

**KIRŞEHİR YÖRESİNDE BÖLGESEL METAMORFİK  
KAYAÇLARDAKİ 'GRANAT-BİYOTİT' JEOTERMOMETRESİ  
KULLANILARAK METAMORFİZMA SICAKLIĞININ  
BELİRLENMESİ**

**DETERMINATION OF TEMPERATURE OF  
METAMORPHISM BY USING 'GARNET-BIOTITE'  
GEOTERMOMETER AT REGIONAL METAMORPHIC ROCKS  
IN KIRSEHIR REGION**

**GÜLÇİN TENKEKİOĞLU**

Hacettepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin  
JEOLOJİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

2005

# KIRŞEHİR YÖRESİNDE BÖLGESEL METAMORFİK KAYAÇLARDAKİ 'GRANAT-BİYOTİT' JEOTERMOMETRESİ KULLANILARAK METAMORFİZMA SICAKLIĞININ BELİRLENMESİ

Gülçin Tenekecioğlu

## ÖZ

Çalışmada, Orta Anadolu Masifinin güneybatı kısmında yer alan Kırşehir yöresinde bulunan bölgesel metamorfik kayaçlardaki granat-biyotit mineral birlikteliği kullanarak daha önceden belirlenmiş üç metamorfizma zonundaki metamorfizma sıcaklığının belirlenmesi, granat minerallerinin Mn içeriği ile metamorfizma derecesi arasında ilişki ve belirlenen mineral birliktelikleri ile metamorfizma derecesinin yorumlanması amaçlanmıştır.

İnceleme alanı, Kırşehir'in kuzey-kuzeybatısında bulunan Karıncalı Köyü civarı ve Göllü Köyü civarı olmak üzere 2 ayrı bölgeyi kapsamaktadır.

İnceleme alanında, yüzeyleyen kayaçların oluşturduğu istif, bugüne kadar yapılan çalışmalar dikkate alınarak alttan üste doğru Paleozoyik yaşlı Kırşehir Metamorfitleri olarak isimlendirilen 'Kalkanlıdağ Formasyonu', 'Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi', 'Naldökendağ Formasyonu', 'Bozçaldağ Formasyonu', Jura-Kretase yaşlı 'Karakaya Ultramafiti', tüm bu istifi kesen Paleosen yaşlı 'Baranedağ Granitoyidi', 'Çayağazı Siyenitoyidi', tüm bu istif üzerine diskordan olarak gelen Pliyosen yaşlı 'Sedimenter Örtü Kayaçları' ve Kuvaterner yaşlı 'Alüvyon' şeklinde litostratigrafik birimlere ayrılmıştır.

Kalkanlıdağ Formasyonunu metapelitler (mikaşist, mika-gnays, mika-kuvarsit), metakarbonatlar (kalsit-kuvarsşist, kalsit-mikaşist) ve amfibolitler; Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesini kuvarsitler; Bozçaldağ Formasyonunu mermerler oluşturmaktadır.

Granat-biyotit mineral birlikteliği içeren Kalkanlıdağ Formasyonu metapelitlerinde daha önceden belirlenmiş metamorfizma zonlarında Fe-Mg element değişimine dayanılarak yapılan jeotermometre hesaplamaları sonucu I. Zon'da 318-446°C, II. Zon'da 547°C ve III. Zon'da 728°C olarak bulunmuştur.

Granat minerallerinin Mn içeriği I. Metamorfizma Zonu'nda %21,27-22,43, II. Metamorfizma Zonu'nda %20,00 ve III. Metamorfizma Zonu'nda %2,24 olarak bulunmuş ve metamorfizma derecesi ile Mn içeriği arasında ters ilişkinin varlığı inceleme alanında da belirlenmiştir.

I. Zon'da bulunan mineral birliktelikleri bu zonun Yeşilşist Fasiyesine karşılık geldiğini ve sıcaklığın 300-500°C arasında değiştiğini, II. Zon'da bulunan mineral birliktelikleri bu zonun Amfibolit Fasiyesine karşılık geldiğini ve sıcaklığın 500°C'den başladığını ve III. Zon'daki mineral birlikteliği ise bu zonun üst Amfibolit Fasiyesine karşılık geldiğini bu fasiyeste sıcaklığın 700°C dolaylarında olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelime:** Granat-Biyotit, Jeotermometre, Kırşehir Masifi

Danişman: Prof. Dr. Yavuz ERKAN, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı

# **DETERMINATION OF TEMPERATURE OF METAMORPHISM BY USING 'GARNET-BIOTITE' GEOTHERMOMETER AT REGIONAL METAMORPHIC ROCKS IN KIRSEHIR REGION**

**Gülçin TENEKECİOĞLU**

## **ABSTRACT**

This study aimed to find out the temperature of metamorphism which is previously determined in three metamorphic zones calculated using the 'garnet-biotite' mineral assembly in regional metamorphic rocks of Kırsehir region in southwest part of Middle Anatolia Massif and the relationship between the 'garnet' minerals' with Mn content and the degree of metamorphism and also determined mineral assemblages with the degree of metamorphism.

The investigation area include two different regions, around are Karıncalı Village and Göllü Village. Regions located in the northwest part of Kırsehir.

Taking into account the previous studies of the region, the stratigraphic sequence of rocks in the area is sorted from the bottom to top as follows: These are the Paleozoic old Kırsehir Metamorphites 'Kalkanlıdağ Formation', 'Kargasekmez Tepe Quartzite Member', 'Naldökendağ Formation', 'Bozçaldağ Formation', Jurassic-Cretaceous old 'Karakaya Ultramafitite'; Paleocene old 'Baranedağ Granitoids', 'Çayağazı Siyenitoids' are cutting through this pile and Pliocene old 'Sedimentary Rocks' with Quaternary old 'Alluvium' covers discordantly over this pile.

Kalkanlıdağ Formation is formed by metapelites (micashist, mica-gneiss, mica-quartzite), metacarbonates (calcite-quartzshist, calcite-micashist) and amphibolites; Kargasekmez Tepe Quartzite Member is formed by quartzite; Bozçaldağ Formation is formed by marbles.

Geothermometric calculation results based upon Fe-Mg exchange in Kalkanlıdağ Formation metapelites which are comprising 'garnet-biotite' mineral assembly in previously determined metamorphic zones are found for the I. Zone 318-446°C, for the II. Zone 547°C and for the III. Zone 728°C.

Mn content of garnet minerals for the I. Metamorphic Zone is %22,43-21,27, for the II. Metamorphic Zone is %20,00 and for the III. Metamorphic Zone is %2,24. In the studied area, it is found out a negative relationship between the degree of metamorphism and Mn content.

Mineral assemblages in the I. Metamorphic Zone corresponds to Greenshist Facies and the temperature varies between 300-500°C, mineral assemblages in the II. Metamorphic Zone point out to Amphibolite Facies and the temperature is beginning from the 500°C, mineral assemblages for the III. Metamorphic Zone indicates to upper-Amphibolite Facies with the temperature around 700°C.

**Key Words:** Garnet-Biotite, Geothermometre, Kırşehir Massif

Advisor: Prof. Dr. Yavuz ERKAN. Hacettepe University, Geological Engineering Department, Mineralogy-Petrography Section.

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, 2003-2005 yılları arasında Prof.Dr. Yavuz ERKAN danışmanlığında Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle beni bu çalışmaya teşvik eden, değerli fikirleri ve bilgileri ile beni yönlendiren, bugünkü bilgi ve becerilerimi kazanmamı sağlayan, çalışma süresince yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen, bana destek olan değerli tez danışmanım, Prof. Dr. Yavuz ERKAN'a,

Tez çalışması süresince değerli bilgilerinden ve eleştirilerinden yararlandığım, bana her konuda destek olan Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyeleri, Prof. Dr. Abidin Temel, Doç. Dr. Emel BAYHAN, Doç. Dr. Ersen BUKET, Yrd. Doç. Dr. Meral DOĞAN'a,

Çalışmanın her aşamasında, benimle her türlü fikir ve bilgilerini paylaşan Araş. Gör. Dilek TURAN, Araş. Gör. Deniz DOĞAN, Dr. Ali Murat AY'a ve tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Laboratuvar çalışmalarımı yapma imkanı veren Şişecam Ar-Ge grubuna ve grup müdürü Dr. Eşref AYDIN'a

Çalışmanın başından sonuna kadar maddi, manevi her konuda bana destek olan ilgisini, eleştirilerini ve bilgisini benden esirgemeyen, beni teşvik eden Mustafa Ali ÖZMEN'e,

Bu tez çalışması boyunca bana her konuda yardımcı olup, yanımda oldukları, maddi manevi her türlü destekleri için babama, anneme, kardeşime ve eniştem'e

TEŞEKKÜR EDERİM.

Gülçin TENKEKİOĞLU

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ .....	1
1.1.Çalışma Alanının Tanıtılması.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	4
1.3. Çalışma Yöntemleri.....	5
1.3.1 Arazi Çalışmaları .....	5
1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	5
1.4. Önceki Çalışmalar.....	8
2.ÇALIŞMA ALANININ BÖLGESEL JEOLJİSİ.....	12
2.2. Kırşehir Metamorfitleri.....	17
2.2.1. Kalkanlıdağ Formasyonu .....	17
2.2.2. Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi.....	21
2.2.3. Naldökendağ Formasyonu .....	23
2.2.4. Bozçaldağ Formasyonu .....	23
2.3. Karakaya Ultramafti.....	26
2.4. Baranedağ Granitoyidi .....	26
2.5. Çayağazı Siyenitoyidi.....	27
2.6. Sedimanter Örtü Kayaçları .....	27
2.7. Alüvyon .....	27
3. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER .....	28
3.1. Giriş.....	28
3.2. Kırşehir Metamorfitleri.....	31
3.2.1. Kalkanlıdağ Formasyonu .....	32
3.2.1.1. Metapelitler.....	32
3.2.1.1.a Mikaşist.....	32
3.2.1.1.b Mika-gnays.....	34
3.2.1.1.c Mika-kuvarsit.....	36
3.2.1.2. Metakarbonatlar .....	38
3.2.1.2.a Kalsit-kuvarşşist.....	38
3.2.1.2.b Kalsit-mikaşist.....	39
3.2.1.3. Amfibolitler.....	41
3.2.2. Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi.....	44
3.2.3. Bozçaldağ Formasyonu .....	46
4. KİMYASAL İNCELEMELER .....	48
4.1. Giriş.....	48
4.2. Biotit ve Granat Minerallerinin Kimyasal Bileşimleri .....	49

4.3. Hesaplamalar .....	50
4.3.1. Metamorfizma Sıcaklığının Belirlenmesi .....	50
4.4. Granat Minerallerinin Bileşimi .....	56
4.5. Granat Mineralinin Mn İçeriği ile Metamorfizma Derecesi Arasındaki İlişki....	57
4.6. Mineral Birliktelikleri ve Metamorfizma Derecesi Arasındaki İlişki.....	60
5. SONUÇLAR.....	63
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	65

#### EKLER DİZİNİ

Ek 1. Çalışma alanının (1. Bölge: A, 2. Bölge: B) jeoloji ve lokasyon haritası (Kara ve Dönmez 1990'dan değiştirilerek alınmıştır).....	69
Ek 2. Analizleri yapılan örneklerin zon haritasında gösterimi (Erkan, 1976'dan değiştirilerek alınmıştır).....	70
Ek 3. Çalışma alanından alınan örneklerin ayrıntılı mineralojik - petrografik incelemeleri.....	71

#### ÖZGEÇMİŞ



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Alm	: Almandin	K	: Kuzey
Ap	: Apatit	G	: Güney
Bi	: Biyotit	D	: Doğu
Ep	: Epidot	B	: Batı
Fld	: Feldispat	KD	: Kuzeydoğu
G	: Granat	KB	: Kuzeybatı
Gr	: Grossular	GD	: Güneydoğu
Hb	: Hornblend	GB	: Güneybatı
Kl	: Klorit		
Kls	: Kalsit		
K	: Kuvars		
Mkr	: Mikroclin		
Ms	: Muskovit		
Op. min.	: Opak mineraler		
Or	: Ortoklaz		
Plj	: Plajiyoklaz		
Pr	: Piroop		
Ru	: Rutil		
Sil	: Sillimanit		
Sp	: Spessartin		
Ti	: Titanit		
Tur	: Turmalin		
Tr	: Tremolit		
Zr	: Zirkon		
H.Ü.	: Hacettepe Üniversitesi		
M.T.A.	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü		
T.J.K.	: Türkiye Jeoloji Kurumu		

## ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	Orta Anadolu Masifinin genelleştirilmiş haritası (Whitney vd. 2003'den değiştirilerek alınmıştır).....	2
Şekil 1.2.	Çalışma alanının yer bulduru haritası (Whitney 2003, Kara ve Dönmez 1990'dan değiştirilerek alınmıştır).....	3
Şekil 1.3	Karot kesme makinesi.....	6
Şekil 1.4.	Boyut ayarlama makinesi.....	6
Şekil 1.5.	Aşındırma cihazı.....	6
Şekil 1.6.	Kaplama Makinesi.....	6
Şekil 1.7	Kaplama Makinesi.....	7
Şekil 1.8.	Elektron mikroprop cihazı.....	7
Şekil 1.9.	Kesit ile kesit tutucu arasına gümüş sürülerek analiz için mikroprop cihazına konulduğu yuva.....	7
Şekil 2.1.	Bölgede farklı araştırmacılar tarafından yapılmış stratigrafik istiflerin karşılaştırılması (a) Seymen, 1982, b) Tolluoğlu, 1986, c) Kara ve Dönmez, 1990, KAF; Kalkanlıdağ Form.-KK; Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi- KEF; Kervansaraydağ Form.-ÇK; Çatalçövsütepe Kuvarsit Üyesi-BF; Bozçaldağ Form.-HF; Haciselimli Form.-KF; Kartal Form.-AF; Asmaboğazı Form.-BS; Buzlukdağ Siyenitoyidi-BG; Barenedağ Granitoyidi-KV; Karahıdır Volkanik Üyesi.....	13
Şekil 2.2.	Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Tolluoğlu, 1986'dan revize edilmiştir).....	16
Şekil 2.3.	Kalkanlıdağ Formasyonundaki şistlerin genel görünümü (Arzıgediği Mevkii; Bakış yönü:KD).....	18
Şekil 2.4.	Karıncalı Köyü kuzeybatısında bulunan Kalkanlıdağ Formasyonu içinde yer alan Höyük Tepe zirvesindeki şistlerin genel görünümü (Bakış yönü: GD).....	19
Şekil 2.5.	Kalkanlıdağ Formasyonu içinde gözlenen şistlerin genel görünümü ve sağ yönlü doğrultu atımlı fay (Höyük Tepe-Kale Tepe arası; Bakış yönü:B).....	20
Şekil 2.6.	Yağmurlukale Köyü'nün güney kısmında bulunan Kalkanlıdağ Formasyonu üstünde yer alan kuvarsitlerin genel görünümü (Bakış yönü: KD).....	21
Şekil 2.7.	Yalıkaya civarında bulunan kuvarsitlerin genel yayılımı (Bakış yönü: KD).....	22
Şekil 2.8.	Kıvrımlanmış ve kırılmış kuvarsitin mostradaki görünümü .....	22
Şekil 2.9.	Bozçaldağ Formasyonunda yüzeylemiş olan mermerlerin genel görünümü (Bakış yönü: GD).....	24
Şekil 2.10	Bozçaldağ Formasyonuna ait mermerlerin genel görünümü (Kurtbeliyeniyapan Köyü GD'su; Bakış yönü: D).....	24
Şekil 2.11.	Mermerlerde gözlenen bantlaşma (Kurtbeliyeniyapan Köyü GD'su; Bakış yönü: D).....	25
Şekil 2.12.	Bozçaldağ Formasyonu mermerlerin genel görünümü (Karıncalı civarı; Bakış yönü: GB).....	25
Şekil 3.1.	Metamorfik Kayaçların Sınıflandırılması (Fritsch vd., 1967).....	30
Şekil 3.2.	Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde gözlenen granat-mikaşistin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-34).....	37

Şekil 3.3.	Kalkanlıdağ Formasyonuna ait mika-gnays örneklerinin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-3).....	37
Şekil 3.4.	Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde gözlenen granat-sillimanit-gnays örneğinin genel görünümü(a. Tek Nikol, b. Çift Nikol , Örnek No: G-54).....	37
Şekil 3.5.	Kalkanlıdağ Formasyonuna ait metakarbonatlı kayalardan kalsit-kuarşist örneğinin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: 46).....	40
Şekil 3.6.	Kalkanlıdağ Formasyonuna ait metakarbonatlı kayalardan kalsit-mikaşist örneğinin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: 9).....	40
Şekil 3.7.	Kalkanlıdağ Formasyonu içinde gözlenen amfibolitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, Çift Nikol, Örnek No: a;G-40A, b;G-10).....	43
Şekil 3.8.	Kalkanlıdağ Formasyonuna ait amfibolitlerin genel görünümü(a. Tek Nikol, Çift Nikol Örnek No: G-6).....	43
Şekil 3.9.	Kalkanlıdağ Formasyonu içinde gözlenen epidot-amfibolit örneğinin genel görünümü(a. Tek Nikol, Çift Nikol Örnek No: G-35A-B).....	43
Şekil 3.10.	Kuarsitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-17).....	45
Şekil 3.11.	Kuarsitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-51).....	45
Şekil 3.12.	Muskovit-kuarsitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-50).....	45
Şekil 3.13.	Bozçaldağ Formasyonu içerisinde gözlenen muskovit içeren mermerlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-20A).....	47
Şekil 3.14.	Bozçaldağ Formasyonu içerisinde gözlenen kuvars içeren mermerlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-22B).....	47
Şekil 4.1	Granat minerallerinin kimyasal bileşimi (Spear,1995).....	56
Şekil 4.2.	Granat minerallerinin spessartin, almandin, grossular ve pirop oranlarını gösterir diyagram (Diana Meza-Figueroa, 2003).....	59

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Granat minerallerinin mikroprop analiz sonuçları (Fe <sup>+2</sup> ve Fe <sup>+3</sup> FeO şeklinde verilmiştir).....	49
Çizelge 4.2. Biyotit minerallerinin mikroprop analiz sonuçları (Fe <sup>+2</sup> ve Fe <sup>+3</sup> FeO şeklinde verilmiştir) .....	50
Çizelge 4.3. Oksitler içindeki oksijen miktarı.....	51
Çizelge 4.4. Oksitler içindeki % oksijen ağırlığı.....	51
Çizelge 4.5. 12 oksijen atomuna göre hesaplanmış katyon sayıları.....	52
Çizelge 4.6. G-54 nolu örnekteki biyotit minerali için sıcaklık hesaplamalarında kullanılan verilerin elde edilmiş yöntemi.....	53
Çizelge 4.7. G-34, G-4, G-7B ve G-54 örnekleri için yapılan hesaplama özeti.....	54
Çizelge 4.8. Granat-biyotit jeotermometre hesaplama sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	55
Çizelge 4.9. Granat minerallerinin almandin-pirop-grossular ve spessartin oranları.....	57
Çizelge 4.10. Granat minerallerinin Mn içeriği.....	58
Çizelge 4.11. İnceleme alanındaki metamorfik kayalarda saptanan metamorfizma zonlarındaki mineral dağılımı (Sürekli çizgiler minerallerin varlığını, kesikli çizgiler ise olabilme ihtimalini göstermektedir).....	61



# 1.GİRİŞ

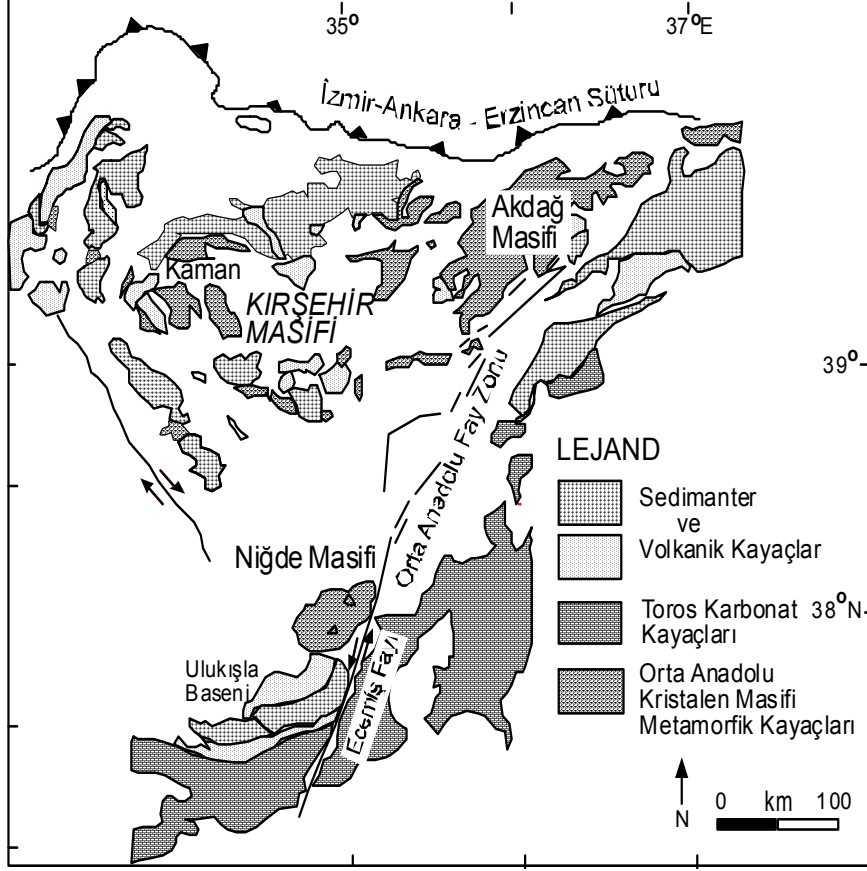
## 1.1.Çalışma Alanının Tanıtılması

Orta Anadolu bölgesinde farklı büyüklüğe sahip ve yüzeylendikleri alanda yerleşim merkezlerinin adları ile anılan irili ufaklı magmatik ve metamorfik kayalar topluluğu literatürde İç Anadolu, Orta Anadolu veya Kızılırmak Masifi olarak tanımlanır. Bölgenin batısında yüzeylenen kütleler Kırşehir Masifi, doğusunda Yozgat ili Akdağmadeni çevresindeki benzer kütleler Akdağmadeni Masifi olarak adlandırılırken bölgenin güneyinde Niğde ili çevresindeki magmatik ve metamorfik kayalar toplulukları da son çalışmalarda Orta Anadolu Masif topluluğuna dahil edilmektedir. Orta Anadolu Masifinin genelleştirilmiş haritası Şekil 1.1’de verilmiştir.

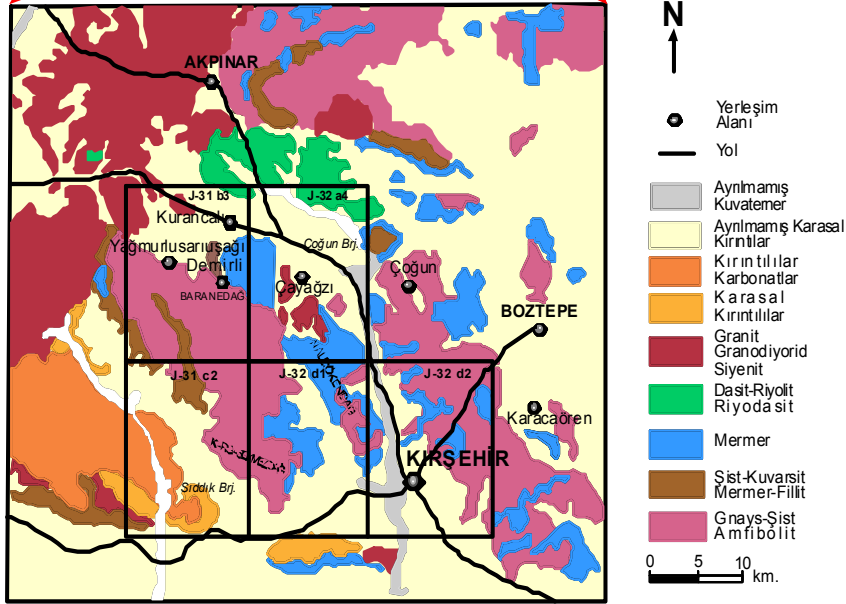
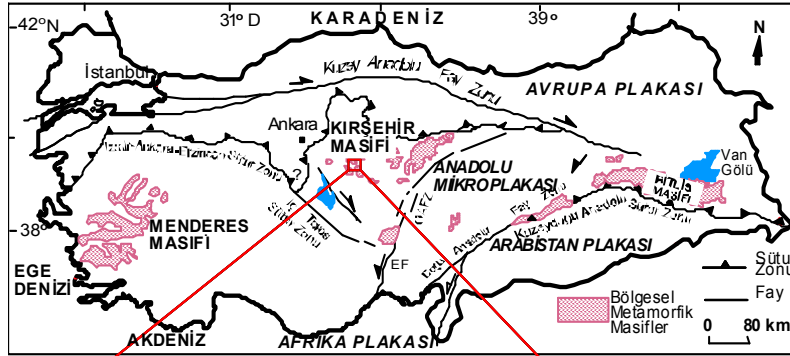
Çalışma alanı Kırşehir ilinin kuzey ve kuzey batısında çeşitli bölgelerde örneklemelerin yapıldığı 1/25000 ölçekli KIRŞEHİR J31-b3-c2 ve J32-a4-d1-d2 topografik haritalarını kapsamaktadır. Çalışma alanının yer bulduru haritası Şekil 1.2’de verilmiştir.

İnceleme alanı güneydoğusunda Kırşehir ili yerleşim merkezi yer alır. Diğer önemli yerleşim merkezlerini kuzeyde Çayağazi, Çoğun, Çimeli, Taşlıtepe, Karahıdır, Temrili ilçeleri, kuzey batıda Kurançalı, Ömerhacılı ilçeleri, güneybatıda Yağmurlusarıuşağı, Yağmurlubüyükoba ve güneyde Yağmurluarmutlu, Yağmurlukale köyleri oluşturur. Bölgede tipik karasal iklim gözlenmektedir. Yazları sıcak ve kurak kışları soğuk ve yağışlı bir iklim hüküm sürmektedir.

İnceleme alanı karmaşık ve sık bitki örtüsünden yoksun olup jeolojik araştırmalar için oldukça elverişli bir mostra şekli sergilemektedir. Bölgede derin vadilerin gözlenmediği uyumlu yumuşak bir topoğrafya hakimdir. En önemli topografik yükseltileri Naldökendağ (1516 m), Üçkuyu Tepe (1600 m), Yalangılık Tepe (1579 m), Kargasekmez Tepe (1695 m), Kale Tepe(1727 m), İncegedik Tepe(1694 m), Bozçal Tepe (1645 m), Bağkonağı Tepe (1670 m), Bozbel Tepe(1803 m), Tümsoygun Tepe(1808 m), Keçikale Tepe (1783 m), Meşelioğlu Tepeler, Kartalkaya Tepe (1665 m) ve Alıçkaya Tepe (1711 m) oluşturur.



Şekil 1.1. Orta Anadolu Masifinin genelleştirilmiş haritası (Whitney vd. 2003'den basitleştirilerek alınmıştır).



Şekil 1.2. Çalışma alanının yer bulduru haritası (Whitney 2003, Kara ve Dönmez 1990'dan değiştirilerek alınmıştır).



Bölgedeki akarsular genellikle az su taşıyan veya kuru dereler şeklindedir. Önemli akarsu yatakları kuzeybatı-güneydoğu yönlü Tataroğlu Dere, Şalgösteren Dere, Üçkuyu Dere, Ayıni Dere, Akçeşme Dere ve Yolcupınar Deredir. Bu drenaj sistemine yaklaşık dik doğrultuda gelişen önemli dereler ise Büyük Dere, İğdeliöz Dere, Çayırboğazı Dere, Söğütyurdu Dere, Çavdar Dere, Bağ Dere, Kalkan Dere, Meşeli Dere, Sap Dere, İnli Dere, Köprü Deredir.

Çalışma alanında ulaşım ilçeler arası yollar ile sağlanmaktadır. İlçe ve köy yolları şebekesi devamlı bakımlı stabilize bir kara yolu ağı oluşturmaktadır. Arazinin hemen hemen her bölgesine bu yollar yardımıyla ulaşmak mümkün olmaktadır.

## **1.2. Çalışmanın Amacı**

Tez çalışmasında, Orta Anadolu Masifinin güneybatı kısmında yer alan Kırşehir yöresinde bulunan bölgesel metamorfik kayalardaki (mermer, kalkşist, kalksilikatik gnays ve daha az miktarlarda kuvarsit, mikaşist, gnays ve amfibolit) granat-biyotit mineral birlikteliği kullanılarak daha önceden belirlenmiş üç metamorfizma zonundaki (Erkan, 1978) metamorfizma sıcaklığının belirlenmesi, ayrıca bölgede bulunan zirkon içeren gnays örneklerinin toplanıp zenginleştirilmiş zirkon minerallerinden yaş tayini yapılması ve bölgenin metamorfizma yaşının belirlenmeye çalışılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, 1/25000 ölçekli Kırşehir J31-b3-c2 ve J32-a4-d1-d2 topografik haritalarının sınırlarının içinde kalan metamorfik birimlerden örnek alınmış, petrografik veriler yardımıyla ve daha önceki çalışmalardan faydalanılarak, makroskopik ölçekte kayaların genel yapısının, mikroskopik ölçekte ayrıntılı mineralojik bileşimlerinin, dokusal özelliklerinin tanımlanması ve metamorfizma sıcaklığının saptanması, ayrıca imkan sağlanabilirse zirkon yaş tayini yapılması planlanmıştır.

### **1.3. Çalışma Yöntemleri**

İnceleme alanında, araştırmanın amacına yönelik olarak yapılan çalışmalar, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere başlıca iki grup altında toplanmıştır.

#### **1.3.1 Arazi Çalışmaları**

Bölgede yapılan arazi çalışması, 2004 yılının yaz ayında, Kırşehir bölgesinde bulunan metamorfik kayalardan örnek alınarak yürütülmüştür.

Çalışmanın konusunu oluşturan birimlerin yüzeyletiği bu bölgedeki 54 lokasyondan, çalışmanın amacına uygun, mostrada en iyi yüzeylemiş, taze kayaç örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin arazi görünüşleri, mezoskopik ve makroskopik ölçekte ayırtedilebilen bazı tipik özellikleri belirlenmiştir. Birimlerin mostra görünüşleri tanımlanmaya çalışılmış, arazi çalışmaları sırasında çekilen fotoğraflarla desteklenmiştir. Arazi çalışmaları, araziye çıkmadan önce haritalar üzerinde belirlenmiş noktalardan örnek alımı şeklinde yürütülmüştür.

#### **1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları**

Arazi gözlemleri sonrası yürütülen laboratuvar çalışmalarında, araziden alınan kayaç örneklerinin incekesitleri Hacettepe Üniversitesi kesit laboratuvarında yaptırılıp, polarizan mikroskopta incelenmiştir. Mikroskop altında yapılan incelemeler, yaklaşık 65 adet kayaç örneğine ait incekesitin mineralojik bileşimlerinin saptanması, dokusal özelliklerinin belirlenmesi ve mineral parajenezlerinin ortaya çıkarılması çalışmalarını içermektedir.

Polarizan mikroskopta incelenen incekesitlerde tipik granat-biyotit birliktelikleri bulunan örnekler ayrılıp elektron mikroprop analizi için Türkiye Şişecam Cam Araştırma-Geliştirme laboratuvarlarında incekesitleri yapılmış ve elektron mikroprop analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmaların her aşaması ayrıntılı olarak gözlenmiş ve fotoğraflandırılmıştır. El örnekleri öncelikle karot kesme makinesi yardımıyla (Şekil 1.3) kesit yüzeyine uygun gelebilecek şekilde küçültülmüştür ve

küçültülen el örneği boyut ayarlama makinesinde (Şekil 1.4) düzgünleştirilmiştir. Daha sonra lam üzerine yerleştirilecek olan el örneği aşındırma cihazında (Şekil 1.5) silisyum karbür aşındırma tozları (400 $\mu$  -600 $\mu$  -1000 $\mu$  boyutlarında) ile aşındırılmıştır. Lamların tek yüzü aşındırma makinesinde matlaştırılıp, matlaştırılan bu yüzeye küçültülmüş olan el örneği arada boşluk ve hava kalmadan yapıştırılmıştır ve tekrar aşındırma makinesinde en ince hale getirilmiştir. Hazırlanan incekesitler elektron mikroprop analizi için parlatma işlemine tabi tutulup (Şekil 1.6 - Şekil 1.7) elektron mikroprop cihazının (Şekil 1.8) içine konulmadan önce kesit tutucu ile kesit arasına iletkenliğin sağlanması için gümüş sürülerek (Şekil 1.9) mikroprop analizine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 1.3. Karot kesme makinesi.



Şekil 1.4. Boyut ayarlama makinesi.



Şekil 1.5. Aşındırma cihazı.



Şekil 1.6. Kaplama Makinesi.



Şekil 1.7. Kaplama Makinesi.



Şekil 1.8. Elektron mikroprop cihazı.



Şekil 1.9. Kesit ile kesit tutucu arasında gümüş sürülerek analiz için mikroprop cihazına konulduğu yuva.

Mikroprop analizlerinin sonuçları bilgisayar programları yardımıyla elde edilmiş olup dördüncü bölümde tez konusunun amacına yönelik olarak değerlendirilmiştir.

Polarizan mikroskopta incekesit çalışmaları ile zirkon içerdikleri belirlenen örneklerden zirkon mineralini ayırmak amacıyla örnekler kırılıp öğütülmüş ve sonra eleklerden 0,425-0,250 mm, 0,250-0,106 mm ve  $\leq 0,106$  mm boyutlarında elenmişlerdir. Daha sonra her aralıktaki örnekler Franz Manyetik Separatör yardımıyla manyetik olan ve manyetik olmayan olmak üzere iki fraksiyona ayrılmıştır. Manyetik olmayan fraksiyonda ağır sıvılar kullanılarak ağır mineraller ayrılmıştır. Ağır sıvı olarak tetrabrometan kullanılmıştır. Stereomikroskopta da incelenen örneklerin zirkon içerip içermediği, ayrıca X-ışınları Difraktometresi ile kontrol edilmiştir. Tez çalışması esnasında son aşamada yurtdışı imkanı sağlanamadığından zirkon örneklerinde yaş tayini yaptırılması mümkün olamamıştır. Örnekler ileride yapılacak bir çalışmada değerlendirilmek üzere muhafaza edilmektedir.

#### **1.4. Önceki Çalışmalar**

İnceleme alanının içinde bulunduğu Kırşehir ve yakın çevresi, magmatik, metamorfik ve sedimenter kayaçların yaygın bir şekilde bulunması ve bölgenin tektonik yapısı nedeniyle ilgi çekmesinden dolayı birçok araştırmacı tarafından çalışma konusu olarak seçilmiştir. Bu çalışmalar genel olarak bölgenin genel jeolojik yapısına, bölgesel jeolojisi ile bölgedeki kayaçların petrografik-petrolojik özelliklerine ve bölgenin jeolojik evrimine yöneliktir. Araştırmalardan, bu çalışmanın kapsamı ile ilişkili olanlar aşağıda belirtilmektedir.

Orta Anadolu Masifinde Kırşehir'in yakın çevresi ile Sivas Akdağmadeni dolaylarında yüzeylenen metamorfik ve magmatik serilerde petrografi ve petroloji ağırlıklı ayrıntılı çalışmalar Erkan (1975, 1976a, 1976b, 1977, 1978a, 1981a ) tarafından yapılmıştır. Araştırmacı Kırşehir yakın çevresinde yer alan metamorfik serilerde metamorfizma niteliğini ve metamorfizmanın hangi koşullar altında geliştiğini tipik mineral isogradlarına dayanarak açıklamıştır. Bölgede başlıca mermer, kalkşist, kalksilikatik gnays ve daha az ölçüde kuvarsit, mikaşist, gnays ve amfibolitlerle temsil edilen metamorfik seriye ait örneklerde incelemelerde bulunmuştur. İnceleme alanında ana kayaç türünü teşkil eden saf ve saf olmayan karbonatlı kayaçlarda metamorfizma

mertebeğine bağlı olarak bölgede  metamorfizma zonu ayırt etmiş ve metamorfizma mertebesinin kuzey ve kuzeydoğuya doğru yükseldiğini ortaya çıkarmıştır. Araştırıcı I. Metamorfizma Zonu'nun Yeşilşist fasiyesi koşullarına, II. ve III. Metamorfizma Zon'larının ise Amfibolit fasiyesi koşullarına tekabül ettiğini belirtmiştir. Yine araştırıcı, bu  metamorfizma zonundan aldığı metapelit ve mika-kuarsit örneklerinin incelenmesi ile granat minerallerinin % MnO içeriğinin kuzey ve kuzeydoğuya doğru azaldığını saptamıştır. Araştırıcı ayrıca bölgede bulunan metasedimanter birlikteliği oluşturan kayaç grupları arasında ince bant ve mercekler şeklinde bulunan Kırşehir bölgesi amfibolitlerinin, sedimanter kökene sahip olduğunu ileri srmştir.

Seymen (1981a, 1981b, 1982, 1984) Kaman çevresinde yzeaylenen Kırşehir masifine ait metamorfik serileri 'Kaman Grubu' adı altında toplamış ve alttan üste doğru Kalkanlıdağ, Tamadağ ve Bozçaldağ Formasyonu olmak üzere  formasyon tanımlamıştır. Araştırıcı Kalkanlıdağ Formasyonu'nun biyotitşist, piroksenşist, amfibolşist, kalsilikatik şist ve kuarsit karmaşığından, Tamadağ Formasyonu'nun mermer, şist ve gnays aralanmasından, Bozçaldağ Formasyonu'nun mermer, metartl yarı mermer topluluğundan oluştuğunu ileri srmştir. Kkende psamitik, ortokuarsitik, pelitik, yaripelitik, kumlu, killi ve çörtlü karbonat çökellerinden oluşan istifin, Kaman yakınında önce düşük basınç – yüksek sıcaklık koşullarında yüksek amfibolit - granulit fasiyesinde, sonra düşük amfibolit fasiyesinden yeşilşist fasiyesine gerileyen metamorfizma geçirdiğini belirtmiştir.

Seymen (1984) Kaman Grubu ve çevresindeki metamorfik serilerde progresif olarak gelişen ve güneydoğudan kuzeybatıya doğru A zonu (yeşilşist fasiyesi), B zonu (düşük amfibolit fasiyesi), C zonu (yüksek amfibolit fasiyesi) ve D zonu ( amfibolit-granulit geçiş fasiyesi) olmak üzere 4 farklı metamorfik zonan ayırt edilebileceğini ifade etmiştir.

Orta Anadolu Masifinin güneybatısında (Kırşehir yöresinde) yzeayleyen metamorfik ve magmatik serilerde petrografi, petroloji, stratigrafi, metamorfizma ve yapısal jeolojiye ilişkin bir dizi çalışmalar yürütülen Tolluoğlu (1986, 1987a, 1987b ve 1988), Tolluoğlu ve Erkan (1986, 1989b, 1990) bölgede Tersiyer yaşlı seriler altında gözlenen Kırşehir Metamorfitlerini, litostratigrafik olarak alttan üste doğru Kalkanlıdağ

Formasyonu, Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi, Naldökendağ Formasyonu, Bozçaldağ Formasyonu şeklinde adlandırmaktadır. Araştırmacılar bu istifin, bölgenin batı ve kuzeybatısında Baranedağ Granitoyidi, kuzeydoğusunda Çayağzı Siyenitoyidi tarafından sıcak dokanaklarla kesilmekte olduğunu ve kuzeyde ise Karakaya Ultramafiti tarafından tektonik dokanakla üzerlendiğini belirtmişlerdir. Tüm bu birimlerin Kızılırmak Formasyonu tarafından transgresif olarak örtüldüğünü ve bölgedeki ana kayaç türlerinin mermerler, kuvarsitler, şistler, gnayslar, amfibolitler ve felslerden oluştuğunu, bunların da kökensel olarak karbonatlı, yarıkarbonatlı, psamitik, yarıpelitik, pelitik ve bazik litolojilerin metamorfik türevleri olduklarını ileri sürmüşlerdir.

Whitney vd. (2001), Alp-Himalaya Orojenezi esnasında metamorfizmaya uğrayan Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin, kuzeybatıda Kırşehir, kuzeydoğuda Akdağ, güneyde Niğde, batıda Aksaray masifleri olmak üzere, farklı P-T-t özellikleri sergileyen en az dört tektonik bloktan oluştuğunu belirtmektedir. Araştırmacı bunlardan özellikle kompleksin kuzeybatı kesiminde yer alan Kırşehir blokunun, metapelitik/psammitik, şist, amfibolit ve kuvarsit ara katkılı kalsitik mermer ve kalksilikatik kayaçlardan oluştuğunu belirtmekte ve bu metamorfik kayaçların orta basınç – sıcaklık ve yersel düşük basınç – yüksek sıcaklık koşullarını karakterize ettiğini ifade etmektedir.

Genç (2003) bugüne kadar Kırşehir, Akdağmadeni ve Niğde masiflerini oluşturan metamorfik kayaçlar için literatürde benzer litostratigrafik istiflerden (Seymen 1982, Tolluoğlu 1986, Kara ve Dönmez 1992) farklı bir metamorfik dizilimin varlığından söz etmektedir. Araştırmacıya göre metamorfitleerin tabanı, alttan üste doğru, amfibolit ve migmatitik gnayslar, şist- gnays ve mermer ardalanması ve mermerlerden oluşan bir istifte temsil edilmektedir. Bu temel serisinin üzerinde açısız uyumsuzlukla metakuvarsit ve seyrek mermer arabantları içeren muskovit ve biyotit-şistlerin hakim olduğu metamorfitleerin yer aldığını ve bunların da mikaşist-amfibolit-kalksilikatik gnays ve kuvarsit ardalanması tarafından üzerlendiğini ve metamorfik istifin üstte mermer arabantlı mikaşist ve amfibol-şistlerle sona erdiğini ileri sürmektedir.

Yeşilören (2003), Kırşehir-Kaman bölgesi metamorfik serilerinde vollastonit oluşumunu incelemiş, bölgede öncelikle bölgesel dinamotermal metamorfizmanın

etkili olduğunu, plütonik kayaçların yerleşmesi esnasında, bölgesel metamorfizmada etkili olan sıcaklık ve basınç koşullarından daha düşük koşullar altında bir kontakt metamorfizmanın geliştiğini ve kontak metamorfizmada sıcaklığın yaklaşık 500-600°C basıncın ise 2 kbar dolayında olduğu sonucuna varmıştır.

Çalışma alanını da kapsayan Orta Anadolu Masifi'nin metamorfik ve magmatik kayaç serilerinde bölgenin jeolojik tarihçesinin açıklanmasında önem taşıyan az sayıda yaş tayini çalışması yapılmıştır;

Erkan ve Ataman (1981), Kırşehir yöresindeki bölgesel metamorfik mika-gneys ve amfibolitlerden zenginleştirilen örneklerden, K-Ar yöntemi ile yaptıkları yaş tayinleri sonucunda, biyotitlerde ortalama 69 m.y. ve hornblendelerde ortalama 74 m.y. şeklinde bir yaş belirlemişlerdir. Bu yaşın metamorfizma yaşı olamayacağını, metamorfik kayaçların içine girmiş olan magmatik kayaçların çevrelerini ısıtmaları nedeniyle magmatik kayaçların yerleşim yaşına işaret edebileceğini ileri sürmüşlerdir.

Göncüoğlu (1981), Niğde grubu kayalarının Üçkapılı posttektonik granodiyoriti tarafından kesildiğini ve bu granodiyoritlerde yapılan tüm kayaç Rb/Sr analizlerinin, bu kayaçların Alt Senomaniyende (95±11 m.y.) kristallendiklerini ifade etmiştir.

Whitney ve Hamilton (2004), Kırşehir Masifinde granat-sillimanit gneyslardan alınan monazit minerali üzerinde yapılan yaş tayini sonucunda metamorfizma yaşının 84±08 m.y. (Geç Kretase) olduğunu belirtilmektedir.

Göncüoğlu ve diğ. (2004), Orta Anadolu Masifinde bulunan H-tipi Baranedağ kuvars-monzonit (BR) ve A-tipi Çamsarı kuvars-siyenit (CS) ve granodiyoritlerinde titanit mineralini kullanarak U-Pb yöntemiyle yaş tayini çalışması yapmışlardır. Baranedağ monzonitlerinin masif mikrogranüler anklavlar ile birlikte yüksek-K-kalkalkali bileşimli intrüzif kayaçlar olduğunu belirlemişlerdir. Mineralojik ve jeokimyasal değerlendirmeler sonucunda BR ve CS granodiyoritlerinin aynı magma kaynağından gelmediğini belirterek, titanitlerde U-Pb yaş tayini metodunu kullanarak granodiyoritlerin yaşının 74±2,8 ve 74,1±0,7 m.y. olduğunu ifade etmektedir.

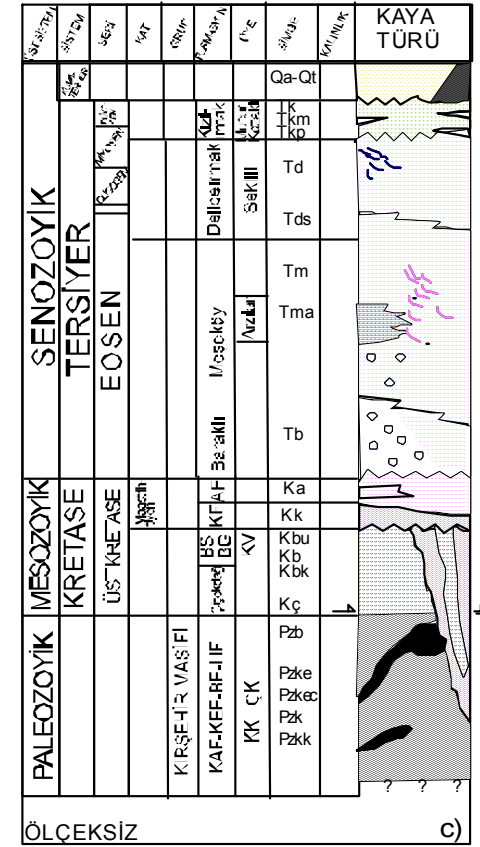
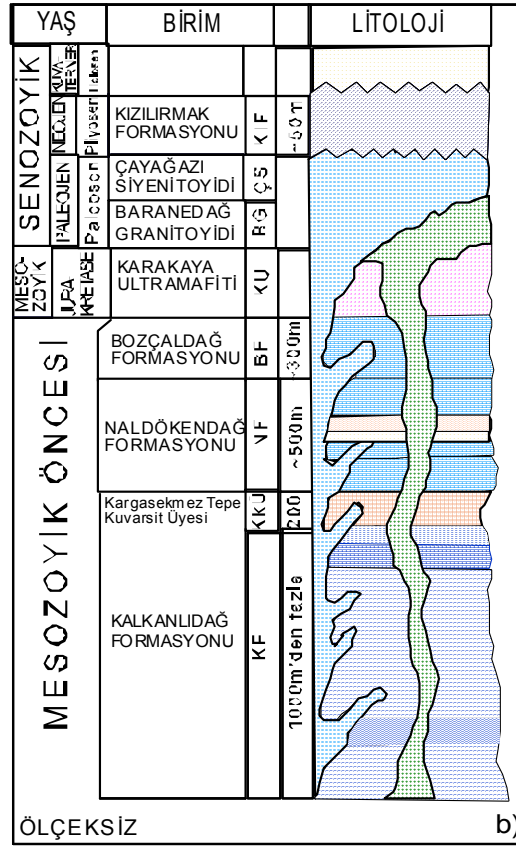
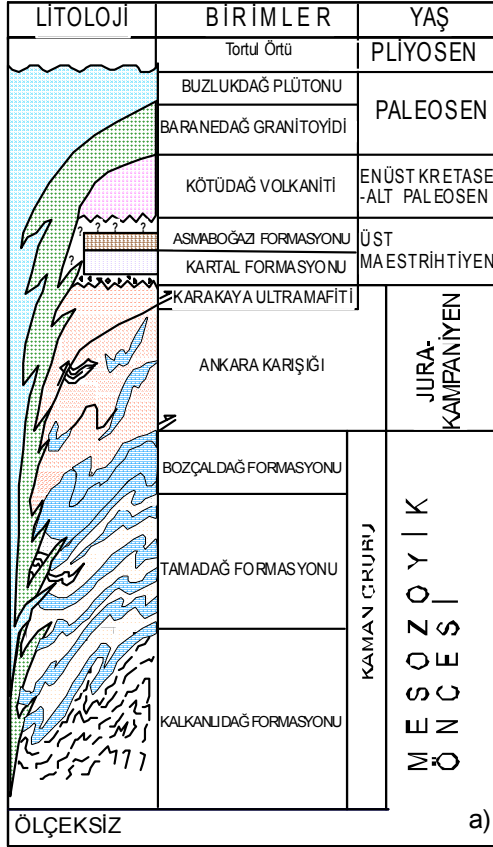


## 2.ÇALIŞMA ALANININ BÖLGESEL JEOLJİSİ

Kırşehir yöresi 'Orta Anadolu Masifi'nin bir parçasıdır. Kızılırmak yayı içerisinde yer alan "Kırşehir Masifi" Türkiye'nin en büyük masiflerinden birisidir. Kırşehir yöresinde değişik boyutlarda ve değişik adlandırmalarla tanımlanmış metamorfik ve magmatik kayaç toplulukları bulunmaktadır. Bu kayaç topluluklarından yüzeyleyen metamorfik seriler için 'Masif' terimi kullanılmaktadır. Kırşehir çevresinde yüzeyleyen bu kayaç toplulukları için Kırşehir Masifi adlandırılması yapılmıştır. Böylece 'Kırşehir Masifi' adı altında 'Kırşehir Metamorfileri' belirtilmektedir (Tolluoğlu, 1986).

Kırşehir Metamorfileri'nin yüzeylendiği bölgelerde, farklı kayaç birimlerinin masifi oluşturdukları gözlenmiştir. Bu kayaç birimleri, mineral birliktelikleri bakımından birbirinden farklılıklar göstermektedir. Kırşehir Masifi üzerinde çalışan araştırmacılar çalışmalarında birbirinden kısmen farklı stratigrafik istifler belirlemişler ve bu istif içinde yer alan bu kayaç birimlerini farklı isimlerle tanımlamışlardır (Şekil 2.1).

Kırşehir yöresinde, Seymen (1982) tarafından 'Kaman Grubu', Tolluoğlu (1986) tarafından 'Kırşehir Metamorfileri', Kara ve Dönmez tarafından (1990) 'Kırşehir Masifi' olarak tanımlanan metamorfik kayaç topluluklarının bu bölgede bulunan en yaşlı kayaç toplulukları olduğu kabul edilmektedir. Bu genel görüşe ek olarak metapelitler, metakarbonatlar ve amfibolitlerden oluşan Kalkanlıdağ Formasyonunun bölgenin en yaşlı formasyonu olduğu da ortak bir görüştür (Seymen 1982, Tolluoğlu 1986, Kara ve Dönmez 1990). Yörenin farklı bölgelerindeki istiflerde, Tamadağ Formasyonu, Naldökendağ Formasyonu ve Kervansaray Formasyonu olarak tanımlanan metakarbonatlı kayaçların oluşturduğu birimler, birbirleriyle aynı özelliğe sahiptirler. Fakat Kara ve Dönmez (1990) tarafından 'Kervansaray Formasyonu' içinde Çatalçöktepe Kuvarsit Üyesi olarak tanımlanmış, Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesiyle birlikte farklı bir birim bulunmaktadır. Tamamen mermerlerden oluşan Bozçaldağ Formasyonu ile Paleozoyik yaşlı istif devam etmektedir.



Şekil 2.1. Bölgede farklı araştırmacılar tarafından yapılmış stratigrafik istiflerin karşılaştırılması (a) Seymen, 1982 b) Tolluoğlu, 1986, c) Kara ve Dönmez, 1990; KAF; Kalkanlıdağ Form.-KK; Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi- KEF; Kervansaraydağ Form.-ÇK; Çatalçövmtepe Kuvarsit Üyesi-BF; Bozçaldağ Form.-HF; Hacıselimli Form.-KF; Kartal Form.-AF; Asmaboğazı Form.-BS; Buzlukdağ Siyenitoyidi-BG; Baranedağ Granitoyidi- KV; Karahadır Volkanik Üyesi).

Kara ve Dönmez (1990) masif metagabro, metadiyabaz ve amfibolitten oluşan bazik kayaların oluşturduğu formasyonu Haciselimli Formasyonu olarak tanımlamış ve Paleozoyik yaşlı olduğunu ifade etmiştir. Bu formasyon diğer araştırmacıların Karakaya Ultramafiti olarak tanımladığı formasyon ile eşdeğer niteliktedir. Seymen (1982) tarafından yapılan çalışmaya göre, Jura-Kampaniyen yaşlı 'Ankara Karışığı' üstünde 'Karakaya Ultramafiti' yer almaktadır. Tolluoğlu (1986), Seymen'e benzer şekilde Karakaya Ultramafitinin Jura-Kretase yaşlı, metamorfik serileri tektonik dokanakla üzerleyen bir birim olarak tanımlamışlardır. Bunun yanında Kara ve Dönmez (1990) tarafından tanımlanan Ankara Karışığına karşılık gelen Çiçekdağ Formasyonu, tektonik bir sınırla Paleozoyik istif üzerinde yer almaktadır.

Kara ve Dönmez (1990) yaptığı çalışmada, intrüzifler olarak ayırdığı asit-ortaç bileşimli alkali-kalkalkali bileşimli kayaları granitoyid ve siyenitoyid olarak tanımlamışlardır. Bunlara Üst Kretase yaşlı vermiş, Baranedağ Granitoyidi ve Buzlukdağ Siyenitoyidi olarak adlandırmışlardır. Seymen tarafından Kötüdağ Volkaniti olarak tanımlanan birimi 'Karahıdır Volkanik Üyesi' olarak tanımlamışlardır. Seymen (1982) tarafından yapılan çalışmada stratigrafik istif Üst Maestrihtiyen yaşlı Kartal Formasyonu-1, Asmaboğazı Formasyonu, En Üst Kretase-Paleosen yaşlı Kötüdağ volkaniti ve kuvars-diyorit, kuvars-monzonit, granodiyorit ve granit bileşimli Barenedağ Plütunu ve bu plütunun kestiği gözlenen siyenitik Buzlukdağ Plütunu ile devam etmektedir. Tolluoğlu (1986)'nın yapmış olduğu istifte Paleosen yaşlı Barenedağ Granitoyidi, Çayağazı Siyenitoyidi olarak tanımladığı birimlerin Seymen (1982) tarafından Buzlukdağ Plütunu olarak tanımlanan birimle benzer özelliğe sahip olduğu gözlenmektedir.

Bu bölgede çalışan değişik araştırmacılar tarafından yapılan istiflerde tüm istifin, Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu olarak tanımlanan sedimanter birimler ve alüvyonal çökeller ile diskordan olarak örtüldüğü belirtilmektedir.

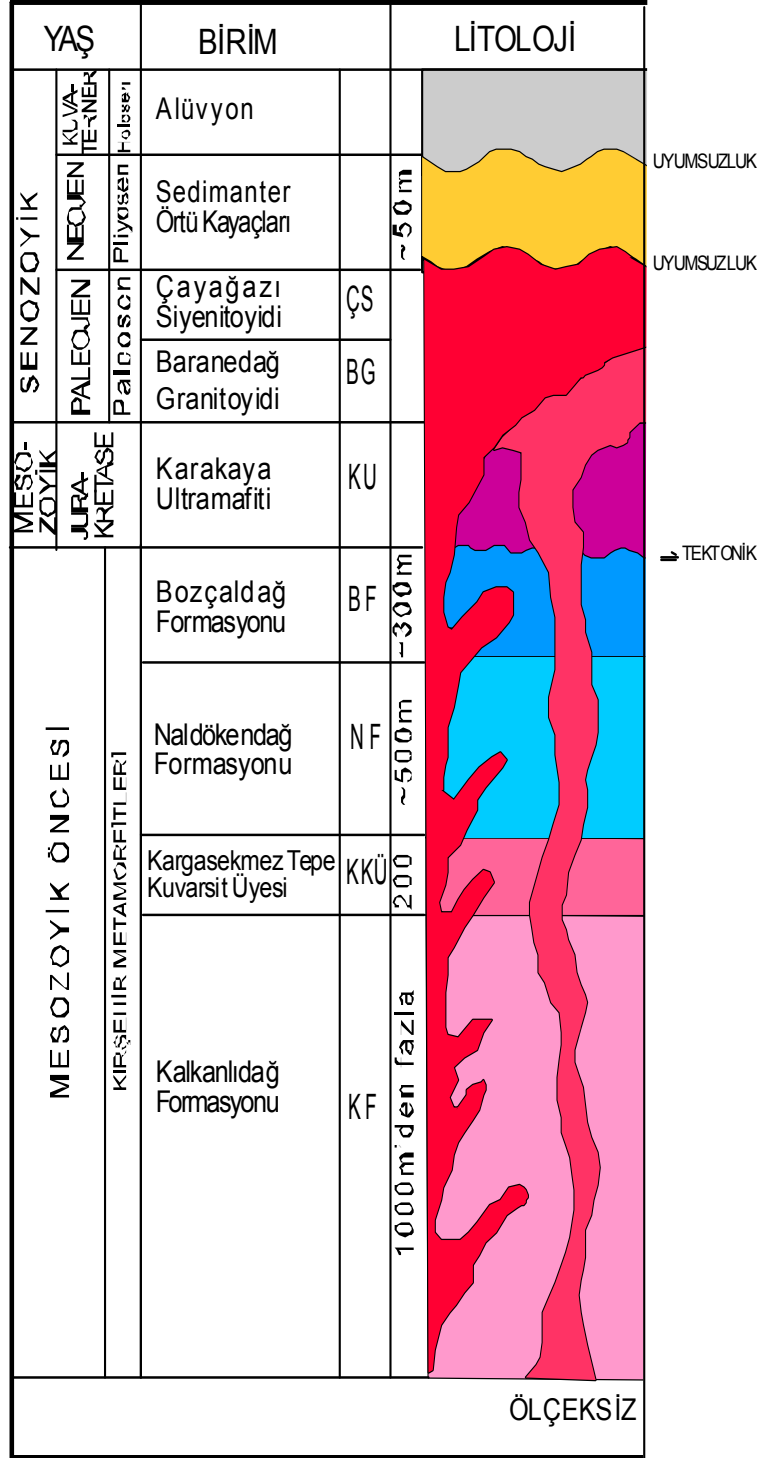
Ancak Seymen (1982), Tolluoğlu (1986), Kara ve Dönmez (1990) tarafından oluşturulan istifler arasında az da olsa farklılık olmasına rağmen tüm bu araştırmacıların aksine, Genç (2003) yaptığı çalışmada literatürde verilen metamorfik istiflerden farklı bir litostratigrafik dizilimin mevcut olduğunu ileri sürmektedir. Genç (2003)'e göre metamorfitlelerin tabanı alttan üste doğru, amfibolit ve migmatik

gnayslar, şist-gnays ve mermer araldanması ve mermerlerden oluşmaktadır. Bu temel serinin üzerine açısal uyumsuzlukla kuvarsit ve seyrek mermer arabantları içeren muskovit ve biyotitlişistlerin hakim olduğu metamorfiteerin yer aldığını savunmaktadır. Bu metamorfiteerin mikaşist-amfibolit-kalksilikatik gnays ve kuvarsit araldanması tarafından üzerlendiğini ne sürmüştür. Metamorfik istifin üstte mermer ara bantlı mikaşist ve amfibollişistlerle sona erdiğini belirtmektedir.

Bu tez çalışmasında amaçlanan incelemelerin yapılacağı metamorfik kayaçlar Kırşehir'in kuzey-kuzeybatısı ile Karıncalı Köyü batısında (1. Bölge) ve Gll Köyü civarında (2. Bölge) yayılım göstermektedir. Bu bölgede yüzeylenen kayaçların oluşturduğu istif, bugüne kadar yapılan çalışmalar dikkate alınarak bu çalışmada alttan üste doğru 'Kalkanlıdağ Formasyonu', 'Kargasekmez Tepe Kuvarsit yesi', 'Naldökendağ Formasyonu', 'Bozçaldağ Formasyonu', 'Karakaya Ultramafiti', 'Baranedağ Granitoyidi', 'ayağazı Siyenitoyidi', 'Sedimenter rt Kayaçları' ve 'Alüvyon' şeklinde litostratigrafik birimlere ayrılmıştır (şekil 2.2).

Bölgenin jeoloji haritası, Kırşehir'in kuzeybatısı ve Gll Köyü civarı olarak iki ayrı bölge şeklinde, Kara ve Dönmez (1990)'in yapmış olduğu 1/100 000 ölçekli jeoloji haritasından revize edilerek kullanılmıştır. Birimlerin adlandırılmasında ise bölgesel birim adları esas alınmıştır (Ek 1.A., 1.B).

Bu çalışmada tezin amacına yönelik olarak yapılan arazi alışmaları Bozçaldağ Formasyonu, Kargasekmez Tepe Kuvarsit yesi ve Kalkanlıdağ Formasyonuna ait birimlere yoğunlaşılmış ve bu nedenle bu birimler ayrıntılı olarak diğer birimler ise genel özellikleri ile incelenmişlerdir.



Şekil 2.2. Bölgenin geliştirilmiş stratigrafik istifi (Tolluoğlu, 1986'dan değiştirilerek alınmıştır.)

## 2.2. Kırşehir Metamorfitleri

Çalışılan bölgede ve yakın çevresinde oluşmuş metamorfik seri değişik araştırmacılar tarafından farklı şekilde isimlendirilmiştir. Tez çalışmasındaki inceleme alanı Seymen (1982)'nin Kaman Grubuna, Kara ve Dönmez (1990)'in Kırşehir Masifine, Tolluoğlu (1986)'nin Kırşehir Metamorfitlerine karşılık gelmektedir. Yapılan tez çalışmasında Kırşehir Metamorfitleri stratigrafik olarak alttan üste doğru 'Kalkanlıdağ Formasyonu', 'Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi', 'Naldökendağ Formasyonu', 'Bozçaldağ Formasyonu' olarak incelenmiştir (Şekil 2.2).

### 2.2.1. Kalkanlıdağ Formasyonu

Kalkanlıdağ Formasyonu çalışma alanının kuzeybatısında Kalkanlıdağ'da geniş bir alanda mostra vermektedir. Seymen (1982) Kalkanlıdağ Formasyonu'nun başlıca lökokrat, lökokrata oranla daha fazla miktarda mezokrat ve melanokrat gnays ve granolitler, amfibolitler ve amfibolüstlerden oluştuğunu belirtmektedir. Tolluoğlu (1986), Kalkanlıdağ Formasyonunun bölgedeki diğer formasyonlara göre stratigrafik olarak en altta, metamorfizma mertebesinin yüksek olduğu ana yapının çekirdek bölgesinde yer aldığını, kökensei olarak pelitik, yarıpelitik, psammitik, yarı karbonatlı ve bazik litolojilerin metamorfizması sonucu oluştuğunu ve genellikle metasedimanter bir karaktere sahip olduğunu ifade etmektedir. Kara ve Dönmez (1990) de, Kırşehir Masifinin alt düzeylerini oluşturan bu birimin, birbirleriyle değişik oranlarda ardışıklı pelitik, psammitik ve magmatik kökenli kayaçların metamorfizmasıyla oluştuğunu ifade etmektedir.

Yapılan arazi çalışmalarında Kalkanlıdağ Formasyonunun bölgede kalın kuvarsit birimleri altında gözleendiği gibi, metakarbonatlar tarafından örtüldükleri de gözlenmiştir. Arazide toplanan örneklerin incelenmesi sonucunda Kalkanlıdağ Formasyonunun gri-kahverengi ve grimsi renklerde şist (Şekil 2.3) ve gnays dokulu kayaçlardan oluştuğu ve ana litolojiyi oluşturan bu kayaçların amfibolit, epidot-amfibolit, hornblend-gnays, sillimanit-gnays, mika-gnays, hornblend-kuvarşşist, mika-kuvarşşist, muskovit-kuvarşşist olduğu belirlenmiştir. Kalkanlıdağ Formasyonuna ait tüm metamorfik birimler diğer formasyonlara ait birimlerle yapısal olarak uyumlu bir konumda bulunmaktadır.



Şekil 2.3. Kalkanlıdağ Formasyonundaki şistlerin genel görünümü (Arzıgediği Mevkii; Bakış yönü:KD).

Genel olarak yukarıda tanımlanan Kalkanlıdağ Formasyonu örnekleme en çok yapıldığı (1. Bölge ve 2. Bölge) formasyondur. Granat-biyotit mineral birlikteliği bulunan örnekler Kalkanlıdağ Formasyonu içinde yer almaktadır. Kırşehir'in kuzeybatısında (1. Bölge) kalan Kalkanlıdağ Formasyonunu oluşturan birimler genellikle mika-gneys, granat-mika-gneys, epidot-amfibolit, biyotit-kuarsşist, kuarsşist ve kalkşistten oluşmaktadır. El örneklerinde de genelde kahverengi, yeşilimsi renkler gözlenmekte, şist ve gneys dokusu açıkça belli olmaktadır.

Göllü yerleşim biriminin kuzeydoğusunda da (2. Bölge) Kalkanlıdağ Formasyonunu oluşturan ve granat-sillimanit-gneys olarak tanımlanan kayalar yüzeylenmektedir.

Formasyon koyu renkli kayaç türlerince zengin bir görünüme sahiptir. İstif içinde metabazik litolojiler değişik seviyelerde gözlenmektedir. En altta gözlenen amfibolitler metapelitik kayaçların stratigrafik olarak hemen altında yüzeylenen bir litoloji topluluğudur. Kalkanlıdağ Formasyonu inceleme alanının büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Arazi çalışması esnasında alt sınır ilişkisi belirlenememiştir.

Formasyonun en yaygın litofasiyesini oluşturan pelitik ve yarı pelitik bileşimli litoloji toplulukları, metamorfizma mertebesinin kuzeye doğru gidildikçe progresif değişimine bağlı olarak, petrografik farklılıklar sergilemekte, ancak her ölçekte stratigrafik konumlarını korumaktadırlar.

Formasyon içinde üst seviyelerde karbonat bakımından zenginleşme izlenirken metabazik arakatkıların değişik kalınlıkta ara seviyelerde yer aldığı saptanmıştır.

Karıncalı Köyünün batı ve kuzeybatısında Kalkanlıdağ Formasyonu'na ait biyotitşist ve hornblendşist genel görünümü (Şekil 2.4) ve bu bölgede bulunan sağ yönlü doğrultu atımlı fay Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Karıncalı Köyü kuzeybatısında bulunan Kalkanlıdağ Formasyonu içinde yer alan Höyük Tepe zirvesindeki şistlerin genel görünümü (Bakış yönü: GD).





Şekil 2.5. Kalkanlıdağ Formasyonu içinde gözlenen şistlerin genel görünümü ve sağ yönlü doğrultu atımlı fay (Höyük Tepe-Kale Tepe arası; Bakış yönü:B).

### 2.2.2. Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi

Tolluoğlu (1986) tarafından Kargasekmez Tepe civarında tipik özellikleriyle gözlenen Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi olarak tanımlanan birim, Seymen (1982) tarafından Kabaktepe Kuvarsit Üyesi olarak adlandırılmaktadır. Kırşehir metamorfiteeri içindeki bu birim, Kalkanlıdağ Formasyonu ile Naldökendağ Formasyonu arasında bölgesel anlamda merceksi konuma sahip, homojen litolojisi ile tanımlanmaktadır.

Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi inceleme alanında çoğunlukla kalın ve yanal devamlılık gösteren mostralar şeklinde yüzeylenmektedir. Çalışma alanında bu üyeyi oluşturan kuvarsitler aşınmaya karşı çok dirençli oldukları için genellikle tepelerde mantar şeklinde yükseltiler oluşturmaktadır. İnceleme alanı güneyinde Kalkanlıdağ Formasyonuna ait litolojilerin en üst seviyesini oluşturan bu üye, alt ve üstündeki formasyonlar arasında stratigrafik kamalanma sergilemektedir. Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi'nin maksimum kalınlığı 200-300 metre arasında değişmektedir (Tolluoğlu, 1986). İnceleme alanındaki kuvarsitler Kargasekmez Tepe'de en geniş yayılım gösterip belirgin mostralar vermektedirler (Şekil 2.6-2.7).



Şekil 2.6. Yağmurlukale Köyü'nün güney kısmında bulunan Kalkanlıdağ Formasyonu üstünde yer alan kuvarsitlerin genel görünümü (Bakış yönü: KD).



Şekil 2.7.Yalıkaya civarında bulunan kuvarsitlerin genel yayılımı (Bakış yönü: KD).

Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesini oluşturan kuvarsitler genellikle kırmızımsı, kahverengimsi,yeşilimsi-gri renklere gözlenmektedirler. Mostra ölçeğinde belirgin bantlaşmalar, kıvrımlanmalar ve kırılma dilinimleri yaygın olarak izlenmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Kıvrımlanmış ve kırılmış kuvarsitin mostradaki görünümü.

### **2.2.3. Naldökendağ Formasyonu**

Seymen (1982) tarafından Tamadağ Formasyonu olarak adlandırılan birim, Tolluoğlu (1986) tarafından Naldökendağ Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon başlıca metakarbonatlardan oluşmaktadır. Kuvarsit üyesi ile birlikte kıvrımlanan bu metakarbonatların senklinalde korunan tüm mostraları yanal yönde kamalanmaktadır. İnceleme alanının kuzey batısında kuvarsitlerin kamalanması nedeniyle, Kalkanlıdağ Formasyonunu örter şekilde biçimlenmişlerdir (Tolluoğlu, 1986).

Kalkanlıdağ Formasyonuna ait litolojiler arasında senklinalde korunan kalın metakarbonat seviyeleri zaman zaman Kalkanlıdağ Formasyonuna ait litolojiler arasında mermer bantları şeklinde yorumlanabilmektedir. Ancak enine jeolojik kesit çalışmaları sonucu, bunların Naldökendağ Formasyonuna ait birimler oldukları ve kesit boyunca birbirine bağlanabilen yapılar oluşturdukları ifade edilmektedir. (Tolluoğlu, 1986).

Arazi çalışmalarında Naldökendağ Formasyonunun, kalın ve devamlı seriler halinde mostra vermekte olduğu ve Kalkanlıdağ Formasyonu üzerinde oldukça az bir alanda yüzeylenen Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi üzerine uyumlu bir şekilde geldiği belirlenmiştir. Ancak tez çalışmasının amacına uygun mineralojik bileşime sahip olmaması nedeniyle bu formasyondan örnek alınmamıştır.

### **2.2.4. Bozçaldağ Formasyonu**

Bozçaldağ Formasyonu homojen ve tekdüze litolojisi ile Kırşehir Metamorfikleri olarak adlandırılan istifin en üst kısmında, Naldökendağ Formasyonuna uyumlu olarak bulunmaktadır. Bozçaldağ Formasyonunun saf mermerlerden oluştuğu gözlenmektedir. Daha önce Seymen (1982) ve Tolluoğlu (1986) tarafından tanımlandığı gibi, birim çalışma alanının kuzeyinde en yaygın olarak Bozçaldağ'da yüzeylenmektedir. Çalışma alanında Bozçaldağ Formasyonu Çayağazi güneyi, Karıncalı doğusu ve güneyinde geniş alanlarda, Kırşehir'in kuzeybatısında dar alanlarda mostra vermektedir.

Bozçaldağ Formasyonuna ait ve Kırşehir'in hemen kuzeyinde bulunan mermerler tipik beyaz renkleri ve masif görünümleri ile belirgindir. Saf metakarbonatların egemen olduğu homojen litoloji, formasyonun en tipik özelliğini teşkil etmektedir. Bozçaldağ mermerlerinin tipik görünümleri ve bantlaşmaları Şekil 2.9., Şekil 2.10., Şekil 2.11 ve Şekil 2.12'de verilmiştir.



Şekil 2.9. Bozçaldağ Formasyonunda yüzeylemiş olan mermerlerin genel görünümü (Bakış yönü: GD).



Şekil 2.10. Bozçaldağ Formasyonuna ait mermerlerin genel görünümü (Kurtbeliyeniyapan Köyü GD'su; Bakış yönü: D).

Bozçaldağ Formasyonuna ait mermerler tipik bantlaşma göstermektedir (Şekil 2.12). Formasyonu oluşturan mermerlerin kalınlığının, kıvrımlanmaya bağlı katlanma ile arttığı genel olarak ifade edilmektedir.



Şekil 2.11. Mermerlerde gözlenen bantlaşma (Kurtbeliyeniyapan Köyü GD'su; Bakış yönü: D).



Şekil 2.12. Bozçaldağ Formasyonu mermerlerin genel görünümü (Karıncalı civarı; Bakış yönü: GB).

### **2.3. Karakaya Ultramafiti**

Kırşehir metamorfileri üzerine tektonik dokanakla yerleşmiş olan Karakaya Ultramafiti, inceleme alanının kuzeybatısında yüzeylemiş olup, Seymen (1981a ve b, 1982, 1983, 1984) tarafından ofiyolitik karaktere ait bir birim olarak tanımlanmaktadır. Karakaya ultramafitleri dar bir alanda sergilenmektedirler. Birimi çok değişik kayaç toplulukları oluşturmaktadır. Kara ve Dönmez (1990), formasyonu oluşturan bu kayaçların stok, dayk veya sil şeklinde sinsedimanter veya postsedimanter olarak bölgeye yerleştiklerini ve diğer birimler ile birlikte metamorfizma geçirdiğini ileri sürmektedir. Seymen (1981a, b, 1982, 1984) bu formasyonu oluşturan birimlerin, piroksenit, hornblendit, gabronorit ve bantlı gabro ile bunları kesen mikrogabro ve dolerit damar kümeleri ile gözenekli ve spilitik bazalt lavları, piroklastik çökeller, volkanitlerle ara tabakalı pelajik biyomikrit, marn, çamurtaşı, şeyl ve vake türünde kumtaşları ile tabakalı ve koyu kırmızı renkte çörtler olduğunu ileri sürmektedir. Tolluoğlu(1986), Karakaya Ultramafitinin Kalkanlıdağ Formasyonu ile olan dokanaklarında yer yer kataklastik etkilerin bulunduğunu ve formasyon içindeki birimlerde kloritleşme ve uralitleşmenin yaygın olduğunu belirtmektedir.

### **2.4. Baranedağ Granitoyidi**

İnceleme alanının kuzeybatısında ve kuzeydoğusunda yüzeylenen intrüzif karakterli bu birim granitoyidik bileşimli kayaçlardan oluşmaktadır. Baranedağ Granitoyidini oluşturan kayaçların bazen kahverengimsi, grimsi-kahverenkli, geniş yayımlı masif kütleler halinde gözlendiği, bazen de kolaylıkla ufalanan, kum haline dönüşmüş ileri derecede altere olmuş bir şekilde gözlendiği ifade edilmektedir (Yeşilören, 2003). Metamorfik serilerle keskin dokanaklara sahip yer yer kontakt metamorfik etkilerin görüldüğü ve kontakttan yan kayaçlara doğru granat, granat+klinopiroksen, epidot minerallerinden oluşan bir zonlanma gösterdiği Bayhan (1984) tarafından belirtilmektedir. Baranedağ Granitoyidine ait daykların metamorfik serileri çoğunlukla kestikleri belirlenmiştir. Bölgede geniş bir yayılım gösteren bu granitik kütlelerin Paleosen yaşlı olduğu ifade edilmektedir (Seymen, 1982).

## **2.5. ayağazı Siyenitoyidi**

İnceleme alanının kuzeyinde yūzeylenen bu birim Tolluođlu (1986) tarafından ayağazı Siyenitoyidi olarak tanımlanmış, Seymen (1982) ve Kara ve Dönmez (1990) tarafından Buzlukdađ siyenitoyidi olarak adlandırılmıştır. Kuvars bakımından fakir bu kayaçlar genel olarak siyenitik bir karaktere sahip olup metamorfitletler arasında stok Őeklinde yapısal bir konumda bulunmaktadırlar (Tolluođlu,1986). Daha önce yapılan çalışmalarla bu birimi oluşturan kayaçların nefelinli siyenitler, lōsitli siyenitporfirler, trakitler, fonolitler, trakifonolitlerden oluştuğu ifade edilmektedir. Daha önce yapılmış olan çalışmalardan çıkarılan sonuçlara gōre, bu bōlgede bulunan siyenitoyidlerin İç Anadolu Magmatik Kuşağında yer alan granitoyidleri kestiği ve dolayısıyla granitoyidlerden daha genç oldukları ifade edilebilir (Seymen, 1982; Tolluođlu, 1986; Bayhan, 1988).

## **2.6. Sedimanter Örtü Kayaçları**

Bu birim tüm istif üzerine uyumsuz olarak yerleşmiş olup, karasal fasiyeste gelişen pekişmemiş konglomera, kum ve kil boyunda çökeller ile karakterize edilmektedir. Yer yer gösel fasiyeste beyaz renkli kireçtaşları ve tüflere de rastlanılmaktadır. Kırmızımsı-kahverengimsi renk en belirgin özellik olarak tanımlanmıştır ve bu birime ait çökellerde tabakalanma gözlenmemektedir (Tolluođlu, 1986). Kara ve Dönmez (1990) tarafından yapılan çalışmada bu birimin tūf, jips-anhidrit, killi kireçtaşı, çakıltaşı-kumtaşı bant ve mercceklerini içerdiği belirlenmiştir.

## **2.7. Alūvyon**

Altındaki istife uyumsuz olarak yerleřmiř olan bu birim, bōlgede genelde akarsu yataklarında çakıl, kum boyunda malzemedan oluřan alūvyonal seriler halinde gözlenmektedir.



### 3. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER

#### 3.1. Giriş

Bu bölüm, çalışma alanında incelenmiş kayaç türlerinin ayrıntılı mineralojik incelemeler sonucunda belirlenen mineral özellikleri ve mineral birlikteliklerinin tanımlamasını içermektedir. Çalışma alanının lokasyon haritası Ek 1'de verilmiştir.

Burada tez çalışmasının amacına yönelik olarak, inceleme alanında geniş alanda yayılım gösteren, istifin en yaşlı birimi olan Kırşehir Metamorfikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bölgede Kırşehir Metamorfikleri yanısıra bu birimi sıcak dokanaklarla keser biçimde bulunan intrüzif kütleler de yer almaktadır. İstifin en üst ve en genç birimini Sedimanter Örtü Kayaçlarının oluşturduğu önceki bölümde belirtilmiştir.

İnceleme alanında bulunan ve istifi oluşturan metamorfik, magmatik ve sedimanter kayaçların mineralojik ve petrografik incelemelerine geçmeden önce, bu kayaç gruplarının adlandırılmalarında dikkate alınan kriterler aşağıda belirtilmiştir.

Metamorfik kayaç adlandırılması, genellikle kayaç adı önüne eklenen ek sözcükler yardımıyla yapılmaktadır. Bu sözcükler, kayaç kökenini belirten ön ekler, kayaç dokusunu tanımlayan ekler veya kayaca ait mineral parajenezini belirten mineral isimleri şeklindedir. Metamorfik kayaç türlerinin adlandırılması Şekil 3.1'de verilmiştir. Çalışma alanındaki litoloji gruplarının, mineralojik ve kimyasal özellikleri baz alınarak incelendiğinde, metakarbonatlar, kuvarsitler, metapelitler ve amfibolitlerden meydana geldiği görülmektedir (Ek 3). İnceleme alanının ana kayaç türlerini mermerler, kuvarsitler, şistler, gnayslar, amfibolitler ve felsler oluşturmaktadır.

İncelenen bölge içinde en yaygın olarak gözlenen birim saf ve saf olmayan metakarbonatlardır. Kayaç ana bileşen olarak %50'den fazla karbonat minerali içerdiğinde mermer olarak tanımlanmıştır. %50-90 arasında karbonat minerali içeren kayaçların adlandırılması kayaçta ikinci derecede öneme sahip ve en az %5 oranında bulunan bileşenlerin adı, kayaç adının önüne, kayacın içinde bulunma miktarıyla ilişkili olarak azdan çoğa doğru sıralanmak suretiyle yazılmaktadır. Örneğin karbonat minerali olan kalsit bakımından zengin olan bir kayaçta %5'den fazla

miktarda kuvars ve artan oranda diyopsit bulunuyorsa kayaç isimlendirmesi kuvars-diyopsit-mermer şeklindedir.

Kuvars açısından zengin olan kayaçların adlandırılması karbonatlı kayaçlara benzer bir şekilde yapılmaktadır. Ana bileşen olarak %90'ın üzerinde kuvars içeren kayaçlar kuvarsit olarak adlandırılmıştır. %5'in üzerinde olan ve tali değere sahip mineraller ise yine azdan çoğa doğru kayaç adı önüne yazılmak suretiyle belirtilmişlerdir. Mika-kuvarsit bu kayaç isimlendirmesine örnek olarak verilebilir (Şekil 3.1).

Mineralojik olarak diyopsit, tremolit/aktinolit, forsterit, grossular/andradit, skapolit, epidot grubu mineralleri, plajiyoklaz, vollastonit ve muskovit minerallerini içeren kayaçlar kalsilikatik kayaç olarak isimlendirilmektedirler. Bu kayaçların adlandırılması mineralojik bileşimlerine ve dokusal özelliklerine bağlı olarak yapılmıştır.

Şistlerin adlandırılmasında, ana bileşen olarak başlıca kuvars mineralinin miktarı göz önüne alınıp, kayacın tipik dokusal özelliği (cm-mm) esas alınmıştır. Kayacın isimlendirilmesinde, kayaç içinde %50'den fazla bulunan ana mineral isimlendirmede temel alınıp, kayaç içinde bulunan diğer mineraller kayaç adının önüne artan oranda getirilerek kayaç granat-mika-kuvarsşist veya biyotitşist olarak adlandırılmıştır.

Gnaysların adlandırılmasında, feldispat oranının dikkate alınması ve bu oranın şistlere oranla daha fazla oluşunun yanı sıra, kayacın bölünme özelliği de göz önüne alınmıştır.

Kayaçların adlandırılmasında kullanılan fels sözcüğü, aslında metamorfik kayaçlara ait bir dokuyu ifade eder ve kayacın herhangi bir yönlendirme göstermediğini, masif bir şekilde bulunduğunu belirtir (Erkan, 2002). Bazen makroskopik ölçekte kayacın kaba bir yönlendirme gösterdiği de saptanabilir. Adlandırma, daha önce de belirtildiği şekilde, kayaç içindeki bileşenlerin kayaç adı önüne azdan çoğa doğru yazılması suretiyle yapılmaktadır.



Kayaç içinde ana bileşen olarak %50'den fazla oranda hornblend ve plajiyoklaz mineralleri içeren kayaçlar amfibolit olarak tanımlanmıştır. Tali değer taşıyan %5'den yüksek oranda bulunan bileşenler artan oranda kayaç önüne yazılarak örneğin, epidot-amfibolit şeklinde isimlendirme yapılmıştır.

İnceleme konusu dışında kalan ancak çalışma alanında bulunan magmatik kayaçların isimlendirilmesi, kayaçta bulunan bileşenlerin kayaç içerisindeki yüzde oranları esas alınarak ve modal mineralojik incelemelerle Streckeisen (1976, 1979) diyagramlarından yararlanılarak yapılmıştır.

Metamorfik kayaç adlandırılması yukarıda belirtildiği şekilde kayaç içinde %5'den yüksek oranda bulunan mineral adı genel kayaç adı önüne azdan çoğa doğru yazılarak yapılmaktadır. Adlandırmalar yapılırken bazı simgeler ve işaretler kullanılmaktadır. Bileşenlerin oranları tam olarak belirlenmiş ise örneğin, granat-mika-kuarsist şeklinde kayaç içerisinde bulunma miktarlarına göre artan oranda yazılmış ve birbirlerinden '-' işaretiyle ayrılmışlardır. Kayaç içinde birbirleriyle değişen oranlarda bulunan bileşenler yazılırken aralarına '/' işareti konulmuştur. Örneğin, epidot/biyotit/hornblendist veya biyotit/hornblend/epidotist de olduğu gibi bu işaretle yazılan minerallerin o kayaçta değişen oranlarda bulunabileceği ve kayacın isminin farklı şekillerde yazılabileceği anlaşılmaktadır.

### **3.2. Kırşehir Metamorfitleri**

Bu bölümde, inceleme konusu olan granat-biyotit birlikteliğinin bulunduğu Kalkanlıdağ Formasyonu ve bu formasyonla birlikte Kırşehir Metamorfitlerini oluşturan Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi, Naldökendağ Formasyonu ve Bozçaldağ Formasyonu içerisinde bulunan kayaç gruplarının ayrıntılı mikroskopik incelemeleri sonucunda, kayaçların mineralojik bileşimleri ve mineral birliktelikleri verilmiştir. Tüm kayaç grupları ve bu kayaç gruplarının ayrıntılı inceleme sonuçları Ek.3'de gösterilmiştir.

### **3.2.1. Kalkanlıdağ Formasyonu**

Kalkanlıdağ Formasyonu daha önce belirtildiği gibi Kırşehir Metamorfikleri olarak belirlenmiş istifin en yaşlı birimini oluşturmaktadır. Bu istifi oluşturan kayaç toplulukları metapelitler, metakarbonatlar ve amfibolitler olarak belirlenmiştir. En yaygın litoloji topluluğu olarak metapelitlerin varlığı olarak gözlenmiştir.

#### **3.2.1.1. Metapelitler**

Metapelitler, bölgede gözlenen en yaygın birimdir. Değişik kayaç türlerini içeren litoloji topluluğu metakarbonatlı ve diğer kayaç gruplarıyla aralanmalı olarak yüzeylenir. Ana litoloji topluluklarına ait kayaç türleri arasında süreklilik gösteren mineralojik geçişlerin yaygın olduğu gözlenmiştir.

Metapelitler içerisinde gözlenen kayaç türleri biyotitlişist, muskovitlişist, mikaşist, granat-mikaşist, mika-kuvarsit, mika-gnays, mika-kuvars-gnays, granat-sillimanit-gnayslardır.

##### **3.2.1.1.a Mikaşist**

Kalkanlıdağ Formasyonu içinde inceleme bölgesinde yüzeylenen bu kayaç türleri, içerdikleri mika minerallerinin miktarına bağlı olarak, biyotitlişist, muskovitlişist, her iki mika mineralini birlikte içeren ve bulunma miktarları arasında çok farklılık göstermeyen örnekler için ise kısaca mikaşist olarak adlandırılmıştır. Mikaşistlerin diğer kayaç grupları ile birlikte, uyumlu stratigrafik bir dizilim içinde bulunduğu gözlenmiştir.

Makroskopik olarak şistlerin renkleri genellikle açık-gri, yeşilimsi-gri, kahverengimsi-gri olarak görülmektedir. Biyotitlişistlerin koyu yeşil ve siyaha yakın renklerde, muskovitlişistlerin parlak pulsu beyaz, sarımsı renklerde olduğu gözlenmektedir. Mikaşist örnekleri ise parlak gri renk tonlarına sahiptir. Eğer şistlerin içerisinde hornblend veya epidot bulunuyorsa yeşil renk tonlarının hakim olduğu görülmektedir. Mikaşistler arazide çekiçle vurulduğunda 1cm-mm arasında değişik oranlarda bölünme gösterirler ve belirgin bir yönlenmeye sahiptirler. Orta taneli kayaçlardır ve el örneğinde biyotit minerallerini muskovit minerallerinden ayırmak mümkündür.

Biyotit parlak siyah, muskovit ise beyaz, sarı pulsu taneler şeklindedir. Kalkanlıdağ Formasyonunda bulunan mikaşistlerden alınan örneklerin incekesitlerinin incelenmesi ile bu kayaç türlerinin mineralojik bileşiminin,

*Kuvars + ortoklaz + plajiyoklaz + biyotit + muskovit ± klorit ± kalsit ± granat ± tremolit ± titanit ± zirkon ± mikroklin ± apatit + opak mineraller*

şeklinde olduğu belirlenmiştir. Yukarıda mineraller arasına konulan '±' işareti kayaç içinde az veya çok bulunduğunu belirtmek amacıyla konulmuştur.

İncekesit incelemelerinde tipik olarak lepidoblastik doku ile lepidogranoblastik doku gözlenmiştir. Özellikle mika mineralleri (biyotit, muskovit), kuvars mineralleri arasında belirli bir uyum içerisinde yönelme göstermektedir. Kuvars mineralinin bazı kesitlerde dalgalı sönme gösterdiği belirlenmiştir. Biyotit ince kesitte yapraksı-pulsu şeklindedir ve teknikolde yeşil, yeşilimsi kahverengi bir renge sahiptir. Muskovit mineralleri ise tipik olarak renksiz, yarıözşekilli, yapraksı, pulsu demetler şeklinde gözlenmiştir. Kayaç isimlendirmesinde, kayacın mineralojik bileşiminde yukarıda belirtildiği gibi ana bileşen olarak mika minerali miktarına göre biyotitşist, muskovitşist yada mikaşist olarak adlandırma yapılmaktadır. Kuvars ve mika minerallerinin yanında feldispat minerali olarak plajiyoklaz ve az da olsa ortoklaz mineralleri de bulunmaktadır. Plajiyoklaz çiftnikolde polisentetik ikizlenme ve zayıf zonlanma gösterirken, ortoklaz teknikolde renksiz, optik engebese düşük, kirli yüzeyli halde bulunmaktadır.

Tezin amacına yönelik çalışma doğrultusunda granat-biyotit birlikteliği bulunan kesitlerde daha yoğun çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Granat mineralleri açık kahverengi renkte, çatlaklı yapıda, irili ufaklı şekilde biyotitlerle dokanak halinde bulunmaktadır (Şekil 3.2).

Apatit mineralleri, küçük taneler şeklinde, özşekilli, altıgen yada dikdörtgen şekilde bulunmaktadır.

### **3.2.1.1.b. Mika-gnays**

Metapelitik grubun yaygın örneklerinden olan bu kayaçlar, yukarıda tanımlanmaya çalışılan metapelitik şistlerle birlikte, onların yaygın olarak bulunduğu bölgelerde bulunmaktadır. Şistlerle benzer mineralojik bileşime sahiptirler, ancak dokusal açıdan farklılık göstermektedirler.

Kayaç, açık ve koyu renkli mineraller bakımından zengin seviyelerin oluşturduğu bantlı görünüme ve kaba bölünmeye sahiptir. Mika-gnaysların mostradaki renkleri kahverengi, yeşil, parlak gridir ve çekiçle vurulduğu zaman dm-cm boyutunda yapraklara ayrılmaktadır. Orta ve iri taneli kayaçlardır. Bu kayaçlar içinde gözle fark edilebilen bileşenler olarak mika, kuvars, granat mineralleri sayılabilir. Yaygın olarak gözlenen bantlı görünüm açık ve koyu renkli bileşenlerin ardalanması şeklinde oluşmaktadır. Kalkanlıdağ Formasyonu içinde tanımlanan mika-gnaysların mineralojik bileşimi,

*plajiyoklaz + ortoklaz + kuvars ± biyotit ± muskovit ± mikroklin ± granat ± sillimanit ± titanit ± zirkon ± rutil ± turmalin ± apatit ± opak mineraller*

olarak belirlenmiştir. İncekesitte granoblastik, lepido-granoblastik, lepidoblastik ve porfiroblastik doku türleri yaygındır. Kuvars ve feldispat mineralleri ile yapraksı mika minerallerinden oluşan lepidogranoblastik dokulu matriks içinde , granat ve mikroklin gibi mineraller porfiroblastlar halinde bulunmaktadır.

Kayaç içinde yaygın olarak bulunan mineral grubu feldispatlardır. Bu grup içinde mikroklin, ortoklaz ve plajiyoklaz mineralleri sayılabilir. Kafes ikizlenmesi gösteren mikroklinler yaklaşık eşit tane boyundadırlar. Kayaç içinde mikroklin miktarının diğer feldispatlara göre daha fazla bulunması halinde kayaç mikroklin-gnays olarak adlandırılmaktadır. Mikroklinler, genel görünümüleriyle kayaç içinde dağınık, ufak taneler halinde bulunurlar. Feldispat minerali olan plajiyoklazların incekesitlerde polisentetik ikizlenme gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen mika-gnayslarda feldispat grubu minerallerde karbonatlaşma ve killeşme şeklindeki bozunmalar yaygın olarak görülmektedir. Feldispat porfiroblastlarının mika mineralleri tarafından çevrelenmesi ile gelişen gözlü doku da incekesitlerde çoğunlukla görülmektedir.

Kayaç içinde yaygın olarak bulunan bir diğer mineral topluluğu mikalardır. Mika minerali olan muskovitin kayaçta biyotite oranla fazla bulunması halinde kayaç muskovit-gnays olarak adlandırılmıştır. Kayaçta bulunan muskovitler teknikolde renksiz, çiftnikolde dilinime paralel sönme gösteren, yapraksı, pulsü mika mineralleridir. Diğer mika minerali olan biyotit, incekesitte yapraksı olarak bulunması, genellikle muskovit mineralleri gibi dilinime paralel sönme göstermesi, kahverengimsi rengi ve belirgin pleokroizması ile tanınmaktadır (Şekil 3.3).

Mika-gnayslarda feldispat mineralleri ve mika mineralleri dışında %10-15 arasında değişen miktarda kuvars minerali de bulunmaktadır. Tipik dalgalı sönme özelliği gösteren kuvarsların yanında dalgalı sönme göstermeyen kuvarslar da yer almaktadır. Kuvars mineralleri, incekesitlerde gözlenen mika minerallerinin yönlenmesine paralel olarak uzanmaktadır.

Kayaç türüne göre, bu incekesitlerde feldispat, mika minerali gibi ana bileşenlerin dışında gözlenen diğer bileşenler granat ve sillimanittir. İncekesitlerde gözlenen granat porfiroblastları, açık kahverenginde çatlaklı yapıya sahip ve mika mineralleri tarafından çevrelenmiş şekilde bulunmaktadır. Tek bir lokaliteden alınan örnekte gözlenen sillimanit minerali, incekesitte renksiz, iğnemi yada lifsi şekilde gözlenmiş olup metamorfizma derecesinin çok yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 3.4).

İncekesitlerde tali olarak, kayma ikizleri gözlenen kalsit mineralleri, apatit mineralleri, belirgin ters pleokroizmaya sahip koyu yeşil renkte turmalin, özşekilli yada yarı öz şekilli eşkenardörtgen şeklinde, optik engebesi yüksek, kahverenkli titanit minerali, biyotitlerden itibaren gelişmiş Fe-Mg klorit bileşiminde klorit mineralleri de bulunmaktadır.

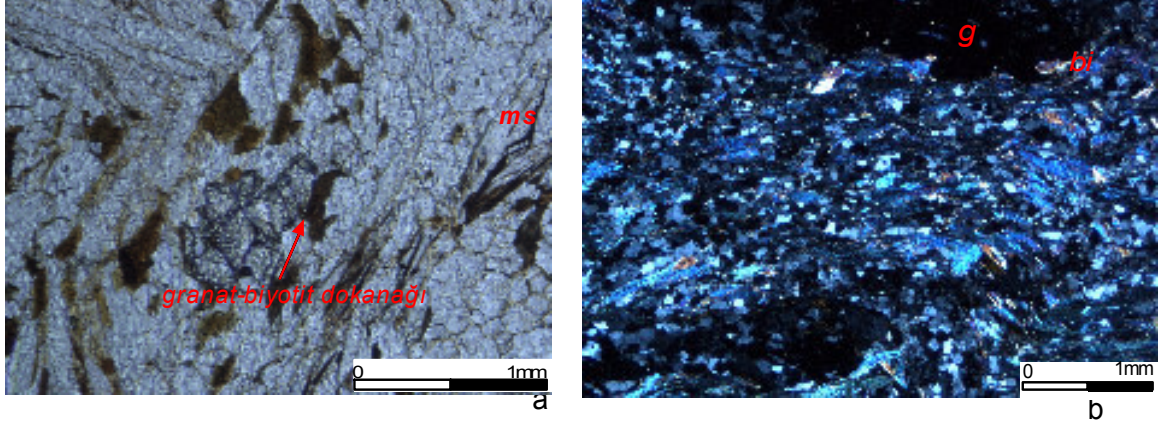


### **3.2.1.1.c.Mika-kuvarsit**

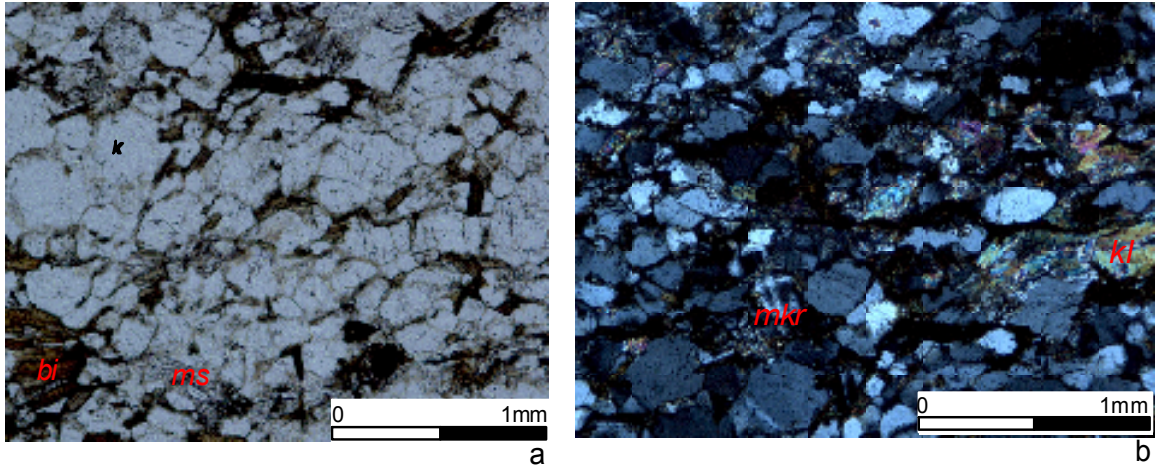
Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesine geçiş zonunda, 1,5 - 2m kalınlığına sahip seviyeler oluşturan özellikle şist-gnayslarla birlikte dar alanlarda kuvarsitler yüzeylenmektedir. Makroskopik olarak gri, bej ve kırmızımsı renklerde olup orta taneli kayalardır. Çekiçle vuruldukları zaman levhalar halinde ayrılma gösterir. İncekesit çalışmaları sonucunda belirlenen mineralojik bileşimleri;

*kuvars ± muskovit ± biyotit ± opak mineraller*

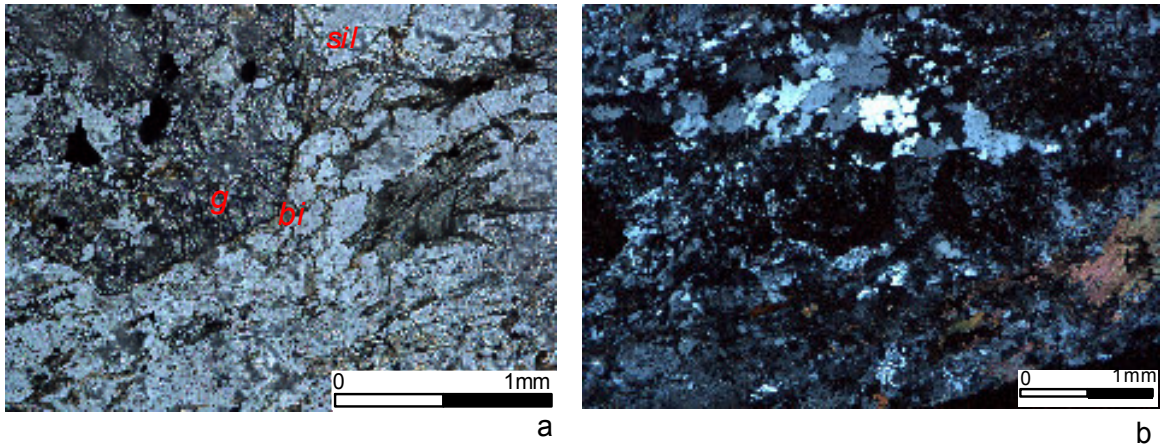
şeklinde. İnce kesitte özellikle lepidogranoblastik dokular göstermekte olup bazen granoblastik doku da gözlenebilmektedir. Mika-kuvarsitlerde bulunan muskovit mineralleri, tipik renksiz, yapraksı ve yönlenmiş biçimde bulunmaktadır. Muskovitlerin yanında muskovite oranla daha az bulunan diğer bir mika minerali olan biyotit de görülmektedir. Biyotitler küçük, kahverengimsi ve yapraksı şekle sahip olarak bulunmaktadır. Kayaç bileşiminin, çoğunluğunu oluşturan kuvars minerali ise incekesitte dalgalı sönme göstermekte ve belirgin taneler halinde bulunmaktadır. Tüm bu bileşenlerin dışında opak mineraller de kesit içinde fazla miktarda bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde gözlenen granat-mikaşistin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-34)



Şekil 3.3. Kalkanlıdağ Formasyonuna ait mika-gneys örneklerinin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-3)



Şekil 3.4. Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde gözlenen granat-sillimanit-gneys örneğinin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-54)

### **3.2.1.2. Metakarbonatlar**

Kalkanlıdağ Formasyonu içinde diğer bir kayaç grubu olan metakarbonatlar yaygın olarak görülmekte ve yukarıda anlatılan metapelitler ile birlikte ardalı olarak bulunmaktadır. Formasyonun üst kesimlerinde yüzeylenen türleri, kuvarsit üyesinin altındaki metapelitik kayaç gruplarıyla yanal ve düşey olarak geçiş göstermektedir. Bu birimlerin üzerine Naldökendağ Formasyonunu oluşturan mermerlerin geldiği arazi çalışması sırasında gözlenmiştir. Kalkanlıdağ Formasyonunda bulunan metakarbonatlı kayaçların incekesit çalışması sonucunda tanımlanan kayaç türleri, kalsit-kuvarşşist, kalsit-mikaşist olarak belirlenmiştir.

#### **3.2.1.2.a. Kalsit-kuvarşşist**

Bu kayaçlar genellikle metamorfizma derecesinin düşük olduğu bölgelerde egemendir. Kargasekmez Tepe güneyi, Yağmurlukale, Yağmurluarmutlu ve Yağmurlubüyükoba yerleşim merkezleri civarında ve Höyük Tepe sırtlarında yaygın olarak yüzeylendikleri gözlenmiştir. Stratigrafik olarak kuvarsit üyelerinin altında yer almaktadırlar. Kalsit-kuvarşşistler el örneklerinde grimsi kahverengi, sarı, bej ve yeşil renk tonlarındadır. İçeriğinde klorit bulunan örneklerin renginde yeşil tonun hakim olduğu ve kayaç içinde klorit bulunması düşük dereceli metamorfizmanın egemen olduğu alanları tanımlamaktadır. Kloritler açık renkte veya renksiz Mg bakımından zengin türlerdir. Yapılan petrografik incelemeler sonucunda bu kayacı oluşturan mineral birliktelikleri,

*kuvars + kalsit + muskovit ± biyotit ± klorit ± opak mineraller*

olarak belirlenmiştir. İncekesitte kalsit ve kuvars minerallerinden dolayı genellikle granoblastik doku gözlenmektedir.

Kalsit-kuvarşşistlerin ana minerali kuvars olup kayaçta yaklaşık %30 oranında bulunmaktadır. İncekesitlerde gözlenen kuvars mineralleri, ince uzun yönelimleri ve dalgalı sönme göstermeleri ile tipiktir.

Kalsit minerali kayma ikizi, mozayik tane sınırlarına sahip diğerk bir bileşendir. İncekesitte renksiz, özşekilsiz tanescl agregatlar olarak ve birbirlerine kenetlenmiş durumda bulunurlar. Kalsit-kuvarsşistlerde ortaya çıkan karbonat minerali bantlaşmaya neden olabilmektedir. Bu bantların kalınlığı genellikle mm boyutundadır ve bölünmeler bu bantlardan itibaren gerçekleşmektedir. Kayaç içinde bulunan kalsitlerin bol miktarda olması nedeniyle bu kayaçlar metakarbonatlı litoloji topluluğu içinde yer almaktadır (Şekil 3.5).

### **3.2.1.2. b. Kalsit-mikaşist**

Kalsit-mikaşistler, kalsit-kuvarsşistlerle hemen hemen aynı bölgede yüzeylenmişlerdir. Stratigrafik olarak yaklaşık aynı, diğerk litoloji gruplarıyla yapısal ilişkileri benzer olan kalsit-mikaşist ile kalsit-kuvarsşist birbirleriyle yanal eşdeğerkdir. Kalsit-mikaşistler el örneklerinde koyu grimsi renklere sahiptirler. Bu nedenle yüzeylendikleri her yerde aynı renge sahip olduklarından bu kayaç grubunu tanımlamada kolaylık sağlamaktadır. Tane boyları genellikle ufak olup bileşenleri gözle ayırt etmek mümkün değildir. En belirgin özelliklerinden biri de sık gelişmiş foliasyona sahip olmalarıdır. Bu kayaçlarda gözlenen yönlenme mika minerallerinin dizilimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Kalkanlıdağ Formasyonuna ait bu kayacın incekesit çalışması sonucunda mineralojik bileşiminin,

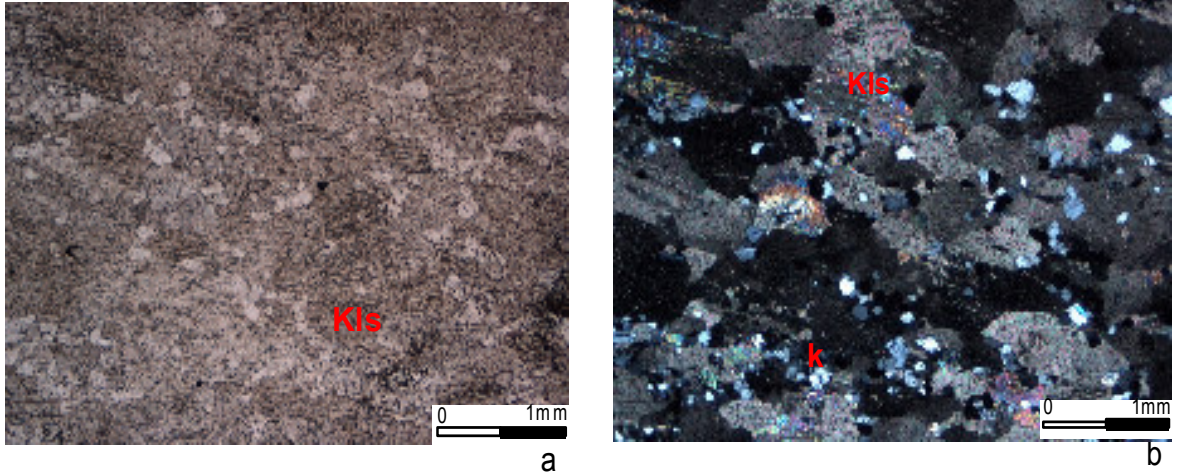
*kalsit ± muskovit ± biyotit ± kuvars ± apatit ± opak mineraller*

olduğu belirlenmiştir. İncekesitte gözlenen doku, kalsit minerallerinden dolayı granoblastik, mika minerallerinden dolayı da lepidoblastik ve lepidogranoblastik olarak tanımlanmıştır.

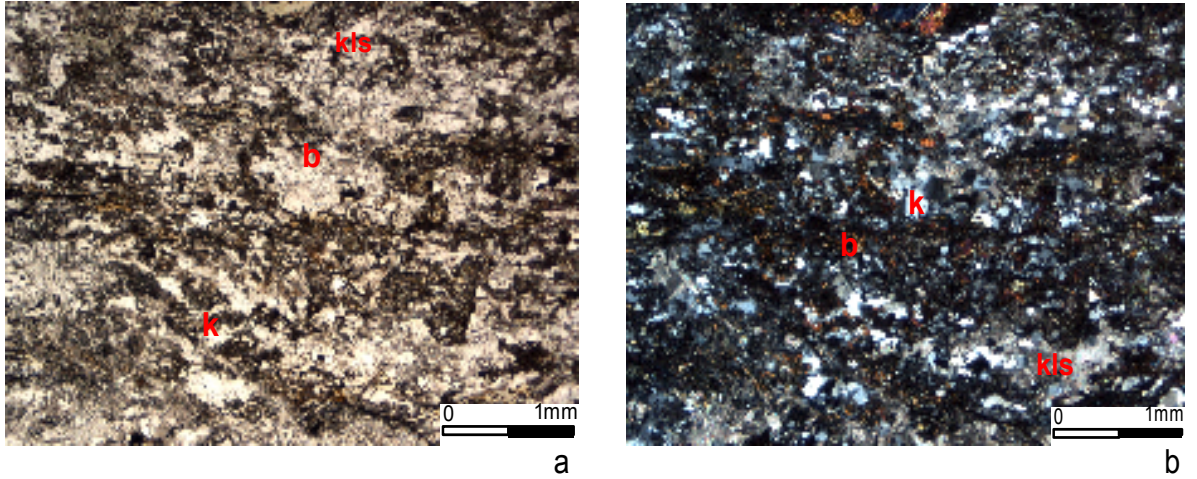
Kalsit mineralleri incekesitte renksiz, özşekilsiz taneler halinde bulunmaktadırlar. Polisentetik lameller şeklinde olan kayma ikizleri olağandır.

Kuvars mineralleri bileşimde çok az bulunmakla birlikte ufak taneler halinde, dalgalı sönme göstermektedir.

Muskovit mineralleri renksiz ve kesit içinde yönlendirilmiş şekildedir. Biotitler de muskovitle birlikte ince seviyeler halinde gözlenen diğer olağan bir bileşendir. Kalsit-mikaşistlerde bulunan biyotit kahverengimsi renge sahiptir (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Kalkanlıdağ Formasyonuna ait metakarbonatlı kayalardan kalsit-kuarsşist örneğinin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No:46)



Şekil 3.6. Kalkanlıdağ Formasyonuna ait metakarbonatlı kayalardan kalsit-mikaşist örneğinin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No:9)

### 3.2.1.3. Amfibolitler

Kalkanlıdağ Formasyonu içinde bulunan bir diğer litoloji topluluğu amfibolitlerdir. İnceleme alanında metapelitik kayalarla aralanmalı olarak bulunurlar ve yanal devamlılık gösteren geniş mostralara sahiptirler. Geniş mostralara yanında değişik kalınlıklarda ara seviyelerde bant ve mercekli şekilde de yüzeylenmektedirler. En yaygın olarak yüzeylendikleri bölge Yağmurlusarıuşağı köyü ve çevresidir. Metapelitlerle yapısal uyumlu mostralara arazi çalışması esnasında gözlenmiştir. Erkan (1975)'in yapmış olduğu çalışma, amfibolitlerin bazılarının belirli bir yönlü dokuya sahip olduklarını ve bileşenlerin boyutlarının, metamorfizma mertebesi arttıkça arttığını ortaya koymuştur. Yaptığı bir diğer çalışmada ise Erkan (1980), bu bölgede bulunan amfibolitlerin, metasedimanter olan ve geniş alanda yayılım gösteren mermerlerle beraberliği nedeniyle sedimanter kökenli olduğunu belirtmiştir.

Arazi çalışmasında toplanılan el örnekleri, laboratuvarında incekesit incelemeleri sonucunda içerdikleri mineral birliktelikleri gözönüne alınarak epidot-amfibolit ve amfibolit olarak adlandırılmışlardır.

Makroskopik olarak amfibolit örnekleri koyu renge sahiptir. Genellikle koyu yeşil, koyu gri ve siyah rengindedirler ve ince taneli, masif görümlü kayalardır. Bazı örneklerde bölünme ve belirgin mineral lineasyonu izlenebilmektedir. İncekesitlerde gözlenen doku nematoblastiktir. Bu dokunun ana bileşenini plajiyoklaz ve hornblend mineralleri oluşturmaktadır. İncekesitte yapılan incelemelerde bu kayaların grubunun mineralojik bileşimi,

*hornblend + plajiyoklaz + kuvars ± epidot (pistazit) ± biyotit ± muskovit ± titanit ± apatit ± opak mineraller*

olarak belirlenmiştir. Kayaların içinde bulunan epidot mineralinin gözlenmesi ve miktarının fazla olması sonucunda kayaların epidot-amfibolit olarak adlandırılmıştır.

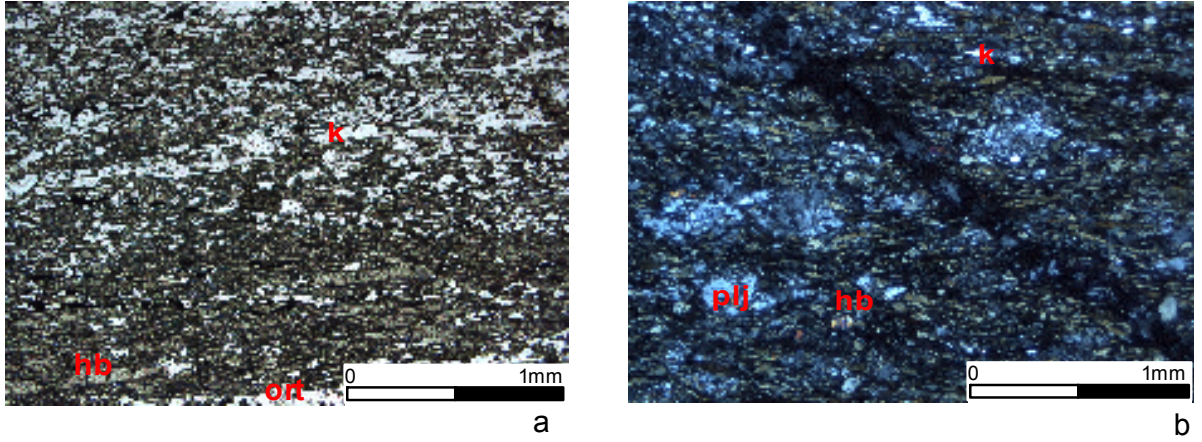
Kayaların içinde bulunan hornblend mineralleri prizmatik şekilde, yarı özşekilli, yeşilimsi kahverengi renklerine sahip ve belirgin pleokroizma göstermektedir. Çubuğu

hornblend minerallerinin belirli yönde dizilimleri sonucunda kayaçta bir yönlenme de gözlenebilmektedir (Şekil 3.7 - 3.8). Diğer ana bileşen olan plajiyoklaz mineralleri ise genellikle özşekilsiz olarak bulunmakta ve bu minerallerde ikizlenme çok nadir olarak görülmektedir. Bazı örneklerde plajiyoklaz minerallerinin altere oldukları ve serisitleşmeye uğradıkları belirlenmiştir. Bu mineraller dağınık halde veya hornblend minerallerinin dizilimine paralel olarak bulunmaktadır.

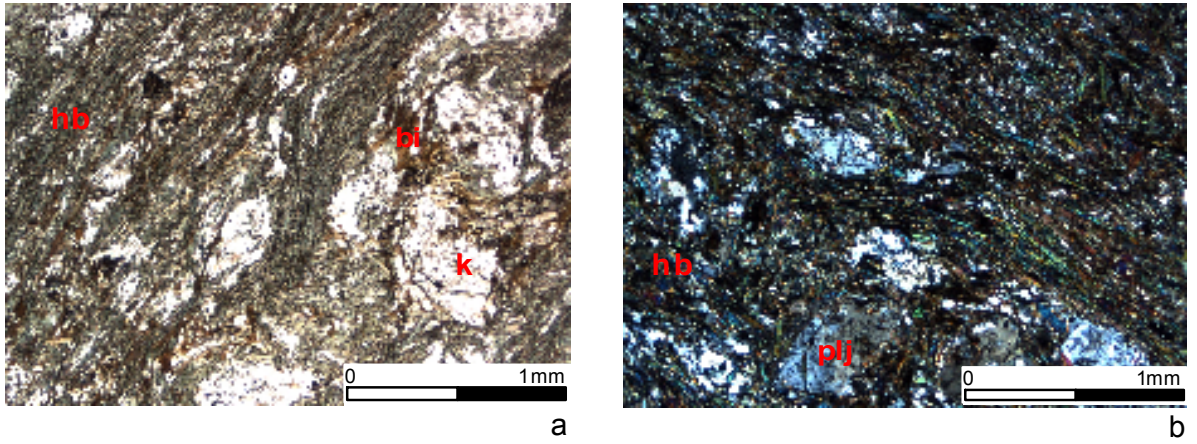
Epidot (pistazit), bileşimde gözlenen bir diğer mineraldir. Özellikle metapelitik kayaçlarla ardalımalı amfibolitlerde yaygın olarak ortaya çıkmaktadır. Bu mineralin ortaya çıktığı kayaçlar epidot-amfibolit olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.9). İncekesitte renkleri genelde hafif yeşilimsi veya renksizdir. Kısa prizmatik şekilleri ve pleokroizması ile kolayca tanımlanabilmektedirler. Hornblendlerle birlikte merceksi yönelimler göstermektedirler.

Kuars minerali ise hemen hemen çoğu örnekte görülmekte ve taneler arasında yarı özşekli, renksiz ve temiz yüzeyle görünümü ile tanınabilmektedir.

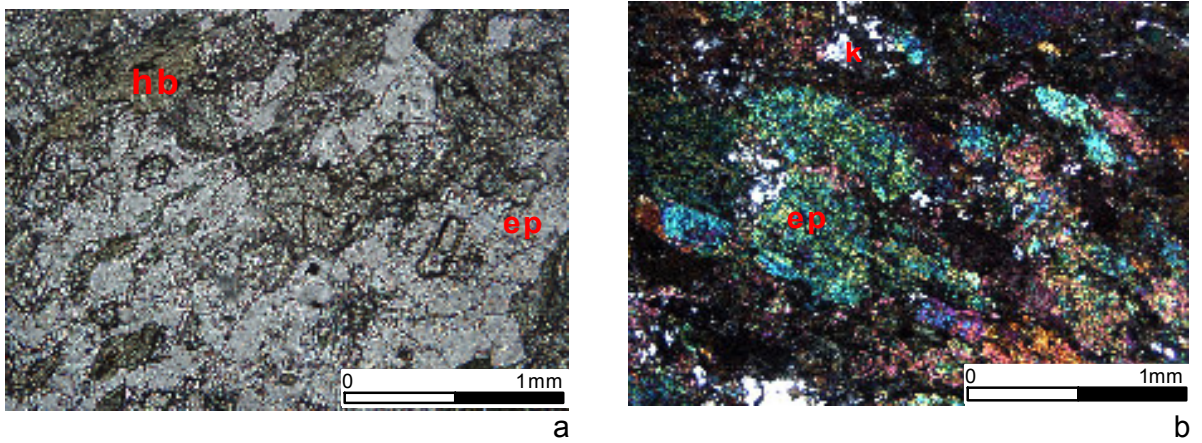
Bu kayaçlarda tali mineral olarak titanit, klorit ve apatit mineralleri gözlenmektedir. Titanit mineralleri tipik eşkenar dörtgen şeklinde, yüksek optik engebeli olma özelliğinden dolayı kolayca tanımlanabilmektedir. Apatit minerali ise yuvarlağımsı küçük taneler halinde dağınık şekilde bulunmaktadır. Klorit minerallerinin, ikincil olduğu, soluk yeşil renkte ve girişim renklerinin koyu kahverengi olduğu saptanmıştır.



Şekil 3.7. Kalkanlıdağ Formasyonu içinde gözlenen amfibolitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, Çift Nikol, Örnek No: a:G-40A, b:G-10).



Şekil 3.8. Kalkanlıdağ Formasyonuna ait amfibolitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, Çift Nikol Örnek No:G-6).



Şekil 3.9. Kalkanlıdağ Formasyonu içinde gözlenen epidot-amfibolit örneğinin genel görünümü (a. Tek Nikol, Çift Nikol Örnek No:G-35A-B).



### 3.2.2. Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi

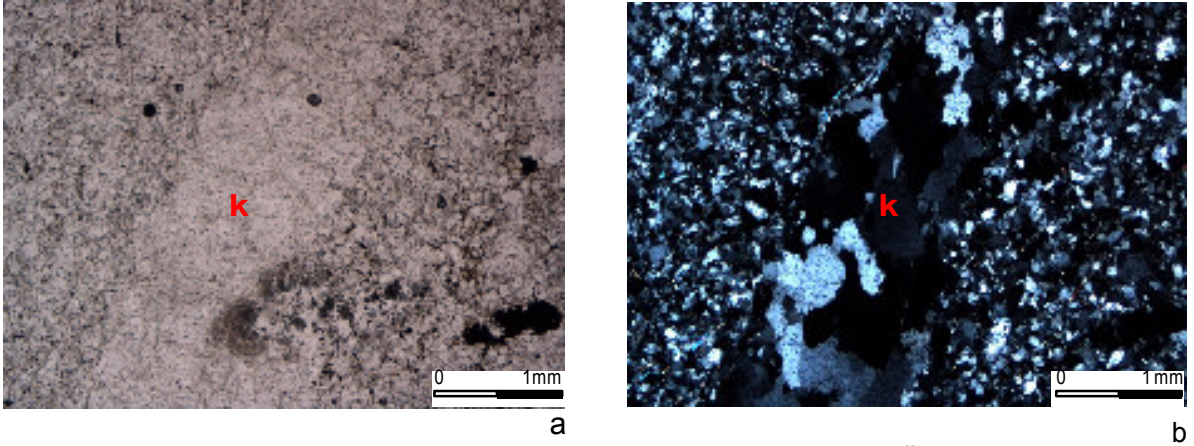
Kalkanlıdağ Formasyonunun üst kısmında ve metapelitler üzerinde yer alan Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi çoğunlukla tepelerde masif bloklar halinde gözlenmektedir. Kuvarsitlerin arazide gözlenen renkleri genellikle bej, pembe, kahverengi ve sarı renk tonlarındadır. Demiroksit içeriği fazla olan örneklerde koyu kırmızı ve kahverengimsi renkler hakimdir. Metapelitlerin üst kısmında buldukları için kuvarsitlerin üst kısmından alta doğru inildikçe mika miktarının artışı söz konusu olmaktadır. Birim içinde gözlenen kayaç türleri kuvarsit, biyotit-kuvarsit, muskovit-kuvarsit ve mika-kuvarsittir (Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12). Orta ve küçük taneli olan bu kayaçlar oldukça sert bir yapıya sahiptir ve çekiçle vurulduğu zaman sivri kenarlar oluşturacak şekilde parçalanma gösterirler. Kuvarsitler, bol çatlaklı bir yapıya sahiptir ve bu çatlaklarda kırmızımsı koyu kahverengimsi renge sahip demir oksit mineralleri sıkça görülmektedir. Kuvarsitlerin petrografik inceleme sonucunda mineralojik bileşimleri,

*kuvars ± muskovit ± biyotit ± turmalin ± klorit ± zirkon + opak mineraller*

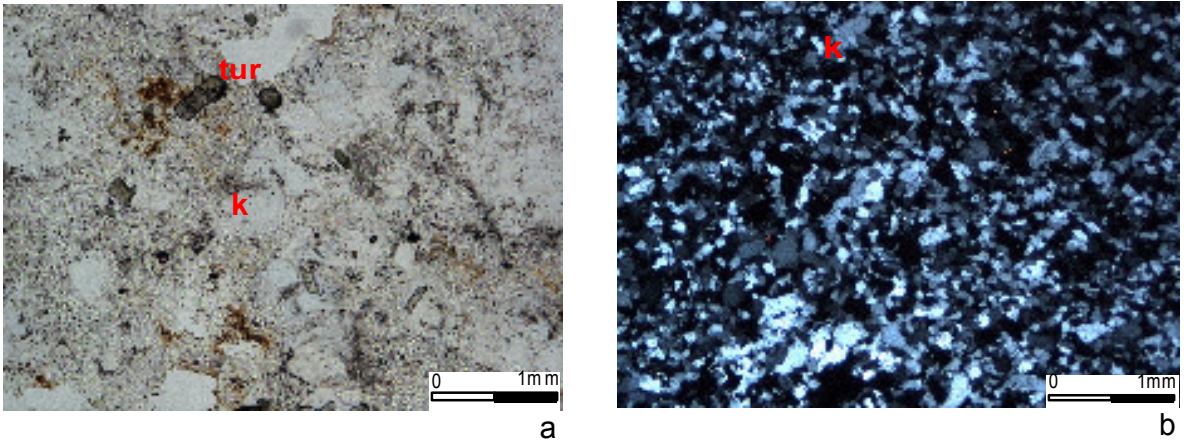
olarak belirlenmiştir. Kuvars yoğunluğundan dolayı granoblastik doku, mika minerallerinin gözlenmesi ile de lepidogranoblastik doku egemen olmaktadır. Kayaç içinde ana bileşen olarak %90 üzerinde kuvars minerali bulunmaktadır. Kataklastik deformasyona uğramış olan kuvars mineralleri ufalanma ve dalgalı sönme göstermektedir. Deformasyona uğramamış olan kuvars mineralleri ise eşit tane boyutunda ve dalgalı sönme göstermemektedirler.

Kuvarsitler içinde bulunan bir diğer bileşen ise mika mineralleridir. Muskovit mineralleri mikakuvarsitlerde, kuvarsitlerle kıyaslandıklarında daha iri taneler halinde, yapraksı şekilde, genellikle kuvars minerallerinin arasında bulunurlar. Biyotitler ise kahverenginde, uzun ince şekilde, muskovitlerde olduğu gibi kuvarların arasında bulunurlar.

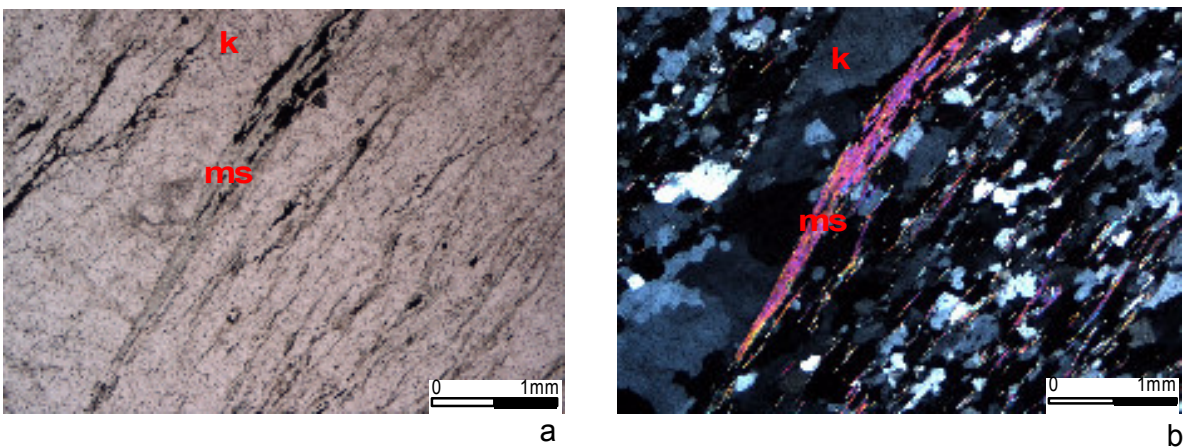
Tali mineraller olarak, koyu yeşil renkte turmalin mineralleri ve bazı örneklerde de klorit mineralleri ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.10. Kuvarsitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No:G-17)



Şekil 3.11. Kuvarsitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No:G-51)



Şekil 3.12. Muskovit-kuvarsitlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No:G-50)

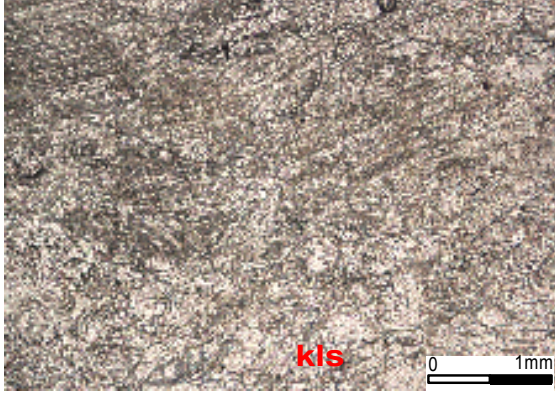
Yukarıda anlatılan formasyonlar dışında Kırşehir Metamorfileri içinde yer alan Bozçaldağ Formasyonu içerisinde de örnekleme çalışması yapılmıştır. Naldökendağ Formasyonu ve Bozçaldağ Formasyonu üzerinde yer alan diğer birimler için tezin amacına yönelik herhangi bir petrografik çalışma yapılmamıştır.

### 3.2.3. Bozçaldağ Formasyonu

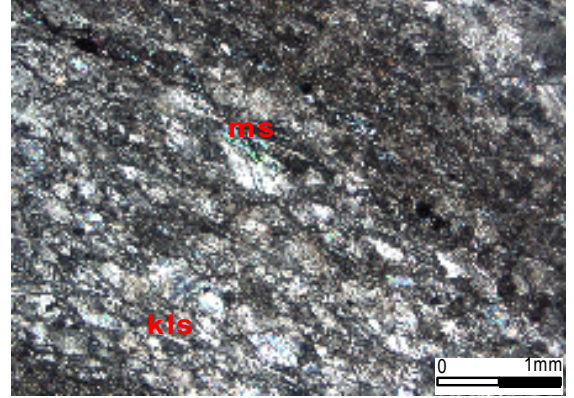
Tolluoğlu (1986), Bozçaldağ Formasyonunun üzerinde bulunduğu Naldökendağ Formasyonunun başlıca metakarbonatlardan ve az miktarda da kuvarsitlerden oluştuğunu belirlemiştir. Bozçaldağ Formasyonu ise saf ve homojen mermerlerin oluşturduğu bir birimdir. Bu birim saf karbonat çökellerinin metamorfizması ile oluşmuş mermerleri ifade etmektedir. Mostrada gözlenen renk tonları beyaz, açık-gri ve grimsi beyazdır. Bozçaldağ Formasyonunda yüzeylenmiş olan mermerler, devamlı ve aynı özelliğe sahip kalın seviyeler halindedir. Bölgesel metamorfizma ile de mermerlerin tane boyunda bağıl bir değişim mevcuttur. Yörede kuzey-kuzeydoğuda bulunan mermerlerin, güneybatıda yüzeylenen mermerlere oranla daha iri kalsit kristalleri içerdiği belirlenmiştir (Tolluoğlu, 1986). Bölgede gözlenen mermerler genellikle çatlaklı yapıda bulunmaktadır. Yapılan petrografik incelemeler sonucunda formasyona ait mineralojik bileşim,

*kalsit ± kuvars ± muskovit + opak mineraller*

olarak belirlenmiştir. Kalsit kristallerinin çokluğundan dolayı granoblastik doku izlenmektedir. Ana bileşen olarak %90 üzerinde kalsit minerali, %5-10 arası kuvars veya muskovit mineralleri bulunmaktadır. Kalsit mineralleri genellikle kayma ikizi gösteren, özşekilsiz, birbirlerine kenetlenmiş taneler şeklinde gözlenmektedir. Kuvars mineralleri ise incekesitlerde dağınık halde kalsit mineralleri arasında, ufak kristaller şeklinde bulunmaktadır. Muskovit mineralleri de, kuvars mineralleri gibi kalsit mineralleri arasında uzun ince taneler şeklinde yer almaktadır (Şekil 3.13, Şekil 3.14).

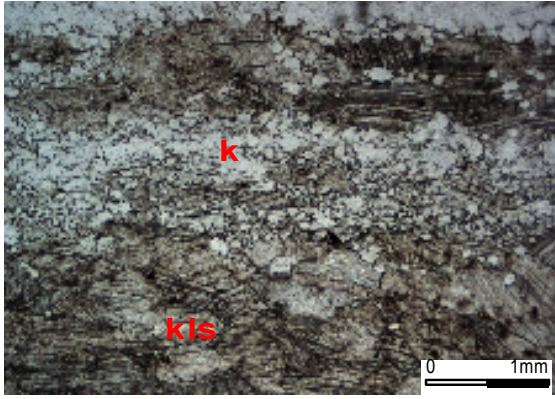


a

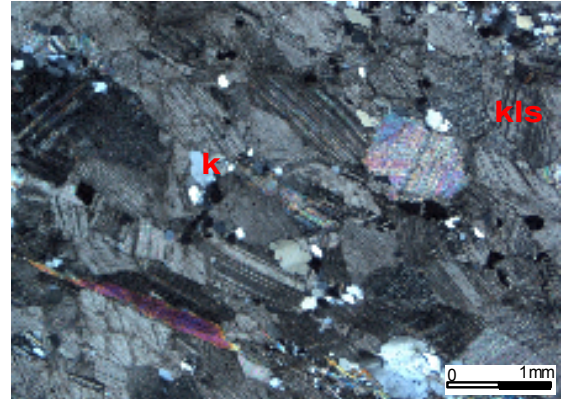


b

Şekil 3.13. Bozçaldağ Formasyonu içerisinde gözlenen muskovit içeren mermerlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-20A)



a



b

Şekil 3.14. Bozçaldağ Formasyonu içerisinde gözlenen kuvars içeren mermerlerin genel görünümü (a. Tek Nikol, b. Çift Nikol, Örnek No: G-22B)

## 4. KİMYASAL İNCELEMELER

İnceleme alanında yüzeylenen metamorfik kayaçların oluşumunda etkin metamorfizma sıcaklığını belirlemek amacıyla toplanmış olan kayaç örneklerinden bazıları üzerinde mineralojik bileşim ve minerallerin birbirleriyle dokanak ilişkileri de göz önüne alınarak jeotermometre çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

### 4.1. Giriş

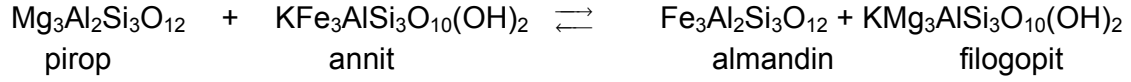
Jeotermometre hesaplamaları için kullanılan bir çok değişik yöntem bulunmaktadır. Metamorfizma sıcaklık koşullarının belirlenmesi amacıyla kullanılan mineraller veya mineral birliktelikleri etkili metamorfizma koşullarına göre değişiklikler göstermektedirler.

Çalışma bölgesinde Erkan (1975) üç metamorfizma zonunun varlığını belirlemiş ve metamorfizma derecesinin kuzeydoğuya doğru arttığını ifade etmiştir. I. Metamorfizma Zonunun Yeşilşist Fasiyesinin yüksek sıcaklık kısmına tekabül ettiğini, II. ve III. Metamorfizma Zonlarının ise Amfibolit Fasiyesine karşılık geldiğini belirtmiştir. Bu nedenle Yeşilşist ve Amfibolit Fasiyesine uygulanabilir olması ve metamorfik kayaçlar içinde geniş ölçüde uygulanabilirliğinden dolayı jeotermometre yöntemi olarak element değişimi (exchange) jeotermometre yöntemlerinden, granat-biyotit mineral birlikteliği (Ferry ve Spear 1978, Ferry 1980, 1984) kullanılmıştır.

Element değişim jeotermometreleri iki mineral arasında (intercrystalline) veya bir mineral içinde (intracrystalline) farklı alanlarda bulunan benzer atomların yer değiştirmesine dayanmaktadır. Yer değiştiren bu atomlar, eşit yüke ve benzer iyonik çapa sahip elementlerdir veya aynı elementin izotopudurlar (Bucher ve Frey, 2002). Burada metamorfizma sıcaklığına bir yaklaşımda bulunabilmek için granat-biyotit mineralleri arasında gerçekleşen Fe-Mg değişimi dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

#### 4.2. Biotit ve Granat Minerallerinin Kimyasal Bileşimleri

Granat- biyotit jeotermometre uygulaması metamorfizmada etkili sıcaklık ve basınca bağlı olarak mineraller arasında gelişen Mg-Fe değişimine dayanmaktadır ve bu değişim reaksiyonu şu şekilde gelişmektedir (Gessmann ve diğ., 1997),



Granat minerallerin de yapılmış olan mikroprop analiz sonuçları Çizelge 4.1'de, biyotit minerallerin de yapılmış olan mikroprop analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Bu analiz sonuçları kullanılarak Ferry ve Spear (1978)'in jeotermometre hesaplama yöntemlerine göre sıcaklık hesaplamaları yapılmıştır.

Metamorfizma Zonu	I. Zon		II.Zon	III. Zon
	G-34	G-4	G-7B	G-54
% SiO <sub>2</sub>	33,71	35,12	34,62	33,98
% TiO <sub>2</sub>	0,16	0,32	0,24	0,07
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,34	18,34	16,60	16,58
% FeO	22,82	12,15	15,89	39,69
% MnO	22,43	21,27	20,00	2,24
% MgO	0,32	0,27	0,50	1,85
% K <sub>2</sub> O	0,20	0,00	0,26	0,52
% CaO	4,03	12,53	11,69	5,07
<b>Toplam</b>	100	100	99,80	100

Çizelge 4.1. Granat minerallerinin mikroprop analiz sonuçları (Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> FeO olarak verilmiştir).

Metamorfizma Zonu	I. Zon		II.Zon	III. Zon
	G-34	G-4	G-7B	G-54
% SiO <sub>2</sub>	54,37	37,98	36,72	27,85
% TiO <sub>2</sub>	0,00	3,19	1,15	0,00
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,31	14,53	16,93	18,95
% FeO	5,79	28,30	30,70	43,92
% MnO	0,00	0,69	1,18	0,71
% MgO	1,36	5,54	5,91	7,84
% K <sub>2</sub> O	12,18	9,47	6,67	0,37
% CaO	0,00	0,00	0,00	0,37
<b>Toplam</b>	100	99,99	99,60	100

Çizelge 4.2. Biotit minerallerinin mikroprop analiz sonuçları (Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> FeO olarak verilmiştir).

### 4.3. Hesaplamalar

#### 4.3.1. Metamorfizma Sıcaklığının Belirlenmesi

Fe-Mg granat ve biyotit katı çözeltileri arasındaki Fe-Mg değişimi ilişkisi Ferry ve Spear (1978) tarafından incelenmiştir. Bu ilişkiler termometre hesaplamalarının temelini oluşturmaktadır. Yukarıda sıcaklık belirlemeleri için kullanılan örnekler ve bu örneklerin mikroprop analiz sonuçları verilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre metamorfizma sıcaklığının belirlenmesi için gerekli hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Hesaplama yönteminin nasıl yapıldığını anlatmak amacıyla G-54 nolu örnek için ayrıntılı hesaplama yöntemi gösterilmiştir.

İlk adım olarak granatlarda yapılan mikroprop analiz sonuçlarından elde ettiğimiz verilerin her biri için oksijen miktarlarının hesaplanması yapılmıştır.

Örnek olarak SiO<sub>2</sub> için hesaplama yöntemi şu şekildedir;

$$\frac{2 \times O_2\text{'nin atomik ağırlığı}}{SiO_2\text{'nin molekül ağırlığı}} = \frac{(2 \times 16)}{28,086 + (2 \times 16)} = 0,53$$

Diğer oksitler içindeki oksijen miktarının hesaplanması aynı şekilde gerçekleştirilmiştir ve sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

SiO <sub>2</sub>	0,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,47
FeO	0,22
MgO	0,40
MnO	0,23
TiO <sub>2</sub>	0,40
CaO	0,29
Na <sub>2</sub> O	0,26
K <sub>2</sub> O	0,17

Çizelge 4.3. Oksitler içindeki oksijen miktarı.

G-54 nolu örnek için granat mineralinin mikroprop analiz sonuçlarından SiO<sub>2</sub> miktarı % 33,98 bulunmuş ve SiO<sub>2</sub> içinde yüzde oksijen ağırlığı ise;  $33,98 \times 0,53 = \% 18,00$  olarak hesaplanmıştır.

Diğer oksitler içindeki oksijen ağırlığının yüzdesi, mikroprop sonuçları ile oksijen miktarları çarpılarak aynı şekilde bulunmuş ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

SiO <sub>2</sub>	% 18,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 7,79
FeO	% 8,73
MgO	% 0,74
MnO	% 0,52
TiO <sub>2</sub>	% 0,03
CaO	% 1,47
Na <sub>2</sub> O	% 0,00
K <sub>2</sub> O	% 0,90
Toplam	% 37,36

Çizelge 4.4. Oksitler içindeki % oksijen ağırlığı.



Bir diğ er adım ise toplam % oksijen ağırlığını 12 oksijene eşitleyerek dönüşüm faktörü elde etmektir;

$$\frac{12}{37,36} = 0,32 \rightarrow \text{dönüşüm faktörü}$$

SiO<sub>2</sub> örneğini göz önünde bulundurarak dönüşüm faktörü ile % oksijen ağırlıkları çarpılarak istenilen sonuç elde edilmiştir.

$$18,00 \times 0,32 = \frac{5,76}{2} = 2,88$$

Her bir Si katyonunun iki anyona eşit olmasından dolayı burada bulduğumuz sonucu ikiye bölmemiz gerekmektedir. Böylece G-54 nolu örnekte granat mineralinde bulunan silisyum içindeki katyon oranı hesaplanmış olmaktadır. Alüminyum için üç katyona karşılık iki anyonun bulunmasından dolayı hesaplanan sonuç 2/3 ile çarpılmıştır.

$$7,79 \times 0,32 = \frac{2,49 \times 2}{3} = 1,66$$

Diğ er tüm oksitler için aynı hesaplamalar yapılmış ve Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Si	2,88
Al	1,66
Fe	2,79
Mg	0,24
Mn	0,16
Ti	0,00
Ca	0,47
Na	0,00
K	0,06
Toplam	8,26

Çizelge 4.5. 12 oksijen atomuna göre hesaplanmış katyon sayıları.

Bütün bu yapılan hesaplamalar biyotit minerali için de yapılmıştır. Ancak oksijen miktarına dikkat edilerek biyotit hesaplaması 22 oksijen temeline göre yapılmıştır. Biyotit için yapılan tüm hesaplamaların sadece sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Oksit	Oksitler içindeki % Oksijen Ağırlığı		22 oksijen atomuna göre hesaplanmış kanyon sayıları
SiO <sub>2</sub>	% 14,76	...x 0,60	8,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 8,90	...x 0,60	5,34
FeO	% 9,66	...x 0,60	5,80
MgO	% 3,14	...x 0,60	1,88
MnO	% 0,16	...x 0,60	0,10
TiO <sub>2</sub>	% 0,00	...x 0,60	0,00
CaO	% 0,11	...x 0,60	0,07
Na <sub>2</sub> O	% 0,00	...x 0,60	0,00
K <sub>2</sub> O	% 0,04	...x 0,60	0,02
<b>Toplam</b>	<b>% 36,77</b>		<b>22,11</b>
Dönüşüm = $\frac{22}{36,77} = 0,60$ Faktörü			

Çizelge 4.6. G-54 nolu örnekteki biyotit minerali için sıcaklık hesaplamalarında kullanılan verilerin elde edilmiş yöntemi.

G-54 nolu örnekte, granat-biyotit mineralleri için mikroprop analiz sonuçlarından sıcaklık hesaplamaları için gerekli olan veriler elde edilmiştir. Sıcaklık hesaplamalarında gerekli olan basınç değeri, daha önce bölgede yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak 4 kbar olarak alınmıştır. Sıcaklık hesaplamalarında kullanılan eşitlik (Ferry ve Spear 1978) aşağıda verilmiştir. Eşitliğe yukarıda hesaplanan değerlerin konulmasıyla istenilen sıcaklık değerine ulaşmak mümkün olmuştur.

$$12454 - 4,662T + 0,057P + 3RT \ln K_d = 0$$

$$T(^{\circ}K) - 273 = T(^{\circ}C)$$

$$P = 4 \text{ kbar}$$

$$R = \text{Gaz sabiti} = 1,987 \text{ cal}^{\circ}K^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$K_d = \frac{\text{Granat (Mg/Fe)}}{\text{Biyotit (Mg/Fe)}} = \frac{0,24 / 2,79}{1,88 / 5,80} = 0,26$$

Tüm bu değerleri eşitliğe koyduğumuzda;

$$12454 - 4,662 T(^{\circ}K) + (0,057 \times 4000) + (3 \times 1,987 \times T(^{\circ}K) \times \ln 0,26) = 0$$

$$12454 - 4,662 T(^{\circ}K) + 228 + (- 8,01 T(^{\circ}K)) = 0$$

$$12682 = 12,67 T(^{\circ}K)$$

$$T(^{\circ}K) = 1000,94$$

$T(^{\circ}C) = 1000,94 - 273 = 727.94 \sim 728^{\circ}C$  olan metamorfizma sıcaklığı bulunmuştur.

Aynı yöntem ve yukarıda ilgili tablolarda sunulan veriler kullanılarak diğer örnekler için de metamorfizma sıcaklığı hesaplanmış, sonuçlar Çizelge 4.7'de özetlenmiştir.

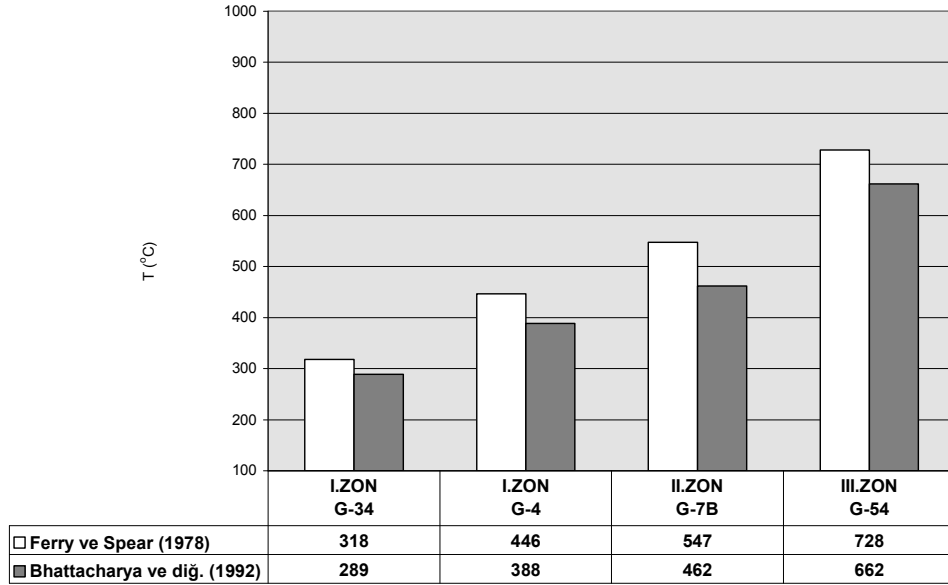
Metamorfizma Zonu	I.ZON				II.ZON		III.ZON	
Örnek No	G-34		G-4		G-7B		G-54	
Kasyon oranları	Granat	Biyotit	Granat	Biyotit	Granat	Biyotit	Granat	Biyotit
Si	2,90	7,04	2,90	5,75	2,91	5,56	2,88	8,90
Ti	0,01	0,00	0,02	0,36	0,02	0,13	0,00	0,00
Al	1,66	4,02	1,79	2,59	1,65	3,02	1,66	5,34
Fe	1,64	0,63	0,84	3,58	1,12	3,89	2,79	5,80
Mn	1,63	0,00	1,49	0,09	1,43	0,15	0,16	0,10
Mg	0,04	0,26	0,03	1,25	0,06	1,33	0,24	1,88
Ca	0,37	0,00	1,11	0,00	1,05	0,00	0,47	0,07
K	0,02	2,01	0,00	1,83	0,03	1,29	0,06	0,02
<b>Toplam</b>	8,27	13,96	8,18	15,45	8,27	15,37	8,26	2,11
<b>K<sub>d</sub> Değerleri *</b>	0,06		0,11		0,16		0,26	
<b>Metamorfizma Sıcaklığı ( °C )</b>	318 °C		446 °C		547 °C		728 °C	

\* K<sub>d</sub> Değerleri  $K_d = (\text{Mg/Fe})^{\text{Granat}} / (\text{Mg/Fe})^{\text{Biyotit}}$  formülü ile hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. G-34, G-4, G-7B ve G-54 örnekleri için yapılan hesaplama özeti.

Buna göre I. Metamorfizma Zonu için 318-446°C, II. Metamorfizma Zonunda 547°C ve III. Metamorfizma Zonunda ise 728°C sıcaklık değerleri bulunmuş ve sıcaklığın I. Metamorfizma Zonundan III. Metamorfizma Zonuna doğru giderek yükseldiği belirlenmiştir.

Ferry ve Spear (1978) tarafından tanımlanan bu hesaplama yöntemi günümüzde de en sık başvurulan yöntemler arasındaki yerini korumaktadır. Bu yöntem alternatif olabilecek en önemli yaklaşımlardan biri de Bhattacharya ve diğ. (1992) tarafından geliştirilmiştir. Aynı hesaplamalar bilgisayar programları kullanılarak Bhattacharya ve diğ. (1992) göre de yapılmış ve her iki hesaplamanın sonuçları Çizelge 4.8'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Çizelge 4.8. Granat-biyotit jeotermometre hesaplama sonuçlarının grafiksel gösterimi.

Granat-biyotit mineral birlikteliğine dayanarak yapılan tüm bu hesaplamalar sonucunda elde edilen sıcaklık değerleri mineral izogradları kullanılarak yapılan sıcaklık yorumlamalarına uygunluk göstermektedir. Erkan (1975) metamorfizma sıcaklığının I. Zon'da en düşük, II. Zon'daki biraz daha yüksek ve metamorfizma derecesinin en yüksek olduğu III. Zon'da ise yüksek olduğunu belirtmektedir. Hesaplanan sıcaklık değerleri bu yorumu doğrulamakta ve sıcaklık III. Zon'da en yüksek değere ulaşmaktadır. Analizleri yapılan örneklerin zon haritasında gösterimi Ek 2 'de verilmiştir.

#### 4.4. Granat Minerallerinin Bileşimi

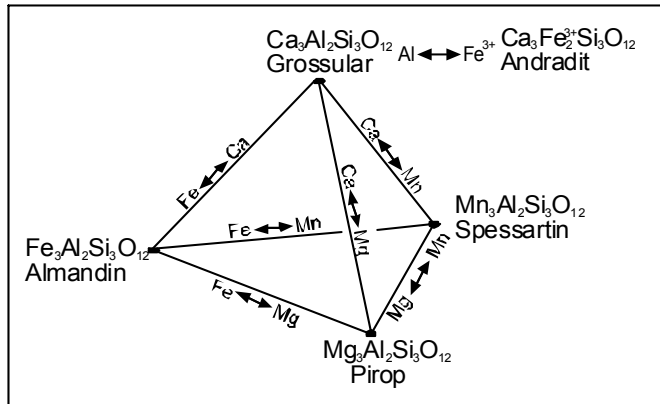
Granat mineralleri, metamorfik kayalar içinde en önemli mineral gruplarından birini oluşturmaktadır. Kimyasal formülü  $X_3Y_2Si_3O_{12}$  şeklinde olup X ve Y yerine;

X = Ca, Mn,  $Fe^{+2}$  ve Mg

Y = Al,  $Fe^{+3}$  ve  $Cr^{+3}$

değerleri gelmektedir ve granat grubu mineralleri kübik sistemde kristallenmektedir.

Genellikle metamorfik granat minerallerinin büyük çoğunluğunda uç bileşenleri almandin, pirop, grossular ve spessartin oluşturmaktadır (Şekil 4.1). Bunların dışında grossular mineralinde Al yerine  $Fe^{+2}$  gelmesiyle andradit minerali oluşmaktadır. Granat minerallerinin gösterdikleri renkler  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Mg^{+2}$ , and  $Cr^{+3}$  içeriklerine göre değişiklik göstermektedir. Genellikle orta ve düşük metamorfizma dereceli şistlerde pirop-grossular bileşiminin, almandin-spessartin bileşimine oranla daha az miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Grossular ve andradit ise genellikle kalsilikatik kayalarda bulunmaktadır (Spear, 1995). Granat mineralinin metamorfik kayaların incelenmesinde büyük ölçüde önem taşımalarının nedenleri arasında duraylı bir mineral olması, kimyasal zonlanma profilinin biçimlenmesini ve diğer mineral kapanımlarının geçmiş izlerini koruyabilmesi sayılabilir.



Şekil 4.1. Granat minerallerinin kimyasal bileşimi (Spear, 1995).

Metamorfizma sıcaklığının hesaplamasında kullanılan G-34, G-4, G-7B ve G-54 nolu örneklerde granat minerallerinin bileşiminde bulunan uç bileşenlerin miktarları da hesaplanmıştır.

İzomorf bir seri oluşturan granat minerallerinde bu uç bileşenlerin hesaplamasında

$$\text{Pirop} = \frac{\text{Mg}}{\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Mg}+\text{Ca}}$$

$$\text{Almandin} = \frac{\text{Fe}}{\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Mg}+\text{Ca}}$$

$$\text{Grossular} = \frac{\text{Ca}}{\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Mg}+\text{Ca}}$$

$$\text{Spessartin} = \frac{\text{Mn}}{\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Mg}+\text{Ca}} \text{ eşitlikleri kullanılmıştır.}$$

Bu eşitliklere G-54, G-7B, G-4 ve G-34 nolu örneklerin analiz sonuçlarına göre değerler yerine konularak uç bileşenlerin % miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 4. 9).

Metamorfizma Zonu	I.Zon		II.Zon	III.Zon
	G-34	G-4	G-7B	G-54
Örnek No	G-34	G-4	G-7B	G-54
Pirop (%)	1,11	0,96	1,71	6,37
Almandin (%)	44,51	24,19	30,55	76,69
Grossular(%)	10,07	31,96	28,79	12,55
Spessartin (%)	44,31	42,89	38,94	4,38

Çizelge 4.9. Granat minerallerinin almandin-pirop-grossular ve spessartin oranları.

Metamorfizma derecesinin yüksek olduğu alanda granatta almandin miktarının yüksek olduğu, metamorfizma derecesinin daha düşük olduğu bölgelerde bu miktarın azaldığı belirlenmiştir. Metamorfizma derecesinin en düşük olduğu I. Zon'da pirop miktarının da çok düşük olduğu Çizelge 4.9'da görülmektedir.

#### 4.5. Granat Mineralinin Mn İçeriği ile Metamorfizma Derecesi Arasındaki İlişki

Granatların Mn içeriği ile metamorfizma sıcaklığı arasındaki ilişkiyi konu alan bir çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda özellikle metapelitlerde bulunan granatların

Mn içeriğinin metamorfizma derecesi arttıkça azaldığı belirtilmekte ve bu durumun metamorfizma şiddetini belirleyici bir parametre olarak kullanılabilceği ifade edilmektedir.

Sıcaklık hesaplamaları için daha önceki bölümde kullanılmış olan G-4 ve G-34 nolu örnek I. Metamorfizma Zonundaki şistlerden, G-7B numaralı örnek II. Metamorfizma Zonunda bulunan şistlerden ve G-54 numaralı örnek ise III. Metamorfizma Zonundaki sillimanit içeren gnayslardan alınmıştır. Bu örneklerin bölgedeki dağılımı lokasyon haritasında (Ek 1), mineralojik bileşimleri ise Ek 3.'de belirtilmiştir. Belirlenen bu örneklerin Mn içeriği ile metamorfizma ilişkisi yorumlanmaya çalışılmıştır.

G-34, G-4, G-7B ve G-54 nolu örneklerin granat minerali analiz sonuçları Çizelge 4.1'de gösterilmiş ve Mn içerikleri Çizelge 4.10'da özetlenmiştir.

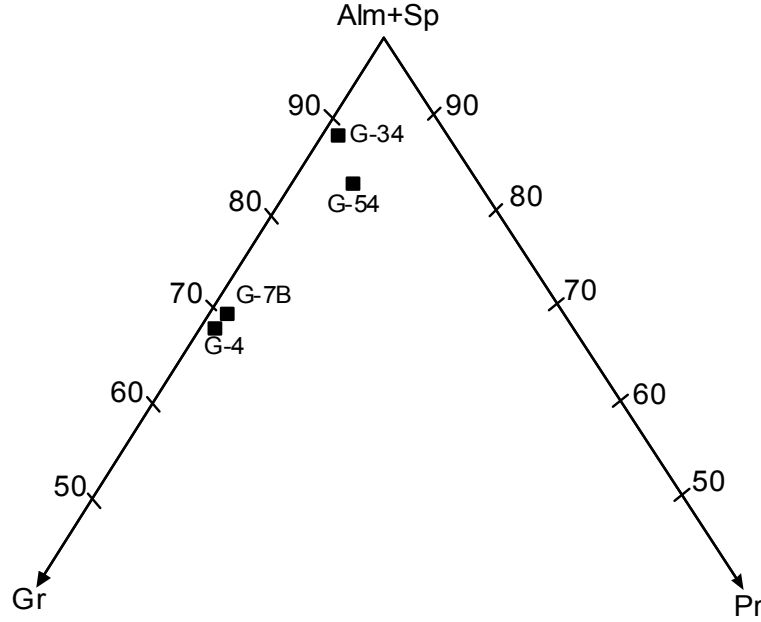
Metamorfizma Zonu	I. Zon		II. Zon	III.Zon
	G-34	G-4	G-7B	G-54
Mn İçeriği	22,43	21,27	20,00	2,24

Çizelge 4.10. Granat minerallerinin Mn içeriği

% miktarları Çizelge 4.9'da verilmiş olan granat minerallerinin spessartin, almandin, grossular ve pirop oranlarını gösterir diyagram ise Şekil 4.2'de sunulmuştur.

Yeşilşist Fasiyesinin yüksek sıcaklık zonuna karşılık gelen, I. Zon'da bulunan granatların spessartin içeriklerinin %42,89 - 44,31 arasında ve almandin içeriklerinin %24,19 – 44,51 arasında değişen oranlarda bulunduğu gözlenmiştir. I. Zon'da bulunan örneklerin bileşimine pirop minerallerinin %0,96 – 1,11 arasında çok az oranda katıldığı saptanmıştır. Ayrıca grossular, minerallerin %10,07 – 31,96'sını oluşturmaktadır. I. Zon'da bulunan her iki örneğin Mn içeriklerine bakıldığında G-34 örneğine göre daha kuzeyde bulunan G-4 örneğinin daha az miktarda Mn içerdiği gözlenmektedir. G-34 nolu örneğin Mn içeriği 22,43 iken, G-4 nolu örneğin Mn içeriği

21,27 olup arada azda olsa Mn içeriğinde bir düşüş saptanmıştır. Metamorfizma derecesinin kuzeye doğru artması nedeniyle bu düşüşün normal olduğu kabul edilebilir.



Şekil 4.2 Granat minerallerinin spessartin, almandin, grossular ve pirop oranlarını gösterir diyagram (Diana Meza-Figueroa, 2003).

Granat minerallerinin düşük dereceli metamorfizma zonlarında yüksek Mn içeriğine sahip oldukları, kayaç içinde az miktarda ve yüksek metamorfizma derecesindeki granatlara oranla daha küçük kristaller halinde buldukları belirlenmiştir (Erkan, 1978; Whitney vd., 2001).

II. Zon'dan alınan G-7B numaralı örnekte bulunan granat mineralinin almandin-pirop-grossular ve spessartin oranları incelendiğinde %30,55 almandin, %38,94 spessartin, %28,79 grossular ve %1,71 oranında pirop içerdiği görülmektedir.

Metamorfizma derecesinin en yüksek olduğu III. Zon'dan alınan granat-sillimanit-gnays örneği içindeki spessartin miktarının çok azalarak %4,38 değerine düşmesi, almandin içeriğinin spessartin içeriğine göre çok yüksek miktarlarda bulunması (%76,69) karakteristik bir durumdur. Pirop miktarı %6,37, grossular miktarı ise



%12,55 değerindedir. Spessartin miktarının azalması Mn içeriğindeki azalmayıda temsil ettiğinden metamorfizma derecesinin en yüksek olduğu bu zonda granatlar en düşük Mn içeriğine (%2,24) sahiptir.

#### 4.6. Mineral Birliktelikleri ve Metamorfizma Derecesi Arasındaki İlişki

Mineral zonlarının metapelitik kayalarda ilk olarak haritalanması Barrow (1912) tarafından gerçekleştirilmiştir. Metamorfizma derecesinin artmasıyla ortaya çıkan indeks mineralleri şu şekilde bir sıralanma göstermektedir (Bucher ve Frey, 2002);

klorit → biyotit → granat → stavorlit → disten → sillimanit.

Metamorfik fasiyes kavramı ise Eskola (1915) tarafından ileri sürülmüş olup, mineral topluluklarının, tek mineral kavramına göre metamorfik kayalarda daha önemli bir yer tuttuğu ve mineral toplulukları ile metamorfizma derecesi arasında düzenli bir ilişki olduğu belirtilmektedir.

İnceleme alanından alınan örneklerin petrografik incelenmesi ile belirlenen ve Metamorfizma zonlarına göre metapelitlerde ve saf olmayan metakarbonatlı kayalarda ortaya çıkan mineral topluluklarının dağılımı Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

I. Metamorfizma Zonunda belirlenen mineral birliktelikleri bu zonun Yeşilşist Fasiyesine karşılık geldiğini göstermektedir. Yeşilşist Fasiyesindeki metapelitik kayaların içerdiği mineral toplulukları 'klorit + biyotit + muskovit + kuvars + plajiyoklaz (An<sub>05</sub>) + granat'tır. Saf olmayan karbonat kayalarının mineral bileşimleri ise 'kalsit + kuvars + muskovit+ klorit + epidot + biyotit + granat' şeklindedir. Bu fasiyesin sıcaklık aralığı düşük-orta basınç altında yaklaşık 300-500°C arasında değişmektedir. Bu zonda jeotermometre çalışması ile belirlenen 318-446 °C sıcaklık koşulları örneklerde saptanan ve yukarıda belirtilen tipik mineral birlikteliklerinin varlığı ile de desteklenmektedir.

Mineraler		Metamorfizma Zonları		
		I.ZON	II.ZON	III.ZON
Saf olmayan karbonatlı kayalar	Kalsit			
	Kuars			
	Klorit		---	
	Epidot		---	
	Hornblend	-----		
	Mikrokin	-----	-----	
	Biyotit			
	Muskovit			
Pelitik Kayalar	Kuars			
	Klorit		---	
	Muskovit			---
	Biyotit			
	K-Feldispat			
	Plajiyoklaz			
	Sillimanit			
	Granat			

Çizelge 4.11. İnceleme alanındaki metamorfik kayalarda saptanan metamorfizma zonlarındaki mineral dağılımı (Sürekli çizgiler minerallerin varlığını, kesikli çizgiler ise olabilme ihtimalini göstermektedir).

I. Metamorfizma Zonundan, II. Metamorfizma Zonuna 'diyopsit + kalsit' (Ek 2) mineral birlikteliğinin görüldüğü noktalarda geçilmektedir (Erkan, 1976). Bu zonda saptanan mineral birlikteliği 'biyotit + muskovit + klorit + kuars + mikrokin + granat'tır. Metamorfizma derecesi arttıkça biyotit minerallerinin rengi yeşil renkten kırmızı kahverengine doğru değişmektedir. Amfibolit Fasiyesine karşılık gelen bu zonda tipik mineral birlikteliği ise 'hornblend + plajiyoklaz ( $An_{>15}$ ) topluluğudur. Bu fasiyesin başlangıç sıcaklığı yaklaşık 500°C olarak kabul edilmektedir (Bucher ve Frey, 2002, Erkan, 1976). Amfibolit Fasiyesinin başlangıcında bulunan klorit minerali yaklaşık 550°C, epidot minerali ise 600 °C civarlarında granat minerallerinin ortaya çıktığı reaksiyonlarla ilişkili olarak ortadan kaybolmaktadırlar. Biyotit-granat jeotermometre çalışması ile bu zonda etkili metamorfizma sıcaklığı için 547 °C değerini bulmuştur.

Metamorfizma derecesinin en yüksek olduğu III. Zon inceleme alanının kuzeydoğusunda bulunmaktadır: Zon haritasında (Ek 2) sillimanit + ortoklaz mineral birlikteliği ile karakterize edilmektedir. Pelitik kayalarda belirlenen mineralojik bileşim 'plajiyoklaz + ortoklaz + biyotit + sillimanit + granat + kuvars' şeklindedir. III. Metamorfizma Zonunun başlamasıyla birlikte 'kuvars + muskovit' birlikteliğinin duraysız bir durum aldığı ve ortadan kaybolduğu gözlenmektedir. Sillimanit mineralinin 'granat + biyotit' mineral birlikteliğiyle ortaya çıkması Üst-Amfibolit Fasiyesinin başlangıcını temsil etmektedir ve sıcaklığın yaklaşık 700°C dolaylarında olduğunu ifade etmektedir. Jeotermometre hesaplamaları bu zonda 728 °C dolayında bir sıcaklığın varlığına işaret etmektedir.

## 5. SONUÇLAR

İnceleme alanı metamorfik ve magmatik birimleri içine alan 1/25000 ölçekli KIRŞEHİR J31-b3-c2 ve J32-a4-d1-d2 topoğrafik haritalarını kapsamaktadır. Çalışma, bu haritaların sınırları içinde kalan metamorfik kayalar üzerine yoğunlaştırılmış, tüm bu birimler ve lokasyon yerleri 1/100000 ölçekli jeoloji haritasında ve lokasyon haritasında gösterilmiştir. Kırşehir bölgesinin kuzey ve kuzeydoğusunda yüzeylenen metamorfik kayalarda 'granat-biyotit' mineral birlikteliği kullanılarak termometre hesaplama yöntemleriyle metamorfizma sıcaklığına bir yaklaşımda bulunabilmek amaçlanmıştır. Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara aşağıda varılmıştır.

1. İnceleme alanı içerisinde çalışma konusu olan Kırşehir Metamorfikleri önceki çalışmalar esas alınarak en yaşlıdan gence doğru Kalkanlıdağ Formasyonu, Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi, Naldökendağ Formasyonu ve Bozçaldağ Formasyonu olarak sıralanmaktadır. Kırşehir Metamorfikleri üstünde Karakaya Ultramafiti, Baranedağ Granitoyidi ve Çayağazı Siyenitoyidi yer almaktadır. Sedimanter Örtü Kayaları ve Alüvyon, bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir. İnceleme alanında dokanak ilişkileri incelenen birimler istif ile uyumluluk göstermektedir..
2. Mineralojik ve petrografik incelemeler ile Kırşehir Metamorfiklerinin en yaşlı birimini oluşturan Kalkanlıdağ Formasyonunun metapelitler (mikaşist, mika-kuvarsit, mika-gnays, granat-sillimanit-gnays), metakarbonatlar (kalsit-kuvarsşist, kalsit-mikaşist) ve amfibolitlerden, Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesinin kuvarsitlerden ve Bozçaldağ Formasyonunun ise saf mermerlerden oluştuğu belirlenmiştir.
3. Kalkanlıdağ Formasyonu içinde gözlenen metapelitlerde 'granat + biyotit' mineral birlikteliği içeren örneklerde, biyotit ve granat minerallerinin kimyasal bileşimleri mikroprop analizi ile saptanmıştır. I. Zondan alınan iki örnekte 318°C - 446°C metamorfizma sıcaklığı bulunmuştur. Hesaplanan sonuçlar II. Zondan alınan örnekte 547°C ve III. Zondan alınan örnekte ise 728°C metamorfizma sıcaklığının etkili olduğunu göstermektedir.

4. Metamorfizma derecesinin düşük olduğu I. Zonda 'granat' mineralinin Mn içeriğinin %21,27 – 22,43, II. Zonda %20,00 ve metamorfizma derecesinin en yüksek olduğu III. Zonda ise %2,24 olması nedeniyle metamorfizma derecesi ile 'granat' mineralinin Mn içeriği arasındaki ters ilişkinin varlığı inceleme alanında da belirlenmiştir.

5. I. Zon'da bulunan mineral birlikteliklerinin metapelitik kayalarda 'klorit + biyotit + muskovit + kuvars + plajiyoklaz (An<sub>05</sub>) + granat, saf olmayan metakarbonatlarda ise 'kalsit + muskovit + klorit + epidot + biyotit + granat' şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu mineral toplulukları I. Metamorfizma Zonu'nun Yeşilşist Fasiyesine karşılık geldiğini gstermektedir. Bu fasiyesin sıcaklık aralığı 300 °C – 500°C arasında değişmektedir. Bu zondan alınan örnekler üzerinde yapılan jeotermometre hesaplamalarında bulunan sıcaklık ise 318°C - 446°C'dir.

II. Metamorfizma Zonu'nda saptanan mineral birlikteliği 'biyotit + muskovit + kuvars + mikroklin + granat'tır. Amfibolit Fasiyesine karşılık gelen bu zonda sıcaklığın yaklaşık 500 °C 'den başladığı kabul edilmektedir. Yapılan jeotermometre hesaplama sonucu bu zon için elde edilen sıcaklık değerı 547°C'dir.

Metamorfizma derecesinin en yüksek olduğu III. Zon'daki mineral birlikteliği 'plajiyoklaz + ortoklaz + biyotit + sillimanit + granat + kuvars' şeklinindedir. Bu zon Üst-Amfibolit Fasiyesinin başlangıcına karşılık gelmekte ve sıcaklık bu fasiyeste yaklaşık 700°C dolaylarında bulunmaktadır. Jeotermometre hesaplamaları sonucunda bu zon için hesaplanan sıcaklık değerı 728 °C'dir.

Böylece jeotermometre hesaplamaları ile bulunan sıcaklık değerlerinin mineral birliktelikleri ile tanımlanan metamorfizma zonlarında, dolayısıyla metamorfizma fasiyeslerinde etkili sıcaklık değerleri ile uyumlu oldukları belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alparslan, M., Boztuğ, D., 1995, Metamorfizma Basınç ve Koşullarının Belirlenmesi (Jeotermobarometre): Yıldızeli (Sivas Batısı) yöresinde Bir Uygulama, Jeoloji Mühendisliği, 46, 1-17.
- Barrow, G., 1912, On the geology of lower deeside and the southern Highland Border: Proc. Geo. Assoc., 23, 268-284
- Bayhan, H., 1984, Kesikköprü skarn kuşağının minerolojisi ve petrojenezi: Yerbilimleri, 11, 45-57.
- Bayhan, H., 1988, Bayındır-Akpınar (Kaman) yöresindeki alkali kayaların jeokimyası ve kökensel yorumu, TJK Bülteni, Cilt:31, 59-70.
- Bhattacharya, A., Monhanty, L., Maji, A., Sen, SK., Raith, M., 1992, Non-ideal mixing in the phlogopite-annite binary: constraints from experimental data on Fe-Mg partitioning and a reformulation of the biotite-garnet geothermometer, Contrib. Mineral. Petrol., 111: 87-93.
- Bucher, K. and Frey, M., 2002, Petrogenesis of Metamorphic Rocks: Springer Verlag, Berlin, 106 p.
- Erkan, Y., 1975, Orta Anadolu Masifinin güneybatısında (Kırşehir bölgesinde) etkili rejyonel metamorfizmanın petrolojik incelemesi: H. Ü. Yerbilimleri Enst., Doçentlik Tezi, Ankara, s.147 (yayınlanmamış).
- Erkan, Y., 1976a, Kırşehir çevresindeki rejyonel metamorfik bölgede saptanan isogradlar ve bunların petrolojik yorumlanmaları: Yerbilimleri, 2/1, 23-54.
- Erkan, Y., 1976b, Orta Anadolu Masifindeki karbonatlı kayalarda plajiyoklaz bileşimi ile metamorfizma arasındaki ilişkilerin incelenmesi: Yerbilimleri, 2/1, 107-111.
- Erkan, Y., 1977, Orta Anadolu Masifinin güneybatısında, Kırşehir bölgesinde etkili rejyonel metamorfizma ile amfibol minerallerinin arasındaki ilişkiler: Yerbilimleri, 3/1- 2, 41-46.
- Erkan, Y., 1978a Kırşehir Masifinde granat minerallerin kimyasal bileşimi ile rejyonel metamorfizma arasındaki ilişkiler: T.J.K Bült., 21, 42-49.
- Erkan, Y., 1980, Amfibolit sorunu ve Orta Anadolu amfibolitlerinin oluşum ve kökenlerinin incelenmesi: Yerbilimleri, 5-6, 61-76.

- Erkan, Y., 1981, Orta Anadolu Masifinin metamorfizması üzerine yapılmış çalışmalarda varılan sonuçlar: T.J.K. 35, Bilimsel ve Teknik Kurultayı 'İç Anadolu'nun jeolojisi simpozyumu', 9-11.
- Erkan, Y. ve Ataman, G., 1981, Orta Anadolu Masifi (Kırşehir yöresi) metamorfizma yaşı üzerine K-Ar yöntemi ile bir inceleme: Yerbilimleri, 8, 27-30.
- Erkan, Y. ve Tolluoğlu, A. Ü., 1986 Orta Anadolu Masifinin güneybatısında (Kırşehir yöresinde) petrografik ve petrotektonik incelemeler: TÜBİTAK projesi, TBAG-614, Ankara, s.237 (yayınlanmamış).
- Erkan, Y., 2002, Metamorfik Petrografi: Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını No:28, s.195.
- Erkan, Y., 2002, Kayaç oluşturan önemli minerallerin mikroskopta incelenmeleri: Jeoloji Müh. Odası Yayını No, 42, s.53.
- Eskola, P., 1915, On the relations between the chemical and mineralogical composition in the metamorphic rocks of the Orijarvi region. Bull. Comm. Geol. Finlande, 44p.
- Ferry, J.M., Spear, F.S., 1978, Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between garnet and biotite: Cont. Mineral. Petrol., 66, 113-117.
- Fritsch, W., Meixner, H., Wieseneder, H., 1967, Zur quantitativen Klassifikation der kristallinen Schiefer: Neues Jahrb. Mineral. Monatsh., 364-376.
- Genç, Y., 2003, Kırşehir Masifi Metamorfikleri Stratigrafisinde Yeni Gözlemler: Jeoloji Mühendisleri Odası, 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, s.315.
- Gessmann, C.K., Spiering, B., Raith, M., 1997, Experimental study of the Fe-Mg exchange between garnet-biotite: Constrains on the mixing behavior and analysis of the cation-exchange mechanism, 82, 1225-1240.
- Göncüoğlu, M.C., 1981, Niğde Masifinin jeolojisi:T.J.K. 5. Bilimsel Teknik Kurultayı 'İç Anadolunun Jeolojisi Simpozyumu', 16-19.
- Göncüoğlu, M.C., 1982, Niğde Masifi paragnayslarında zirkon U-Pb yaşları: T.J.K. Bült., 25, 1, 61-66.
- Göncüoğlu, M.C., Köksal, S., Ronner, R., Köksal, F., 2004, Timing of post-collisional H-type to A-type granitic magmatism: U-Pb titanite ages from the Alpine Central Anatolian granitoids (Turkey), Int. J. Earth Sci., 93, 974-989.
- Kara ve Dönmez, M., 1990, 1/100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Kırşehir-G17 paftası: M.T.A. Enst., Jeoloji Etüdları Dairesi, Ankara, s.17.

- Kara ve Dönmez, M., 1991, 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Kırşehir-G18 paftası: M.T.A. Enst., Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Ankara, s.12.
- Seymen, İ., 1981a, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin stratigrafisi ve metamorfizması: T.J.K Bült., 24/ 2, 101-108.
- Seymen, İ., 1981b, Kaman dolayında Kırşehir Masifinin metamorfizması: T.J.K Bült., 24, 7-14.
- Seymen, İ., 1982, Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi: Doçentlik Tezi, İ.T.Ü. Maden Fak., İstanbul, s.164 (yayınlanmamış).
- Seymen, İ., 1984, Kırşehir Masifi metamorfitlelerinin jeolojisi evrimi: T.J.K. Ketin Simpozyumu, 133-148.
- Spear, F.S., 1995, Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature Time Paths; Bull. Mineralogical Society of America, Washington, 2, 96-97.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rocks: Its proper name: Earth Sci. Rev., 12, 1-33.
- Streckeisen, A., 1979, Classification and nomenclature of volcanic rocks, Lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: Geology, 7, 331-335.
- Tolluoğlu, A. Ü., 1986, Orta Anadolu Masifi'nin güneybatısında (Kırşehir Yöresinde) petrografik ve petrotektonik incelemeler: H.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi s.237 (yayınlanmamış).
- Tolluoğlu, A. Ü., 1987a, Orta Anadolu Masifi Kırşehir Metamorfitlerinin (Kırşehir kuzeybatısı) petrografik özellikleri: Doğa Bilim Derg., 11/3, 344-361.
- Tolluoğlu, A. Ü., 1988a, Orta Anadolu Masifi Kırşehir Metamorfitlerinin mezoskopik tektonik özellikleri (Kırşehir kuzeybatısı), H.Ü. Yerbilimlerinin 20.Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri, s.33.
- Tolluoğlu, A. Ü. and Erkan Y., 1989b, Regional progressive metamorphism in the Central Anatolian Basement, NW Kırşehir Massif, Turkey : M.E.T.U. Journal of Pure and Appl. Sc., 2/3, 19-41.
- Tolluoğlu, A. Ü., 1993, Kırşehir masifini kesen Kırşehir Metamorfitlerinin (Kırşehir kuzeybatısı) petrografik özellikleri: Doğa Bilim Derg. Müh. ve Çevre D., 11/3, 344-361.
- Yeşilören, N., 2003, Kırşehir-Kaman Bölgesi Metamorfik serilerde vollastonit oluşumunun incelenmesi: H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi, s.86 (yayınlanmamış).
- Whitney, D., Teyssier, C., Dilek, Y., and Fayon, K., 2001, Metamorphism of the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey: influence of orogen-

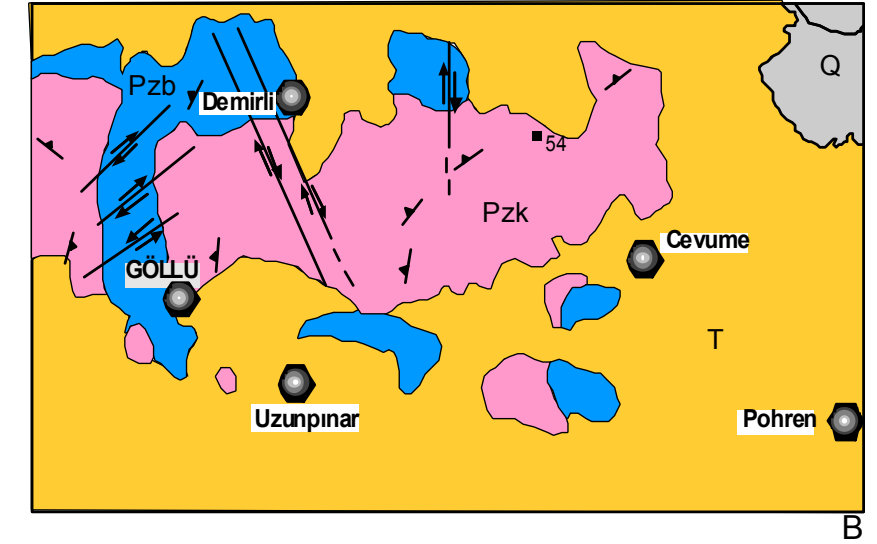
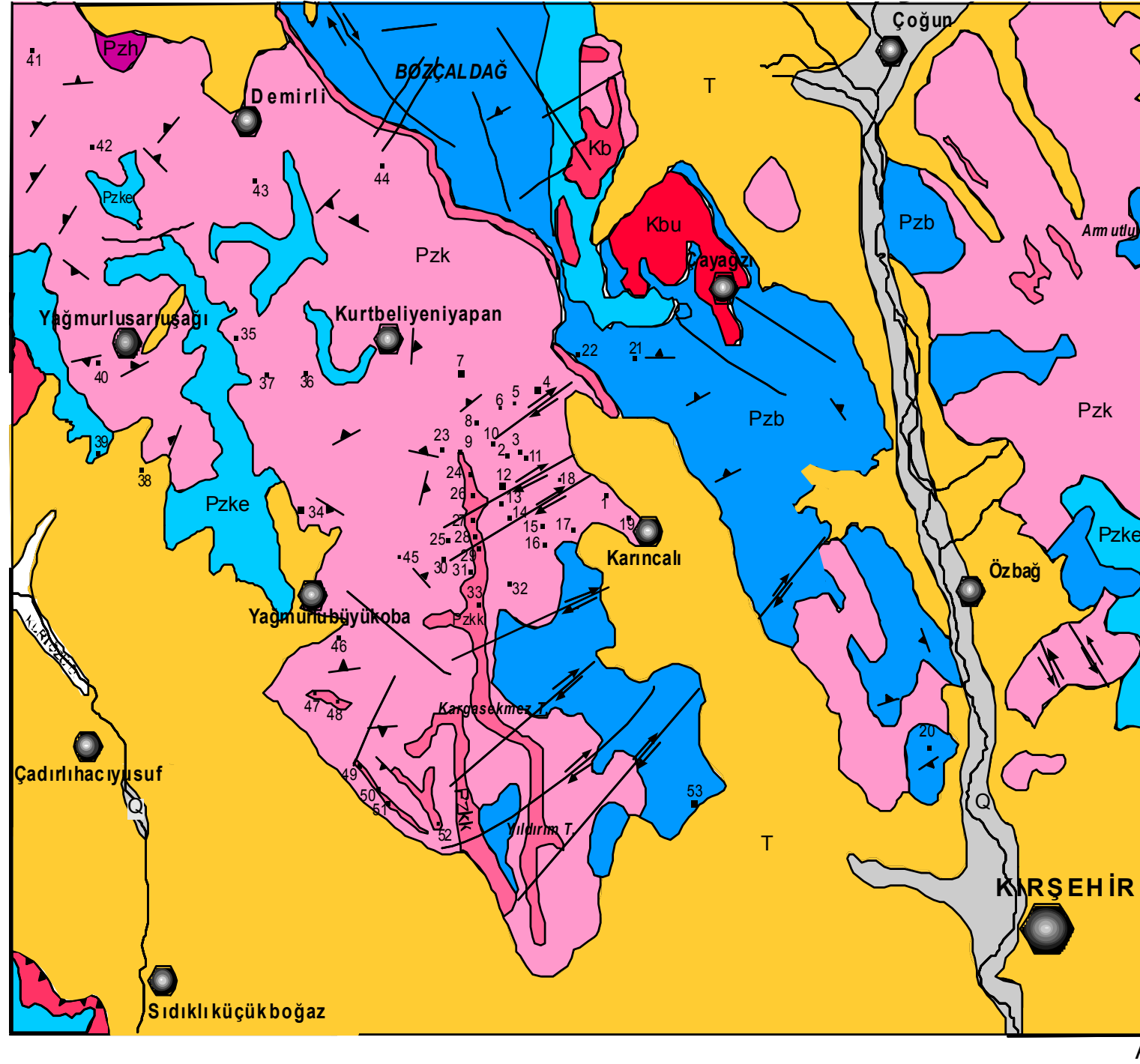


normal collision vs. wrench-dominated tectonics on P-T-t paths: *J. Metamorphic Geol.*, 19, 411-432.

Whitney D. L. and Dilek Y., 2001, Metamorphic and tectonic evolution of the Hırkadağ Block, Central Anatolian Crystalline Complex: *Turkish J. Earth Science*, 10, 1-15.

Whitney D. L. and Dilek Y., 2001, Core complex development in Central Anatolia, *Geology*, 25, 102-126.

Whitney D. L. and Hamilton M. A., 2004, Timing of high grade metamorphism in Central Turkey and the assembly of Anatolia, *J. Geological Society*, 161, 823-828.



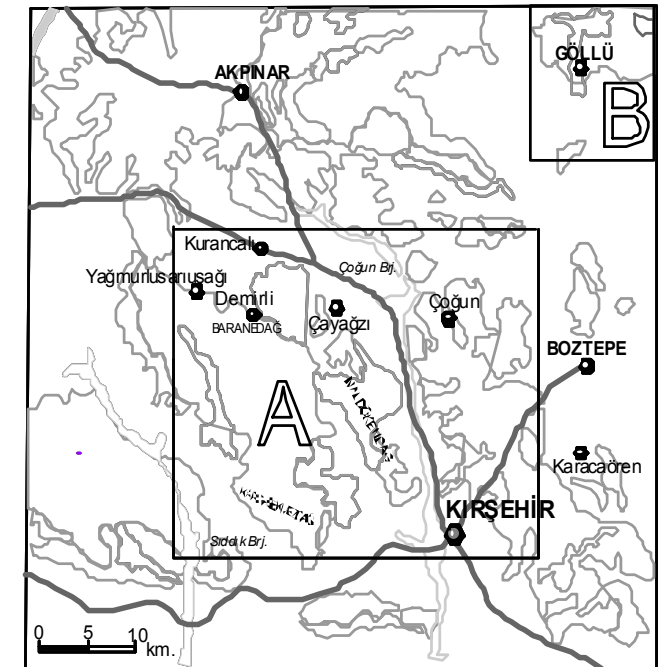
#### LEJAND

- Q Alüvyon
- T Sedimanter Örtü Kayaçları
- Kbu Çayağzı Siyenitoyidi
- Kb Baranedağ Granitoyidi
- Pzh Karakaya Ultramafiti
- Pzb Bozcaada Formasyonu
- Pzke Naldökendağ Formasyonu
- Pzkk Kargasekmez Tepe Kuvarsit Üyesi
- Pzk Kalkanıdağ Formasyonu

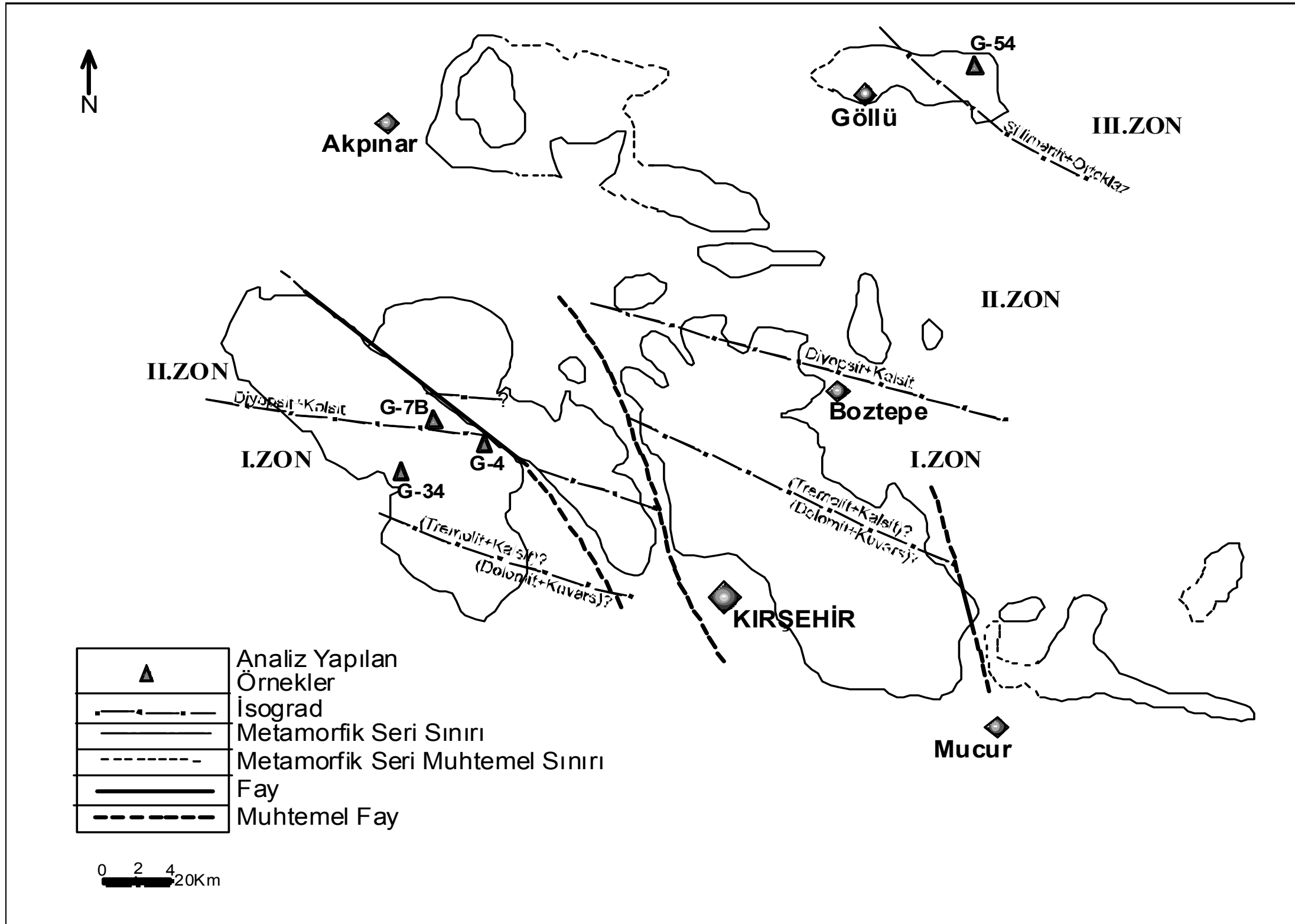
#### İŞARETLER

- Yerleşim Alanları
- Fay
- - - Dereler
- ▲ Bindirme
- ↔ Doğrultu Atımlı Fay
- Formasyon Sınırı

0 2 4 6 10 KM



Ek 1. Çalışma alanının (1. Bölge: A ve 2. Bölge: B) jeoloji ve lokasyon haritası (Kara ve Dönmez, 1991).



Ek 2. Analizleri yapılan örneklerin zon haritasında gösterimi (Erkan, 1976'dan değiştirilerek alınmıştır).

Örnek No	Koordinatlar	Mineralojik Bileşim	Dokusal Tanımlama	Kayaç Adı	Tipik Özellikleri
G-1	90 <sup>250</sup> 42 <sup>550</sup> J-32/d1	ms+bi+kl+plj+k+ti+ap+op.min.	Lepidoporfiroblastik	mika-gnays	Göz yapıları var.
G-2	87 <sup>725</sup> 43 <sup>300</sup> J-32/d1	bi+ms+plj+mkr+k+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-gnays	
G-3	87 <sup>750</sup> 43 <sup>200</sup> J-32/d1	bi+ms+mkr+plj+k+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-gnays	
G-4	88 <sup>250</sup> 44 <sup>625</sup> J-32/d1	bi+ms+plj+k+ru+ti+zr+ap+g+op.min.	Lepidoporfiroblastik	granat-mika-gnays	
G-5	87 <sup>850</sup> 44 <sup>575</sup> J-32/d1	bi+ms+ep+plj+k+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-gnays	
G-6	87 <sup>225</sup> 44 <sup>375</sup> J-32/d1	plj+hb+ep+k+cls+bi+ti+ap+zr+ru+op.min.	Nematoblastik	epidot-amfibolit	Buruşma, kıvrımlar yaygın.
G-7A	86 <sup>900</sup> 44 <sup>800</sup> J-32/d1	bi+k+ort+plj+ti+zr+tur+ap+op.min.	Lepidogranoblastik	biyotit-kuvarsit	Biyotitlerde tercihli yönelme var.
G-7B	86 <sup>900</sup> 44 <sup>800</sup> J-32/d1	bi+ms+kl+k+ort+g+ti+zr+ap+mkr+op.min.	Lepidoporfiroblastik	granat-mika-kuvarsşist	Granatlar almandin niteliğinde.
G-8	86 <sup>900</sup> 44 <sup>125</sup> J-32/d1	bi+ms+kl+ort+k+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-gnays	Göz yapıları var.
G-9	86 <sup>900</sup> 43 <sup>500</sup> J-32/d1	bi+ms+kl+ep+tr+k+cls+zr+ti+ap+op.min.	Lepidogranoblastik	kalsit-mikaşist	
G-10	87 <sup>350</sup> 43 <sup>550</sup> J-32/d1	hb+plj+ep+bi+zr+ti+ap+op.min.	Nematogranoblastik	epidot-amfibolit	Hornblendlerde tercihli yönelme var.
G-11	88 <sup>000</sup> 43 <sup>300</sup> J-32/d1	bi+ms+ort+mkr+ti+zr+ap+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-gnays	
G-12	87 <sup>525</sup> 42 <sup>575</sup> J-32/d1	bi+ms+mkr+k+tur+ap+ep+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-gnays	Yönlendirmeler çok belirgin, irili ufaklı kuvars bantları mevcut.
G-13	87 <sup>750</sup> 42 <sup>200</sup> J-32/d1	k+ms+tur+ap+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	Kuvarslar yönlü ve poligonal şekilde.
G-14	88 <sup>000</sup> 44 <sup>000</sup> J-32/d1	k+ms+tur+zr+ap+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	

Ek 3. Çalışma alanından alınan örneklerin ayrıntılı mineralojik-petrografik incelemeleri.

Örnek No	Koordinatlar	Mineralojik Bileşim	Dokusal Tanımlama	Kayaç Adı	Tipik Özellikleri
G-15	88 <sup>225</sup> 41 <sup>800</sup> J-32/d1	kl+ms+op.min.	Granoblastik	kalkşist	Kuvars az miktarda bulunuyor.
G-16	88 <sup>450</sup> 41 <sup>500</sup> J-32/d1	k+ms+tur+zr+ap+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	Kataklastik etki mevcut.
G-17	88 <sup>775</sup> 41 <sup>950</sup> J-32/d1	k+ap+zr+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	
G-18	88 <sup>975</sup> 42 <sup>375</sup> J-32/d1	bi+ms+plj+ort+mkr+k+ti+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-kuvars-gnays	
G-19	90 <sup>525</sup> 42 <sup>175</sup> J-32/d1	kl+bi+ms+k+tur+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	kalkşist	Biyotitler kızıl kahverengi.
G-20A	98 <sup>100</sup> 37 <sup>300</sup> J-32/d2	kl+ms+op.min.	Granoblastik	mermer	
G-20B	98 <sup>100</sup> 37 <sup>300</sup> J-32/d2	kl+ms+op.min.	Granoblastik	mermer	
G-20C	98 <sup>100</sup> 37 <sup>300</sup> J-32/d2	kl+ms+op.min.	Granoblastik	mermer	
G-21A	92 <sup>000</sup> 45 <sup>500</sup> J-32/a4	kl+ms+op.min.	Granoblastik	mermer	
G-21B	92 <sup>000</sup> 45 <sup>500</sup> J-32/a4	kl+ms+op.min.	Granoblastik	mermer	
G-21C	92 <sup>000</sup> 45 <sup>500</sup> J-32/a4	kl+ms+k+op.min.	Granoblastik	mermer	
G-22A	88 <sup>675</sup> 45 <sup>500</sup> J-32/a4	kl+ms+op.min.	Granoblastik	mermer	
G-22B	88 <sup>675</sup> 45 <sup>500</sup> J-32/a4	kl+ms+ap+tur+ti+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	kalkşist	Kalsit kayma ikiz lamelleri hafif bükülmüş, rekristalizasyon mevcut.
G-24	86 <sup>550</sup> 43 <sup>325</sup> J-32/d1	k+bi+ms+kl+ti+ap+zr+tr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-kuvarsit	Kataklaz etkin.

Ek 3. Çalışma alanından alınan örneklerin ayrıntılı mineralojik-petrografik incelemeleri.

Örnek No	Koordinatlar	Mineralojik Bileşim	Dokusal Tanımlama	Kayaç Adı	Tipik Özellikleri
G-25	86 <sup>400</sup> 42 <sup>925</sup> J-32/d1	bi+kl+kls+k+plj+ti+ap+zr+op min.	Lepidogranoblastik	biyotit-kuvarsit	
G-26	86 <sup>575</sup> 42 <sup>725</sup> J-32/d1	kls+k+bi+ms+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	kalkşist	
G-27	86 <sup>550</sup> 42 <sup>375</sup> J-32/d1	k+ms+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	Rekristalizasyon etkin
G-28	86 <sup>525</sup> 42 <sup>000</sup> J-32/d1	k+ms+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	Yer yer ezilme zonları var ve rekristalizasyon etkin
G-29	86 <sup>350</sup> 41 <sup>625</sup> J-32/d1	k+ms+bi+op.min.	Lepidogranoblastik	muskovitşist	Muskovit ve biyotitlerde tercihli yönelme var
G-30	86 <sup>425</sup> 41 <sup>125</sup> J-32/d1	kls+ms+k+op.min.	Granoblastik	kalsit-mikaşist	Kalsit taneleri iri
G-31	86 <sup>875</sup> 41 <sup>000</sup> J-32/d1	k+ms+ti+op.min.	Lepidogranoblastik	muskovit-kuvarsit	Muskovitlerde tercihli yönelme var
G-32	87 <sup>775</sup> 40 <sup>575</sup> J-32/d1	k+ms+ti+op.min.	Lepidogranoblastik	muskovit-kuvarsit	
G-33	86 <sup>650</sup> 40 <sup>325</sup> J-32/d1	k+ms+ti+op.min.	Lepidogranoblastik	muskovit-kuvarsit	
G-34	83 <sup>000</sup> 41 <sup>800</sup> J-31/c2	g+ms+bi+k+ti+zr+ap+op.min.	Lepidoporfiroblastik	granat-mikaşist	Mikrokırımlar yaygın.
G-35A	81 <sup>200</sup> 46 <sup>000</sup> J-31/b3	plj+hb+k+ep+ti+zr+ap+op.min.	Nematoblastik	epidot-amfibolit	
G-35B	81 <sup>200</sup> 46 <sup>000</sup> J-31/b3	plj+hb+ep+ti+zr+ap+op.min.	Nematoblastik	epidot-amfibolit	
G-36	82 <sup>800</sup> 45 <sup>500</sup> J-31/b3	kls+k+bi+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	kalkşist	
G-37	81 <sup>600</sup> 45 <sup>500</sup> J-31/b3	k+ep+hb+kls+ort+ti+ap+zr+op.min.	Nematogranoblastik	hornblend-kuvarsşist	Belirgin bir yönelme var
G-38	80 <sup>500</sup> 43 <sup>500</sup> J-31/c2	k+ms+kls+ti+zr+ap+op.min.	Lepidogranoblastik	kalkşist	

Ek 3. Çalışma alanından alınan örneklerin ayrıntılı mineralojik-petrografik incelemeleri.

Örnek No	Koordinatlar	Mineralojik Bileşim	Doksal Tanımlama	Kayaç Adı	Tipik Özellikleri
G-39A	79 <sup>700</sup> 44 <sup>100</sup> J-31/c2	k+hb+kls+ti+zr+ap+op.min.	Nematogranoblastik	hornblend-Kuvarşşist	
G-39B	79 <sup>700</sup> 44 <sup>100</sup> J-31/c2	bi+k+mkr+kl+ti+zr+ap+op.min.	Lepidogranoblastik	biyotit-kuvarsit	Biyotitler kloritleşmiş.
G-40A	77 <sup>700</sup> 45 <sup>900</sup> J-31/b3	plj+hb+k+ti+zr+ap+op.min.	Nematoblastik	amfibolit	
G-40B	77 <sup>700</sup> 45 <sup>900</sup> J-31/b3	hb+plj+kls+k+ti+zr+ap+op.min.	Nematoblastik	amfibolit	
G-41A	76 <sup>800</sup> 51 <sup>700</sup> J-31/b3	bi+k+plj+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	biyotit-kuvarsit	
G-41B	76 <sup>800</sup> 51 <sup>700</sup> J-31/b3	bi+k+ti+ap+op.min.	Lepidogranoblastik	biyotit-kuvarsit	
G-42	77 <sup>600</sup> 50 <sup>100</sup> J-31/b3	hb+ort+mkr+k+ti+ap+op.min.	Nematoblastik	hornblend-gnays	
G-43A	81 <sup>600</sup> 49 <sup>500</sup> J-31/b3	plj+hb+kl+k+ep+ti+ap+op.min.	Nematoblastik	epidot-amfibolit	Titanitler bol.
G-43B	81 <sup>600</sup> 49 <sup>500</sup> J-31/b3	plj+hb+ep+k+ti+ap+op.min.	Nematoblastik	epidot-amfibolit	
G-43C	81 <sup>600</sup> 49 <sup>500</sup> J-31/b3	plj+hb+ep+k+ti+ap+op.min.	Nematoblastik	epidot-amfibolit	
G-44	84 <sup>800</sup> 49 <sup>900</sup> J-31/b3	bi+ms+k+ti+zr+op.min..	Lepidogranoblastik	mika-kuvarsit	
G-45A	85 <sup>275</sup> 41 <sup>000</sup> J-31/c2	kl+bi+ms+k+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-klorit-kuvarşşist	Biyotitler kloritleşmiş.
G-45B	85 <sup>275</sup> 41 <sup>000</sup> J-31/c2	bi+ms+k+ti+ap+zr+op.min.	Lepidogranoblastik	mika-klorit-kuvarşşist	Karbonatlaşma yaygın, mikalarda belirgin yönelme var.
G-46	83 <sup>950</sup> 39 <sup>675</sup> J-31/c2	kls+k+ms+op.min.	Granoblastik	kalsit-kuvarşşist	
G-47	82 <sup>675</sup> 38 <sup>400</sup> J-31/c2	k+ms+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	

Ek 3. Çalışma alanından alınan örneklerin ayrıntılı mineralojik-petrografik incelemeleri.

Örnek No	Koordinatlar	Mineralojik Bileşim	Doksal Tanımlama	Kayaç Adı	Tipik Özellikleri
G-48	82 <sup>875</sup> 37 <sup>750</sup> J-31/c2	k+ms+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	Rekristalizasyonlar çok yaygın.
G-49	84 <sup>000</sup> 36 <sup>750</sup> J-31/c2	k+ms+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	
G-50	84 <sup>350</sup> 36 <sup>475</sup> J-31/c2	k+ms+op.min.	Lepidogranoblastik	muskovit-kuvarsit	Muskovitlerde tercihli yönelme var.
G-51	84 <sup>625</sup> 36 <sup>175</sup> J-31/c2	k+ms+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	
G-52	85 <sup>575</sup> 35 <sup>500</sup> J-31/c2	k+ms+op.min.	Granoblastik	kuvarsit	Rekristalizasyon çok yaygın.
G-53	91 <sup>300</sup> 36 <sup>700</sup> J-31/d1	kls+k+hb+zr+bi+ap	Granoblastik	tremolit-kuvars-kalkşist	Beyaz renkli, açık yeşilimsi seviyeler içermekte.
G-54	18 <sup>800</sup> 71 <sup>500</sup> J-32/b1	plj+or+bi+sil+g+k+op.min.	Lepidoporfiroblastik	granat-sillimanit-gnays	Biyotitler kahverengi, çok az kloritleşme gözleniyor.

Ek 3. Çalışma alanından alınan örneklerin ayrıntılı mineralojik-petrografik incelemeleri.



## ÖZGEÇMİŞ

<b>Adı Soyadı</b>	Gülçin Tenekecioğlu	15.11.2004
<b>Adres</b>	Üniversite Evleri D-44 26040	ESKİŞEHİR
<b>Telefon ( Ev ) ( Cep )</b>	+90222 249 04 77 +90542 517 82 82	
<b>e-mail</b>	gulcinte@yahoo.com	
<b>Doğum Tarihi</b>	21.11.1981	
<b>Doğum Yeri</b>	Eskişehir	
<b>Medeni Hali</b>	Bekar	
<b>Uyruğu</b>	T.C	
<b>Eğitim</b>	1995– 1998 Hoca Ahmet Yesevi Lisesi 1998– 2002 Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği (2,67/4,00) Bölüm 3. 'sü 2002-2003 ODTÜ Yabancı Diller Sertifika Programı 2003- Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Mineroloji-Petrografi Anabilim Dalı Master Programı	
<b>Yabancı Dil</b>	İngilizce – iyi	
<b>Tecrübe</b>	Toprak Madencilik'te 4 hafta Yaz stajı Temmuz 2000 3 Eksen LTD de 4 hafta Yaz stajı Haziran 2001 Şişecam Cam Araştırma Merkezi 1 hafta Laboratuar Stajı Şubat 2005	
<b>Bilgisayar Bilgisi</b>	MS Office Uygulamaları Corel Draw Free Hand	
<b>Hobiler</b>	Puzzle Yapmak, Yüzme, Kampçılık	