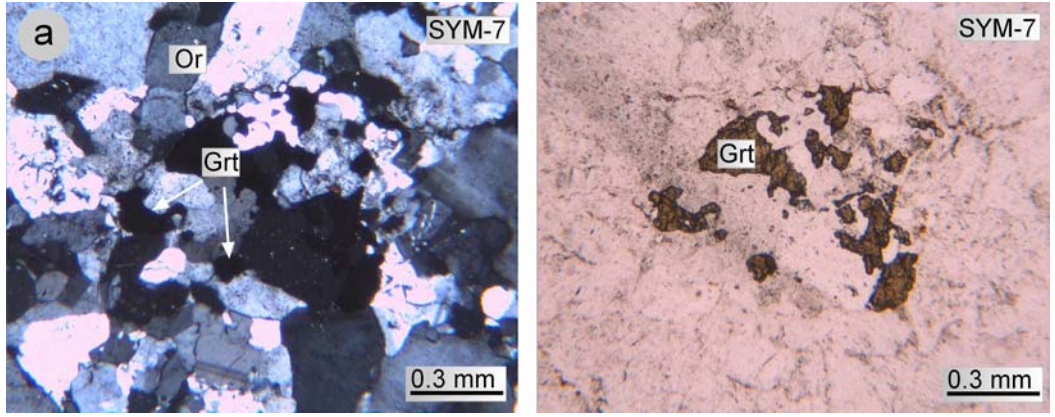
Şekil 5.29 Siyenit apilit örneğinde karlsbad ikizlenmesi ve pertitik dokulu ortoklaz mineralinin gözeneklerinde epidot mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Or: Ortoklaz, Ep: Epidot)



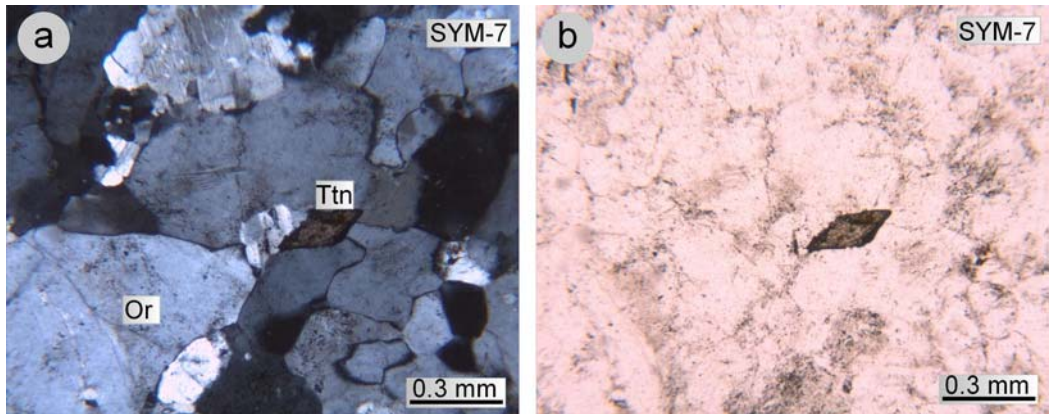
Şekil 5.30 a) Siyenit apilit örneğinde plajiyoklaz mineralinde mirmekitik doku, çift nikol, (Pl: Plajiyoklaz); b) Granit apilit örneğinde (SYM-6) kuvarslarda mikro yönlenme, çift nikol, (Qtz: Kuvars, Or: Ortoklaz)



Şekil 5.31 Granit aplit örneğinde a) Mikroklin mineralinde kafes tipi ikizlenme ve grafik doku oluşumları; b) Ortoklaz minerali içinde grafik doku oluşumu (Mc: Mikroklin, Or: Ortoklaz)



Şekil 5.32 Siyenit aplit örneğinde granat mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Grt: Granat, Or: Ortoklaz)



Şekil 5.33 Siyenit aplit örneğinde ortoklaz içinde özşekilli titanit minerali, a) çift nikol, b) tek nikol (Ttn: Titanit, Or: Ortoklaz)

Opak mineraller; özşekilli-yarı özşekilli ve her iki nikolde de siyah renklidir.

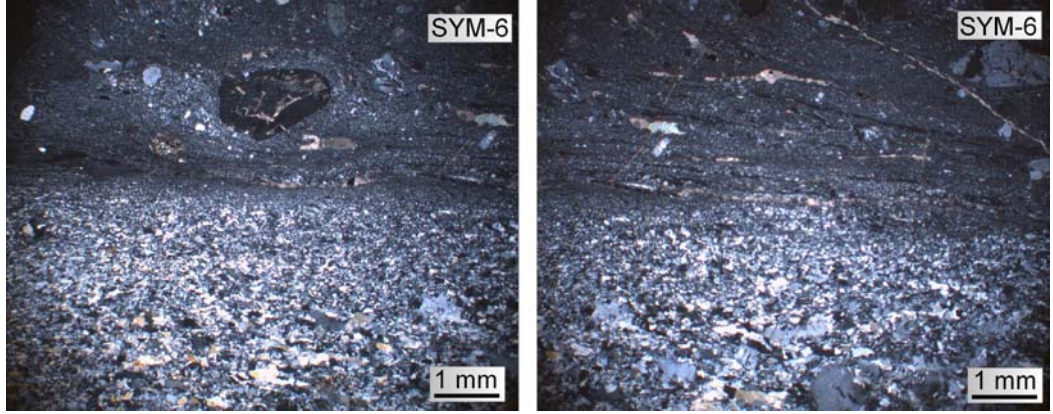
Epidotlar; gözeneklerde bulunan, özşekilsiz, genellikle pistazit (canlı girişim renkli, sarımsı renkli) olmak üzere klinozoyizit (eğik sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz ) türü minerallerdir.

Klorit mineralleri; biyotitlerden itibaren gelişmiş, yeşil renkli bozuşma ürünleridir.

Kalsitler; özşekilsiz, optik engebesi düşük, renksiz, gözenek ve çatlakları dolduran, polisentetik ikizlenme gösteren minerallerdir.

Granit aplit örneğinde (SYM-6) iki farklı seviye görülmektedir. Bu seviyelerden biri normal kayacı (granit aplit), diğeri ise minerallerde parçalanma ve ufalanmaların olduğu kataklastik etkiyi (kataklastik granit aplit) göstermektedir (Şekil 5.34).

Yukarıda dokusal özellikleri, mineral türleri ve bollukları verilen kayalar Streckeisen'e (1976) göre siyenit aplit ve granit aplit olarak adlandırılmıştır.



Şekil 5.34 Granit aplit örneğinde kataklastik etki ile minerallerde kırılma, ufalanma/kataklastik etki (çift nikol)

### 5.1.3 Pirometasomatik kayaçlar

Bu kayaçlara ait optik petrografik inceleme sonuçları Çizelge 5.5 de sunulmuştur. Felsik plütoniklerin sokulum yaptığı kontaklarda ortaya çıkan pirometasomatik kayaçları, holokristalin-hipidiyomorf taneler dokuya sahip granatfels ve epidozit temsil etmektedir.

Granatfelslerin ana bileşenlerini granat ve epidot mineralleri oluşturmaktadır. Plajiyoklaz, kuvars, ksenotim, titanit, hornblend ve opak mineraller ender olarak bulunmaktadır. Bozuşma minerallerini, biyotit ve klorit temsil etmektedir.

Epidozitin ana bileşenlerini; epidot, hornblend ve ortoklaz; tali bileşenlerini plajiyoklaz, mikroklin, klinopiroksen (ojit), titanit; bozuşma ürünlerini klorit mineralleri oluşturmaktadır.

Granat mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, optik izotrop, kahve renkli, optik engebesi yüksek ve bol çatlaklı özellik sunmaktadır (Şekil 5.35). Granat minerallerinde biyotitleşme, kloritleşme ve epidotlaşmalar görülmektedir.

Epidot mineralleri; her iki kayaçta da görülmekle birlikte epidozitin ana bileşeni oluşturmaktadır. Genellikle pistazit (canlı girişim renkli, sarımsı renkli) olmak üzere klinozoyizit (eğik sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz ) ve ender olarak da zoyisit (paralel sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz) türü epidot mineralleri görülmüştür.

Hornblend mineralleri; çubuğumsu-prizmatik şekilli, çoğu kesitte yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahve yeşil renkli ve kuvvetli pleokroyiktir. Epidozitlerde bulunan hornblendler, yaygın olarak epidotlaşma türü bozuşma göstermektedir.

Ortoklaz mineralleri; özşekilsiz, renksiz, optik engebesi düşük olup, pertitik dokulu ve yaygın olarak killeşme göstermektedir.

Plajiyoklazlar; yarı özşekilli, polisentetik ikizlenmeli, optik engebesi düşük ve renksiz minerallerdir.

Kuvars; özşekilsiz, optik engebesi düşük, renksiz ve dalgalı sönme gösteren minerallerdir.

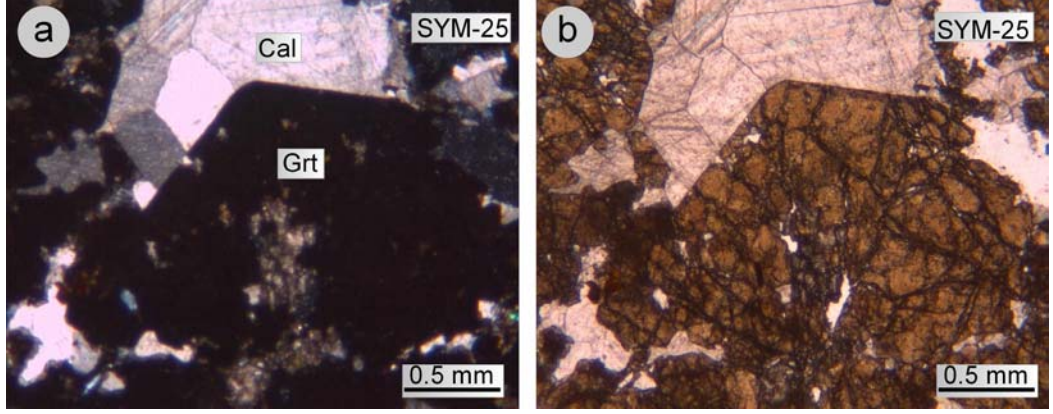
Ojit minerallerinde; yaygın olarak uralitleşme tespit edilmiştir.

Titanit mineralleri, yarı özşekilli-özşekilsiz, her iki nikoldeki renkleri benzer olan, optik engebesi yüksek minerallerdir.

Çizelge 5.5 İnceleme alanındaki pirometasomatik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları

Örnek No	Doku	Mineralojik Bileşim	Özellikler	Kayaç Adı
SYM-25	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Grt+Ep+Xe± Ttn±Pl±Hbl± Arf±Qtz±Cal± Bt±Om	Grt: Özşekilsiz, optik izotrop, kahverengi, uvarovit Ep: Özşekilsiz, pistazit, klinozoyisit Xe: Bol, çatlaklı Ttn: Yarı özşekilli-özşekilli, bol Pl: Polisentetik ikizlenme Hbl+Arf: Az Cal: Gözeneklerde, granatları çevrelemekte Toz: Özşekilli-prizmatik altı köşeli	Epidot-Granatfels
-31	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Grt+Ep+Hbl/ Arf±Cal±Pl±Xe ±Ttn±Chl ±Om	Grt: Optik izotrop, kahverengi, uvarovit, bol çatlaklı, biyotit ve kloritleşmeler, epidotlaşma Cal: Gözenek ve çatlaklarda Ep: Özşekilsiz, pistazit, klinozoyisit, zoyisit Pl: Polisentetik ikizlenme, killeşme, epidotlaşma Xe: Bol çatlaklı Chl: Yeşil, özşekilsiz, yaprağımsı, gözeneklerde	Epidot-Hornblend Granatfels
-54	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Or+Mc+Pl+Ep ±Hbl±Cal±Chl± Ttn±Zrn±Om	Or: Özşekilsiz, pertitik doku, karlsbad ikizlenmesi, killeşme, serizitleşme, ileri derecede bozunmuş Mc: Kafes tipi ikizlenme Chl: Gözeneklerde, ender Ttn: Yarı özşekilli-özşekilsiz, tali Zrn: Metamiktizasyon, tali -Sokulumun sınırında epidotlaşmış metasomatik zon	Epidozit-Siyenit Geçişi
-59	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Ep+Hbl+Or± Mc±Aug±Pl± Cal±Chl±Ttn	Ep: Özşekilsiz, sarımsı pistazit-klinozoyisit Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, sarımsı kahve-yeşil, yaygın epidotlaşma Or: Özşekilsiz, pertitik doku, yaygın killeşme Aug: Yaygın uralitleşme Cal: Gözenek ve çatlaklarda, polisentetik ikizlenme Chl: Yaprığımsı, yeşil, gözeneklerde	Hornblend Epidozit
-61	Holokristalin hipidiyomorf taneşel	Or+Ep±Hbl± Agt/Ag±Pl±Bt± Cal±Chl±Ttn± Zrn±Om	Or: Özşekilsiz, pertitik doku, ileri derecede bozunmuş ( killeşme, serizitleşme) Ep: Özşekilsiz, sarımsı pistazit Hbl: Yarı özşekilli-özşekilsiz, c.l kesiti epidotlaşmış, pleokroyizma yüksek (sarı-yeşil-koyu yeşil) Bt: Özşekilsiz, pulsu sönme, aşırı kloritleşmiş Cal: Gözenek ve çatlaklarda Chl: Gözeneklerde, yeşil Zrn: Metamiktizasyon, tali İki farklı kayacın sınırından alınmış kesit	Epidozit-Siyenit Geçişi

Agt/Ag=Egirinojit/egirin, Arf=Arfvedsonit, Aug=Ojit, Bt=Biyotit, Cal=Kalsit, Chl=Klorit, Ep=Epidot, Grt=Granat, Hbl=Hornblend, Mc=Mikroclin, Or=Ortoklaz, Om=Opak mineral, Qtz=Kuvars, Pl=Plajiyoklaz, Ttn=Titanit, Xe=Ksenotim, Zrn=Zirkon



Şekil 5.35 Epidot-granatfels örneğinde optik izotrop ve yarı özşekilli-özşekilsiz granat mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Grt: Granat, Cal: Kalsit)

Ksenotim mineralleri; yarı özşekilli-özşekilsiz, kahverengimsi ve optik engebese yüksektir (Şekil 5.36).

Biyotit mineralleri; levhamsı, kırmızimsı-kahve renkli, pulsu sönme gösteren minerallerdir.

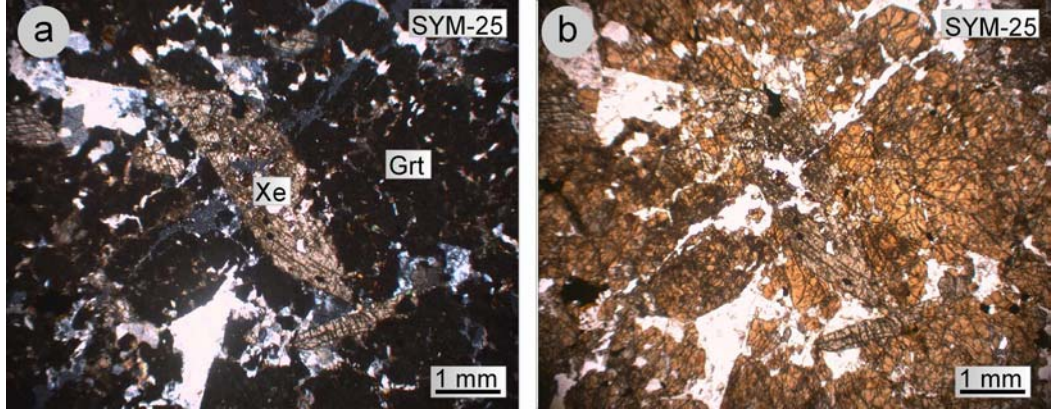
Kalsitler, özşekilsiz, renksiz, optik engebese düşük ve polisentetik ikizlenme gösteren minerallerdir. Pirometasomatik kayaçların gözenek ve çatlaklarını doldurmaktadır.

Opak mineraller özşekilli-yarı özşekilli, siyah renkli tali minerallerdir.

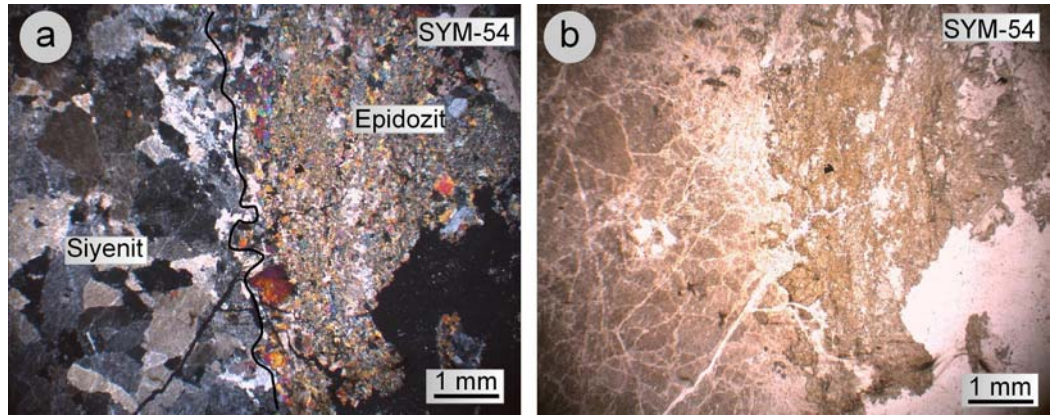
Metamorfik kayaçlarda bozuşma ürünlerinden bir diğeri klorittir. Klorit mineralleri; yaprağımsı-özşekilsiz, yeşil renkli olup, gözeneklerde bulunmaktadır.

Ayrıca, siyenit-epidozit geçişi biçiminde değerlendirilen epidot oluşumlarına da rastlanılmaktadır (Şekil 5.37).

Yukarıda dokusal özellikleri, mineral türleri ve bollukları verilen kayaçlardan, çoğunlukla granatlarla temsil edilenler granatfels; epidotlardan oluşanlar ise epidozit olarak adlandırılmıştır. Epidot içeren granatfelsler adlandırılırken, ilgili mineral ön ek olarak kullanılmıştır. Örneğin; epidot-granatfels gibi.



Şekil 5.36 Epidot-granatfels örneğinde optik izotrop granat ile ksenotim mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Grt: Granat, Xe: Ksenotim)



Şekil 5.37 Siyenit örneğinde siyenit-epidozit sınırı/geçisi a) çift nikol, b) tek nikol

#### 5.1.4 Metamorfik kayalar

Metamorfik kayalar, granoblastik-mozayik doku gösteren mermerler ile temsil edilmektedir. Bu kayaların ana bileşenini kalsit, tali bileşenlerini ise fillosilikat (biyotit, muskovit), kuvars, epidot ve opak mineraller oluşturmaktadır. Metamorfik kayalara ait optik petrografik inceleme sonuçları Çizelge 5.6 da sunulmuştur.

Çizelge 5.6 İnceleme alanındaki metamorfik kayaç örneklerinin optik mikroskopi inceleme sonuçları

Örnek No	Doku	Mineralojik Bileşim	Özellikler	Kayaç Adı
SYM-15	Granoblastik-Mozayik doku	Cal±Bt±Ms±Qtz ±Om	Cal: Polisentetik ikizlenme Bt: Yarı özşekilli, kloritleşme, opaklaşma Ms: Levhamsı, renksiz	Mermer
-52	Granoblastik doku-Mozayik doku	Cal±Bt±Ep±Qtz	Cal: Bol, polisentetik ikizlenme Bt: Yarı özşekilli, pulsu sönme, sarımsı kahve-koyu kahverengi, kloritleşme Ep: Klinozoyisit - Çatlaklarda kuvars	Mermer

Bt=Biyotit, Cal=Kalsit, Ep=Epidot, Ms=Muskovit, Om=Opak mineral, Qtz=Kuvars

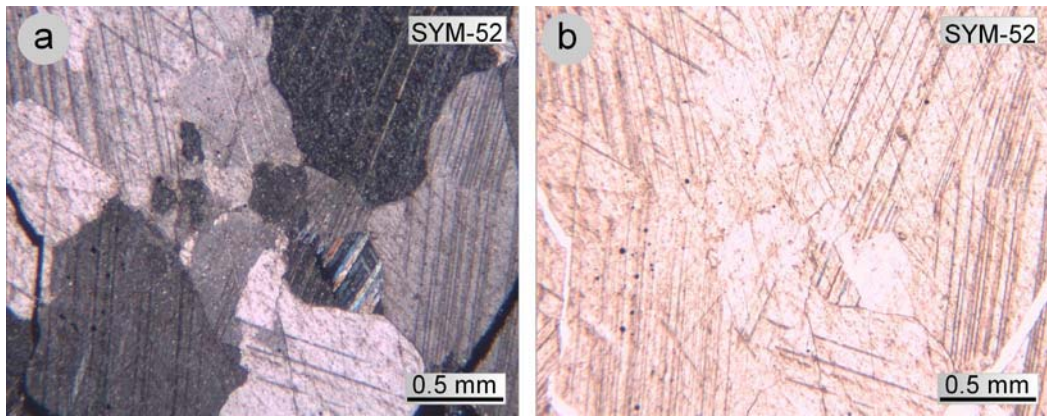


Kalsitler; özşekilsiz, renksiz, polisentetik ikizlenmeli ve optik engebesi düşük minerallerdir (Şekil 5.38).

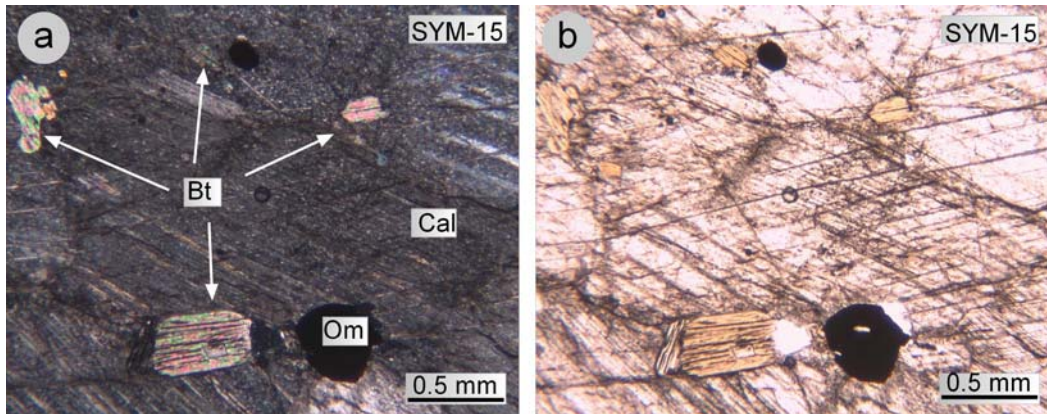
Biyotit/flogopit; levhamsı, canlı girişim renkli, kırmızımsı kahve renkli ve pulsu sönme gösteren minerallerdir (Şekil 5.39). Kloritleşme ve opaklaşma türü bozuşmalar görülmektedir.

Muskovit mineralleri; yaprağımsı, canlı girişim renkli, renksiz ve optik engebesi düşüktür.

Epidotlar; özşekilsiz, eğik sönme, gri-anormal mavi girişim renkli, renksiz klinozoyizit türü ile temsil edilmektedir.



Şekil 5.38 Mermer örneğinde polisentetik ikizlenme gösteren kalsit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol



Şekil 5.39 Mermer örneğinde biyotit/flogopit mineralleri, a) çift nikol, b) tek nikol (Bt: Biyotit, Cal: Kalsit, Om: Opak mineral)

## 5.2 X-ışınları İncelemeleri

### 5.2.1 Plütonik kayalar

#### 5.2.1.1 Ultramafik plütonik kayalar

Bu kayaların X-ışınları kırınımı tüm kayaç ve kil fraksiyonu çözümleme sonuçları Çizelge 5.7 de topluca verilmiştir. Büyük ölçüde hornblenditlerden oluşan bu kayalar; başlıca hornblend/arfvedsonit, piroksen, skapolit, fillosilikat ve kalsit minerallerini içermektedir. Bunlara dört örnekte feldispat, üç örnekte nefelin ve bir örnekte saptanan epidot mineralleri eşlik etmektedir.

Belirlenen minerallerin bazı istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5.8 de sunulmuştur. Ultramafik plütonikleri temsil eden kayalarda hornblend/arfvedsonit tüm örneklerde bulunurken; sırasıyla piroksen, kalsit, skapolit, fillosilikat, feldispat, nefelin ve epidot daha düşük bulunuş frekansına sahiptir. Minerallerin ağırlıklı ortalamaları dikkate alındığında; bollukları hornblend/arfvedsonit, piroksen, fillosilikat, feldispat, skapolit, nefelin, kalsit ve epidot biçiminde sıralanmaktadır.

Hornblendit olarak tanımlanan kayaç örneğinde XRD-TK çekiminde hornblend mineralinin yanı sıra piroksen, skapolit ve kalsit mineralleri de tanımlanmıştır (Şekil 5.40). Hornblend ve skapolit minerallerinin (110) yüzeylerine ait birleşik pik 8.37 Å da şiddetli bir pik sunmaktadır. Ayrıca skapolit mineralinin 3.09 Å da (400) yüzeyine ait piki tipiktir. Piroksen minerali, (22 $\bar{1}$ ) ve (310) yüzeylerine ait sırasıyla 2.99 Å ve 2.95 Å da yer alan pikler yardımıyla ayırt edilmiştir.

Diğer bir hornblendit kayaç örneğinde ise, hornblend mineraline epidot eşlik etmektedir (Şekil 5.41). Epidot minerali (11 $\bar{3}$ ) ve (31 $\bar{1}$ ) yüzeylerine ait sırasıyla 2.91 Å ve 2.61 Å pikleri yardımıyla saptanmıştır.

Fillosilikat mineralleri istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5.9 da gösterilmektedir. Smektit kil fraksiyonu yapılan tüm örneklerde bulunurken; C-S, klorit ve P-V/I-V diğer kil minerallerini temsil etmektedir. Minerallerin ağırlıklı ortalamaları smektit, C-S, klorit ve P-V/I-V biçiminde azalmaktadır.

XRD-KF diyagramında I-V mineralinin (002) yüzeyine ait normal ve glikollü piki 12.34 Å da gözlenirken, fırınlı çekimine ait pik ise smektitin (001) yüzeyinin de yer aldığı 10.02 Å da birlikte ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.42).

Çizelge 5.7 Ultramafik plütonik kayaların XRD-TK ve KF çözümlene sonuçları (%)

Örnek No/ Mineral	XRD-TK								XRD-KF				Kayaç
	Cal	Fel	Phs	Hbl/ Arf	Px	Scp	Ne	Ep	Sm	Chl	C-S	I-V	
SYM-3				95	5								Klinopiroksen Hornblendit
-4	6			60	24	10							Skapolitli Klinopiroksen Hornblendit
-8				16	43	8	33						(Skapolitli Nefelinli) Klinopiroksen Hornblendit
-10	6	7		57	14	16			100				(Skapolitli) Plajiyoklazlı Klinopiroksen Hornblendit
-17				35	25	20	20						(Nefelinli Skapolitli) Klinopiroksen Hornblendit
-23	8		20	47				25	100				Hornblendit
-24	7	32	18	31	12				100				(Plajiyoklazlı) Klinopiroksen Hornblendit
-28				100									Hornblendit
-29	16			39	26	19							(Skapolitli) Klinopiroksen Hornblendit
-30			35	65					24	30	46		Hornblendit
-32				78		22							(Skapolitli)Hornblendit
-35	6		32	5	41		16		89			11	Klinopiroksenit
-49	12	35		43	10								(Plajiyoklazlı) Klinopiroksen Hornblendit
-58			39	61					100				Hornblendit
-63	2	61		3	4	30							Siyenit Aplit-Hornblendit Geçişi

Cal=Kalsit, Fel=Feldispat, Phs=Fillosilikat, Hbl/Arf =Hornblend/ Arfvedsonit, Px=Piroksen, Scp=Skapolit, Ne=Nefelin, Ep=Epidot, Sm=Smektit, Chl=Klorit, C-S=Klorit-Smektit, I-V=İllit-Vermikülit

Çizelge 5.8 Ultramafik plütonik kayaları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

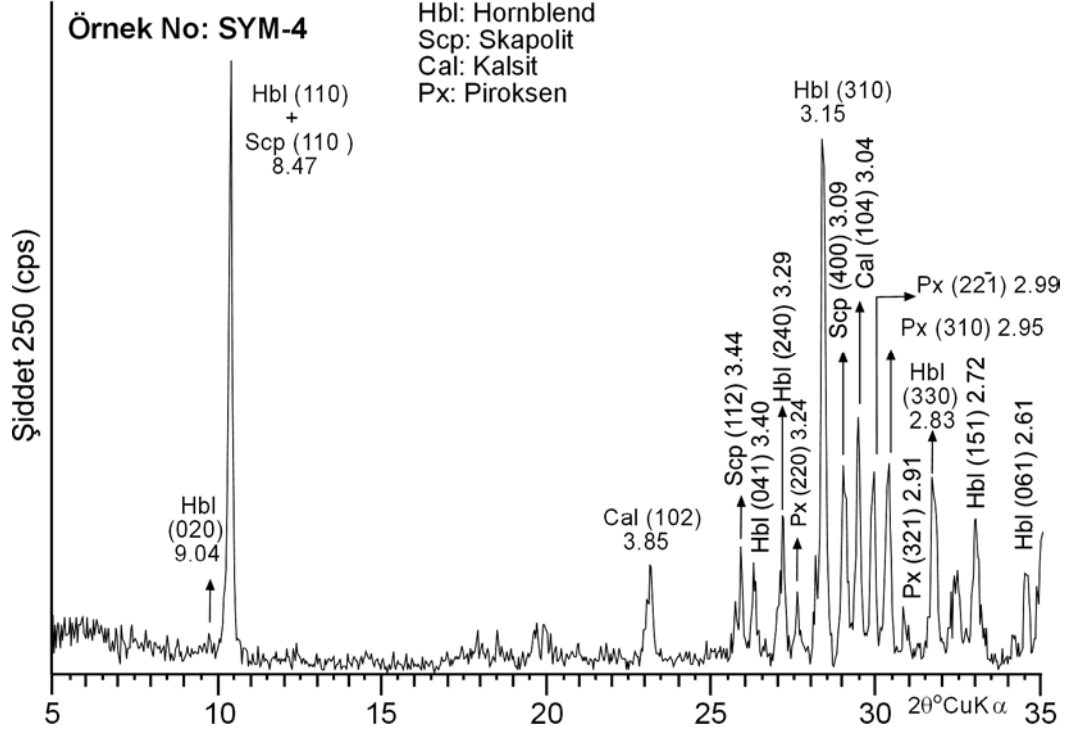
Mineral	Bulunış Frekansı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Kalsit	53	2	16	8	4
Feldispat	27	7	61	34	9
Fillosilikat	33	18	39	29	10
Hornblend/Arfvedsonit	100	3	100	49	49
Piroksen	67	4	43	20	14
Skapolit	47	8	30	18	8
Nefelin	20	16	33	23	5
Epidot	7	25	25	25	2
TOPLAM					100

\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunış frekansı x Aritmetik ortalaması)/100

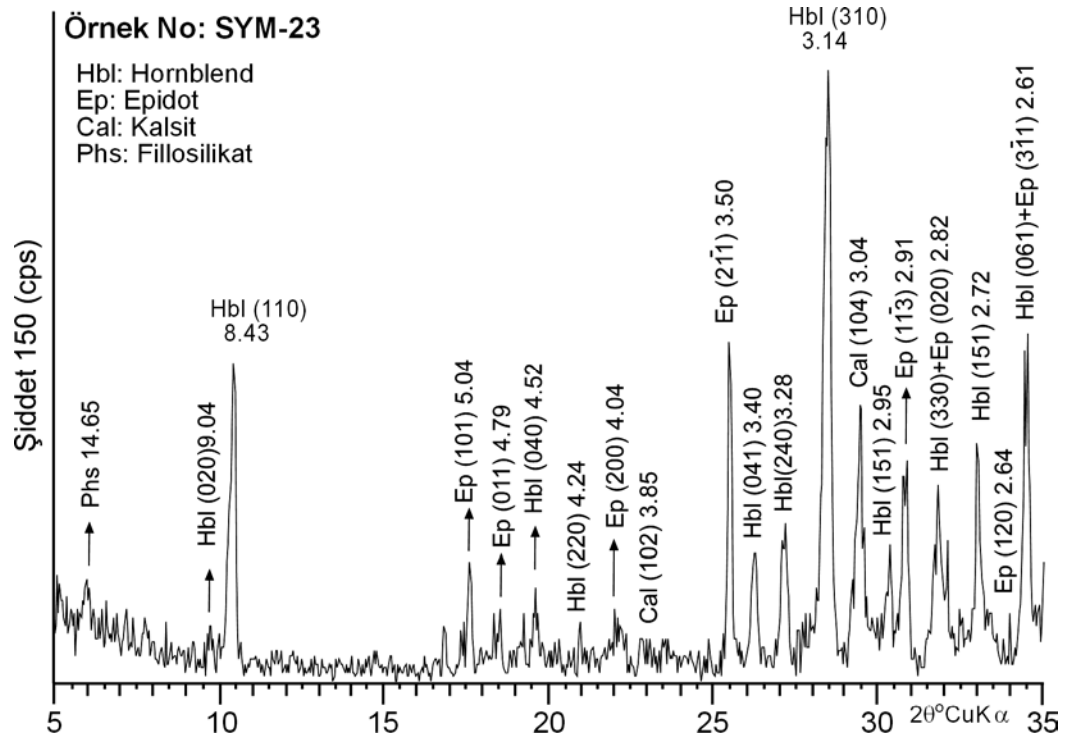
Çizelge 5.9 Ultramafik plütonik kayalardaki fillosilikat minerallerinin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

Mineral	Bulunış Frekansı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Smektit	100	24	100	86	86
Klorit	67	30	30	8	5
C-S	83	46	46	9	8
I-V	17	11	11	11	2
TOPLAM					100

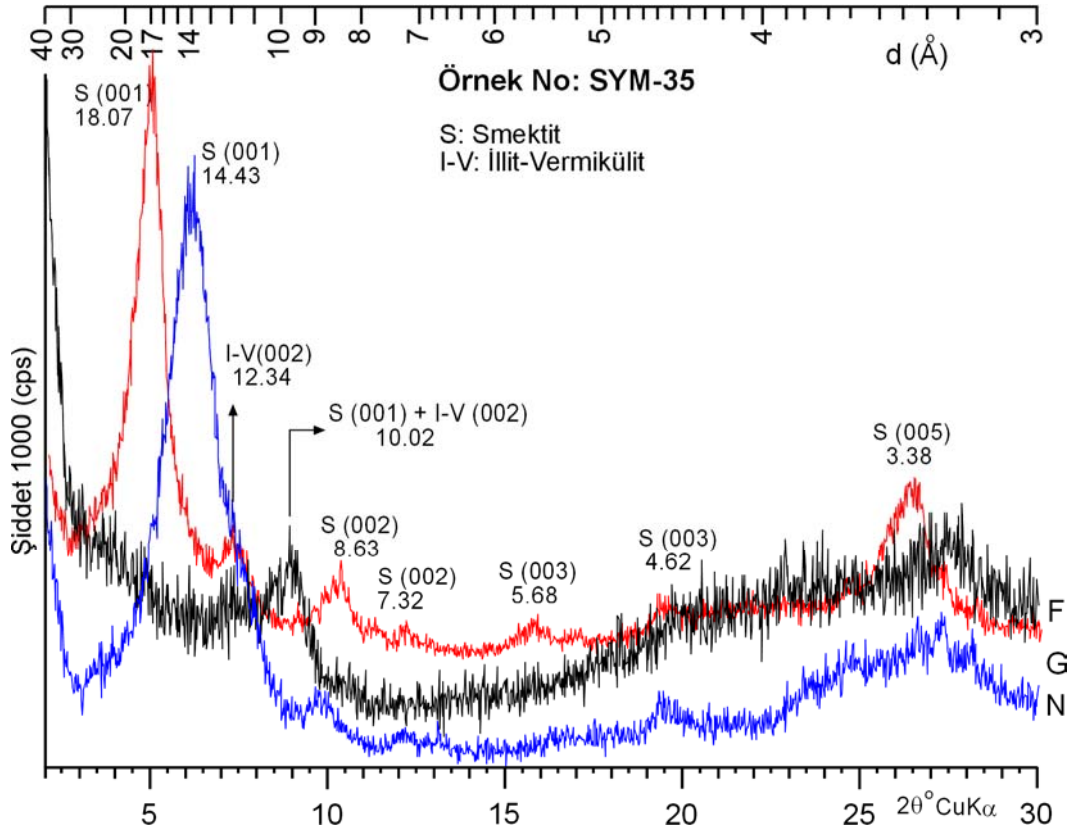
\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunış frekansı x Aritmetik ortalaması)/100



Şekil 5.40 Ultramafik plütonik kayalardan alınan hornblendit örneğinde belirlenen minerallerin XRD-TK difraktogramı



Şekil 5.41 Ultramafik plütonik kayalardan alınan hornblendit örneğinde belirlenen minerallerin XRD-TK difraktogramı



Şekil 5.42 Ultramafik plütonik kayalardan alınan örneğinde belirlenen smektit ve karışık tabakalı I-V minerallerinin XRD-KF difraktogramı

### 5.2.1.2 Mafik plütonik kayalar

Bu kayaların X-ışınları kırınımı tüm kayaç ve kil fraksiyonu çözümleme sonuçları Çizelge 5.10 da verilmiştir. Büyük ölçüde gabro, diyorit, monzogabro, monzonit ve monzodiyoritlerden oluşan bu kayalar başlıca hornblend, piroksen, skapolit ve feldispat mineralleri içermektedir.

Belirlenen minerallerin bazı istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5.11 de sunulmuştur. Buna göre mafik plütoniklerdeki mineraller bulunuş frekansına göre feldispat, hornblend/arfvedsonit tüm kayaç örneklerinde gözlenmekte olup; piroksen, skapolit, kalsit, fillosilikat, epidot ve nefelin daha düşük frekansa sahip minerallerdir. Ağırlıklı ortalamalarına göre; mineraller piroksen, feldispat, skapolit, hornblend/arfvedsonit, fillosilikat, kalsit, epidot ve nefelin biçiminde dizilmektedir.

Fillosilikat mineralleri istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5.12 de gösterilmektedir. İki örnekte yapılan kil fraksiyonuna göre, bulunuş frekansları ve ağırlıklı ortalamaları smektit, klorit ve I-S mineralleri biçiminde dağılım sergilemektedir.

Çizelge 5.10 Mafik plütonik kayaların XRD-TK ve KF çözümü sonuçları (%)

Örnek No/ Mineral	XRD-TK							XRD-KF			Kayaç	
	Cal	Fel	Phs	Hbl/ Arf	Px	Scp	Ne	Ep	Sm	Chl		I-S
SYM-5	5	10		5	35	25		20				(Skapolitli) Hornblend Gabro
-9		20		35	20	25						(Skapolitli) Klinopiroksen Diyorit
-11	5	10		10	35	20	20					(Nefelinli Skapolitli) Hornblend Gabro
-19	6	7		6	27	54						(Skapolitli) Klinopiroksen Monzodiyorit
-20	10	10		10	40	30						(Skapolitli) Hornblend Gabro
-21	8	57		2	18	15						(Skapolitli) Hornblend Monzogabro
-27	11	8		15	35	32						(Skapolitli) Klinopiroksen Diyorit
-51		34	45	17	4				100			Klinopiroksen Monzodiyorit
-56	7	67		26								Hornblend Monzonit
-57		10		6	53	31						(Skapolitli) Hornblend Klinopiroksen Monzonit
-60		7		35	19	39						(Skapolitli) Klinopiroksen Diyorit
-62	3	34	19	8	19			17	18	42	40	Hornblend Klinopiroksen Monzonit

Cal=Kalsit, Fel=Feldispat, Phs=Fillosilikat, Hbl/Arf=Hornblend/Arfvedsonit, Px=Piroksen, Scp=Skapolit, Ne=Nefelin, Ep=Epidot, Sm=Smektit, Chl=Klorit, I-S=İllit-Smektit

Çizelge 5.11 Mafik plütonik kayaları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

Mineral	Bulunış Frekansı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Kalsit	67	3	11	7	5
Feldispat	100	7	67	23	23
Fillosilikat	17	19	45	32	5
Hornblend/Arfvedsonit	100	5	35	15	15
Piroksen	92	4	53	28	25
Skapolit	75	15	54	30	23
Nefelin	8	20	20	20	2
Epidot	17	17	20	19	3
TOPLAM					100

\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunış frekansı x Aritmetik ortalaması)/100, E=Eser (<%1).

Çizelge 5.12 Mafik plütonik kayalardaki fillosilikat minerallerinin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

Mineral	Bulunış Frekansı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Smektit	100	18	100	59	59
Klorit	50	42	42	42	21
I-S	50	40	40	40	20
TOPLAM					100

\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunış frekansı x Aritmetik ortalaması)/100

### 5.2.1.3 Felsik plütonik kayalar

Bunların X-ışınları kırınımı tüm kayac ve kil fraksiyonu çözümlene sonuçları Çizelge 5.13 de sunulmuştur. Bu kayalar başlıca feldispat mineralleri içermektedir.

Belirlenen minerallerin bazı istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5.14 de sunulmuştur. Bulunuş frekansına göre feldispat mineralleri tüm kayac örneklerinde ortaya çıkmakta olup; hornblend/arfvedsonit, kalsit, piroksen, fillosilikat ve kuvars düşük frekansa sahip minerallerdir. Feldispat en yüksek ağırlıklı ortalama değerine sahip olmakla birlikte; kalsit, fillosilikat, piroksen ve hornblend/arfvedsonit mineralleri düşük ortalamaya sahiptir. Ayrıca kuvars bu kayalarda ender gözlenen mineral türünü temsil etmektedir.

Sadece bir örnekte yapılabilen kil fraksiyonu incelemesinde smektit minerali saptanmıştır.

Çizelge 5.13 Felsik plütonik kayaların XRD-TK ve KF çözümlene sonuçları (%)

Örnek No/ Mineral	XRD-TK						XRD -KF	Kayac
	Cal	Qtz	Fel	Phs	Hbl/ Arf	Px	Sm	
SYM-12	2		96		2			Siyenit
-13	23		60	10	7		100	Siyenit
-14	2	3	90		5			Siyenit
-16			100					Siyenit
-26			100					Siyenit
-36			100					Siyenit
-38			94			6		Siyenit
-46			100					Siyenit
-50			100					Siyenit
-53			100					Siyenit

Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Fel=Feldispat, Phs=Fillosilikat, Hbl/Arf =Hornblend/ Arfvedsonit, Px=Piroksen, Sm=Smektit

Çizelge 5.14 Felsik plütonik kayaları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

Mineral	Bulunuş Frekans	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Kalsit	30	2	23	9	3
Kuvars	10	3	3	3	<1
Feldispat	100	79	100	94	94
Fillosilikat	10	10	10	10	1
Hornblend/Arfvedsonit	30	2	7	5	1
Piroksen	10	6	6	6	1
<b>TOPLAM</b>					<b>100</b>

\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunuş frekansı x Aritmetik ortalaması)/100, E=Eser (<1%).

### 5.2.2 Damar kayaçları

Damar kayaçlarının X-ışınları kırınımı tüm kayaç çözümü sonuçları Çizelge 5.15 de verilmiştir. Bu kayaçlar büyük ölçüde feldispatlardan oluşmaktadır. Ayrıca bir damar kayacından alınan örnekte mikroskopik incelemeler sonucu çok az granat mineralleri de saptanmıştır.

Belirlenen minerallerin bazı istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5.16 da sunulmuştur. Feldispat tüm kayaç örneklerinde bulunmakla birlikte, kalsit ve kuvars daha düşük frekansa sahiptir. Ağırlıklı ortalama değerleri feldispat, kuvars ve kalsit biçiminde sıralanmaktadır.

Feldispat minerallerine ait pikler, ideal feldispat türlerine göre hesaplanan X-ışınları kırınımı standartları (Calculated Powder X-ray Diffraction Standards-CPDS; <http://database.iem.ac.ru/mincryst>) ile denştirilmiştir. Elde edilen verilere göre; felsik bileşimli kayaçlarda (SYM-16 ve SYM-26) plajiyoklaz ve mikroklin; damar kayaçlarında (SYM-7) ise çoğunlukla plajiyoklaz türü feldispatların bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 5.43).

Çizelge 5.15 Damar kayaçlarının XRD-TK çözümü sonuçları (%)

Örnek/ Mineral	XRD-TK			Kayaç
	Cal	Qtz	Fel	
SYM-6	3	31	66	Granit apilit
-7		2	98	Siyenit apilit
-18	8		92	Siyenit apilit
-55		3	97	Siyenit Aplit

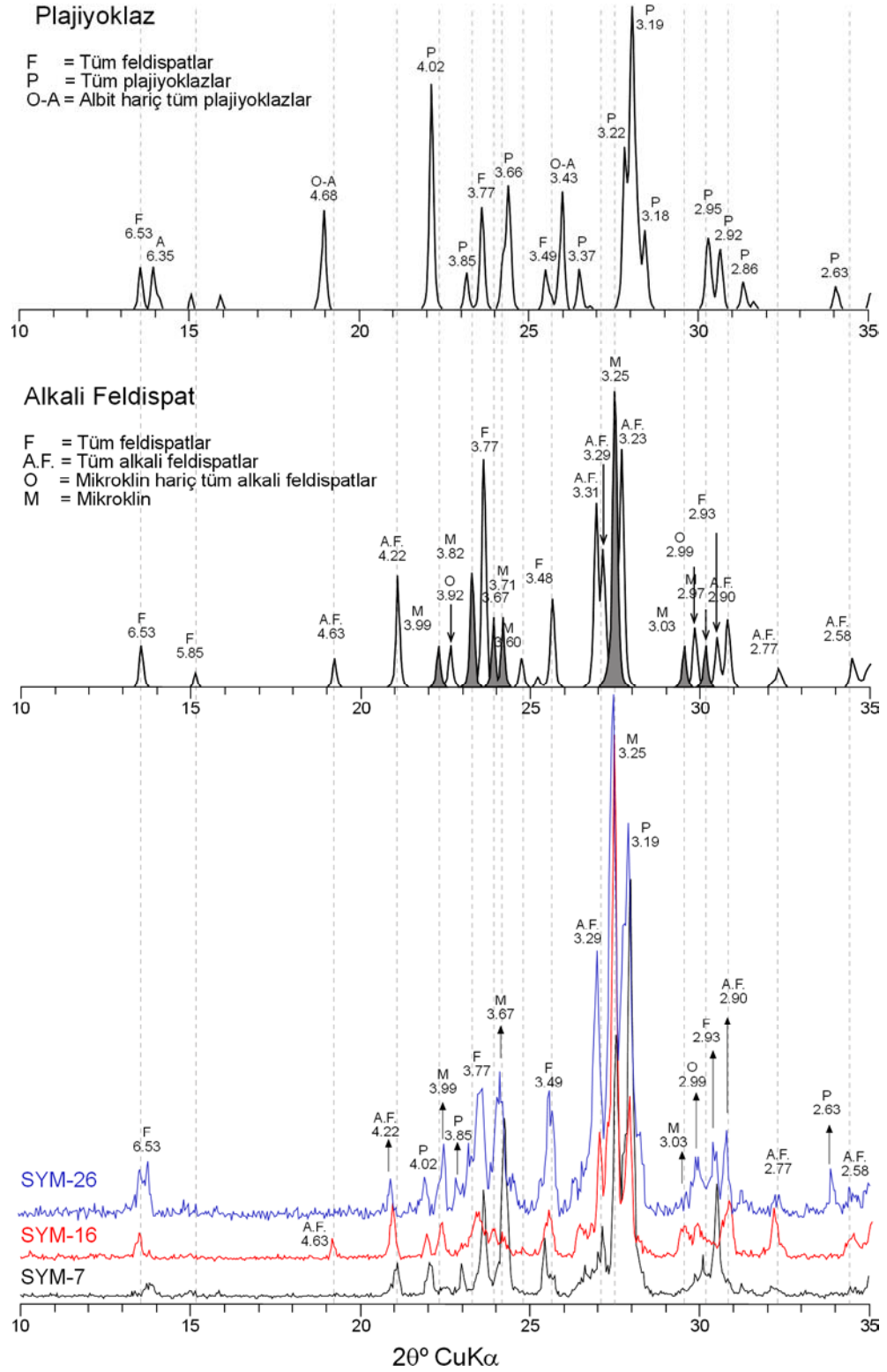
Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Fel=Feldispat

Çizelge 5.16 Damar kayaçlarını oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

Mineral	Bulunış Frekans	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Kalsit	50	3	8	6	3
Kuvars	75	2	31	12	9
Feldispat	100	66	98	88	88
TOPLAM					100

\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunış frekansı x Aritmetik ortalaması)/100





Şekil 5.43 İnceleme alanında saptanan feldispat piklerinin alkali feldispat ve plajiyoklaza ait hesaplanmış desener ile karşılaştırılmaları (feldispat türlerine göre piklerin simgelenmesi Chen, 1977'de düzenlenmiştir)

### 5.2.3 Pirometasomatik kayalar

Bu kayaların X-ışınları kırınımı tüm kayaç ve kil fraksiyonu çözümlene sonuçları Çizelge 5.17 de birlikte verilmiştir. Bu kayalar büyük ölçüde epidot ve granatlardan oluşmaktadır.

Belirlenen minerallerin bazı istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5.18 de sunulmuştur. Buna göre, fillosilikat ve skapolit yüksek frekansa sahip mineralleri temsil ederken; kalsit, horblend, piroksen, epidot, feldispat ve granat düşük frekansa sahiptir. Granat mineralleri en yüksek aritmetik ortalama göstermektedir.

Fillosilikat minerallerini flogopit, smektit, I-V/P-V ve S-V oluşturmaktadır (Çizelge 5.19). Fillosilikat minerallerinin istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre; flogopit en yüksek frekansa sahip mineral türüdür. Sırasıyla I-V/P-V, smektit ve karışık tabakalı S-V düşük frekansa sahip mineralleri temsil etmektedir. Flogopit en yüksek ortalama sahip fillosilikat mineralidir.

Ultramafik plütonik kayalarda (SYM-40) belirlenen flogopit mineralinin XRD-TK difraktogramında flogopit minerali (001) ve (003) yüzeylerine ait pikler sırasıyla 10.08 Å ve 3.36 Å da ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.44).

Hornblendit olarak tanımlanan kayalarda (SYM-44-Beyaz) belirlenen skapolit mineralinin XRD-TK difraktogramı Şekil 5.45 de verilmiştir. Skapolit minerali (112) yüzeyi 3.47 Å da, (310) yüzeyi ise 3.83 Å da yer almakta olup, bu pikler yardımıyla ayırt edilmiştir.

Granat minerallerine ait X-ışınları kırınımı diyagramı Şekil 5.46 da sunulmaktadır. Mineral (400) yüzeyi 3.05 Å ve 2.96 Å da ortaya çıkmakta olup, (420) yüzeyi epidotun (021) yüzeyi ile birleşik bir pik sunmaktadır.

Diğer bir granat örneğinde (SYM-37 siyah); kimyasal çözümlene sonuçlarına göre grossular olarak tanımlanan minerale ait XRD deseni Şekil 5.47 de gösterilmektedir.

Fillosilikatlardan saf flogopitte d(001) ve d(003) pikleri şiddetli, d(002) piki ise oldukça düşük şiddete sahiptir (Şekil 5.48). P-V normal çekimde 10.98 Å; S-V glikollü çekimde 14.52 Å da pik vermektedir (Şekil 5.49). Bir başka örnekte ise Phl-P-V-S-V geçişleri izlenebilmektedir (Şekil 5.50).

Çizelge 5.17 Pirometasomatik kayaların XRD-TK ve KF çözümü sonuçları (%)

Örnek No	XRD-TK								XRD-KF				Kayaç/Mineral
	Cal	Fel	Phs	Hbl/Arf	Px	Grt	Scp	Ep	Sm	Phl	I-V/P-V	S-V	
SYM-1			100							100			Flogopit
-2			100							100			Flogopit
-25						90		10					Epidot-Granatfels
-31				19		71		10					Epidot-Hornblend Granatfels
-37 Siyah						100							Granat
-37 Beyaz		97			3								Feldispat
-39 Siyah		30		50			20						Bozuşmuş Hornblendit
-39 Beyaz	6						94						Skapolit
-40			100							90	10		Flogopit
-41 Beyaz	24						76						Skapolit
-41 Siyah				100									Hornblend
-42	32		49		19				26	35	39		Bozuşmuş piroksenit
-43 Beyaz	38						62		75		25		Skapolit
-43 Yeşil					76		24						Bozuşmuş piroksenit
-44 Sarı			82		9		9						Bozuşmuş piroksenit
-44 Beyaz							100						Skapolit
-45-B	6		59		21		14						Bozuşmuş piroksenit
-45-A							100						Skapolit
-47 Beyaz	14		18				68						Skapolit
-47 Siyah			30	30	40								Hornblend Klinopiroksenit
-54		85		5				10					Epidozit-Siyenit Geçışı
-59	10	21	15	16	12			26					Hornblend Epidozit
-61	13	45	14	9				19					Epidozit-Siyenit Geçışı

Cal=Kalsit, Fel=Feldispat, Phs=Fillosilikat, Hbl/Arf =Hornblend/ Arfvedsonit, Px=Piroksen, Grt=Granat, Scp=Skapolit, Ep=Epidot, Sm=Smektit, Phl=Flogopit, I-V/P-V=İllit-vermikülit/Flogopit-Vermikülit, S-V=Smektit-Vermikülit

Çizelge 5.18 Pirometasomatik kayaları oluşturan minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

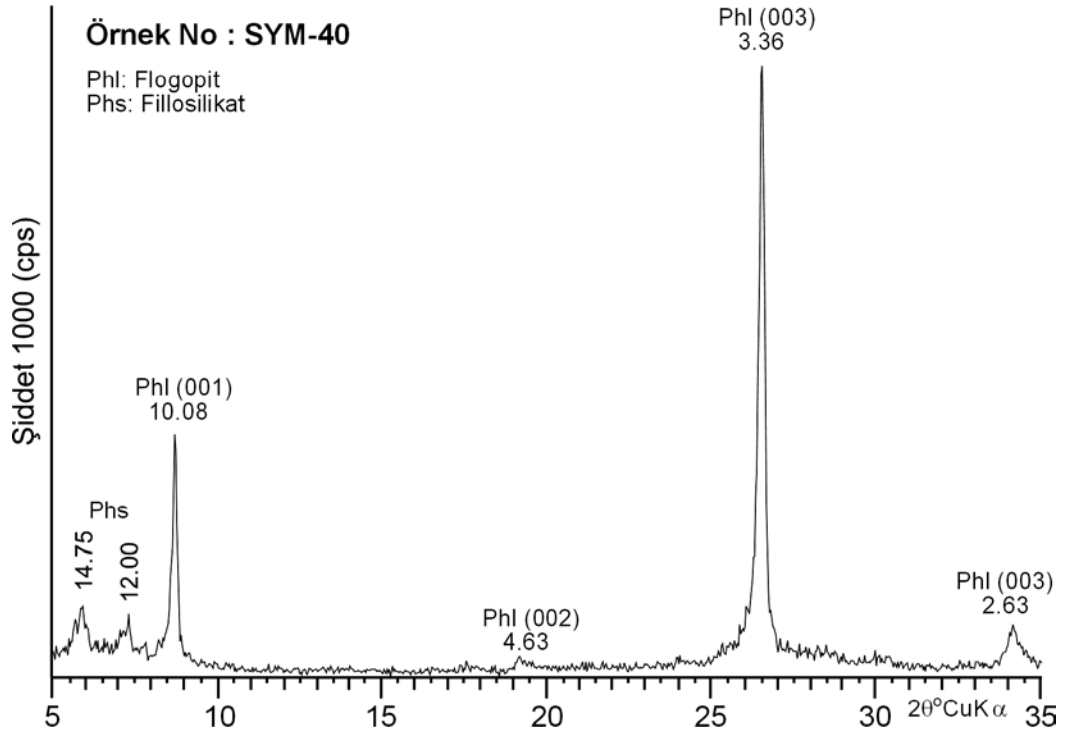
Mineral	Bulunuş Frekansı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Kalsit	35	6	38	18	6
Feldispat	22	21	97	56	12
Fillosilikat	48	14	100	52	25
Hornblend/Arfvedsonit	30	5	100	33	10
Piroksen	30	3	76	26	8
Skapolit	43	9	100	57	25
Granat	13	71	100	87	11
Epidot	22	6	26	15	3
TOPLAM					100

\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunuş frekansı x Aritmetik ortalaması)/100, E=Eser (<%1).

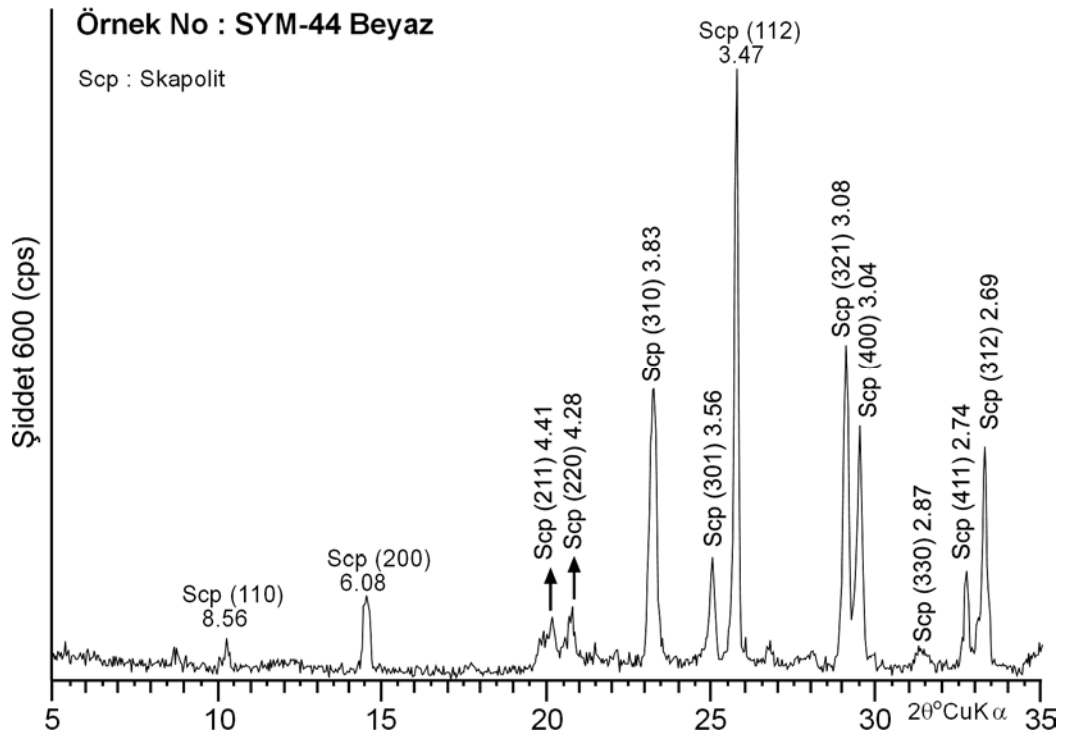
Çizelge 5.19 Pirometasomatik kayalardaki fillosilikat minerallerinin istatistiksel değerlendirilmesi (%)

Kil minerali	Bulunuş Frekansı	En Az	En Çok	Aritmetik Ortalama	Ağırlıklı Ortalama*
Smektit	40	26	75	51	20
Flogopit	80	35	100	59	47
I-V/P-V	60	25	90	51	31
S-V	20	10	10	10	2
TOPLAM					100

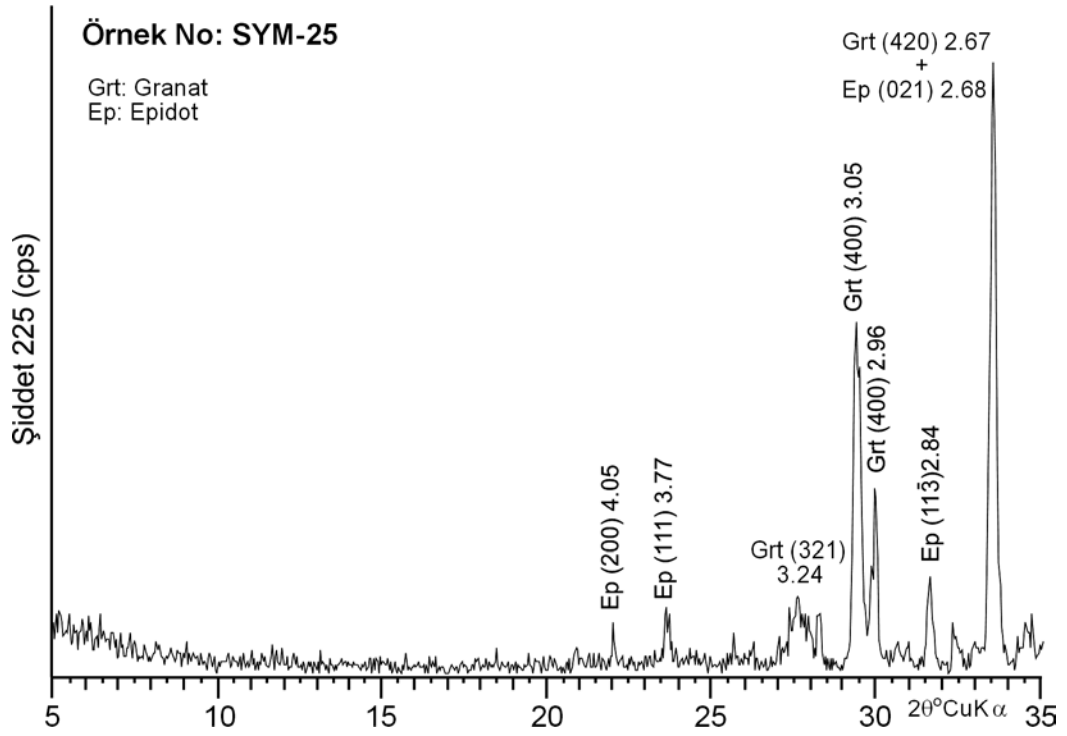
\*Ağırlıklı ortalama (%)=(Mineralin Bulunuş frekansı x Aritmetik ortalaması)/100, E=Eser (<%1)



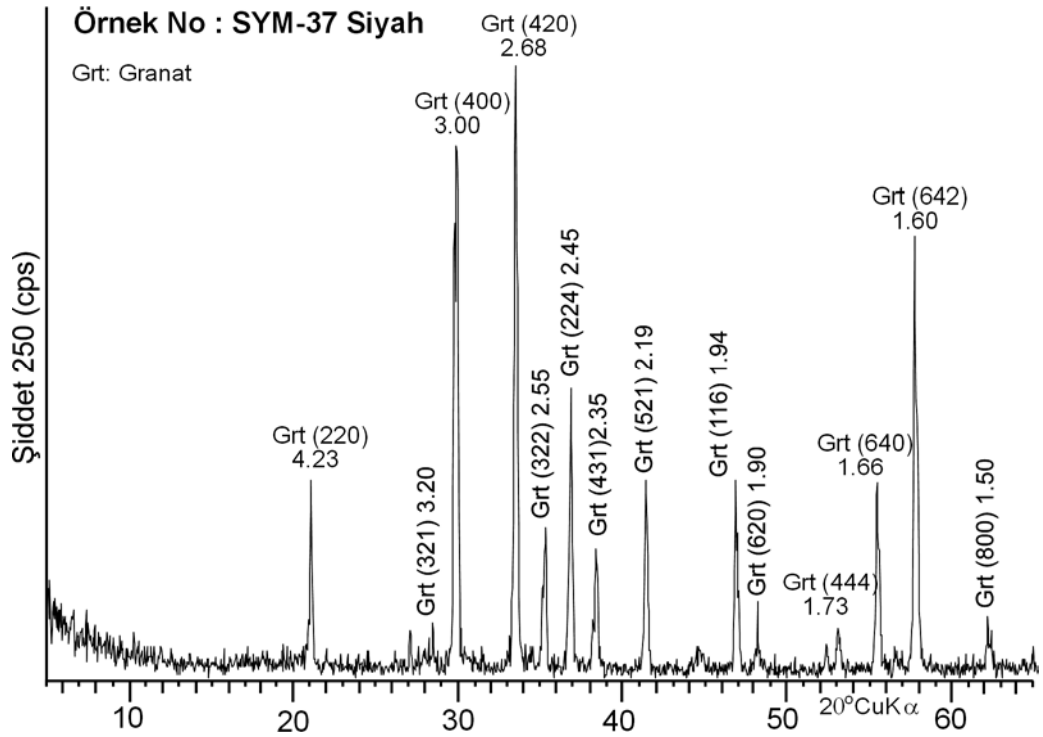
Şekil 5.44 Ultramafik plütonik kayalardan alınan flogopit mineral örneğine ait XRD-TK difraktogramı



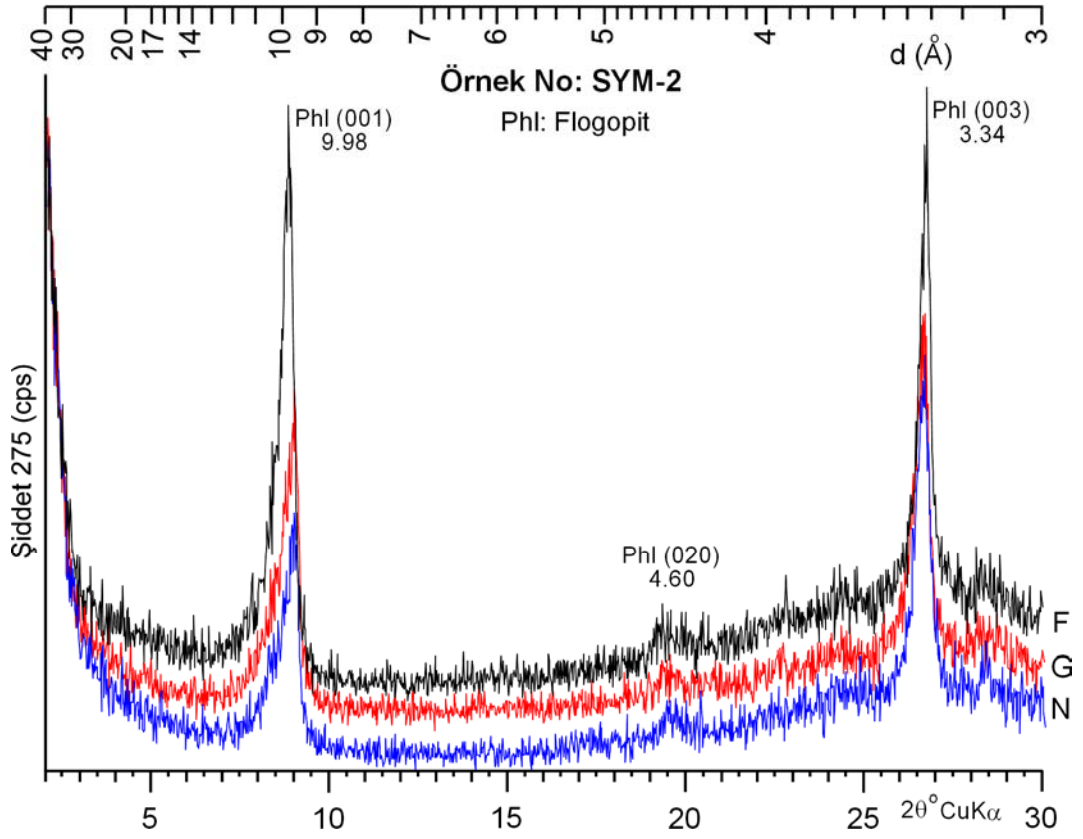
Şekil 5.45 Ultramafik plütonik kayalardan alınan hornblendit örneğinde belirlenen skapolit mineralinin XRD-TK difraktogramı



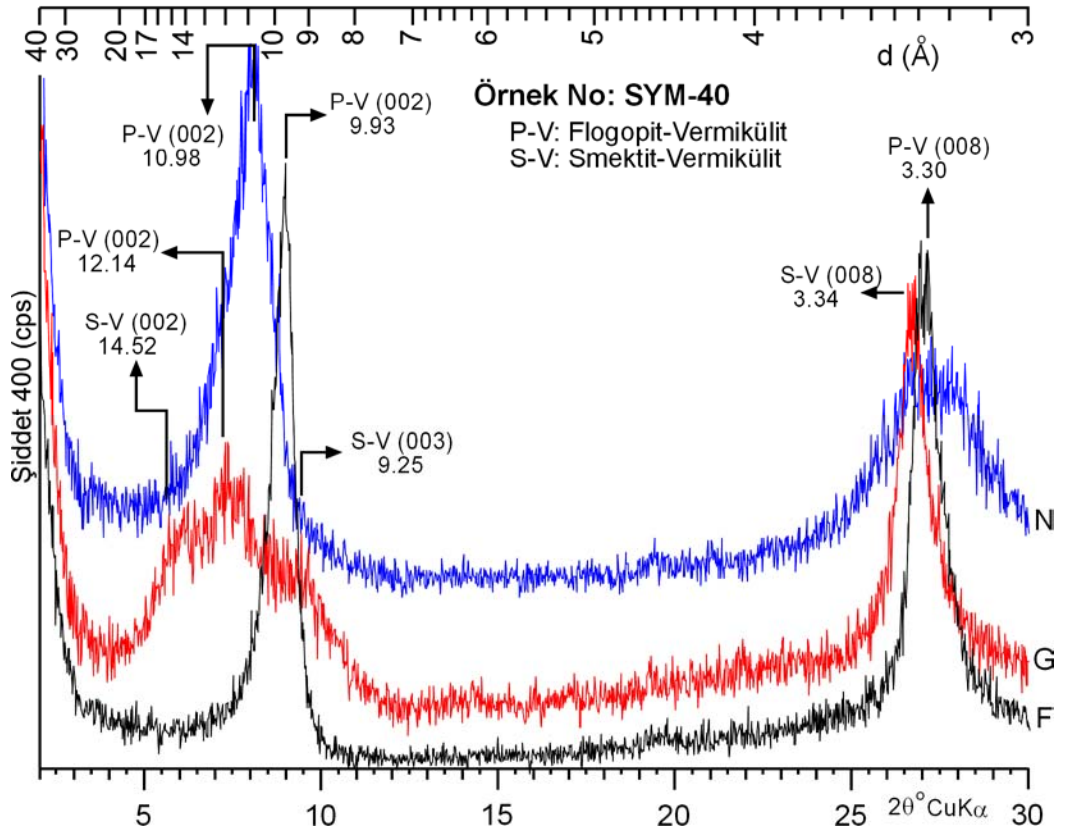
Şekil 5.46 Epidot-granatfels örneğinde belirlenen minerallerin XRD-TK difraktogramı



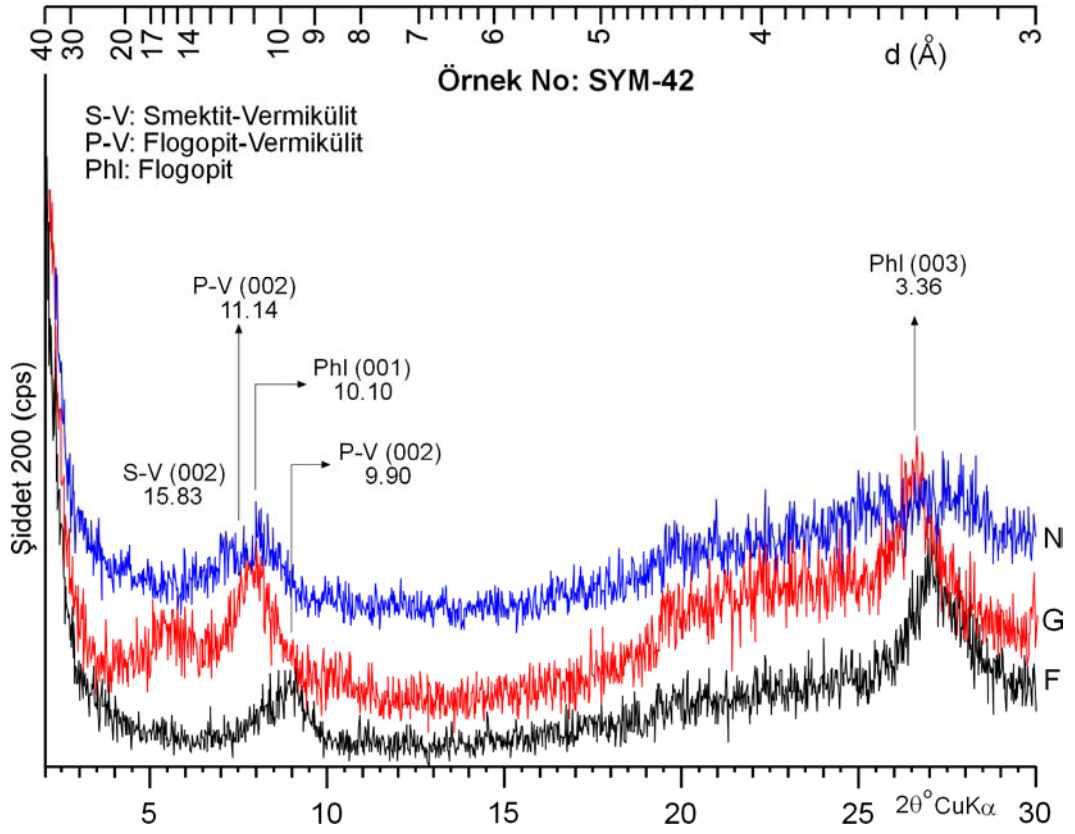
Şekil 5.47 Damar kayalardan alınan örnekte belirlenen granat minerallerinin XRD-TK difraktogramı



Şekil 5.48 Ultramafik plütonik kayalardan alınan flogopit mineral örneğine ait XRD-KF difraktogramı

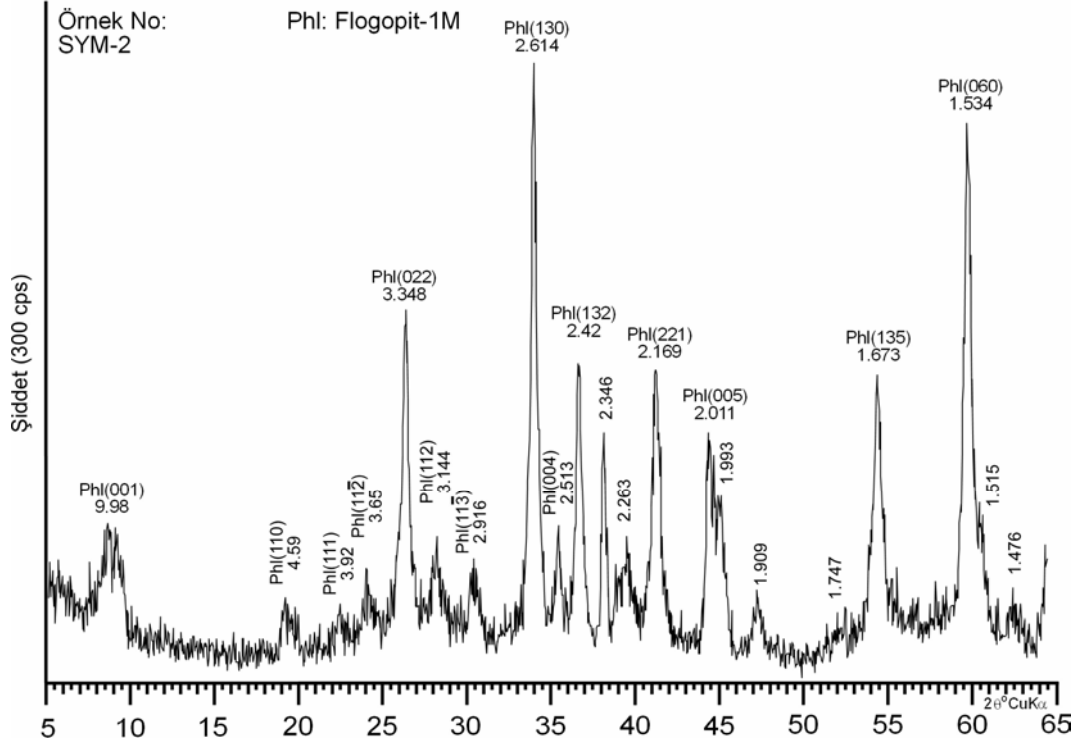


Şekil 5.49 Ultramafik plütonik kayalardan alınan flogopit örneğinde belirlenen karışık tabakalı P-V ve S-V minerallerinin XRD-KF difraktogramı



Şekil 5.50 Ultramafik plütonik kayalardan alınan bozuşmuş piroksenit örneğinde belirlenen Phl-P-V-S-V minerallerinin XRD-KF difraktogramı

Flogopitler; Bailey (1980) tarafından verilen ayırtman pik değerleri ve şiddetlerine göre 1M (1 tabakalı monoklinik) politipini temsil etmektedir. Flogopitler için 1M politipini karakterize eden ayırtman pikler 4.59, 4.55, 3.92, 3.65, 3.39, 3.144 ve 2.513 Å olarak sıralanabilir (Şekil 5.51).



Şekil 5.51. Flogopit örneğindeki 1M flogopitlerin yönlenmemiş X-ışınları toz difraktogramı

#### 5.2.4 Metamorfik kayalar

Magmatiklerin sokulum yaptığı metamorfik kayaların X-ışınları kırınımı tüm kayaç ve kil fraksiyonu çözümü sonuçları Çizelge 5.20 de verilmiştir. Bütünüyle kalsitten oluşan bu kayaların birimde eser miktarda kuvarsa da rastlanılmıştır.

Çizelge 5.20 Metamorfik kayaların XRD-TK çözümü sonuçları (%)

Örnek/ Mineral	XRD-TK		Kayaç
	Cal	Qtz	
SYM-15	98	2	Mermer
-22	100		Mermer
-52	100		Mermer

Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars



## 6. JEOKİMYA

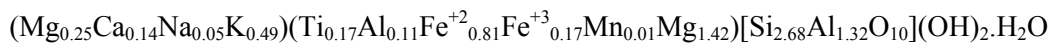
### 6.1 Ana ve İz Element Jeokimyası

Bazı silikat mineralleri (flogopit, P-V, granat, skapolit, hornblend) ve kayaçların (hornblendit, aplit) ana element içerikleri ve minerallerin birim-hücre bileşimleri Çizelge 6.1, iz element içerikleri ise Çizelge 6.2 de sunulmuştur. Kuluncak yöresine ait serpantinit-ana kayaçlı flogopit ve P-V (Yalçın ve Hozatlıoğlu, 2007); ayrıca Kuraçalı yöresine ait plütonik-ana kayaçlı flogopit (Toksoy, 1998) örnekleri de karşılaştırma amacıyla çizelgelere eklenmiştir.  $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-tFeO-tFe}_2\text{O}_3$  dönüşümlerinde  $\text{SiO}_2 < \%53$  ise  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 0.15$  ve  $\text{FeO} = (\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3) / 1.11135$ ;  $\text{SiO}_2 < \%70$  ve  $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3 > \%15$  ise  $\text{FeO} = (\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1.5) / 1.11135$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{FeO}$  kabullenme ve eşitliklerinden yararlanılmıştır. Birim-hücre bileşimlerinin hesaplanmasında fillosilikat/kil mineralleri için 11, granat için 12, hornblend için 23 ve skapolit için 24 oksijen atomuna göre hesaplanmıştır (Weaver ve Pollard, 1973).

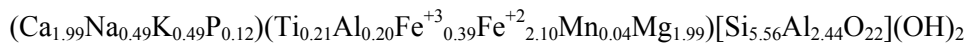
Tipik trioktahedral bileşime sahip flogopit; tetrahedralde Si-Al, oktahedralde bolluk sırasına göre Mg-Fe-Al süstitüsyonuna sahiptir. Toplam oktahedral katyon miktarı 2.74 ve Mg/(Mg+Fe) oranı 0.74 olup, yapraklar arasında bulunan ana katyonlar Mg ve K'dur. Flogopitlerin biyotit bileşeni her iki oluşum için daha az olmakla birlikte; Kuluncak yöresine ait serpantinit-ana kayaçlı flogopitlere göre; Yıldızeli ultramafik-ana kayaçlı flogopitler Fe'ce zengin ve Mg'ca fakir, buna karşın plütonik-ana kayaçlı Kuraçalı flogopitlerine benzerdir. Birim hücre bileşimine göre; Fe-Al flogopit olarak adlandırılabilir:



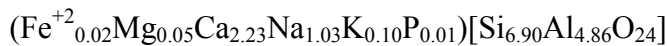
Kuluncak serpantinit-ana kayaçlı P-V'e göre; Yıldızeli ultramafik-ana kayaçlı P-V, Fe'ce zengin ve Mg'ca fakir olup; birim-hücre bileşimi aşağıda verilmiştir:



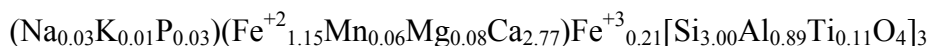
Leake (1978) sınıflamasına göre, Si-Mg/(Mg+Fe), hornblenditlerin ana bileşeni olan hornblend, Ca'un yerine Na ve K da içermekte olup; magneziyen hastingsit olarak adlandırılmıştır:



Meyonit Ca/(Na+Ca) bileşenine göre, skapolitler mizzonit bileşimindedir:



$\text{M}_3^{+2}/\text{R}_2^{+3}$  oranına göre, granatlar grossular olarak tanımlanmıştır:



Çizelge 6.1 Yıldızeli yöresinden alınan örneklerin ana element kimyasal ve minerallerin birim-hücre bileşimleri

Yöre Örnek/ Element	Yıldızeli		Kuluncak		Kuraçalı	Yıldızeli			
	Flogopit	P-V	Flogopit	P-V	Flogopit	Granat	Skapolit	Hornblend	Aplit
Oksit %	SYM-2	SYM-40	MHK-2	MHK-48	FT-32-43-59B	SYM-37	SYM-45	SYM-30	SYM-7
SiO <sub>2</sub>	34.89	33.98	43.18	38.46	39.52	35.8	45.57	35.73	65.14
TiO <sub>2</sub>	2.699	2.801	0.122	0.365	2.77	1.816	0.026	1.831	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.99	15.43	15.04	13.87	15.21	8.97	27.23	14.38	19.03
ΣFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.69	15.21	3.59	4.06	17.79	19.73	0.19	19.4	0.89
MnO	0.121	0.130	0.040	0.033		0.853	0.010	0.321	0.022
MgO	16.92	14.20	21.59	26.30	12.22	0.63	0.22	8.56	0.10
CaO	0.53	1.71	0.10	0.10	0.29	30.89	13.74	11.9	1.16
Na <sub>2</sub> O	0.43	0.31	0.30	0.27	0.25	0.17	3.49	1.62	5.71
K <sub>2</sub> O	8.73	4.89	8.96	6.52	8.69	0.10	0.49	2.46	6.72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.03	0.01	<0.01		0.35	0.10	0.94	0.04
LOI	4.69	10.89	6.84	11.03	2.71	0.63	5.08	1.33	0.38
Total	98.75	99.58	99.77	101.02	99.45	99.95	96.13	98.49	99.26
Si	2.61	2.68	3.07	2.83	2.88	3.00	6.90	5.56	
Ti	0.15	0.17	0.01	0.02	0.15	0.11	0.00	0.21	
Al	1.50	1.43	1.26	1.20	1.31	0.89	4.86	2.64	
Fe <sup>+3</sup>	0.11	0.17	0.03	0.03	0.33	0.21	0.00	0.39	
Fe <sup>+2</sup>	0.68	0.81	0.18	0.21	0.72	1.15	0.02	2.10	
Mn	0.01	0.01	0.00	0.00		0.06	0.00	0.04	
Mg	1.89	1.67	2.29	2.89	1.33	0.08	0.05	1.99	
Ca	0.04	0.14	0.01	0.01	0.02	2.77	2.23	1.99	
Na	0.06	0.05	0.30	0.04	0.04	0.03	1.03	0.49	
K	0.83	0.49	0.81	0.61	0.81	0.01	0.10	0.49	
P	0.00	0.00	0.00	0.00		0.03	0.01	0.12	
Toplam	7.89	7.64	7.96	7.84	7.59	8.34	15.20	16.02	
Mg/Fe	2.78	2.06	12.72	13.76	1.85				
Mg/(Mg+Fe)	0.74	0.67	0.93	0.93	0.65			0.49	
Mg <sup>#</sup>								46.45	
Ca/(Na+Ca)							0.68		

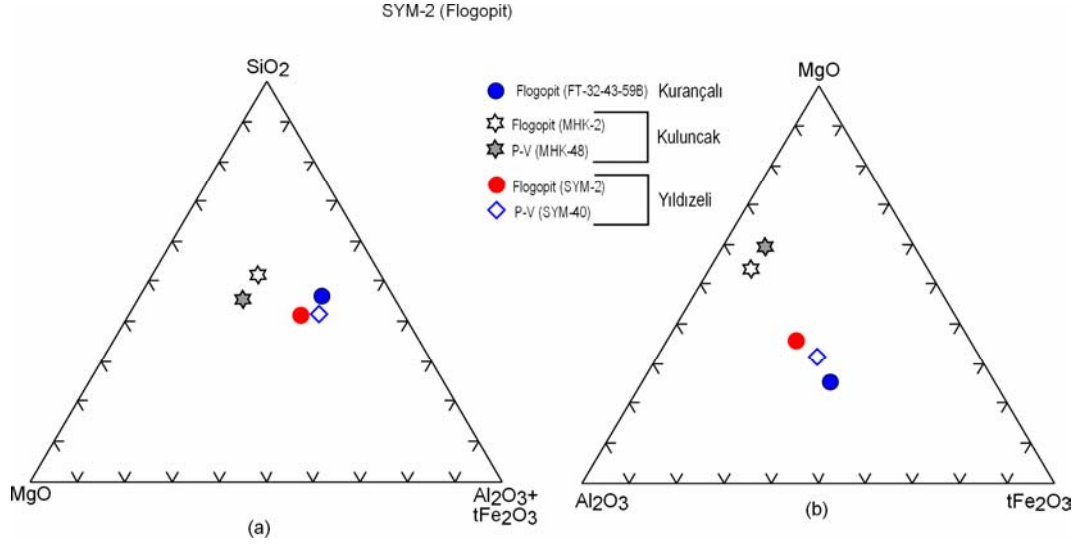
ΣFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=Toplam Fe, LOI (Loss in Ignition)=Ateşte Kayıp, Mg<sup>#</sup>=Mg sayısı, FeO\*=Toplam Fe, MW (Molecular Weight)=Moleküler Ağırlık, Mg<sup>#</sup>=100.(MgO/MgO<sub>MW</sub>)/[(FeO\*/FeO<sub>MW</sub>)+(MgO/MgO<sub>MW</sub>)]

Kil minerallerinin ana bileşimine katılan oksitlerin üçgen diyagramdaki dağılımları Şekil 6.1 de sunulmuştur. SiO<sub>2</sub>-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+tFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diyagramında flogopit ve P-V üçgenin yaklaşık ortasında SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+tFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çizgisine daha yakın yer almaktadır. MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramında ise orta-alt kesiminde dağılım göstermektedir. Her iki üçgen diyagramında Yıldızeli ve Kuraçalı plütonik-ana kayaçlı flogopitler birbirine benzer; buna karşın Kuluncak serpantinit-ana kayaçlı olanlardan belirgin bir biçimde ayrılmaktadır.

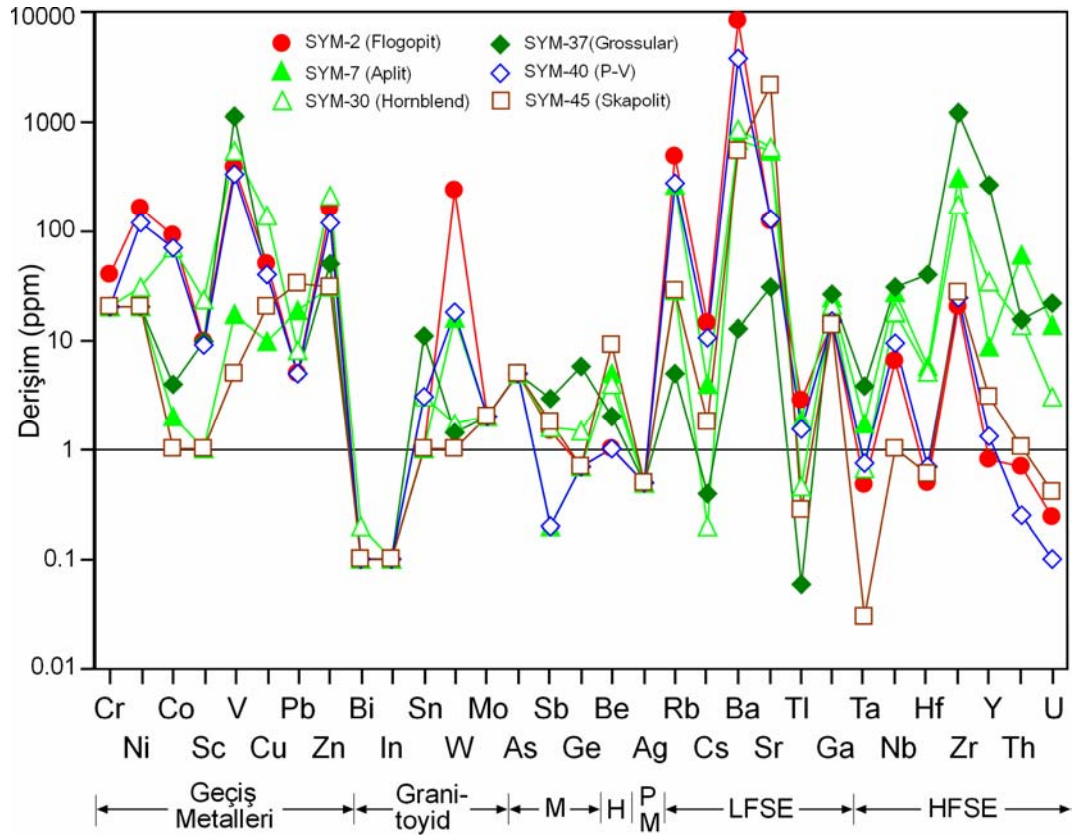
Fillosilikat minerallerinin eser element içerikleri karşılaştırmalı olarak Şekil 6.2 de sunulmuştur. Toplam eser element konsantrasyonu flogopit-P-V-granat-hornblend-skapolit yönünde azalmaktadır. Diğer bir ifadeyle, elementsel süstitüsyon flogopitte en çok, skapolitte en az düzeyde gerçekleşmektedir. Ancak, flogopit ve P-V yapısında K'ü izleyen oldukça yüksek Ba ve Rb derişimleri hariç tutulduğunda; diğerlerinin miktarı düşük kalmaktadır.

Çizelge 6.2 Yıldızeli yöresinden alınan örneklerin iz element kimyasal bileşimleri

Yöre	Yıldızeli		Kuluncak		Yıldızeli			
	Flogopit	P-V	Flogopit	P-V	Granat	Skapolit	Hornblend	Aplit
Örnek/ Element	SYM-2	SYM-40	MHK-2	MHK-48	SYM-37	SYM-45	SYM-30	SYM-7
ppm								
Cr	40	<20	<20	70	<20	<20	<20	<20
Ni	160	120	144	340	20	<20	30	<20
Co	93	69	77	25	4	<1	70	2
Sc	10	9	6	3	10	1	23	<1
V	385	331	30	51	1130	<5	547	17
Cu	50	40	<10	<10	40	20	140	10
Pb	5	<5	<5	<5	<5	33	8	19
Zn	160	120	63	90	50	<30	210	<30
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	<0.1
In	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sn	1	3	4	4	11	<1	3	<1
W	236	18.2	1.7	69.9	1.4	1	1.7	15.8
Mo	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
As	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sb	1.5	<0.2	<0.2	<0.2	2.9	1.8	1.6	<0.2
Ge	0.7	0.7	0.6	0.5	5.8	0.7	1.5	0.7
Be	1	1	<1	<1	2	9	4	5
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Rb	482	278	565	377	5	28	28	264
Cs	14.3	10.7	11.2	7.2	0.4	1.8	0.2	3.9
Ba	8320	3722	4660	1240	13	533	866	684
Sr	125	127	18	26	30	2155	592	536
Tl	2.80	1.52	0.59	0.30	0.06	0.28	0.46	1.88
Ga	15	15	5	15	26	14	21	24
Ta	0.48	0.75	1.65	0.68	3.79	0.03	0.67	1.71
Nb	6.5	9.3	41.3	14.1	30.8	1	18.3	27.3
Hf	0.5	0.7	0.3	<0.1	39.4	0.6	5.2	5.8
Zr	20	24	4	3	1220	27	173	306
Y	0.8	1.3	<0.5	<0.5	267	3	34.0	8.8
Th	0.69	0.25	0.14	0.07	15.6	1.05	13.9	61.3
U	0.24	0.10	0.25	0.08	21.40	0.41	3.04	13.6
La	2.76	2.00	0.35	<0.05	35.5	65.5	97.2	34.5
Ce	4.70	1.92	0.48	0.44	117.00	92.80	213.00	54.50
Pr	0.57	0.53	0.04	0.04	24.90	8.69	30.10	5.06
Nd	1.78	2.03	0.13	0.20	166.00	20.60	100.00	13.90
Sm	0.34	0.45	0.02	0.07	64.60	2.65	19.60	2.30
Eu	<0.005	0.039	<0.005	<0.005	19.800	0.718	4.300	0.535
Gd	0.23	0.41	0.03	0.05	61.50	1.35	13.60	1.50
Tb	0.03	0.05	<0.01	<0.01	9.21	0.15	1.56	0.24
Dy	0.13	0.23	0.01	0.04	49.80	0.57	7.14	1.35
Ho	0.02	0.04	<0.01	<0.01	9.68	0.09	1.18	0.27
Er	0.06	0.11	0.01	0.03	28.30	0.22	3.04	0.85
Tm	<0.005	0.020	<0.005	<0.005	4.190	0.030	0.420	0.140
Yb	0.05	0.10	0.02	0.03	27.70	0.21	2.61	0.94
Lu	0.009	0.019	<0.002	0.006	4.610	0.040	0.380	0.150



Şekil 6.1. Fillosilikat minerallerinin  $\text{SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{+tFe}_2\text{O}_3$  ve  $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-tFe}_2\text{O}_3$  üçgen diyagramındaki dağılımları

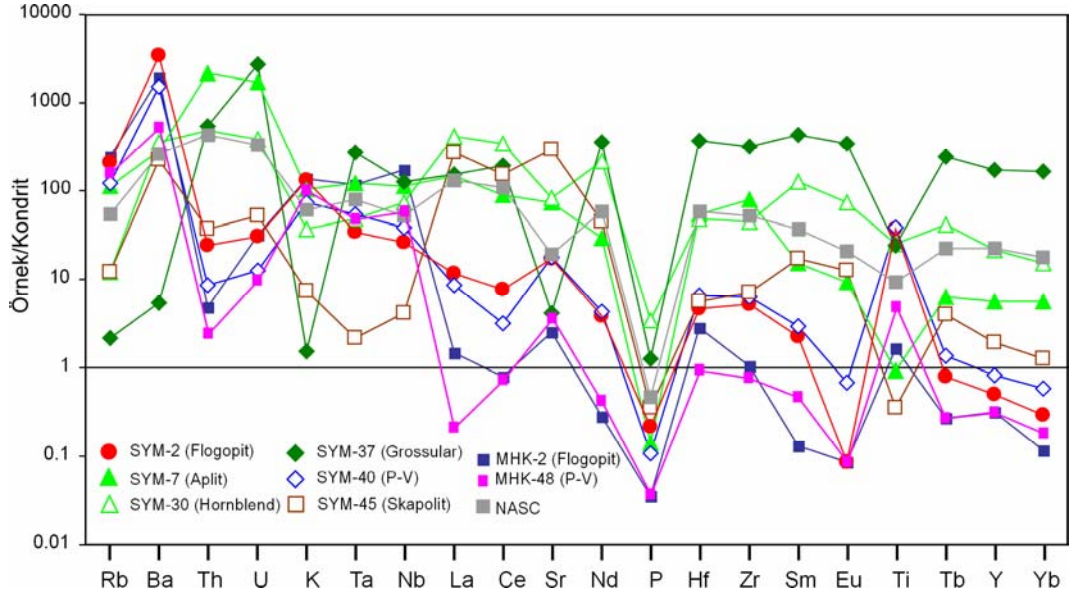


Şekil 6.2 Minerallerin eser element içeriklerine göre dağılımı (M=Karışık davranışlı elementler, H=Halojen, PM=Değerli metaller, LFSE=Kalıcılığı düşük elementler, HFSE=Kalıcılığı yüksek elementler)

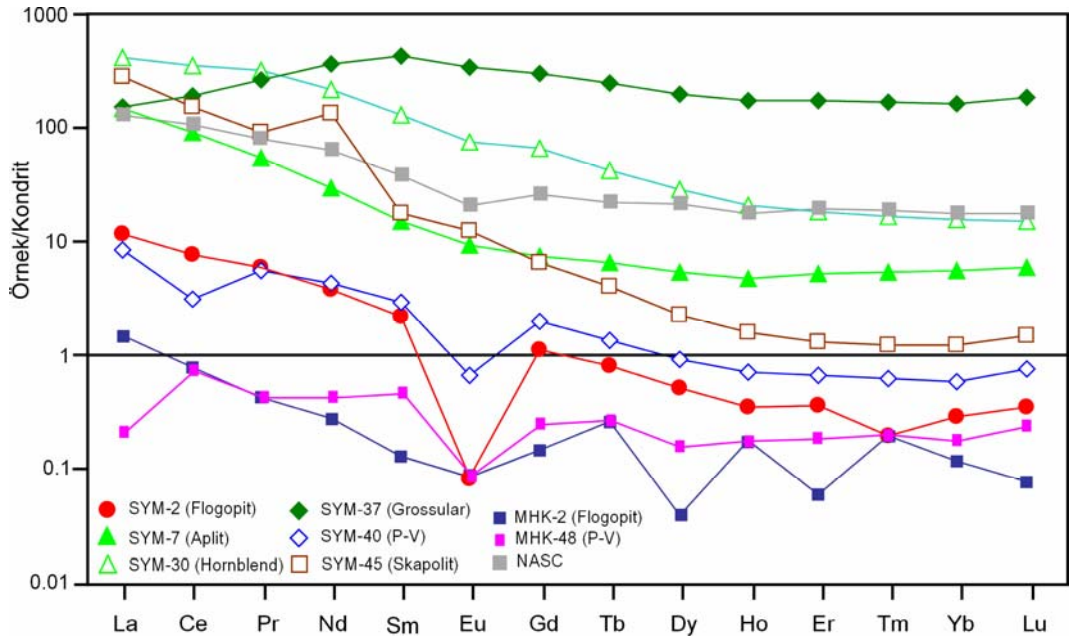
Geçiş metallereinden Cr, Ni ve Co flogopit, Sc, V, Cu ve Zn hornblend; Pb skapolit; granitoyid elementlerinden Sn granat, W flogopit; karışık davranışlı elementlerden Sb ve Ge granat; halojen elementlerinden Be skapolit yapısında zenginleşmektedir. Kalıcılığı düşük elementlerden Rb, Cs, Ba ve Tl flogopit; Sr skapolit ve Ga granat fraksiyonlarında en bol bulunmaktadır. Kalıcılığı yüksek elementlerin hepsi granat fazında oldukça bol gözlenmekte; bu minerali genellikle hornblend-skapolit-P-V-flogopit izlemektedir. Bazı fillosilikatlarda artmakla birlikte en az derişime sahip elementler Cr, Pb, Bi, In, Mo, As, Sb ve Ag dir.

Minerallerin kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılımı Şekil 6.3 de verilmiştir. NASC için Nb ve Y Condie'den (1993); diğer elementler Gromet vd.'den (1984) alınmıştır. Kondrit değerlerine göre; genellikle minerallerin desenleri birbirinden ve NASC den ayrılmakta olup; belirgin bir ayrılaşmayı ifade etmektedir. Flogopitte P, Eu, Tb, Y ve Yb için fakirleşme / tüketilme (5 kat P), diğer elementler için zenginleşme (3452 kat Ba) gözlenmektedir. P-V'te en fazla zenginleşme Ba'da (1544 kat), en fazla tüketilme P'da (9 kat) bulunmaktadır. Granatta tüm elementler 2675 kata (U) kadar zenginleşmektedir. Skapolitte Sr'da 297 kata kadar zenginleşme ve Ti'da yaklaşık 3 kata kadar tüketilme ortaya çıkmaktadır. Hornblend için tüm elementlerde zenginleşme (Th'da 479 kat) bulunmaktadır. P tüm fraksiyonlarda belirgin negatif, Ba ise granat hariç pozitif anomali oluşturmaktadır. Flogopit ve P-V; P ve Eu da çok kuvvetli olmak üzere Th ve Ce için negatif; Ba, K, Sr ve Ta için pozitif anomaliye sahiptir.

Minerallerin nadir toprak element içerikleri kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilerek element bollukları karşılaştırılmıştır (Şekil 6.4). Diyagrama Kuzey Amerikan Şeyllerinin (North American Shale Composite-NASC) değerleri (Ho ve Tm için Haskin vd., 1968, diğerleri için Gromet vd. (1984) de eklenmiştir. Kondrite göre; granat-hornblend-skapolit-flogopit-P-V yönünde  $\Sigma$ REE derişimlerinde belirgin azalma olup, minerallerin desenleri birbirinden ayrılmakta ve ayrılaşmayı işaret etmektedir. Ayrıca genellikle LREE'in derişimleri, HREE'e göre bir azalma göstermektedir. Kuluncak flogopit ve P-V hariç, diğer minerallerde genellikle bir zenginleşme gözlenmektedir. Flogopit ve P-V; LREE de zenginleşmeye (12 kat), HREE de fakirleşmeye (12 kat) sahiptir. Flogopitte Eu ve Tm, P-V'de Ce ve Eu için belirgin negatif; flogopitte Gd ve P-V'de Gd ve Pr için pozitif anomali tipiktir.



Şekil 6.3 Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize iz element desenleri (Kondrit: Sun ve McDonough, 1989; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet vd.,1984)



Şekil 6.4 Fillosilikat minerallerinin kondrit-normalize REE bollukları (NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin vd. 1968, diğer elementler Gromet vd., 1984; Kondrit: Sun ve McDonough, 1989)

İz elementlerin, özellikle de REE' in içeriği ve dağılımı ana kayaç, yüzeysel bozunma ortamındaki fizikokimyasal koşullar ve sedimanter süreçler konusunda önemli bilgiler sunduğu bilinmektedir (Fleet, 1984; McLennan, 1989). Deniz suyunda kuvvetli bir şekilde ayrışma gösteren Na, Mg, K, Sr, Ca, U ve Rb gibi elementler sedimanter süreçler sırasında hareketli olduklarından provenansın anlaşılmasında kullanılması sınırlıyken, doğal sularda çok düşük çözünürlüğe sahip Fe, Th, Al, Co, Mn, Pb, REE, Y, Sc, Zr, Ti, Hf, Cr, Ni, Ba, Si ve V elementleri sedimanlar içerisine taşınmaları sırasındaki bileşimlerine benzerdir ve provenansın doğası hakkında önemli bilgiler verirler (McLennan, 1989). Bu çerçevede düşünüldüğünde; özellikle REE açısından Yıldızeli flogopit ve P-V'leri; Kuluncak flogopit ve P-V'lerine ve diğer silikatlara göre daha az ayrışma göstermekte olup; Kuluncak flogopit ve P-V'lerine göre farklı bir köken kayacı işaret etmektedir.

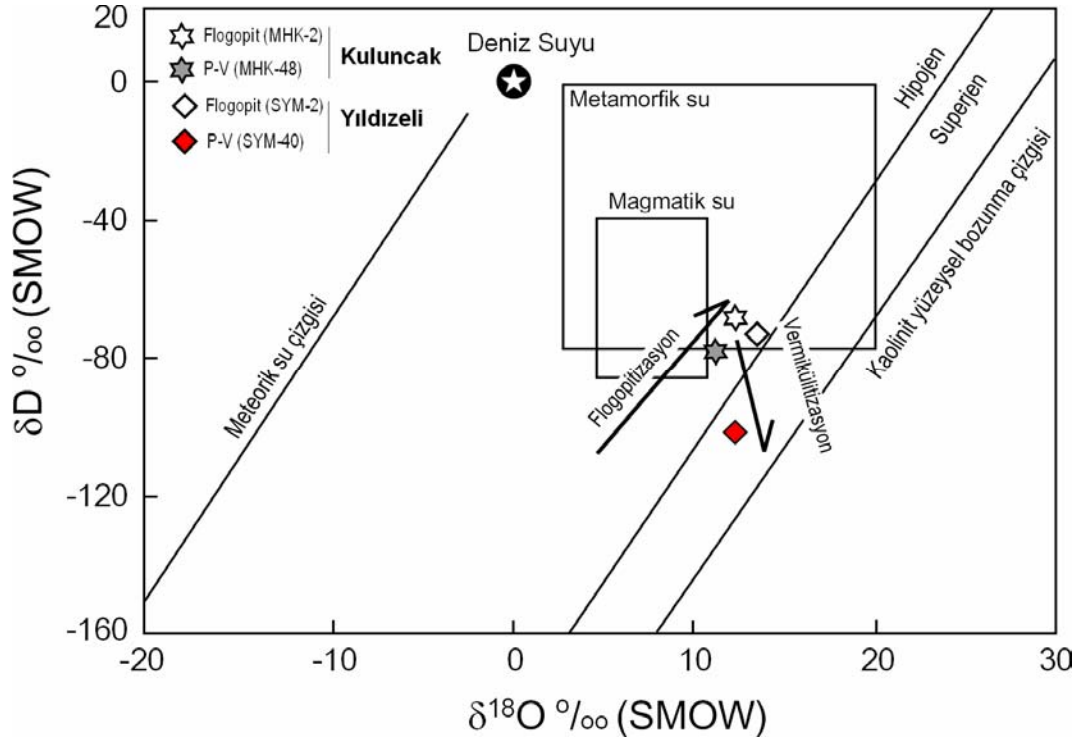
## 6.2 Duraylı İzotop Jeokimyası

Bu incelemeler; jeotermometre ve sıvı-kayaç etkileşiminin izlerini saptamak amacıyla genellikle iki alanda uygulanmaktadır. Birincisi, oluşum sıcaklıkları ile ilişkili iki faz arasındaki ayrışmayı, ikincisi ise sıvı veya kayaç protolitlerinin kaynağını değerlendirmek için sıvı veya kayacın izotopik bileşimini esas almaktadır.

Oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası incelemeleri 1 adet flogopit ve 1 adet P-V olmak üzere flogopit (SYM-2) ve P-V (SYM-40) olmak üzere 2 saf kil fraksiyonudur (Çizelge 6.3). Flogopitin  $\delta^{18}\text{O}$  değeri ‰ +10.4 (SMOW),  $\delta\text{D}$  değeri ise ‰ -79 (SMOW), P-V'in değerleri ise sırasıyla  $\delta^{18}\text{O} = \text{‰} +11.7$  (SMOW) ile  $\delta\text{D} = \text{‰} -105$  olarak belirlenmiştir. Bu değerler, Kuluncak yöresine ait serpantin-ana kayaçlı sırasıyla flogopit ve P-V'e göre daha düşüktür. Kuluncak yöresi flogopit ve P-V'lerinin  $\delta^{18}\text{O}$  manto ve MORB'a göre daha düşük; buna karşın kıtasal kökenli magmatiklere benzerdir.  $\delta^{18}\text{O}$  değeri manto için yaklaşık ‰ 5.7 olarak kabul edilmekte (Kyser, 1986), MORB için 5.2-6.4‰ (Eiler vd., 2000) arasında değişmekte, granitlerde ise ‰ 10'u aşabilmektedir (Taylor, 1968). Diğer bir ifadeyle; magmatik kayaçların  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri artan silisyumla veya kıtasal kabuk etkileşimiyle birlikte artmaktadır.

Çizelge 6.3 Fillosilikat minerallerinin duraylı izotop ( $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$ ) bileşimleri

Yöre	Örnek No	Ana Kayaç	Mineral	% H <sub>2</sub> O	$\delta\text{D}(\text{SMOW})$	$\delta^{18}\text{O}(\text{SMOW})$
Kuluncak	MHK-2	Ultramafik	Flogopit	5.9	-68	12.3
	MHK-48	Ultramafik	P-V	9.9	-73	13.6
Yıldızeli	SYM-2	Plütonik	Flogopit	4.8	-79	10.4
	SYM-40	Plütonik	P-V	7.4	-105	11.7



Şekil 6.5 Flogopit minerallerinin oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerinin  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  diyagramındaki konumları (Oklar sırasıyla serpantin-flogopit ve flogopit-P-V yönündeki izotopsal farklılaşmayı göstermektedir. Kaolinit çizgisi: Sheppard ve Gilg, 1996; süperjen-hipojen çizgisi: Sheppard vd., 1969; Meteorik su çizgisi: Craig, 1961; Magmatik ve metamorfik su alanları: Sheppard, 1986; Kuluncak flogopit ve P-V: Yalçın ve Hozathlıoğlu, 2007)

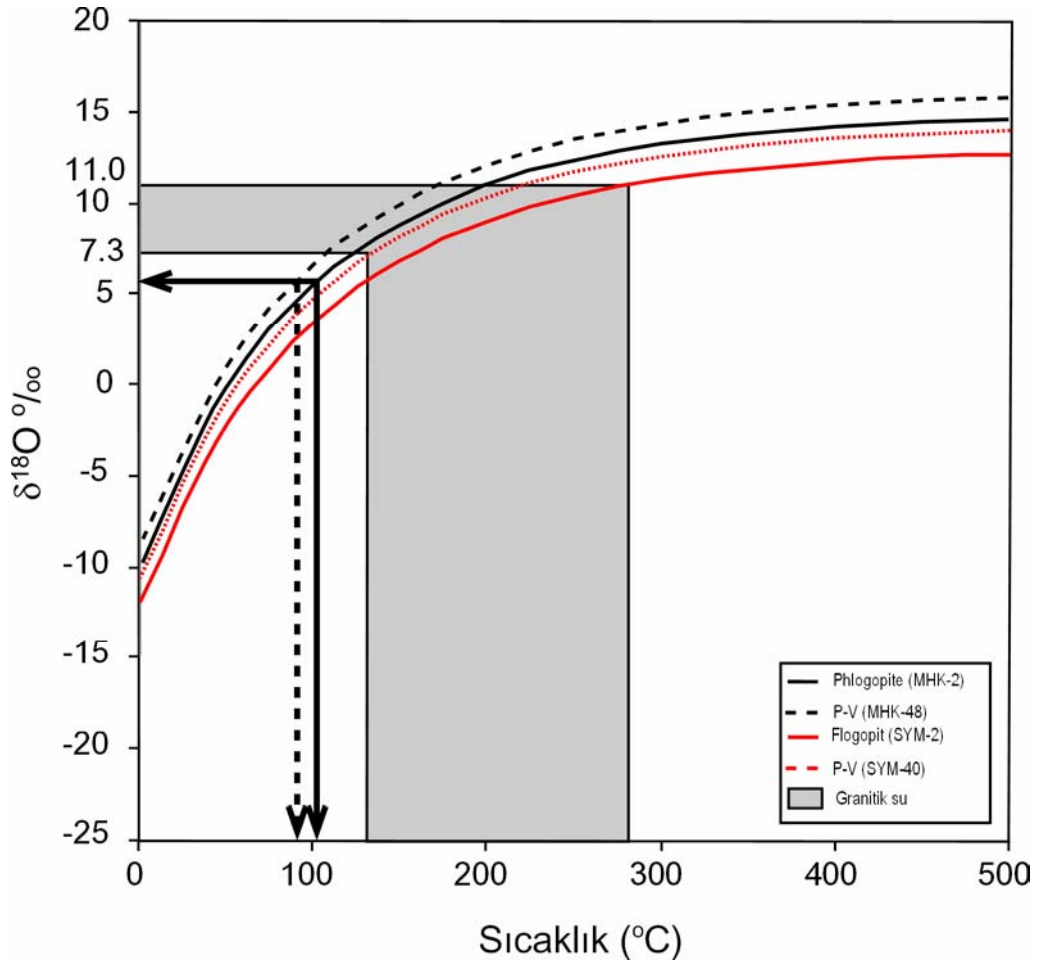
Fillosilikat minerallerinin  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  değerleri ile birlikte, birçok araştırmacı (Craig, 1961; Sheppard vd., 1969; Sheppard, 1986; Sheppard ve Gilg, 1996; Wenner ve Taylor, 1974) tarafından önerilen deniz suyu noktası, meteorik su, süperjen-hipojen, kaolinit alterasyon çizgileri ile Kuluncak flogopit ve P-V verilerini (Yalçın ve Hozathlıoğlu, 2007) de içerecek biçimde Şekil 6.5 de topluca verilmiştir.

İncelenen örneklerden flogopit hipojen; buna karşın P-V ise süperjen kesimde yer almaktadır. Kuluncak yöresinden elde edilen veriler ile artan  $\delta\text{D}$  ve



$\delta^{18}\text{O}$  değerleri flogopitleşme; buna karşın Yıldızeli yöresinden elde edilen veriler ile azalan  $\delta\text{D}$  ve kısmen artan  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri vermiküitleşme yönelimini vermektedir.

İnceleme alanındaki flogopit ve P-V minerallerinin oluşum sıcaklıklarının belirlenmesi için izotopsal ayrımlaşma başlangıç değeri olarak granitoid kayalara ait ilksel  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerinin (I-tipi 6-10‰, S-tipi 10-15‰: Harris vd., 1997; A-tipi 6-8‰: Whalen vd., 1996) ortalama alt ve üst sınırları (7.3-11 ‰) alınmıştır. Buna göre, Zheng (1993) tarafından önerilen flogopit-su oksijen izotop ayrımlaşması verilerinden itibaren oluşturulan eğrilerden flogopit için ~ 280 °C ve P-V için ~130 °C sıcaklık değerleri elde edilmiştir (Şekil 6.6). Diğer bir ifadeyle vermiküitleşme daha düşük sıcaklıklarda gelişmiştir. Ayrıca bu değerler; Kuluncak flogopit ve P-V için bulunanlardan oldukça yüksektir.

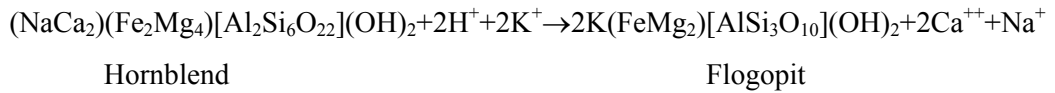
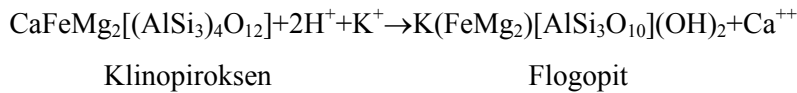


Şekil 6.6  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri manto için 5.7 (Kyser, 1986) ve granitik su için 5.3-11 ‰ (Harris vd., 1997; Whalen vd., 1996) varsayılarak flogopit ve P-V'teki suyun Zheng'e (1993) göre hesaplanmış  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) değerleri ile sıcaklık arasındaki ilişki

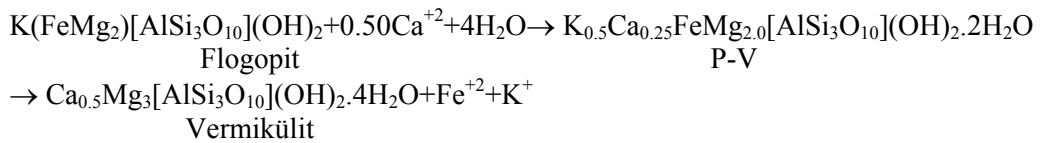
## 7. FLOGOPİTLERİN OLUŞUMU

Mika grubu mineralleri, özellikle flogopit farklı jeotektonik ortamlarda, değişik yaşlara sahip yan ve ana kayalar içinde zenginleşebilmektedir (Çizelge 7.1). Literatür bilgilerine göre; flogopitler magmatik (ultramafik/mafik plütonik ve volkanik) ve metamorfik ana-kayalarında sinjenetik ve epijenetik olarak neoformasyon (yeni oluşum) ve transformasyon (dönüşüm) mekanizmalarıyla oluşabilmektedir. Sinjenetik flogopitler; ultramafik/mafik magmatik kayaların ana bileşenlerinden birisi olarak manto peridotitlerinin kısmi ergimesi, kabuksal kirlenme ve fraksiyonel kristallenme süreçlerini kapsayan potasik-magneziyen magmalardan itibaren ve metamorfik kayalarda K-Mg-zengin kil minerallerinin metamorfizması sonucu oluşabilmektedir. Epijenetik flogopitler ise ultramafik/mafik magmatik ve metamorfik kayaların hidrotermal alterasyonuna bağlı neoformasyonu veya koyu renkli minerallerin dönüşümünü kapsamaktadır.

Yıldızeli bölgesinde Üst Kretase yaşlı Karakoç ultramafik/mafik plütoniklerinde Paleosen yaşlı granitoid-siyenitoidlerin kontaklarında iç içe geçmiş kontak pnömatolitik (kontak hidrotermal alterasyon) ve/veya kontak metasomatizma (pirometasomatizma) ile ilişkili K-metasomatizması etkileşimi sonucunda koyu renkli minerallerin (piroksen, hornblend) transformasyonu ile gelişmiş başlıca flogopitleşme ile temsil edilen mineralizasyonlar bulunmaktadır. İnosilikatların fillosilikat yapısına dönüşümü aşağıdaki tepkimelerle ifade edilmiştir:



Flogopitler; yer yer önce P-V ara fazından geçerek, vermikülit türü negatif dönüşümlere neden olmuştur:



Çizelge 7.1 Farklı ana ve yan kayaç, yaş ve jeolojik ortamları temsil eden biyotit-flogopitlerin karşılaştırılması.

Ana ve Yan Kayaç	Parajenez ve Oluşum Mekanizması	Kaynak
Volkanik, lamporitler	Flogopit, Ojit, Olivin, Biyotit, Titanomagnetit, Titanit, Apatit. Minet, kersantit, lamporitler gibi potasik ve ultrapotasiklerde olduğu gibi andezit, dasit ve riyodasit gibi volkanik kayalara flogopit ve biyotit fenokristalleri yaygın olarak bulunur.	PB-1
Ultramafik, magmatik	Olivin, Piroksen, Kuvars, Serpantin, Klorit. Pennsylvania Fayette Nemacolin madenindeki kimberlit örnekleri altı tip bileşimsel ve dokusal mika (biyotit ve flogopit) içermektedir.	PB-2
Magmatik	Forsterit, Flogopit, Diyopsit, Tremolit, Rihterit, Klinohümit, Apatit, Manyetit, İlmenit. Üst Silüriyen-Geç Devoniyen yaşlı alkali-ultrabazik pegmatitik yatak için iki ana model önerilmiştir: metasomatik aktiviteyi içerir; süper kritik bir çözelti veya bir erime ile şekillenen mineraller ana kayacın çökelimini kapsar.	PB-3
Ultramafik	Olivin, Ortopiroksen, Klinopiroksen, Amfibol, Flogopit, Spinel, Serpantin, Opak. Peridotitlerin deformasyonu sürecinde veya sonrasında flogopit üst manto ve/veya alt kabuk-manto sınır koşullarında şiddetli bir metasomatik ile oluşmuştur.	PB-4
Volcano-klastik	Volkanoklastik seviyelerde plajiyoklaz ve biyotit belirlenmiştir.	PB-6
Metamorfik, Magmatik	Biyotit, Kloritoyid, Stavrolit, Kiyanit, Sillimanit, Anortit, Kalsit. Alpin Metamorfizması ile ilişkili Alpin biyotitleri gelişmiştir.	PB-7
Magmatik	Flogopit, K-rihterit, Rutil, İlmenit, Klinopiroksen, Ti-oksit. Kimberlitik magmatiklerde flogopit bakımından zengin mafik ksenolitler oluşmuştur.	PB-10
Ultramafik	Spinel, Olivin. Peridotitler (metasomatik olmayan ve granatlı) kayalar flogopit içermektedir.	PB-11
Magmatik	Olivin, Klinopiroksen, Ortopiroksen. Finero peridotit masifli apatit ve karbonat (dolomit) yatağında amfibol ve flogopitin yayılmasıyla sonuçlanan bir metasomatik zenginleşmeye uğrayan bir harburjittir. Vebsterit daykları aynı zamanda flogopit ve amfibol içerirler ama bu nadirdir.	PB-16
Magmatik	Enstatit, A-feldispat. Forsterit, Kordiyerit, Osumilit. Granitik eriyiklerdeki flogopitin üst ısıl kararlılığı çalışmaları subalüminyum sisteminde 780-820°C de eriyik ile beraber sadece Mg-faz flogopit vardır. Daha yüksek sıcaklıklarda eriyikte enstatit görülür.	PB-19
Magmatik	Olivin, Ortopiroksen, Klinopiroksen, Spinel, Amfibol, Apatit. Manto ksenolitleri iki ana grupta değerlendirilmekte; birinci grup spinel harburjitler, nadir spinel lerzolitler ve spinel dunitlerden meydana gelmektedir. İkinci grup ise spinel verlitler, amfibol verlitler ve amfibol klinopiroksenler içermektedir.	PB-20
Magmatik	K-rihterit, Flogopit, Diyopsit. Geç Kretase yaşlı Marid kayalarının ve K-rihterit/flogopit yatağı peridotitlerinin birinci kanıtı kimberlitik kontakların dış taraflarıdır. Sulu ksenolitlerdeki dokusal özellikler K-rihterit, flogopit ve Al-fakir diyopsit yer değiştiren mineralleri işaret eder.	PB-22
Ultramafik	Olivin, Flogopit, Ortopiroksen, Apatit, İlmenit, Karbonat. Damodar vadisindeki Gondwana basenlerindeki üç tane K'ca zengin ultramafik kayacın faz ilişkileri, üst manto P-T koşulları (1.0-2.5 GPa, 700-1200°C) altında gerçekleştirilmiştir. İzotop çalışmalarında damar-tüm-kaya erimesiyle oluşan bir flogopit yatağı harburjit kaynak kayacının kısmi erime ile magmadan itibaren kristallendiği gösterilmiştir.	PB-34
Ultramafik	Plajiyoklaz, Kersutit, Klinopiroksen, Olivin. Horoman Peridotit Kompleksi'ndeki flogopitinin metamorfizmayla aynı zamanda olduğu saptanmıştır.	PB-35

Çizelge 7.1 (devam ediyor)

Magmatik	Klorit, Diyopsit, Spinel, Kalsit, Dolomit. Flogopitin gelişiminde magmatik akışkanların metasomatizmasını işaret eder. Klorit serilerinde flogopit damarlarıyla birlikte olivinin serpentine bozunması retrograd yolu süresince ve H <sub>2</sub> O bakımından zengin akışkanlarla birlikte flogopit gelişimi olduğunu gösterir.	PB-39
Magmatik	Olivin, Piroksen, Cr-spinel, Plajiyoklaz. Magmatik Na-'ca zengin flogopitler, Valcon San Pedro'daki bir Andean yay volkanında dokusal ve mineralojik olarak farklı gabroyik ksenolitlerde geç kristalize mineral olarak bulunur.	PB-40
Ultramafik	Olivin, Ortopiroksen, Spinel, Klinopiroksen, Amfibol. Flogopit peridotit, harburjit, klinopiroksenit, dünit ve kromitten oluşmuş karmaşık bir birim tanımlanmıştır.	PB-46
Ultramafik	Serpantin, Olivin, Tremolit, Hornblend, Ortopiroksen, Klorit, Cr-spinel. Flogopit, sulu silikat mineralleri ile serpantin ve klorit, olivin-ortopiroksen metamorfik zonlarda oluşur.	PB-47
Metamorfik	Vermikülit oluşumlarının biyotizasyonu / biyotitleşmesi K'un mevcut olduğu koşullarda oluşmaktadır. Vermikülit oluşumu sırasındaki hidrotermal alterasyon ilerledikçe metamorfizma sonrası gömülmelede olduğu gibi diyajenezle biyotite dönüştüğünü gösterir.	PB-48
Magmatik	Flogopit, Enstatit. Granat ve akışkan ya da sulu silikat eriyiklerinden oluşan bir topluluk içinde flogopitlerin gözlenen bozunması, kıtasal litosferin tabanı yakınında granat ve metasomatik bir reaksiyon ile flogopitlerin ikincil olarak oluşabileceğini akla getirir.	PB-52
Metamorfik	Serizit, Kalsit, Dolomit, Margarit, Flogopit, Kuvars, Rutil, Feldispat, Skapolit, Serizit, Sfen. Düşük dereceli metamorfizmada Na ve K flogopitler arasındaki ilişki dolomitik bir çözelti ile gösterilir. Düşük su ve CO <sub>2</sub> etkin basıncının olduğu tahmin edilen metamorfizma sıcaklıklarının 400°C'nin altında olduğu tahmin edilmektedir.	PB-53
Ultramafik	Olivin, Spinel, Ortopiroksen, Klinopiroksen, Flogopit, Hornblend. Potasik magmaların kökeni; kabuk kirlenmesine, fraksiyonel kristallenmeye ve manto peridotitinin kısmi erimesine bağlandı.	PB-54
Ultramafik	Lizardit, Krizotil, Antigorit. Mikalı kimberlitlerdeki flogopitler serpantinler içerir. Flogopit fenokristalleri kimberlit bağlayıcı malzemesinde mika tabakalarının yanında alterasyon ve yüzeysel deformasyonla oluşur.	PB-55
Plütonik	Vermikülitleşmiş flogopitler; Orta Anadolu Ofiyolitleri'nin ayrı bir birimi olan Kuraçalı (Kırşehir-Orta Anadolu) metagabrosunda gelişmiş olup; Orta Anadolu Granitoidleri'ne ait granitik dayklar ile ilişkili K-ca zengin çözeltilerin etkisi ile piroksen ve amfibollerin bozuşma (alterasyon) ürünleridir. Vermikülitler flogopitlerin yüzeysel bozunması ile oluşmuştur.	PB-56
Ultramafik	Kuluncak (Malatya) civarında, Divriği Ofiyolitli Karışığı'na ait ultramafik kayalarda listfenitik zonlara eşlik eden flogopit minerallerinin, ofiyolitik dizilimdeki mika-peridotitlerinin ana minerallerinden olduğu, listfenitleşme neticesinde tane boyutunun arttığı ve belirli zonlarda biriktiği, pirometasomatizma ile de yer yer P-V ile vermikülite dönüştüğü ortaya konulmuştur.	PB-57

PB-1: (Feldstein vd., 1996) PB-2: (Wiese vd., 1996) PB-3: (Krasnova, 2001) PB-4: (Rizzo vd., 2001), PB-6: (Mader vd., 2001), PB-7: (Armstrong ve Jager, 1966), PB-10: (Gregoire vd., 2002), PB-11: (Van Achterbergh vd., 2001), PB-16: (Zanetti vd., 1999), PB-19: (Grochau ve Johannes, 1997), PB-20: (Wulff-Pedersen vd., 1996), PB-22: (Wagner vd., 1996), PB-34: (Gupta vd., 2002), PB-35: (Kaneoka vd., 2001), PB-39: (Holness, 2000), PB-40: (Costa vd., 2001), PB-46: (Grieco vd., 2001), PB-47: (Inoue ve Kase, 2005), PB-48: (Murakami vd., 2002), PB-52: (Sato vd., 1996), PB-53: (Schreyer vd., 1980), PB-54: (Tatsumi ve Koyaguchi, 1989), PB-55: (Sharp vd., 1990), PB-56: (Toksoy, 1998), PB-57: (Yalçın ve Hozathoğlu, 2007)

$KAlSiO_4$ - $Mg_2SiO_4$ - $SiO_2$ - $H_2O$  sistemindeki sıcaklık-basınç denge diyagramına göre (Luth, 1967); flogopitin oluşum sıcaklığı yaklaşık 1000 °C dir. Sıcaklık-log  $a_{SiO_2}$  aktivite diyagramında (Wones ve Gilbert, 1982) flogopitin kararlılık alanı 850-910 °C arasında değişmektedir. Bu termodinamik veriler; Yıldızeli flogopit ve P-V için bulunan daha düşük sıcaklık değerlerinin (~ 280 ve 130 °C); bu minerallerin magmatik değil, hidrotermal çözeltilerin neden olduğu kristallenmeye karşılık geldiğini düşündürmektedir.

Termodinamik parametreler (toplam basınç, su basıncı, oksijen fugasitesi, oksitlerin aktivitesi v.b.) minerallerin oluşum sıcaklığı değerini arttırmak veya azaltmakla birlikte, Yıldızeli yöresindeki ultramafik/mafik kayalarda neoformasyon ve/veya açık ve koyu renkli minerallerden itibaren gelişen ve flogopitleşmeye eşlik eden diğer minerallerin de birbirini izleyen evrelerde geliştikleri düşünülmektedir. Pirometasomatik bozuşma zonlarındaki minerallerin oluşum sırasının granat (grossular)-epidot-skapolit-flogopit olarak gelişmesi olası gözükmemektedir.

Grossular türü granatlar; termal ve bölgesel metamorfik saf olmayan kalkerli kayaların karakteristiği olup, kalsiyum metasomatizması geçirmiş kayalarda; bazen granit pegmatitlerde pnömatoliz sonucu diyopsit veya skapolit ile birlikte oluşmaktadır. Granat normal basınçta 785 °C'nin altında daima kararlıdır. (Deer vd., 1992). İnceleme alanında flogopit içeren pirometasomatik seviyelerde ortaya çıkan grossular; koyu renkli minerallerin alterasyonundan itibaren dönüşüm ve/veya neoformasyon mekanizması ile oluşmuştur.

Yıldızeli yöresinde pirometasomatik zonalarda yaygın olarak gözlenen ve granatlara eşlik diğer bir mineral de epidottur. Geniş bir parajenez aralığına sahip bu mineraller; tipik olarak bölgesel metamorfizma ürünü olmakla birlikte; kontak metamorfizma koşulları altında ve asidik magmatik kayaların kristallenmesi sırasında; ayrıca plajiyoklazların hidrotermal alterasyonunun (sosuritizasyon) bir ürünü olarak eklem ve çatlaklar boyunca, amigdal ve boşluklarda da oluşmaktadır (Deer vd., 1992).

İnceleme alanında flogopitli pirometasomatik zonalarda saptanan epidotların; açık renkli minerallerin (özellikle feldispat ve feldispatovid) alterasyonu ile ornatılması ve/veya neoformasyon ile ortaya çıkmıştır.

Yıldızeli yöresinde saptanan diğer minerallerden skapolit; ultramafik/mafik kayaların ana bileşenlerinden birisi olup; pirometasomatizma bu mineralin tane boyunun artmasına ve flogopitik zonlarda birikmesine neden olmuştur.

Yıldızeli ultramafik/mafik kayalarında Karakoç plütoniklerinde flogopitleşme-sonrası gelişen epijenetik mineraller ise smektit, klorit, C-S, I-S, I-V ve S-V olup; faylanma, bindirme veya makaslama gibi zayıf düzlemleri kullanan karbondioksitli veya karbonik asitli yeraltı suyu ve/veya meteorik sular ile açık/koyu renkli minerallerin ayrışması ve/veya kayaların çatlak ve gözeneklerinde neoformasyon mekanizması ile oluşmuştur.

## 8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yıldızeli yöresinde flogopit ve ilişkili kayaçlar üzerinde gerçekleştirilen mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemelerden elde edilen sonuçlar ve tartışılması aşağıda sunulmuştur:

Yıldızeli yöresinde Orta Anadolu Plütonikleri'ne karşılık gelen Üst Kretase yaşlı Karakoç plütonikleri ve Paleosen yaşlı felsik plütonik biçiminde farklı iki seri/birliktelik bulunmaktadır. Çarpışma ile eş zamanlı ve/veya sonrasında levha içinde gelişen Orta Anadolu Plütonikleri hem alkali hem de subalkali (toleyitik ve kalkalkali) özellikler sunmaktadır (Örneğin; Alpaslan ve Boztuğ, 1997; Ekici, 1997; Tatar, 1997; Boztuğ, 2000; Boztuğ vd., 1994, 2008a, 2008b; Göncüoğlu vd. 1997b; Aydın vd., 1998; Düzgören-Aydın vd., 2001; Köksal-Toksoy vd., 2001; Köksal ve Göncüoğlu, 2008). Üst Kretase'den itibaren bölgede gelişen sıkışma tektoniğine bağlı olarak, sıkışan levhaların gerisinde bir gerilme rejimi hüküm sürdüğü ve bunun sonucunda, Fındıcak metamorfiti ve Kadıköy metamorfiti birimlerinde gerilmeye bağlı olarak tabaka, foliyasyon gibi süreksizlikler boyunca açılmalar olup, bu zayıf zonlara sil konumunda ultramafik/mafik magmanın sokulum yaptığı; bu sokulum sırasında yoğun olarak kontakt metasomatizma ve asimilasyon (ağırlıklı olarak kalsiyum karbonat artışı) plütoniklerin oluşumunu denetlediği belirtilmektedir (Şakar, 2004). Post-magmatik tektonik etkinlikler ile magmatik ve metamorfikler faylanmış ve kıvrımlanmışlardır. Bunun sonucunda kayaçlar ötelenmiş ve kataklazmaya uğramışlardır.

Flogopit oluşumlarının ana kayacını temsil eden Karakoç plütonikleri; ultramafik (çoğunlukla hornblendit ve kısmen piroksenit) ve mafik kayaçlardan (gabro, monzogabro, diyorit, monzodiyorit ve monzonit) oluşmakta ve birbirlerine geçiş göstermektedir. İnceleme alanındaki metamorfiklerin yanı sıra, Karakoç plütoniklerini de kesen felsik plütoniklerden (granitoyid ve siyenitoyid), siyenitler içerisinde 0,5-20 cm çapında, küresel, elipsoyidal ve mercek biçimli ultramafik/mafik magmatik enklavlar bulunmaktadır. Yöredeki bu magmatiklerin yanı sıra, metamorfikler de 1-20 cm kalınlıklara sahip siyenit- ve granit-aplit sokulumları ile kesilmektedir. K/Ar radyometrik yöntemi ile Karakoç plütoniklerindeki hornblenditten  $69.7 \pm 1.8$  Ma; dayk konumundaki siyenit- aplitten  $67.8 \pm 1.7$  Ma ve flogopitten  $60.1 \pm 1.6$  Ma yaş elde edilmiştir. Bu yaşlar; ultramafik kayaç-felsik dayk sokulumu ve buna bağlı hidrotermal alterasyon sırasını vermektedir.

İnceleme alanındaki flogopit mineralizasyonları daha ziyade Karakoç plütonikleri ile doğrudan ilişkili olup, metamorfik kayaçlar ile çevrelenmekte, felsik

plütonik ve damar kayaçları ile kesilmektedir. Daykların (1-50 cm) sokulum yaptığı zonlarda granat-skapolit-epidot-flogopitik pirometasomatik oluşumlar ortaya çıkmıştır.

Yeşilimsi kahve-kahve, camsı ve/veya inci parlaklığında, iri, yarı şeffaf ve birbirinden zorlukla ayrılabilen, kırılğan, çok ince (< 0.5 mm), 1-3 cm çapındaki flogopit pulları/levhaları (1-5 cm) yeşil renkli piroksen ve/veya hornblendlerden oluşan zon (10-15 m) ile çevrelenmektedir. Bu zon içerisinde yer yer granat, epidot ve skapolit seviyeleri ve/veya mercekleri (20-60 cm) de bulunmaktadır.

Karakoç plütoniklerinden ultramafik kayaçların (skapolit ve/veya nefelin ve/veya plajiyoklaz ve/veya klinopiroksen içeren hornblendit) ana bileşenlerini klinoamfibol (hornblend, arfvedsonit), klinopiroksen (egirinojit/egirin), skapolit ve nefelin; bazı kesitlerde ise plajiyoklaz ve ortoklaz; tali mineralleri ise ortopiroksen (enstatit), fillosilikat (biyotit), zirkon, titanit, apatit ve opak mineraller oluşturmaktadır.

Karakoç plütoniklerinden mafik kayaçların (skapolit ve/veya nefelin ve/veya plajiyoklaz ve/veya klinopiroksen ve/veya klinoamfibol içeren gabro, diyorit, monzogabro, monzodiyorit ve monzonit) ana bileşenlerini klinoamfibol (hornblend, arfvedsonit), klinopiroksen (egirinojit/egirin), skapolit, nefelin, plajiyoklaz ve ortoklaz; tali minerallerini fillosilikat (biyotit), zirkon, titanit, apatit, topaz, ksenotim, ortopiroksen (enstatit) ve opak mineraller temsil etmektedir. Kalsit, gözenek ve çatlakları doldurmaktadır. Bozuşma ürünleri olarak epidot ve klorit mineralleri görülmektedir.

Felsik plütonik kayaçların (siyenit, granit) ana bileşenlerini feldispat (ortoklaz, plajiyoklaz ve mikroklin) ve kuvars oluşturmakta; klinoamfibol (hornblend, arfvedsonit), klinopiroksen (egirinojit/egirin), fillosilikat (biyotit, muskovit), zirkon, titanit, apatit, topaz, ksenotim ve opak mineraller ender olarak bulunmaktadır. Kalsit, gözenek ve çatlakları doldurmaktadır. Bozuşma mineralleri olarak; epidot, klorit ve kil görülmektedir.

Damar kayaçlarının (siyenit- ve granit-aplit) ana bileşenlerini ortoklaz, plajiyoklaz, mikroklin ve kuvars oluşturmakta; fillosilikat (biyotit, muskovit), hornblend, zirkon, granat, titanit, apatit, topaz, ksenotim ve opak mineraller ender olarak bulunmaktadır.

Holokristalin hipidiyomorf taneseli dokulu magmatik kayaçlarda kalsit gözenek ve çatlakları doldurmakta, bozuşma ürünlerini ise kil, epidot ve klorit mineralleri temsil etmektedir.



Pirometasomatik kayalardan granatfelslerin bileşenleri bolluk sırasına göre granat, epidot, plajiyoklaz, kuvars, ksenotim, titanit, hornblend ve opak minerallerdir. Epidozitin mineralojik bileşimi ise; epidot, hornblend, ortoklaz, plajiyoklaz, mikroklin, klinopiroksen (ojit), titanit; bozuşma ürünlerini her iki kayaç grubunda biyotit ve kloritten oluşmaktadır.

XRD-TK incelemelerine göre; Karakoç plütoniklerinden ultramafik plütonik kayalarda smektit, C-S, klorit ve I-V; mafik plütonik kayalarda smektit, klorit ve I-S; felsik plütonik kayalarda smektit; pirometasomatik kayalarda 1M flogopit, smektit, I-V/P-V ve S-V kil boyu bileşenleri oluşturmaktadır.

Tipik trioktahedral bileşime sahip Fe-Al flogopitler; tetrahedralde Si-Al, oktahedralde bolluk sırasına göre Mg-Fe-Al süstitüsyonuna sahiptir. Kuluncak yöresine ait serpantinit-ana kayaçlı flogopitlere göre; Yıldızeli ultramafik-ana kayaçlı flogopitlerin Mg/(Mg+Fe) oranı 0.74 olup, Fe'ce daha zengin (biyotit bileşeni), ancak Kuraçalı plütonik-ana kayaçlı flogopitlerine benzerdir. Kuluncak serpantinit-ana kayaçlı P-V'e göre; Yıldızeli ultramafik-ana kayaçlı P-V Fe'ce zengin ve Mg'ca fakirdir (flogopit bileşeni Mg/Mg+Fe 0.67). Diğer silikat minerallerinden hornblend, Ca-Na-K magneziyen hastingsit, skapolitler mizzonit ve granatlar grossular bileşimindedir.

Toplam eser element konsantrasyonu flogopit-P-V-granat-hornblend-skapolit yönünde azalmaktadır. Diğer bir ifadeyle, elementsel süstitüsyon flogopitte en çok, skapolitte en az düzeyde gerçekleşmektedir. Ancak, flogopit ve P-V yapısında K'u izleyen oldukça yüksek Ba ve Rb derişimleri hariç tutulduğunda; diğerlerinin miktarı düşük kalmaktadır. Geçiş metallere Cr, Ni ve Co ve kalıcılığı düşük elementlerden Rb, Cs, Ba ve Tl flogopit; Sc, V, Cu ve Zn hornblend; Pb skapolit; granitoid elementlerinden Sn granat, W flogopit; karışık davranışlı elementlerden Sb ve Ge granat; halojenlerden Be skapolit yapısında zenginleşmektedir. Sr skapolit ve Ga granat minerallerinde en bol bulunmaktadır. Kalıcılığı yüksek elementlerin hepsi granat fazında oldukça bol gözlenmekte; bu minerali genellikle hornblend-skapolit-P-V-flogopit izlemektedir.

Kondrit-normalize iz element dağılımları ile minerallerin desenleri genellikle birbirinden ve NASC den ayrılmakta ve belirgin bir ayrılaşmayı göstermektedir. Flogopitte P, Eu, Tb, Y ve Yb için fakirleşme / tüketilme (5 kat P), diğer elementler için zenginleşme (3452 kat Ba) gözlenmektedir. P-V'te en fazla zenginleşme Ba'da (1544 kat), en fazla tüketilme P'da (9 kat) bulunmaktadır. Granatta tüm elementler 2675 kata (U) kadar zenginleşmektedir. Skapolitte Sr'da 297 kata kadar zenginleşme ve Ti'da

yaklaşık 3 kata kadar tüketilme ortaya çıkmaktadır. Hornblend için tüm elementlerde zenginleşme (Th'da 479 kat) bulunmaktadır. P tüm fraksiyonlarda belirgin negatif, Ba ise granat hariç pozitif anomali oluşturmaktadır. Flogopit ve P-V; P ve Eu da çok kuvvetli olmak üzere Th ve Ce için negatif; Ba, K, Sr ve Ta için pozitif anomaliye sahiptir.

REE derişimleri granat-hornblend-skapolit-flogopit-P-V yönünde belirgin azalmakta olup; kondrit-normalize REE desenleri minerallerin birbirinden ayrıldığını ve ayırılmaşmayı işaret etmektedir. Kuluncak flogopit ve P-V hariç, diğer minerallerde genellikle bir zenginleşme gözlenmektedir. Flogopit ve P-V; LREE de zenginleşmeye (12 kat), HREE de fakirleşmeye (12 kat) sahiptir. Flogopitte Eu ve Tm, P-V'de Ce ve Eu için belirgin negatif; flogopitte Gd ve P-V'de Gd ve Pr için pozitif anomali tipiktir.

Özellikle REE açısından Yıldızeli flogopit ve P-V'leri; Kuluncak flogopit ve P-V'lerine ve diğer silikatlara göre daha az ayırılmaşma göstermekte olup; farklı ana-kayaca ve/veya oluşuma sahip flogopitler jeokimyasal özellikleri bakımından birbirinden belirgin biçimde ayırt edilebilmektedir.

Flogopitin  $\delta^{18}\text{O}$  değeri ‰ +10.4 (SMOW),  $\delta\text{D}$  değeri ise ‰ -79 (SMOW), P-V'in değerleri ise sırasıyla  $\delta^{18}\text{O} = \text{‰} +11.7$  (SMOW) ile  $\delta\text{D} = \text{‰} -105$  olarak belirlenmiştir. Bu değerler, Kuluncak yöresine ait serpantin-ana kayaçlı sırasıyla flogopit ve P-V'e göre daha düşüktür. Kuluncak yöresi flogopit ve P-V'lerinin  $\delta^{18}\text{O}$  manto ve MORB'a göre daha düşük; buna karşın kıtasal kökenli magmatiklere benzerdir.

Fillosilikat minerallerinin birleşik  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  derişimleri; flogopitin hipojen ve P-V ise süperjen kökenli olduğunu ortaya koymaktadır. Azalan  $\delta\text{D}$  ve artan  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri flogopitleşme; buna karşın artan  $\delta\text{D}$  ve azalan  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri vermikülitleşme yönelimini vermektedir. Diğer taraftan, izotopsal ayırılmaşma başlangıç değeri olarak alınan granitoyid kayaçlara göre; flogopit için ~ 280 °C ve P-V için ~130 °C oluşum sıcaklıkları elde edilmiştir. Yıldızeli flogopit ve P-V için bulunan düşük sıcaklık değerleri; bu minerallerin magmatik değil, hidrotermal çözeltilerin neden olduğu kristallenmeye karşılık geldiğini düşündürmektedir.

Mika grubu mineralleri, özellikle flogopit farklı jeotektonik ortamlarda, değişik yaşlara sahip yan ve ana kayaçlar içinde zenginleşebilmekte; magmatik (ultramafik/mafik plütonik ve volkanik) ve metamorfik kayaçlarda sinjenetik (potasik-magneziyen magmaların fraksiyonel kristallenmesi ve K-Mg'ca zengin kil minerallerinin metamorfizması) ve epijenetik (ultramafik/mafik magmatik ve metamorfik kayaçların hidrotermal alterasyonu) olarak neoformasyon (yeni oluşum)

veya koyu renkli minerallerin transformasyonu (dönüşüm) mekanizmalarıyla oluşabilmektedir. Yıldızeli bölgesinde Üst Kretase yaşlı Karakoç plütoniklerinde Paleosen yaşlı granitoid-siyenitoidlerin kontaklarında iç içe geçmiş kontak hidrotermal alterasyon ve/veya kontak metasomatizma (pirometasomatizma) ile ilişkili K-metasomatizması etkileşimi sonucunda koyu renkli minerallerin (piroksen, hornblend) transformasyonu ile gelişmiş başlıca flogopitleşme ile temsil edilen mineralizasyonlar bulunmaktadır. Bölgedeki flogopitler; yer yer P-V ara fazından geçerek, vermikülit türü negatif dönüşümlere uğramıştır.

Yıldızeli yöresindeki Karakoç plütoniklerinde neoformasyon ve/veya açık ve koyu renkli minerallerden itibaren gelişen ve flogopitleşmeye eşlik eden diğer minerallerin de birbirini izleyen evrelerde geliştikleri düşünülmektedir. Pirometasomatik bozuşma zonlarındaki minerallerin oluşum sırasının granat (grossular)-epidot-skapolit-flogopit olarak gelişmesi olası gözükmektedir. Bunlardan epidotlar; özellikle feldispat ve feldispatovid gibi açık renkli minerallerin alterasyonu ile ornatılması ve/veya neoformasyon ile ortaya çıkmıştır. Skapolit; ultramafik/mafik kayaçların birincil bileşenlerinden birisi olup; pirometasomatizma bu mineralin tane boyunun artmasına ve flogopitik zonlarda damar ve/veya mercek biçiminde birikmesine neden olmuştur.

Yıldızeli Karakoç plütoniklerinde flogopitleşme-sonrası gelişen epijenetik mineraller ise smektit, klorit, C-S, I-S, I-V ve S-V olup; zayıf düzlemleri (fay, bindirme veya makaslama) kullanan karbondioksitli veya karbonik asitli yeraltı suyu ve/veya meteorik sular ile açık/koyu renkli minerallerin ayrışması ve/veya kayaçların çatlak ve gözeneklerinde çökertilmesi ile oluşmuştur.

Bölgedeki yaygın pirometasomatik oluşumlara rağmen, flogopitlerde karışık tabakalı P-V ve/veya vermikülit gibi yaygın bir mineralojik dönüşüm gerçekleşmediğinden vermikülit veya vermikülitleşmiş flogopit yatağı olarak tanımlanması doğru gözükmemektedir. Ayrıca; 2.750.000 ton muhtemel rezerve ve ısısal ve kimyasal yöntemler ile saptanan sırasıyla 18 ve 49 kat genişleme oranlarına sahip olduğu bildirilen (Üçgül, 1997) flogopitlerin ekonomik açıdan değerlendirilmesi için basit cevher zenginleştirme yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir.

## 9. KAYNAKLAR

- Akıman, O., Boztuğ, D. (1993). Orta Anadolu kristalen karmaşığı içinde yer alan alkali magmatik kayalar, Hacettepe Üniversitesi'nde Yerbilimlerinin 25. Yılı Sempozyumu, 15-17 Kasım 1993, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Bildiri Özleri, 21-22.
- Alpaslan, M., Boztuğ, D. (1997). Yıldızeli yöresinde (B-Sivas) çarpışmayla eş zamanlı ve çarpışma sonrası plütonların birlikteliği, Turkish Journal of Earth Sciences, 6, 1-12.
- Alpaslan, M. (1993). Yıldızeli yöresi (Sivas batısı) metamorfizmasının petrolojik incelenmesi, Doktora tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 359 s (yayımlanmamış).
- Anonim <http://database.iem.ac.ru/mincryst>.
- Armstrong, R.L., Jager, E., Eberhardt, P. (1966). A comparison of K-Ar and Rb-Sr ages on Alpine biotites, Earth and Planetary Science Letters, 1, 13-19.
- Aydın, N.S, Göncüoğlu, M.C., Erler, A., (1998). Latest Cretaceous magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex: brief review of field, petrographic and geochemical features, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 258-268.
- Bailey, S.W. (1980). Structure of layer silicates, In Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification, (eds: G.W. Brindley and G. Brown), Mineralogical Society, London, 1-123.
- Bailey, S.W. (1988). X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite: Clays and Clay Minerals, 36, 193-213.
- Baykal, F. (1966). 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritası (Sivas paftası), Maden Tetkik Arama Yayımları, 116, 1-12.
- Boztuğ, D. (2000). S-I-A- type intrusive associations: geodynamic significance of synchronism between metamorphism and magmatism in Central Anatolia, Turkey and the Surrounding area, Geological Society, London, Special Publications, (eds: E. Bozkurt, J. A. Winchester and J.D.A. Piper), 173, 441-458.
- Boztuğ, D., Larson, L.T., Yılmaz, S., Uçurum, A., Öztürk, A. (1994). Alacahan yöresi (GD Sivas) lisfenitlerinin jeolojik konumu, mineralojisi ve değerli metal içeriği, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 15.

Yıl Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Cilt II, Jeoloji ve Maden, Çukurova Üniversitesi, Adana, 123-138.

Boztuğ, D., Güney, Ö., Heizler, M., Jonckheere, R.C., Tichomirowa, M., Otlu, N. (2008a).  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  and fission-track geothermochronology quantifying cooling and exhumation history of the Kaman-Kırşehir region intrusions, Central Anatolia, Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 85-108.

Boztuğ, D., Türksever, E., Heizler, M., Jonckheere, R.C., Tichomirowa, M. (2008b).  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  and apatite fission-track geothermochronology revealing the emplacement, cooling and exhumation history of the Karaçayır Syenite (N Sivas), East-Central Anatolia, Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 109-125.

Brindley, G.W. (1980). Quantitative X-ray mineral analysis of clays, In Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification, (eds: G.W. Brindley and G. Brown), Mineralogical Society, London, 411-438.

Chen, P.Y. (1977). Table of key lines in X-ray powder diffraction patterns of minerals in claysand associated rocks, Geological Survey Occasional Paper 21, Indiana Geological Survey Report 21, 67 p.

Condie, K.C. (1993). Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales, Chemical Geology, 104, 1-37.

Costa, F., Dungan, M.A., Singer, B.S. (2001). Magmatic Na-rich phlogopite in a suite of gabbroic crustal xenoliths from volcán San Pedro, Chilean Andes: evidence for a solvus relation between phlogopite and aspidolite, American Mineralogist, 86, 29-35.

Craig, H. (1961). Isotopic variations in meteoric waters, Science, 133, 1702-1703.

Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1992). An Introduction to the Rock-forming Minerals, Longman, Hong Kong, 696 p.

Düzgören-Aydın, N., Malpas, W., Göncüoğlu, M.C., Erler, A. (2001). Post collisional magmatism in Central Anatolia, Turkey: field, petrographic and geochemical constraints, International Geology Review, 43, 695-710.

- Eiler, J.M., Schiano, P., Kitchen, N., Stolper, E. (2000). Oxygen isotope evidence for recycled crust in the sources of mid-ocean ridge basalts, *Nature*, 403, 530-534.
- Ekici, T. (1997). Yozgat Batoliti Yozgat Güneyi Kesiminin Petrolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 72 s (yayınlanmamış).
- Erlor, A., Bayhan H. (1993) Orta Anadolu Granitoidleri: Hacettepe Üniversitesi Yerbilimlerinin 25. Yılı Sempozyumu, 19-20.
- Erlor, A., Bayhan, H. (1995). Orta Anadolu Granitoidleri'nin genel değerlendirilmesi ve sorunları, *Yerbilimleri*, 17, 49-67.
- Feldstein, S.N., Lange, R.A., Vennemann, T., O'Neil, J.R. (1996). Ferric-ferrous ratios, H<sub>2</sub>O contents and D/H ratios of phlogopite and biotite from lavas of different tectonic regimes, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126, 51-66.
- Fleet, A.J. (1984). Aqueous and sedimentary geochemistry of the rare earth elements, In *Rare Earth Elements* (eds: P. Henderson), *Developments in Geochemistry* 2, Elsevier, Amsterdam, 343-373.
- Floyd, P.A., Göncüoğlu, M.C., Winchester, J.A., Yalınız, M.K. (2000). Geochemical character and tectonic environment of Neotethyan Ophiolitic fragments and metabasites in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey, (eds: E. Bozkurt, J. A. Winchester and J.D.A. Piper), *Tectonics and magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society London Special Publications, 173, 183-202.
- Geven, A. (1992). Mineralogy, petrography and geochemistry of Cefalikdağ Plütonic rocks (Kaman Region-Central Anatolia), PhD. Thesis, Middle East Technical University, 165 p (unpublished).
- Göksu, E. (1974). 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritası (Samsun), Maden Tetkik Arama Enstitüsü yayını, Ankara, 78 s.
- Gökten, E. (1993). Yıldızeli (Sivas) güneyinde Akdağ metamorfikleri ve örtü kayalarının stratigrafisi ve tektoniği, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 36, 83-93.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., Kozlu, H. (1997a). Pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: Explanatory notes to the Terrane Map of Turkey, (eds: D. Papanikolaou ve F.P.Sassi), IGCP Project No:276 Final Volume, Terrane

Maps and Terrane Descriptions Annales, Geologique Pays Helléniques, 37, 515-536.

- Göncüoğlu, M.C., Köksal, S., Floyd, P.A. (1997b). Post-collisional A-type magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex; petrology of the İdişdağı Intrusives (Avanos, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6, 65-76.
- Görür, N., Tüysüz, O., Şengör, A.M.C. (1998). Tectonic evolution of the Central Anatolian Basins, *International Geology Review*, 40, 831-850.
- Grégoire, M., Bell, D.R., Le Roex, A.P. (2002). Trace element geochemistry of phlogopite-rich mafic mantle xenoliths: their classification and their relationship to phlogopite-bearing peridotites and kimberlites revisited, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 142, 603-625.
- Grieco, G., Ferrario, A., Von Quadt, A., Koeppl, V., Mathez, E.A. (2001). The zircon-bearing chromitites of the phlogopite peridotite of Finero (Ivrea zone, Southern Alps): evidence and geochronology of a metasomatized mantle slab, *Journal of Petrology*, 42, 89-101.
- Grochau, B., Johannes, W. (1997). Stability of phlogopite in granitic melts, an experimental investigation, *Contrib Mineral Petrol*, 126, 315-330.
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A., Korotev, R.L. (1984). The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482.
- Gupta, A.K., Chattopadhyay, B., Fyfe, W.S., Powell, M. (2002). Experimental studies on three potassium-rich ultramafic rocks from Damodar Valley, East India, *Mineralogy and Petrology*, 74, 343-360.
- Harris, C., Faure, K., Diamond, R.E., Scheepers, R. (1997). Oxygen and hydrogen isotope geochemistry of S- and I-type granitoids: the Cape Granite suite, South Africa, *Chemical Geology* 143, 95-114.
- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A., Wildeman, T.R. (1968). Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths, In: *Origin and Distribution of the Elements*, (eds: L.H. Ahrens), Pergamon Press, 889-912
- Holness, M.B. (2000). Metasomatism and self-organization of dolerite dyke-marble contacts: Beinn and Dubhaich, Skye, *Journal of Metamorphic Geology*, 18, 103-118.
- Inoue, Y., Kase, K. (2005). Phlogopite in the contact-metamorphosed dunite-

- harzburgite complex at Yanomine, eastern chugoku, Japan, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 100, 150-158.
- J.C.P.D.S. (1990). *Powder Diffraction File, Alphabetical Indexes Inorganic Phases*, Swarthmore, United States of America, 871 p.
- Kaneoka, I., Takahashi, N., Arai, S. (2001).  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  analysis of phlogopite in the Horoman Peridotite complex, Hokkaido, Japan and implications for its origin, *The Island Arc*, 10, 22-32.
- Kavak, K.Ş. (1998). Savcun ve Karacaören (Ulaş-Sivas) yörelerinde Sivas Tersiyer havzasının tektonostratigrafisi, tektonik deformasyon biçimi ve sayısal görüntüleme yöntemleriyle incelenmesi, *Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas*, 268 s (yayımlanmamış).
- Koçyiğit, A. (1991). An example of an accretionary forearc basin from northern central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey, *Bulletin of Geological Society of America*, 103, 22-36.
- Köksal, S., Göncüoğlu, M.C. (2008). Sr and Nd isotopic characteristics of some S-, I- and A-type granitoids from Central Anatolia, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 111-127.
- Krasnova, N.I. (2001). The Kovdor phlogopite deposit, Kola Peninsula, Russia, *The Canadian Mineralogist*, 39, 33-44.
- Kretz, R. (1983). Symbols for rock-forming minerals, *American Mineralogist*, 68, 277-279.
- Krumm, S. (1996). WINFIT 1.2: version of November 1996 (The Erlangen geological and mineralogical software collection) of WINFIT 1.0: a public domain program for interactive profile-analysis under WINDOWS. XIII Conference on Clay Mineralogy and Petrology, Praha, 1994, *Acta Universitatis Carolinae Geologica*, 38, 253-261.
- Kyser, T.K. (1986). Stable isotope variations in the mantle, In: *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes* (eds: J.W. Valley, H.P.Jr. Taylor ve J.R. O'Neil), *Reviews in Mineralogy*, Chelsea, Mineralogical Society of America, 141-164.
- Leake, B.E. (1978). Nomenclature of amphiboles, *American Mineralogist*, 63, 1023-1052.



- Luth, W.C. (1967). Studies in the systems  $KAlSiO_4$ - $Mg_2SiO_4$ - $SiO_2$ - $H_2O$ : I, Inferred phase relations and petrologic applications, *Journal of Petrology*, 8, 372-416.
- Mader, D., Montanari, A., Gattacceca, J., Koeberl, C., Handler, R., Coccioni, R. (2001).  $^{40}Ar/^{39}Ar$  dating of a biotite-rich clay in the pelagic sequence of the Conero Riviera, Ancona, Italy, *Earth and Planetary Science Letters*, 194, 111-126.
- Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H., Guilford, C. (1988). *Atlas of Igneous Rocks and their Textures*, Longman, Great Britain, 148 p.
- McLennan, S.M. (1989). Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes, In: *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements* (eds: B.R. Lipin and G.A. McKay), *Reviews in Mineralogy*, Mineralogical Society of America, 169-200.
- Murakami, T., Kasama, T., Sato, M. (2002). Biotitization of vermiculite under hydrothermal condition, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 97, 263-268.
- MTA (2002). 1:500 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Sivas Paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Okay, A.C. (1952). Sivas 62/2 paftası lövesi raporu, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Derleme Rapor No: 2242.
- Okay, A.C. (1953). Sivas ile Tokat arasındaki bölgenin (Reşadiye 44/3 paftasının) jeolojisi hakkında not: Maden Tetkik Arama Derleme Rapor No: 2242.
- Okay, A.C. (1955). Sivas ile Tokat arasındaki bölgenin jeolojik etüdü, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmua Seri-B*, 20, 1-2, 95-108.
- O'Neil, J.R. (1986). Terminology and standards, In: *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes*, (eds: J.W. Valley, H.P. Taylor ve J.R. O'Neil), Mineralogical Society of America, Chelsea, 561-570.
- Poisson, A. (1986). Anatolian micro-continents in the Eastern Mediterranean context: The neo-Tethysian oceanic troughs, *Science de la Terre, Memoir*, 47, 311-328.
- Poisson, A., Guezou, J.C., Öztürk, A., İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K.S., Özden, S. (1996). Tectonic setting and evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey, *International Geology Review*, 38, 838-853.

- Pollak, A. (1957). Akdağmadeni-Yıldızeli sahasında yapılan prospeksiyon hakkında rapor, Maden Tetkik Arama Arşiv no: 2321.
- Reynolds, R.C., Jr. (1985). NEWMOD<sup>®</sup> A Computer Program for the calculation of One-Dimensional Diffraction Patterns of Mixed-Layered Clays, R.C. Reynolds, Jr., 8 Brook Rd., Hanover, NH.
- Rizzo, G., Piluso, E., Morten, L. (2001). Phlogopite from the ultramafic rocks, Central Calabria, Southern Italy, *European Journal of Mineralogy*, 13, 1139-1151.
- Sato, K., Katsuro, T., Ito, E. (1996). Phase relations of phlogopite with and without enstatite up to 8 Gpa: implications to potassic magmatism and mantle metasomatism, *Technical Report of ISEI, Seri A*, 65, 1-20.
- Savoja, A. (1960). Belcik-Yıldızeli (Sivas) bölgesinin 60/2 paftasının jeolojisi ve petrol imkanları: Maden Tetkik Arama Derleme Rapor No: 2844.
- Schreyer, W., Abraham, K., Kulke, H. (1980). Natural sodium phlogopite coexisting with potassium phlogopite and sodian aluminian talc in a metamorphic evaporite sequence from Derrag, Tell Atlas, Algeria, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 74, 223-233.
- Seymen, İ. (1981a). Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24, 101-108.
- Seymen, İ. (1981b). Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin metamorfizması, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı “İç Anadolunun Jeolojisi Sempozyumu”, 12-15.
- Seymen, İ. (1982). Kaman Dolayında Kırşehir Masifinin Jeolojisi, *Doçentlik Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul, 164 s (yayınlanmamış).
- Seymen, İ. (1983). Tamadağ (Kaman-Kırşehir) çevresindeki Kaman grubunun ve onunla sınırdaş oluşukların karşılaştırılması tektonik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 89-98.
- Sharp, T.G., Otten, M.T., Buseck, P.R. (1990). Serpentinization of phlogopite phenocrysts from a micaceous kimberlite, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 104, 530-539.
- Sheppard, S.M.F. (1986). Characterization and isotopic variations in natural waters, 165-184 page in: *Stable Isotopes in High-temperature Geological*

- Processes (ed: J.W. Valley, Jr H.P. Taylor ve J. O'Neil), Reviews in Mineralogy 16, Mineralogical Society of America, Washington DC.
- Sheppard, S.M.F., Gilg, H.A. (1996). Stable isotope geochemistry of clay minerals, *Clay Minerals*, 31, 1-24.
- Sheppard, S.M.F., Nielsen, R.L., Taylor H.P.Jr. (1969). Oxygen and hydrogen isotope ratios of clay minerals from porphyry copper deposits, *Economic Geology*, 64, 755-777.
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name, *Earth-Science Reviews*, 12, 1-13.
- Sun, S.S., McDonough, W.E. (1989). Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: Implications for mantle composition and processes, 313-345, in: *Magmatism in Ocean Basalts*, (eds: A.D. Saunders and M.J. Norry), Geological Society of London, London, 42.
- Şengör, A.M.C. (1979). The north Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance, *Journal of Geological Society of London*, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şakar, İ. (2004). Karakoç Mafik Kompleksi'nin (GB Yıldızeli, Sivas) Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Mühendislik Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 91 s.
- Tatar, Y. (1977). Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) bölgesinin stratigrafisi ve petrografisi, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 88, 56-72.
- Tatar, S. (1997). Yozgat batoliti Şefaathli kuzey kesiminin (G Yozgat) petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 s (yayınlanmamış).
- Tatsumi, Y., Koyaguchi, T. (1989). An absorokite from a phlogopite Iherzolite source, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 102, 34-40.
- Taylor, H.P., Jr. (1968). The oxygen isotope geochemistry of igneous rocks, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 19, 1-71.
- Toksoy, F. (1998). Kuraçalı Bölgesindeki (Kırşehir-Orta Anadolu) Vermikülitleşmiş Flogopit İçeren Metagabroların Petrografisi ve Mineralojisi, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 175 s (yayınlanmamış).
- Toksoy-Köksal, F., Göncüoğlu, M.C., Yalınız, M.K. (2001). Petrology of the

Kurancali Phlogopitic Metagabbro: An Island Arc–Type Ophiolitic Sliver in the Central Anatolian Crystalline Complex, *International Geology Review*, 43, 624-639.

Toksoy-Köksal, F., Türkmenoğlu, A.G., Göncüoğlu, M.C. (2001). Vermiculization of phlogopite in metagabbro, Central Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 49, 81-91.

Tolluoğlu, Ü. (1986). Orta Anadolu Masifi'nin güneybatısında (Kırşehir yöresinde) petrografik ve petrotektonik incelemeler, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 237 s (yayınlanmamış).

Tolluoğlu, A.Ü. (1987) Orta Anadolu Masifi Kırşehir metamorfitlelerinin (Kırşehir Kuzebatısı) petrografik özellikleri, *Doğa, Mühendislik ve Çevre Dergisi*, 11, 344-361.

Tolluoğlu, A. Ü. (1990). Orta Anadolu Masifi Kırşehir Metamorfitlelerinin (Kırşehir Kuzebatısı) Petrolojik özellikleri, *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri-A, Yerbilimleri*, 6-7, 3-25.

Tolluoğlu, Ü. (1993). Kırşehir Masifi'ni Kesen Felsik İntrüziflerin (Kötüdağ ve Buzlukdağ) Petrografik ve Jeokimyasal Karakterleri, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 16, 19-41.

Türel, T.K., Göncüoğlu, M.C. ve Akıman, O. (1993). Ekecik Granitoyidi'nin petrolojisi ve kökeni (Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı Batısı), *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri 25. Yılı Sempozyumu, Bildiri özleri*, 45-46.

Üçgül, E. (1997). Sivas-Yıldızeli-Karakoç Flogopit Cevherinin Isısal ve Kimyasal Genleşme Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği, Ankara, 71 s.

Ünal, Ş. (1987). Karaçayır (Sivas) Siyenit Masifi'nin mineralojik petrografik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 82 s (yayınlanmamış).

Van Acherbergh, E., Griffin, W.L., Stiefenhofer, J. (2001). Metasomatism in mantle exoliths from the Letlhakane kimberlites: estimation of element fluxes, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 141, 397-414.

Wagner, C., Deloule, E., Mokhtari, A. (1996). Richterite-bearing peridotites and MARID-type inclusions in lavas from North Eastern Morocco: mineralogy and D/H isotopic studies, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 124, 406-421.

- Weaver, C.E., Pollard, L.D. (1973). The Chemistry of Clay Minerals, Developments in Sedimentology, 15, 213 p.
- Wenner, D.B., Taylor, H.P.Jr. (1974). D/H and O<sup>18</sup>/O<sup>16</sup> studies of serpentinization of ultramafic rocks, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 1255-1286.
- Whalen, J.B., Jenner, G.A., Longstaffe, F.J., Robert, F., Garipey, C. (1996). Geochemical and isotopic (O, Nd, Pb and Sr) constraints on A-type granite petrogenesis based on the Topsails igneous suite, Newfoundland Appalachians, *Journal of Petrology*, 376, 7-60.
- Wiese, R.G., Edgar, A.D., Barnett, R.L. (1996). Textural and compositional variations in phlogopite and biotite in kimberlite from Fayette County, Pennsylvania, a documentation of possible evolution of kimberlite magma, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 170, 111-126.
- Wones, D.R., Gilbert, M.C. (1982). Amphiboles in the igneous environment, *Reviews in Mineralogy 9B*, Mineralogical Society of America, 355-390.
- Wulff-Pedersen, E., Neumann, E-R., Jensen, B.B. (1996). The upper mantle under La Palma, Canary islands, formation of Si-K-Na-rich melt and its importance as a metasomatic agent, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 125, 113-139.
- Yalçın, H., Hozathoğlu, D., 2007. Kuluncak (Malatya) Yöresi Flogopit Oluşumlarının Mineralojisi, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, No: M-283, 113 s.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö. (2002). Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası, deniz suyu-kayaç etkileşimine bir örnek, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 19, 81-98.
- Yalçınlar, İ. (1955). Sivas 61-2 ve Sivas 61-4 paftalarına ait jeolojik rapor, Maden Tetkik Arama rapor no: 2577.
- Yalınız, K., Göncüoğlu, M.C. (1998). General geological characteristics and distribution of Central Anatolian Ophiolites, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri, 20, 19-30.
- Yalınız, M.K., Aydın, N.S., Göncüoğlu, M.C., Parlak, O. (1999). Terlemez Quartz Monzonite of Central Anatolia (Aksaray-Sarıkaraman): age, petrogenesis and geotectonic implications for ophiolite emplacement, *Geological Journal*, 34, 233-242.

- Yılmaz, A. (1981a). Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitli karışığın iç yapısı ve yerleşme yaşı, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 31-36.
- Yılmaz, A. (1981b). Tokat ile Sivas arasındaki bölgede bazı volkanitlerin petrokimyasal özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 51-58.
- Yılmaz, A. (1985). Yukarı Kelkit çayı ve Munzur dağları arasının temel jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 79-92.
- Yılmaz, A. (1998). Sivas havzasının jeodinamik evrimi, Ofiyolit-Granitoyid İlişkisi ile Gelişen Demir Yatakları Sempozyumu, 10-13 Eylül, Sivas, Bildiriler Kitabı, 66-82.
- Yılmaz, A., Özer, S. (1984). Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı'nın Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) arasındaki bölümünün temel jeolojisi ve Tersiyer Havzasının yapısal evrimi, Ketin Sempozyumu, 163-174.
- Zanetti, A., Mazzucchelli, M., Rivalenti, G., Vannucci, R. (1999). The Finero phlogopite-peridotite massif: an example of subduction-related metasomatism, Contributions to Mineralogy and Petrology, 134, 107-122.
- Zheng, Y.F. (1993). Calculation of oxygen isotope fractionation in hydroxyl-bearing silicates, Earth and Planetary Science Letters, 120, 247-263.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı Hulya YEŞİLDAĞ  
Doğum Yeri ve Yılı Bochum/B.Almanya, 25/05/1979  
Medeni Durum Bekar  
Yabancı Diller İngilizce  
Yazışma Adresi Cumhuriyet Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü 58140 Sivas  
e-posta hyesildag\_79@hotmail.com

### Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Hemşirelik	Kayseri Sağlık Meslek Lisesi	1993-1997
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Böl.	2002-2006
Yüksek Mühendislik	Jeoloji Mühendisliği	Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2006-

### İş Tecrübesi

Cumhuriyet Üniversitesi  
i Lisansüstü Öğrenci, 2001-2009  
(Aletsel Analiz: XRD, XRF, AAS)  
Sağlık Bakanlığı Hemşire, 1998-2008  
Enerji ve Tabii Mühendis, 2009  
Kaynaklar Bakanlığı

### Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

Dönem İkincilik Ödülü	Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl.	2006
Onur Belgesi	Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl.	2006
TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası	Asil	2006