

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE'DE SEÇİLİ GRANATLARIN MİNERALojİK,
PETROGRAfİK, SPEKTROSKOPİK, JEOKİMYASAL VE
GEMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

UFUK ÖREN

DENİZLİ, HAZİRAN - 2023

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**TÜRKİYE'DE SEÇİLİ GRANATLARIN MİNERALojİK,
PETROGRAfİK, SPEKTROSKOPİK, JEOKİMYASAL VE
GEMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

UFUK ÖREN

DENİZLİ, HAZİRAN - 2023

Bu tez alışması PAÜ-BAP tarafından 2021FEBE056 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

UFUK ÖREN

ÖZET

TÜRKİYE’DE SEÇİLİ GRANATLARIN MİNERALojİK, PETROGRAfİK, SPEKTROSKOPİK, JEOKİMYASAL VE GEMOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

UFUK ÖREN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. TAMER KORALAY)

DENİZLİ, HAZİRAN - 2023

Türkiye’nin farklı lokasyonlarında (Karacasu, Çine/Aydın, Kayaagıl/Uşak, Menderes/İzmir, Susurluk/Balıkesir, Ekinözü/Kahramanmaraş, Doğanşehir/Malatya) bulunan granat kristalleri incelenmiştir. Karacasu, Çine, Kayaagıl ve Ekinözü lokasyonlarında bulunan granat kristalleri metamorfik kayaçlarda porfiroblastlar şeklinde gözlenmekte olup almandin bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Susurluk alt ve üst lokasyonları ile Çavuşlu lokasyonundaki granat kristalleri kireçtaşı-granitoyid dokanağında gelişmiş skarn zonlarda görülmekte olup, sırasıyla andradit ve almandin bileşimine sahiptirler. Hudutköy granatları amfibolit kayacı içerisinde yuvarlaklaşmış kristaller halinde olup almandin bileşimlidirler. Menderes lokasyonundaki granat kristalleri ise riyolit bileşimli volkanitler içerisinde fenokristal formda olup spesartin bileşimlidirler. Mineral kimyası ile elde edilen sonuçlar XRD ve Konfokal Raman Spektrometre çalışmalarıyla uyumludur. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre granat kristallerinin (La/Sm)_N oranları 0.11 (Görece) ile 15.91 (Çavuşlu), (Sm/Yb)_N oranları 0.16 (Hudutköy) ile 5.29 (Susurluk Üst), (Eu/Eu*)_N oranları 0.01 (Görece) ile 5.44 (Çavuşlu), (Y/Ho)_N oranları 0.66 (Görece) ile 2.09 (Çavuşlu) ve Sc içeriklerinin 1 ppm (Susurluk Alt-Üst, Çavuşlu) ile 82 ppm (Görece) arasında değiştiği belirlenmiştir. Jeotermobarometre hesaplamalarına göre granat kristallerinin 3.08 (Ekinözü) ile 8.07 (Kayaagıl) kbar basınç 465 (Ekinözü) ile 799 (Susurluk Alt-Üst) °C sıcaklık aralığında oluştukları değerlendirilmiştir. Nadir Toprak Element içeriklerine göre Karacasu, Çine, Ekinözü lokasyonlarındaki metamorfik kayaçlarda görülen granat porfiroblastlarının hafif zenginleşme gösterdikleri belirlenmiştir (Karacasu Σ NTE: 345.74-412.37, Çine Σ NTE: 192.2-212.1, Ekinözü Σ NTE: 162.07-284.89). Tahribatsız gemolojik test (özgül ağırlık, kırılma indisi, optik absorpsiyon, UV özellikler, renk özellikleri, SEM incelemeleri) sonuçlarına göre Karacasu, Görece, Susurluk Alt-Üst, Maraş ve Çavuşlu granatlarının düşük/sınırlı, Çine, Kayaagıl ve Hudutköy granatlarının altere oldukları için süs taşı potansiyellerinin bulunmadığı ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Granat, Mineral Kimyası, Konfokal Raman Spektrometre, Süs taşı, Gemoloji, Nadir Toprak Elementleri

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF MINERALOGIC, PETROGRAPHIC, SPECTROSCOPIC, GEOCHEMICAL AND GEMOLOGICAL PROPERTIES OF GARNETS SELECTED FROM TURKEY

PH.D THESIS

UFUK ÖREN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. TAMER KORALAY)

DENİZLİ, JUNE 2023

Garnet crystals which are located at different locations of Turkey (Karacasu, Çine/Aydın, Kayaağıl/Uşak, Menderes/İzmir, Susurluk/Balıkesir, Ekinözü/Kahramanmaraş, Doğanşehir/Malatya) were investigated in detail. Garnet crystals in Karacasu, Çine, Kayaağıl and Ekinözü locations were observed as porphyroblasts in metamorphic rocks and they were determined in almandine compositions. Garnet crystals in Susurluk lower and upper zone, and in Çavuşlu location were formed in skarn zones of limestone-granitoid contact and they have composition of andradite and Almandine. Garnets in Hudutköy are seen as rounded crystals in amphibolite rocks and have the composition of Almandine. Garnet crystals in Menderes location were in phenocrystals forms in rhyolite and in the composition of spessartine. XRD and Confocal Raman Spectrometry investigations also support the results which were obtained through mineral chemistry. According to geochemical analysis results it was determined that (La/Sm) rates of garnet crystals change between 0.11 (Görece) and 15.91 (Çavuşlu), (Sm/Yb)_N rates change between 0.16 (Susurluk Lower) and 5.29 (Susurluk Upper), (Eu/Eu*)_N rates change between 0.01 (Görece) and 5.44 (Çavuşlu), (Y/Ho)_N rates change between 0.66 (Görece) and 2.09 (Çavuşlu), and Sc contents change between 1 ppm (Susurluk Lower-Upper, Çavuşlu) and 82 ppm (Görece). It was evaluated in line with the geothermobarometer calculations that garnet crystals occur at the pressures between 3.08 (Ekinözü) and 8.07 (Kayaağıl) kbar and at the temperatures between 465 (Ekinözü) and 799 (Susurluk Lower-Upper) °C. According to Rare Earth Element contents, garnet porphyroblasts in metamorphic rocks in Karacasu, Çine, Ekinözü locations display slight enrichment (Karacasu \sum NTE: 345.74-412.37, Çine \sum NTE: 192.2-212.1, Ekinözü \sum NTE: 162.07-284.89). According to the results of nondestructive gemological tests (specific gravity, refractive index, optical absorption, UV properties, color properties, SEM analysis), it was revealed that since garnets in Karacasu, Görece, Susurluk Lower-Upper, Maraş and Çavuşlu are low/limited, whereas garnets in Çine, Kayaağıl and Hudutköy are altered and they do not have the potential to be gemstones.

KEYWORDS: Garnet, Mineral Chemistry, Confocal Raman Spectrometry, Gemstone, Gemology, Rare Earth Elements.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	xv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xviii
ÖNSÖZ.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı	1
1.2 Uygulanan Yöntemler	1
1.2.1 Arazi Çalışmaları ve Örnekleme Stratejisi	2
1.2.2 Optik Mikroskop İncelemeleri.....	3
1.2.3 X-Işınları Difraktometre (XRD) İncelemeleri	3
1.2.4 Konfokan Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri.....	3
1.2.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları	4
1.2.6 Jeokimyasal Analizler.....	4
1.2.7 Gemolojik Testler	5
1.2.8 Yüzey Morfoloji İncelemeleri	5
1.3 Önceki Çalışmalar	6
1.3.1 I. Grup Önceki Çalışmalar	6
1.3.2 II. Grup Önceki Çalışmalar.....	13
2. KARACASU (AYDIN) LOKASYONU	22
2.1 Jeolojik Yapı.....	23
2.2 Optik Mikroskop İncelemeleri	24
2.3 X-Işınları Difraktometre (XRD) İncelemeleri.....	26
2.4 Konfokal Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri.....	28
2.5 Mineral Kimyası Çalışmaları	31
2.5.1 Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermobarometre)	32
2.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)	35
2.7 Gemolojik Değerlendirmeler.....	41
2.7.1 Renk Ölçümleri.....	41
2.7.2 Gemolojik Testler	42
2.7.3 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri	46
3. MENDERES (İZMİR) LOKASYONU	48
3.1 Jeolojik Yapı.....	49
3.2 Optik Mikroskop İncelemeleri	50
3.3 X Işınları Difraktometre İncelemeleri.	53
3.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri.	54
3.5 Mineral Kimyası Çalışmaları	56
3.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)	58
3.6.1 Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermometre).....	63
3.7 Gemolojik Değerlendirmeler.....	64

3.7.1	Renk Ölçümleri.....	64
3.7.2	Gemolojik Testler	65
3.7.3	Granat Fenokristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri	68
4.	KAYAAĞIL (UŞAK) LOKASYONU	70
4.1	Jeolojik Yapı.....	71
4.2	Optik Mikroskop İncelemeleri	72
4.3	X-Işınları Difraktometre İncelemeleri.....	76
4.4	Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri.....	77
4.5	Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları.....	79
4.5.1	Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermobarometre).....	81
4.6	Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)	83
4.7	Gemolojik Değerlendirmeler.....	88
4.7.1	Renk Ölçümleri.....	88
4.7.2	Gemolojik Testler	89
4.7.3	Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri	92
5.	SUSURLUK (BALIKESİR) LOKASYONLARI	93
5.1	Jeolojik Yapı.....	94
5.2	Alt Lokasyon (BSGR).....	96
5.2.1	Optik Mikroskop İncelemeleri.....	96
5.2.2	X Işınları Difraktometre İncelemeleri.....	99
5.2.3	Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri	101
5.2.4	Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları	103
5.2.5	Jeokimyasal Analizler (ICP-MS).....	105
5.2.5.1	Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermometre).....	110
5.2.6	Gemolojik Değerlendirmeler	111
5.2.6.1	Renk Ölçümleri	111
5.2.6.2	Gemolojik Testler.....	112
5.2.6.3	Granat Kristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri.....	115
5.3	Susurluk Üst Lokasyon (SGR).....	117
5.3.1	Optik Mikroskop İncelemeleri.....	117
5.3.2	X Işınları Difraktometre İncelemeleri.....	119
5.3.3	Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri	120
5.3.4	Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları	122
5.3.5	Jeokimyasal Analizler (ICP-MS).....	124
5.3.6	Gemolojik Değerlendirmeler	129
5.3.6.1	Renk Ölçümleri	129
5.3.6.2	Gemolojik Testler.....	130
5.3.6.3	Granat Kristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri.....	133
6.	ÇİNE (AYDIN) LOKASYONU	134
6.1	Jeolojik Yapı.....	135
6.2	Optik Mikroskop İncelemeleri	136
6.3	X-Işınları Difraktometre İncelemeleri.....	139
6.4	Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri	140
6.5	Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları.....	142
6.5.1	Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermobarometre).....	144
6.6	Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)	146
6.7	Gemolojik Değerlendirmeler.....	151
6.7.1	Renk Ölçümleri.....	151
6.7.2	Gemolojik Testler	152
6.7.3	Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri	155

7. EKİNÖZÜ (KAHRAMANMARAŞ) LOKASYONU.....	157
7.1 Jeolojik Yapı.....	157
7.2 Optik Mikroskop İncelemeleri	158
7.3 X-Işınları Difraktometre İncelemeleri.....	161
7.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri	163
7.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları.....	165
7.5.1 Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları.....	167
7.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)	169
7.7 Gemolojik Değerlendirmeler.....	174
7.7.1 Renk Ölçümleri.....	174
7.7.2 Gemolojik Testler	175
7.7.3 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri	178
8. ÇAVUŞLU (DOĞANŞEHİR-MALATYA) LOKASYONU	180
8.1 Jeolojik Yapı.....	181
8.2 Optik Mikroskop İncelemeleri	182
8.3 X Işınları Difraktometre İncelemeleri	185
8.1 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri	187
8.2 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları.....	189
8.3 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)	191
8.3.1 Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermometre).....	196
8.4 Gemolojik Değerlendirmeler.....	197
8.4.1 Renk Ölçümleri.....	197
8.4.2 Gemolojik Testler	198
8.4.3 Granat Kristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri	201
9. HUDUTKÖY (DOĞANŞEHİR-MALATYA) LOKASYONU.....	202
9.1 Jeolojik Yapı.....	203
9.2 Optik Mikroskop İncelemeleri	204
9.3 X-Işınları Difraktometre İncelemeleri.....	208
9.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri	209
9.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları.....	211
9.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)	213
9.7 Gemolojik Değerlendirmeler.....	218
9.7.1 Renk Ölçümleri.....	218
9.7.2 Gemolojik Testler	219
9.7.3 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri	221
10. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	222
11. KAYNAKLAR.....	226
12. EKLER.....	241
13. ÖZGEÇMİŞ.....	267

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: Tez çalışmasının iş paketleri ve uygulanan analiz yöntemleri.....	2
Şekil 2.1	: Çamköy lokasyonu yer bulduru haritası.	22
Şekil 2.2	: Çamköy jeoloji haritası (MTA 1/100000 ölçekli M21 haritasından alınmıştır).....	24
Şekil 2.3	: a, b) Çamköy granat porfiroblastları içeren şistlerin sahadaki görünüşleri c) Granat porfiroblastları içeren mikaşist kayacının lepido-granoblastik dokusu d) Mikaşist kayacının mineral bileşenleri ve zirkon kapanımları içeren biyotit mineralleri (Bt: Biyotit, Qz: Kuvars, Zrn: Zirkon).	25
Şekil 2.4	: Çamköy granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.	26
Şekil 2.5	: a) Granat porfiroblastlarında görülen kırıklı yapı (PN) b) Porfiroblast içerisinde görülen hersinit ve biyotit kapanımları (PN) c) Kırık ve çatlaklar boyunca gelişmiş kloritleşme, epidotlaşma ve ince taneli ikincil kalsit dolguları (ÇN) (Bt: Biyotit, Grt: Granat, Hc: Hersinit, Rt: Rutil).....	26
Şekil 2.6	: Mikaşist ana kayacının ve granat porfiroblastlarının tüm kayaç toz XRD grafikleri.....	27
Şekil 2.7:	Çamköy granat porfiroblastları ve almandin türü granatın Raman spektrumları (Almandin'e ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).	30
Şekil 2.8	: Çamköy granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe ⁺² -Ca), c) (Mg-Mn-Fe ⁺²) katyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.....	32
Şekil 2.9	: a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).....	32
Şekil 2.10	: Granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).....	36
Şekil 2.11	: Çamköy granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları mikaşist ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).....	38
Şekil 2.12	: Çamköy granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.	39
Şekil 2.13	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	40
Şekil 2.14	: Çamköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.....	42

Şekil 2.15	: a) Tamburlanmış granat porfiroblastları, b) granat porfiroblastlarının elmas diskte kesilmesi c) elmas kaboşon diskte işlenmesi, d) 320 ve 600 kum bant zımparada yüzey pürüzlülüğünün giderilmesi, e) seryum-oksit bant üzerinde parlaklık verilmesi, f) bütün işlemleri bitmiş ve kullanıma hazır granat porfiroblastları, g) Gümüş ve bronz kullanılarak takıya dönüştürülmüş granat porfiroblastları.	45
Şekil 2.16	: Çamköy granat porfiroblastlarının a) işlenmemiş b) İşlenmiş el örnekleri görünümleri c, d) SEM görüntüleri (Cal: Kalsit, Grt: Granat).	47
Şekil 3.1	: Görece lokasyonu yerbulduru haritası.	48
Şekil 3.2	: Görece jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli L18a4 haritasından alınmıştır).	49
Şekil 3.3	: Cumaovası volkanitlerindeki a) gaz boşlukları b) litofizler.	50
Şekil 3.4	: a,b) Görece granat fenokristalleri içeren riyolitlerin sahadaki görünümleri, c) Riyolit kayacının mineral bileşimleri ve kuvars içerisindeki rutil kapanımları, d) Kısmen killeşmiş sanidin kristali (Rt: Rutil, Sa: Sandin, Qz: Kuvars).	51
Şekil 3.5	: Görece granat fenokristallerinin el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.	52
Şekil 3.6	: Granat fenokristallerinde görülen a) Kırıklı - çatlaklı yapı (PN), b) Demir oksitleşme ve kuvars kapanımları, c) Hematit kapanımları (PN), d) Rutil iğneleri (PN) (Grt: Granat, Qz: Kuvars, Hem: Hematit, Rt: Rutil).	52
Şekil 3.7	: Granat fenokristalleri ve riyolit ana kayacının tüm kayaç toz XRD grafikleri.	53
Şekil 3.8	: Görece granat fenokristalleri ve Spesartin türü granatın Raman spektrumları (Spesartin'e ait Raman spektrumu URL-7'den alınmıştır).	55
Şekil 3.9	: Görece granat fenokristallerinin a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe ⁺² -Ca), c) (Mg-Mn-Fe ⁺²) katyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.	57
Şekil 3.10	: a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensele sınıflama diyagramları (Wright 1938).	58
Şekil 3.11	: Granat fenokristalleri ve riyolit ana kayacının ana oksit elementlerinin a) ÜKK b) OIB değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den, OIB değerleri BVSP 1981'den alınmıştır).	59
Şekil 3.12	: Görece granat fenokristalleri ve içerisinde buldukları riyolit ana kayacının a) ÜKK b) OIB c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, OIB iz element içerikleri Sun ve McDonough 1989'dan, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).	61
Şekil 3.13	: Görece granat fenokristallerinin NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.	62

Şekil 3.14	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	63
Şekil 3.15	: Görece granat fenokristallerinin L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.....	65
Şekil 3.16	: Alttan ışık verilmiş Görece granat fenokristalleri.	68
Şekil 3.17	: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüş Görece granat fenokristalleri.	68
Şekil 3.18	: Görece granat fenokristallerinin a) işlenmemiş, b) işlenmiş el örnekleri görünüşleri ile c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).	69
Şekil 4.1	: Kayağıl lokasyonu yerbulduru haritası.....	70
Şekil 4.2	: Kayağıl jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli K22c1 ve c4 haritalarından alınmıştır).	71
Şekil 4.3	: a) Kayağıl bölgesindeki granatlı mikaşistlerin arazideki görünümü, b) Şistler içerisindeki kuvarsit bantları c) Kayaç yüzeyinde çıkıntılar oluşturan granat porfiroblastları	73
Şekil 4.4	: a) Şistler içerisindeki mineral bileşenler, b) Stavrolit ve muskovit mineralleri (PN), c) Kuvars ve muskovit minarelleri, d) Muskovitler içerisindeki turmalin ve opak mineral kapanımları (PN) (Di: Disten, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars, St: Stavrolit, Tur: Turmalin).	74
Şekil 4.5	: Kayağıl granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.	75
Şekil 4.6	: Granat porfiroblastlarında gözlenen a) kırıklı-çatlaklı yapı ve kloritleşme (PN), b) Stavrolit kapanımı (PN) c) Disten, muskovit, stavrolit ve kuvars kapanımları, d) Kuvars ve muskovit kapanımları (Grt: Granat, St: Stavrolit, Di: Disten, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).	75
Şekil 4.7	: Granat porfiroblastları ve şist ana kayacının toz XRD grafikleri.	76
Şekil 4.8	: Kayağıl granat porfiroblastları ve almandin türü granatın Raman spektrumları (Almandin uç üyesine Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).	78
Şekil 4.9	: Kayağıl granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe ⁺² -Ca), c) (Mg-Mn-Fe ⁺²) kanyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.	80
Şekil 4.10	: a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) kanyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).	80
Şekil 4.11	: Granat porfiroblastları ve şist ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK ve b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).	85
Şekil 4.12	: Kayağıl granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları şist ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).	86

Şekil 4.13	: Kayaagıl granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.....	87
Şekil 4.14	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	88
Şekil 4.15	: Kayaagıl granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.....	89
Şekil 4.16	: Kaboşon formda işlenmiş süs taşı özelliği talımayan Kayaagıl granat porfiroblastları.....	90
Şekil 4.17	: Kayaagıl granat porfiroblastlarının a) işlenmemiş b) işlenmiş el örnekleri c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).	92
Şekil 5.1	: Susurluk lokasyonu yerbulduru haritası.....	93
Şekil 5.2	: Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli İ20 b4 haritasından alınmıştır).....	94
Şekil 5.3	: a) İnce tabakalı yapı gösteren Mesozoyik yaşlı mermerlerin arazi görünümü, b, c) Çataldağ granitoyidi ile mermerlerin dokanağında gelişen skarn zonu ve öz şekilli granat oluşumları, d) Mermerler içerisine sokulum yapmış granitoyid birimi, e) Arenalaşma gösteren Çataldağ granitoyidi, f) Susurluk alt lokasyon yeşilimsi sarımsı renkli granat kristalleri, g) Susurluk üst lokasyon kahverengimsi sarımsı renkli granat kristalleri.....	95
Şekil 5.4	: a) Çataldağ granitoyidinin arazideki görünümü, b) El örneklerinde görülen porfiro-fanertik doku, c) Granit yan kayacında gözlenen holokristalin porfirik doku, d) Polisentetik ve birleşik ikizlenme gösteren özşekilli plajiyoklaz, e) Zirkon kapanımı içeren biyotit ve f) dalgalı sönme gösteren kuvars ve kloritleşmiş amfibol mineralleri (Amp: Amfibol, Ap: Apatit, Bt: Biyotit, Qz: Kuvars, Pl: Plajiyoklaz, Zr: Zirkon).....	97
Şekil 5.5	: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.	98
Şekil 5.6	: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinde gözlenen a) Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), b) Zonlanma ve büyüme çizgileri, c) Epidot ve d) Amfibol kapanımları (Amp: Amfibol, Cal: Kalsit, Ep: Epidot, Grt: Granat).....	99
Şekil 5.7	: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacının XRD grafikleri.....	100
Şekil 5.8	: Alt lokasyon granat kristalleri ve andradit türü granatın Raman spektrumları (Andradit'e ait Raman spektrumu URL-8'den alınmıştır).	102
Şekil 5.9	: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin Andradit-(Pirop+Almandin+Spesartin)-Grosular uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938).	104
Şekil 5.10	: a) Ca-Mg-(Fe ²⁺ +Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).	105
Şekil 5.11	: Granat kristalleri ve granit yan kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).	106

Şekil 5.12	: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).....	108
Şekil 5.13	: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.	109
Şekil 5.14	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	110
Şekil 5.15	: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.	112
Şekil 5.16	: Amorf kaboşon formda işlenmiş Susurluk alt lokasyon granat kristali.....	113
Şekil 5.17	: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüş Susurluk alt lokasyon granat kristalleri.....	115
Şekil 5.18	: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin a) işlenmemiş, b) işlenmiş el örnekleri görüntüleri ile c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).....	116
Şekil 5.19	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.	118
Şekil 5.20	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinde gözlenen a) Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), b ve d) Zonlu yapı, c) Klorit kapanımı (PN) (Chl: Klorit).....	118
Şekil 5.21	: Granat kristalleri toz XRD grafikleri.	119
Şekil 5.22	: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve andradit bileşimli granat uç üyesinin Raman spektrumları (Andradit'e ait Raman spektrumu URL-8'dan alınmıştır).....	121
Şekil 5.23	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin Andradit-(Pirop+Almandin+Spesartin)-Grosular uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938).	123
Şekil 5.24	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramlarındaki konumları (Wright 1938).	123
Şekil 5.25:	Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacı ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).....	125
Şekil 5.26	: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).....	127
Şekil 5.27	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin NTE dağılımlarını gösteren kutu grafikleri.	128
Şekil 5.28	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	129
Şekil 5.29	: Susurluk üst lokasyon granatlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.....	130

Şekil 5.30	: Amorf kaboşon formda işlenmiş Susurluk üst lokasyon granat kristali.....	131
Şekil 5.31	: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüş Susurluk üst lokasyon granat kristalleri.....	131
Şekil 5.32	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin a) işlenmemiş, b) işlenmiş el örnekleri görünümleri ile c, d) SEM görüntülükleri (Chl: Klorit, Grt: Granat, Qz: Kuvars).....	133
Şekil 6.1	: Hacıaliler lokasyonu yerbulduru haritası.....	134
Şekil 6.2	: Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli N20a2 haritasından alınmıştır).....	135
Şekil 6.3	: a, b) Granat porfiroblastları içeren şistlerin arazideki görünümleri, c) Mikaşist kayacının mineral bileşenleri, d) lepidogranoblastik doku (Bt: Biyotit, Chl: Klorit, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).....	137
Şekil 6.4	: Çine lokasyonu granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.....	138
Şekil 6.5	: Granat porfiroblastlarında gözlenen a) Kırıklı-çatlaklı yapı (PN), b) Muskovit, c) Klorit d) Kuvars kapanımları (PN) (Chl: Klorit, Grt: Granat, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).....	138
Şekil 6.6	: Granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının tüm kayaç toz XRD grafikleri.....	139
Şekil 6.7	: Çine granat porfiroblastları ve almandin bileşimli granat uç üyesinin Raman spektrumları (Almandin'e ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).....	141
Şekil 6.8	: Çine granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe ⁺² -Ca), c) (Mg-Mn-Fe ⁺²) katyon değerlerine göre oluşturulan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.....	143
Şekil 6.9	: a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).....	143
Şekil 6.10	: Granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).....	148
Şekil 6.11	: Çine granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları mikaşist ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).....	149
Şekil 6.12	: Çine granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.....	150
Şekil 6.13	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).....	151
Şekil 6.14	: Çine granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.....	152
Şekil 6.15	: Kabaşon işleme teknikleri ile parlatılmış Çine granat porfiroblastları.....	155

Şekil 6.16	: Çine granat porfiroblastlarının a) işlenmemiş b) İşlenmiş el örnekleri görünümleri c, d) SEM görüntüleri (Bt: Biotit, Grt: Granat, Qz: Kuvars).	156
Şekil 7.1	: Ekinözü lokasyonu yerbulduru haritası.....	157
Şekil 7.2	: Ekinözü lokasyonunun jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli M38 a1 ve a2 haritasından alınmıştır).....	158
Şekil 7.3	: a, b) Ekinözü lokasyonunda granat porfiroblastları içeren şistlerin arazideki görünümleri, c, d) Klorit-biyotit şistlerin mikroskop görüntüleri (PN), d) çatlaklı-kırıklı kuvars mineralleri (PN) (Bt: Biotit, Chl: Klorit, Qz: Kuvars).....	159
Şekil 7.4	: Ekinözü granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.	160
Şekil 7.5	: Granat porfiroblastlarında gözlenen a) Kırıklı-çatlaklı yapı (PN), b) İlmenit (PN) c) Kloritleşme (PN), d) Kuvars kapanımları (Chl: Klorit, Grt: Granat, Ilm: İlmenit, Qz: Kuvars).	161
Şekil 7.6	: Granat porfiroblastları ve klorit biyotit şist yan kayacının XRD grafikleri.	162
Şekil 7.7	: Ekinözü granat porfiroblastları ve almandin bileşimli granat uç üyesine ait Raman spektrumları (Almandin'e ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).	164
Şekil 7.8	: Ekinözü granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), Katyon değerlerine göre hazırlanan b) (Mg-Fe ⁺² -Ca) ve c) (Mg-Mn-Fe ⁺²) üçgen diyagramlarındaki konumları (Grew ve diğ. 2013).	166
Şekil 7.9	: a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).	166
Şekil 7.10	: Ekinözü granat porfiroblastları ve klorit biyotit şist ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).	171
Şekil 7.11	: Ekinözü granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları klorit biyotit şist ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).	172
Şekil 7.12	: Ekinözü granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.	173
Şekil 7.13	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	174
Şekil 7.14	: Ekinözü granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.....	175
Şekil 7.15	: Ekinözü granat porfiroblastları ile üretilmiş gümüş takı seti.	176
Şekil 7.16	: Ekinözü granat porfiroblastlarının a) işlenmemiş b) işlenmiş el örnekleri c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).	179
Şekil 8.1	: Çavuşlu lokasyonu yerbulduru haritası.	180
Şekil 8.2	: Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli L39 c1 haritasından alınmıştır).	181

Şekil 8.3	: a) Arenalaşma gösteren granodiyorit bileşimli yan kayaç ve aplit daykları, b) Granodiyorit içerisinde görülen mafik bileşimli anklavlar, c) Holokristalin hipidiyomorfik dokunun mikroskop görüntüsü (ÇN), d) Killeşme, karbonatlaşma ve epidotlaşma türü bozunmaların mikroskop görüntüsü (ÇN), e) Epidotlaşmış yarı özşekilli amfibol (ÇN), f) Killeşme ve serizitleşme gösteren plajiyoklaz ve ortoklaz (ÇN) (Cb: Karbonat, Ep: Epidot, Pl: Plajiyoklaz, Qz: Kuvars).	183
Şekil 8.4	: a) Çavuşlu granodiyoriti ile kristalize kireçtaşı arasındaki dokanak, b) Skarn zon boyunca görülen granat kristalleri, c) Skarn zonda görülen epidotlaşmış bloklar, d) Limonit ve manyetit bileşimli demir oksit mineralleri, e, f) Dodekahedron kristal formunda görülen yarıözşekilli granat kristalleri.	184
Şekil 8.5	: Çavuşlu granat kristallerinde gözlenen a, b) Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), c, d) Amfibol ve opak mineral kapanımları ile kırık ve çatlaklar boyunca görülen demir kusmaları (Amp: Amfibol, Grt: Granat).	185
Şekil 8.6	: Çavuşlu granat kristalleri ve granodiyorit yan kayacının XRD grafikleri.	186
Şekil 8.7	: Çavuşlu granat kristalleri ve almandin bileşimli granat üyesine ait Raman spektrumları (Almandin bileşimli granat uç üyesine ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).	188
Şekil 8.8	: Çavuşlu granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe ⁺² -Ca), c) (Mg-Mn-Fe ⁺²) kation değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.	190
Şekil 8.9	: a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) kation b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensele sınıflama diyagramları (Wright 1938).	190
Şekil 8.10	: Çavuşlu granat kristalleri ve granodiyorit yan kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).	193
Şekil 8.11	: Çavuşlu granat kristalleri ve granodiyorit yan kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).	194
Şekil 8.12	: Çavuşlu granat kristallerinin NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.	195
Şekil 8.13	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	196
Şekil 8.14	: Çavuşlu granatlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.	197
Şekil 8.15	: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüş Çavuşlu granat kristalleri.	199
Şekil 8.16	: Çavuşlu granat kristallerinin a) işlenmemiş, b) işlenmiş el örnekleri görünüşleri ile c, d) SEM görüntüleri (Cal: Kalsit, Grt: Granat).	201

Şekil 9.1	: Hudutköy granatlı amfibolitlerin yerbulduru haritası.	202
Şekil 9.2	: Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 1/100000 ölçekli L39 paftasından alınmıştır).	203
Şekil 9.3	: Hudutköy granat içeren amfibolitlerin arazideki görünüşleri.	205
Şekil 9.4	: Granat porfiroblastları içeren amfibolitlerde gözlenen a) K-feldspat, plajiyoklaz b) Amfibol ve rutil kapanımları ile c) Poikilitik ve d) Nematoblastik doku (Amp: Amfibol, K-Fsp: Potasyum Feldspat, Pl: Plajiyoklaz, Rt: Rutil, Qz: Kuvars).	206
Şekil 9.5	: Hudutköy granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.	207
Şekil 9.6	: Hudutköy granat porfiroblastlarında gözlenen a) Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), b) Amfibol, c) Hematit kapanımı ve kloritleşme (PN), d) Kuvars kapanımı (Amp: Amfibol, Chl: Klorit, Hem: Hematit, Grt: Granat, Qz: Kuvars).	207
Şekil 9.7	: Granat porfiroblastları ve amfibolit ana kayacının toz XRD grafikleri.	208
Şekil 9.8	: Hudutköy granat porfiroblastları ve almandin bileşimli granat uç üyesinin Raman spektrumları (Almandin'e ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).	210
Şekil 9.9	: Hudutköy granat porfiroblastlarının a) (Andradit +Pirop+Spesartin)- Almandin-Grosular uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe ⁺² -Ca), c) (Mg-Mn-Fe ⁺²) kation değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.	212
Şekil 9.10	: a) Ca-Mg-(Fe ⁺² +Mn) kation b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).	212
Şekil 9.11	: Granat porfiroblastları ve amfibolit ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).	215
Şekil 9.12	: Hudutköy granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları amfibolit ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).	216
Şekil 9.13	: Hudutköy granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.	217
Şekil 9.14	: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).	218
Şekil 9.15	: Hudutköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.	219
Şekil 9.16	: Hudutköy granat porfiroblastlarının a, b) işlenmemiş el örnekleri c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).	221

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1	: Çamköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2θ ve d değerlerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait 2θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5'den alınmıştır).	28
Tablo 2.2	: Çamköy granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.....	29
Tablo 2.3	: Basınç-sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri (T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83: Perchuk ve Lavrenteva 1983, Dasg91: Dasgupta ve diğ. 1991, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).....	34
Tablo 2.4	: Çamköy granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.	37
Tablo 2.5	: Çamköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk ölçüm sonuçları	42
Tablo 2.6	: Çamköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	44
Tablo 3.1	: Görece granat fenokristalleri ile granat uç üyelerine ait 2θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.	54
Tablo 3.2	: Görece granat fenokristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.....	56
Tablo 3.3	: Görece granat fenokristalleri ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.	60
Tablo 3.4	: Görece granat fenokristallerinin zirkon ve apatit doygunluk sıcaklıklarına göre belirlenen oluşum sıcaklıkları.....	64
Tablo 3.5	: Görece granat fenokristallerinin L*:a*:b* renk ölçüm sonuçları.	64
Tablo 3.6	: Görece granat fenokristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	67
Tablo 4.1	: Kayağıl granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.	77
Tablo 4.2	: Kayağıl granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.....	79
Tablo 4.3	: Basınç - sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri ((T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83: Perchuk ve Lavrenteva 1983, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).....	82
Tablo 4.4	: Kayağıl granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu şist ana kayacının ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.....	84
Tablo 4.5	: Kayağıl granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk ölçüm sonuçları.	88

Tablo 4.6	: Kayaagıl granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	91
Tablo 5.1	: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerine ait 2Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması	101
Tablo 5.2	: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üleriyle karşılaştırılması.	103
Tablo 5.3	: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ve yan kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.	107
Tablo 5.4	: Zirkon doygunluk sıcaklıklarına göre hesaplanan Susurluk alt ve üst lokasyon granat kristallerinin oluşum sıcaklıkları.....	111
Tablo 5.5	: Susurluk alt lokasyon kristallerinin $L^*a^*b^*$ renk ölçüm sonuçları.	111
Tablo 5.6	: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	114
Tablo 5.7	: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerine ait 2Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.	120
Tablo 5.8	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üleriyle karşılaştırılması.	122
Tablo 5.9	: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve yan kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.	126
Tablo 5.10	: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.	129
Tablo 5.11	: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	132
Tablo 6.1	: Çine granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.	140
Tablo 6.2	: Çine granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üleriyle karşılaştırılması.....	142
Tablo 6.3	: Basınç-sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri (T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83: Perchuk ve Lavrenteva 1983, Dasg91: Dasgupta ve diğ. 1991, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).....	145
Tablo 6.4	: Çine granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.....	147
Tablo 6.5	: Çine granat porfiroblastlarının $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.....	151
Tablo 6.6	: Çine granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	154
Tablo 7.1	: Ekinözü granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.	163
Tablo 7.2	: Ekinözü granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üleriyle karşılaştırılması.....	165
Tablo 7.3	: Basınç-sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri (T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83:	

	Perchuk ve Lavrenteva 1983, Dasg91: Dasgupta ve diğ. 1991, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).....	168
Tablo 7.4	: Ekinözü granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.	170
Tablo 7.5	: Ekinözü granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk ölçüm sonuçları.	174
Tablo 7.6	: Ekinözü granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	177
Tablo 8.1	: Çavuşlu granat kristalleri ile granat uç üyelerine ait 2 θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.....	187
Tablo 8.2	: Çavuşlu granat kristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.....	189
Tablo 8.3	: Çavuşlu granat kristalleri ve yan kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.	192
Tablo 8.4	: Zirkon ve apatit doyumluk sıcaklıklarına göre hesaplanan Çavuşlu granat kristallerinin oluşum sıcaklıkları.....	196
Tablo 8.5	: Çavuşlu granat kristallerinin L*:a*:b* renk ölçüm sonuçları.	197
Tablo 8.6	: Çavuşlu granat kristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).	200
Tablo 9.1	: Hudutköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2 θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.	209
Tablo 9.2	: Hudutköy granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.....	211
Tablo 9.3	: Hudutköy granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.....	214
Tablo 9.4	: Hudutköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk ölçüm sonuçları.	218
Tablo 9.5	: Hudutköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).....	220

KISALTMALAR LİSTESİ

EPMA	:	Elektron Probe Mikro Analiz
YEBİM	:	Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi
SEM	:	Taramalı Elektron Mikroskobu
ICP-MS	:	İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi
XRD	:	X-Işınları Difraktometresi
PAÜ-İLTAM	:	Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
KRS	:	Konfokal Raman Spektrometre
GPS	:	Küresel Konumlama Cihazı
CIE	:	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
NTE (=REE)	:	Nadir Toprak Elementleri
AMGL	:	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Gemoloji Laboratuvarı
UV	:	Ultraviyole
PIXE	:	Proton Kaynaklı X-Işını Emisyonu
TIMS	:	Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi
LA-ICP-MS	:	Lazer Aşındırılmalı İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi
MTA	:	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
LOI	:	Kızdırma Kaybı
OAKK	:	Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı
AKK	:	Alt Kıta Kabuğu
ÜKK	:	Üst Kıta Kabuğu
PM	:	Primitif Manto
OIB	:	Okyanus Adası Bazaltı
LILE	:	Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
HFSE	:	Yüksek Çekim Alanlı Elementler
HREE	:	Ağır Nadir Toprak Elementleri
LREE	:	Hafif Nadir Toprak Elementleri
Na	:	Sodyum
K	:	Potasyum
Fe	:	Demir
Mn	:	Mangan
PN	:	Paralel Nikol
ÇN	:	Çapraz Nikol
Grt	:	Granat
Alm	:	Almandin
Sps	:	Spesartin
Prp	:	Pirop
And	:	Andradit
Grs	:	Grosular
Qz	:	Kuvars
Cal	:	Kalsit
Hc	:	Hersinit
Pl	:	Plajjiyoklaz
Ab	:	Albit
Sa	:	Sanidin

Ilm	:	İlmenit
Zr	:	Zirkon
Rt	:	Rutil
Di	:	Disten
Ms	:	Muskovit
St	:	Stavrolit
Tur	:	Turmalin
Ttn	:	Titanit
Ap	:	Apatit
Chl	:	Klorit
Ep	:	Epidot
Or	:	Ortoklaz
Ilm	:	İlmenit
Bt	:	Biyotit
Hbl	:	Hornblend
Amp	:	Amfibol
Px	:	Piroksen
Hem	:	Hematit
Cb	:	Karbonat
nm	:	Nanometre

ÖNSÖZ

2018-2023 yılları arasında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışmayı yöneten ve araştırmalarımın her aşamasında gün-saat mefhumu olmadan iletişim kurabildiğim, bilgi, öneri ve yardımları ile akademik ortamın yanı sıra sosyal olarak da yetişmeme ve gelişmeme katkı sağlayan danışman hocam sayın Prof.Dr. Tamer KORALAY'a en derin saygılarımı sunar teşekkür ederim.

Tezin olgunlaşmasında ve gelişmesinde değerli katkılarını esirgemeyen ve aynı zamanda tez izleme komitesi üyeleri olan değerli hocalarım sayın Prof.Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi) ve sayın Prof.Dr. Hulusi KARGI'ya (Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), KRS ve EPMA analizlerinin yapılması sırasında büyük yardımlarını gördüğüm kıymetli hocam sayın Doç.Dr. Kıymet DENİZ'e (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), tez yazımı sırasında bilgi ve veri bakımından desteklerini esirgemeyen sayın Dr.Öğr.Üyesi Bahattin GÜLLÜ'ye (Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Susurluk lokasyonu arazi çalışmalarında desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım sayın Doç.Dr. M. Selman AYDOĞAN ve sayın Öğr.Gör.Dr. Cüneyt BİRCAN'a (Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Ekinözü lokasyonundaki granat porfiroblastlarının bulunmasında yardımcı olan ve mihmandarlık eden profesyonel süs taşı koleksiyoneri sayın Mustafa Kemal KOCA'ya, Çavuşlu ve Hudutköy lokasyonları ile ilgili verdiği jeolojik verilerden dolayı sayın Doç.Dr. Fatih KARAOĞLAN'a (Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Hudutköy lokasyonunun jeolojisi ile ilgili verdiği verilerden dolayı sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi Ömer Faruk ÖZKAYA'ya (MTA), lokasyonlardan elde edilen granatların işlenmesinde desteklerini esirgemeyen ülkemizin en değerli süs taşı işleme ustası ve devlet sanatçısı sayın Özcan SAYGIN'a, işlenen granatların takıya dönüştürülmesindeki özverili çalışmalarından dolayı sayın Öğr.Gör. Servet AKAR'a (Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Karacasu MİMYO), arazi ve ofis çalışmalarında her zaman yanımda bulunan mesai arkadaşlarım sayın Öğr.Gör. Halil İbrahim ÇAKIR'a, sayın Öğr.Gör. Kadir ERTÜRK'e ve sayın Öğr.Gör. Zekeriya MATÇİÇEK'e (Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Karacasu MİMYO), doktora eğitimine başlamam için beni motive eden ve mesai izinleri konusunda her zaman yardımcı olan değerli hocam ve ablam sayın Dr.Öğr.Üyesi Bilge DOĞANLI'ya (Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Nazilli İİBF), önlisans eğitimimden beri gemoloji ve mineralojiyi sevdiğim, her zaman yanımda desteğini hissettiğim değerli hocam sayın Prof.Dr. Halil SARP'a, tez çalışmam sırasında zaman zaman istemeden ihmal ettiğim eşim Beril TAŞDEMİR ÖREN ve oğlum Demirhan ÖREN'den özür dilerken bana gösterdikleri anlayış, sabır ve destekleri için teşekkür ederim. En nihayetinde beni büyütüp okutan ve her zaman arkamda desteklerini hissettiğim annem ve babama sonsuz teşekkürler.

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü 2021FEBE056 nolu "Türkiye'de seçili granatların mineralojik, petrografik, spektroskopik, jeokimyasal ve gemolojik özelliklerinin belirlenmesi" isimli proje tarafından desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

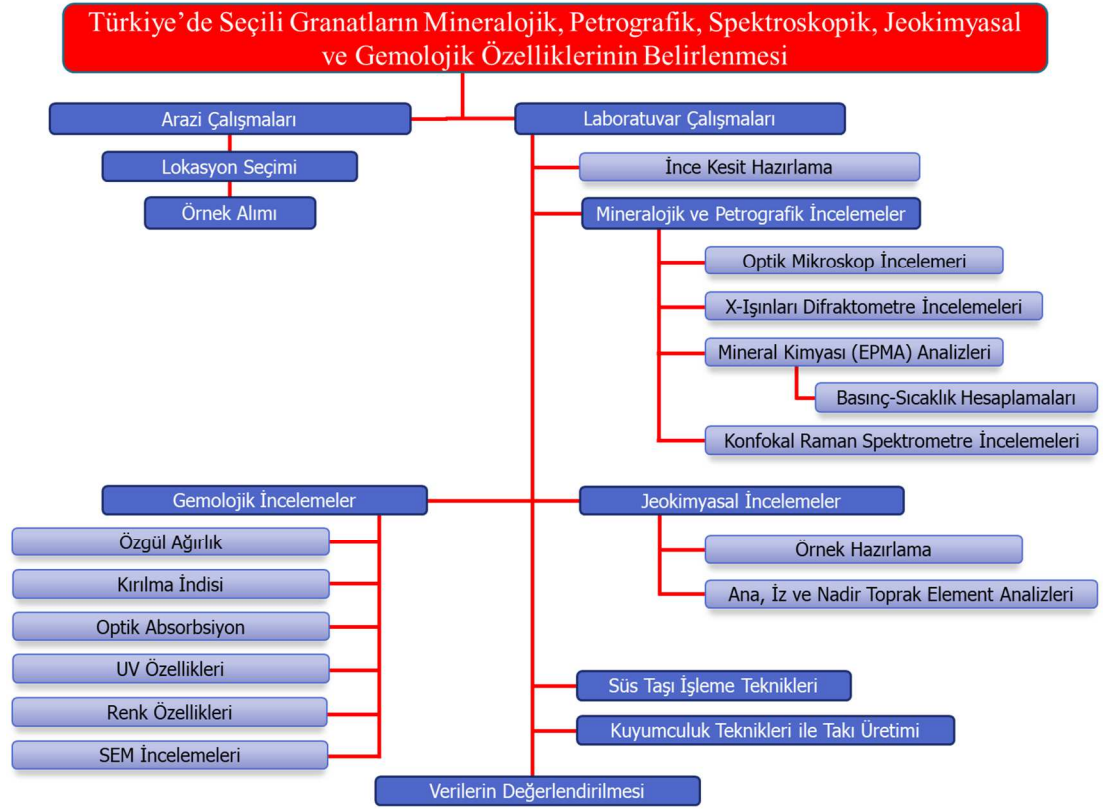
1.1 Araştırmanın Amacı

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmasının amacını; Türkiye'nin farklı lokasyonlarındaki (Karacasu, Çine/Aydın, Kayaagılı/Uşak, Menderes/İzmir, Susurluk/Balıkesir, Ekinözü/Kahramanmaraş, Doğanşehir/Malatya) granat oluşumlarının ayrıntılı mineralojik, petrografik, spektroskopik, jeokimyasal ve gemolojik özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması oluşturmaktadır. Bu amaç kapsamında granat kristallerinin süs taşı işleme teknikleri ile işlenerek, farklı kuyumculuk teknikleri ile takıya dönüştürülmesi çalışmaları da gerçekleştirilmiştir.

1.2 Uygulanan Yöntemler

Doktora tez çalışması kapsamında hedeflenen amaçlara ulaşabilmek için Şekil 1.1'de verilen iş paketleri azami hassasiyetle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1.1: Tez çalışmasının iş paketleri ve uygulanan analiz yöntemleri.

1.2.1 Arazi Çalışmaları ve Örnekleme Stratejisi

Tez çalışması kapsamında Çine, Karacasu (Aydın), Menderes (İzmir), Susurluk (Balıkesir), Kayaağıl (Uşak), Ekinözü (Kahramanmaraş) ve Doğanşehir (Malatya) lokasyonlarından granat kristalleri toplanmıştır. Adı geçen lokasyonların belirlenmesinde jeoloji kaynaklarında önceki yıllarda yapılmış ve yayınlanmış tez/proje/makale/bildiri’ler ile amatör süs taşı toplayıcılarının (sosyal medya hesapları, blog yazarları gibi) verdiği bilgilerden faydalanılmıştır. Ülkemizde birbirine benzeyen, çok sayıda granat oluşumu mevcut olmakla birlikte, yukarıdaki lokasyonların seçiminde içerisinde buldukları kayaç litolojilerinin farklı olmasına ve granat kristallerinin boyutlarına özellikle dikkat edilmiştir. Arazi çalışmalarında mevcut jeolojik haritalar kullanılmış olup, birim tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. Örneklemeğe uygun alanlardan ortalama 100 adet granat kristali ile 10 adet kayaç örneği toplanmış, ayrı ayrı numune alma poşetlerine konulmuş ve Küresel Konumlama Cihazı (GPS) ile koordinatları kaydedilmiştir.

1.2.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

Çine, Karacasu (Aydın), Menderes (İzmir), Susurluk (Balıkesir), Kayaağıl (Uşak), Ekinözü (Kahramanmaraş) ve Doğanşehir (Malatya) lokasyonlarından toplanan özşekilli granat kristalleri ve yan kayaç örneklerinden optik mikroskop incelemeleri için ince kesitler hazırlanmıştır. İnce kesitler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanmış olup incelemeleri "Carl-Zeiss Primotech" marka alttan ve üstten aydınlatmalı polarize mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Granat kristalleri ve yan kayaç örneklerinin mineral bileşimleri, doku özellikleri, bileşen boyutları, bozunma durumları ve türleri ile granat kristalleri içerisinde görülen mineral kapanımlar tespit edilmiş, mikro fotoğrafları çekilmiştir.

1.2.3 X-Işınları Difraktometre (XRD) İncelemeleri

Özşekilli granat kristalleri ve yan kayaç örneklerinin optik mikroskop çalışmalarıyla ortaya çıkarılamayan benzerlik/farklılıklarını belirlemek ve mikroskopta tanımlanamayan mineral bileşenlerini saptayabilmek için XRD analizleri gerçekleştirilmiştir. XRD analizleri için, her lokasyondan 3 granat kristali ve bir yan kayaç numunesi Tungsten-Carbide alaşımlı değirmende öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz örneklerin XRD analizleri Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (PAÜ-İLTAM) Laboratuvarında "GNR APD 2000" cihazı (cihaz özellikleri: Cu-K α katot tüp, 1.54 Å dalga boyu, 10-60 kV gerilim, 5-60 mA akım, 0.1°(2 θ /s) tarama hızı ve -111° <2 θ < 168° tarama aralığı) kullanılarak tamamlanmıştır. Sadece 20° <2 θ < 168° aralığındaki verileri dikkate alınmış olup elde edilen XRD desenlerinin çözümlemesi için Match! yazılımından yararlanılmıştır.

1.2.4 Konfokan Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri

Konfokal Raman Spektrometresi (KRS) tahribatsız bir analiz yöntemi olmasıyla nedeniyle mineralojik ve gemolojik incelemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. KRS analizleri her lokasyondan 3 adet parlatılmış granat ince kesiti üzerinde yüksek çözünürlüklü "Thermo Scientific DXR-2 Confocal Raman

Spectrometer” cihazı kullanılarak, Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Laboratuvarında yapılmıştır.

1.2.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

Granat kristallerinin mineral kimyası analizleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) laboratuvarlarında, dalga boyu dağılımlı (WDS) JXA-8230 model JEOL marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Analiz için her lokasyondan 3 farklı granat ince kesitinin parlatma ve karbon kaplama işlemlerinin ardından, ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 20 kV hızlanma voltajı altında, 10 nA elektron demeti kullanılarak noktasal olarak alınmıştır. Kalibrasyon ve ölçümler için mineral referans materyallerin oksit değerlerinden yararlanılmıştır. Ölçümlerde ortaya çıkan matriks etkileri JEOL tarafından sağlanan ZAF yazılımı kullanılarak düzeltilmiştir. Örneklerin karbon kaplamaları Quorum Q150T ES makinesi kullanılarak yapılmıştır.

1.2.6 Jeokimyasal Analizler

Ana oksit, iz element ve Nadir Toprak Element (NTE) analizleri için farklı noktalardan alınan granat kristalleri ve yan kayaç örnekleri, Tungsten-Carbid bileşimli halkalı değirmende 150-200 mesh boyutuna kadar öğütülerek toz haline getirilmiştir. Her öğütme sonrası halkalı değirmen alkol-su karışımı ile temizlenmiş ve örnek tozlarının birbiri ile karışması engellenmiştir. Toz halindeki örnekler ACME Analytical Laboratuvarın’da (Kanada) İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry-ICP-MS) cihazı kullanılarak kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde toz halindeki 0.5 g’lık örnekler 95 °C sıcaklıkta bir saat boyunca 3 ml’lik 2-2-2 oranında HCl-HNO₃-H₂O asit karışımında çözündürülmüş, sıvı hale getirilen örnekler ICP-MS cihazında okutularak analizler tamamlanmıştır.

1.2.7 Gemolojik Testler

Gemolojik testler (özgül ağırlık, kırılma indisi, optik absorpsiyon ve UV özellikleri) Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Karacasu Memnune İnci MYO Gemoloji Laboratuvarında (AMGL) gerçekleştirilmiştir. Kırılma indisi için “Eickhorst M3” (589 nm kuvars lambalı) marka refraktometre ve optik kontak sıvısı (RI:1.81) kullanılmıştır. Optik absorpsiyon spektral özelliklerini belirlemek için “Eickhorst SPO-CF Optical Spectroscope” (okunabilir aralık 700-400 nm) cihazı kullanılmıştır. Floresans ve fosforesans özellikleri “Eickhorst UV 240” (Kısa dalga: 255 nm, uzun dalga: 366 nm ve 4W UV lamba) cihazı ile belirlenmiştir. Granat örneklerinin renk tanımlamaları ise Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde bulunan taşınabilir “NR60CP Renk Ölçer” cihazı ile belirlenmiştir.

1.2.8 Yüzey Morfoloji İncelemeleri

Dayanıklılık, güzellik ve nadirlik gibi temel ölçütlerin dışında parlatılabilme, ışık yansıtma, ışıkırma, bünyesinde safsızlıklar içermesi gibi bazı özelliklerde süstaşlarının değerlerini belirleyen diğer unsurlardır. Süstaşlarının parlatılabilme ve ışık yansıtma özellikleri sahip oldukları kristal yüzeylerinin pürüzlülüğü ile ilişkilendirilmektedir. Granat kristallerinin kristal yüzeylerinin mevcut durumlarını belirlemek için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışması yapılmıştır. SEM analizleri için her lokasyondan 2 adet granat kristali Quorum Q150T ES marka karbon kaplama cihazında karbon film ile kaplanmıştır. SEM görüntüleme analizleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Laboratuvarlarında Tescan marka Tima/Mira model cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 30 kV voltaj ve 30 nA akım altında değişik büyütme oranlarında farklı görüntüleme (yüksek çözünürlüklü, derinlik vb.) şekillerinde ikincil elektron (SE) detektörü kullanılarak alınmıştır. Uygulanılan büyütme oranı olarak hüzmeye çapı, çalışma mesafesi (WD) ve görüş odağı (FoV) değişmektedir.

1.3 Önceki Çalışmalar

Doktora tezi kapsamında derlenen önceki çalışmalar 2 gruba ayrılmıştır. I. Grupta granatların mineralojisi, mineral kimyası, jeokimyası ve süs taşı özellikleri ile ilgili ulusal/uluslararası düzeyde yayınlanmış çalışmalar özetlenirken, II. Grupta seçilen lokasyonlardaki temel jeolojik birimlere yönelik bölgesel çalışmalara yer verilmiştir.

1.3.1 I. Grup Önceki Çalışmalar

Wright (1938), Farklı kayaçlardan elde ettiği 223 granat örneğinin kimyasal analizlerinden yararlanarak uç üye bileşimlerini belirlemiştir. Araştırmacı makalesinde hangi kayaç türünde hangi granat uç üyelerinin oluştuğunu ortaya koymuştur. Kimyasal analiz sonuçları ve uç üye bileşimlerine göre farklı üçgen diyagramları hazırlayarak, granat sınıflamasında önemli bir bilimsel katkı oluşturmuştur.

Jaffe (1951), Granatların fiziksel, kimyasal ve jeolojik özellikleri bakımından iyi tanımlanmış mineral grubu olduğunu ifade etmiş, iz element bileşimleri hakkında bilgiler vermiştir. Araştırmacı;

- Granatlardaki İtiryum (Y) ve diğer iz element içeriklerini,
- Elementler arasındaki izomorfi özelliklerini,
- İçerisinde buldukları kayaç türleri ile ilişkilerini incelemiştir.

Ayrıca bu çalışmada iz element olan Y'nin spesartın türü granatlarda %2 den fazla miktarda ve Y_2O_3 formunda bulunduğunu ortaya koymuştur.

Stockton ve Manson (1985), Mevcut granatların sınıflandırma metodlarının, keşfedilen bazı yeni granat türlerini tanımlamakta yetersiz kaldığı için, gemolojide kullanılması için 500'den fazla granat'ın kimyasal analizine dayanan yeni bir sınıflandırma sistemi önermişlerdir. 202 adet şeffaf süs taşı kalitesinde granattan oluşan bir koleksiyonun kimyasal, optik ve fiziksel verilerini özetlemişlerdir. Bu veriler ile birlikte sekiz yeni granat türü tanımlamışlardır (Grosular, Andradit, Pirop,

Pirop-Almandin, Almandin, Almandin-Spesartin, Spesartin ve Pirop-Spesartin). Standart süs taşı test yöntemleri (kırılma indisi, renk ve absorpsiyon spektrumu) ile tespit edilebilen özellikler sayesinde, bir granatı sekiz türden biri veya bunların varyasyonlarından biri olarak tanımlamak için kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Hofmeister ve Chopelas (1991), Almandin, pirop, spesartin, andradit ve grosular uç üyeler üzerinde Konfokal Raman incelemeleri gerçekleştirmişlerdir. Bu incelemeler sonucunda farklı uç üyelerin titreşim modlarını, simetrilerini, güçlü ve zayıf Raman kayma değerlerini belirleyerek, Raman kayma değerlerinin granat türleri için ayırt edici bir özellik olduğunu ifade etmişlerdir.

Schmetzer ve Bernhardt (1999), Bekily (Madagaskar) bölgesinde keşfedilen mavi-yeşil ile mor arasında renk değişimi gösteren granatların optik mikroskop, kimyasal ve spektroskopik özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada Bekily yataklarından çıkartılan 60 adet fasetli işlenmiş (0.1-2 ct.) ve 100 adet işlenmemiş (>5 ct.) mavi yeşil granat üzerinde incelemeler yapmışlardır. İncelenen örneklerin az miktarda almandin ve grosular içeren pirop-spesartin katı karışım ürünü granatlardan oluştuğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, gün ışığında mavi-yeşil'den mor'a renk değişimi gösteren granatların kimyasal içeriklerinde yüksek oranda Vanadyum (V) (% 0.89-1.25) bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Harangi ve diğ. (2001), Volkanik kayalarda nadir olarak görülen granat oluşumlarının özel jeodinamik koşullar gerektirdiğini ifade etmişlerdir. Doğu-Orta Avrupa'da Kuzey Pannonian Havzası'ndaki kalk-alkalin volkanik kayaların ve içerdiği granatların petrolojik ve jeokimyasal çalışmalarını sunmuşlardır. Çalışmada granat ve ana kayacın ana oksit - iz element ve oksijen izotop bileşimleri belirlenmiştir. Analizler sonucunda granatların almandin (Alm_{0.57-0.85}) türü granatlar olduğunu, negatif Eu anomalisi (0.14-0.18) gösterdiğini, $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin ‰ 6.12-10.15 arasında değiştiğini, granat kristallerinin 7-12 kbar arasında basınç ve 800-940 °C arasındaki sıcaklıkta oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Seifert ve Vrána (2005), Bohemya Masifi, Podsedice, yatağında bulunan pirop bileşimli granatların özelliklerini incelemişlerdir. Ayrıca, pirop kristalleri içerisindeki kapanımlar hakkında önemli bilgiler verilmişlerdir. Çalışmada eser miktarda Al-Cr spinel ve Fe-Ni sülfid kapanımlarını ilk kez tanımlamışlardır.

Araştırmacılar inceledikleri piropları renklerine göre kırmızı ve mor (menekşe) renkli piroplar olarak 2 gruba ayırmışlardır. Kırmızı renkli piropların kırılma indislerinin 1.748, özgül ağırlıklarının 3.718 ve kimyasal bileşimlerinin $\text{Prp}_{0.74-0.75}\text{Alm}_{0.13-0.14}\text{Uv}_{0.05-0.07}\text{Grs}_{0.01-0.04}\text{And}_{0.02-0.03}$ arasında, mor renkli piropların kırılma indislerinin 1.765, özgül ağırlıklarının 3.722 ve kimyasal bileşimlerinin $\text{Prp}_{0.74-0.75}\text{Alm}_{0.11-0.13}\text{Uv}_{0.05-0.12}\text{Grs}_{0.0-0.03}\text{And}_{0.01-0.03}$ arasında değiştiğini ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca Cr içeriğinin mor renkli piroplarda daha fazla olduğunu ve menekşe rengini verdiğini ifade etmişlerdir.

Guinel ve Norton (2006), Emerald Creek, Latah County, Idaho'daki yıldız efekti (Asterizm) gösteren almandin - pirop türü granatlardaki asterizmin sebebini araştırmışlardır. Araştırmacılar granatlardaki asterizmin sebebini TiO_2 'nin kararlı fazı olan rutil kapanımları olduğunu ifade etmişlerdir. Rutil iğnelerinin granat matriksinde [111] yönü boyunca dizildiğini, rutil iğnelerinin çapları azaldığı zaman veya granatlardaki kapanım miktarı arttıkça da asterizmin zayıfladığını belirtmişlerdir.

Rossmann (2009), İz elementlerin süs taşlarındaki renk oluşumunda etkili olduğunu, iz element içeriklerinin ise sıcaklık, redoks koşulları ve jeokimya gibi jeolojik etkenlere bağlı olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacı oksit ve silikat grubu süs taşlarındaki rengin en önemli nedeninin periyodik tablodaki geçiş elementleri (özellikle Ti, V, Cr, Mn, Fe ve Cu) olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte V^{+3} , Cr^{+3} , Mn^{+3} ve Cu^{+2} değerlerinin ağırlıkça %10 seviyelerinde olduğu zaman güçlü bir renklenme sebep olabildiğini, Fe^{+2} , Fe^{+3} ve Mn^{+2} 'nin ise tek başlarına belirgin renklenmeye neden olabilmeleri için yüksek değerlerde bulunmaları gerektiğini ifade etmiştir. Araştırmacıya göre süs taşlarında renklenmenin bir diğer nedeni farklı değerlere sahip iki katyon (silikat minerallerinde yaygın olarak görülen Fe^{+2} ve Fe^{+3} veya Fe^{+2} ve Ti^{+4} etkileşimleri gibi) arasındaki elektron değişimidir. Mineral içerisindeki bu tür elektron değişimlerinin eser miktarlarda olmasının renklenme için yeterli olacağını belirten araştırmacı, Fe^{+2} - Fe^{+3} arasındaki yük değişiminin tipik olarak tayfin kırmızı bölümünde ışığın soğurulmasıyla sonuçlandığını, bu katyonları içeren çoğu mineralin inceyken mavi veya yeşil renkli, kalın olduklarında ise siyah göründüklerini ifade etmiştir. Ayrıca bazı minerallerde oksijen'den metal iyonuna elektron transferinin de renk oluşumuna katkıda bulunabileceğini belirtmiştir.

Venkateswarulu ve diğ. (2012), Hindistan'ın Andhra Pradesh bölgesinden elde edilen, fasetli ve kaboşon kesim uygulanmış süs taşı kalitesindeki granatların renk, özgül ağırlık, kırılma indisi gibi fiziksel özelliklerini belirledikten sonra tahribatsız analiz yapabilen “Proton Kaynaklı X-Işını Emisyonu” (PIXE - Proton Induced X-Ray Emmission) yöntemi ile kimyasal bileşimlerini ortaya çıkarmışlardır. Araştırmacılar örnekleri 3 meV proton ışığı ile uyararak iz element içeriklerini (K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Ga, Pb, Zn) belirlemiş, granatların almandin bileşimli oldukları sonucuna ulaşmışlardır. Elde ettikleri sonuçları XRD analiziyle de doğrulamışlardır. Bu çalışmada; PIXE analizlerinin işlenmiş granat ve diğer süs taşlarının jeokimyasal özelliklerinin tahribatsız bir şekilde belirlenmesi için kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Baxter ve diğ. (2013), Granatların yüksek-orta basınç ve sıcaklık metamorfik kayaçlarında esas, magmatik kayaçlarda tali, sedimanter kayaçlarda ise detritik bileşen olarak bulunduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, granatların ultramafik ile felsik kayaç bileşimleri içerisinde 300 - 2000 °C arasında değişen sıcaklık ve 25 GPa basınç koşullarında oluşabileceğini, bu nedenle magmatik, metamorfik, sedimanter ve tektonik süreçlerin yorumlanmasında değerli bilgiler taşıdığını belirtmişlerdir. Ayrıca geniş renk dağılımı, sertliği ve işlenebilir olması nedeniyle granatların tarih boyunca süs taşı olarak kullanılmasının yanı sıra günümüzde sentetik olarak üretilen “Yitrium Alüminyum Granat” (YAG - $Y_3Al_5O_{12}$) ve “Yitrium Demir Granat” (YIG - $Y_3Fe_5O_{12}$) kristallerinin gelişmiş lazer, manyetik ve süperiletken teknolojilerinde kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Galoisy (2013), Granatları kültürel miras bakımından incelemiş ve her bir uç üye hakkında etimolojik bilgiler vermiştir. Araştırmacı almandin isminin Alabanda (Çine-Aydın) antik kentinden, spesartin isminin minarelin ilk bulunduğu Spessart (Almanya) bölgesinden, grosular isminin latince üzüm anlamına gelen grossularia'dan, pirop isminin yunanca ateş gözü anlamına gelen pyropos'dan, andradit isminin Brezilyalı bilim insanı Bonifacio de Andrade e Silva'dan, uvarovit isminin ise rus mineralog Count Sergey Uvarov'dan geldiğini söylemiştir. Çalışmada granatların beyaz, yeşil, turuncu, kırmızı ve mavi gibi renk çeşitliliğiyle birlikte yıldız efekti (Asterizm) gösterdiğini, bu renk varyasyonlarının sebebinin ise Fe, Mn, Ti, Cr ve V gibi geçiş elementleri ile bazı mineral kapanımları olabileceğini ifade

etmiştir. Ayrıca skiagit (almandin), rhodolit ve malaya (pirop), melanit, demantoid ve topazolit (andradit), hessonit ve tsavorit (grosular) uç üye alt türlerini ilk kez tanımlamıştır.

Grew ve diğ. (2013), Granat süper grup minerallerini tanımlamışlardır. Genel formülü $(X_3)(Y_2)(Z_3)\Phi_{12}$ olan granat grubu mineralleri X (dodekahedral), Y(oktahedral), Z (tetrahedral) bölgelerinde bulunan katyon türlerine ve Φ (O, OH ve F) içeriklerine göre 32 farklı alt türe ayırmışlardır. Araştırmacılar granat türlerini henritermierit (silikat), bitikleit (oksit), schorlomit (silikat), granat (silikat) ve berzeliit (vanadat ve arsenat) alt grupları adı altında toplamışlardır. Araştırmacılar ortaya koydukları yeni granat süper grup minerallerini Uluslararası Mineraloji Birliği'ne (IMA) onaylatarak literatüre eklemişlerdir.

Hönig ve diğ. (2014), Variskan öncesi Brno Batolitindeki A-tipi granit dayklarında bulunan granat ve zirkonlar üzerinde Y ve NTE araştırmaları yapmışlardır. Granatların dayklar için hacimsel olarak %2 civarında bulunduğunu ve bu granatların tüm kayalık içindeki Y konsantrasyonunun %84'ünü NTE konsantrasyonunun da %61'ini oluşturduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, NTE ve Y elementlerinin granat kristal kafesine granat süper grup üyesi olan Menzerit-(Y) $(Y_2Ca)Mg_2(SiO_4)_3$ mineralinin element değişimi sayesinde girdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca magmatik kökenli granatların $Sps_{0.41-0.46}Alm_{0.28-0.44}And_{0.00-0.13}Grs_{0.06-0.12}Prp_{0.00-0.01}$ bileşimine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Izawa ve diğ. (2018), 60 granat örneğini yansıtma spektroskopisi tekniği kullanarak analiz etmiş ve bu teknikle 6 uç üyeyi tahribatsız olarak tanımlamışlardır. Araştırmacılar granat örneklerindeki Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mn^{+2} ve Cr^{+3} gibi katyonların absorpsiyon bantlarını belirlemişlerdir. Andradit türü granatlarda Fe^{+2} katyonunun absorpsiyon bantının 1.8 ve 2.3 μm arasında, Fe^{+3} katyonunun ise 0.44, 0.6, 0.85 μm 'de, grosular türü granatlarda Fe^{+2} katyonunun absorpsiyon bantını 0.44, 0.93 ve 1.18 μm 'de, pirop ve almandin türü granatlarda Fe^{+2} katyonunun absorpsiyon bantının 0.43, 0.51, 0.57, 1.3, 1.7 ve 2.3 μm 'de, spesartin türü granatlarda Mn^{+2} katyonunun absorpsiyon bantının 0.41 ve 0.49 μm 'de, uvarovit türü granatlarda ise Cr^{+3} katyonunun absorpsiyon bantının 0.44, 0.61, 0.70 ve 1.8 μm 'de görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Nouri ve diğ. (2018), Güneybatı İran'ın Sanandaj-Sirjan (SaSZ) bölgesindeki turmalin, beril ve granat yataklarıyla ilgili bilgiler vermişlerdir. Araştırmacılar;

- Turmalinlerin, metamorfik kayalar, kuvars damarları, pegmatitler ve granitik kayalar içerisinde görüldüğünü, şörl-dravit bileşimli olduklarını, açık maviden koyu maviye değişen renkler gösterdiğini, kuvars ve k-feldspat kapanımları içerdiğini,
- Berillerin birkaç mm'den birkaç cm'ye varan öz - yarı özeşkilli kristaller halinde, açık yeşil, sarımsı yeşil, mavi, açık sarı, ve renksiz olarak görüldüklerini, akuamarin, helidor ve goşenit bileşimli olduklarını, muskovit ve opak mineral kapanımları içerdiklerini,
- Skarn zonlarında bulunan granat kristallerinin grosular bileşiminde ($Grs_{0.71}Alm_{0.28}Sps_{0.01}$) olduklarını ve klinopiroksen kapanımları içerdiklerini, pegmatitler içerisindeki granat kristallerinin almandin bileşiminde ($Alm_{0.49-0.80}Sps_{0.17-0.50}Prp_{0.01-0.4}Grs_{0.00-0.01}$), kırmızı - kırmızımsı kahverengi renkli öz - yarı özşekilli kristaller halinde olduklarını ve yaygın olarak kuvars ve feldspat kapanımları içerdiklerini ifade etmişlerdir.

Akçe ve Kadioğlu (2020); Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) içerisindeki magmatik ve metamorfik kayalarında bulunan feldspat, biyotit ve granat minerallerini Raman spektrometresiyle incelemişlerdir. Kırşehir (Kaman) civarındaki metamorfikler içerisindeki granat kristallerinin almandin bileşiminde olduklarını, en şiddetli Raman kayma piklerinin 913 ve 343 cm^{-1} 'de diğer kayma piklerinin de sırasıyla 1039, 553, 496 ve 371 cm^{-1} 'de görüldüğünü belirtmişlerdir.

Emerson (2021), Granat uç üyelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini önceki çalışmalardan derlemiş, yoğunluklarını ve manyetik hassasiyetlerini incelemiştir. Almandin bileşimli granatların yoğunluklarının 3.91 ile 4.17 g/cm^3 , manyetik hassasiyetlerinin 142 ile 308 $SI \times 10^{-5}$ arasında, spesartin bileşimli granatların yoğunluklarının 4.16 ile 4.18 g/cm^3 , manyetik hassasiyetlerinin 383 ile 388 $SI \times 10^{-5}$ arasında, grosular bileşimli granatların yoğunluklarının 3.58 ile 3.59 g/cm^3 , manyetik hassasiyetlerinin 22 ile 32 $SI \times 10^{-5}$ arasında, andradit bileşimli granatların yoğunluklarının 3.67 ile 3.59 g/cm^3 , manyetik hassasiyetlerinin 92 ile 261 $SI \times 10^{-5}$ arasında değiştiğini belirlemiştir. Araştırmacı, ısı iletkenliğine dayalı elmas test cihazı ile takı üretiminde kullanılan granat benzeri kırmızı camların termal

iletkenlik değerlerinin $<1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, granatların $3-7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ arasında, kuvarsın $12 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ civarında, yakutların $25 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, ve elmasların $125 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ değerleri gösterdiğini ifade etmiştir.

Klimpel ve diğ. (2021), Granatların ikincil bir Sc kaynağı olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar granatların kristal kafesinde bulunan Mg ve Fe elementlerinin Sc elementi ile kolayca yer değiştirebildiğini, bu bağlamda endüstride aşındırıcı bir malzeme olarak kullanılan granat kumlarının geri dönüştürülmesi ile Sc ve NTE kazanımlarının olabileceğini belirtmişlerdir. Araştırma sırasında endüstride kullanılan granat kumları incelenmiş ve kum içeriklerinde $93.7 - 90.7 \text{ ppm}$ Sc konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Nouri ve diğ. (2021), İran'ın batısı ve güneyindeki granatlar üzerine yaptıkları araştırmada 45 adet granat yatağını incelemişlerdir. Bu yatakların 35 tanesinin skarn zonları, 4 tanesinin peralüminyumlu granitoid ve riyolitler, 1 tanesinin alkali granitler, 3 tanesinin metamorfik kayaçlar ve 2 tanesinin de ofiyolitler içerisinde bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bu lokasyonlar ile ilgili;

- Skarn zonlarındaki granat kristallerinin öz-yarı özşekilli formda, kahverengi renk tonlarında, klorit, amfibol, epidot kalsit kapanımları içeren andradit-grosular, andradit-grosular-almandin ve almandin-spesartin bileşimlerinde olduklarını,
- Peralüminyumlu granitoid ve riyolitler içerisindeki granat kristallerinin kahverengi-siyah renkli, özşekilli-özşekilsiz kristaller halinde ve klorit kapanımları içeren almandin-spesartin bileşimli olduklarını,
- Alkali granitlerde bulunan granat kristallerinin yeşil-sarımsı yeşil renklerde öz-yarı özşekilli kristaller halinde ve Ti-Andradit (TiO_2 $1.5-5.0 \text{ \%wt.}$) bileşiminde olduklarını,
- Metamorfik kayaçlarda gözlenen granat porfiroblastlarının kahverengi-yeşil arasında değişen renklerde özşekilli kristaller halinde gözlendiğini, kuvars, plajiyoklaz ve manyetit kapanımları içerdiğini, grosular-almandin-spesartin bileşimli olduklarını,
- Ofiyolitler içerisindeki granat kristallerinin ise öz-yarı özşekilli kristaller halinde, sarımsı yeşil- parlak yeşil renklerde, krizotil kapanımları içerdiğini ve andradit-uvarovit bileşiminde olduklarını belirlemişlerdir.

Akçe ve Kadioğlu (2022), Yozgat İnrüzif Kompleksi'nde siyenitler içerisinde iri kristalize, koyu kahverengi - siyah renkte ve özşekilli olarak gözlenen melanit türü granatlar üzerine incelemeler yapmışlardır. Araştırmacılar yaptıkları KRS çalışmaları ile melanit türü granatların 879, 522 ve 371 cm^{-1} 'de güçlü Raman kayma pikleri, 844, 819, 315 ve 238 cm^{-1} 'de orta şiddetli Raman kayma pikleri, 997, 558, 495, 155, 329 ve 264 cm^{-1} 'de zayıf Raman kayma pikleri gösterdiğini ve bu piklerin andradit türü granatlar ile çok iyi örtüştüğünü belirlemişlerdir.

Ruan ve diğ. (2022), Nanminghe (Çin) skarn tipi demir yataklarında oluşmuş granatlar üzerine petrografik, spektroskopik ve jeokimyasal incelemelerde bulunmuşlardır. Granat kristallerinin 0.1-20 mm boyutlarında, kahverengi-koyu kahverengi renklerde öz-yarı özşekilli dodekahedron-trapezohedron formunda olduklarını, ayrıca kristallerin kuvars, diyopsit ve manyetit kapanımlarının yanı sıra bileşimi tespit edilemeyecek kadar küçük gaz ve sıvı kapanımları içerdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar granat kristallerinin kızılötesi absorpsiyon spektroskopisine göre andradit-grossular bantları, toz XRD analizlerine göre andradit pikleri gösterdiğini, mineral kimyası sonuçlarına göre ise $\text{And}_{0.65-0.98}\text{Grs}_{0.00-0.33}\text{Sps}_{0.01-0.03}\text{Alm}_{0.00-0.01}$ kimyasal bileşimine sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Zirakparvar (2022), Kuzey Idaho (ABD) Emerald Creek Granat Milli Parkında metapelitik kayaçlarda gözlenen granat kristallerinin Ağır Nadir Toprak Element (ANTE) içeriklerini incelemişlerdir. Jeokimyasal analizler sonucunda granat kristallerinin Lu element içeriklerinin 4.6 - 49.2 ppm (ortalama 22.5 ppm) arasında değiştiğini ve diğ. ANTE içeriklerinin çok yüksek olmadığını belirlemişlerdir. Bölgedeki granat rezervinin 12 milyon ton (Mt) Lu ile önemli bir ANTE kaynağı olabileceğini ifade etmişlerdir.

1.3.2 II. Grup Önceki Çalışmalar

Tokay ve Bayramgil (1947), yaptıkları çalışma ile Uşak şehir merkezinin kuzeybatı'sında bulunan metamorfikler içerisinde granat porfiroblastlarının bulunduğunu belirtmişlerdir. Granat porfiroblastlarının koyu gri renkte, ipeksi parlaklıkta ve çoğunlukla 0.5-3 cm değişen boyutlarda olduğunu ifade etmişlerdir. Mikroskop incelemelerinde granatların gelişigüzel çatlaklar gösterdiğini, muskovit,

biyotit, rutil ve opak mineral kapanımları içerdiğini, özgül ağırlıklarının 3.52 civarında olduğunu ve grosular türü uç üye olabileceklerini söylemişlerdir.

Engin (1965), Cumaovası volkanitleri ile ilgili ilk çalışmayı yapmış ve bölgenin jeoloji haritasını çıkarmıştır. Bölgedeki piroklastitlerin oldukça geniş bir alana yayıldığını ve analizler sonucunda yüksek Na içeren, vitrofirik doku gösteren, riyolit bileşimli kayalar olduklarını belirlemiştir. Araştırmacı kayalar örneklerinde yer yer akma dokusu gözlemlendiğini, kuvars, albit ve sanidin mikrolitleri içerdiğini ifade etmiştir.

Erdağ (1976), Petrografik incelemeler ve kimyasal analiz sonuçlarına göre Çataldağ (Balıkesir) plütununun granodiyorit bileşimli bir magma ürünü olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı plütunun çevresindeki skarn zonlarında granat, biyotit, volastonit, skapolit, diyopsit, vezüvyanit, fosrterit ve tremolit minerallerinin görüldüğünü, bu mineral birlikteliklerine dayanarak kontak metamorfizma esnasında sıcaklığın 630 °C ulaştığını ileri sürmüştür.

Ercan ve diğ. (1978), Uşak yöresindeki Neojen havzaların jeolojisi üzerine çalışmışlar, granat porfiroblastları içeren Eşme formasyonu hakkında detaylı bilgiler vermişlerdir. Eşme formasyonunun temelinde granitik ve gözlü gnaysların bulunduğunu ve iri feldspat, kuvars, turmalin, dijaspor, hematit ve manyetit içerdiğini ifade etmişlerdir. Eşme formasyonunun üst seviyelerine doğru ince taneli gnayslar, mikaşist, amfibol şist, granat şist, kloritli şist, kalkşist ve yer yer ince mermer bantları içeren şistlerin görüldüğünü ifade eden araştırmacılar ilk defa bölgenin 1/25000 ölçekli ayrıntılı jeolojisini hazırlamışlar, 3 grup, 16 formasyon ve 3 üye ayırtlamışlardır.

Perinçek ve Kozlu (1984), Afşin-Elbistan-Doğanşehir arasında kalan alanda yapmış oldukları çalışmada İnanid tektonik kuşağı ile Torid tektonik kuşağının ayrıntılı stratigrafisini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, İnanid tektonik kuşağının yaşlıdan gence doğru; Paleozoyik yaşlı Pötürge metamorfizmaları, Üst Permiyen yaşlı Malatya metamorfizmaları, Mesozoyik yaşlı Berit metaofiyoliti, Kretase yaşlı Yüksekova karmaşığı, Orta Eosen yaşlı Maden karmaşığından meydana geldiğini, Torid tektonik kuşağının ise yaşlıdan gence; Orta Triyas - Senomaniyen yaşlı Andırın kireçtaşları, Senoniyen yaşlı Kemaliye formasyonu, Turoniyen -

Kampaniyen yaşlı Kırımıızı Kandil formasyonu ve Tureniyen - Alt Kampaniyen yaşlı Dağlıca karmaşığından oluştuğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca Malatya metamorfitleti içerisinde granat içeren amfibolit bileşimli kayaçların varlığından bahsetmişlerdir.

Önalın (1988), Kahramanmaraş Beniz - Süleymanlı ve Kılavuzlu bölgesindeki Tersiyer yaşlı kayaçların jeolojik evrimini araştırmıştır. Güneydoğu Anadolu kenet kuşağının bu kesimindeki Arap ve Toros levhaları arasında, Jura döneminden itibaren jeolojik evrim modelini ortaya koymuştur. Araştırmacı öne sürdüğü evrim modelinde, Arap - Toros levhaları arasında Jura'dan başlayan Alt Kretase'ye kadar devam eden açılma rejimini takiben, Valanjiniyen'de başlayan yitim rejimi ve Maastrichtiyen'e kadar Arap levhasının kuzeye doğru yitim olaylarının gerçekleştiğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre bölgede Üst Kretase'den bu yana en az 7 ilerleme ve sıkışma olayı gerçekleşmiştir.

Genç ve diğ. (1993), Kahramanmaraş'ın kuzeyi Berit ve Engizek dağları arasındaki metamorfik kayaçları incelemişlerdir. Bu kayaçları perdotitler, eklojitik amfibolitler, hornblend granülitler, gnays dokulu metagabrolar, metapelitler, mermer ve rekristalize kireçtaşları olarak ayırtlamışlardır. Bölgede görülen metamorfik kayaçların okyanus taban metamorfizması, kontak dinamotermal, retrograd ve dinamik metamorfizma süreçleri sonucunda oluştuklarını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar metamorfitleti içerisinde kırmızı - kahverengi renkli, iri granat porfiroblastlarının gözlendiğini ve almandin türü granat olabileceğini belirtmişlerdir.

Akyüz (1995), Manyas-Susurluk-Kepsut civarında yüzeyleyen birimleri jeolojik, petrografik ve jeokimyasal açıdan inceleyerek bölgedeki tektonik birlikleri tanımlamıştır. Araştırmacı 15 adet numune üzerinde yaptığı mikroskop incelemelerine göre Çataldağ Granodiyoriti'nin kuvars, k-feldspat, plajiyoklaz, biyotit, muvkovit, hornblend, granat, sfen, epidot, turmalin ve opak minarellerden oluştuğu söylemiştir. Ayrıca Çataldağ Granodiyoriti'nin ana oksit ve iz element analizleri sonucunda Le Bas ve Streckeisen (1991) diyagramında granit-granodiyorit, Debon Le Fort (1983) diyagramında ise ademellit ve granodiyorit bölgelerine düştüğünü, granodiyoritin çarpışma sonrası granitoidler sınıfında (post-COLG) yer aldığını belirtmiştir.

Özkaya (1995), Menderes Masifi'nin Eskiçine ve Kafaca arasında kalan bölümündeki kayaçların jeolojisi, jeokimyası, jeokronolojisi ve yapısal jeolojik özellikleri üzerine çalışmalar yapmış, bölgede güney topluluk, makaslama zonu ve kuzey topluluk olmak üzere 3 farklı kayaç topluluğunun varlığına işaret etmiştir. Güneyden kuzeye doğru birbiri üzerinde paketler halinde görülen bu topluluklardan kuzey topluluğunun bölgede oldukça büyük bir alanı kapladığını ve petrografik olarak gözlü-granit gnays ve lökograditlerden oluştuğunu belirtmiştir. Güney topluluğun alttan üste doğru makaslama zonu kayaçları ile metasedimenter kayaçlardan oluştuğunu, Metasedimenter kayaçların kuvarsit, mikaşist ve mermer araldanmasından meydana geldiğini ve granat porfiroblastları içerdiğini ifade etmiştir. Araştırmacı mineralojik ve jeokimyasal verilere göre gnaysların, granit bileşimli bir kayanın amfibolit üst fasiyesinde, metasedimenterlerin kayaçların ise sedimenter kayaçların yeşil şist alt fasiyesinde metamorfizmaya uğraması sonucunda oluştuğunu ortaya çıkarmıştır.

Yalçın (1995), Çine güneyi (Akçaova) pegmatitlerinin jeolojisi ve petrojenezini isimli çalışmada, bölgenin jeolojisi ve granatların bulunduğu mikaşistler hakkında detaylı bilgiler vermişlerdir. Araştırmacı inceleme alanı ile ilgili

- Bölgenin başlıca gnays bileşimli kayaçlardan oluşan yüksek dereceli metamorfitler ve bunları çevreleyen daha düşük dereceli şistlerle temsil edildiğini,
- Temelde yer alan gnaysların; gözlü, granit/granatlı gnays olarak üç kısma ayrıldığını,
- Örtü kısmında yer alan şistlerin ise kuvars-mikaşist ve granat şistlerle temsil edildiğini ifade etmiştir.

Önal ve Altunbey (1999), Doğanşehir (Malatya) yöresindeki skarn oluşumları ile ilgili yaptıkları çalışmada skarn zonlarında 3 cm ye varan kahverengi reçine parlaklığı gösteren granatların olduğunu tespit etmişlerdir. XRD analizleri sonucunda granatların andradit ve grosular pikleri gösterdiğini belirtmişlerdir.

Karaoğlan (2005), hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde Doğanşehir granitoyidi ile Berit metaofiyolitini ayrıntılı olarak incelemiştir. Araştırmacı Doğanşehir granitoyidinin Malatya metamorfitleri ile olan sokulum dokanağında

skarn zonlarının oluştuğunu ve skarn zonlarında klorit, epidot, hematit ve granat minerallerinin görüldüğünden bahsetmiştir.

Lüle-Whipp (2006), İzmir-Cumaovası Görece Köyü civarındaki volkanik kayalar ve Menderes Masifi'nde başlıca Çine-Alabanda ve Hacıaliler, Kiraz-Eselli-Kaletepe ve Alaşehir-Hayalli civarında yüzeyleyen metamorfik kayalar ve içerdikleri granatlar üzerinde mineralojik-petrografik, mineral kimyası ve jeokimyasal incelemeler gerçekleştirmiştir.

- Görece civarındaki volkanitlerdeki granatların almandin-spesartin bileşimli olduğunu,
- Menderes metamorfitlerinde, Alabanda civarında gnays ve migmatitler içinde eser miktarda pirop ve grosular içeren almandin bileşimli granatlar bulunduğunu,
- Kaletepe'de stavrolit ve granat mikaşistler, Hacıaliler ve Hayalli'de ise sadece granat mikaşistlerin var olduğunu, yapılan mineral kimyası çalışmaları ile almandin türü granatlardan oluştuğunu,
- Alabanda'daki pirop ve grosularlı almandin türü granatların şeffaf ve neredeyse kapanımsız olması bu yörede süs taşı niteliğinde almandin türü granatların olabileceğini ve bunların da Helenistik dönemde kullanılmış taşlar olabileceğini ifade etmiştir.

Orhan ve Mutlu (2009), Balıkesir doğusunda yer alan Susurluk skarn yatağının Oligo-Miyosen yaşlı Çataldağ Granitoyidi ile Mesozoyik kristalize kireçtaşı ve mermer dokanağı boyunca gelişmiş tipik bir skarn yatağı olduğunu ifade etmişlerdir. Bögedeki yatağın ornatılan yan kayacın bileşimine göre kalsik karakterli olup, endo ve ekzoskarn zonları içerdiğini belirtmişlerdir. Ekzoskarn zonunda granat-piroksen-vezüvyanit-volastonit şeklinde genel bir zonlanma olduğundan bahsetmişlerdir. Ekzoskarn zonundaki granatların ise $Grs_{23.38-91.16}And_{2.94-73.61}Prp_{0.00-11.9}$ bileşiminde olup çekirdeklerinin yüksek oranda Ca, Al, Ti ve Mn düşük oranda Fe ve LREE içerdiğini ve kenara doğru Ca, Al, Ti, Zr, Y ve Mn fakirleşirken W, Mo, As, Cu ve Zn gibi cevher elementlerinin zenginleştiğini ifade etmişlerdir.

Akgül (2010), Malatya, Şişman ve Polat köyü civarında yüzeyleyen ve granat içeren skarn zonlarının bulunduğu Şişman ve Polat granitoyidleri üzerine çalışarak

Sr-Pb izotop bileşimleri ve jeokimyasal özellikleri hakkında bilgiler vermiştir. Araştırmacı Şişman granitoidinin yiten okyanusal kabuk ve daha az miktarda da okyanus sedimanlarından oluşan akışkanlarla metazomatizmaya uğramış litosferik mantonun kısmi ergimesi sonucunda meydana geldiğini, Polat granitoidinin ise çarpışma sonrası meydana gelen astenosferin yükselmesi ve litosferin genişlemesine bağlı olarak levhadan türeyen akışkan ve sediman eriyiklerin eklenmesi ile zenginleşmiş litosferik mantonun kısmi ergimesinden meydana geldiğini ifade etmiştir.

Koralay ve diğ. (2011), Menderes Masifi'ndeki Pan-Afrikan ve Triyas Yaşlı Metagranitoidlerin jeolojisi ve jeokronolojisi üzerine çalışmışlar, granat lokasyonlarının bulunduğu Menderes Masifi hakkında detaylı bilgiler vermişlerdir. Araştırmacılar Menderes Masifi'ndeki bütün gnaysların granitik kökenli olduğunu ve yan kayaçların paragnays ve şistlerden oluştuğunu, en yaygın kayaç tipinin ortognayslar olduğunu, ortognaysların mineralojik bileşim, dokusal özellik ve yaşlarına göre biyotit (550-570 My), lökokratik (540-550 My) ve amfibol (530 My) ortognayslar şeklinde üç kategoriye ayrılabilirliğini ifade etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar Menderes Masifi içinde yer alan Çine Asması'nın baskın olarak ince paragnays tabakaları içeren granat mikaşistlerden oluştuğunu ve bu mikaşistler içerisinde granatların porfiroblastlar şeklinde gözlendiğini belirtmişlerdir.

Candan ve diğ. (2012), Kahramanmaraş kuzeyinde yer alan Berit yöresindeki alt metagabro - amfibolit birimi içerisinde yer alan eklojit - granat piroksenitler üzerine çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar alt metagabro - amfibolit biriminin zayıf foliasyona sahip orta - iri kristalli kayaçlardan oluştuğunu, eklojit - granat piroksenitlerin bu birimde mercer ve budinleşmiş damarlar şeklinde yer aldığını, eklojitleri ise orta basınç metamorfizması ürünü olan granatlı amfibolitlerin üzerlediğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar granatların zayıf zonlanma gösterdiğini ve almandin ($Alm_{0.50-0.53}Grs_{0.27-0.30}Prp_{0.18-0.21}Sps_{0.00-0.01}And_{0.00-0.01}$) bileşiminde olduklarını, granat - klinopiroksen jeotermometresine göre 670 ± 50 °C sıcaklık ve 13 kbar basınç altında oluştuklarını belirlemişlerdir.

Karaoğlan (2012), Güneydoğu Anadolu orojenik kuşaðındaki ofiyolitik ve granitik kayaçlar üzerine incelemeler yapmış, Berit metaofiyolitlerinde bulunan granatlı amfibolitlerin varlığından bahsetmiştir. Araştırmacı mineral kimyası

çalışmaları ile granatların almandin türü olduğunu ve 13.2-17.5 kbar basınç ile 690-941 °C sıcaklık aralığında eklojit fasiyesi ile granülit fasiyesinin alt sınırında metamorfizmaya uğradığını belirlemiştir.

Göktaş (2013), Cumaovası volkanitleri ile ilgili yaptığı çalışmada Yeniköy ve Tahtalı formasyonları hakkında bilgiler vermiş ve riyolit lavlarının karakterizasyonunu yapmıştır. Araştırmacı riyolit lavlarından elde ettiği 5 örnek üzerinde radyometrik (K/Ar) ve 15 örnek üzerinde kimyasal (XRF) analizler yapmıştır. Analizlere göre; riyolit olarak isimlendirilen yüksek silisli kayaç örneklerinin subalkali alanda yer aldığını ve kalkalkali karakteri gösterdiğini, K₂O - SiO₂ diyagramında yüksek K ihtiva eden riyolit alanında toplandığını belirlemiştir. Ayrıca araştırmacı çoğunlukla litofizler içinde ve volkanitlerde nadiren görülen 1.5 cm'ye kadar büyümüş almandin-spessartin türü granat kristallerinden bahsetmiştir.

Kaya (2015), Pütürge ilçesi (Malatya) Kilyan ve Babik Köyleri arasındaki metamorfizmalarda bulunan granat porfiroblastları üzerinde mineralojik incelemeler, TIMS, LA-ICP-MS ve Sm-Nd izotop analizleri yapmıştır. TIMS analizleri neticesinde granat porfiroblastlarının genel olarak Alm_{0.50-0.54}Gr_{s0.22-0.35}Prp_{0.12-0.16}Sps_{0.03-0.08} bileşiminde olduğunu ve çekirdekte grosular kenarda ise almandin türünde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Araştırmacı, Sm-Nd izotop analizlerine göre granat porfiroblastlarının çekirdeklerinin 81.53±0.10 My ve kenar zonlarının 82.18±0.17 My yaşında olduğu tespit etmiş ve bu granatlarda ters yaş zonlanması olduğunu ifade etmiştir. Granat porfiroblastlarındaki zonlanmanın ilerleyen metamorfizma süreçleri ve mineraller arası katyon değişimlerinden kaynaklandığını, granat-biyotit jeotermometresi ile oluşum sıcaklıklarının 628 °C civarında olduğunu belirlemiştir.

Kılıç ve Arslan (2018), Doğu Toros Orojenik Kuşağı üzerinde Malatya'nın kuzeydoğusunda Polatlı civarında yer alan granit/granodiyorit bileşimli magmatik kayaların, karbonatlı kayalara sokulum yaptığı alanlarda gözlenen granatların oluşumunu, oluşumunda etkili olan metasomatik süreçleri ve yüksek sıcaklık raman spektroskopisinde, granatın türünün belirlenmesini ve elektron mikroprob analizleriyle değişimlerini incelemiştir. EPMA analizleri sonucu granatların, And_{0.44-0.45}Gr_{s0.22-0.23}Prp_{0.21-0.23} bileşiminde olduğunu, KRS analizleri sonucunda ise kısmen grosular fakat çoğunlukla andradit pikleri gözlendiğini ifade etmişlerdir.

Hozathoğlu ve diğ. (2020), Yaptıkları alışma ile Ekinözü metamorfitlelerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini ele almışlardır. Araştırmacılar, metamorfitlelerin alt düzeyde kloritşist, amfibolşist, mikaşist ve mikagnays litolojilerinden, st düzeyde ise kalsitli ve dolomitli mermerlerden oluştuğunu, mineral birlikteliklerine göre alt seviyelerde amfibolit fasiyesi, st seviyelerde ise yeşilşist fasiyesi koşullarını gösterdiğini, genel olarak lepidoblastik, nematoblastik, granoblastik dokuya sahip olduklarını, mikaşistler içerisinde de granat porfiroblastlarının gözlendiğini ifade etmişlerdir.

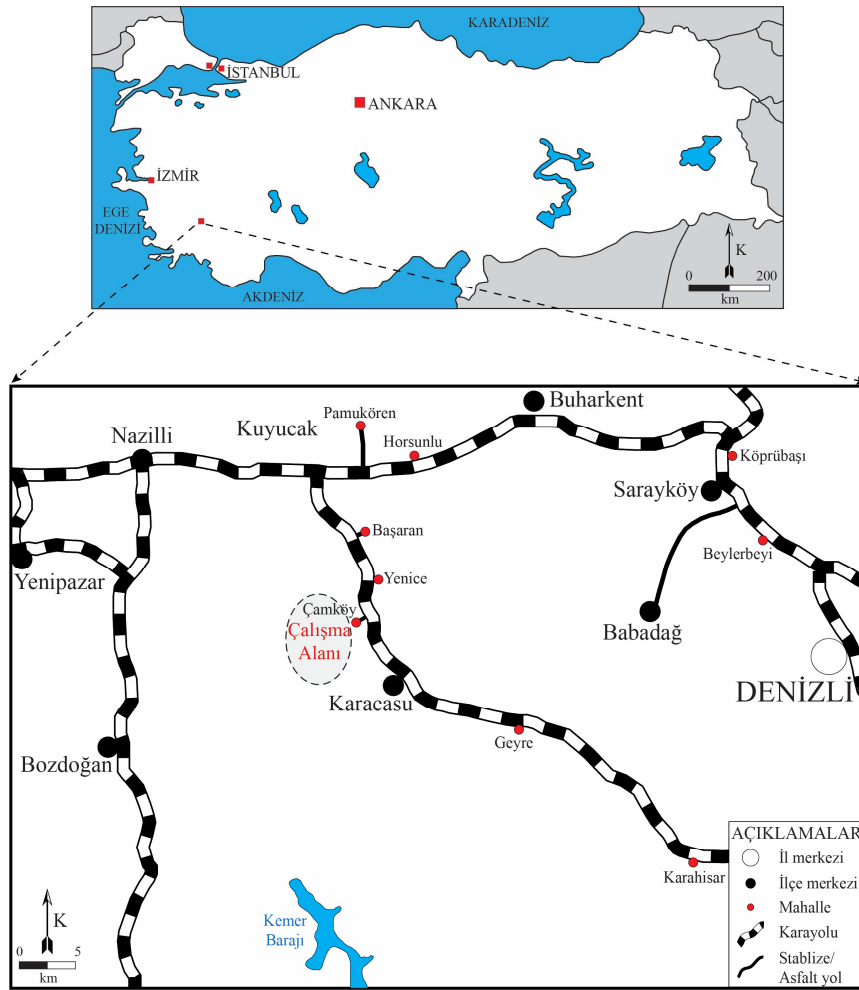
Koralay ve ren (2020), Karacasu-amky (Aydın) bölgesindeki mikaşistler içerisindeki granatların kırmızımsı ile morumsu kahverengi renklerde olduğunu ve tipik dodekahedron porfiroblastlar şeklinde görüldüğünü belirtmişlerdir. XRPD, KRS incelemeleri ile amky granat porfiroblastlarının almandin bileşimini gösterdiğini, mineral kimyası analizleri ile $Alm_{0.64-0.71}Grs_{0.16-0.22}Prp_{0.07-0.14}Sps_{0.01-0.05}$ bileşiminde olduğunu ve granat-biyotit jeotermometresi kullanarak 5.5 kbar basınç altında ortalama 526.9 ± 29.8 C sıcaklıkta oluştuklarını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları gemolojik testler ile granat porfiroblastlarının özgül ağırlıklarının 3.85 ile 3.87 arasında, kırılma indislerinin 1.81-1.82 arasında olduğunu, 505 ve 510 nm'de (yeşil) güçlü absorpsiyon bantları gösterdiğini ve UV ışınları altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği olmadığını belirlemişlerdir.

Ören ve Koralay (2023), Hacıaliler (Çine/Aydın) bölgesindeki gnays ve metamorfik kayaçlarda bulunan granat porfiroblastları üzerine incelemeler yapmıştır. Araştırmacılar, boyutları 0.5-2 cm arasında değişen morumsu kahverengi renklerde ve dodekahedron formda gözlenen öz-yarı özşekilli granat porfiroblastları üzerinde XRD, KRS, mineral kimyası jeokimyasal analizler ve gemolojik testler yapmışlardır. XRD, KRS incelemelerine göre granat porfiroblastlarının almandin türünden olduğunu, $Alm_{0.72-0.87}Grs_{0.07-0.19}Prp_{0.02-0.13}Sps_{0.00-0.02}$ kimyasal bileşimine sahip oldukları ve 6.6 kbar basınç altında ortalama 565.3 ± 20.8 C sıcaklıkta oluştuklarını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar jeokimyasal analizler sonucunda granat porfiroblastlarının LILE elementleri (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından zenginleşme gösterirken Ta, Lu ve Y gibi HFSE elementleri bakımından tüketilme gösterdiklerini, belirgin bir Eu anomalisine sahip olduklarını ve ortalama NTE değerlerinin 192.2-

212.1 ppm arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Gemolojik testler neticesinde ss taşı potansiyeli taşımadığını ifade etmişlerdir.

2. KARACASU (AYDIN) LOKASYONU

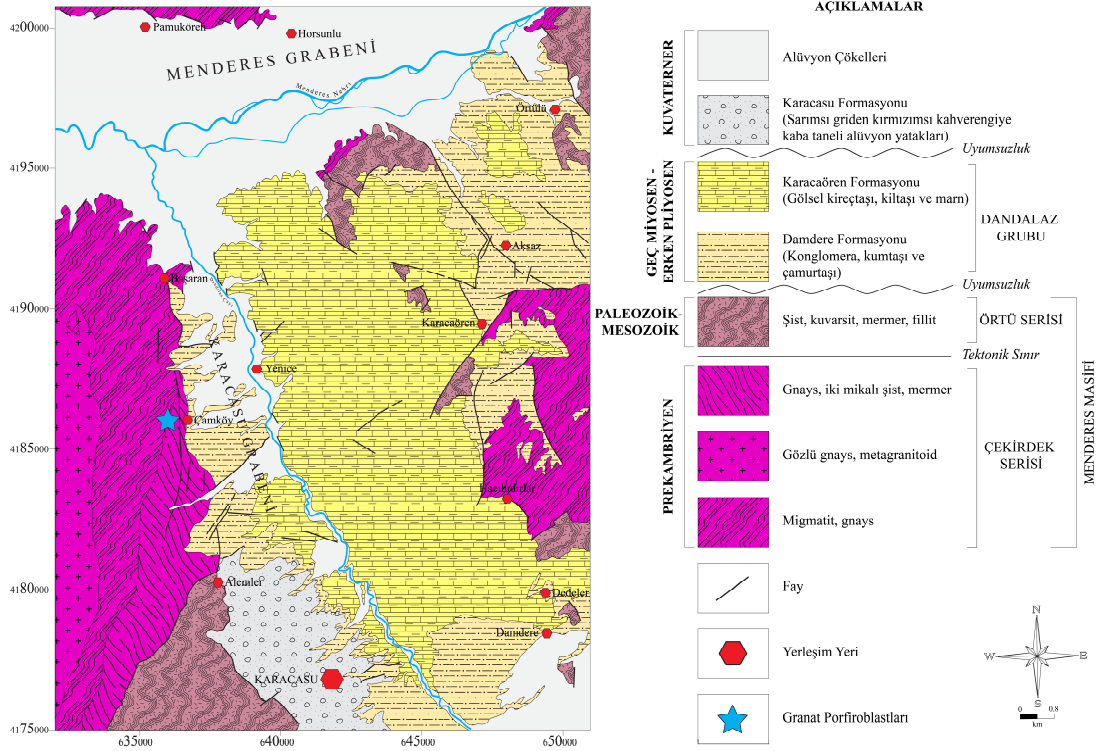
Karacasu (Aydın) ilçe merkezinin 10 km kuzeybatısında Çamköy mahallesini kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli Denizli-M21a4 paftasında yer almaktadır (Şekil 2.1). Morfolojik olarak engebeli bir topografyaya sahip olan inceleme alanında metamorfik ve sedimanter bileşimli kayaç toplulukları bulunmaktadır. Tez konusunu oluşturan granat oluşumları Çamköy yerleşimi çevresindeki metamorfik birimler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir. Çamköy yerleşimi, Karacasu grabenin batı kesiminde yer almaktadır. Karacasu grabeni KB-GD yönelimli, yaklaşık 30 km uzunluğunda ve 10 km genişliğinde, tektonik açıdan oldukça aktif bir bölgedir (Açıkalın 2005, Ocakoğlu ve diğ. 2014).



Şekil 2.1: Çamköy lokasyonu yer bulduru haritası.

2.1 Jeolojik Yapı

Karacasu grabeni ve çevresindeki jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Prekambriyen yaşlı gnays ve yüksek dereceli şistler, Paleozoik - Mesozoik yaşlı metamorfik kayaçlar, Geç Miyosen - Erken Pliyosen yaşlı Dandalaz grubu ve Kuvarterner yaşlı Karacasu formasyonundan oluşmaktadır. Prekambriyen ve Paleozoyik - Mesozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar Menderes Masifi'ne ait gnays, gözlü gnays, şist, kuvarsit ve mermerlerden meydana gelmiştir ve Karacasu grabenini sınırlayan yükseklik alanlarda görülmektedir. Metamorfik kayaçlar farklı derecelerde metamorfizmaya uğramış olup, birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişli sınır ilişkilerine sahiptir. İncelenen alanda Prekambriyen yaşlı metamorfik kayaçlar çekirdek serisi olarak adlandırılmış olup, migmatit, bantlı gnays, gözlü gnays, gnays ve şistlerden oluşmaktadır. Şistler çoğunlukla mika (biyotit-muskovit) şist bileşimli olup, granat porfiroblastları içerirler. Paleozoik - Mesozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar, muskovit/biyotit/klorit/grafit şistler, mermerler ve daha az miktarda kuvarsitler ile temsil edilmektedir (Şekil 2.2). Mermerler sarımsı beyaz, gri, mavimsi gri ve siyah renklidir. Mika şistler ile geçiş yapan mermerler içerisinde muskovit mineralleri görülmektedir. Kuvarsitler metamorfik kayaçlar kadar yaygın değildir ve gnays – şist birimlerinde damarlar / mercerler şeklinde gözlenir (Oberhänsli ve diğ. 1997, Açıkalin 2005, Koralay ve diğ. 2011, Alçıçek ve Jimenez-Moreno 2013, Koralay ve Ören 2020).



Şekil 2.2: Çamköy jeoloji haritası (MTA 1/100000 ölçekli M21 haritasından alınmıştır).

2.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

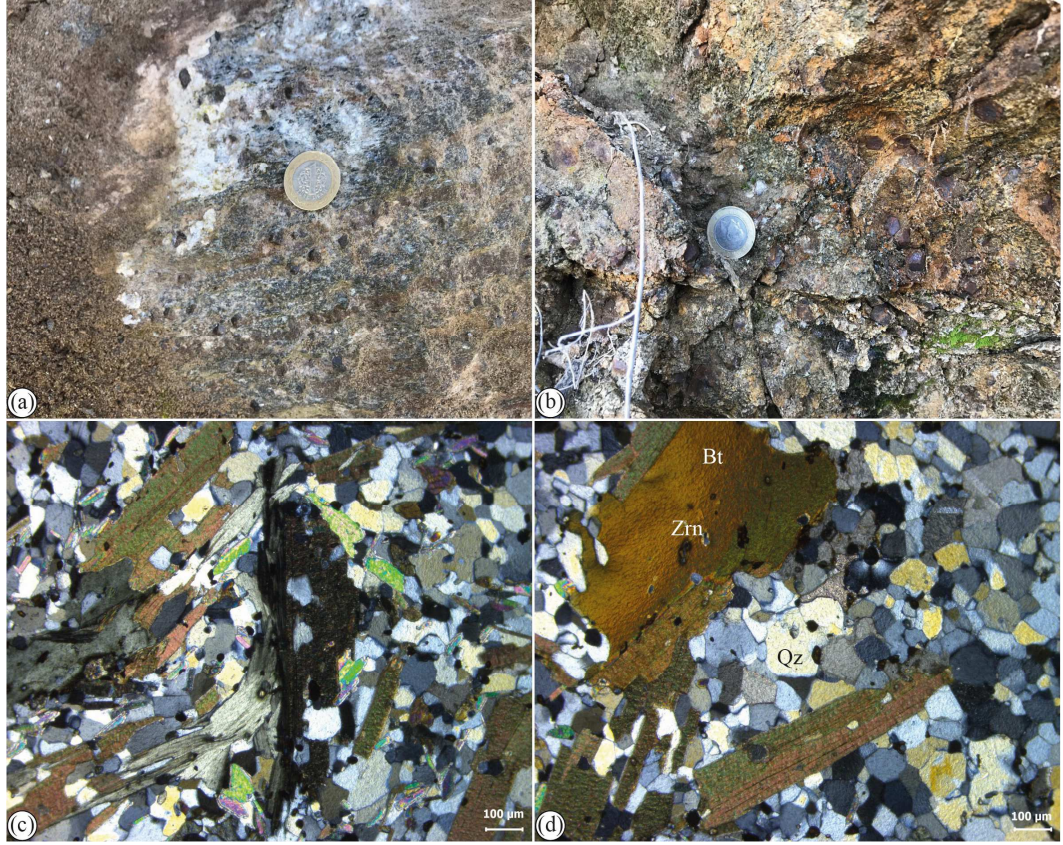
Çamköy lokasyonunda görülen granat porfiroblastları Menderes masifi çekirdek serisine ait şistler içerisinde bulunmaktadır. Şistler arazide sarımsı yeşil, kırmızımsı kahverengi renklerde görülmektedir (Şekil 2.3a). Belirgin şistozite yüzeylerine sahip olan şistler içerdikleri granat mineralleri nedeniyle porfiroblastik doku göstermektedir (Şekil 2.3b). Granatlı şistler içerisinde yer yer kuvarsit ve mermer mercekleri/bantları gözlenmektedir (Koralay ve Ören 2020). Granat içeren şistler petrografik olarak granat-muskovit-biyotit-kuvars mikaşist bileşiminde olup, lepido-granoblastik dokuya sahiptirler (Şekil 2.3c). Mineralojik olarak çoktan aza doğru kuvars, biyotit, muskovit, kalsit, klorit, granat ve opak mineraller belirlenmiştir (Şekil 2.3d).

Doku : Lepido-granoblastik doku

Mineral Zonu : Granat zonu

Metamorfizma Fasiyesi : Yeşilşist fasiyesi

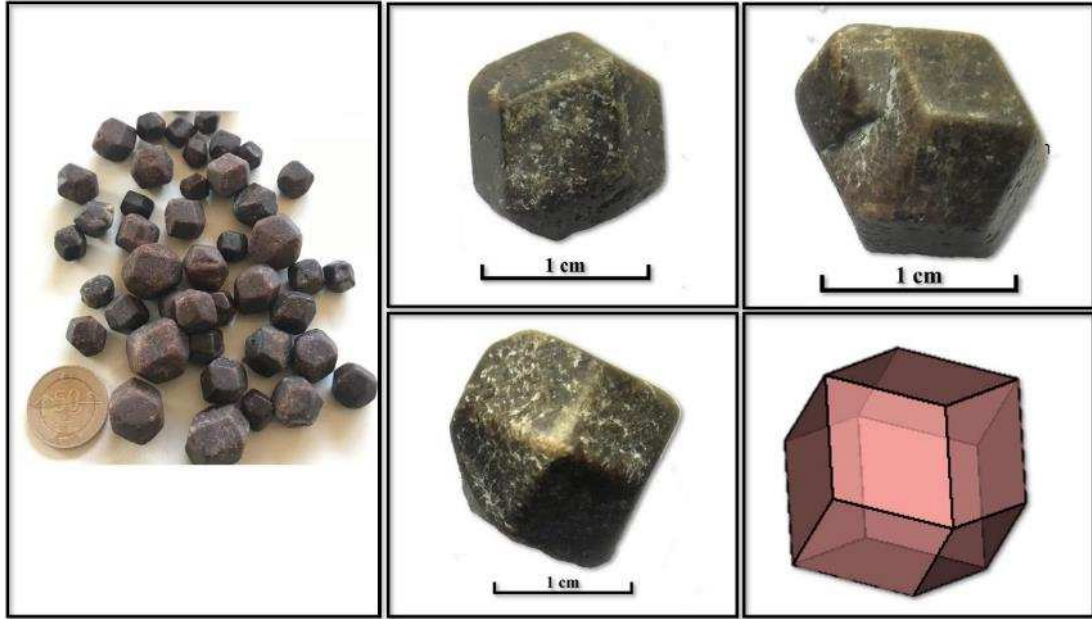
Köken Kayacı : Metapelitik (Blatt ve Tracy 2001)



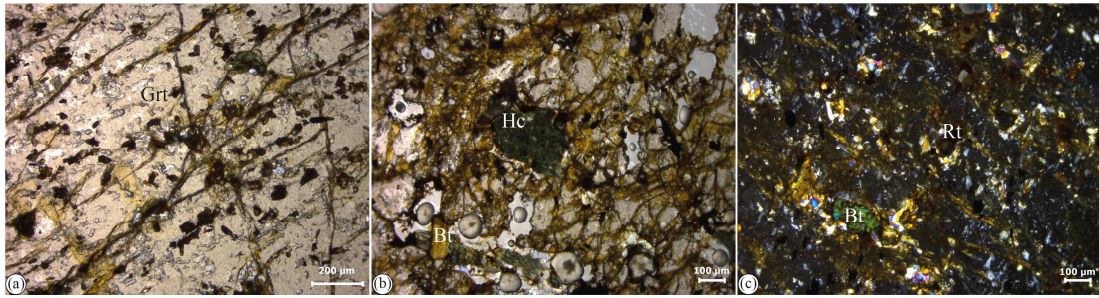
Şekil 2.3: a, b) Çamköy granat porfiroblastları içeren şistlerin sahadaki görünüşleri c) Granat porfiroblastları içeren mikaşist kayacının lepido-granoblastik dokusu d) Mikaşist kayacının mineral bileşenleri ve zirkon kapanımları içeren biyotit mineralleri (Bt: Biyotit, Qz: Kuvars, Zrn: Zirkon).

Mikaşistler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülen granatlar 0.5 - 2 cm çapında olup, dodekahedron kristal formundadır (Şekil 2.4). Granat porfiroblastları karakteristik olarak kırmızımsı - morumsu kahverengi renge sahiptir ve kristal yüzeyleri parlaklık göstermemektedir. Granat porfiroblastları ile ev sahibi kayaç (mikaşist) arasındaki dokanak keskin olup, porfiroblastlar elle kolayca ayrılabilir.

Mikroskop incelemelerinde granat porfiroblastları oldukça kırıklı yapı göstermektedir. Paralel Nikol'de (PN), porfiroblastlar kırıkları boyunca sarımsı yeşil ile açık yeşil renklerde kloritleşme ve epidotlaşma gösterirler (Şekil 2.5a). Bununla birlikte ince taneli kalsit mineralleri tarafından doldurulmuştur. Granat porfiroblastları belirgin bir zonlanma göstermez ve mineral kapanımları içermektedir. Kapanım olarak en fazla apatit, rutil ve opak mineraller görülmektedir (Şekil 2.5b). Ayrıca daha az miktarda, koyu yeşil, sarımsı kahverengi renkte pleokroizma gösteren biyotit ve hersinit kapanımları da tespit edilmiştir (Şekil 2.5c).



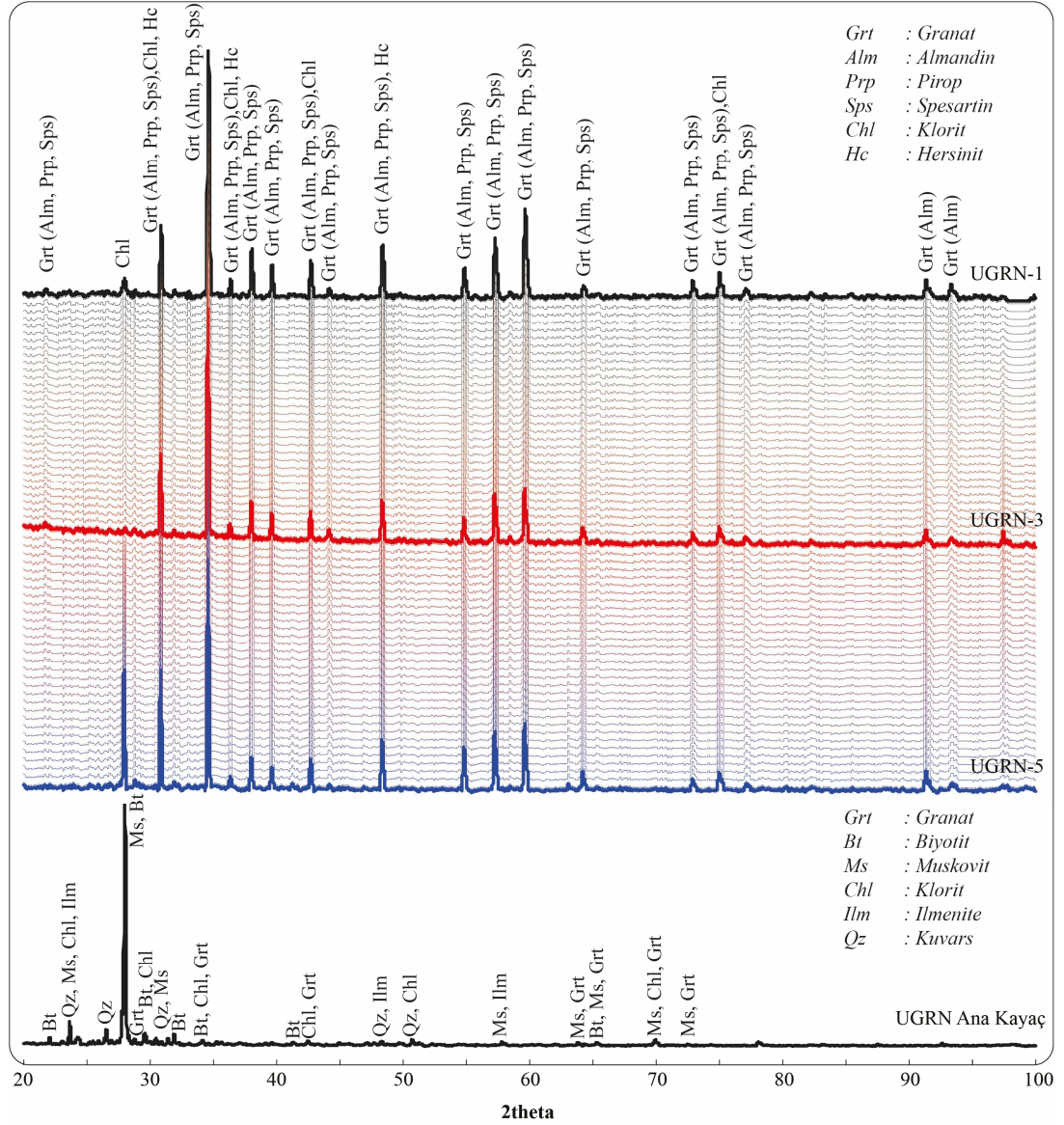
Şekil 2.4: Çamköy granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 2.5: a) Granat porfiroblastlarında görülen kırıklı yapı (PN) b) Porfiroblast içerisinde görülen hersinit ve biyotit kapanımları (PN) c) Kırık ve çatlaklar boyunca gelişmiş kloritleşme, epidotlaşma ve ince taneli ikincil kalsit dolguları (ÇN) (Bt: Biyotit, Grt: Granat, Hc: Hersinit, Rt: Rutil).

2.3 X-Işınları Difraktometre (XRD) İncelemeleri

Mikaşist ve granat porfiroblastlarının XRD grafiklerinde 2θ $15A^\circ$ dan itibaren düzenli ve belirgin mineral pikleri gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 2.6). Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, mikaşist örneğinde muskovit, biyotit, kuvars, klorit, granat ve ilmenit pikleri, granat porfiroblastlarında almandin-pirop-spesartin türü granat pikleri ile birlikte içerdikleri kapanımlardan kaynaklanan klorit ve hersinit pikleri belirlenmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Mikaşist ana kayacının ve granat porfiroblastlarının tüm kayaç toz XRD grafikleri.

Literatürden alınan granat türlerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2θ değerleri ile Çamköy granat porfiroblastlarını karşılaştırdığımızda büyük oranda pirop - almandin, daha az oranda spesartin türü granatlarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 2.1). Ancak sadece XRD sonuçlarına göre granat türlerinin kesin olarak belirlenmesi mümkün görülmemektedir.

Tablo 2.1: Çamköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5'den alınmıştır).

Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Çamköy	
2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76	18.82	4.71
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11	29.05	3.07
				30.12	2.97						
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91	30.84	2.90
				33.78	2.65			34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			34.74	2.58
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46			37.48	2.40
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38		
				38.69	2.33			39.46	2.28	38.99	2.31
39.96	2.26	39.83	2.26								
				41.69	2.17	40.97	2.20			42.11	2.15
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13		
				47.22	1.93						
								48.16	1.89	47.74	1.91
48.80	1.87	48.64	1.87								
				53.50	1.71					54.16	1.69
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68		
						57.14	1.61	57.01	1.62	56.60	1.63
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59						
								59.37	1.56	58.94	1.57
73.65	1.29									74.31	1.28
								74.66	1.27		
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10			76.44	1.25

* Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5'den alınmıştır.

2.4 Konfokal Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri

Konfokal Raman Spektroskopisi (KRS) mineralojik/gemolojik araştırmalarda yaygın olarak kullanılan, mineralleri/süs taşlarını başarılı ve doğru bir şekilde tahrip etmeden tanımlayabilen hızlı ve ekonomik bir analiz tekniğidir. KRS incelemeleri; **i)** analiz için örnek hazırlanmasına gerek olmaması, **ii)** örneklerin fiziki yapısının bozulmadan kolayca tanımlanabilmesi, **iii)** yüksek çözünürlükte görüntüleme yapılabilmesi ve **iv)** örneklerin noktasal, çizgisel ve 3 boyutlu kimyasal değişim haritalarının hazırlanabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Mineraller çoğunlukla belirgin ve güçlü spektrumlar vermesine rağmen mineralin bozunma durumu Raman etkisini zayıflatması önemli dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır (McMillan 1989, Frost ve diğ. 1999, Hope ve diğ. 2001, Mayo ve diğ. 2004, Güllü ve Kadioğlu 2017, Akçe 2020).

Çamköy granat porfiroblastları üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 11 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 910, 350-352, 555-557 cm^{-1} 'de, orta şiddetli Raman kayma pikleri, 1032-1037, 498-503 ve 369-372 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 858-862, 628-632, 473-475, 212-215 ve 167-170 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 2.7 ve Tablo 2.2).

Granat porfiroblastlarında belirlenen 800 cm^{-1} ve yukarıdaki güçlü Raman kaymaları Si ve O atomları arasındaki bağ gerilmelerinden kaynaklanırken 400-650 cm^{-1} arasındaki Raman kaymaları yine Si ve O atomları arasındaki bağlarda meydana gelen bükülme ile ilişkilidir. Benzer şekilde 300-400 cm^{-1} arasındaki orta şiddetli Raman kaymaları $(\text{SiO}_4)^{4-}$ tetrahedronundaki dönme modundan 200-300 cm^{-1} arasındaki Raman kaymalarının 2 değerlikli katyonlar arasındaki titreşim modundan ve 100-200 cm^{-1} arasındaki Raman kaymalarının $(\text{SiO}_4)^{4-}$ tetrahedronun titreşim modundan kaynaklanmaktadır (Şekil 2.7). (Moore ve diğ. 1971, Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998).

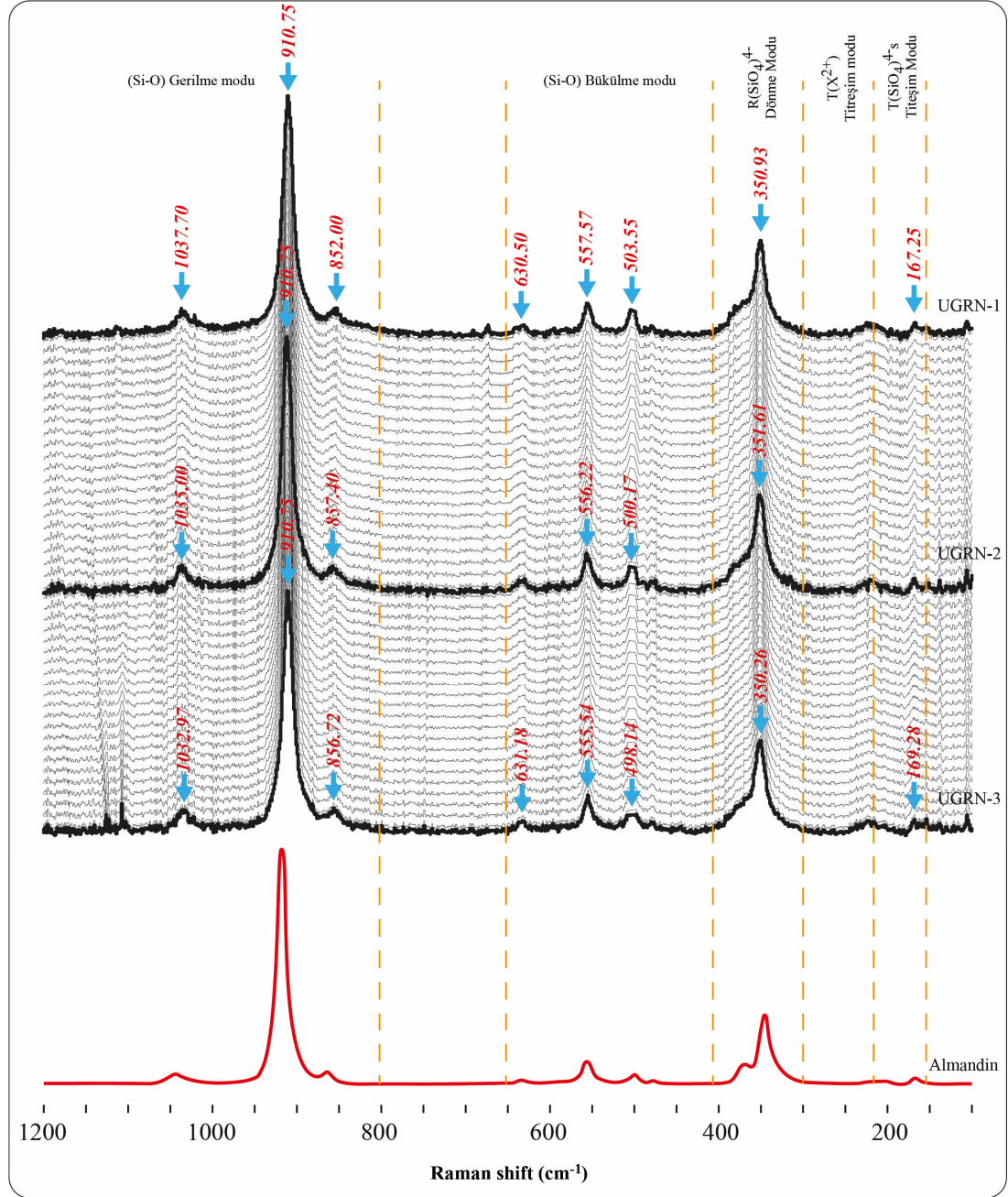
Tablo 2.2: Çamköy granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşi Modu	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Spesartin*	Çamköy
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	1062	1032	1007	1027	1032-1037
E_g	v_3	938	920	904	913	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	899	892	850	878	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	866	862	826	849	858-862
A_{1g}	v_1	925	910	881	905	910
E_g	v_1	911	910	852	892	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	648	628	629	628	628-632
E_g	v_4	626	593	590	592	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	598	576	577	573	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	510	498	509	499	498-503
A_{1g}	v_2	562	553	549	550	555-557
E_g	v_2	524	521	526	521	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_2	490	474	478	472	473-475
E_g	v_2	439	421	416	410	
$T_{2g}+T_{1u}$	R(SiO_4)	379	355	383	350	350-352
E_g	R(SiO_4)	365	368	369	372	369-372
A_{1g}	R(SiO_4)	362	347	374	347	
$T_{2g}+T_{1u}$	R(SiO_4)	350	312	349	314	
$T_{2g}+T_{1u}$	T(M)	272	212	246	220	212-215
$T_{2g}+T_{1u}$	T(M)	208	166	178	173	167-170

*Granat uç üyelerine ait Ramak kayma değerleri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998' den alınmıştır.

Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS Raman kayma değerleri Tablo 2.2'de verilmiştir. Buna göre Çamköy granat

porfiroblastları ile granat türlerine ait Raman spektrumlarını karşılaştırdığımızda Çamköy granat porfiroblastlarının almandin bileşimli granat türü ile çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 2.7 ve Tablo 2.2).



Şekil 2.7: Çamköy granat porfiroblastları ve almandin türü granatın Raman spektrumları (Almandin'e ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).

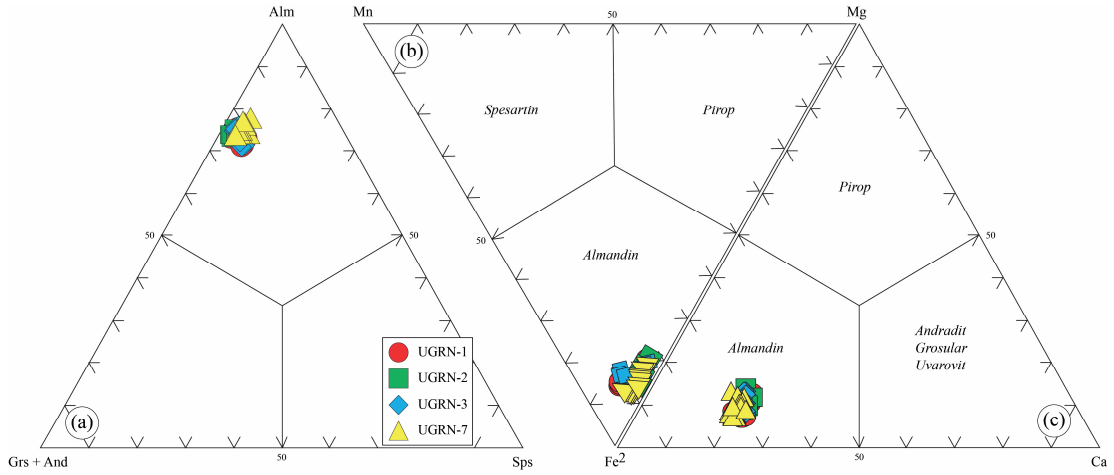
2.5 Mineral Kimyası Çalışmaları

Çamköy granat porfiroblastlarından hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 76 noktadan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 99-101 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-A'da verilmiştir. Analiz sonuçlarının katyon değerleri farklı araştırmacılar tarafından oluşturulan MS Office Excel çalışma sayfalarından 24 Oksijen'e göre hesaplanmıştır. Mineral kimyası analiz sonuçları, ilgili mineral sınıflama diyagramlarına konulmuş ve granat porfiroblastlarının bileşimleri belirlenmiştir. Ayrıca granat porfiroblastları arasında kimyasal bileşim açısından herhangi bir değişim olup olmadığına bakılmıştır. Kimyasal yapı formülü hesaplamalarında toplam demir içerikleri $Fe_{total} = Fe^{+2}$ olarak kabul edilmiştir.

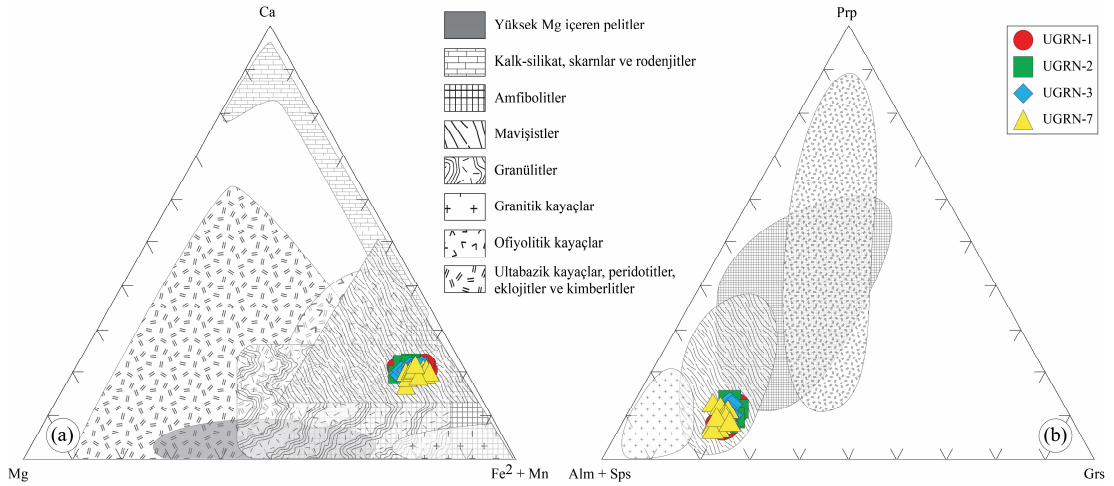
Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Çamköy granat porfiroblastlarının Si içerikleri 5.78 ile 6.14 a.p.f.u arasında değişirken Al^{VI} içerikleri 3.54 ile 3.93, Fe^{+2} içerikleri 3.81 ile 4.55, Mg içerikleri 0.44 ile 0.90, Mn içerikleri 0.07 ile 0.30 ve Ca içerikleri 1.18 ile 1.35 arasında değişim göstermektedir. Granat porfiroblastlarının $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ oranı 0.82-0.91 arasında değişim gösterirken, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları 0.09-0.18 arasındadır. Mineral kimyası sonuçlarına göre Çamköy granat porfiroblastlarının kimyasal bileşimleri $Alm_{0.64-0.71}Grs_{0.16-0.22}Prp_{0.07-0.14}Sps_{0.01-0.05}$ olarak hesaplanmıştır. Wright (1938) tarafından önerilen ve granat üye oranlarını esas alan üçgen diyagramında Çamköy granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 2.8a).

Bir diğer sınıflandırma yöntemi de Grews ve diğ. (2013) tarafından katyon analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma diyagramıdır. Bu diyagramlarda Mg, Ca, Fe^{+2} , Mn ve Ti gibi katyon değerleri kullanılmaktadır. Bu sınıflama diyagramlarında $(Mg-Fe^{+2}-Ca)$ ve $(Mg-Mn-Fe^{+2})$ granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 2.8b, c).

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, $Fe^{+2}+Mn$) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında granat porfiroblastlarının orta-yüksek dereceli metamorfik kayalar alanına düştüğü, metamorfizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 2.9a, b)



Şekil 2.8: Çamköy granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartın uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe⁺²-Ca), c) (Mg-Mn-Fe⁺²) katyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.



Şekil 2.9: a) Ca-Mg-(Fe⁺²+Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

2.5.1 Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermobarometre)

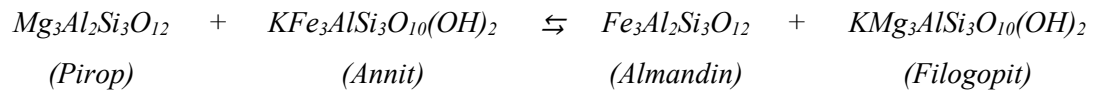
Jeotermobarometre, magmatik ve metamorfik kayaların oluşumları anında etkin olan sıcaklık ve basınç koşullarının belirlenmesini tanımlamak amacıyla kullanılan bir kavramdır. Jeotermometrenin temeli magmatizma ve metamorfizma süreçleri içinde değişiklik gösteren mineraller arasındaki kimyasal dengelenmeye veya aralarındaki katyon değişimlerine dayanmaktadır. Petroloji çalışmalarında kullanılan çok sayıda jeotermometre olmakla birlikte özellikle granat-biyotit jeotermometresi, metamorfik kayaların oluşum sıcaklığını belirlemek için yaygın

olarak kullanılmaktadır. Orta-yüksek dereceli metamorfik kayalarda biyotit ve granatın birlikte görülmesi nedeniyle kullanışlı olan granat-biyotit jeotermometresinde, sıcaklık değerleri, granat ve biyotit minerallerinin içerdiği Fe ve Mg katyonları arasındaki değişime bağlı olarak hesaplanmaktadır. Granat-biyotit jeotermometresi, 1970'li yıllardan günümüze farklı araştırmacılar tarafından hem deneysel hem de deneysel yöntemlerle birçok kez kalibre edilmiştir. Granat ve biyotit içeren bir kayacın mineral kimyası analiz sonuçları kullanılarak bir denge sabiti (KD) basitçe hesaplanabilir. Daha sonra bulunan KD değeri, hesaplanan granat-biyotit jeotermometre verileri ile karşılaştırılarak, kayaç oluşumunda etkili olan sıcaklık değeri belirlenebilir (Thompson 1976, Holdaway ve Lee 1977, Ferry ve Spear 1978, Hodges ve Spear 1982, Perchuk ve Lavrenteva 1983, Dasgupta ve diğ. 1991, Bhattacharya ve diğ. 1992).

Kimyasal analiz sonuçlarından yola çıkılarak belirlenen basınç-sıcaklık değerlerinin olası hatalar içermesi doğal bir sonuçtur. Bu hataların başlıca nedenleri arasında;

- Sistemdeki fazların bir arada dengede bulunup bulunmadığının belirlenmesi,
- Soğuma sırasındaki retrograd etkilerin ve jeotermobarometrik hesaplamalara uygulanan kapanlanma sıcaklığı kavramının göz önüne alınması,
- Kalibrasyonun doğruluk ve hassasiyet derecesine dayalı olarak hesaplanan sonuçların yorumlanması sayılabilir (Candan ve Çetinkaplan 1997).

Çamköy granat porfiroblastlarının jeotermobarometre hesaplamaları için granat-biyotit jeotermometresi kullanılmıştır. Granat-biyotit jeotermometresi;



reaksiyonuna dayanmaktadır. Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen granat-biyotit jeotermometre hesaplamalarına göre Çamköy granat porfiroblastlarının ortalama 5.5 kbar basınç altında, 478.1 ile 568 arasında (ortalama $526.9 \pm 29.8^\circ\text{C}$) sıcaklıkta oluşmuş olabilecekleri değerlendirilmiştir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: Basınç-sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri (T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83: Perchuk ve Lavrenteva 1983, Dasg91: Dasgupta ve diğ. 1991, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).

Analiz Noktaları	Granat Analizleri				Biyotit Analizleri				Mg/(Mg+Fe ⁺²)		KD	Granat Uç Üyeleri				Biyotit	
	Fe ⁺²	Mn	Mg	Ca	Ti	Al ^{VI}	Fe ⁺²	Mg	Granat	Biyotit		Alm	Sps	Prp	Grs	X(Ti)	X(Al ^{VI})
p.1	4.34	0.13	0.86	1.04	0.17	1.08	2.42	2.82	0.16	0.54	5.91	0.68	0.02	0.13	0.16	0.03	0.17
p.2	4.30	0.12	0.79	1.14	0.17	1.13	2.34	2.80	0.16	0.54	6.49	0.68	0.02	0.12	0.18	0.03	0.18
p.3	4.25	0.14	0.75	1.24	0.18	1.04	2.32	2.92	0.15	0.56	7.10	0.67	0.02	0.12	0.19	0.03	0.16
p.4	4.24	0.12	0.68	1.25	0.18	1.03	2.39	2.85	0.14	0.54	7.49	0.67	0.02	0.11	0.20	0.03	0.16
p.5	4.29	0.12	0.67	1.22	0.18	1.06	2.32	2.94	0.13	0.56	8.13	0.68	0.02	0.11	0.19	0.03	0.16
p.6	4.36	0.10	0.68	1.26	0.18	1.06	2.36	2.87	0.14	0.55	7.76	0.68	0.02	0.11	0.20	0.03	0.16
p.7	4.38	0.08	0.64	1.29	0.19	1.06	2.33	2.86	0.13	0.55	8.43	0.69	0.01	0.10	0.20	0.03	0.16
p.8	4.52	0.09	0.64	1.19	0.18	1.07	2.33	2.85	0.12	0.55	8.62	0.70	0.01	0.10	0.18	0.03	0.17
p.9	4.31	0.09	0.57	1.35	0.18	1.07	2.34	2.85	0.12	0.55	9.18	0.68	0.01	0.09	0.21	0.03	0.17
p.10	4.48	0.11	0.52	1.28	0.18	1.08	2.41	2.75	0.10	0.53	9.89	0.70	0.02	0.08	0.20	0.03	0.17
	B92-HW	B92-GS	Dasg91	FS78	HS82	PL83	T76	HL77	Ortalama Basınç (kbar)								
p.1	607.7	617.5	577.6	564.2	626.7	575.6	586.8	569.5	5.5								
p.2	593.3	603.3	553.7	534.5	602.2	558.8	563.3	549.0	5.5								
p.3	579.4	589.5	547.9	508.1	580.4	543.3	542.0	530.2	5.5								
p.4	569.8	578.3	533.0	493.2	566.2	534.4	529.8	519.5	5.5								
p.5	556.1	566.5	512.2	471.2	541.7	521.0	511.7	503.4	5.5								
p.6	564.2	573.6	521.6	483.6	555.4	528.6	521.9	512.5	5.5								
p.7	551.6	561.1	502.0	462.0	534.9	515.3	504.0	496.7	5.5								
p.8	545.0	555.4	488.2	456.4	522.9	511.7	499.3	492.5	5.5								
p.9	538.2	546.3	486.8	441.1	516.7	502.0	486.4	481.0	5.5								
p.10	521.8	527.5	460.0	423.8	494.3	490.9	471.8	467.9	5.5								
Minimum	520.1	527.5	455.1	421.0	486.6	489.0	469.4	465.7	5.5								
Maksimum	607.7	617.5	577.6	564.2	626.7	575.6	586.8	569.5	5.5								
Ortalama	558.8	568.0	512.6	478.1	548.0	524.6	516.9	508.0	5.5								
Std. Sapma	27.7	28.5	38.9	44.8	43.6	27.2	36.9	32.6	0								

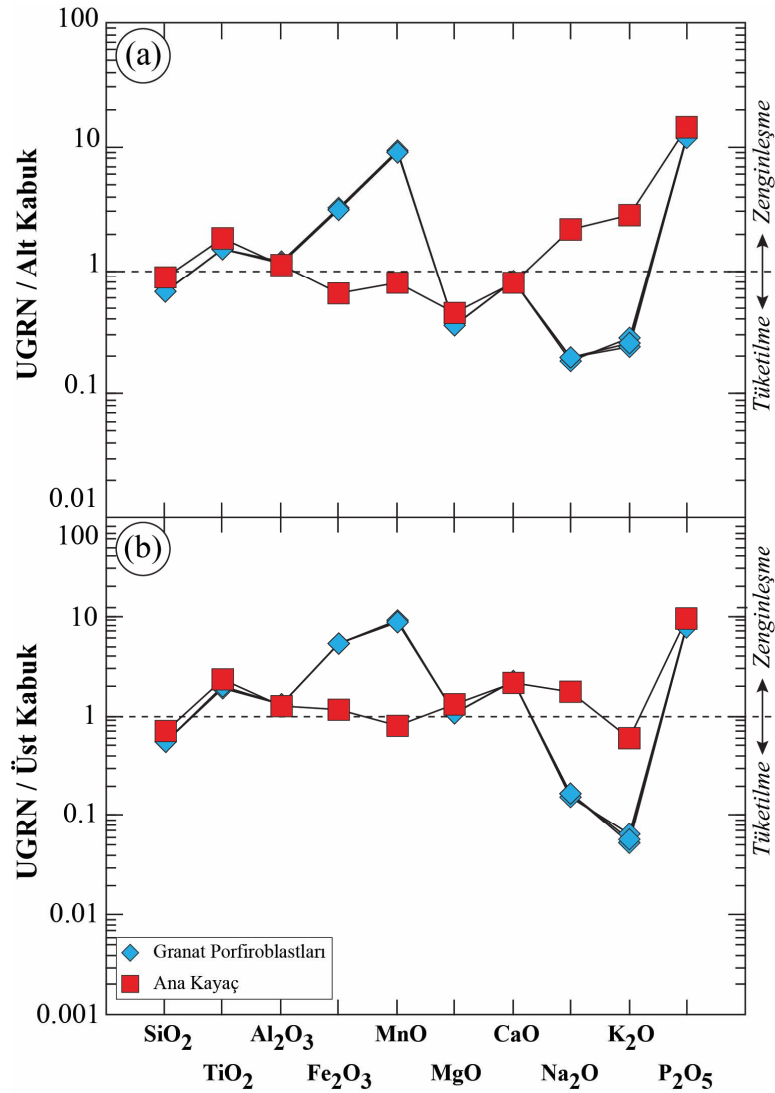
2.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Çamköy granat porfiroblastlarının tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve Nadir Toprak Elementleri (NTE) analiz sonuçları Tablo 2.4’de verilmiştir. Genel olarak granat porfiroblastlarının Al_2O_3 içeriği %19.86-20.04 arasında değişirken, SiO_2 %36.23-36.40, MgO %2.62-2.69, Fe_2O_3 %29.96-30.36, TiO_2 %1.24-1.25, CaO %7.97-8.13, Na_2O %0.51-0.54, K_2O % 0.15-0.18, P_2O_5 %1.18-1.20, MnO %0.89-0.92 ve kızdırma kaybı (Loss On Ignition, LOI) %-1.40-1.70 arasında değişmektedir. Kızdırma kaybının negatif değerli çıkması granat porfiroblastları içerisinde kapanımlar şeklinde bulunan opak mineraller ve hersinit mineralinden kaynaklanmaktadır. Hersinit mineralleri 960 °C civarındaki sıcaklık fazlarında oksidasyon nedeniyle manyetit ve hematit minerallerine dönüşmektedir. Bu dönüşüm sırasında porfiroblastlar içerisindeki mevcut opak mineral (manyetit, hematit vb.) kapanımlarına ek olarak dönüşüm ürünü manyetit ve hematit mineralleri de eklenmekte, dolayısı ile ısıtılmadan önceki tartıma göre örnek ağırlık kazanmaktadır (Vandenbergh ve diğ. 2010). Optik mikroskop incelemeleri ve XRD analizleri de granat porfiroblastları içerisindeki hersinit kapanımlarının varlığı kızdırma kaybı değerlerindeki negatif sonucu desteklemektedir.

Minerallerde renk oluşumuna etki eden, petroloji çalışmalarında alterasyon, metamorfizma ve metasomatizma süreçlerinde kararlı oldukları bilinen bazı iz element içeriklerine göre granat porfiroblastlarının Cr içeriklerinin <14 ppm, Co içeriklerinin 189.2 ile 206.1 ppm, Cu içeriklerinin 2.2 ile 3.3 ppm, V içeriklerinin 121.0 ile 129.0 ppm, Ni içeriklerinin 91.0 ile 97.0 ppm, U içeriklerinin 2.9 ile 3.2 ppm, Pb içeriklerinin 3.4 ile 4.1 ppm, Zr içeriklerinin 270.8 ile 274.9 ppm, Sr içeriklerinin 111.0 ile 121.0 ppm, Nb içeriklerinin 100.8 ile 105.8 ppm, Y içeriklerinin 114.5 ile 116.4 ppm, La içeriklerinin 72.6 ile 90.6 ppm, Ce içeriklerinin 135.8 ile 166.8 ppm ve Th içeriklerinin 15.6 ile 16.3 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 2.4).

Çamköy granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının Alt ve Üst Kıta Kabuğu’na (AKK ve ÜKK) göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında ana oksit elementleri bakımından Fe_2O_3 , MnO , Na_2O ve K_2O

elementleri dışında benzer dağılım deseni gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 2.10a, b). Fe_2O_3 ve MnO içerikleri granat porfiroblastlarının kimyasal yapısında daha fazla miktarda iken Na_2O ve K_2O içerikleri mikaşist ana kayacı içerisindeki plajiyoklaz ve biyotit/muskovit minerallerinin kimyasal bileşiminde fazlaca bulunmaktadır. AKK'ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında Çamköy granat porfiroblastlarında TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO ve P_2O_5 elementleri bakımından zenginleşme, MgO , Na_2O ve K_2O elementleri bakımından tüketilmeler görülmektedir (Şekil 2.10a). ÜKK'ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında ise Fe_2O_3 , MnO ve P_2O_5 elementleri bakımından zenginleşmeler görülmekle birlikte, granat porfiroblastlarının ÜKK değerlerine daha yakın dağılım gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 2.10b).



Şekil 2.10: Granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

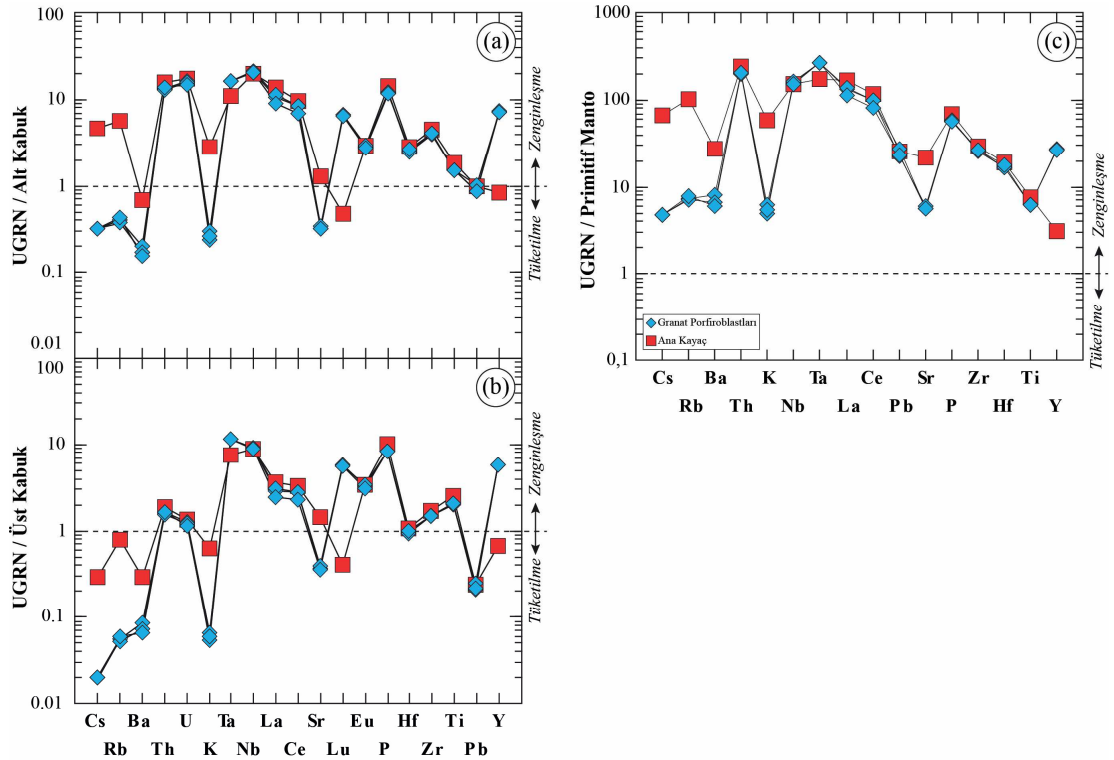
Tablo 2.4: Çamköy granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

Element/Örnek		Granat Porfiroblastları			Ana Kayac
		UGRN-1	UGRN-2	UGRN-3	UGRN-YK
SiO ₂	%	36.30	36.23	36.40	47.89
Al ₂ O ₃	%	19.97	20.04	19.86	19.19
Fe ₂ O ₃	%	30.36	29.96	30.12	6.41
MgO	%	2.64	2.62	2.69	3.32
CaO	%	7.97	8.13	7.98	7.83
Na ₂ O	%	0.51	0.54	0.54	5.81
K ₂ O	%	0.18	0.15	0.16	1.70
TiO ₂	%	1.24	1.25	1.25	1.52
P ₂ O ₅	%	1.19	1.20	1.18	1.42
MnO	%	0.92	0.89	0.89	0.08
LOI	%	-1.70	-1.40	-1.50	4.50
Toplam	%	99.58	99.61	99.57	99.71
Cr	ppm	<14	<14	<14	<14
Ba	ppm	53.0	44.0	40.0	179.0
Ni	ppm	97.0	96.0	91.0	40.0
Sc	ppm	36.0	35.0	35.0	8.0
Co	ppm	189.2	206.1	200.1	48.6
Cs	ppm	0.1	0.1	0.1	1.4
Ga	ppm	8.2	8.1	7.8	19.2
Hf	ppm	4.7	4.7	5.0	5.4
Nb	ppm	103.0	105.8	100.8	99.7
Rb	ppm	4.4	4.2	4.7	61.3
Sn	ppm	1.0	1.0	1.0	2.0
Sr	ppm	112.7	121.0	111.0	439.6
Ta	ppm	9.9	9.8	9.9	6.5
Th	ppm	16.2	15.6	16.3	19.0
U	ppm	3.2	3.1	2.9	3.5
V	ppm	124.0	121.0	129.0	194.0
Zr	ppm	273.9	270.8	274.9	309.8
Y	ppm	115.3	116.4	114.5	13.4
Mo	ppm	2.1	1.4	1.2	1.0
Cu	ppm	3.0	2.2	3.3	3.7
Pb	ppm	4.1	3.4	3.5	3.9
Zn	ppm	25.0	22.0	23.0	79.0
As	ppm	1.9	1.2	0.8	<0.5
Cd	ppm	0.2	0.1	0.3	<0.1
La	ppm	86.0	90.6	72.6	108.6
Ce	ppm	166.4	166.8	135.8	194.4
Pr	ppm	17.5	18.0	14.9	21.9
Nd	ppm	60.5	63.0	51.9	75.9
Sm	ppm	9.0	9.5	8.1	11.0
Eu	ppm	3.1	3.3	3.0	3.2
Gd	ppm	10.4	10.3	10.1	7.6
Tb	ppm	2.3	2.3	2.3	0.8
Dy	ppm	18.1	18.1	17.3	3.3
Ho	ppm	4.1	4.0	4.0	0.4
Er	ppm	12.4	12.2	11.9	1.1
Tm	ppm	1.7	1.7	1.7	0.1
Yb	ppm	11.1	11.0	10.6	0.8
Lu	ppm	1.7	1.7	1.6	0.1
(La/Sm) _N		5.99	6.00	5.64	6.24
(Sm/Yb) _N		0.87	0.93	0.82	14.33
(Eu/Eu*) _N		1.00	1.02	1.01	1.07
(Y/Ho) _N		0.99	1.01	1.01	1.17

$$Eu^* = (Sm+Gd)/2$$

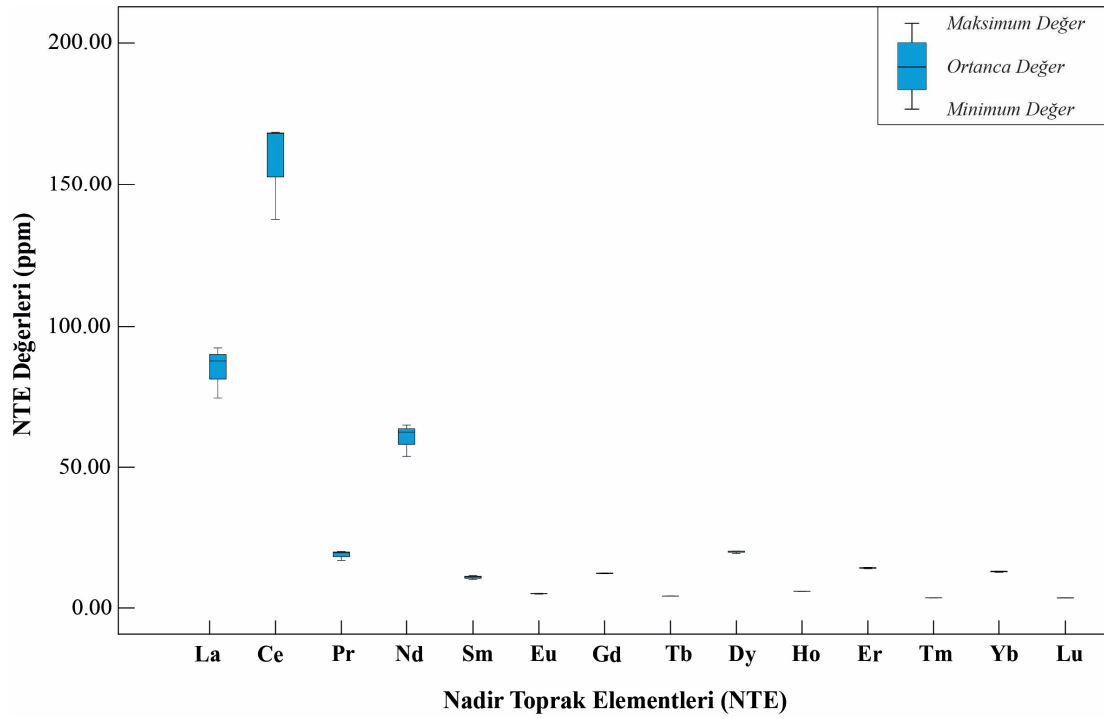
İz element içeriklerine göre AKK'ya normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında Çamköy granat porfiroblastlarının Büyük İyon Yarıçaplı

Elementler (LILE) (Cs, Rb, Ba, K, Sr) bakımından tüketilme gösterirken, Th, U, Ta, Nb, La, Ce, Lu, Eu, P, Hf, Zr, Ti ve Y gibi Yüksek Çekim Alanlı Elementler (HFSE) bakımından 10 kat'a varan zenginleşmeler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 2.11a). Benzer şekilde ÜKK'ya göre normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında Çamköy granat porfiroblastları LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından tüketilmeler gösterirken Th, Ta, Nb, La, Ce, Lu, Eu, P, Ti ve Y gibi HFSE'ler bakımından 10 kat'a varan zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 2.11b). Her iki değişim diyagramında Cs, Rb, Ba, K, Sr, Lu ve Y dışındaki diğer iz elementlerde benzer içerikler görülmektedir. Bu sonuçlar ana oksit içerikleriyle de uyumlu olup, özellikle Cs, Lu ve Y elementlerinin granat mineralinin kimyasal yapısında bol miktarda olduğunu göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Primitif Manto (PM) değerlerine normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının iz elementler bakımından 10-100 kat zenginleşme gösterdiği, aynı petrolojik süreçler sonucunda oluştuğu söylenebilir (Şekil 2.11c)



Şekil 2.11: Çamköy granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları mikaşist ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Çamköy granat porfiroblastlarının Nadir Toprak Elementleri (NTE) değerlerine bakıldığında; La içerikleri 72.6 ile 90.6 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 135.8 ile 166.8 ppm, Pr içerikleri 14.9 ile 18.0 ppm, Nd içerikleri 51.9 ile 63.0 ppm, Sm içerikleri 8.1 ile 9.5 ppm, Eu içerikleri 3.0 ile 3.3 ppm, Gd içerikleri 10.1 ile 10.4 ppm, Tb içerikleri 2.3 ppm, Dy içerikleri 17.3 ile 18.1ppm, Ho içerikleri 4.0 ile 4.1ppm, Er içerikleri 11.9 ile 12.4 ppm, Tm içerikleri 17 ppm, Yb içerikleri 10.6 ile 11.1 ppm ve Lu içerikleri 1.6 ile 1.7 ppm arasında değişmektedir (Şekil 2.12).

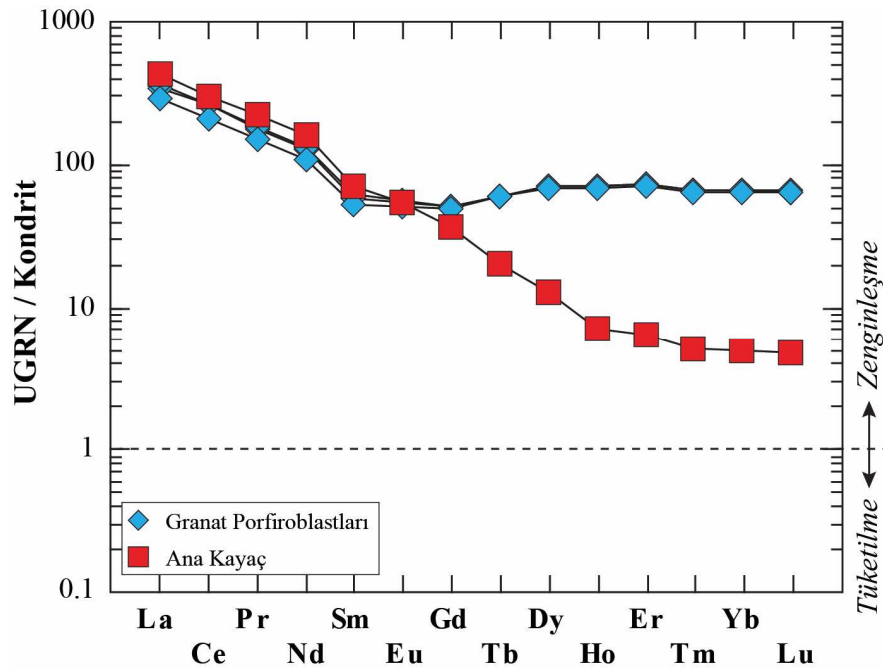


Şekil 2.12: Çamköy granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kutu grafikleri verileri görsel şekilde özetlemek için ilk defa Amerikan istatistikçi John Tukey tarafından 1977 yılında *kutu ve bıyıklar grafiği* adı altında açıklayıcı veri analiz aracı olarak geliştirilmiştir. İstatistik biliminde kutu grafikleri sayısal veri setlerini beş sayı özetlerine (en küçük gözlem, birinci dördlük (kartil), medyan, üçüncü dördlük ve en büyük gözlem değerlerine) dayanarak resmeden uygun betimleme yoludur. Kutu grafikleri verilerin yayılımı, konumu, çarpıklığı, kuyruk uzunlukları, aykırı gözlem değerleri hakkında bilgiler vermektedir (URL-9, Özdamar 2004, Akgül ve Çevik 2005). Çamköy granat porfiroblastlarının La, Ce ve

Nd haricindeki diğer nadir toprak elementleri bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin La, Ce ve Nd içerikleri bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetrik dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 2.12).

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramında Çamköy granat porfiroblastlarının Hafif Nadir Toprak Elementleri (LREE) bakımından Ağır Nadir Toprak Elementleri'ne (HREE) göre zenginleşme gösterdiği görülmektedir (Şekil 2.13). Buna göre Çamköy granat porfiroblastlarının toplam NTE içerikleri 345.74 ile 412.37 (ppm) arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 5.64 ile 6.00 (ppm) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.82 ile 0.93 (ppm) arasında ve $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 1.00 ile 1.02 arasında değişmektedir (bkz. Tablo 2.4). Bu değerlere göre Çamköy granat porfiroblastlarının LREE içerikleri bakımından, HREE içeriklerine göre kısmen daha fazla zenginleştikleri, bununla birlikte önemsiz bir Eu anomalisine sahip oldukları söylenebilir. Şekil 2.13'te dikkati çeken diğer bir nokta ise Çamköy granat porfiroblastlarının içerisinde buldukları mikaşist ana kayacı ile benzer LREE içeriklerine sahipken, HREE içerikleri bakımından ana kayaca göre 10 kat'a kadar zenginleşme gösteriyor olmalarıdır. Bu durum HREE'nin piroksen ve granat minerallerinde fazlaca zenginleşmiş olması ile açıklanabilir (Rollinson 1993).



Şekil 2.13: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

Granat minerali için karakteristik özelliğe sahip diğer bir element Yttriyum (Y) elementidir. Y elementi Ksenotim (YPO_4) ve Yitrialit $(Y,Th)_2Si_2O_7$ gibi mineralleri oluşturan, aynı zamanda biyotit, hornblend, piroksen ve granat içerisinde değişen miktarlarda bulunan Litofil element'tir. Y elementi disprosyum (Dy) ve holmiyum (Ho) arasında bir jeokimyasal davranışa sahip olup, HREE zenginleşmeleri için önemli bir göstergedir. Y'nin elektron yükü ve iyon yarıçapı HREE'lerine benzemekle birlikte bu elementlerce zenginleşmiş kayaç ve minarellerde belirgin anomali göstermektedir (Wedepohl 1978). Çamköy granat porfiroblastlarının Y anomalisi $((Y/Ho)_N)$ gösterip göstermediğini belirlemek için örneklerin $(Y/Ho)_N$ değerleri hesaplanmıştır. Örneklerin hesaplanan $(Y/Ho)_N$ içeriklerinin 0.99 ile 1.01 arasında değiştiği ve önemsiz bir Y anomalisine sahip oldukları söylenebilir (Tablo 2.4).

2.7 Gemolojik Değerlendirmeler

Granat grubu mineraller geniş üye yelpazesıyla hem mücevheratta hem süsleme sanatlarında hem de aşındırıcı malzeme olarak kullanılabilen süs taşlarıdır. Çamköy granat porfiroblastlarının süs taşı özelliklerini belirlemeye yönelik olarak bazı gemolojik testler (renk ölçümleri, özgül ağırlık, kırılma indisi, UV özellikleri, optik absorpsiyon) uygulanmıştır.

2.7.1 Renk Ölçümleri

Bilimsel çalışmalarda mineral örneklerinin renk tanımlamalarında kişilerden kaynaklanabilecek sorunları ortadan kaldırmak için modern ve hassas renk ölçüm cihazları geliştirilmiştir. Bu amaçla $L^*:a^*:b^*$ renk sistemi 1976'da CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından kabul edilmiş ve tüm dünyada uygulanmaya konulmuştur. $L^*:a^*:b^*$ renk değerleri tıpkı coğrafik koordinat sisteminde olduğu gibi (enlem, boylam ve yükseklik) her bir rengin tek bir nokta ile temsil edildiği koordinat sistemidir. Bu sisteme göre;

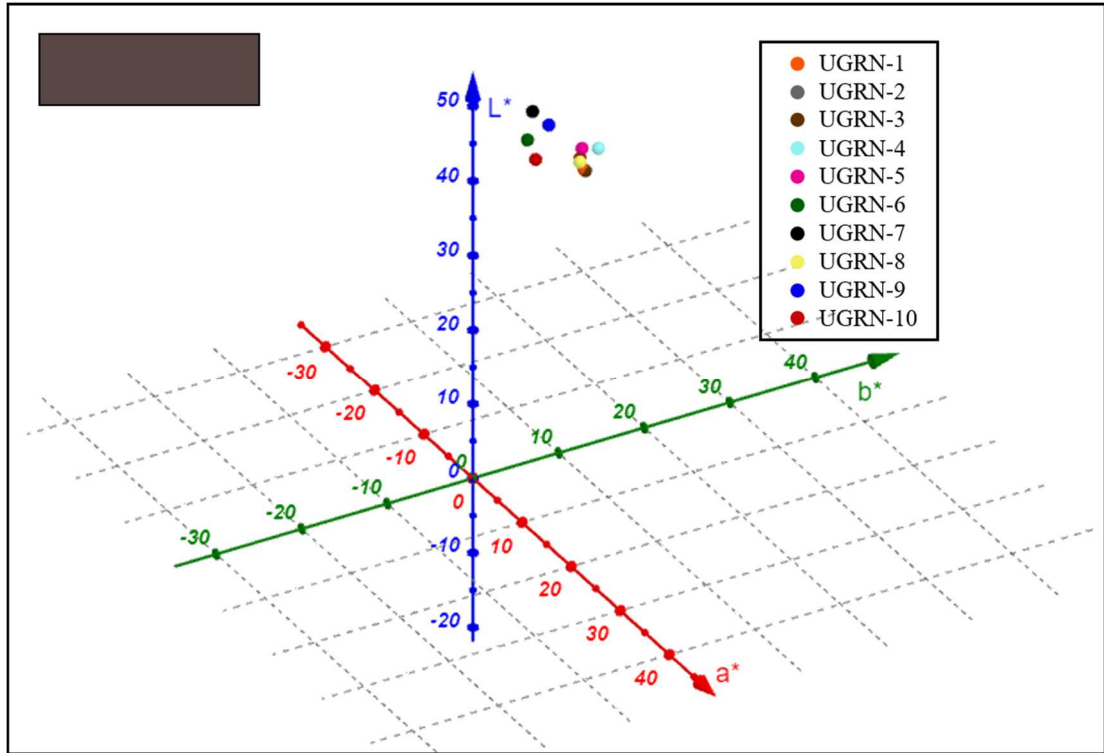
- L^* - Açıklık (lightness) koordinatı ($L^*=0$ siyahı gösterir ve $L^*=100$ beyazdır)
- a^* - Kırmızı/yeşil koordinatıdır, $+a^*$ kırmızıyı, $-a^*$ ise yeşili belirtir

b* - Sarı/mavi koordinatıdır ve +b* sarıyı, -b* ise maviyi belirtir.

Çamköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* sistemine göre renk ortalaması 44.26*:4.71*:8.10* (açık kahverengi) olarak belirlenmiştir (Tablo 2.5 ve Şekil 2.14).

Tablo 2.5: Çamköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk ölçüm sonuçları

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L*	42.76	45.23	47.25	44.33	49.11	42.94	42.83	41.69	44.92	41.57	44.26
a*	3.03	2.42	3.52	5.48	2.77	5.91	5.19	5.82	7.04	5.94	4.71
b*	5.59	4.98	6.84	9.59	5.38	9.1	9.53	9.62	10.6	9.74	8.10



Şekil 2.14: Çamköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.

2.7.2 Gemolojik Testler

Çamköy granat porfiroblastlarının gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıklarının 3.57 ile 3.84 arasında değiştiği ve kırılma indislerinin ortalama 1.81 civarında olduğu belirlenmiştir. Çamköy granat porfiroblastlarının optik absorpsiyon

özellikleri incelendiğinde de yeşil bant aralığında 505 ve 510 nm de güçlü çizgiler gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen granat porfiroblastları güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Testler sonucu elde edilen veriler dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türleri ile karşılaştırılmış olup gemolojik özellikleri bakımından almandin türü süs taşlarıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür (Tablo 2.6). Çamköy granat porfiroblastlarının çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında değerli süs taşlarında aranan camsı parlaklık göstermeyip mat olduğu ayrıca saydam yarı-saydam olmadığı gözlemlenmiştir. İncelemelere göre şeffaf taşlarda sıklıkla kullanılan fasetli işleme tekniği uygulanarak takı üretimi yapılmasına uygun olmadığı, ancak kaboşon işleme teknikleri ile parlaklık kazandırılarak yarı değerli süs taşı olarak takılarda kullanılabileceği değerlendirilmiştir (Şekil 2.15).

Tablo 2.6: Çamköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Çamköy Granatları	3.57-3.84	1.81	Kırmızımsı-morumsu kahverengiden koyu kahverengiye	Yeşil: 505 ve 510 nm (güçlü)

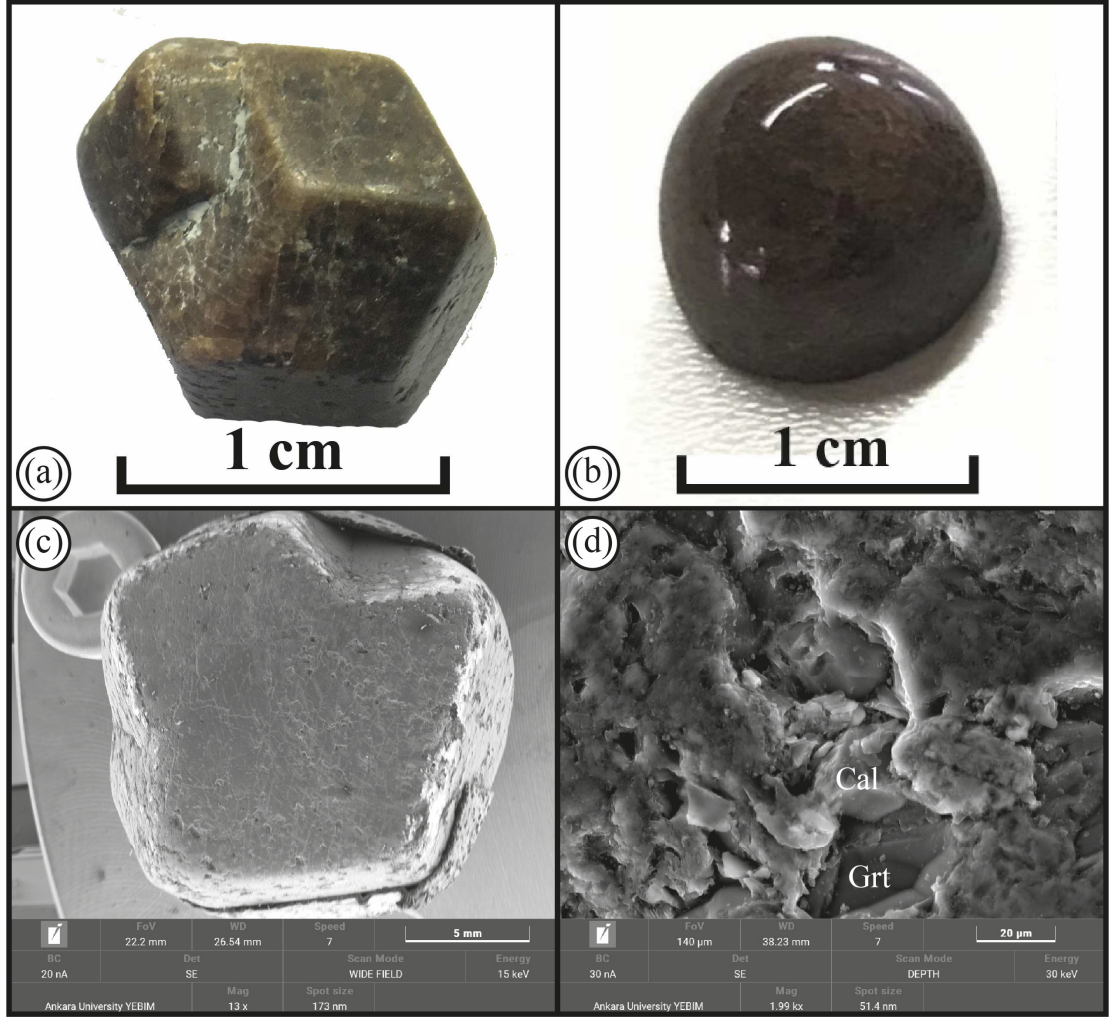


Şekil 2.15: a) Tamburlanmış granat porfiroblastları, b) granat porfiroblastlarının elmas diskte kesilmesi c) elmas kaboşon diskte işlenmesi, d) 320 ve 600 kum bant zımparada yüzey pürüzlülüğünün giderilmesi, e) seryum-oksit bant üzerinde parlaklık verilmesi, f) bütün işlemleri bitmiş ve kullanıma hazır granat porfiroblastları, g) Gümüş ve bronz kullanılarak takıya dönüştürülmüş granat porfiroblastları.

2.7.3 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri

Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM), tahribatsız oluşu, kolay numune hazırlanabilmesi, kantitatif analiz yapabilmesi, kristal yüzeyindeki değişimleri göstermesi ve kapanımları belirlemesi gibi avantajları sayesinde mineralojide ve gemolojide sıklıkla başvurulmuş yöntemlerden birisidir. Özellikle tahribatsız olması, analiz için gerekli düz yüzeylerin fasetli süs taşlarında bulunması ve yüksek yaklaşma oranları ile diğer gemolojik testlerde belirlenemeyen yüzey kapanımlarının tespit edilmesi gibi özellikleri sayesinde gemoloji çalışmalarında tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Ayrıca SEM analizlerinde tespit edilen bu yüzey inklüzyonları sayesinde sentetik olarak üretilen süs taşları doğal süs taşlarından kolayca ayırt edilmektedir (Stockton ve Manson 1981). Granat porfiroblastlarının yüzey morfolojileri SEM yöntemi ile incelenmiş ve süs taşı olma potansiyeli ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Dodekahedron formunda özşekilli kristallere sahip olan ve parlatıldığında kısmen yıldız etkisi (asterizm) gösteren Çamköy granat porfiroblastlarının geniş açı SEM görüntüleri incelendiği zaman dodekahedron yüzeyler üzerinde alterasyona bağlı olarak çok fazla kırık-çatlak ve boşluk olduğu görülmektedir (Şekil 2.16a, b). Porfiroblast örneklerinin SEM incelemelerinde metamorfizma süreci sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonların kristal yüzeylerinde ciddi bozulmalara neden olduğu ve bunun kristal yüzeylerine derinlerine kadar etki ettiği belirlenmiştir (Şekil 2.16c). Ayrıca metamorfizma sırasındaki kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak meydana gelen element değişimleri porfiroblast içerisindeki kırık ve çatlaklar boyunca yeni mineral oluşumlarına neden olmuştur. Çamköy granat porfiroblastlarının SEM incelemelerinde kristal yüzeylerinin oldukça pürüzlü bir yapıda olduğu, kristal yüzeylerinde daha küçük boyutlu ikincil kalsit oluşumlarının meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 2.16d). Gemolojik olarak değerlendirildiğinde Çamköy granat porfiroblastlarının değerli süs taşlarında aranan mükemmel saflığa sahip olmadığı, kristal içyapılarının fazlaca bozulduğu ve değerli süs taşından ziyade yarı değerli süs taşları sınıfına dâhil edilebileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 2.16: Çamköy granat porfiroblastlarının a) işlenmemiş b) İşlenmiş el örnekleri görünüşleri c, d) SEM görüntüleri (Cal: Kalsit, Grt: Granat).

3. MENDERES (İZMİR) LOKASYONU

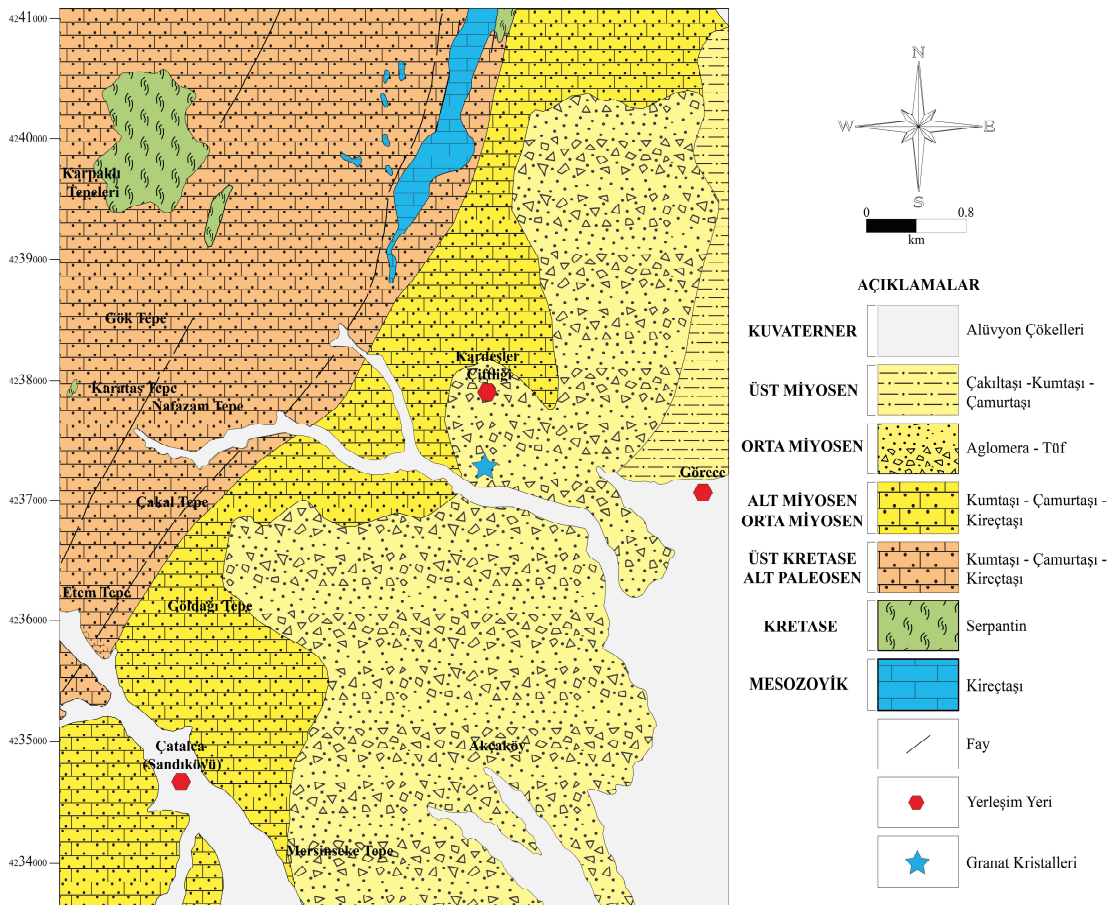
Menderes (İzmir) ilçe merkezinin 4 km kuzeybatısında Görece mahallesini kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli İzmir-L18a4 paftasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Görece yerleşimi, Çubukludağ grabeninin kuzey doğu kesiminde yer almaktadır. Çubukludağ grabeni KD-GB yönelimli, yaklaşık 25 km uzunluğunda ve 10-15 km genişliğinde, tektonik açıdan oldukça aktif bir bölgedir (Genç ve diğ. 2001). Morfolojik olarak engebeli bir topografyaya sahip olan inceleme alanında volkanik ve sedimanter bileşimli kayaç toplulukları bulunmaktadır. Tez konusunu oluşturan granatlar Görece yerleşimi çevresindeki volkanik birimler içerisinde fenokristaller şeklinde görülmektedir.



Şekil 3.1: Görece lokasyonu yerbulduru haritası.

3.1 Jeolojik Yapı

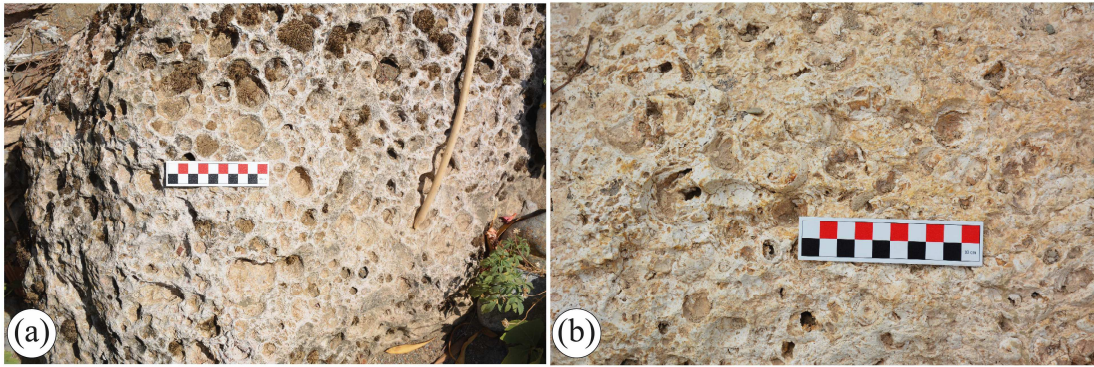
Görece ve çevresindeki jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Mesozoyik yaşlı kireçtaşları, Kretase yaşlı fliş ve serpantinitle, Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşları, Alt Miyosen-Orta Miyosen yaşlı kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı blokları, Orta Miyosen yaşlı aglomera ve tüfler, Üst Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşları ve Kuvarterner yaşlı alüvyon çökellerden oluşmaktadır (Şekil 3.2) (Özgenç 1978, Lüle-Whipp 2006).



Şekil 3.2: Görece jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli L18a4 haritasından alınmıştır).

Mesozoyik yaşlı kireçtaşları karbonat kaya olistolitlerinden türemiş yuvarlaklaşmış çakıl ve bloklar şeklinde görülmektedir. Kretase yaşlı serpantinitle pelitik bir matrik içerisinde yer almaktadır. Kumtaşı toplulukları çoğunlukla kaba taneli ve büyük ölçüde çapraz katmanlıdır. Kumtaşı istifinde yer alan kıvrım-bordo renkli çakıltaşı kalınlıkları 3-5 metre arasında değişen düzeylerde ve karbonat çimentoyla tutturulmuşlardır. Akarsu istifleri içerisinde bulunan çamurtaşları sarımsı renkte ince veya masif katmanlı kil-silt damarlarından meydana

gelmektedirler. Granat fenokristalleri Çubukludağ grabeni içerisinde yer alan Cumaovası volkanitlerinde gözlenmektedir. Cumaovası volkanitleri, Orta Miyosen'de etkili olan kalk-alkalen karakterli asidik volkanizmanın ürünlerinden olan yüksek K içerikli riyolitlerden meydana gelmektedir. Bloklu ve akma yapıları riyolitler, koyu gri, bej, pembe ve soluk gri renklerindedir. Riyolitlerde yaygın olarak gaz boşlukları gözlenmiş bu boşlukların bazıları da beyaz-krem renkli opal ve kalsedon tarafından doldurulmuştur (Şekil 3.3a). Bazı riyolitlerde buhar fazı ürünleri olan litofizler yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 3.3b) (Karacık ve Genç 2013, Gökteş 2019).

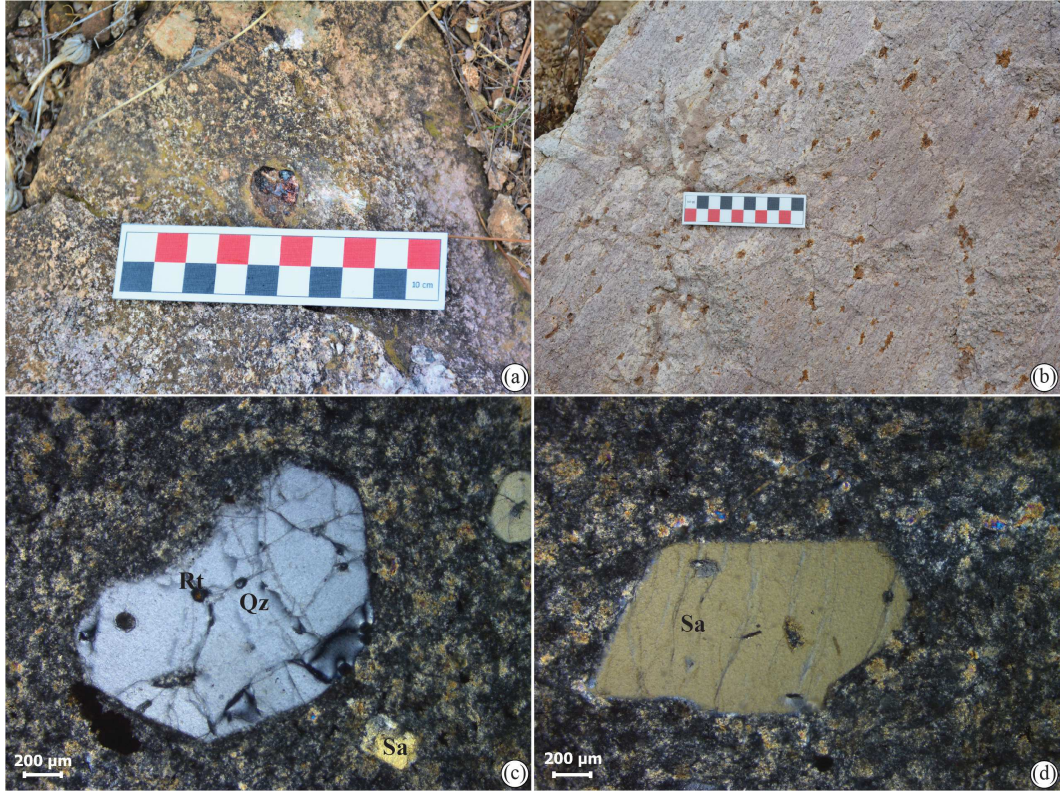


Şekil 3.3: Cumaovası volkanitlerindeki a) gaz boşlukları b) litofizler.

3.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

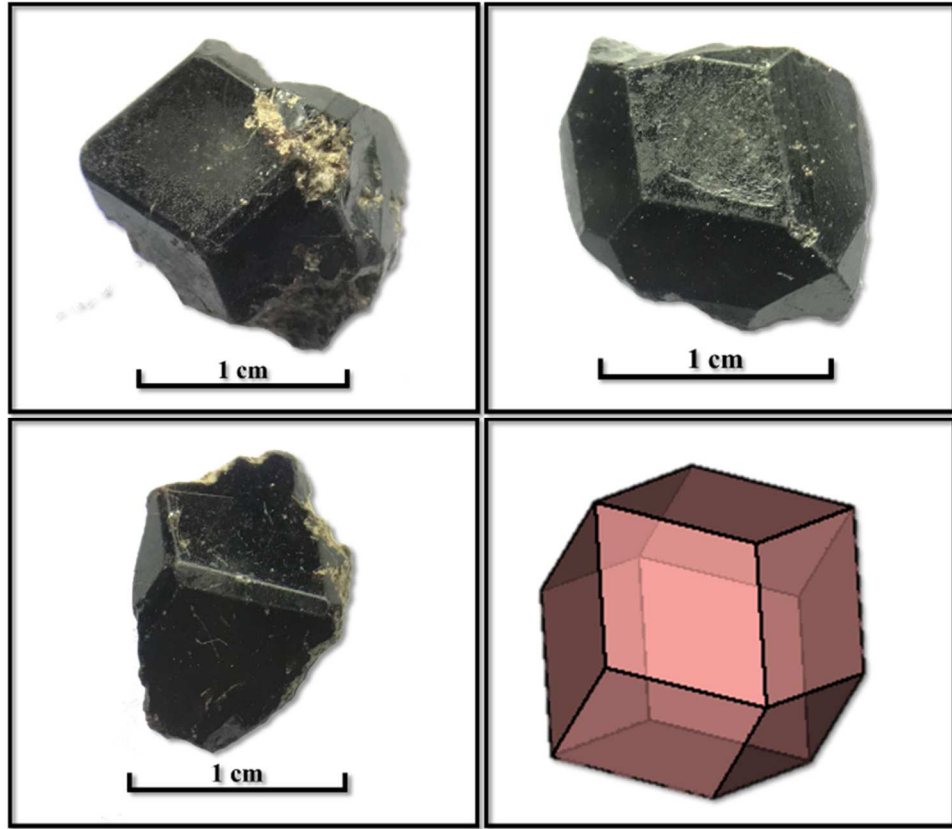
Görece lokasyonunda görülen granat fenokristalleri Cumaovası volkanitlerine ait riyolitler içerisinde bulunmaktadır (Şekil 3.4a). Riyolitler blok yapıları bej ve pembemsi renklerde görülmektedir. Granat fenokristalleri içeren riyolitlerde yer yer demir oksitleşmeler görülmekte olup, afanitik dokuya sahiptirler. (Şekil 3.4b). Mikroskop incelemelerinde mikrogranüler-porfirik dokuya sahip kayalar örneğinin kuvars, sanidin, biyotit, rutil, \pm plajiyoklaz, opak mineraller kristalleri ile bunların mikrolit/kristalitlerinden oluştuğu belirlenmiştir. Kuvarslar PN'de renksiz, çok çatlaklı ve öz-yarı özşekilli kristaller halinde gözükmektedir. Bazı iri kristaller körfez ve kemirilme dokusu gösterirken bazı kristallerde rutil kapanımları bulunmaktadır (Şekil 3.4c). Sanidinler PN'de yarı özşekilli kısa dikdörtgen kristaller şeklinde gözlenmektedir. Kısmen killeşme gösteren sanidinler uzun eksene dik kırıklar içermekte olup, biyotit ve apatit kapanımları içermektedir (Şekil 3.4d). Biyotitler çoğunlukla opaklaşmış ince ve küçük kıymık şeklinde kristaller halinde

görülmektedir. Rutiller kuvars bileşenlerin çevresinde ince uzun iğnemi kristaller halinde gözlenmektedir.

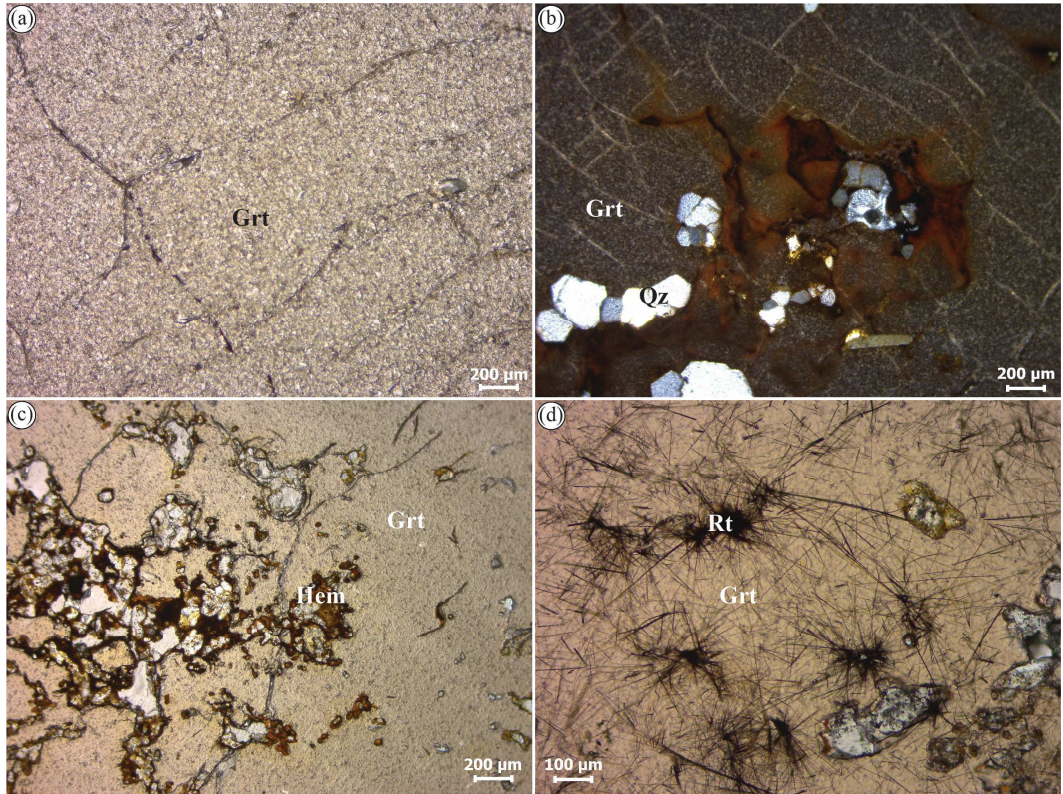


Şekil 3.4: a,b) Görece granat fenokristalleri içeren riyolitlerin sahadaki görünüşleri, c) Riyolit kayacının mineral bileşimleri ve kuvars içerisindeki rutil kapanımları, d) Kısmen killeşmiş sandin kristali (Rt: Rutil, Sa: Sandin, Qz: Kuvars).

Riyolitler içerisinde fenokristaller şeklinde görülen granatlar 0.5 - 2.5 cm boyutunda olup, dodekahedron kristal formundadırlar (Şekil 3.5). Granat fenokristalleri karakteristik olarak koyu kırmızı - siyaha yakın bir renge sahiptir ve kristal yüzeyleri camsı bir parlaklık göstermektedir. Mikroskop incelemelerinde granat fenokristalleri PN'de oldukça kırıklı - çatlaklı bir yapı göstermektedir (Şekil 3.6a). Fenokristallerde kırıklar ve çatlaklar boyunca demir oksitleşme gözlenmektedir (Şekil 3.6b). Granat fenokristalleri belirgin bir zonlanma göstermez ve mineral kapanımları içermektedir. Kapanım olarak en fazla kuvars, hematit, klorit ve rutil iğneleri görülmektedir (Şekil 3.6 c,d).



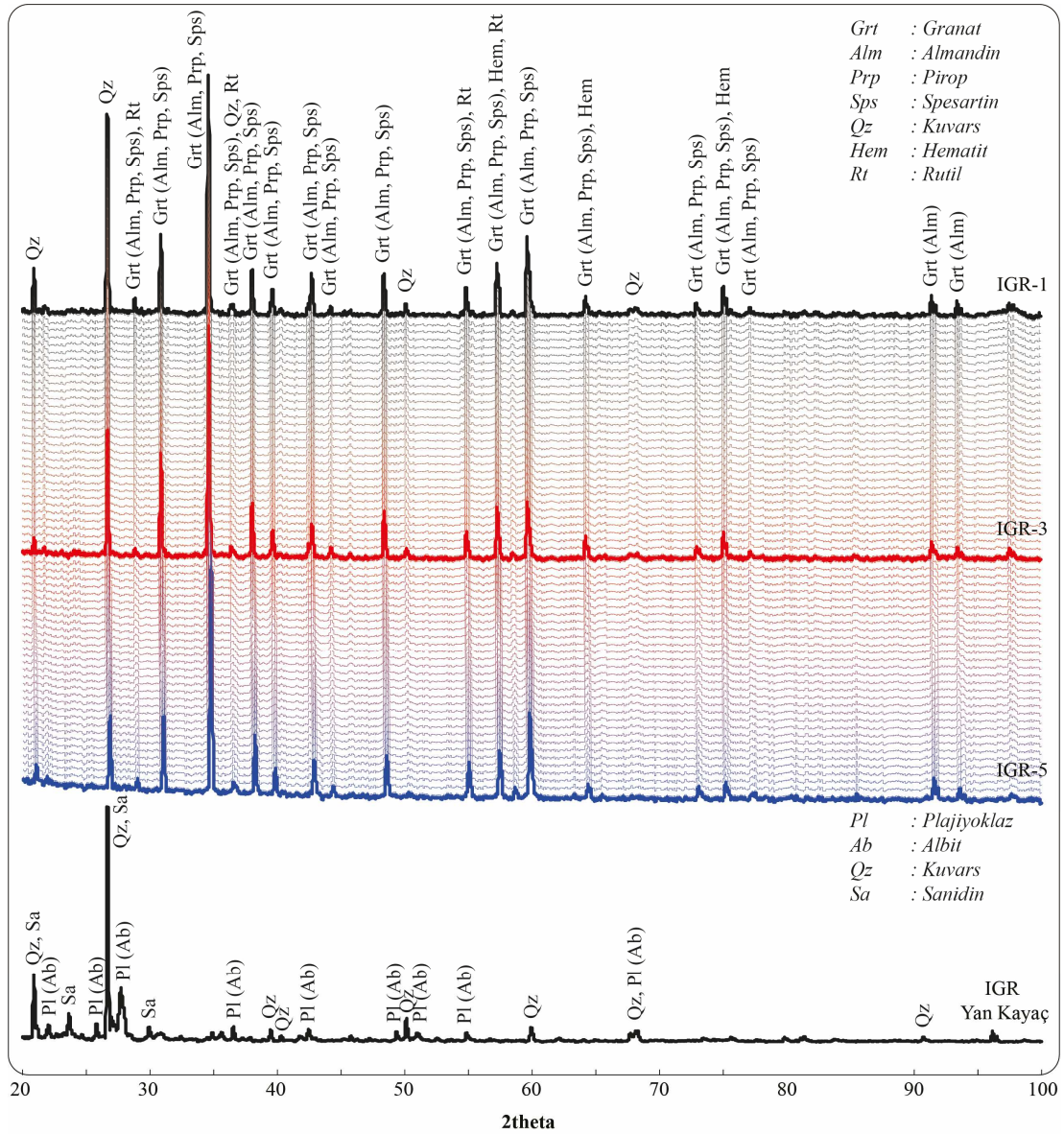
Şekil 3.5: Görece granat fenokristallerinin el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 3.6: Granat fenokristallerinde görülen a) Kırıklı - çatlaklı yapı (PN), b) Demir oksitleşme ve kuvars kapanımları, c) Hematit kapanımları (PN), d) Rutil iğneleri (PN) (Grt: Granat, Qz: Kuvars, Hem: Hematit, Rt: Rutil).

3.3 X Işınları Difraktometre İncelemeleri.

Toz XRD grafiklerinde riyolit ve granat fenokristallerinin 2θ $15A^\circ$ 'dan itibaren düzenli ve belirgin mineral pikleri gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 3.7). Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, riyolit örneğinde kuvars, sanidin ve plajiyoklaz (albit) pikleri tespit edilirken, granat fenokristallerinin almandin-pirop-spesartin türü granat pikleri ile birlikte içerdikleri kapanımlardan kaynaklanan kuvars, rutil ve hematit pikleri de içerdikleri belirlenmiştir.



Şekil 3.7: Granat fenokristalleri ve riyolit ana kayacının tüm kayaç toz XRD grafikleri.

Literatürden alınan granat türlerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2 Θ değerleri ile Görece granat fenokristallerini karşılaştırdığımızda büyük oranda spesartin-almandin, daha az oranda pirop türü granatlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3.1). Ancak sadece toz XRD sonuçlarına göre granat türlerinin kesin olarak belirlenmesi mümkün görülmemektedir.

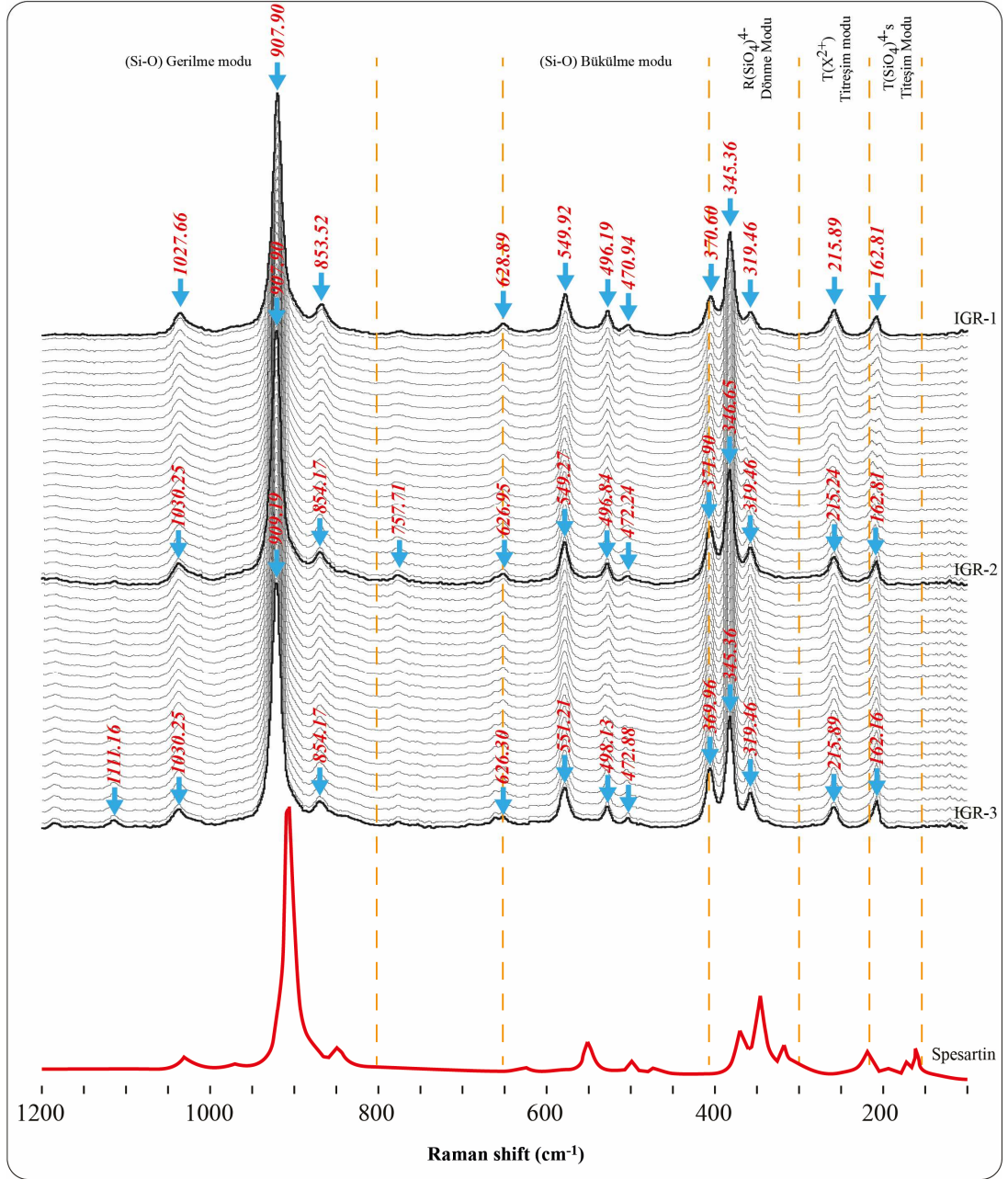
Tablo 3.1: Görece granat fenokristalleri ile granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.

Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Görece	
2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76	18.79	4.72
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11	28.86	3.09
				30.12	2.97						
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91	30.97	2.88
				33.78	2.65			34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			34.76	2.58
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46			36.39	2.44
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38	38.08	2.36
				38.69	2.33			39.46	2.28		
39.96	2.26	39.83	2.26							39.71	2.27
				41.69	2.17	40.97	2.20				
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13	42.83	2.11
				47.22	1.93						
								48.16	1.89		
48.80	1.87	48.64	1.87							48.61	1.87
				53.50	1.71						
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68	55	1.67
						57.14	1.61	57.01	1.62		
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59					57.47	1.60
								59.37	1.56		
73.65	1.29										
								74.66	1.27		
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10			75.08	1.26

*Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5,'den alınmıştır.

3.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri.

Görece granat fenokristalleri üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 12 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 907-909, 344-345 ve 370-372 cm^{-1} 'de, orta şiddetli kayma pikleri 853-856, 549-553, 319-322, 215-216 ve 162-164 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 1027-1031, 628-630, 496-498 ve 471-472 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 3.8 ve Tablo 3.2).



Şekil 3.8: Görece granat fenokristalleri ve Spesartin türü granatın Raman spektrumları (Spesartin'e ait Raman spektrumu URL-7'den alınmıştır).

Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS Raman kayma değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Buna göre Görece granat fenokristalleri ile granat türlerine ait Raman spektrumlarını karşılaştırdığımızda Görece granat fenokristallerinin spesartin bileşimli granat türü ile çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 3.8 ve Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Görece granat fenokristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Spesartin*	Görece*
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₃	1062	1032	1007	1027	1027-1031
E _g	v ₃	938	920	904	913	907-909
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₃	899	892	850	878	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₃	866	862	826	849	853-856
A _{1g}	v ₁	925	910	881	905	
E _g	v ₁	911	910	852	892	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₄	648	628	629	628	628-630
E _g	v ₄	626	593	590	592	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₄	598	576	577	573	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₄	510	498	509	499	496-498
A _{1g}	v ₂	562	553	549	550	549-552
E _g	v ₂	524	521	526	521	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₂	490	474	478	472	470-471
E _g	v ₂	439	421	416	410	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	R(SiO ₄)	379	355	383	350	
E _g	R(SiO ₄)	365	368	369	372	370-372
A _{1g}	R(SiO ₄)	362	347	374	347	344-345
T _{2g} ⁺ T _{1u}	R(SiO ₄)	350	312	349	314	319-321
T _{2g} ⁺ T _{1u}	T(M)	272	212	246	220	215-216
T _{2g} ⁺ T _{1u}	T(M)	208	166	178	173	163-164

*Granat uç üyelerine ait Ramak kayma değeri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998' den alınmıştır.

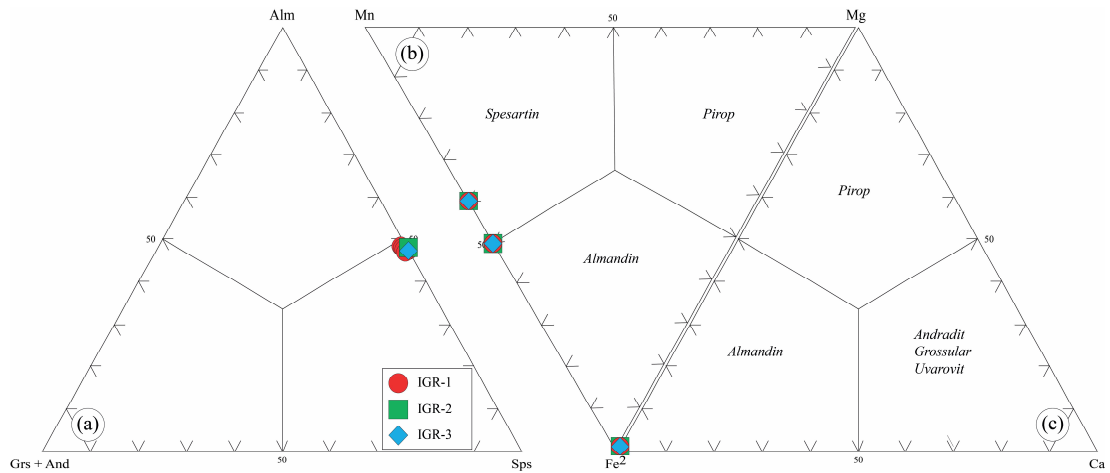
3.5 Mineral Kimyası Çalışmaları

Görece granat fenokristallerinden hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 24 noktadan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 99-101 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-B'de verilmiştir.

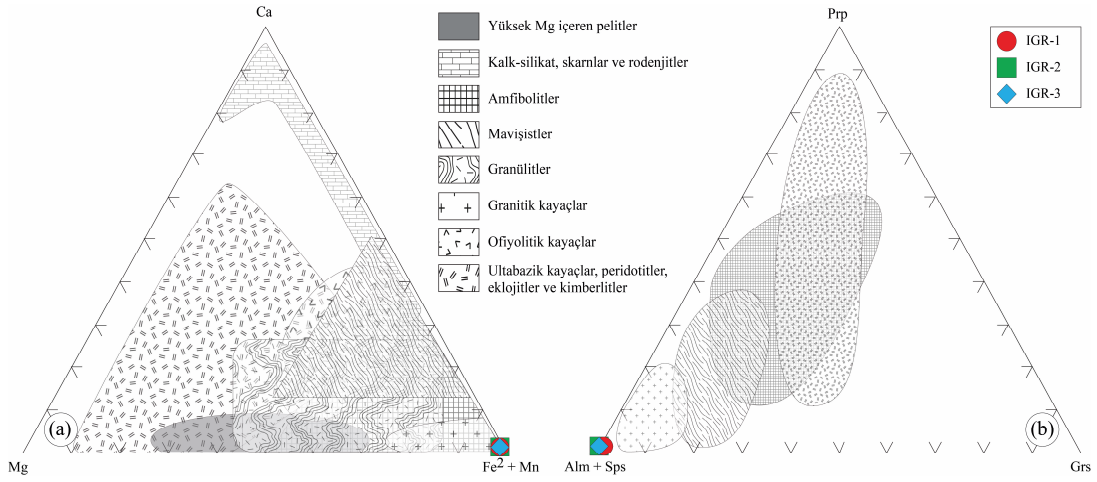
Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Görece granat fenokristallerinin Si içerikleri 5.91 ile 6.26 a.p.f.u arasında değişirken Al^{VI} içerikleri 3.47 ile 3.64, Fe⁺² içerikleri 2.86 ile 3.12, Mg içerikleri 0.29 ile 0.59, Mn içerikleri 3.08 ile 3.34 ve Ca içerikleri 0.04 ile 0.11 arasında değişim göstermektedir. Granat fenokristallerinin Fe⁺²/(Fe⁺²+Mg) oranı 0.01-0.02 arasında değişim gösterirken, Mg/(Mg+Fe⁺²) oranları 0.01-0.02 arasındadır. Mineral kimyası sonuçlarına göre Görece granat fenokristallerinin kimyasal bileşimleri Sps_{0.50-0.52}Alm_{0.47-0.48}Grs_{0.01-0.02} olarak hesaplanmıştır. Wright (1938) tarafından önerilen ve granat üye oranlarını esas alan

üçgen diyagramında Görece granat fenokristallerinin spesartin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 3.9a). Grews ve diğ. (2013) tarafından katyon analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma diyagramlarında (Mg-Fe⁺²-Ca) ve (Mg-Mn-Fe⁺²) ise granat fenokristallerinin almandin-spesartin sınırında çoğunlukla spesartin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 3.9b, c). Analiz sonuçlarının almandin-spesartin sınırında kümelenmiş olması şu şekilde açıklanabilir; Almandin (Fe⁺²₃Al₂Si₃O₁₂) ve spesartin (Mn⁺²₃Al₂Si₃O₁₂) türü granatlar katı karışım özelliği göstermekte olup Fe⁺² ile Mn⁺² arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak yer değişimleri meydana gelebilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda oluşan Fe'li bileşenler sıcaklığın düşmesiyle birlikte yerini Mn'li bileşenlere bırakmaktadır. Granatların içinde bulunduğu kayaç volkanik bir kayaç olduğu için soğuma rejiminde farklılık göstermesi de beklenen bir durumdur. Bu açıklamaya göre granat fenokristalleri genel anlamda homojen bir içyapı göstermesine rağmen ölçüm alınan bazı noktalarda bu tür değişkenlikler görülebilmektedir.

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, Fe⁺²+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında granat fenokristallerinin magmatik (orta asidik volkanitler) kayaçlar alanına düştüğü, volkanizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 3.10a, b)



Şekil 3.9: Görece granat fenokristallerinin **a)** Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), **b)** (Mg-Fe⁺²-Ca), **c)** (Mg-Mn-Fe⁺²) katyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.



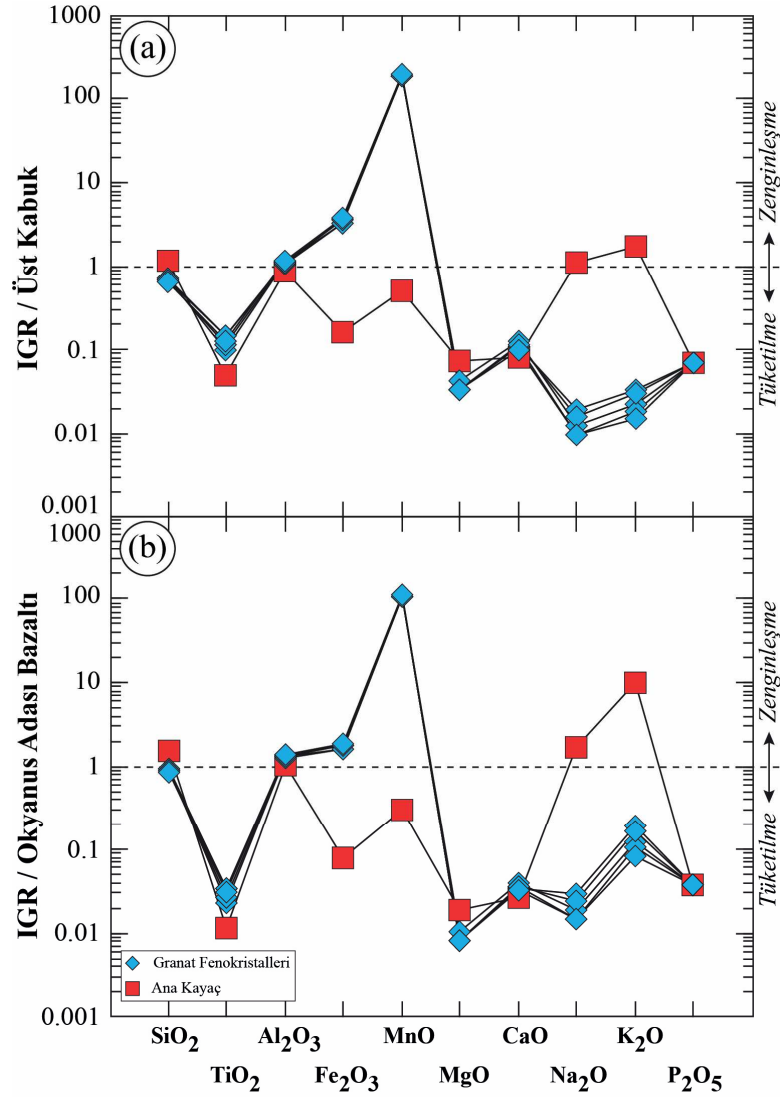
Şekil 3.10: a) Ca-Mg-(Fe²⁺+Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

3.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Görece riyolit ana kayacı ve granat fenokristallerinin ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 3.3’de verilmiştir. Genel olarak granat fenokristallerinin Al₂O₃ içeriği %16.06-17.40 arasında değişirken, SiO₂ %41.78-47.01, MgO %0.08-0.10, Fe₂O₃ %17.92-20.56, TiO₂ %0.06-0.09, CaO %0.35-0.43, Na₂O %0.03-0.06, K₂O % 0.04-0.09, P₂O₅ %<0.01, MnO %18.20-19.48 ve kızdırma kaybı (LOI) % -0.01 ile -0.06 arasında değişmektedir. Minerallerin renklerinin oluşumunda etkili olan ve petroloji çalışmalarında sıklıkla kullanılan bazı iz element içeriklerine göre granat fenokristallerinin Cr içeriklerinin <13.7 ppm, Co içeriklerinin 196.5 ile 221.7 ppm, Cu içeriklerinin 2.4 ile 4.9 ppm, V içeriklerinin <8 ile 10 ppm, Ni içeriklerinin 125 ile 155 ppm, U içeriklerinin 2.7 ile 3.6 ppm, Pb içeriklerinin 5.2 ile 34.3 ppm, Zr içeriklerinin 46.7 ile 62.5 ppm, Sr içeriklerinin 0.8 ile 2.1 ppm, Nb içeriklerinin 5.9 ile 22.3 ppm, Y içeriklerinin 73.5 ile 107.2 ppm, La içeriklerinin 2.8 ile 21 ppm, Ce içeriklerinin 9 ile 55.6 ppm ve Th içeriklerinin 11.6 ile 19.2 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.3).

Görece riyolit ana kayacı ve granat fenokristallerinin ÜKK ve Okyanus Adası Bazalt’larına (OIB) göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında ana oksit elementleri bakımından benzer dağılım deseni gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 3.11a, b). ÜKK ve OIB’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında Görece granat fenokristallerinde Fe₂O₃ ve MnO elementleri

bakımından zenginleşme, TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri elementleri bakımından tüketilmeler görülmektedir (Şekil 3.11a, b). ÜKK ve OIB'ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramlarında riyoit ana kayacı ile granat fenokristallerinin benzer değişim desenleri gösterdiği, bununla birlikte riyoit ana kayacının granat fenokristallerine göre Na_2O ve K_2O elementleri bakımından zenginleştiği Fe_2O_3 ve MnO elementleri bakımından da tüketildiği görülmüştür. Bu durum spesartın bileşimli granatlarda Fe ve Mn elementlerinin yüksek Na ve K elementlerinin düşük, riyoit ana kayacında ise Na ve K elementlerinin yüksek Fe ve Mn elementlerinin düşük miktarda bulunması ile açıklanabilir.



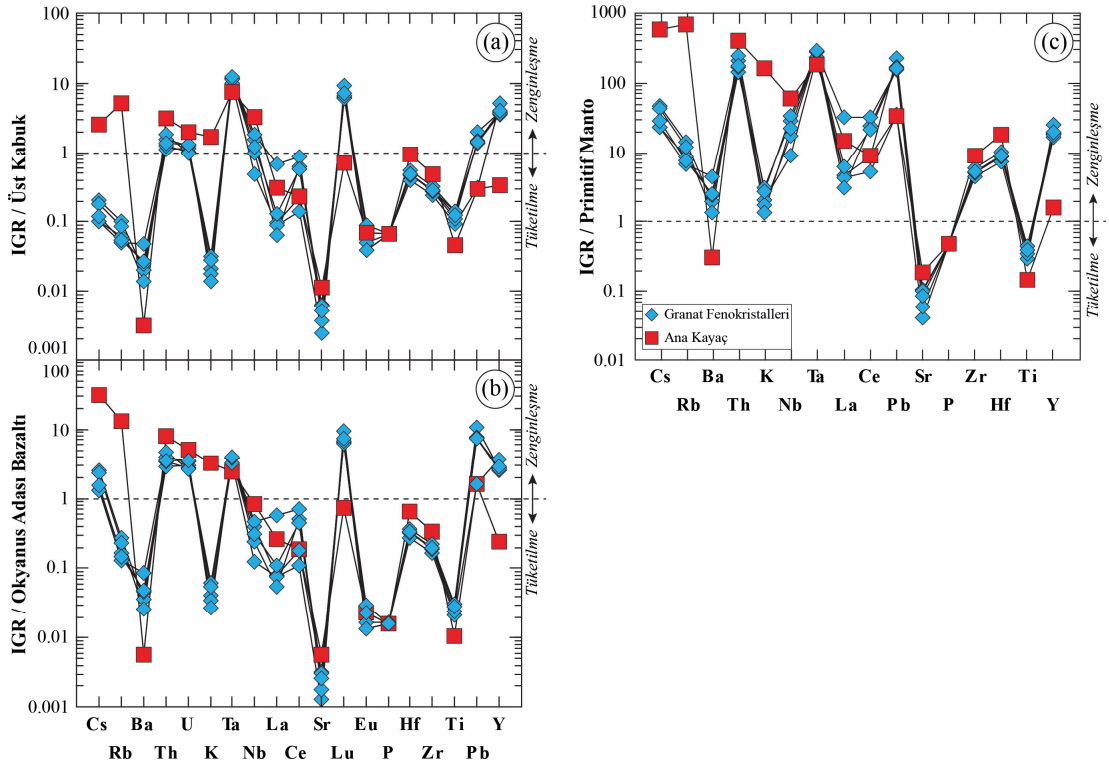
Şekil 3.11: Granat fenokristalleri ve riyoit ana kayacının ana oksit elementlerinin a) ÜKK b) OIB değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den, OIB değerleri BVSP 1981'den alınmıştır).

Tablo 3.3: Görece granat fenokristalleri ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

Element/Örnek		Granat Fenokristalleri					Ana Kayaç
		IGR-1	IGR-2	IGR-3	IGR-4	IGR-5	IGR-YK
SiO ₂	%	47.01	45.89	44.69	44.23	41.78	75.87
Al ₂ O ₃	%	16.06	16.39	16.71	16.99	17.40	12.81
Fe ₂ O ₃	%	17.92	18.27	19.35	20.13	20.56	0.89
MgO	%	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.18
CaO	%	0.37	0.43	0.38	0.39	0.35	0.28
Na ₂ O	%	0.06	0.04	0.03	0.05	0.03	3.60
K ₂ O	%	0.09	0.06	0.05	0.08	0.04	4.74
TiO ₂	%	0.09	0.06	0.07	0.09	0.08	0.03
P ₂ O ₅	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
MnO	%	18.20	18.61	18.44	18.26	19.48	0.05
LOI	%	-0.2	-0.1	-0.1	-0.6	-0.1	1.4
Toplam	%	99.72	99.75	99.73	99.72	99.74	99.85
Cr	ppm	<14	<14	<14	<14	<14	<14
Ba	ppm	13.0	16.0	30.0	9.0	17.0	2.0
Ni	ppm	138.0	140.0	155.0	125.0	144.0	46.0
Sc	ppm	61.0	77.0	67.0	60.0	82.0	4.0
Co	ppm	221.7	196.5	214.4	209.2	212.8	65.3
Cs	ppm	1.0	0.5	0.5	0.9	0.6	12.3
Ga	ppm	28.7	28.3	32.3	34.1	36.4	23.2
Hf	ppm	2.9	2.1	2.6	2.5	2.6	5.1
Nb	ppm	18.9	5.9	11.7	22.3	14.7	39.6
Rb	ppm	8.5	5.2	4.1	7.2	4.6	417.5
Sn	ppm	6.0	5.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Sr	ppm	2.1	0.8	2.0	1.2	1.7	3.7
Ta	ppm	10.4	8.8	10.4	10.2	10.8	6.7
Th	ppm	11.6	13.3	16.3	19.2	14.3	32.4
U	ppm	3.1	2.8	3.4	2.7	3.6	5.3
V	ppm	10.0	<8	<8	9.0	10.0	<8
Zr	ppm	62.5	46.7	53.0	54.2	55.6	94.7
Y	ppm	80.5	107.2	73.5	77.8	83.9	7.0
Mo	ppm	1.1	1.0	1.5	1.2	1.5	0.8
Cu	ppm	4.9	2.4	3.1	2.8	2.5	1.3
Pb	ppm	34.3	5.2	25.0	23.6	24.1	5.1
Zn	ppm	29.0	34.0	36.0	29.0	32.0	9.0
As	ppm	10.7	5.7	9.6	17.5	16.4	1.7
Cd	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
La	ppm	3.0	2.8	2.0	21.0	4.1	9.7
Ce	ppm	14.3	9.0	40.2	55.6	36.2	14.9
Pr	ppm	1.2	1.4	1.4	6.3	1.9	1.9
Nd	ppm	10.0	9.9	9.6	23.4	11.1	6.1
Sm	ppm	11.5	14.3	11.6	12.4	11.0	1.6
Eu	ppm	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
Gd	ppm	14.1	19.2	14.3	15.2	15.0	1.7
Tb	ppm	3.1	4.4	3.1	3.4	3.5	0.3
Dy	ppm	20.6	28.8	20.1	22.1	22.6	1.7
Ho	ppm	4.0	5.4	3.8	4.1	4.3	0.4
Er	ppm	12.2	16.8	11.4	12.4	13.3	1.1
Tm	ppm	2.0	2.7	1.9	2.0	2.2	0.2
Yb	ppm	13.6	19.2	12.9	14.1	15.1	1.3
Lu	ppm	2.0	2.8	1.9	2.0	2.2	0.2
(La/Sm) _N		0.16	0.12	0.11	1.07	0.24	3.75
(Sm/Yb) _N		0.91	0.80	0.97	0.94	0.78	1.37
(Eu/Eu*) _N		0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.13
(Y/Ho) _N		0.71	0.69	0.68	0.66	0.68	0.70

Eu* = (Sm+Gd)/2

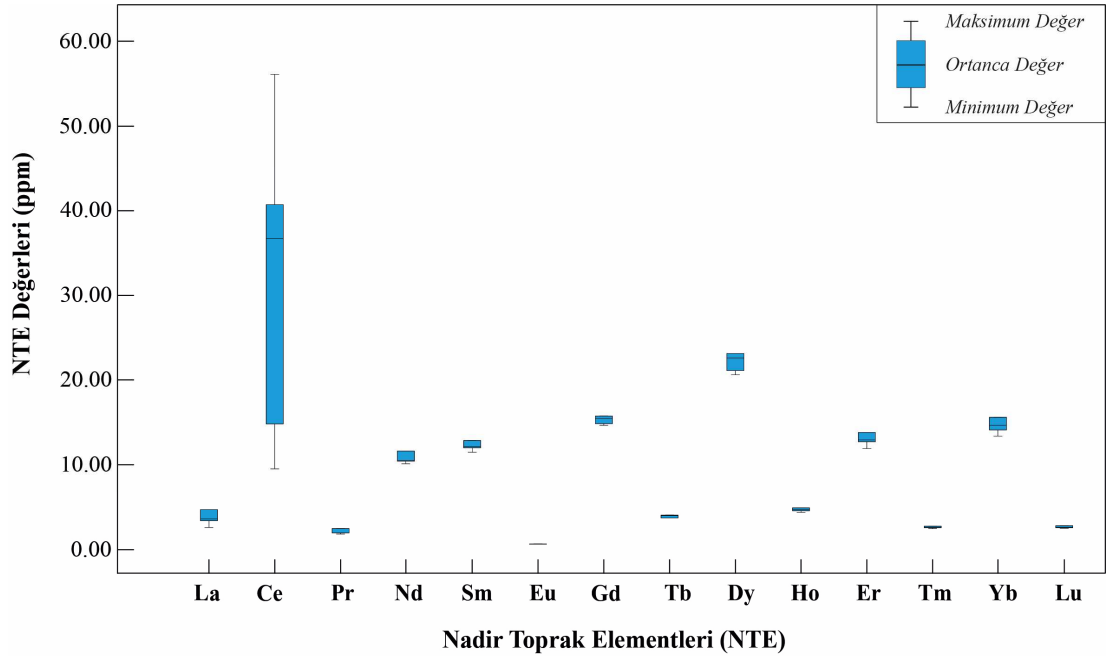
İz element içeriklerine göre ÜKK'ye göre normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında Görece granat fenokristalleri LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr) bakımından tüketilmeler gösterirken Th, Ta, Lu ve Y gibi HFSE'ler bakımından 10 kat'a varan zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 3.12a). Benzer şekilde OIB'ye göre normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında Görece granat fenokristalleri Rb, Ba, K ve Sr gibi LILE'ler bakımından tüketilmeler gösterirken Th, U, Ta, Lu ve Y gibi HFSE'ler bakımından 10 kat'a varan zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 3.12b). PM değerlerine normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında granat fenokristalleri ve riyolit ana kayacının Ba, Sr, P ve Ti dışındaki iz elementler bakımından 1000 kata varan zenginleşmeler gösterdiği, aynı petrolojik süreçler sonucunda oluştukları söylenebilir (Şekil 3.12c).



Şekil 3.12: Görece granat fenokristalleri ve içerisinde buldukları riyolit ana kayacının a) ÜKK b) OIB c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, OIB iz element içerikleri Sun ve McDonough 1989'dan, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Görece granat fenokristallerinin NTE değerlerine bakıldığında; La içerikleri 2 ile 21 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 9 ile 55.6 ppm, Pr içerikleri 1.2 ile 6.9 ppm, Nd içerikleri 9.6 ile 23.4 ppm, Sm içerikleri 11 ile 14.3 ppm, Eu içerikleri 0.0 ile 0.1 ppm, Gd içerikleri 14.1 ile 19.2 ppm, Tb içerikleri 3.1 ile 4.4 ppm, Dy

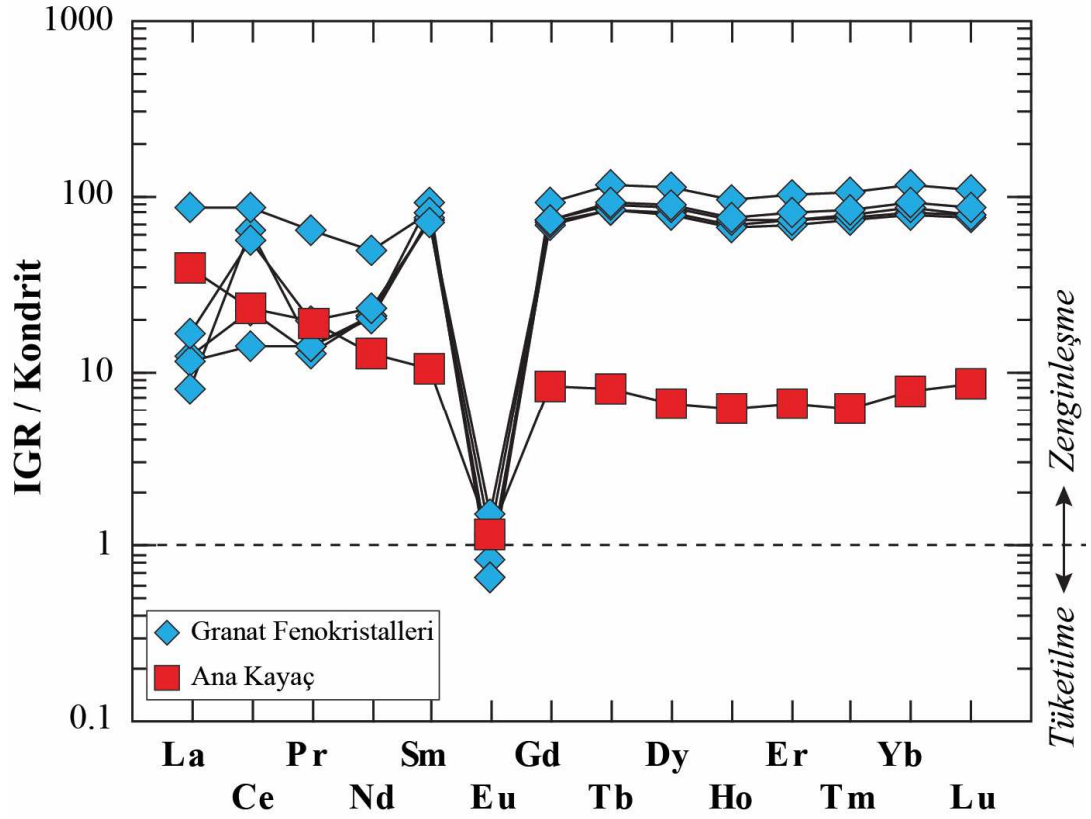
içerikleri 20.1 ile 28.8 ppm, Ho içerikleri 3.8 ile 5.4 ppm, Er içerikleri 11.4 ile 16.8 ppm, Tm içerikleri 1.9 ile 2.7 ppm, Yb içerikleri 12.9 ile 19.2 ppm ve Lu içerikleri 1.9 ile 2.8 ppm arasında değişmektedir (Şekil 3.13). Görece granat fenokristallerinin Ce haricindeki diğer nadir toprak elementleri bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin Ce içeriği bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetrik dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Görece granat fenokristallerinin NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramında Görece granat fenokristallerinin Eu elementi haricinde LREE ve HREE bakımından hemen hemen aynı zenginleşmeleri gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte Görece granat fenokristallerinin içerisinde buldukları riyolit ana kayacına göre HREE ve LREE bakımından 10 kata varan zenginleşmeler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3.14). Görece granat fenokristallerinin toplam NTE içerikleri 116.4 ile 194 (ppm) arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 0.11 ile 1.07 (ppm) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.78 ile 0.97 (ppm) arasında, $(Y/Ho)_N$ içerikleri 0.66 ile 0.71 arasında ve $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 0.01 ile 0.02 arasında değişmektedir (Tablo 3.3). Bu değerlere göre Görece granat fenokristallerinin belirgin Y ve Eu anomalisi göstermektedir. Eu anomalisi başlıca feldispat mineralleri tarafından kontrol edilmektedir. Felsik bir eriyikte feldispatların ortamdaki fraksiyonel kristallenme

ve/veya kısmı erime gibi petrolojik süreçlerle ortamdan uzaklaştırılması negatif Eu anomalisine neden olmaktadır (Rollinson 1993).



Şekil 3.14: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

3.6.1 Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermometre)

Görece granat kristallerinin oluşum sıcaklıklarına yaklaşımda bulunmak amacıyla tüm kayaç kimyasından yararlanılarak belirlenen zirkon ve apatit doygunluk sıcaklıkları hesaplanmıştır. Bu jeotermometre hesaplamalarının özellikler zirkon'a doymuş felsik magmalarda doğru sonuçlar verdiği bilinmektedir (Watson ve Harrison 1983, Boehnke ve diğ. 2013, Kaygusuz ve diğ. 2013, Gücer ve Sarı 2021).

Granat fenokristallerinin içerisinde bulunduğu riyolit bileşimli volkanitlerin Zr içeriği 94.7 ppm olup, petrografik incelemelerde biyotit fenokristalleri içerisinde zirkon kapanımları bulunduğu belirlenmiştir. Yapılan zirkon ve apatit doygunluk sıcaklık hesaplamalarına göre granat içeren volkanitlerin Zr doygunluk sıcaklığının 756 °C, apatit doygunluk sıcaklığının ise 766 °C olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.4).

Bu değerlere göre Görece granat fenokristallerinin belirtilen sıcaklık aralığında oluşmuş olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 3.4: Görece granat fenokristallerinin zirkon ve apatit doğunluk sıcaklıklarına göre belirlenen oluşum sıcaklıkları.

Görece Riyolit	Zr (ppm)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO
	94.7	75.87	0.03	12.81	0.89	0.05	0.18
	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	A/CNK	Zirkon C	Apatit C
0.28	3.60	4.74	0.01	1.11	756	766	

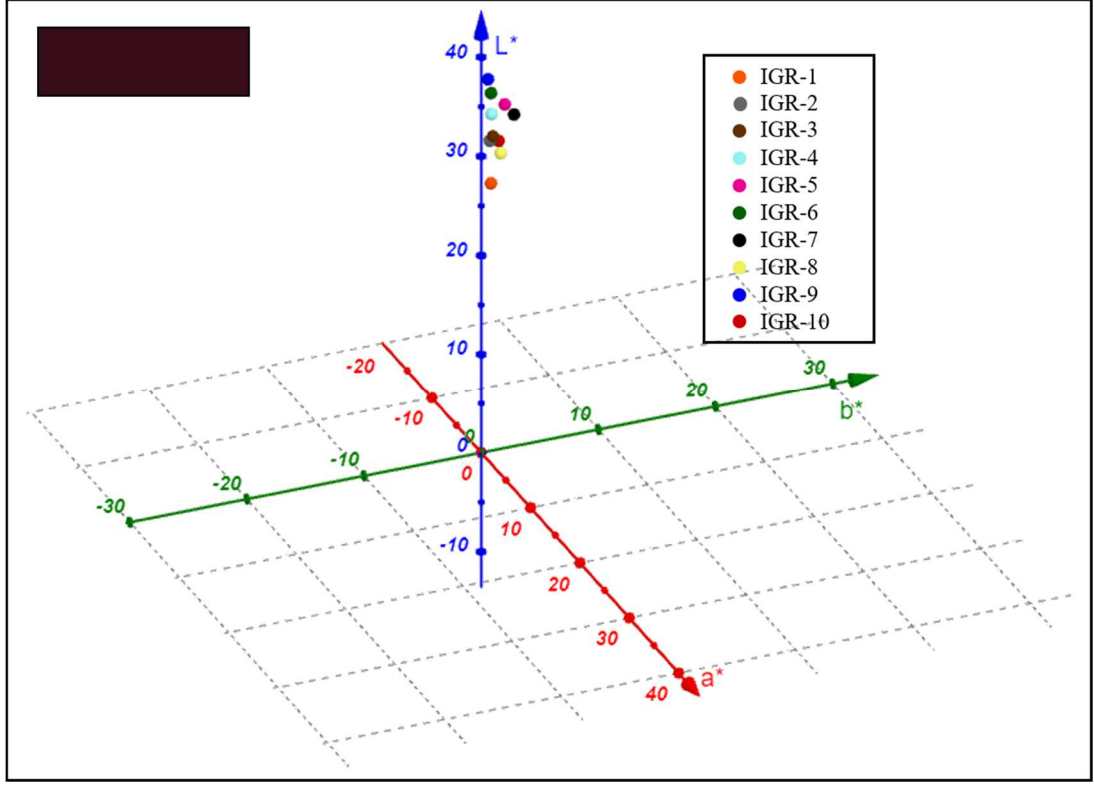
3.7 Gemolojik Değerlendirmeler

3.7.1 Renk lmeleri

Görece granat fenokristallerinin renk lmeleri L*:a*:b* sistemine göre yapılmıştır ve L*:a*:b* sistemine göre renk ortalaması 33.22*:0.70*:0.98* (kırmızımsı siyah) olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5 ve Şekil 3.15).

Tablo 3.5: Görece granat fenokristallerinin L*:a*:b* renk ölüm sonuçları.

Ölüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L*	31.49	36.44	37.8	35.34	34.87	31.67	30.63	27.28	34.41	32.26	33.22
a*	0.42	0.39	0.25	0.88	1.99	0.43	1.07	0.32	0.55	0.74	0.7
b*	1.3	0.67	0.47	1.64	1.96	0.55	1.2	0.69	0.63	0.69	0.98



Şekil 3.15: Görece granat fenokristallerinin L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.

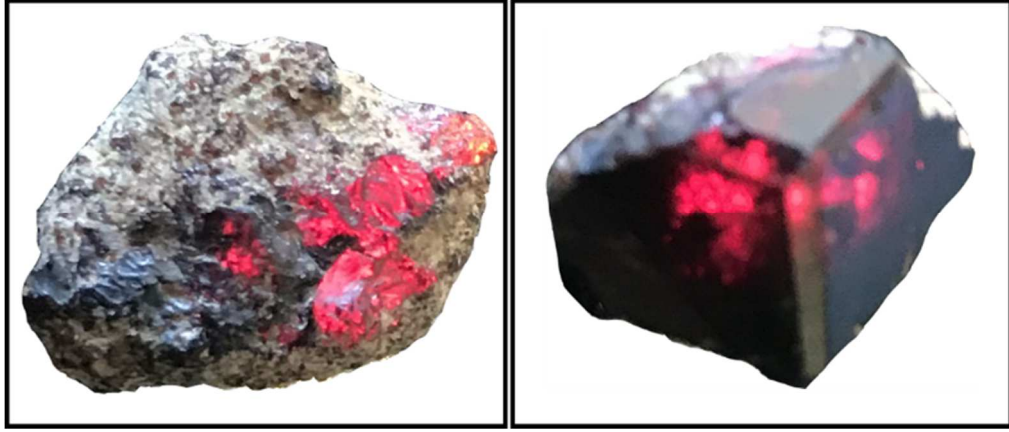
3.7.2 Gemolojik Testler

Görece granat fenokristallerinin gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıklarının 4.01 ile 4.20 arasında değiştiği ve kırılma indislerinin ortalama 1.79 civarında olduğu belirlenmiştir. Görece granat fenokristallerinin optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde de mavi bant aralığında 455 nm'de güçlü ve yeşil bant aralığında 500 nm'de zayıf çizgiler gösterdiği görülmüştür. İncelenen granat fenokristalleri güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Testler sonucu elde edilen veriler dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türleri ile karşılaştırılmış olup gemolojik özellikleri bakımından spesartin türü granatlara benzerlik göstermektedir. (Tablo 3.6) Görece granat fenokristallerinin çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında değerli süs taşlarında aranan camı parlaklık gösterdiği ve saydam-yarı saydam olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.16). İncelemelere göre kırık ve çatlakların daha az olduğu örneklerde şeffaf süs taşlarında tercih edilen fasetli işleme tekniğinin kullanılarak kuyumculuk sektöründe kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Görece bölgesinden elde edilen granat fenokristalleri eldeki imkânsızlıklar nedeniyle fasetli kesim

teknikleriyle işlenememiş olsa da kaboşon işleme teknikleriyle işlenmiş ve takıya dönüştürülmüştür (Şekil 3.17)

Tablo 3.6: Görece granat fenokristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Görece Granatları	4.01-4.20	1.79	Camsı koyu kırmızı-siyah	Mavi: 455 nm (güçlü) Yeşil: 500 (zayıf)



Şekil 3.16: Altan ışık verilmiş Görece granat fenokristalleri.

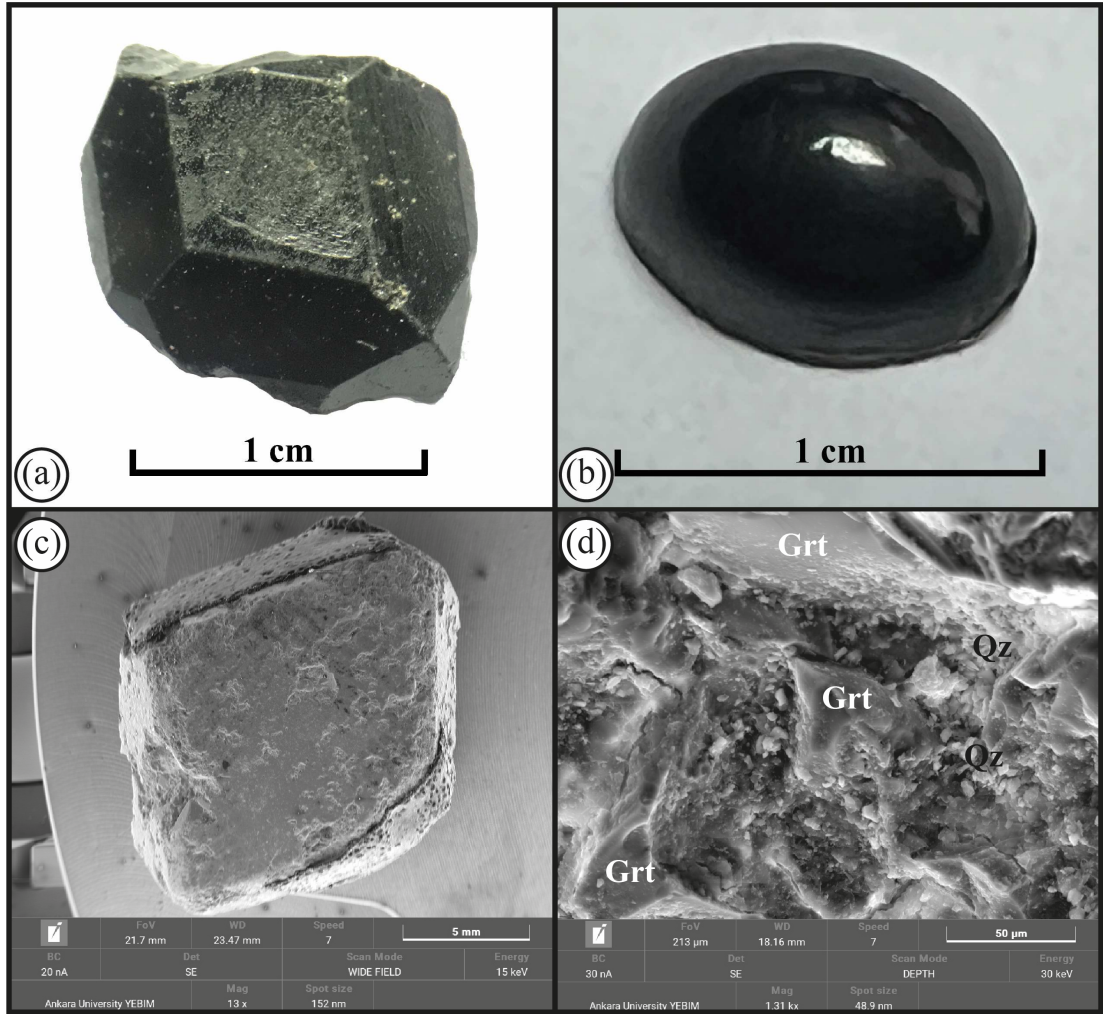


Şekil 3.17: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüş Görece granat fenokristalleri.

3.7.3 Granat Fenokristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri

Camsı parlaklığa sahip özşekilli kristaller şeklinde gözlenen ve parlatıldığında pürüzsüz bir yüzey elde edilen Görece granat fenokristallerinin geniş açı SEM görüntüleri incelendiğinde dodekahedron kristal yüzeylerinde bozulmalar görülmektedir (Şekil 3.18a,b). Bu bozulmalar magma-kristal etkileşiminden kaynaklı

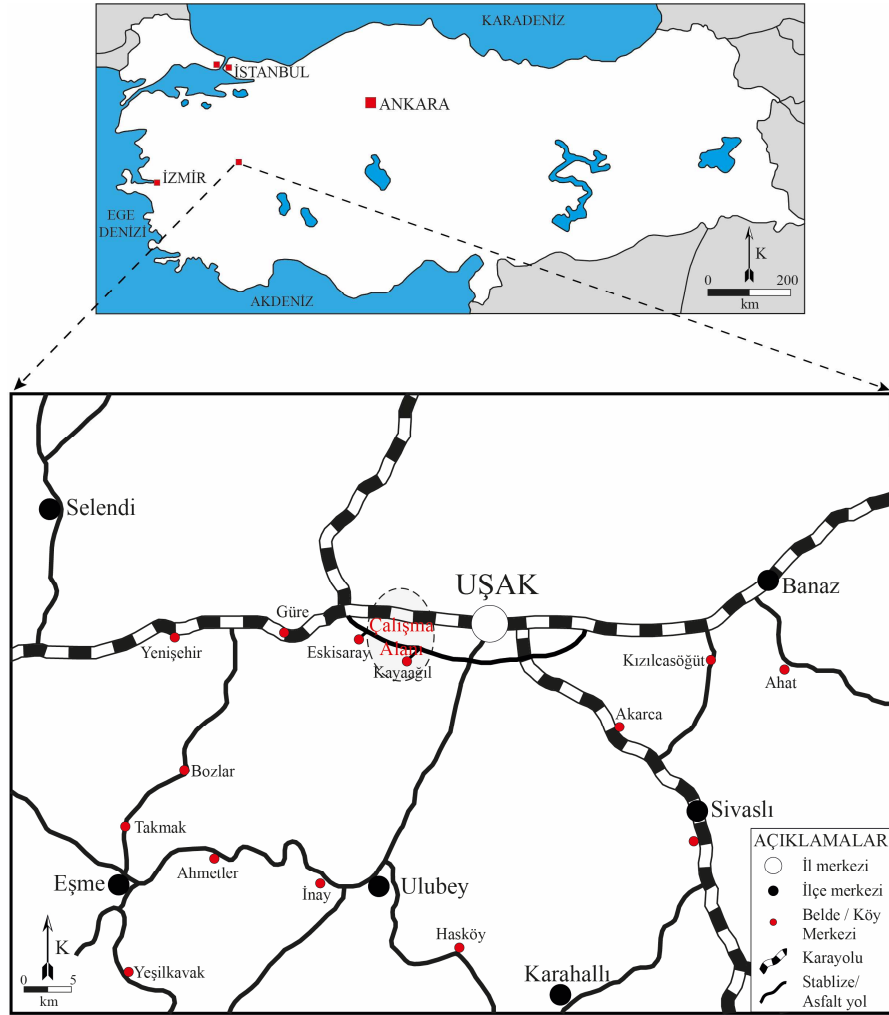
kırık ve çatlaklar şeklinde ifade edilebilir (Şekil 3.18c). Kırık ve çatlaklar üzerine yapılan daha derin görüntülerde ise içyapıda magmatik süreçler sonucunda çok fazla kimyasal bir bozulma olmamakla beraber element değişimleri sırasında ikincil mineral olarak kuvars oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.18d). Granat fenokristallerinde oluşan boşluk ve kırıklar süs taşlarının işlenmesi sırasında yüzey pürüzsüzlüğünü negatif etkileyen faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Gemolojik olarak değerlendirildiğinde fiziksel bozulmalara daha az uğramış granat fenokristallerinin değerli taş sınıfında olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.18: Görece granat fenokristallerinin a) işlenmemiş, b) işlenmiş el örnekleri görüntüleri ile c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).

4. KAYAĞIL (UŞAK) LOKASYONU

Uşak il merkezinin 11 km güneybatısında Kayağıl ve Eskisaray köylerini kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli Uşak K22c1 ve c2 paftalarının birleşiminde yer almaktadır (Şekil 4.1). Morfolojik olarak engebeli bir topografyaya sahip olan inceleme alanında volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaç toplulukları bulunmaktadır. Granat oluşumları inceleme alanındaki metamorfik birimler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir.

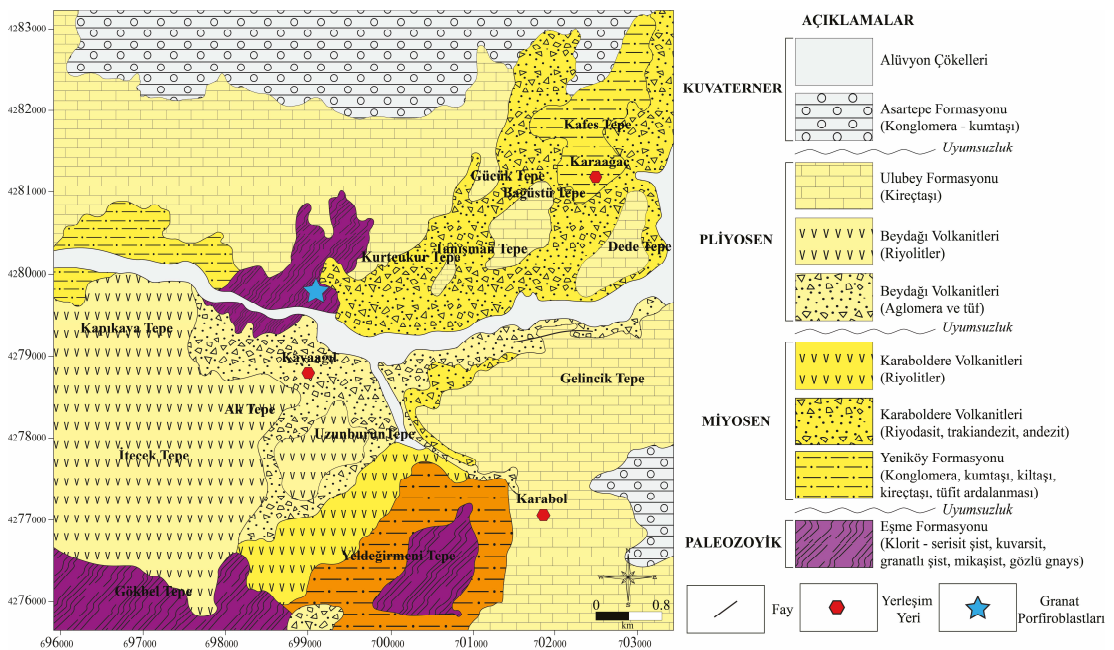


Şekil 4.1: Kayağıl lokasyonu yerbulduru haritası.

4.1 Jeolojik Yapı

İnceleme alanının jeolojisine yönelik oldukça fazla sayıda çalışmanın bulunduğu lokasyonda gözlenen jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar, Miyosen yaşlı volkano - sedimanter kayalar, Pliyosen yaşlı volkanik ve sedimanter kayalar, Kuvaterner yaşlı karasal sedimanter kayalar şeklinde özetlenebilir (Şekil 4.2) (Ercan ve diğ. 1978, Ercan ve diğ. 1983, Seyitoğlu 1997, Özpinar ve diğ. 1999, Karaoğlu ve diğ. 2010, Karaoğlu ve Helvacı 2012).

Eşme Formasyonu olarak adlandırılan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar başlıca klorit, serisit şist, kuvarsit, granatlı şist, mikaşist gözlü gnays bileşimli kayalardan oluşmaktadır. Metamorfik temel kayaları üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı Yeniköy formasyonu ve Karaboldere volkanitleri gelmektedir. Yeniköy formasyonu konglomera, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı kayalarından oluşurken Karaboldere volkanitleri riyalit-trakit bileşimli volkanik kayalar ve bunların piroklastik ürünlerinden oluşmaktadır. Miyosen yaşlı volkano - sedimanter birimler üzerine uyumsuzlukla Pliyosen yaşlı Beydağı volkanik ve piroklastik kayaları ile Ulubey formasyonuna ait kireçtaşları gelmektedir. Bölgenin en genç kayalarını Asartepeler formasyonuna ait konglomera - kumtaşı birimleri ile alüvyon çökelleri oluşturmaktadır (Ercan ve diğ. 1978).

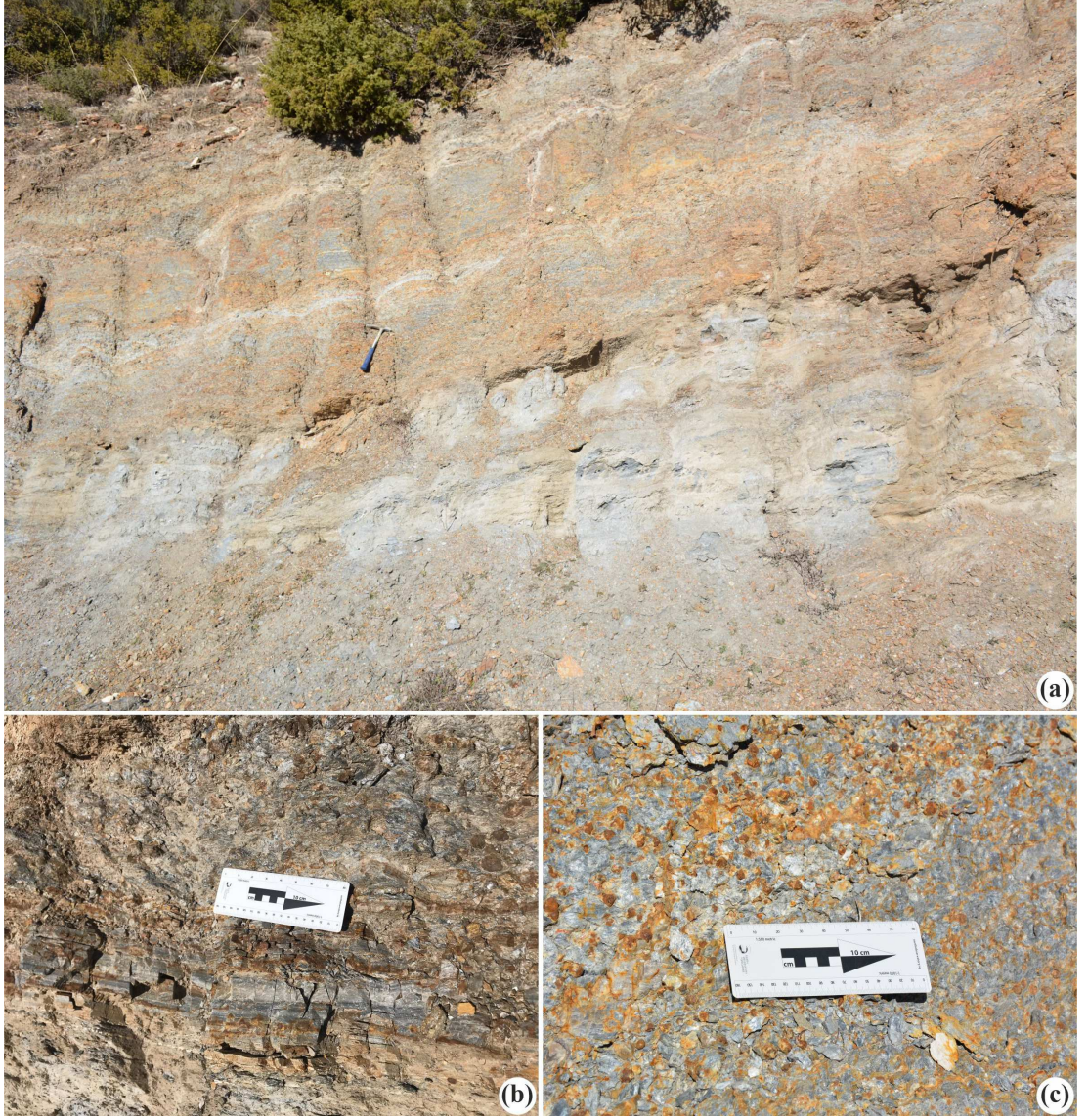


Şekil 4.2: Kayaçalı jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli K22c1 ve c4 haritalarından alınmıştır).

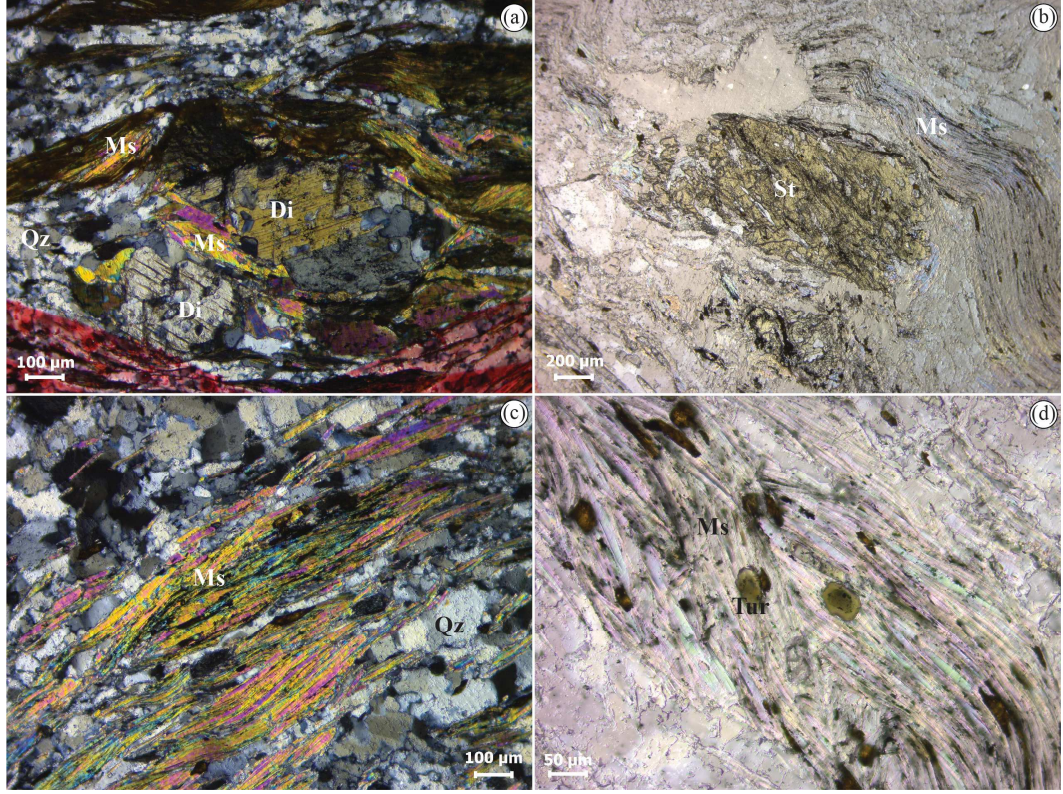
4.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

Kayaağıl (Uşak) lokasyonundaki granatlar Menderes masifi çekirdek serisine ait şistler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir. Şistler arazide yeşilimsi, sarımsı kahverengi, beyazımsı gri renkte olup, belirgin bir şistozite göstermektedirler (Şekil 4.3a). Granat içeren şistler petrografik olarak disten stavrolit muskovit kuvars şist bileşiminde olup, porfiroblastik dokuya sahiptirler. Şistler içerisinde yer yer gri, grimsi beyaz renkli, oldukça sert ve kırılğan yapıya sahip kuvars bantları görülmektedir (Şekil 4.3b). Şistler içerisindeki granat porfiroblastları sarımsı kahverengi renkli benekler şeklinde görülmekte olup, kayaç yüzeyinde çıkıntılar oluşturmaktadır (Şekil 4.3c). Petrografik incelemelere göre granat porfiroblastları içeren şistlerin kuvars, muskovit, stavrolit, disten, klorit, turmalin, granat ve opak minerallerden oluştuğu belirlenmiştir. Distenler kısa prizmatik kristaller şeklinde görünmekte olup, kuvars ve opak mineral kapanımları içermektedir (Şekil 4.4a). Stavrolitler öz-yarı özşekilli kristaller halinde ve PN'de karakteristik olan altın sarısı renklerde görülmektedir. Bununla birlikte fazlaca rutil ve opak mineral kapanımları içermektedir (Şekil 4.4b). Muskovitler ince uzun yapraksı kristaller halinde görünürken yaygın olarak buruşma klivajı gösterirler. Dilinim çizgileri boyunca opak mineral kapanımları gözlenmektedir (Şekil 4.4c). Kuvarslar öz şekilsiz küçük kristaller halinde görülmekte olup dalgalı sönme göstermektedirler. Turmalinler yeşilimsi sarı renkte pleokrozima gösteren kısa trigonal kristaller halinde gözlenmektedir (Şekil 4.4d). Kloritler muskovitler ile birlikte PN'de soluk yeşilimsi sarı renklerde görülmektedir.

Doku	: Nematolepidogranoblastik doku
Mineral Zonu	: Disten zonu
Metamorfizma Fasiyesi	: Amfibolit fasiyesi
Köken Kayacı	: Metapelitik (Blatt ve Tracy 2001)



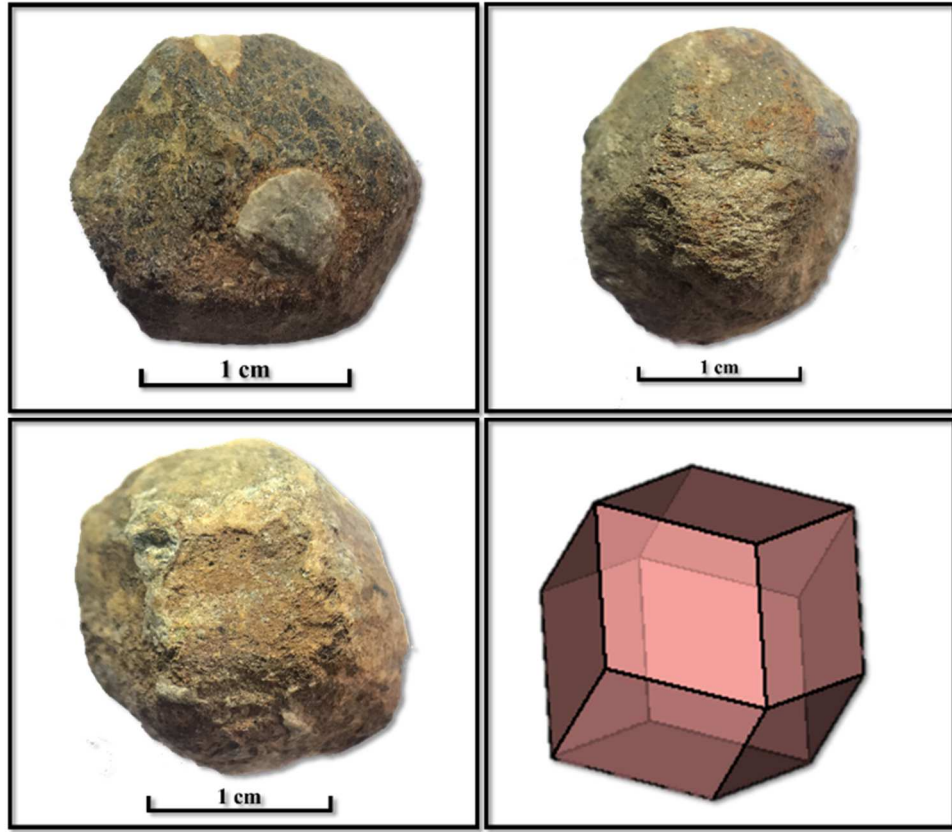
Şekil 4.3: a) Kayağıl bölgesindeki granatlı mikaşistlerin arazideki görünümü, b) Şistler içerisindeki kuvarsit bantları c) Kayaç yüzeyinde çıkıntılar oluşturan granat porfiroblastları



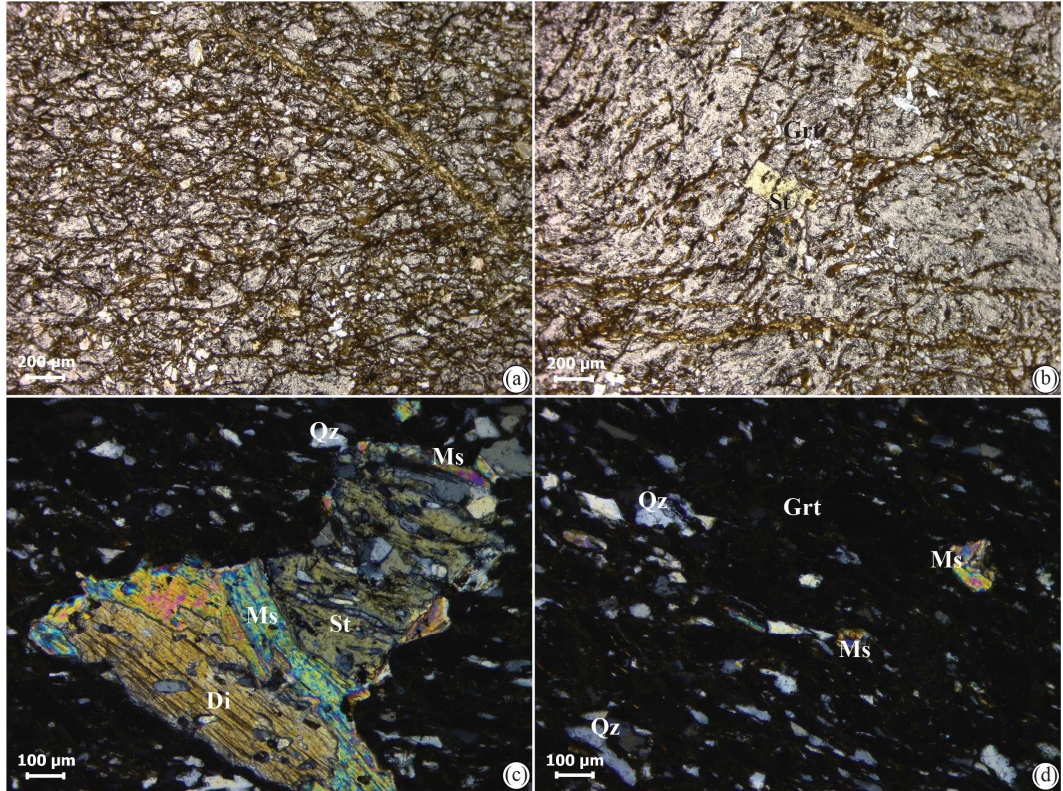
Şekil 4.4: a) Şistler içerisindeki mineral bileşenler, b) Stavrolit ve muskovit mineralleri (PN), c) Kuvars ve muskovit mineralleri, d) Muskovitler içerisindeki turmalin ve opak mineral kapanımları (PN) (Di: Disten, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars, St: Stavrolit, Tur: Turmalin).

Şistler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülen granatlar 0.5 - 3 cm çapında olup, dodekahedron kristal formundadır (Şekil 4.5). Granat porfiroblastları kahverengi renkte, kristal yüzeyleri mat ve toprağımsı görünümde olup, içerisinde bulunduğu şist ana kayacından elle kolayca ayrılabilir.

Mikroskop incelemelerinde granat porfiroblastları çok kırık ve çatlaklı taneler şeklinde gözlenmiştir. PN’de kırık ve çatlaklar boyunca hematitleşme, limonitleşme ve kloritleşme görülmektedir (Şekil 4.6a). Porifroblastlar belirgin bir zonlanma göstermezken mineral kapanımları içermektedir. Kapanım olarak ise en fazla kuvars, disten, stavrolit ve muskovit mineralleri içeren porfiroblastlar poikiloblastik doku göstermektedir (Şekil 4.6 b, c, d,).



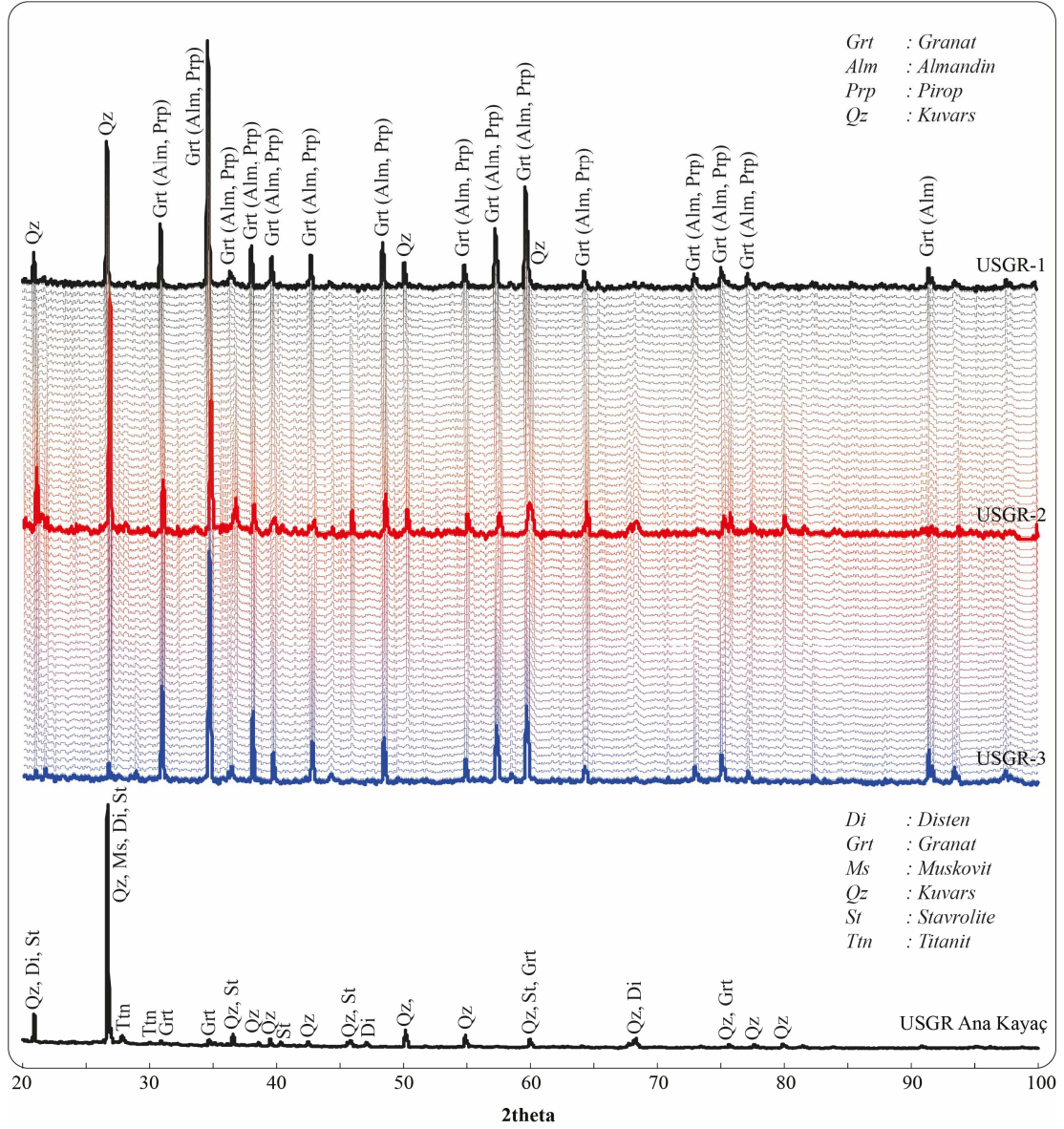
Şekil 4.5: Kayağı granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 4.6: Granat porfiroblastlarında gözlenen a) kırıklı-çatlaklı yapı ve kloritleşme (PN), b) Stavrolit kapanımı (PN) c) Disten, muskovit, stavrolit ve kuvars kapanımları, d) Kuvars ve muskovit kapanımları (Grt: Granat, St: Stavrolit, Di: Disten, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).

4.3 X-Işınları Difraktometre İncelemeleri

Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, granat porfiroblastları içeren şist ana kayacında disten, kuvars, muskovit, satvrolit, granat ve titanit pikleri tespit edilmiştir. Granat porfiroblastlarının XRD desenleri birbirine benzer olup, almandin-pirop türü granat pikleri ile birlikte içerdikleri kapanımlardan kaynaklanan kuvars pikleri de içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.7). Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2 θ değerleri ile Kayağıl granat porfiroblastlarını karşılaştırdığımızda büyük oranda almandin, daha az oranda pirop türü granatlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.1).



Şekil 4.7: Granat porfiroblastları ve şist ana kayacının toz XRD grafikleri.

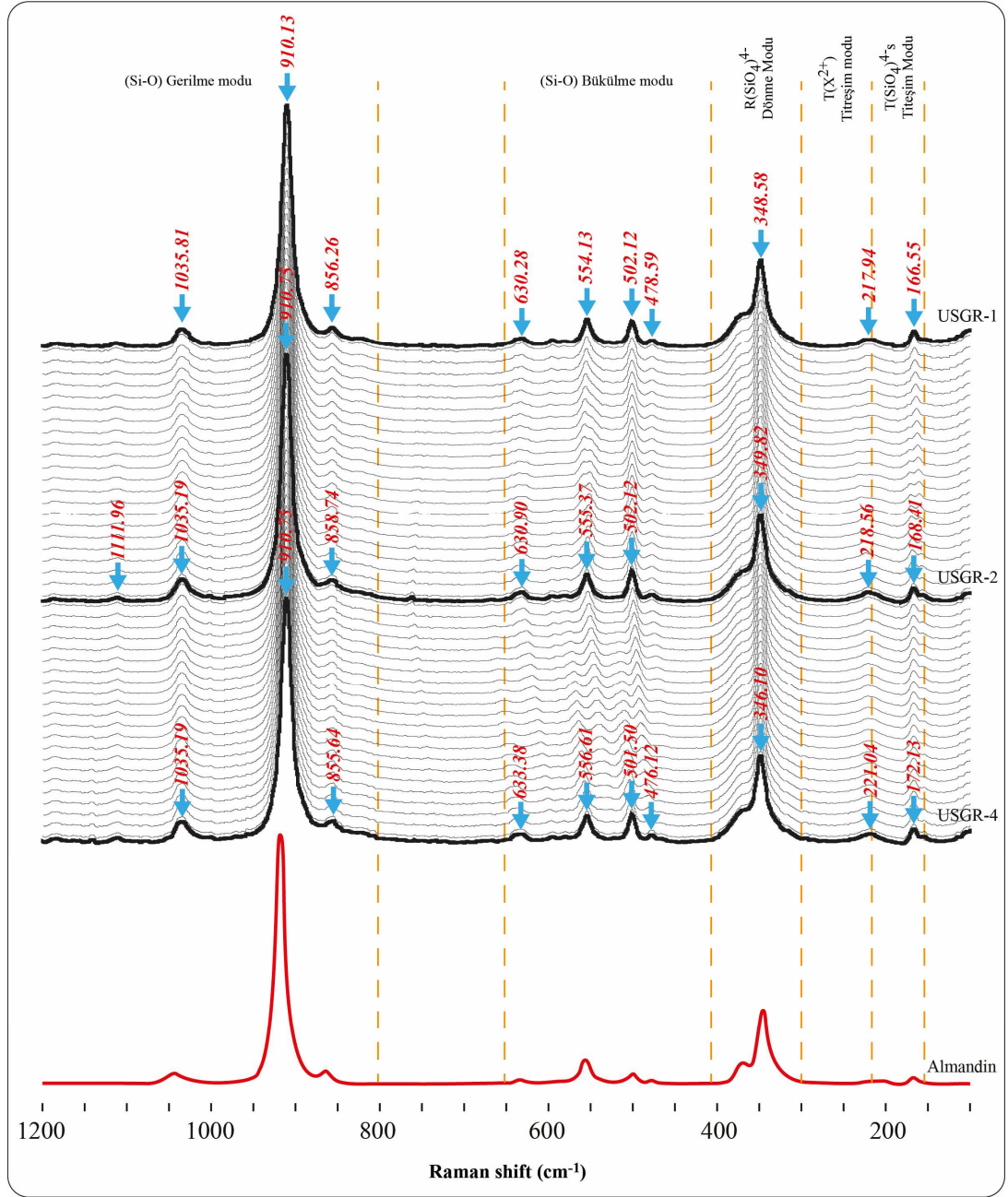
Tablo 4.1: Kayağıl granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2 θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.

Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Kayağıl	
2 θ	d	2 θ	d	2 θ	d	2 θ	d	2 θ	d-	2 θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76		
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11		
				30.12	2.97						
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91	30.86	2.90
				33.78	2.65			34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			34.60	2.59
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46			36.33	2.47
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38		
				38.69	2.33			39.46	2.28	38.02	2.36
39.96	2.26	39.83	2.26							39.63	2.27
				41.69	2.17	40.97	2.20				
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13	42.72	2.11
				47.22	1.93						
								48.16	1.89		
48.80	1.87	48.64	1.87								
				53.50	1.71						
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68		
						57.14	1.61	57.01	1.62		
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59					57.30	1.60
								59.37	1.56	59.68	1.55
73.65	1.29										
								74.66	1.27	73.13	1.30
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10			75.22	1.26

*Granat uç üyelerine ait 2 θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5,'den alınmıştır.

4.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri.

Kayağıl granat porfiroblastları üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 10 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 910-912 ve 347-349 cm^{-1} 'de, orta şiddetli kayma pikleri 1035-1036, 554-555 ve 500-502 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 855-858, 624-639, 477-478, 217-221 ve 166-169 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 4.8 ve Tablo 4.2).



Şekil 4.8: Kayağıl granat porfiroblastları ve almandin türü granatın Raman spektrumları (Almandin uç üyesine Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).

Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS Raman kayma değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Buna göre Kayağıl granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait Raman spektrumlarını karşılaştırdığımızda Kayağıl granat porfiroblastlarının almandin bileşimli granat türü ile çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.8 ve Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Kayağıl granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Spesartin*	Kayağıl
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₃	1062	1032	1007	1027	1035-1036
E _g	v ₃	938	920	904	913	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₃	899	892	850	878	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₃	866	862	826	849	855-858
A _{1g}	v ₁	925	910	881	905	910-912
E _g	v ₁	911	910	852	892	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₄	648	628	629	628	629-634
E _g	v ₄	626	593	590	592	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₄	598	576	577	573	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₄	510	498	509	499	502-500
A _{1g}	v ₂	562	553	549	550	554-555
E _g	v ₂	524	521	526	521	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	v ₂	490	474	478	472	477-478
E _g	v ₂	439	421	416	410	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	R(SiO ₄)	379	355	383	350	
E _g	R(SiO ₄)	365	368	369	372	
A _{1g}	R(SiO ₄)	362	347	374	347	347-349
T _{2g} ⁺ T _{1u}	R(SiO ₄)	350	312	349	314	
T _{2g} ⁺ T _{1u}	T(M)	272	212	246	220	217-221
T _{2g} ⁺ T _{1u}	T(M)	208	166	178	173	166-169

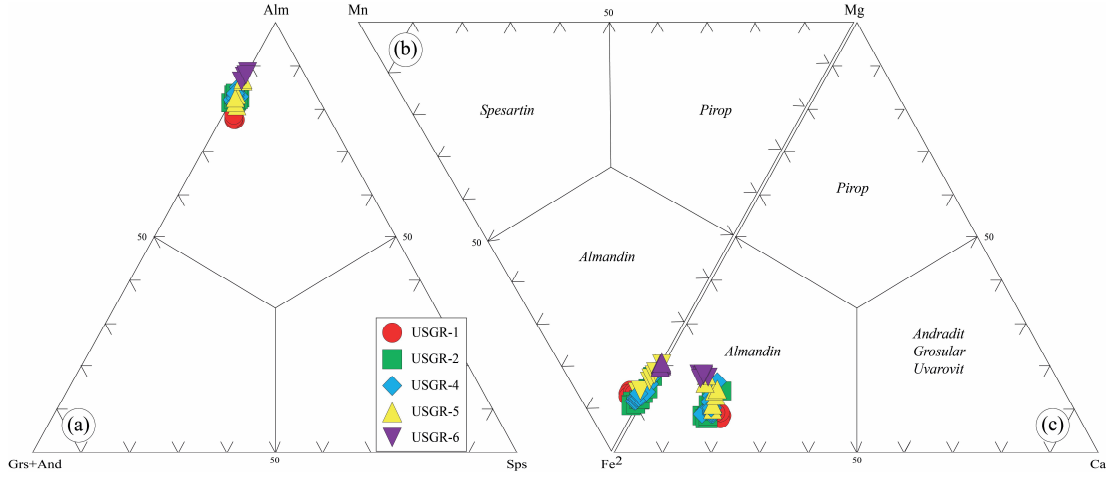
*Granat uç üyelerine ait Ramak kayma değerleri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998' den alınmıştır.

4.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

Kayağıl granat porfiroblastlarından hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 43 noktadan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 99-101 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-C'de verilmiştir.

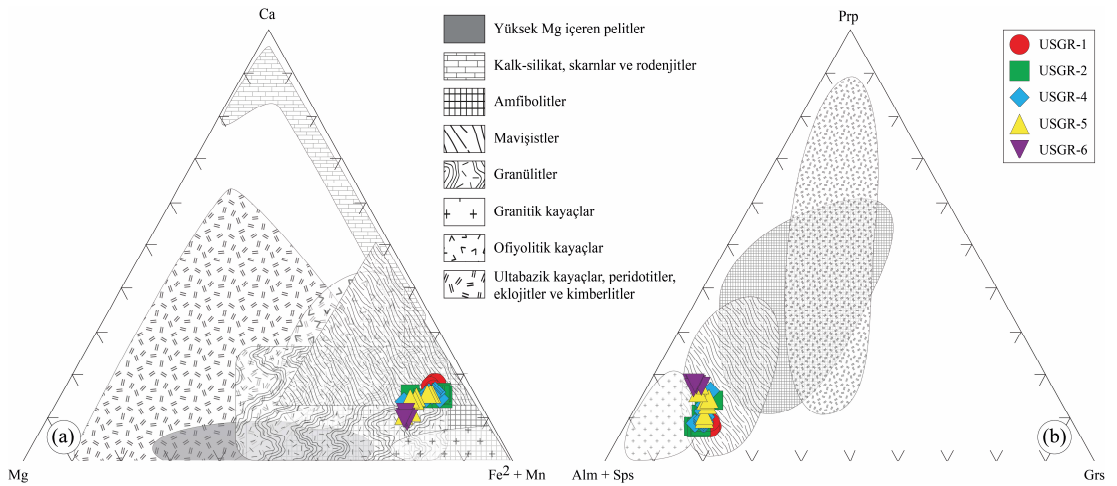
Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Kayağıl granat porfiroblastlarının Si içerikleri 6.02 ile 6.23 a.p.f.u arasında değişirken Al^{VI} içerikleri 4.00 ile 4.25, Fe⁺² içerikleri 4.00 ile 4.43, Mg içerikleri 0.42 ile 1.05, Mn içerikleri 0.11 ile 0.16 ve Ca içerikleri 0.52 ile 1.04 arasında değişim göstermektedir. Granat porfiroblastlarının Fe⁺²/(Fe⁺²+Mg) oranı 0.80-0.90 arasında değişim gösterirken, Mg/(Mg+Fe⁺²) oranları 0.09-0.20 arasındadır. Mineral kimyası sonuçlarına göre Kayağıl granat porfiroblastlarının kimyasal bileşimleri Alm_{0.70-0.76}Grs_{0.09-0.18}Prp_{0.07-0.18}Sps_{0.00-0.03} olarak belirlenmiştir. Wright (1938) tarafından önerilen ve granat uç üye oranlarını esas alan üçgen diyagramında Kayağıl granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.9a).

Grews ve diğ. (2013) tarafından katyon analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma diyagramlarında (Mg-Fe⁺²-Ca) ve (Mg-Mn-Fe⁺²) granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.9b, c).



Şekil 4.9: Kayağıl granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andradit)-Spesartin uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe⁺²-Ca), c) (Mg-Mn-Fe⁺²) katyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, Fe⁺²+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında granat porfiroblastlarının orta-yüksek dereceli metamorfik kayalar alanına düştüğü, metamorfizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 4.10a, b).



Şekil 4.10: a) Ca-Mg-(Fe⁺²+Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

4.5.1 Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermobarometre)

Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen granat-biyotit jeotermometre hesaplamalarına göre Kayağıl granat porfiroblastlarının hesaplanan oluşum sıcaklıkları 645.8 °C ile 741.9 °C arasında (ortalama 684.2 ± 32.3 °C) değişmekte olup, 7.2 ile 9 kbar basınç (ortalama 8.07 kbar) basınç altında meydana geldikleri belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Basınç - sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri ((T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83: Perchuk ve Lavrenteva 1983, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).

Analiz Noktaları	Granat Analizleri				Biyotit Analizleri				Mg/(Mg+Fe ⁺²)		KD	Granat Uç Üyeleri				Biyotit	
	Fe ⁺²	Mn	Mg	Ca	Ti	Al ^V	Fe ⁺²	Mg	Granat	Biyotit		Alm	Sps	Prp	Grs	X(Ti)	X(Al ^V)
p.1	4.23	0.07	0.61	0.89	0.01	4.52	0.03	0.02	0.13	0.33	3.48	0.73	0.01	0.10	0.15	0.00	0.99
p.2	4.23	0.01	1.03	0.52	0.04	4.50	0.05	0.05	0.20	0.48	3.84	0.73	0.00	0.18	0.09	0.01	0.97
p.3	4.23	0.01	1.03	0.59	0.01	4.53	0.03	0.03	0.20	0.54	4.74	0.72	0.00	0.18	0.10	0.00	0.99
p.4	4.23	0.01	1.03	0.56	0.03	4.48	0.07	0.07	0.20	0.50	4.12	0.73	0.00	0.18	0.10	0.01	0.96
p.5	4.16	0.01	0.99	0.65	0.02	4.46	0.04	0.07	0.19	0.62	6.82	0.72	0.00	0.17	0.11	0.00	0.97
p.6	4.18	0.00	1.03	0.57	0.06	4.46	0.04	0.05	0.20	0.55	4.95	0.72	0.00	0.18	0.10	0.01	0.97
p.7	4.22	0.01	0.98	0.57	0.01	4.53	0.04	0.03	0.19	0.43	3.29	0.73	0.00	0.17	0.10	0.00	0.98
	B92-HW	B92-GS	FS78	HS82	PL83	T76	HL77	Basınç (kbar)									
p.1	715.2	709.2	792.6	853.8	691.1	766.3	715.9	7.6									
p.2	688.9	697.9	741.9	778.5	667.8	729.5	685.7	7.4									
p.3	645.5	657.8	652.0	692.0	624.0	664.4	629.8	7.8									
p.4	675.3	685.5	714.9	753.7	655.9	714.9	670.3	8.5									
p.5	581.5	600.9	531.8	574.1	559.0	574.4	549.4	8.9									
p.6	636.3	649.4	633.0	672.1	613.8	647.6	617.0	7.2									
p.7	730.0	738.2	829.8	869.5	708.8	799.9	739.1	9.0									
Minimum	581.5	600.9	531.8	574.1	559.0	574.4	549.4	7.2									
Maksimum	730.0	738.2	829.8	869.5	708.8	799.9	739.1	9.0									
Ortalama	667.5	677.0	699.4	741.9	645.8	699.6	658.2	8.07									
Std. Sapma	50.9	45.1	102.1	104.7	51.0	76.7	64.7	0.74									

4.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Kayağıl granat porfiroblastlarının tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir. Genel olarak granat porfiroblastlarının Al_2O_3 içeriği %13.43-15.99 arasında değişirken, SiO_2 %39.63-44.53, MgO %0.72-1.03, Fe_2O_3 %28.13-32.77, TiO_2 %1.17-1.25, CaO %1.71-2.70, Na_2O %0.09-0.19, K_2O %0.15-0.30, P_2O_5 %0.02-0.07, MnO %0.08-0.11 ve kızdırma kaybı (LOI) %5.9-8.2 arasında değişmektedir. LOI değerleri kayaç/minerallerde ayrışma derecesinin göstergesi olarak değerlendirilebilir. Kayağıl granat porfiroblastlarının LOI değerlerinin yüksek olması porfiroblastların fazlaca ayrışmış olduğunu göstermekte olup, arazi gözlemleri ve petrografik incelemeler bu sonucu desteklemektedir.

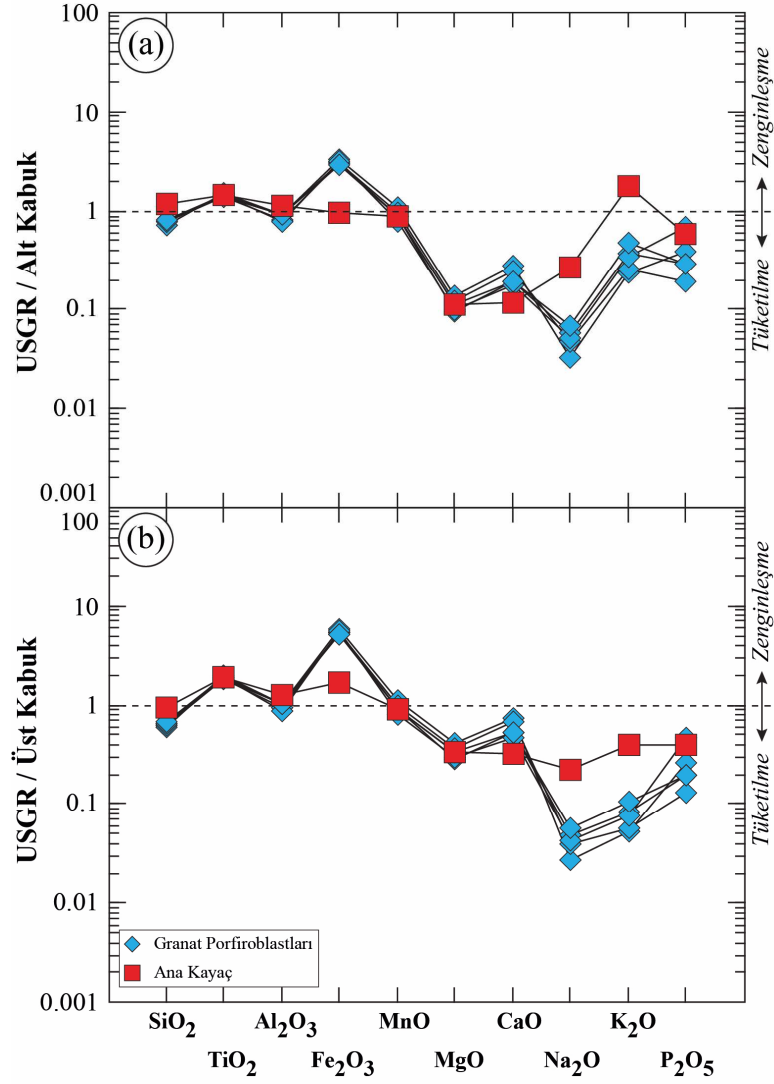
Minerallerde renk oluşumuna etki eden, petroloji çalışmalarında alterasyon, metamorfizma ve metasomatizma süreçlerinde kararlı oldukları bilinen bazı iz element içeriklerine göre Kayağıl granat porfiroblastlarının Cr içeriklerinin 116.3 ile 130 ppm, Co içeriklerinin 81.7 ile 94.7 ppm, Cu içeriklerinin 46.5 ile 147.2 ppm, V içeriklerinin 137 ile 160 ppm, Ni içeriklerinin 82 ile 155 ppm, U içeriklerinin 5.1 ile 11.2 ppm, Pb içeriklerinin 6.8 ile 12.5 ppm, Zr içeriklerinin 251.6 ile 293.5 ppm, Sr içeriklerinin 15.6 ile 99.3 ppm, Nb içeriklerinin 27.4 ile 30.4 ppm, Y içeriklerinin 28.4 ile 37.5 ppm, La içeriklerinin 12.9 ile 21.8 ppm, Ce içeriklerinin 22.8 ile 43 ppm ve Th içeriklerinin 16.8 ile 25.6 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.4).

Kayağıl granat porfiroblastları ve şist ana kayacının AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında ana oksit elementleri bakımından benzer dağılım deseni gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.11a, b). AKK ve ÜKK’ya göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında Kayağıl granat porfiroblastlarında Fe_2O_3 , elementi bakımından zenginleşme, MgO , CaO , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından tüketilmeler görülmektedir (Şekil 4.11a, b).

Tablo 4.4: Kayağıl granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu şist ana kayacının ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

Element/Örnek		Granat Porfiroblastları					Ana Kayaç
		USGR-1	USGR-2	USGR-3	USGR-4	USGR-5	USGR-YK
SiO ₂	%	39.63	44.31	42.51	42.87	44.53	63.71
Al ₂ O ₃	%	15.99	14.37	15.96	13.43	15.92	19.44
Fe ₂ O ₃	%	32.77	29.69	30.25	31.07	28.13	9.42
MgO	%	1.03	0.72	0.92	0.74	0.85	0.82
CaO	%	2.70	1.90	2.43	1.71	1.87	1.17
Na ₂ O	%	0.09	0.16	0.13	0.14	0.19	0.73
K ₂ O	%	0.15	0.23	0.16	0.21	0.30	1.13
TiO ₂	%	1.25	1.19	1.17	1.22	1.21	1.20
P ₂ O ₅	%	0.04	0.03	0.02	0.07	0.03	0.06
MnO	%	0.11	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09
LOI	%	5.9	7.0	6.0	8.2	6.6	2.0
Toplam	%	99.74	99.74	99.74	99.73	99.74	99.80
Cr	ppm	130.0	130.0	130.0	116.3	123.2	96.0
Ba	ppm	38.0	50.0	41.0	72.0	63.0	209.0
Ni	ppm	87.0	82.0	79.0	155.0	126.0	56.0
Sc	ppm	67.0	49.0	57.0	53.0	48.0	27.0
Co	ppm	93.1	81.7	94.1	90.7	94.7	65.7
Cs	ppm	0.6	0.6	0.5	0.8	1.2	3.9
Ga	ppm	14.2	15.5	15.8	11.3	13.6	21.6
Hf	ppm	7.0	6.6	6.3	6.4	7.4	10.0
Nb	ppm	30.4	27.4	27.8	27.9	29.1	26.8
Rb	ppm	8.2	12.4	8.3	11.0	17.0	58.8
Sn	ppm	5.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0
Sr	ppm	17.3	24.7	15.6	99.3	70.5	244.6
Ta	ppm	3.6	3.3	3.6	3.3	3.5	3.1
Th	ppm	24.8	16.8	16.8	25.6	18.2	15.1
U	ppm	5.5	5.7	5.1	11.2	7.9	2.3
V	ppm	137.0	148.0	143.0	160.0	154.0	134.0
Zr	ppm	275.4	256.3	252.4	251.6	293.5	389.6
Y	ppm	36.1	28.4	29.8	37.5	35.4	39.4
Mo	ppm	1.1	1.6	1.2	5.5	2.5	1.1
Cu	ppm	51.1	57.5	46.5	147.2	133.3	13.6
Pb	ppm	9.0	10.8	10.4	12.5	6.8	2.7
Zn	ppm	332.0	341.0	322.0	387.0	324.0	18.0
As	ppm	18.1	28.6	16.3	90.5	22.4	10.3
Cd	ppm	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.1
La	ppm	16.2	12.9	13.3	20.1	21.8	8.6
Ce	ppm	31.4	23.1	22.8	35.9	43.0	19.6
Pr	ppm	4.5	3.6	3.9	5.5	5.7	2.4
Nd	ppm	18.0	14.5	15.2	23.7	22.0	9.3
Sm	ppm	4.1	3.4	3.5	5.1	4.8	2.0
Eu	ppm	0.9	0.7	0.8	1.2	1.0	0.5
Gd	ppm	4.8	3.8	4.0	6.1	5.0	3.0
Tb	ppm	0.9	0.7	0.8	1.1	0.9	0.7
Dy	ppm	6.5	5.2	5.4	7.1	6.5	6.1
Ho	ppm	1.4	1.1	1.2	1.5	1.3	1.4
Er	ppm	4.5	3.7	3.9	4.8	4.3	4.6
Tm	ppm	0.8	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7
Yb	ppm	5.7	4.7	5.8	5.5	4.6	4.5
Lu	ppm	1.0	0.8	1.1	0.9	0.7	0.7
(La/Sm) _N		2.49	2.40	2.37	2.47	2.88	2.78
(Sm/Yb) _N		0.77	0.78	0.65	1.01	1.12	0.47
(Eu/Eu*) _N		0.62	0.61	0.63	0.66	0.62	0.66
(Y/Ho) _N		0.89	0.89	0.90	0.88	0.93	0.97

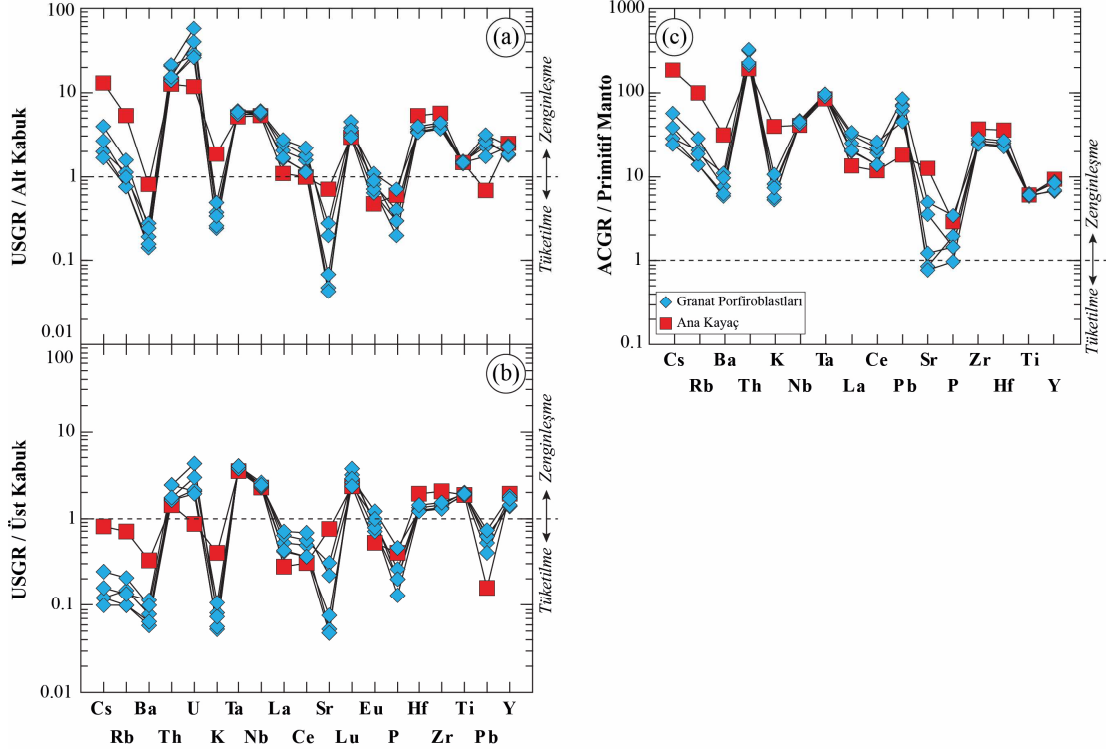
Eu* = (Sm+Gd)/2



Şekil 4.11: Granat porfiroblastları ve şist ana kayacının ana oksit elementlerinin **a)** AKK ve **b)** ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

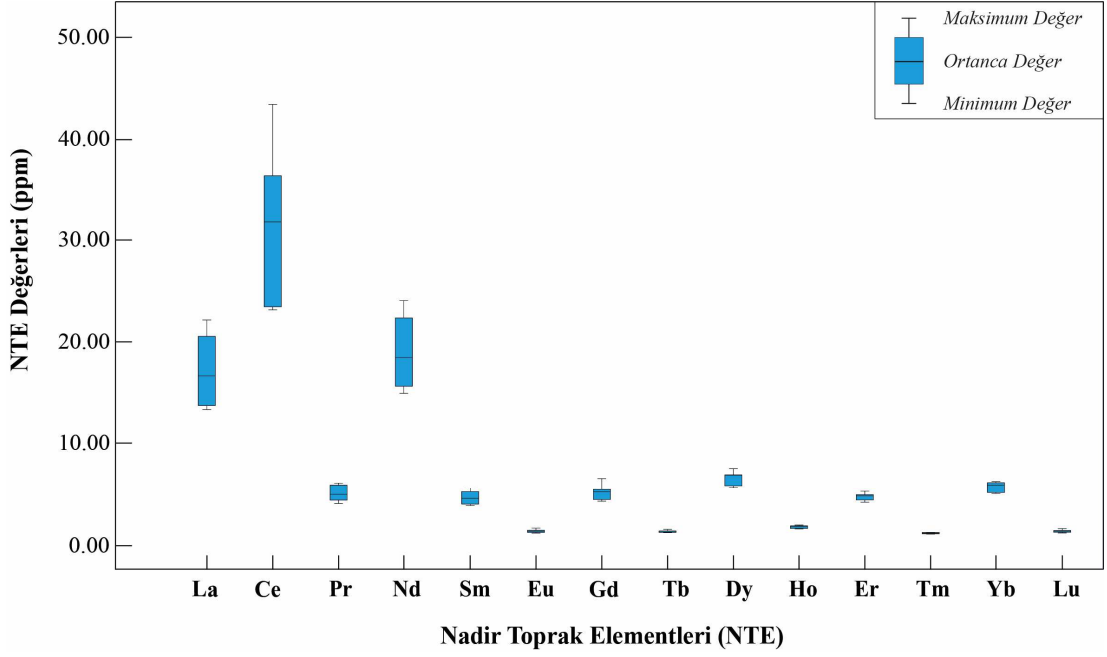
İz element içeriklerine göre AKK'ye normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında Kayağıl granat porfiroblastlarının Ba, K ve Sr gibi LILE'ler bakımından tüketilme gösterirken, Th, U, Ta, Nb, La, Ce, Lu, Hf, Zr, Ti ve Y gibi HFSE'ler bakımından 10 kata 100 kata varan zenginleşmeler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.12a). Benzer şekilde ÜKK'ye göre normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında Kayağıl granat porfiroblastları LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından tüketilmeler gösterirken Th, U, Ta, Nb, Lu, Hf, Zr, Ti ve Y gibi HFSE'ler bakımından 10 kat'a varan zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 4.12b). Her iki değişim diyagramında iz elementlerde benzer içerikler görülmektedir. PM değerlerine normalize edilmiş iz element çoklu element

değişim diyagramında granat porfiroblastları ve şist ana kayacının iz elementler bakımından 10-100 civarında kat zenginleşme gösterdiği, aynı petrolojik süreçler sonucunda oluştukları söylenebilir (Şekil 4.12c)



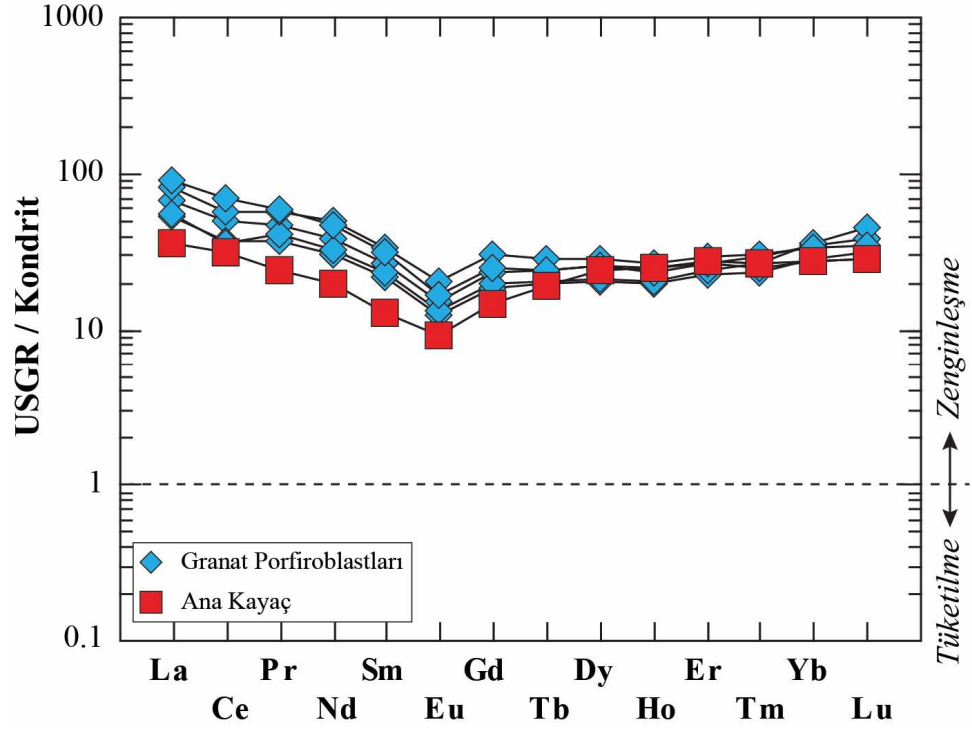
Şekil 4.12: Kayağıl granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları şist ana kayacının **a)** AKK **b)** ÜKK **c)** PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Kayağıl granat porfiroblastlarının NTE değerlerine bakıldığında; La içerikleri 12.9 ile 21.8 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 22.8 ile 43 ppm, Pr içerikleri 3.6 ile 5.7 ppm, Nd içerikleri 14.5 ile 23.7 ppm, Sm içerikleri 3.4 ile 5.2 ppm, Eu içerikleri 0.7 ile 1.2 ppm, Gd içerikleri 3.8 ile 6.1 ppm, Tb içerikleri 0.7 ile 1.1 ppm, Dy içerikleri 5.2 ile 7.1 ppm, Ho içerikleri 1.1 ile 1.5 ppm, Er içerikleri 3.7 ile 4.8 ppm, Tm içerikleri 0.6 ile 0.8 ppm, Yb içerikleri 4.6 ile 5.8 ppm ve Lu içerikleri 0.7 ile 1.1 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.13). Kayağıl granat porfiroblastlarının La, Ce ve Nd haricindeki diğer nadir toprak elementleri bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin La, Ce ve Nd içerikleri bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetrik dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Kayağıl granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramında Kayağıl granat porfiroblastlarının Eu elementi haricinde LREE ve HREE bakımından benzer zenginleşmeleri gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.14). Buna göre Kayağıl granat porfiroblastlarının toplam NTE içerikleri 78.85 ile 122.18 (ppm) arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 2.37 ile 2.88 (ppm) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.65 ile 1.12 (ppm) arasında, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 0.61 ile 0.66 arasında ve $(Y/Ho)_N$ içerikleri 0.88 ile 0.93 arasında değişmektedir (Tablo 4.4). Kayağıl granat porfiroblastları içerisinde buldukları şist ana kayacı ile benzer LREE ve HREE içeriklerine sahip olup, hafif Eu ve Y anomalisi göstermektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

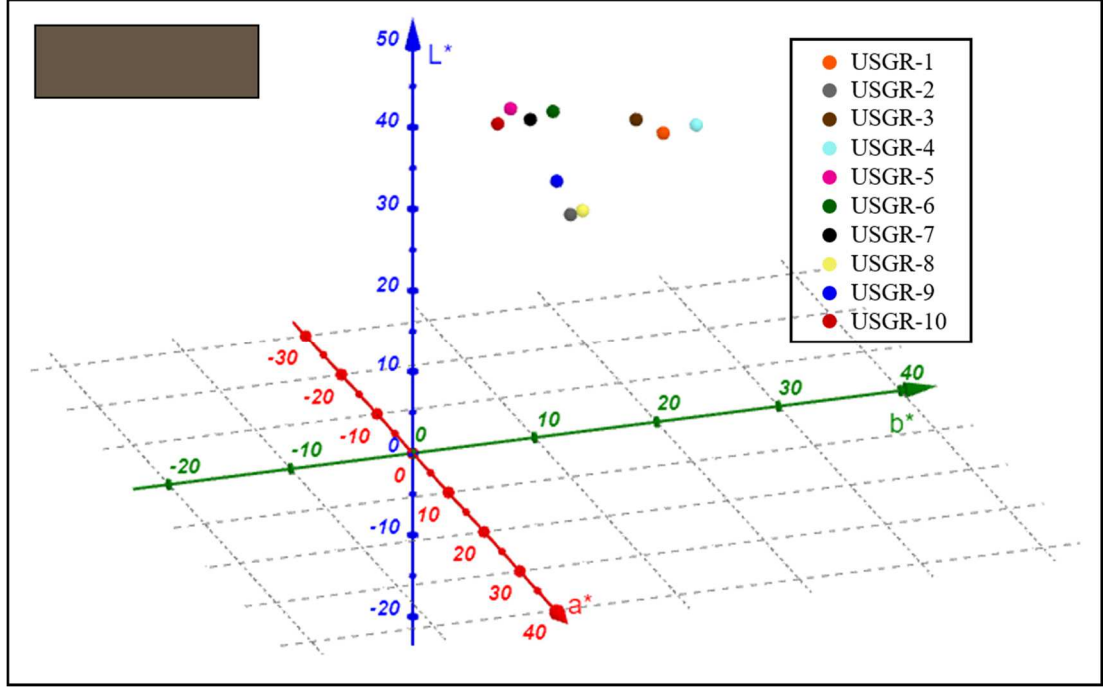
4.7 Gemolojik Değerlendirmeler

4.7.1 Renk Ölçümleri

Kayağıl granat porfiroblastlarının renk ölçümleri $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre yapılmıştır ve $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre renk ortalaması 37.89:4.93:12.25 (kahverengi) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.5 ve Şekil 4.15).

Tablo 4.5: Kayağıl granat porfiroblastlarının $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L^*	39.6	41.64	33.66	41.84	39.83	30.03	30.61	39.32	41.16	41.17	37.89
a^*	0.96	3.56	4.68	2.05	1.36	5.94	6.48	7.39	9.96	6.96	4.93
b^*	6.69	10.46	10.44	7.42	9.25	11.2	12.03	18.38	20.34	16.28	12.25



Şekil 4.15: Kayağıl granat porfiroblastlarının $L^*:a^*:b^*$ renk dağılım diyagramı.

4.7.2 Gemolojik Testler

Kayağıl granat porfiroblastlarının gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıklarının 3.07 ile 3.73, kırılma indislerinin de 1.78-1.79 arasında değiştiği belirlenmiştir. Granat porfiroblastlarının optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde uğradığı alterasyon sonucu meydana gelen demir oksitleşme ve kloritleşmeden dolayı yapılan ölçümlerden sonuç elde edilememiştir. İncelenen granat porfiroblastları güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Kayağıl granat porfiroblastlarının gemolojik özellikleri ile dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türlerinin özellikleri karşılaştırıldığında ise almandin ve spesartin türü granatlarla benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır (Tablo 4.6)

Kayağıl granat porfiroblastlarının çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında değerli süs taşlarında aranan camsı parlaklık göstermeyip mat olduğu ayrıca saydam yarı-saydam olmadığı gözlemlenmiştir. Kayağıl granat porfiroblastlarının dodekahedron formundaki öz şeklini korumasına rağmen işlemeye çok müsait değildir. Porfiroblastların süs taşlarında aranan sertlik özelliğini göstermediği ve işleme aşamalarında çamurlaşmanın olduğu görülmüştür. Bunun

sebebinin yüksek metamorfizma ve bölgedeki jeotermal kaynaklı yoğun bir alterasyon olduğu düşünölmektedir. Bu alterasyonla beraber porfiroblastlarda demir oksitleşme, kloritleşme meydana gelmiştir. Sonuç olarak Kayağıl granatlarının saydam-yarı saydam ve parlak olmadığı, kaboşon formda dahi işlenip cilalanamadığından dolayı herhangi bir süs taşı özelliğı göstermediğı anlaşılmıştır (Şekil 4.16).



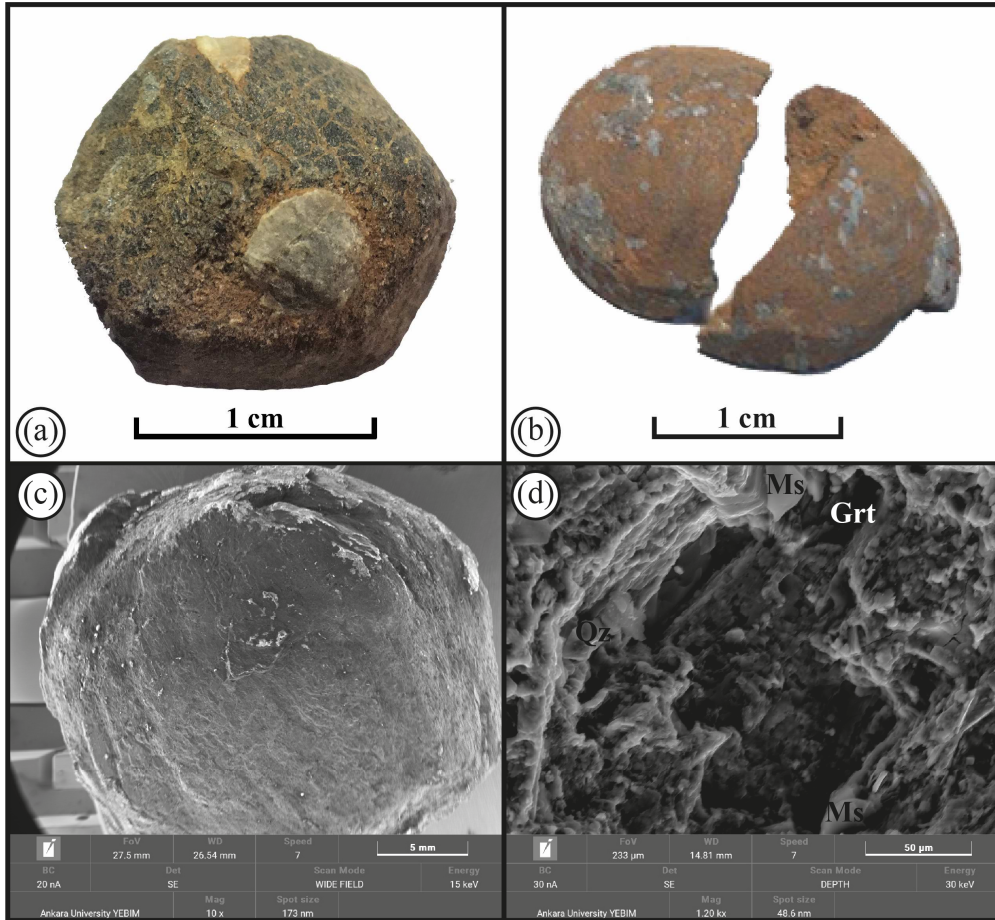
Şekil 4.16: Kaboşon formda işlenmiş süs taşı özelliğı taşımayan Kayağıl granat porfiroblastları.

Tablo 4.6: Kayağıl granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Uşak Granatları	3.07-3.73	1.78-1.79	Mat kahverengi	(Alterasyondan dolayı ölçülemediği)

4.7.3 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri

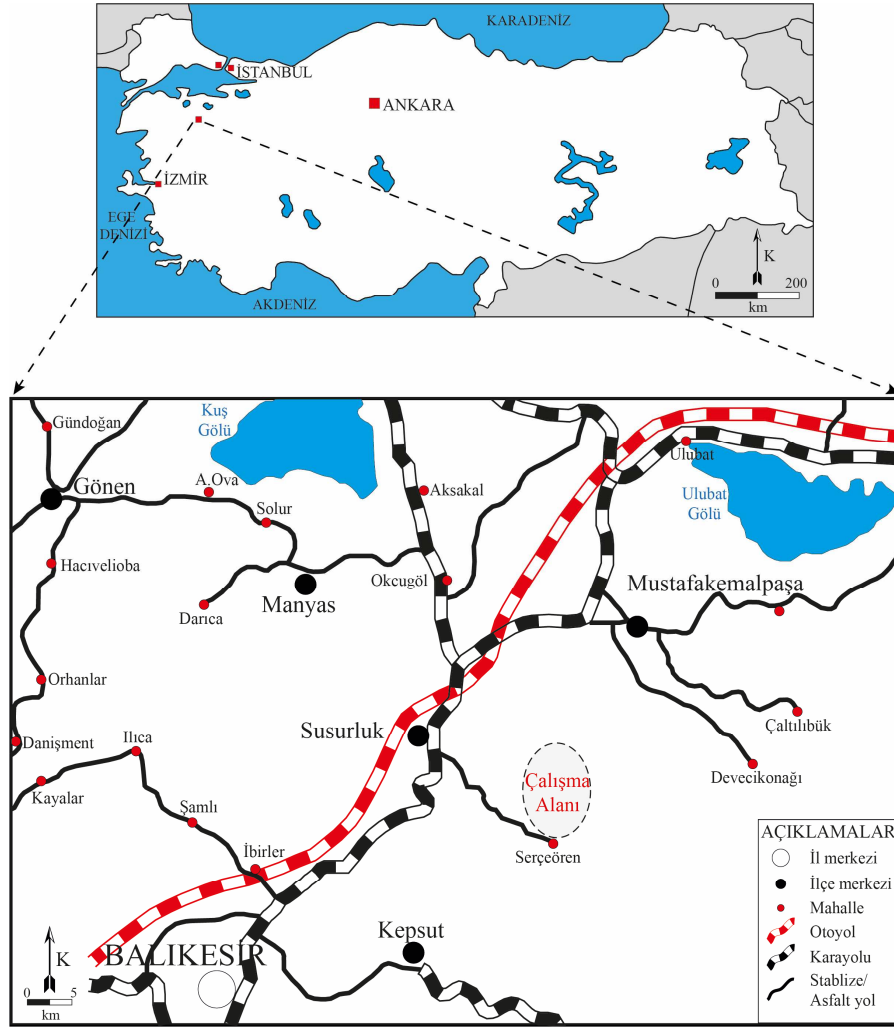
Kayaağıl lokasyonunda şistler içerisinde dodekahedron kristal formunda öz şekilli olarak gözlenen granat porfiroblastları işlendikleri zaman herhangi bir parlaklık göstermemektedir (Şekil 4.17a, b). Porfiroblast örneklerinin geniş açı SEM görüntüleri incelendiğinde, dodekahedron kristal yüzeylerinde çok fazla bozulma olduğu görülmektedir (Şekil 4.17c). Yakın çekim SEM görüntülerinde ise porfiroblastların yüzeylerinde çok fazla kırık-çatlak olduğu gözlenmiştir. Bu kırık ve çatlaklarda ise metamorfik süreçlere ve bölgedeki jeotermal aktivitelere bağlı gelişmiş alterasyonlar bulunmaktadır. Metamorfik süreçlerdeki kimyasal reaksiyonlar sırasında ise element değişimleri nedeniyle ikincil kuvars ve muskovit oluşumları meydana gelmiştir (Şekil 4.17d). SEM incelemeleri sonucunda Kayaağıl granatlarının çok fazla altere olması, kristal içyapısında boşluk ve kırık-çatlak bulunması nedeniyle herhangi bir süs taşı özelliği taşımadığı düşünülmektedir.



Şekil 4.17: Kayaağıl granat porfiroblastlarının a) işlenmemiş b) işlenmiş el örnekleri c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).

5. SUSURLUK (BALIKESİR) LOKASYONLARI

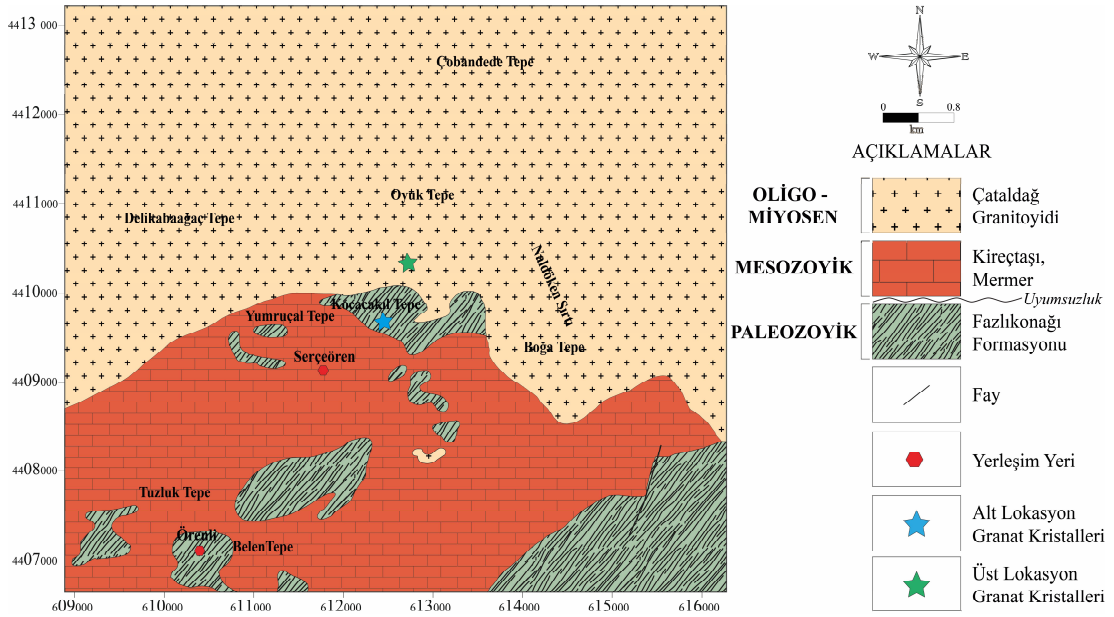
Susurluk (Balıkesir) ilçesinin 16 km güneydoğusunda Serçeören Mahallesi kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli Balıkesir-İ20b4 paftasında yer almaktadır (Şekil 5.1). Granat kristalleri, Çataldağ Granitoidinin kireçtaşı/mermer ile olan dokanakları boyunca gelişmiş bir skarn zonu içerisinde bulunmaktadır. Morfolojik olarak engebeli bir topografyaya sahip olan inceleme alanında metamorfik ve sedimanter bileşimli kayaç toplulukları bulunmaktadır.



Şekil 5.1: Susurluk lokasyonu yerbulduru haritası.

5.1 Jeolojik Yapı

İnceleme alanında gözlenen jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar, Mesozoyik yaşlı metamorfik ve sedimanter kayalar, Oligo-Miyosen yaşlı Çataldağ granitoyidi şeklinde özetlenebilir (Erdağ 1976, Ergül ve diğ. 1980, Akyüz 1995, Orhan 2008) (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli İ20 b4 haritasından alınmıştır).

Fazlıkonağı formasyonu olarak adlandırılan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar başlıca amfibolit şist, mikaşist, kuvars şist, serisit-klorit-kuvars şist ve talk şistlerden oluşur ve ayrıca mermer mercikleri içermektedir. Metamorfik temel kayaları üzerine uyumsuz olarak Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ve mermerler gelmektedir. Bütünüyle karbonat kayaları ile temsil edilen birim beyaz-gri renkli, şeker dokulu ve ince tabakalı olup, üst kesimlerine doğru masif özelliktedir (Şekil 5.3a). Mesozoyik yaşlı karbonatlı birimlerin Çataldağ Granitoyidi ile kontak yaptığı zonlarda, tane boylarının irileştiği ve skarn minerallerin (granat, piroksen, volastonit) geliştiği gözlenmiştir (Şekil 5.3b, c). Özellikle Serçeören köyünün kuzeyinde yaygın skarn zonları gelişmiştir. Skarn zonlarında gözlenen granatlar öz-yarı özşekilli formda, kahverengi ve yeşil renklerde gözlenirken piroksenler ise koyu yeşil renkleri ile dikkat çekmektedir.



Şekil 5.3: a) İnce tabakalı yapı gösteren Mesozoyik yaşlı mermerlerin arazi görünümü, b, c) Çataldağ granitoyidi ile mermerlerin dokanağında gelişen skarn zonu ve öz şekilli granat oluşumları, d) Mermerler içerisine sokulum yapmış granitoyid birimi, e) Arenalaşma gösteren Çataldağ granitoyidi, f) Susurluk alt lokasyon yeşilimsi sarımsı renkli granat kristalleri, g) Susurluk üst lokasyon kahverengimsi sarımsı renkli granat kristalleri

Lifsi yapıda beyaz-krem renkli volastonitlere ise kuvars ve kalsit mineralleri eşlik etmektedir. Fazlıkonağı formasyonunu ve Mesozoyik yaşlı karbonatlı birimleri kesen Çataldağ Granitoyidi bir dizi apofiz, dayk ve sillerden oluşmakta olup granitoyidin dış yüzeyi gri-boz, taze kırık yüzeyi ise beyazımsı alaca renklidir (Şekil 5.3d). Arazide çoğunlukla arenalaşmış veya ayrışmış mostralara sunan birimin masif, sert ve sağlam mostralara sınırlıdır (Şekil 5.3e).

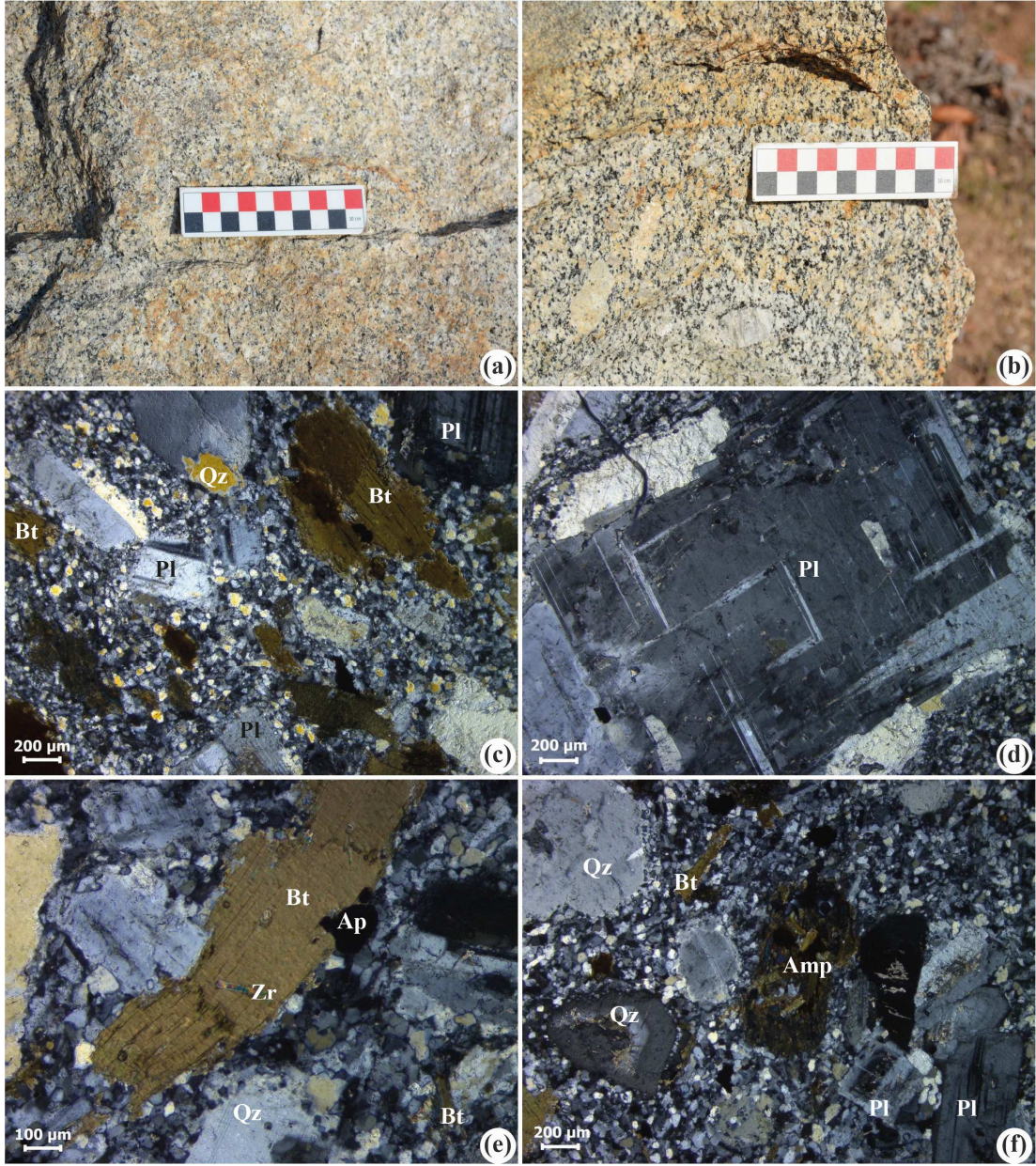
Bölgedeki skarn zonu Serçeören köyünün kuzeyinden doğusuna doğru yaklaşık 250-800 m genişlikteki bir alanda düzensiz oluşumlar şeklindedir. Oyuk Tepe'nin güneyindeki skarn oluşumları granit ile çevrelenmiş mermer çıkıntıları arasında oluşurken, Serçeören'in doğusunda ise Kocaçakıl Tepe, Naldöken Sırtı ve Boğa Tepe civarında mermer içerisine sokulmuş granit intrüzyonları arasında gelişmiştir (Akyüz 1995, Orhan 2008).

Susurluk (Serçeören) bölgesinde iki farklı lokasyonda granat oluşumları gözlenmiştir. Lokasyonlardaki granat kristallerinin renklerinin farklı olmasından dolayı mineral kimyası, jeokimya ve gemolojik özelliklerinin farklı olacağı düşünülerek bu lokasyonlar alt lokasyon (BSGR) ve üst lokasyon (SGR) şeklinde ayrılarak incelenmiştir (Şekil 5.3f, g).

5.2 Alt Lokasyon (BSGR)

5.2.1 Optik Mikroskop İncelemeleri

Susurluk alt ve üst lokasyonunda görülen granat kristalleri Çataldağ granitoyidi ile karbonatlı kayaç dokanaklarındaki skarn zonları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 5.3b, c). Alt lokasyonda Çataldağ granitoyidi granit bileşimli kayaçlarla temsil edilmekte olup, el örnekleri porfirofaneritik dokuya sahiptir. Taze kırık yüzeyleri gri renkli olan granit yan kayacını oluşturan plajiyoklaz, kuvars, biyotit ve ortaklaz mineralleri gözle görülebilmektedir (Şekil 5.4a, b). Petrografik incelemelerde plajiyoklaz, ortoklaz, kuvars, biyotit, \pm amfibol, zirkon, titanit ve opak minerallerden oluştuğu belirlenen granit yan kayacı holokristalin-porfirik dokuya sahiptir (Şekil 5.4c).

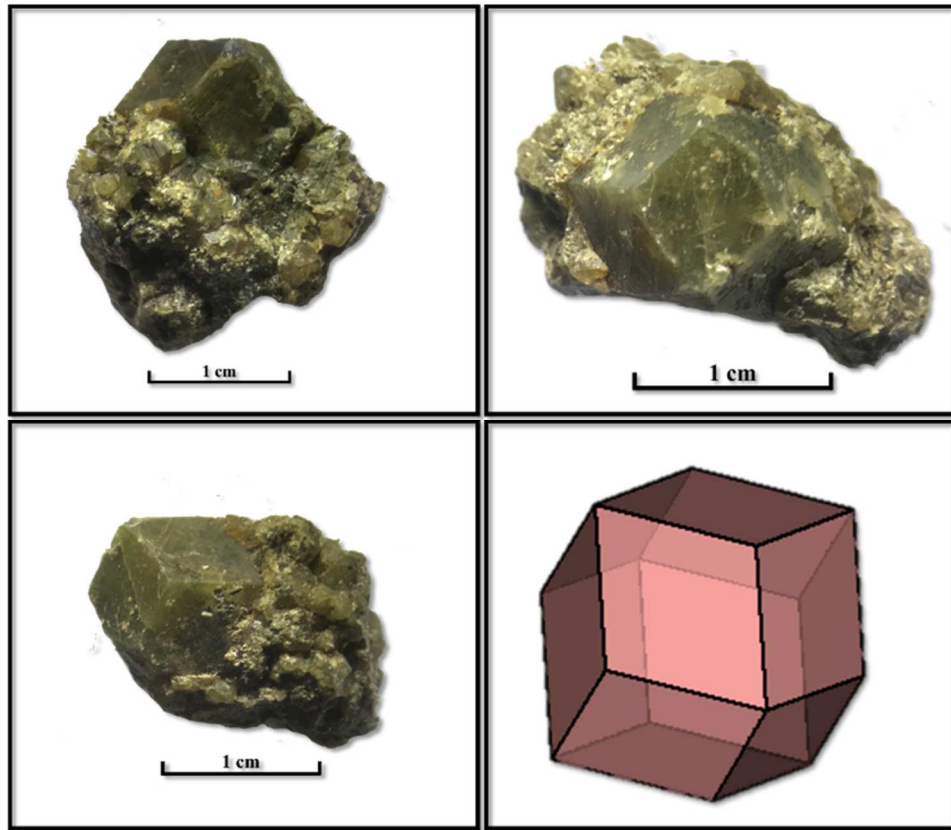


Şekil 5.4: a) Çataldağ granitoidinin araziye görünümü, b) El örneklerinde görülen porfiro-fanertik doku, c) Granit yan kayacında gözlenen holokristalin porfirik doku, d) Polisentetik ve birleşik ikizlenme gösteren özşekilli plajiyoklaz, e) Zirkon kapanımı içeren biyotit ve f) dalgalı sönme gösteren kuvars ve kloritleşmiş amfibol mineralleri (Amp: Amfibol, Ap: Apatit, Bt: Biyotit, Qz: Kuvars, Pl: Plajiyoklaz, Zr: Zirkon).

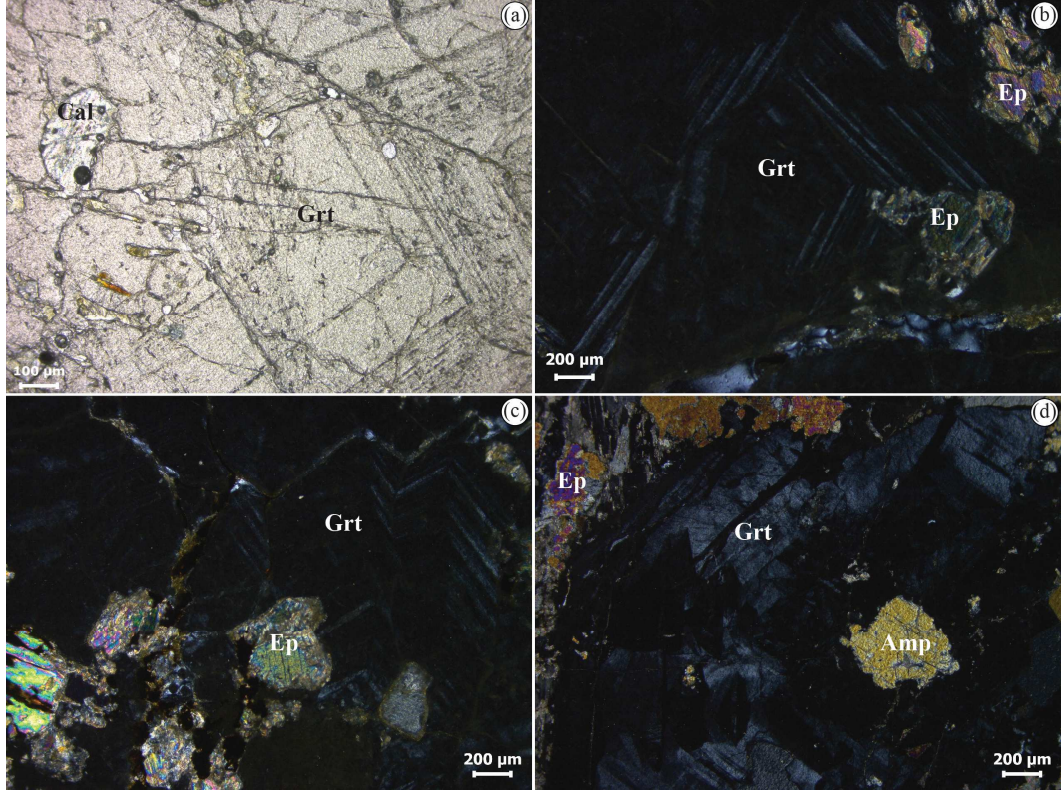
Plajiyoklazlar iri dikdörtgen kristaller halinde bulunmakta, tipik olarak polisentetik ve birleşik ikizlenme göstermektedir (Şekil 5.4d). Bazı kristallerde zonlanma, sosuritleşme ve killeşme gözlenirken iri kristallerde kenarlar boyunca kemirilme dokusu gözlenmektedir. Kısa prizmatik kristaller şeklinde gözlenen ortoklazlarda tipik olarak killeşme görülmektedir. Bununla birlikte ortoklazlar kuvars ve plajiyoklaz kapanımları içermektedir. Kuvarslar küçük özşekilsiz kristaller halinde olup, dalgalı sönme göstermektedir. Özşekilsiz geniş lameller şeklinde

gözlenen biyotitler kısmen opasitleşme ve kloritleşme göstermekte olup yaygın olarak apatit ve zirkon kapanımları içermektedir (Şekil 5.4e). Nadiren özşekilli olan amfiboller kloritleşme göstermektedir (Şekil 5.4f). Titanitler ise özşekilsiz kristaller halinde gözlenmektedir.

Alt lokasyonda gözlenen granat kristalleri 0.2-2 cm çapında, sarımsı yeşil - yeşil renklerde ve dodekahedron kristal formundadır (Şekil 5.3f ve Şekil 5.5). Bazı granat kristaller mat, toğrağimsı yüzeylere sahip olup, taze kırık yüzeyleri camsı parlaklık göstermektedir. Mikroskop incelemelerinde alt lokasyona ait granat kristalleri kırıklı ve çatlaklı bir yapı göstermektedir (Şekil 5.6a). PN'de kırık ve çatlaklar boyunca demir oksitleşme, epidotlaşma ve karbonatlaşma görülmektedir. Kristallerde zonlanma ile birlikte büyüme çizgileri belirgindir (Şekil 5.6b, c). Alt lokasyon granat kristallerinde kapanım olarak en fazla kalsit, epidot, amfibol ve opak mineraller görülmektedir (Şekil 5.6d).



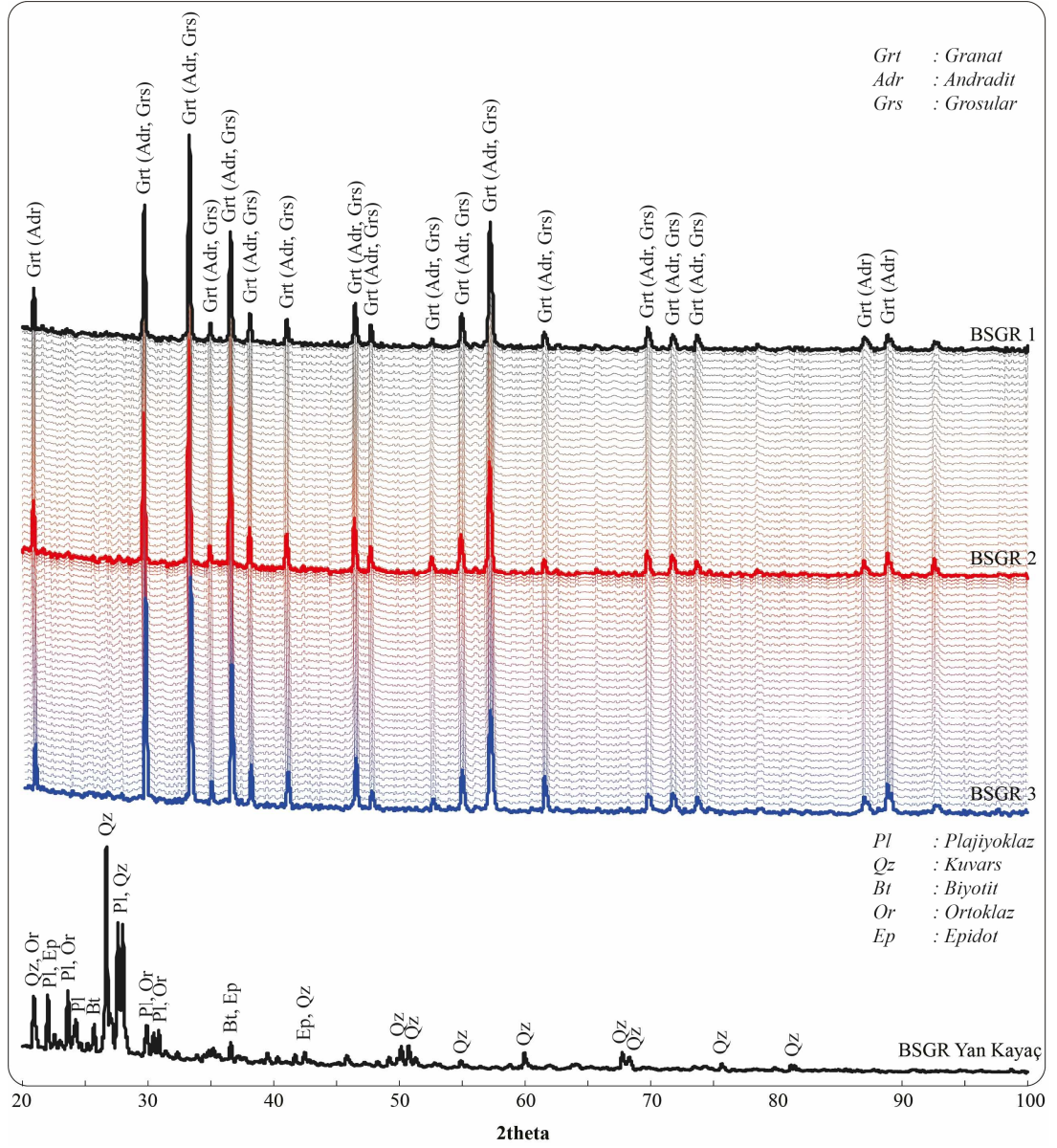
Şekil 5.5: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 5.6: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinde gözlenen **a)** Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), **b)** Zonlanma ve büyüme çizgileri, **c)** Epidot ve **d)** Amfibol kapanımları (Amp: Amfibol, Cal: Kalsit, Ep: Epidot, Grt: Granat).

5.2.2 X Işınları Difraktometre İncelemeleri

Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, granit örneğinde plajiyoklaz, kuvars biyotit, ortoklaz ve epidot pikleri tespit edilmiştir (Şekil 5.7). Arazide farklı noktalardan alınan granat kristallerinin XRD desenleri birbirine benzer olup, 2θ $15A^\circ$ 'dan itibaren düzenli ve belirgin mineral pikleri gösterdikleri belirlenmiştir. Alt lokasyon granat kristallerinin toz XRD grafiklerinde ise grosular-andradit türü granat pikleri belirlenmiştir (Şekil 5.7). Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2θ değerleri ile Susurluk alt lokasyon granat kristallerine ait 2θ değerlerini karşılaştırdığımızda büyük oranda andradit daha az oranda grosular türü granatlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 5.1).



Şekil 5.7: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacının XRD grafikleri.

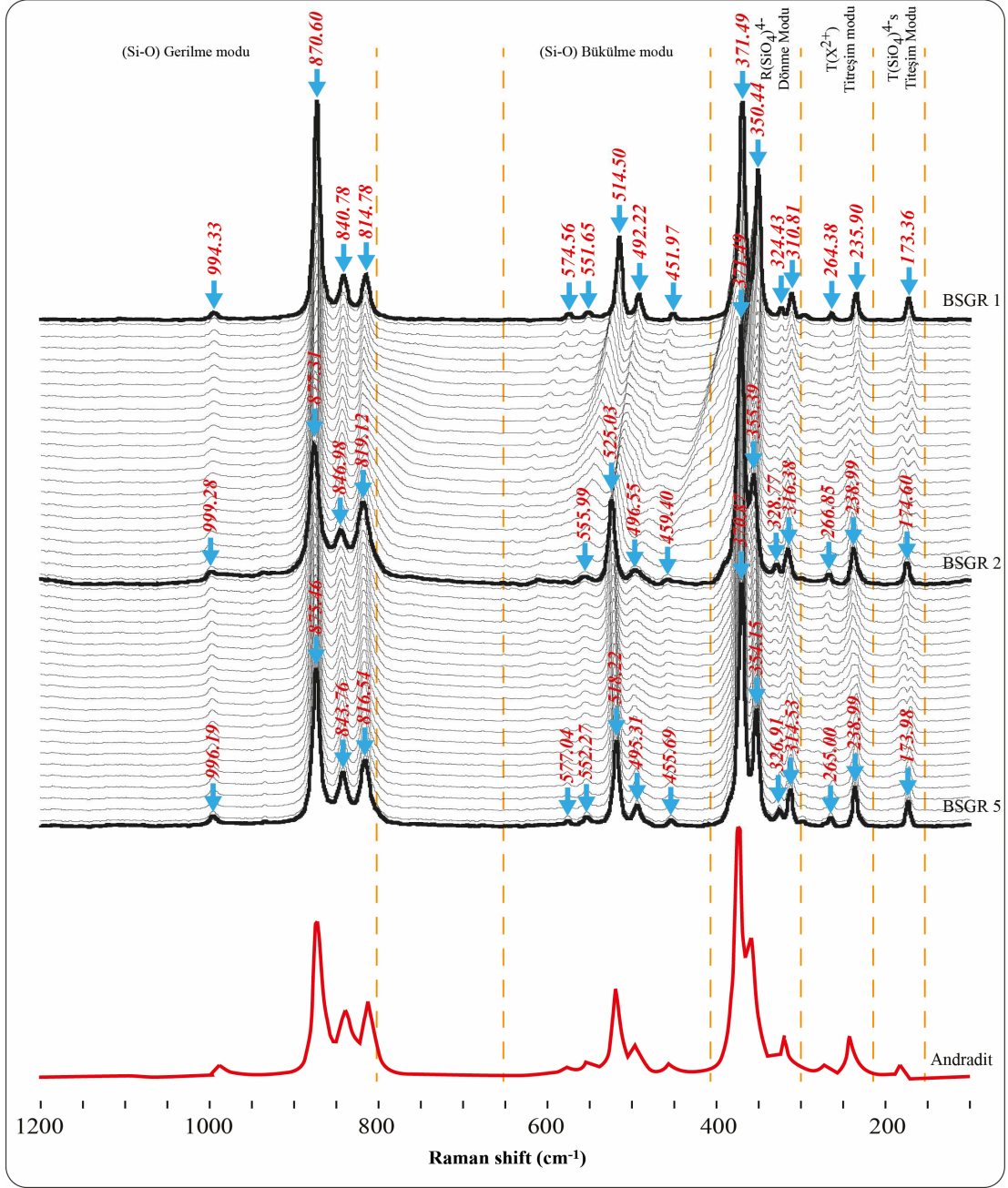
Tablo 5.1: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerine ait 2θ ve d değerlerinin karşılaştırılması

Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Susurluk Alt Lokasyon	
2θ	d	2θ	d	2θ	d	2θ	d	2θ	d	2θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76	20.88	4.26
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11	29.64	3.01
				30.12	2.97						
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91	33.24	2.69
				33.78	2.65			34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			34.85	2.57
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46			36.51	2.46
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38		
				38.69	2.33			39.46	2.28		
39.96	2.26	39.83	2.26								
				41.69	2.17	40.97	2.20			41.00	2.20
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13		
				47.22	1.93						
								48.16	1.89		
48.80	1.87	48.64	1.87								
				53.50	1.71						
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68	54.84	1.67
						57.14	1.61	57.01	1.62	57.14	1.61
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59						
								59.37	1.56		
73.65	1.29									73.63	1.29
								74.66	1.27		
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10			88.81	1.10

*Granat uç üyelerine ait 2θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5'den alınmıştır.

5.2.3 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri

Susurluk alt lokasyon granat kristalleri üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 16 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 870-877, 514-525, 370-371 ve 350-355 cm^{-1} 'de, orta şiddetli kayma pikleri 840-846, 814-819, 492-496, 310-316, 235-238 ve 173-174 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 994-999, 574-577, 551-555, 451-459, 324-328 ve 264-265 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 5.8 ve Tablo 5.2).



Şekil 5.8: Alt lokasyon granat kristalleri ve andradit türü granatın Raman spektrumları (Andradit'e ait Raman spektrumu URL-8'den alınmıştır).

Literatürden alınan granat türlerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS spektrum değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir. Buna göre Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerine ait Raman spektrumlarını karşılaştırdığımızda alt lokasyon örneklerinin andradit bileşimli granat türü ile çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 5.8 ve Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Andradit*	Spesartin*	Susurluk Alt Lokasyon
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	1062	1032	1007	995	1027	994-999
E_g	v_3	938	920	904	874	913	870-877
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	899	892	850	842	878	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	866	862	826	815	849	814-819
A_{1g}	v_1	925	910	881	872	905	
E_g	v_1	911	910	852	843	892	840-846
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	648	628	629	593	628	
E_g	v_4	626	593	590	576	592	574-577
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	598	576	577	553	573	551-555
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	510	498	509	494	499	492-496
A_{1g}	v_2	562	553	549	516	550	514-525
E_g	v_2	524	521	526	494	521	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_2	490	474	478	452	472	451-459
E_g	v_2	439	421	416	352	410	350-355
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	379	355	383	382	350	
E_g	$R(SiO_4)$	365	368	369	370	372	370-371
A_{1g}	$R(SiO_4)$	362	347	374	370	347	
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	350	312	349	325	314	324-328
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	272	212	246	235	220	235-238
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	208	166	178	173	173	173-174

*Granat uç üyelerine ait Raman kayma değerleri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998' den alınmıştır.

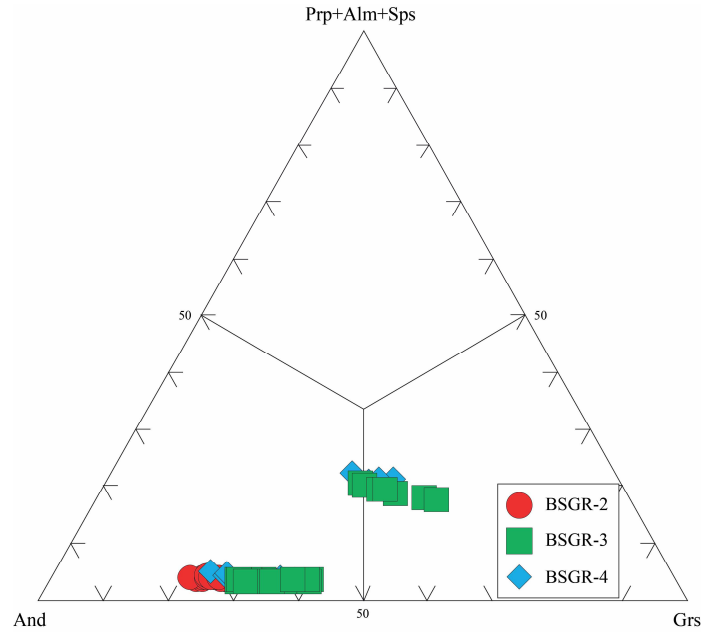
5.2.4 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

Susurluk alt lokasyon granat kristallerinden hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 53 noktadan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 99-102 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-D'de verilmiştir.

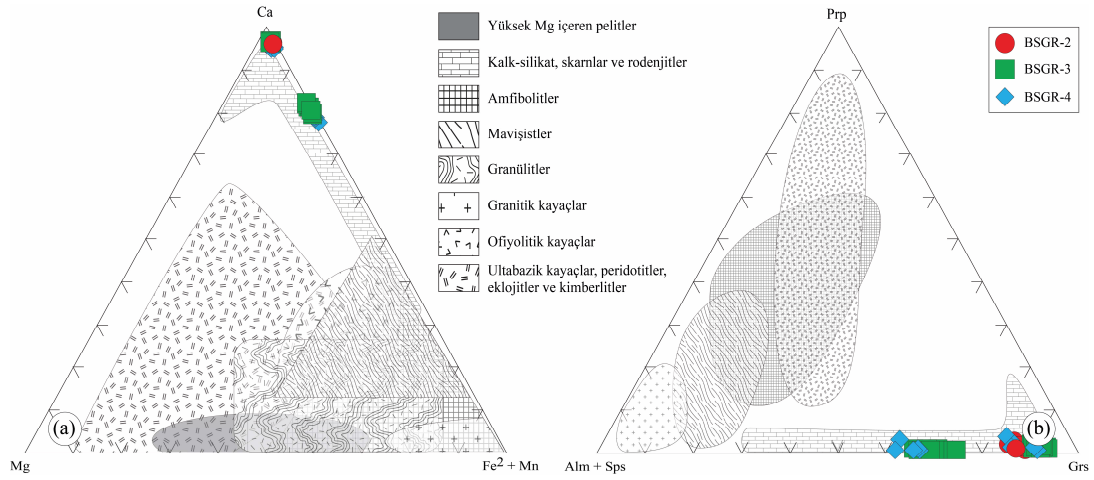
Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin Si içerikleri 5.80 ile 6.34 a.p.f.u arasında değişirken Al^{VI} içerikleri 1.11 ile 2.46, Fe^{+2} içerikleri 0.13 ile 1.43, Mg içerikleri 0.00 ile 0.06, Mn içerikleri 0.01 ile 0.07 ve Ca içerikleri 4.96 ile 5.36 arasında değişim göstermektedir. Granat kristallerinin $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ oranı 0.73-1.00 arasında değişim gösterirken, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları 0.01-0.18 arasındadır. Mineral kimyası sonuçlarına göre Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin kimyasal bileşimleri $And_{0.30-0.87}Grs_{0.08-0.52}Alm_{0.02-0.22}$ olarak hesaplanmıştır. Wright (1938) tarafından önerilen ve granat uç üye oranlarını esas alan üçgen diyagramında Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin çoğunlukla andradit kısmen grosular bölgesine düştüğü belirlenmiştir

(Şekil 5.9). Şekil 5.9’da görülen andradit - grosular arası kümelenme skarn zonlarda oluşan granatlarda yaygın olarak gözlenen zonlu kristal yapısı ile ilişkilendirilebilir. Zonlu yapı gösteren granat kristallerindeki büyüme bantlarının Fe/Al oranlarındaki değişimler nokta analizlerinde farklı ölçümlere neden olabileceği birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Jamtveit 1991, Clechenko ve Valley 2003, Ciabanu ve Cook 2004). Andradit ($\text{Ca}_3\text{Fe}^{+3}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$) ve grosular ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$) türü granatlarda Fe ve Al elementlerinin kristalin merkezinden kenarına doğru değişim göstermesi ile birlikte merkezde grosular bileşimi kenarda ise andradit bileşimi göstermesi beklenen bir sonuçtur.

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, Fe+2+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin skarn zonu alanına düştüğü, metasomatizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 5.10a, b).



Şekil 5.9: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin Andradit-(Pirop+Almandin+Spesartin)-Grosular uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938).



Şekil 5.10: a) Ca-Mg-(Fe²⁺+Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

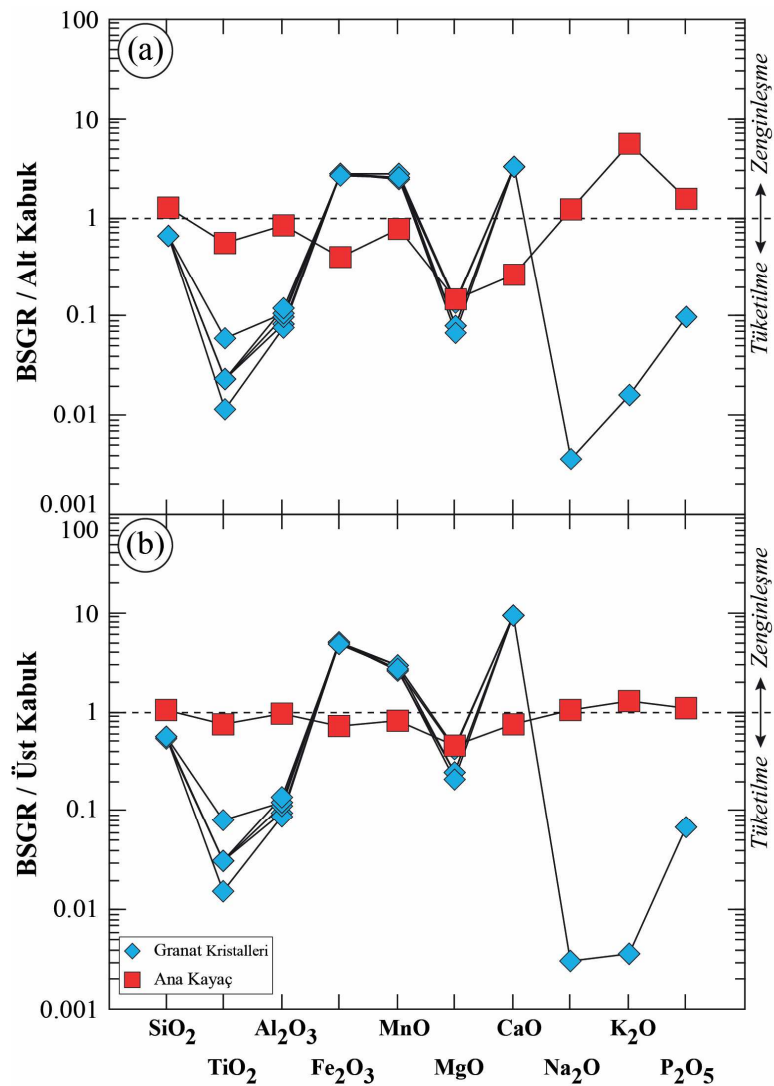
5.2.5 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 5.3’de verilmiştir. Genel olarak granat kristallerinin Al₂O₃ içeriği %1.32-2.09 arasında değişirken, SiO₂ %35.86-36.66, MgO %0.51-1.06, Fe₂O₃ %26.64-27.56, TiO₂ %0.01-0.05, CaO %32.16-32.88, Na₂O %0.01, K₂O % 0.01, P₂O₅ %0.01, MnO %0.25-0.29 ve kızdırma kaybı (LOI) % 0.9 ile 1.1 arasında değişmektedir.

Granat kristallerinin Cr içerikleri <13.7 ppm iken, Co içerikleri 67.7 ile 88.1 ppm, Cu içerikleri 180.8 ile 601.3 ppm, V içerikleri <8 ile 10 ppm, Ni içerikleri 54 ile 67 ppm, U içerikleri 6.8 ile 9.4 ppm, Pb içerikleri 44.6 ile 125.6 ppm, Zr içerikleri 7.3 ile 18.9 ppm, Sr içerikleri 1.0 ile 1.9 ppm, Nb içerikleri 2.5 ile 4.0 ppm, Y içerikleri 9.8 ile 14.5 ppm, La içerikleri 6.4 ile 9.7 ppm, Ce içerikleri 23.7 ile 31 ppm ve Th içerikleri 0.7 ile 1.4 ppm arasında değişmektedir. Bununla birlikte Sn (175-333 ppm) ve Zn (241-480 ppm) içerikleri nisbeten yüksek miktarları ile dikkat çekmektedir.

Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacının AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında ana oksit elementleri bakımından hemen hemen benzer dağılım deseni gösterdiği belirlenmiştir. AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında Susurluk alt lokasyon granat kristalleri Fe₂O₃, MnO ve CaO

elementleri bakımından zenginleşme, TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından tüketilme göstermektedir (Şekil 5.11a, b). AKK ve ÜKK'ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramlarında granat kristalleri ile granit yan kayacının benzer değişim desenleri göstermediği, granat kristallerinin yan kayaca göre Fe_2O_3 , MnO ve CaO elementleri bakımından zenginleştiği TiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından da tüketildiği görülmüştür. Bu durum andradit türü granatlarda Fe, Mn ve Ca element içeriklerinin granit kayaca göre çok yüksek, Ti, Al, Na, K ve P element içeriklerinin ise düşük olması ile açıklanabilir.



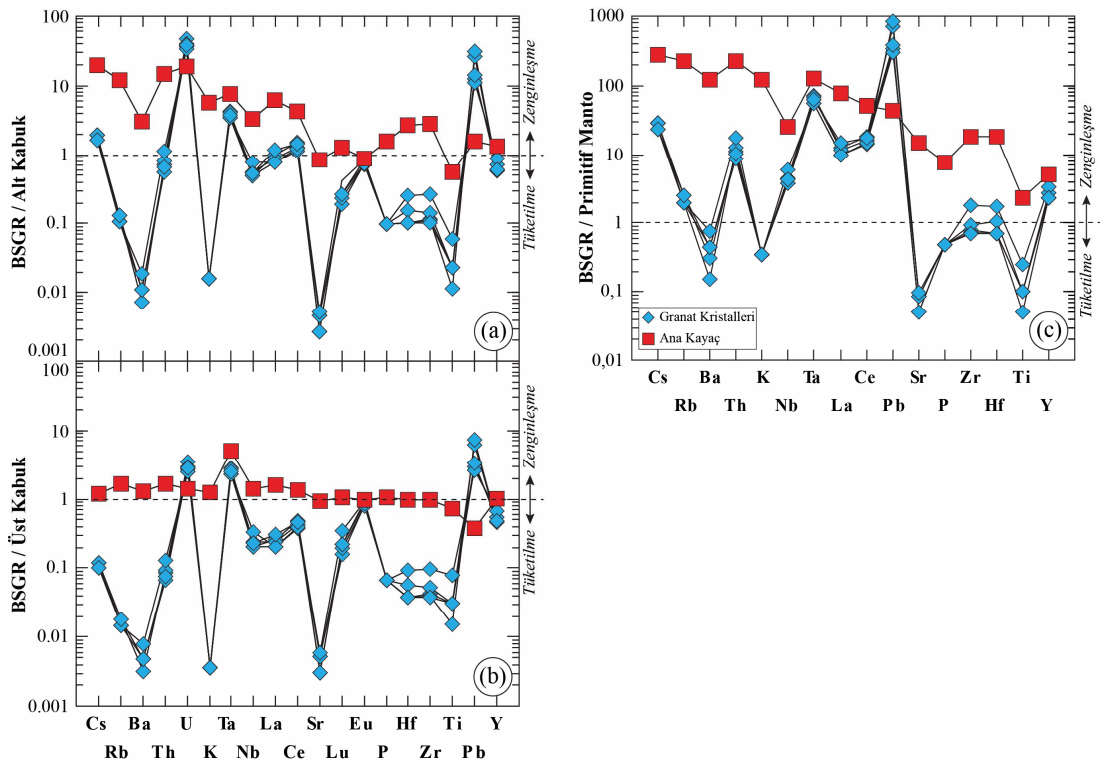
Şekil 5.11: Granat kristalleri ve granit yan kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

Tablo 5.3: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ve yan kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

Element/Örnek		Granat Kristalleri					Yan Kayaç
		BSGR-1	BSGR-2	BSGR-3	BSGR-4	BSGR-5	BSGR-YK
SiO ₂	%	36.61	36.66	35.86	36.20	36.34	68.73
Al ₂ O ₃	%	1.47	1.32	1.71	1.88	2.09	14.41
Fe ₂ O ₃	%	26.92	27.28	27.56	27.32	26.64	3.90
MgO	%	1.06	1.04	0.61	0.60	0.51	1.10
CaO	%	32.42	32.16	32.71	32.22	32.88	2.66
Na ₂ O	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.36
K ₂ O	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.53
TiO ₂	%	0.02	0.01	0.02	0.05	0.02	0.47
P ₂ O ₅	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.16
MnO	%	0.29	0.27	0.25	0.29	0.27	0.08
LOI	%	0.9	0.9	1.0	1.1	0.9	1.2
Toplam	%	99.71	99.69	99.72	99.70	99.72	99.74
Cr	ppm	<14	<14	<14	<14	<14	21.0
Ba	ppm	2.0	3.0	<1	5.0	3.0	819.0
Ni	ppm	63.0	62.0	67.0	55.0	54.0	74.0
Sc	ppm	1.0	<1	1.0	1.0	<1	7.0
Co	ppm	88.1	72.9	81.8	67.7	72.6	111.2
Cs	ppm	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	5.9
Ga	ppm	17.8	13.6	16.8	17.7	19.5	16.1
Hf	ppm	0.2	0.2	0.3	0.5	0.2	5.2
Nb	ppm	2.5	2.5	2.9	4.0	2.8	17.0
Rb	ppm	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5	135.3
Sn	ppm	333.0	217.0	306.0	279.0	175.0	6.0
Sr	ppm	1.7	1.7	1.0	1.9	1.0	296.7
Ta	ppm	2.6	2.1	2.5	2.1	2.3	4.6
Th	ppm	0.9	0.7	1.0	1.4	0.8	18.0
U	ppm	9.4	7.3	8.2	6.8	7.7	3.9
V	ppm	<8	<8	<8	10.0	<8	49.0
Zr	ppm	8.3	7.7	10.0	18.9	7.3	193.9
Y	ppm	9.8	9.9	11.6	14.5	10.2	21.7
Mo	ppm	0.4	0.3	0.5	0.3	0.9	0.7
Cu	ppm	416.1	410.3	180.8	601.3	315.8	46.5
Pb	ppm	106.5	125.6	51.2	44.6	58.2	6.4
Zn	ppm	241.0	400.0	309.0	480.0	276.0	60.0
As	ppm	20.9	27.3	23.2	23.5	22.8	<0.5
Cd	ppm	0.4	0.3	0.5	0.3	0.9	0.7
La	ppm	8.3	6.4	7.4	6.4	9.7	49.9
Ce	ppm	31.0	23.7	26.8	24.8	29.2	85.6
Pr	ppm	4.2	3.8	4.4	3.9	4.2	9.1
Nd	ppm	11.4	10.2	13.1	12.0	11.8	30.1
Sm	ppm	1.3	1.2	1.5	1.6	1.2	5.1
Eu	ppm	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0
Gd	ppm	1.1	1.2	1.3	1.6	1.2	4.6
Tb	ppm	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.7
Dy	ppm	1.0	1.1	1.1	1.4	1.1	3.9
Ho	ppm	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.8
Er	ppm	0.6	0.7	0.7	0.9	0.6	2.2
Tm	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
Yb	ppm	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	2.2
Lu	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
(La/Sm) _N		4.05	3.50	3.19	2.46	5.09	6.15
(Sm/Yb) _N		3.01	2.33	3.19	2.41	2.26	2.52
(Eu/Eu*) _N		2.16	2.14	2.12	1.81	2.25	0.62
(Y/Ho) _N		1.70	1.64	1.83	1.58	1.69	0.97

$$Eu^* = (Sm+Gd)/2$$

İz element içeriklerine göre AKK, ÜKK ve PM'ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında granit yan kayacı ve granat kristallerinin farklı dağılım desenleri gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 5.12a, b, c). AKK, ÜKK ve PM'ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında granit yan kayacının Ba, K, Nb, Sr, Eu ve Ti elementleri bakımından belirgin anomaliler gösterdiği, ÜKK bileşimine yakın bir bileşime sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.12b). Özellikle Ba, Nb ve Ti element içeriklerindeki negatif anomalilerin varlığı granit yan kayacının aktif kıta kenarı magmatizması ürünü olduğuna işaret etmektedir (Wilson 1989).

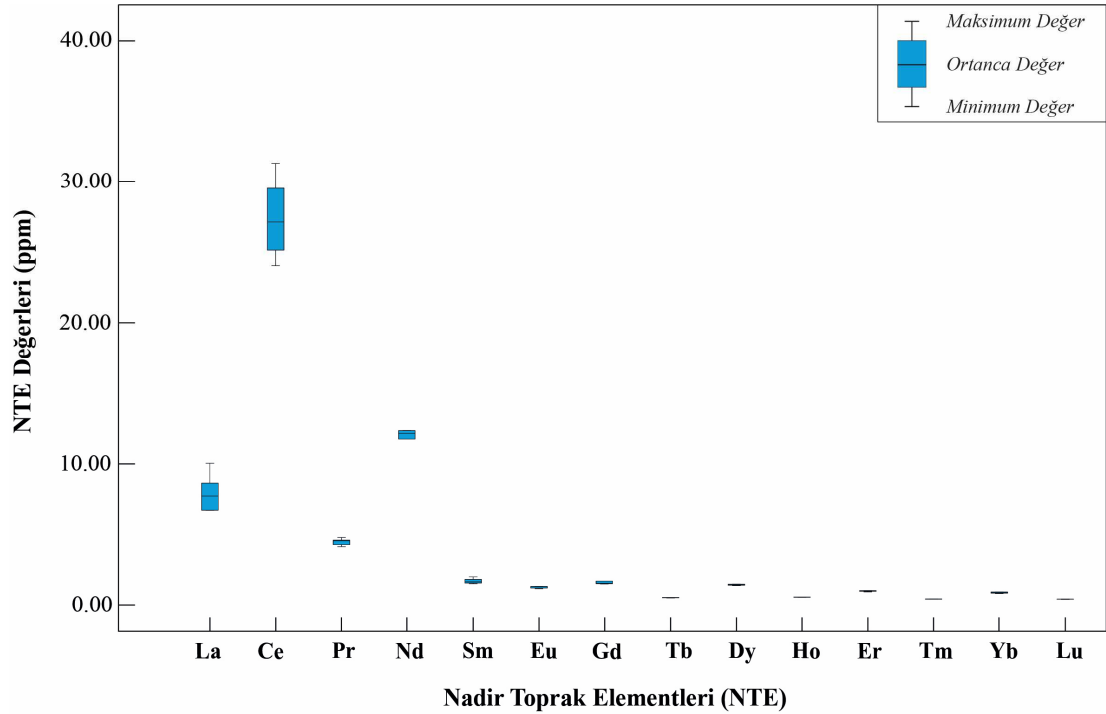


Şekil 5.12: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Granat kristallerinin AKK'ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında U, Th ve Pb içerikleri bakımından belirgin zenginleşme, Cs, Th, La, Ce ve Eu içerikleri bakımından hafif zenginleşme ve Rb, Ba, K, Nb, Sr, Pb, Hf, Zr, T ve Y içerikleri bakımından belirgin tüketilmeler görülmektedir (Şekil 5.12a). ÜKK'ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında granat kristalleri U, Ta ve Pb elementleri haricinde diğer tüm elementler (Cs, Rb, Ba, Th, K, Nb, La, Ce, Sr, Lu, Eu, Pb, Hf, Zr, Ti ve Y) bakımından belirgin tüketilmeler

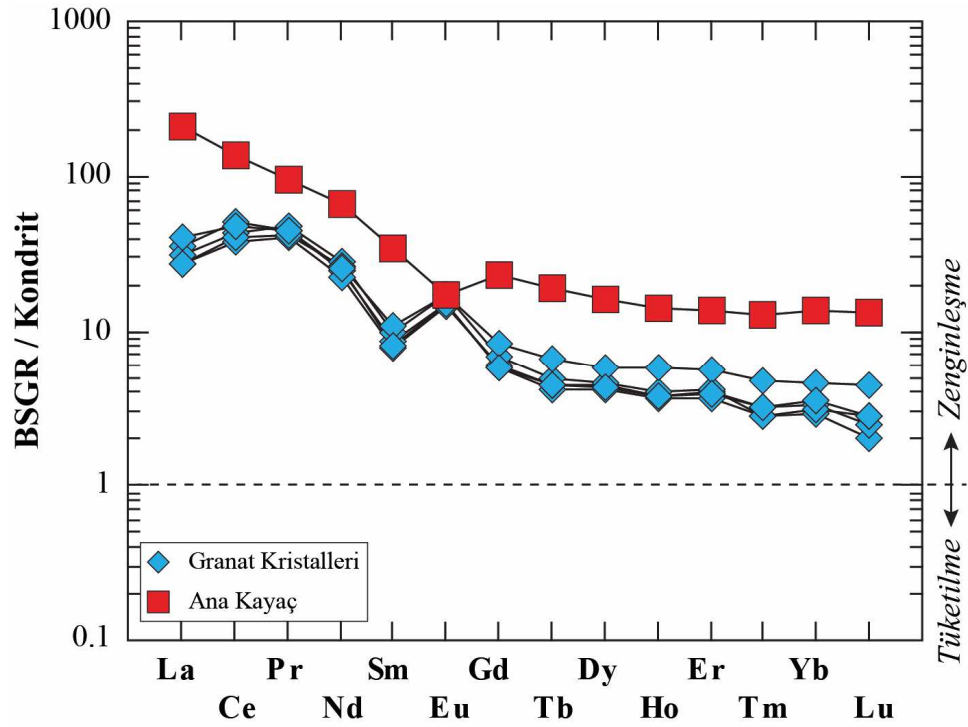
göstermektedir (Şekil 5.12b). Benzer şekilde granat kristallerinin Ba, K, Sr ve Ti içeriklerinin PM değerlerine göre belirgin şekilde tüketilmiş oldukları görülmektedir (Şekil 5.12c). Granat kristallerinin iz element içeriklerinde görülen bu tür değişkenliklerin granit-kireçtaşı dokanağında meydana gelen metasomatizma olayları ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir.

Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin NTE değerlerine bakıldığında; La içerikleri 6.4 ile 9.7 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 23.7 ile 31 ppm, Pr içerikleri 3.8 ile 4.4 ppm, Nd içerikleri 10.2 ile 13.1 ppm, Sm içerikleri 1.1 ile 1.6 ppm, Eu içerikleri 0.8 ile 1.0 ppm, Gd içerikleri 1.1 ile 1.7 ppm, Tb içerikleri 0.1 ile 0.2 ppm, Dy içerikleri 1.0 ile 1.4 ppm, Ho içerikleri 0.2 ile 0.3 ppm, Er içerikleri 0.6 ile 0.9 ppm, Tm içerikleri 0.1 ppm, Yb içerikleri 0.5 ile 0.7 ppm ve Lu içerikleri 0.1 ppm arasında değişmektedir (Şekil 5.14). Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin La, Ce ve Nd haricindeki diğer nadir toprak elementleri bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin La ve Ce içerikleri bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetric dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramında Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin LREE bakımından HREE'ye göre zenginleşme gösterdiği görülmektedir (Şekil 5.14). Buna göre Susurluk alt lokasyon kristallerinin toplam NTE içerikleri 50 ile 60.86 (ppm) arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 2.46 ile 5.09 (ppm) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 2.26 ile 3.19 (ppm) arasında, $(Y/Ho)_N$ içerikleri 1.58 ile 1.83 arasında ve $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 1.81 ile 2.25 arasında değişmektedir (Tablo 5.3). Bu değerlere göre granit yan kayacının LREE içeriklerinin HREE içeriklerine göre nisbeten daha fazla zenginleşmiş olduğu ve negatif Eu anomalisi gösterdiği, granat kristallerinin pozitif Eu anomalisi gösterdiği görülmektedir (Şekil 5.14). Bununla birlikte granat kristalleri belirgin pozitif Y anomalisi (ortalama 1.69 ppm) de göstermektedir.



Şekil 5.14: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

5.2.5.1 Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermometre)

Susurluk alt ve üst lokasyon granat kristallerinin granit-kireçtaşı dokanağındaki skarn zonda görüldüğü arazi gözlemlerinin anlatıldığı bölümde bahsedilmişti. Granat kristallerinin oluşum sıcaklığına yaklaşımda bulunabilmek için skarn zonun oluşmasına neden olan granit magmasının sıcaklığının belirlenmesi

uygun olacağı değerlendirilmiştir. Tüm-kayaç bileşimleriyle hesaplanan zirkon ve apatit sıcaklıkları, granit bileşimli kayaları oluşturan magmanın başlangıçtaki sıcaklıklarının tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu termometre genellikle zirkon ve apatit bakımında zengin ortaç-felsik magmalarda doğru sonuçlar verebilmektedir. Petrografik incelemelerde granit yan kayacının içerdiği biyotit fenokristallerinde ciddi miktarda zirkon kapanımları bulunduğu, kimyasal analizlerde ise 193.9 ppm Zr içerdiği belirlenmiştir (Şekil 5.4e, Tablo 5.3). Yeterli miktarda Zr içerdiği değerlendirilen granit yan kayacının hesaplanan Zr doygunluk sıcaklığının 799 °C olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.4). Bu değerlere göre Susurluk alt ve üst lokasyon granat kristallerinin belirtilen sıcaklık aralığında oluşmuş olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 5.4: Zirkon doygunluk sıcaklıklarına göre hesaplanan Susurluk alt ve üst lokasyon granat kristallerinin oluşum sıcaklıkları.

	Zr (ppm)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO
Susurluk	193.9	68.73	0.47	14.41	3.90	0.08	1.10
Granit	CaO	Na₂O	K₂O	P₂O₅	A/CNK	Zirkon °C	
	2.66	3.36	3.53	0.16	2.12	799	

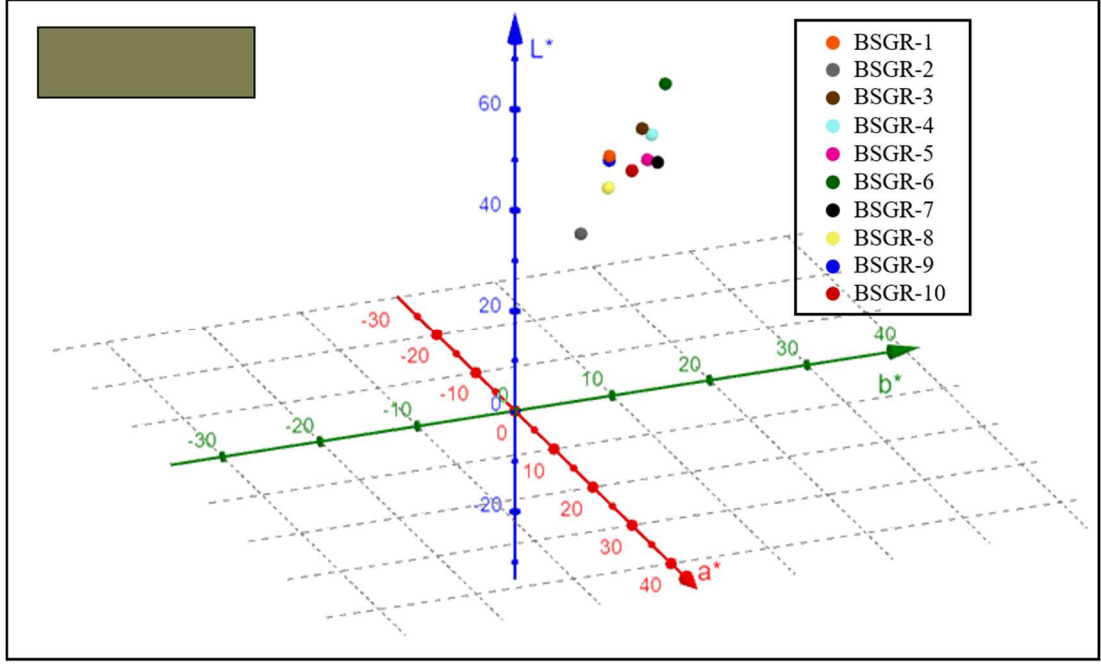
5.2.6 Gemolojik Değerlendirmeler

5.2.6.1 Renk Ölçümleri

Susurluk alt lokasyona ait granat kristallerinin renk ölçümleri L*:a*:b* sistemine göre yapılmıştır ve L*:a*:b* sistemine göre renk ortalaması 47.69:1.20:11.46 (sarımsı yeşil) olarak belirlenmiştir (Şekil 5.15, Tablo 5.5).

Tablo 5.5: Susurluk alt lokasyon kristallerinin L*a*b* renk ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L*	45.51	62.17	47.3	43.48	46.92	33.91	44.05	48.97	51.5	53.12	47.69
a*	1.49	2.05	0.41	1.18	2.11	0.74	0.73	1.39	0.86	1.02	1.2
b*	11.41	14.62	9.52	13.13	13.8	6.48	10.14	9.15	13.68	12.66	11.46



Şekil 5.15: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.

5.2.6.2 Gemolojik Testler

Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıkları 3.50 ile 3.83 arasında ve kırılma indisleri de 1.74-176 arasında değişmektedir. Granat kristallerinin optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde mavi bant aralığında 450 nm’de güçlü ve yeşil bant aralığında 505 nm’de zayıf çizgiler gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen granat kristalleri güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Testler sonucu elde edilen veriler dünyada değerli taş olarak kullanılan granat uç üye bileşimleriyle karşılaştırılmış olup gemolojik özellikleri bakımından grossular türü granatlarla benzerlik göstermektedir (Tablo 5.6).

Skarn zonlarında oluşan granat kristallerinin çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında değerli süs taşlarında aranan camsı parlaklık gösterdiği, saydam ve yarı-saydam olduğu ve dodekahedron öz şeklini koruduğu görülmüştür (Şekil 5.5). Ön incelemelere göre şeffaf taşlarda sıklıkla kullanılan fasetli ve kaboşon işleme tekniği uygulanarak takı üretimi yapımına uygun olduğu değerlendirilmiştir. Sarımsı yeşil rengi ve saydamlığı sayesinde ciddi bir katma değer oluşturacağı

düşünülmektedir (Şekil 5.16). Susurluk alt lokasyon granat kristalleri kaboşon işleme teknikleriyle işlenmiş ve takıya dönüştürülmüştür (Şekil 5.17).



Şekil 5.16: Amorf kaboşon formda işlenmiş Susurluk alt lokasyon granat kristali.

Tablo 5.6: Susurluk alt lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

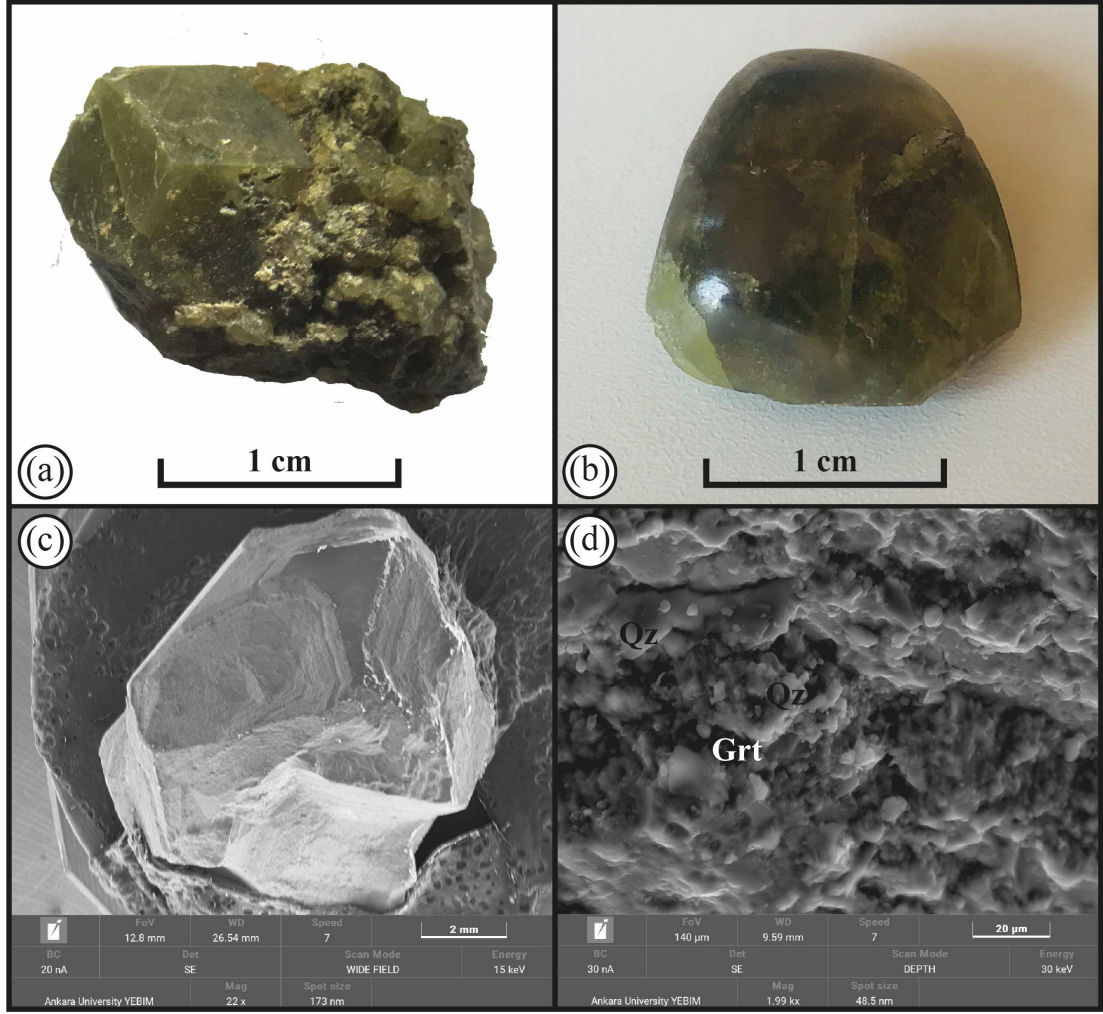
Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Susurluk Alt Lokasyon Granatları	3.50-3.83	1.74-.176	Sarımsı yeşil – yeşil.	Mavi: 450 nm (güçlü) Yeşil: 505 nm (zayıf)



Şekil 5.17: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüş Susurluk alt lokasyon granat kristalleri.

5.2.6.3 Granat Kristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri

Dodekahedron formda özşekilli kristallere sahip olan ve parlatıldığında sarımsı yeşil-yeşil renk geçişleri gösteren Susurluk alt lokasyon granatlarının geniş açı SEM görüntülerinde iç içe geçmiş zonlanmalar oldukça belirgin olup, kristal yüzeylerinin nispeten temiz olduğu ve fazla bir bozulma göstermediği görülmektedir (Şekil 5.18a, b, c). Yakın çekim SEM görüntülerinde ise kristal yüzeylerinde kısmen boşluk ve çatlakların olduğu gözlenmiştir. Kristal yüzeyindeki boşluk ve çatlaklarda metasomatik süreçlerdeki element değişimi sebebiyle ikincil mineral olarak öz şekilli kuvars kristalleri gelişmiştir (Şekil 5.18d). Aşınmaya dayanıklı olan kuvars kristalleri ve kristal yüzeyinde bulunan boşluklar süs taşı işlemede olumsuz etkenler olarak ortaya çıkacaktır. Sonuç olarak Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin içerdiği kuvars mineralleri ve kristal yüzeylerindeki boşluklar nedeniyle değerli süs taşı sınıfından ziyade yarı değerli süs taşı sınıfında değerlendirilebileceği düşünülmektedir.



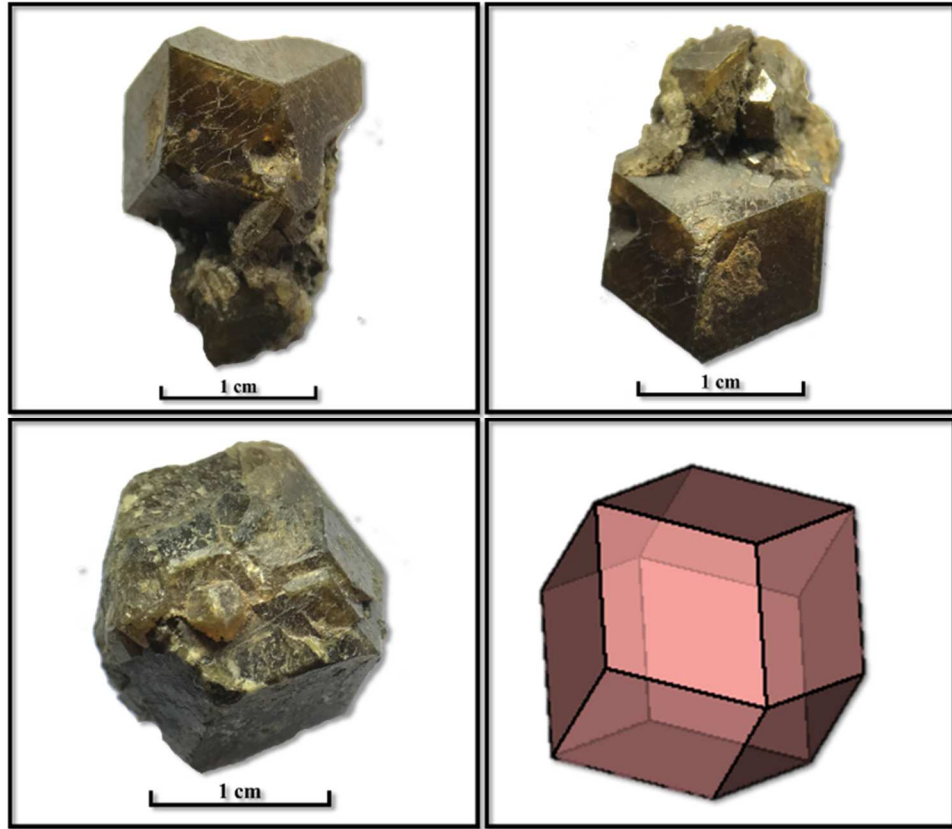
Şekil 5.18: Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin **a)** işlenmemiş, **b)** işlenmiş el örnekleri görünümleri ile **c, d)** SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).

5.3 Susurluk Üst Lokasyon (SGR)

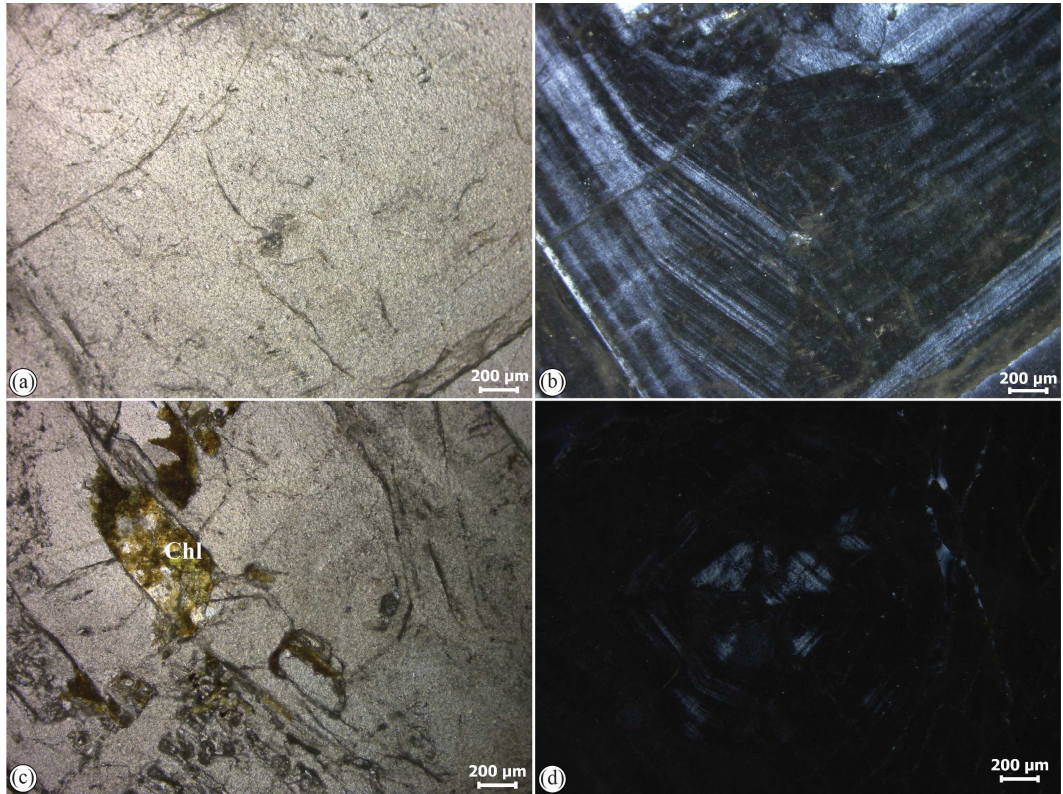
5.3.1 Optik Mikroskop İncelemeleri

Susurluk (Serçeören) bölgesinde alt ve üst lokasyonlarda görülen granat oluşumları Çataldağ granitoidinin kireçtaşı ile olan dokanağında gelişen skarn zonda gözlenmektedir. Susurluk alt ve üst lokasyonlarındaki Çataldağ granitoidi benzer arazi ve minero-petrografik özelliklere sahiptir. Anlatım tekrarına düşmemek için bu başlık altında granit yan kayacına ait arazi ve optik mikroskop incelemelerine yer verilmemiştir.

Üst lokasyonda skarn zonlarında gözlenen granat kristalleri sarımsı kahverengi-kahverengi renkte, 0.2-3 cm boyutunda, dodekahedron kristal formunda olup, kristal yüzeyleri camsı parlaklıktadır (Şekil 5.3g, Şekil 5.19). Mikroskop incelemelerinde üst lokasyon granat kristalleri alt lokasyona göre daha az kırıklı ve çatlaklı bir yapı göstermektedir (Şekil 5.20a). Granat kristallerde zonlanma yaygın olup, bazı mineral kapanımları içermektedir (Şekil 5.20b, c, d). PN'de kırık ve çatlaklar boyunca epidotlaşma, karbonatlaşma ve alt lokasyondan farklı olarak silisleşme görülmektedir (Şekil 5.20c). Üst lokasyon granat kristalleri kapanım olarak en fazla kalsit, epidot, amfibol ve opak mineralleri içermekle birlikte alt lokasyondan farklı olarak klorit kapanımları da içermektedir.



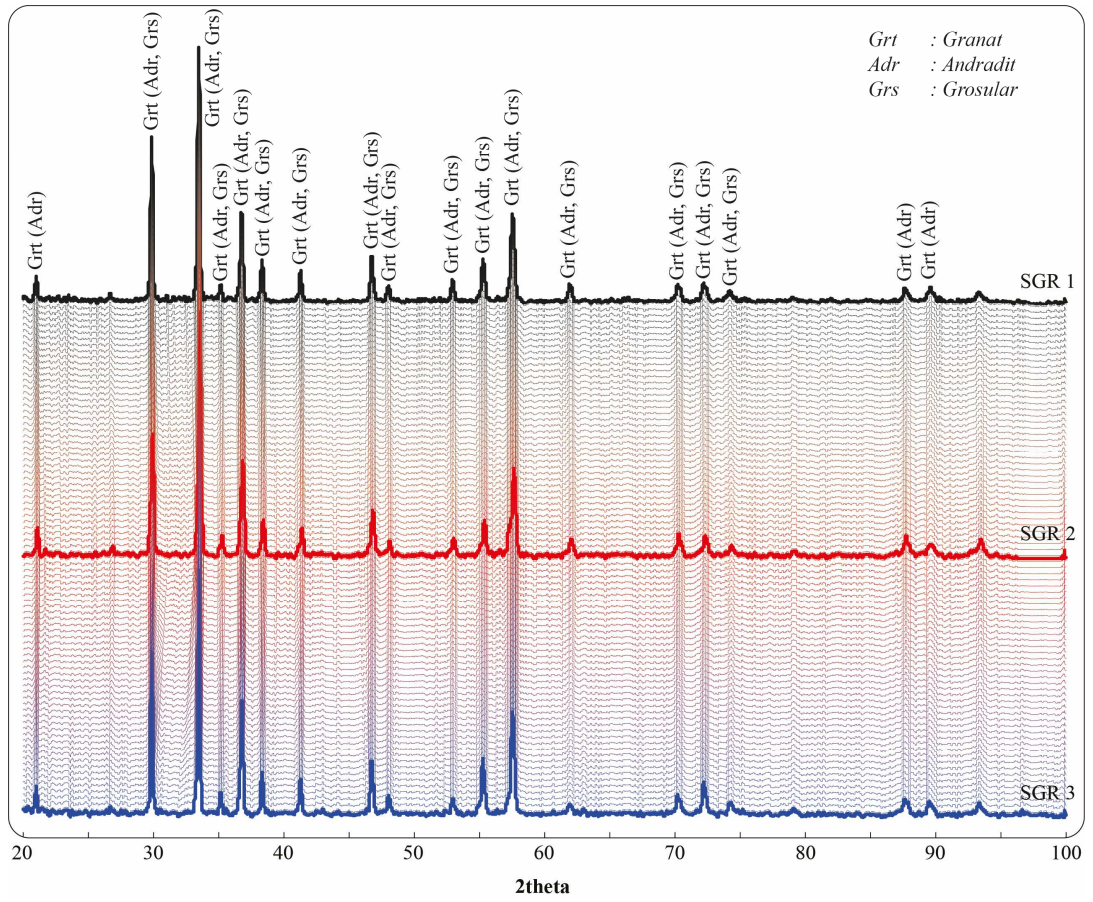
Şekil 5.19: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 5.20: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinde gözlenen **a)** Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), **b)** ve **d)** Zonlu yapı, **c)** Klorit kapanımı (PN) (Chl: Klorit).

5.3.2 X Işınları Difraktometre İncelemeleri

Arazide farklı noktalardan alınan granat kristallerinin XRD desenlerinin birbirine benzer olup, 2θ $15A^\circ$ 'dan itibaren düzenli ve belirgin mineral piklerine sahiptirler (Şekil 5.21). Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin XRD grafiklerinde başlıca grosular-andradit türü granat pikleri belirlenmiştir. Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2θ değerleri ile Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin 2θ değerleri karşılaştırıldığında andradit ve grosular bileşimli granatlara benzerlik gösterdiği görülmektedir (Tablo 5.7).



Şekil 5.21: Granat kristalleri toz XRD grafikleri.

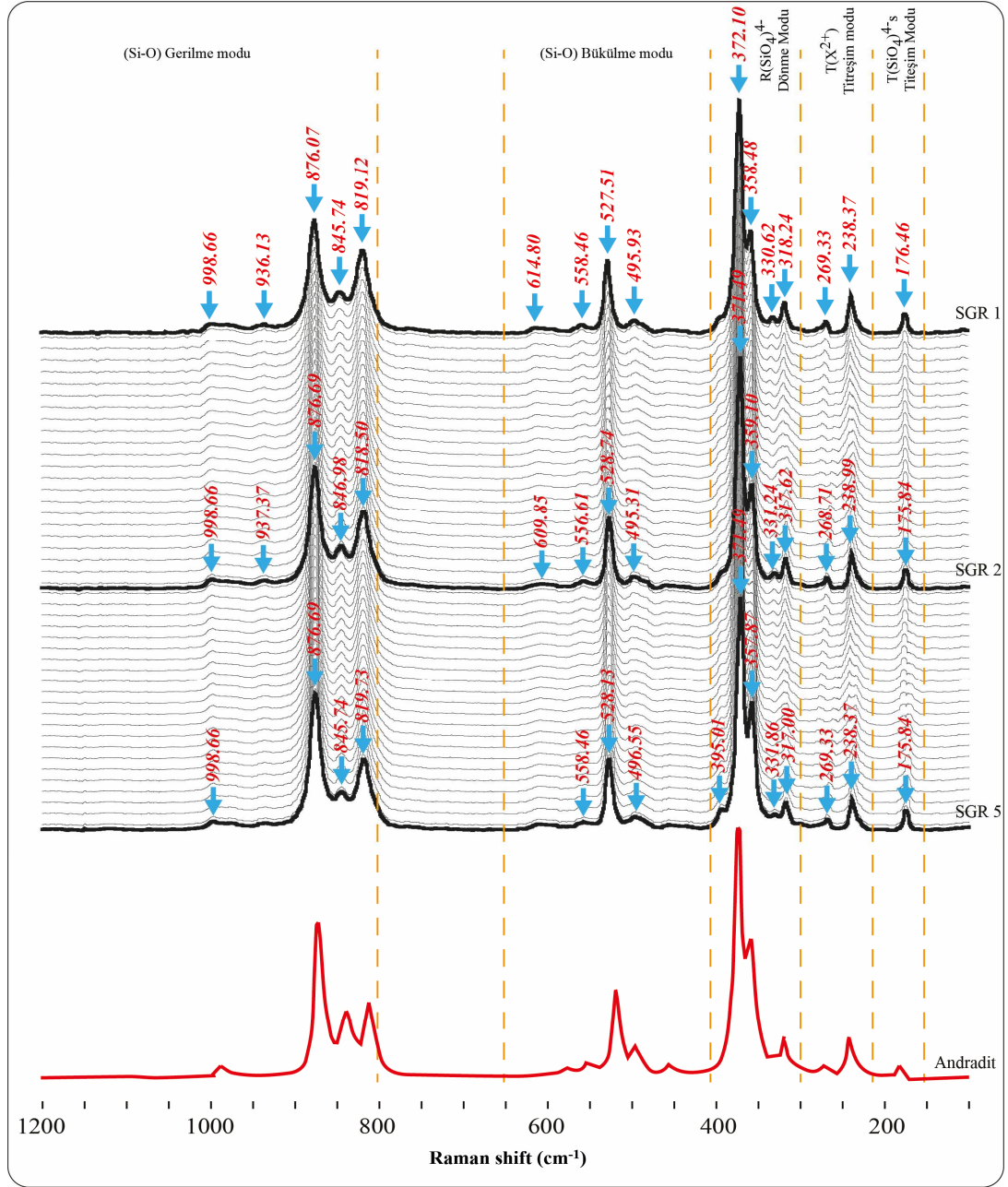
Tablo 5.7: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.

Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Susurluk Üst Lokasyon	
2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76		
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11		
				30.12	2.97					29.95	2.97
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91		
				33.78	2.65			34.46	2.61	33.57	2.66
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			35.21	2.55
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46			36.90	2.43
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38		
				38.69	2.33			39.46	2.28		
39.96	2.26	39.83	2.26								
				41.69	2.17	40.97	2.20			41.38	2.18
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13		
				47.22	1.93					46.90	1.94
								48.16	1.89	48.24	1.89
48.80	1.87	48.64	1.87								
				53.50	1.71						
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68	55.36	1.66
						57.14	1.61	57.01	1.62	57.64	1.60
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59						
								59.37	1.56		
73.65	1.29									74.34	1.27
								74.66	1.27		
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10			89.15	1.09

*Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5,'den alınmıştır.

5.3.3 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri

Susurluk üst lokasyon granat kristalleri üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 16 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 876 ve 371-372 cm^{-1} 'de, orta şiddetli kayma pikleri 845-846, 818-819, 527-528, 357-359, 238 ve 175-176 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 998, 936-937, 609-614, 556-558, 495-496, 330-331, 317-318 ve 268-269 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 5.22 ve Tablo 5.8).



Şekil 5.22: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve andradit bileşimli granat uç üyesinin Raman spektrumları (Andradit'e ait Raman spektrumu URL-8'dan alınmıştır).

Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS spektrum değerleri karşılaştırma amacıyla Tablo 5.2'de verilmiştir. Buna göre Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin andradit bileşimli granat uç üyesi ile çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 5.22 ve Tablo 5.8).

Tablo 5.8: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Andradit*	Spesartin*	Susurluk Üst Lokasyon
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	1062	1032	1007	995	1027	998
E_g	v_3	938	920	904	874	913	876
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	899	892	850	842	878	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	866	862	826	815	849	818-819
A_{1g}	v_1	925	910	881	872	905	876
E_g	v_1	911	910	852	843	892	845-846
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	648	628	629	593	628	
E_g	v_4	626	593	590	576	592	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	598	576	577	553	573	556-558
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	510	498	509	494	499	495-496
A_{1g}	v_2	562	553	549	516	550	527-528
E_g	v_2	524	521	526	494	521	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_2	490	474	478	452	472	
E_g	v_2	439	421	416	352	410	357-359
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	379	355	383	382	350	
E_g	$R(SiO_4)$	365	368	369	370	372	371-372
A_{1g}	$R(SiO_4)$	362	347	374	370	347	
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	350	312	349	325	314	317-318
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	272	212	246	235	220	238
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	208	166	178	173	173	175-176

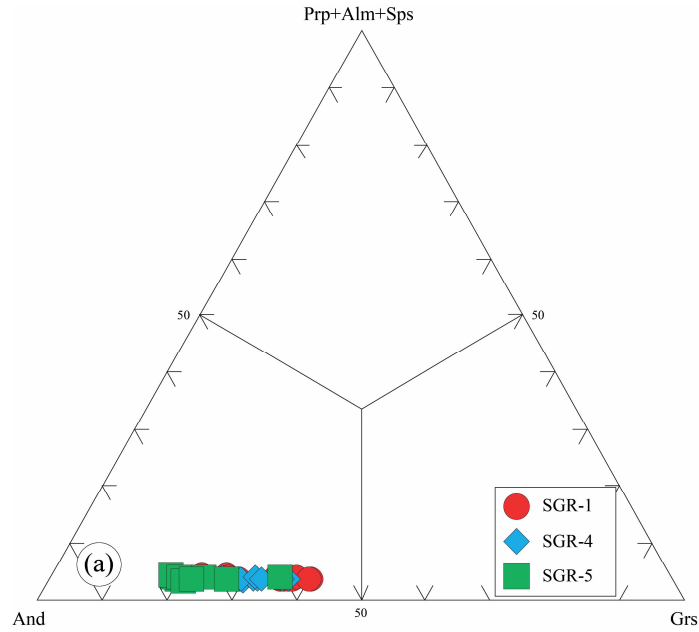
*Granat uç üye Raman spektrumları Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998'den alınmıştır.

5.3.4 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

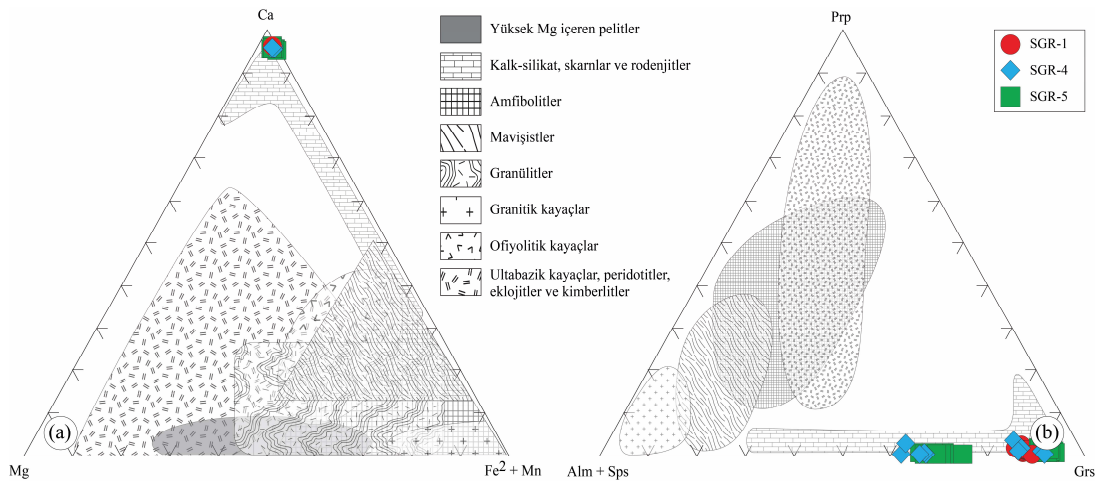
Susurluk üst lokasyon granat kristallerinden hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 40 noktadan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 99-101 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-E'de verilmiştir.

Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin Si içerikleri 5.81 ile 6.23 a.p.f.u arasında değişirken Al^{VI} içerikleri 0.98 ile 2.70, Fe^{+2} içerikleri 0.12 ile 0.18, Mg içerikleri 0.00 ile 0.05, Mn içerikleri 0.01 ile 0.07 ve Ca içerikleri 5.31 ile 5.53 arasında değişim göstermektedir. Granat kristallerinin $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ oranı 0.73-1.00 arasında değişim gösterirken, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları 0.00-0.27 arasındadır. Mineral kimyası sonuçlarına göre Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin kimyasal bileşimleri $And_{0.25-0.77}Grs_{0.19-0.52}Alm_{0.02-0.18}$ olarak hesaplanmıştır. Üst lokasyon granat kristallerinde alt lokasyona göre andradit oranının düşük grosular oranının yüksek olması, örneklerin Fe ve Al içeriklerindeki farklılık ile izah edilebilir.

Wright (1938) tarafından önerilen ve granat uç üye bileşimlerini esas alan üçgen diyagramında Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin andradit bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 5.23). Şekil 5.23’de zonlanma belirgin olup alt lokasyondan farklı olarak granat zonlarındaki Fe-Al değişimleri keskin değildir ve farklı alanlarda kümelenme göstermez. Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, Fe⁺²+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin skarn zonu alanına düştüğü, skarn zonlarda gelişen metasomatik süreçlerle ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 5.24a, b).



Şekil 5.23: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin Andradit-(Pirop+Almandin+Spesartin)-Grosular uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938).



Şekil 5.24: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin a) Ca-Mg-(Fe⁺²+Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramlarındaki konumları (Wright 1938).

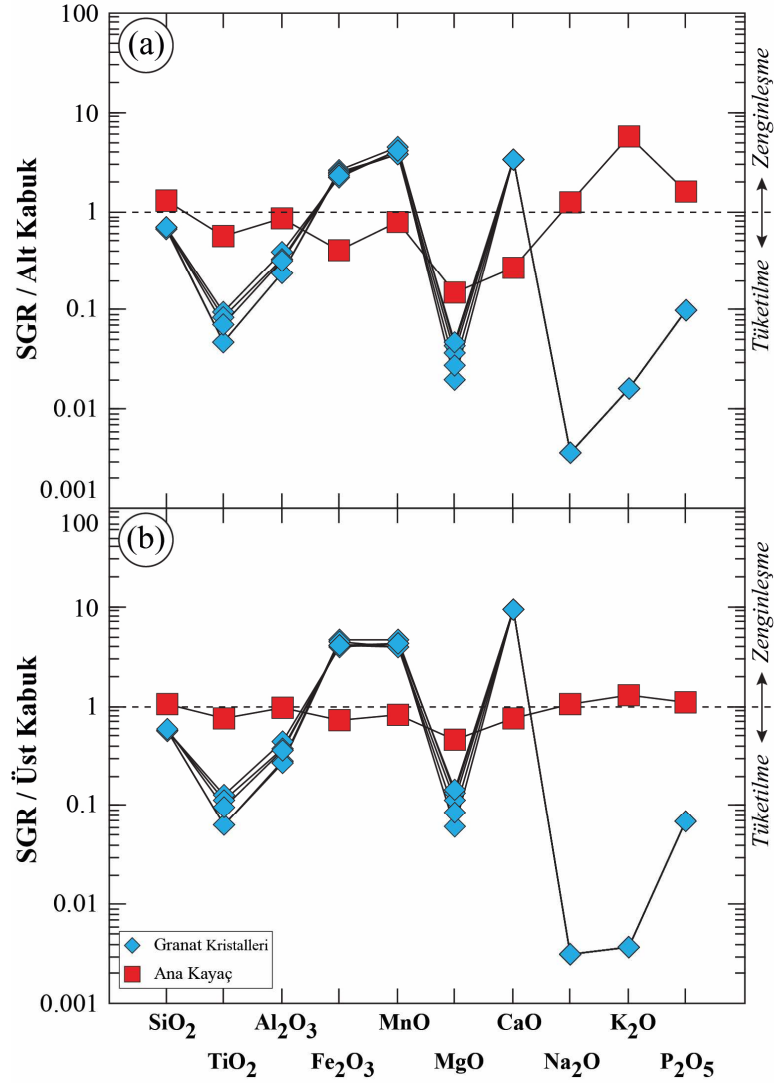
5.3.5 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Susurluk üst alt lokasyon granat kristallerinin tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 5.9’de verilmiştir. Genel olarak granat kristallerinin Al_2O_3 içeriği %4.05-6.69 arasında değişirken, SiO_2 %36.80-38.08, MgO %0.15-0.35, Fe_2O_3 %21.26-24.87, TiO_2 %0.04-0.08, CaO %32.36-33.18, Na_2O %0.01, K_2O % 0.01, P_2O_5 %0.01, MnO %0.39-0.46 ve kızdırma kaybı (LOI) % 0.5-0.9 arasında değişmektedir. Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin LOI değerlerinin düşük olması kristallerin fazlaca ayrışmamış olduğunu göstermekte olup, arazi gözlemleri ve petrografik incelemeler de bu sonucu desteklemektedir.

Minerallerde renk oluşumuna etki eden ve petrojenez çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bazı iz element içerikleri bakımından Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin Cr aralık değeri 13.7 ile 41.1 ppm iken, Co aralık değeri 100.6 ile 137.1 ppm, Cu aralık değeri 0.9 ile 2.7 ppm, V aralık değeri <8 ile 9 ppm, Ni aralık değeri 56 ile 76 ppm, U aralık değeri 1.2 ile 2.5 ppm, Pb aralık değeri 1.3 ile 15.3 ppm, Zr aralık değeri 6.1 ile 10.1 ppm, Sr aralık değeri 1.1 ile 2.3 ppm, Nb aralık değeri 6.8 ile 10.6 ppm, Y aralık değeri 8.4 ile 11.8 ppm, La aralık değeri 1.1 ile 5.9 ppm, Ce aralık değeri 6.6 ile 15.9 ppm ve Th aralık değeri 1.1 ile 1.6 ppm’dir. Bununla birlikte Sn element içeriğinin nispeten yüksek miktarlarda (237-383 ppm) olduğu dikkat çekmektedir. İz element içerikleri bakımından Susurluk üst lokasyon granat kristallerindeki Cu miktarı alt lokasyona göre çok düşüktür (Tablo 5.3 ve Tablo 5.9). Bu durum alt lokasyondaki granat kristallerinin ekzoskarn zonunda, üst lokasyon kristallerinin ise endoskarn zonunda oluşması ve bir bakır minerali olan malakit mineralinin ekzoskarn zonlarında çok sık gözlenmesi ile açıklanabilir (Orhan 2008).

Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ile granit yan kayacının AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında ana oksit elementleri bakımından farklı dağılım desenleri gösterdiği belirlenmiştir. AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramlarında Susurluk üst lokasyon granat kristalleri Fe_2O_3 , MnO ve CaO elementleri bakımından zenginleşme, TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından tüketilme göstermektedir (Şekil 5.25a, b). AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş

ana oksit çoklu element değişim diyagramlarında granit yan kayacının ÜKK'ye benzer yakın değerler gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 5.25: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacı ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

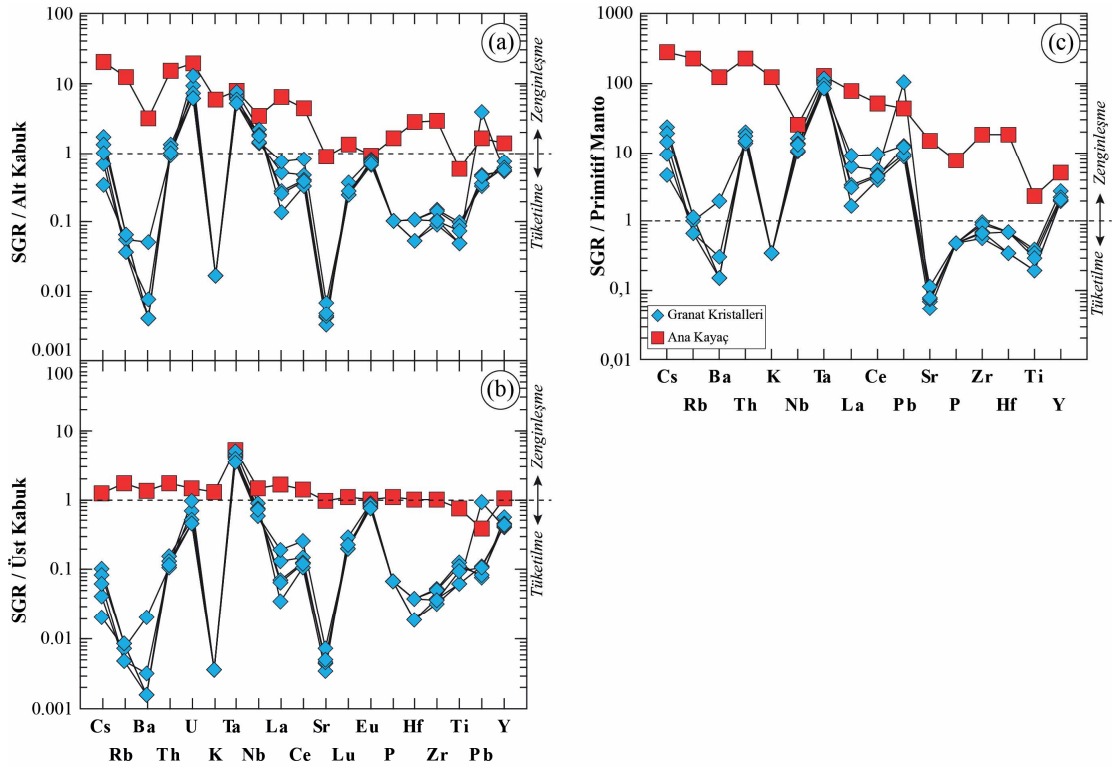
İz element içeriklerine göre AKK'ye normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin U ve Ta elementleri bakımından belirgin zenginleşme gösteriyorken, Rb, Ba, K, Sr, Lu, P, Hf, Zr ve Ti elementleri bakımından belirgin tüketilme göstermektedir. Bununla birlikte La, Ce, Pb ve Y elementlerinde hafif tüketilme görülürken, Cs, Th, Nb ve Eu elementlerinde belirgin bir zenginleşme/tüketilme görülmemektedir (Şekil 5.26a).

Tablo 5.9: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve yan kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

Element/Örnek		Granat Kristalleri					Yan Kayac
		SGR-1	SGR-2	SGR-3	SGR-4	SGR-5	SGR-YK
SiO ₂	%	36.80	37.36	37.51	37.03	38.08	68.73
Al ₂ O ₃	%	4.18	6.69	4.05	5.67	5.48	14.41
Fe ₂ O ₃	%	24.87	21.26	24.21	22.79	22.44	3.90
MgO	%	0.32	0.15	0.28	0.21	0.35	1.10
CaO	%	32.36	33.18	32.39	33.11	32.53	2.66
Na ₂ O	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3.36
K ₂ O	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3.53
TiO ₂	%	0.04	0.08	0.04	0.07	0.06	0.47
P ₂ O ₅	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.16
MnO	%	0.46	0.41	0.39	0.39	0.41	0.08
LOI	%	0.7	0.7	0.9	0.5	0.5	1.2
Toplam	%	99.75	99.82	99.74	99.80	99.82	99.74
Cr	ppm	<14	41.1	<14	<14	<14	21.0
Ba	ppm	13.0	<1	2.0	<1	1.0	819.0
Ni	ppm	69.0	76.0	66.0	59.0	56.0	74.0
Sc	ppm	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	7.0
Co	ppm	121.6	137.1	104.8	122.3	100.6	111.2
Cs	ppm	0.1	0.5	0.2	0.4	0.3	5.9
Ga	ppm	13.4	18.3	13.4	15.9	14.8	16.1
Hf	ppm	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	5.2
Nb	ppm	6.8	10.6	7.0	9.0	8.6	17.0
Rb	ppm	0.6	0.7	0.4	0.7	0.4	135.3
Sn	ppm	383.0	237.0	261.0	365.0	299.0	6.0
Sr	ppm	1.4	1.1	2.3	1.5	1.6	296.7
Ta	ppm	3.9	4.4	3.1	3.5	3.1	4.6
Th	ppm	1.1	1.6	1.2	1.4	1.2	18.0
U	ppm	1.8	1.4	2.5	1.2	1.2	3.9
V	ppm	<8	9.0	<8	<8	<8	49.0
Zr	ppm	6.1	10.1	7.3	9.6	7.0	193.9
Y	ppm	8.4	11.8	8.6	9.6	9.0	21.7
Mo	ppm	0.8	0.3	0.5	0.4	0.4	0.7
Cu	ppm	2.7	0.9	0.9	0.9	0.9	46.5
Pb	ppm	15.3	1.3	1.9	1.4	1.8	6.4
Zn	ppm	41.0	12.0	47.0	16.0	16.0	60.0
As	ppm	27.4	13.8	27.9	17.0	15.6	<0.5
Cd	ppm	0.3	0.1	0.6	0.1	<0.1	<0.1
La	ppm	4.1	1.1	5.9	2.2	2.0	49.9
Ce	ppm	9.3	6.6	15.9	8.0	7.5	85.6
Pr	ppm	2.1	2.0	2.5	1.8	1.8	9.1
Nd	ppm	10.0	12.2	9.9	10.6	9.4	30.1
Sm	ppm	2.0	2.7	1.9	2.3	2.2	5.1
Eu	ppm	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7	1.0
Gd	ppm	1.6	2.1	1.4	1.7	1.6	4.6
Tb	ppm	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.7
Dy	ppm	1.1	1.5	0.9	1.2	1.1	3.9
Ho	ppm	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.8
Er	ppm	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	2.2
Tm	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
Yb	ppm	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	2.2
Lu	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
(La/Sm) _N		1.30	0.26	2.01	0.61	0.58	6.15
(Sm/Yb) _N		4.27	4.92	4.72	5.29	5.06	2.52
(Eu/Eu*) _N		1.27	1.13	1.65	1.27	1.22	0.62
(Y/Ho) _N		1.62	1.52	1.76	1.67	1.49	0.97

Eu* = (Sm+Gd)/2

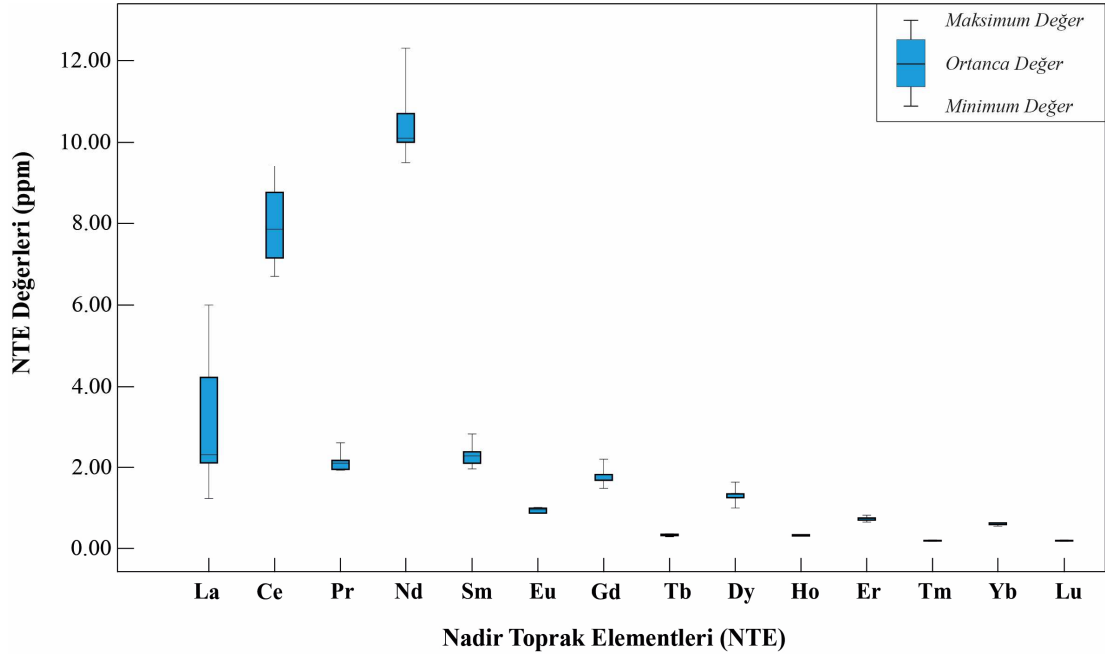
Benzer şekilde ÜKK'ye göre normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında Susurluk üst lokasyon granat kristalleri Ta elementi bakımından belirgin zenginleşme görülürken, Cs, Rb, Ba, Th, K, La, Ce, Sr, Lu, P, Hf, Zr, Ti, Pb ve Y elementleri bakımından belirgin tüketilmeler görülmektedir. U, Nb ve Eu elementleri bakımından belirgin bir zenginleşme/tüketilme görülmemektedir (Şekil 5.26b). PM değerlerine normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında granat kristallerinin ise Cs, Th, Nb, Ta, La, Ce ve Pb elementleri bakımından 10-100 kat arasında değişen zenginleşmeler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 5.26c).



Şekil 5.26: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ve granit yan kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

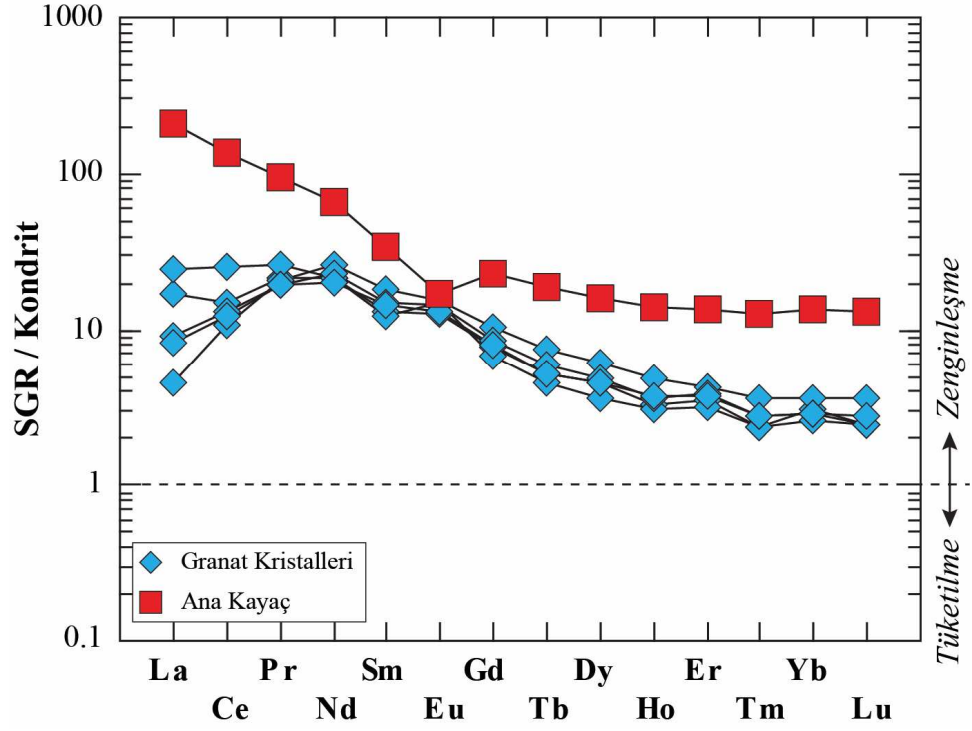
Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin La içerikleri 1.1 ile 5.9 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 6.6 ile 15.9 ppm, Pr içerikleri 1.9 ile 2.5 ppm, Nd içerikleri 9.4 ile 12.2 ppm, Sm içerikleri 1.9 ile 2.7 ppm, Eu içerikleri 0.7 ile 0.9 ppm, Gd içerikleri 1.4 ile 2.1 ppm, Tb içerikleri 0.2 ile 0.3 ppm, Dy içerikleri 0.9 ile 1.5 ppm, Ho içerikleri 0.2 ile 0.3 ppm, Er içerikleri 0.5 ile 0.7 ppm, Tm içerikleri 0.1 ppm, Yb içerikleri 0.4 ile 0.6 ppm ve Lu içerikleri 0.1 ppm arasında değişmektedir (Tablo 5.9). NTE içeriklerine göre oluşturulan kutu (box-plot) grafiğinde Susurluk

üst lokasyon granat kristallerinin La, Ce ve Nd haricindeki diğer nadir toprak elementleri bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin La, Ce ve Nd içerikleri bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetric dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.27).



Şekil 5.27: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin NTE dağılımlarını gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramında Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin LREE bakımından HREE'ye göre zenginleşme gösterdiği görülmektedir (Şekil 5.28). Susurluk üst lokasyon kristallerinin toplam NTE içerikleri 27.94 ile 40.58 arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 0.58 ile 2.01, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 4.27 ile 5.29, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 1.13 ile 1.65 ve $(Y/Ho)_N$ içerikleri 1.49 ile 1.76 arasında değişmektedir (Tablo 5.9). Şekil 5.28' de granat kristallerinin önemsiz Eu anomalisi gösterdiği belirlenmiştir. Susurluk alt ve üst lokasyonlarındaki granat kristallerinin Çataldağ granitoidine bağlı skarn oluşumlardır. Bu nedenle oluşum sıcaklığı olarak alt lokasyon için hesaplanan 799 °C'nin bu lokasyondaki granat kristalleri için de geçerli olacağı değerlendirilmiştir (Tablo 5.4).



Şekil 5.28: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

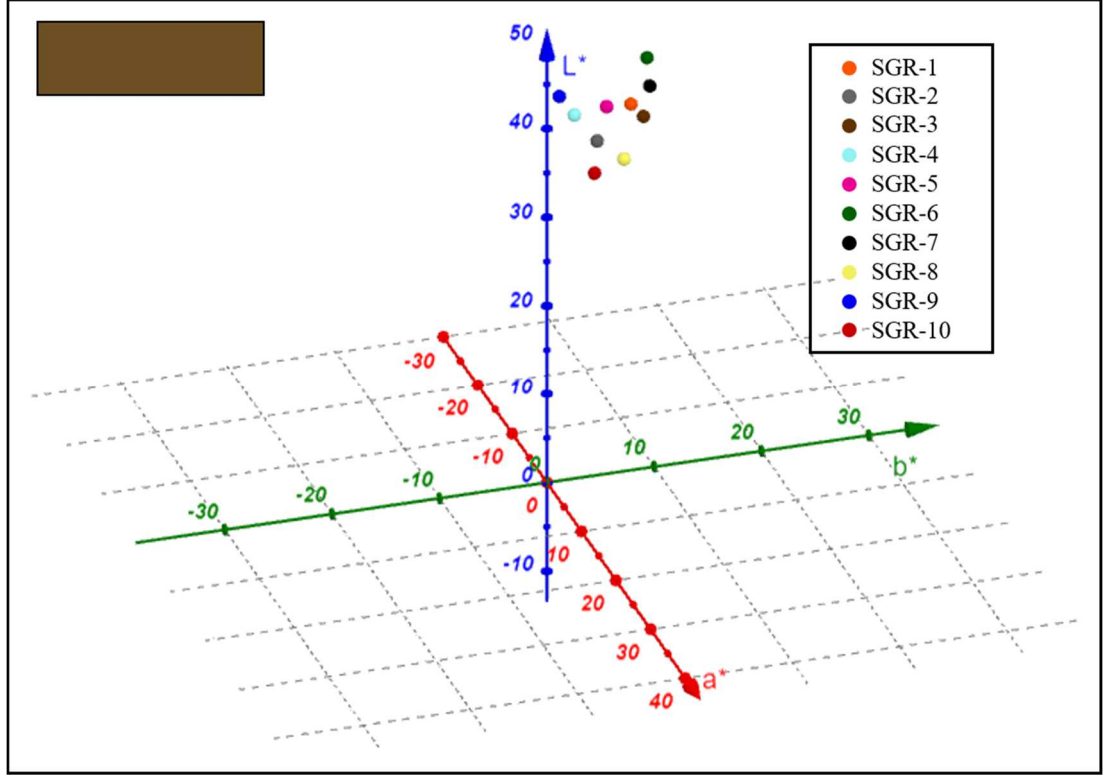
5.3.6 Gemolojik Değerlendirmeler

5.3.6.1 Renk Ölçümleri

Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin renk ölçümleri $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre yapılmıştır ve $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre renk değerleri 41.30:1.50:5.65 (yeşilimsi kahverengi) olarak belirlenmiştir (Şekil 5.29, Tablo 5.10).

Tablo 5.10: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L^*	34.91	47.01	43.69	42.94	44.13	38.85	36.67	42.59	41.42	40.77	41.3
a^*	1.22	1.11	0.44	2.40	1.69	1.78	2.14	2.00	0.57	1.63	1.50
b^*	4.05	8.97	1.01	4.79	9.05	4.10	6.50	7.18	2.36	8.47	5.65



Şekil 5.29: Susurluk üst lokasyon granatlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.

5.3.6.2 Gemolojik Testler

Susurluk üst lokasyon granat kristalleri üzerinde yapılan gemolojik testler sonucunda; özgül ağırlıklarının 3.47 ile 3.74 arasında değiştiği gözlenmiştir. Üst lokasyona ait granat kristallerinin yüksek kırılma indisine sahip olmasından dolayı eldeki cihazlarla ölçümü yapılamamıştır ($RI > 1.82$). Lokasyondaki granat kristallerinin optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde de mavi bant aralığında 440 nm’de güçlü çizgiler gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen granat kristalleri güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Alt lokasyona granat kristallerine ait gemolojik veriler dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türleri ile karşılaştırıldığında ise andradit türü granatlarla benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır (Tablo 5.11).

Granat kristallerinin çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında değerli süs taşlarında aranan camsı parlaklık gösterdiği, saydam ve yarı-saydam olduğu ve dodekahedron formda öz şeklini koruduğu görülmüştür. Ön incelemelere göre şeffaf taşlarda sıklıkla kullanılan fasetli ve kaboşon işleme tekniği uygulanarak takı üretimi

yapılmasının uygun olduğu öngörölmüştür. Parlak kahverengi rengi ve saydamlığı sayesinde ciddi bir katma değer oluşturacağı düşünölmektedir (Şekil 5.30). Üst lokasyondaki skarn zonlarından elde edilen granat kristalleri kaboşon işleme teknikleriyle işlenmiş ve takıya dönüştürölmüştür (Şekil 5.31).



Şekil 5.30: Amorf kaboşon formda işlenmiş Susurluk üst lokasyon granat kristali.



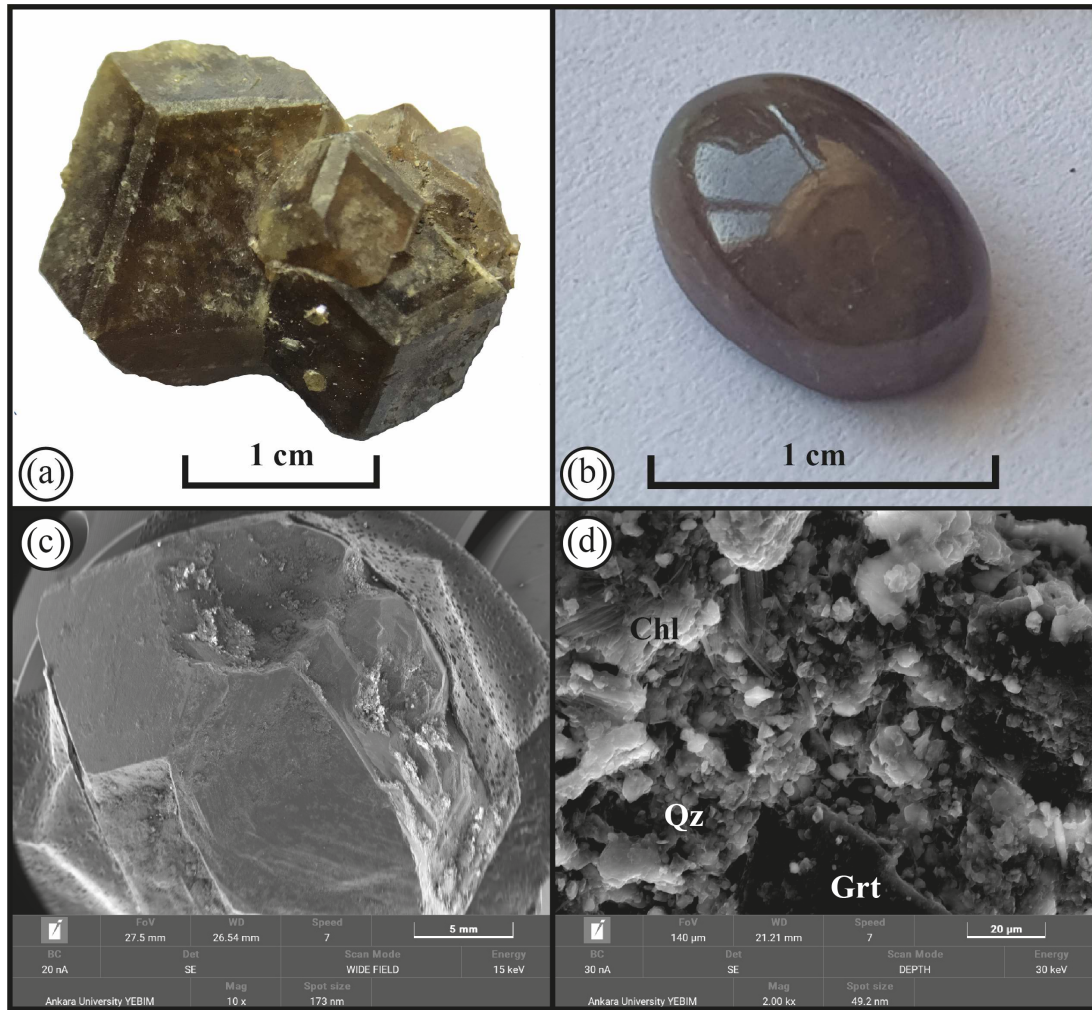
Şekil 5.31: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürölmüş Susurluk üst lokasyon granat kristalleri.

Tablo 5.11: Susurluk üst lokasyon granat kristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Susurluk Üst Lokasyon Granatları	3.47-3.74	>1.82	Camsı kahverengi	Mavi :440 nm (güçlü)

5.3.6.3 Granat Kristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri

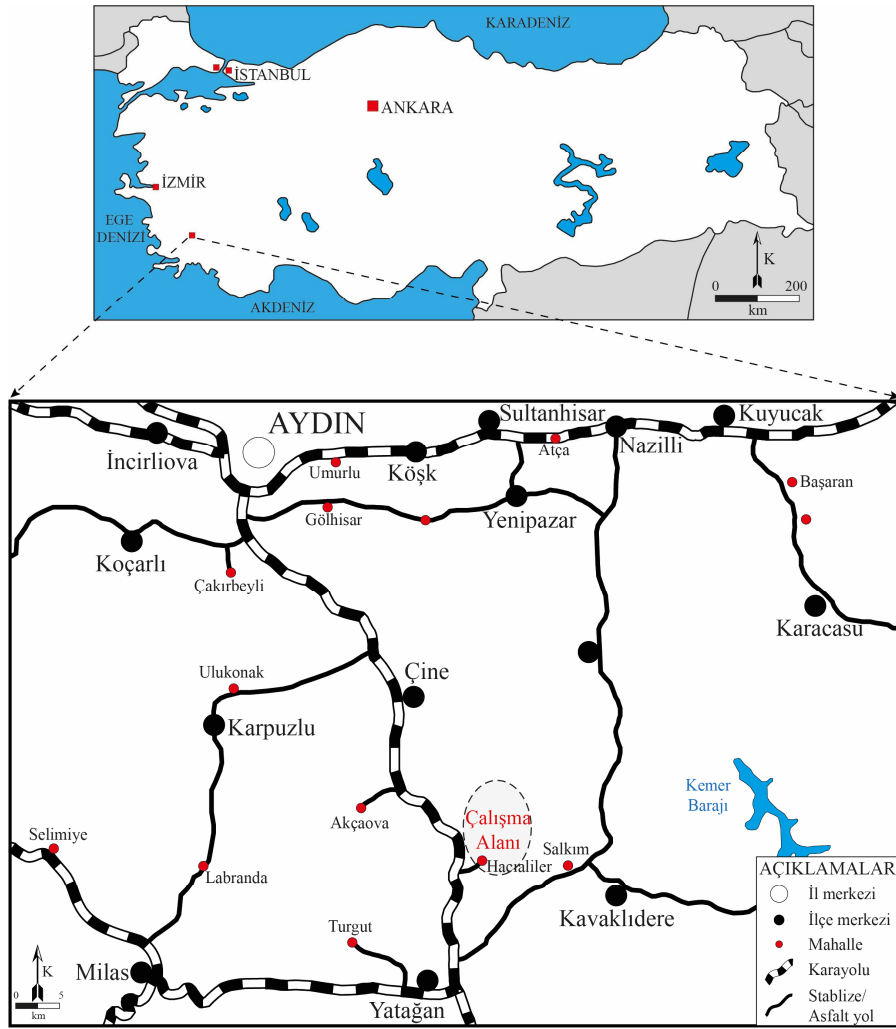
Dodekahedron forma sahip Susurluk üst lokasyon granat kristalleri parlatıldığı zaman camsı kahvrerengi renk göstermektedir (Şekil 5.32a, b). Granat kristallerinin geniş açı SEM görüntüleri incelendiğinde zonlu yapı ve ikincil mineral oluşumları net bir şekilde görünmektedir (Şekil 5.32c). Yakın çekim SEM görüntülerinde ise kristal üzerinde metasomatik akışkanların sebep olduğu kırık-çatlak ve boşluklar gözlenmiştir. Bu kırık ve çatlaklarda ise element değişimleri nedeniyle öz şekilli kuvars ve fillosilikat sınıfında yer alan klorit ikincil mineral oluşumları gözlenmiştir (Şekil 5.32d). Kristallerdeki ikincil mineraller ve boşluklar süs taşı işlenmesini olumsuz etkileyecektir. SEM incelemeleri sonucunda granat kristallerinin yarı değerli süs taşı olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.



Şekil 5.32: Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin a) işlenmemiş, b) işlenmiş el örnekleri görünümleri ile c, d) SEM görüntüleri (Chl: Klorit, Grt: Granat, Qz: Kuvars).

6. ÇİNE (AYDIN) LOKASYONU

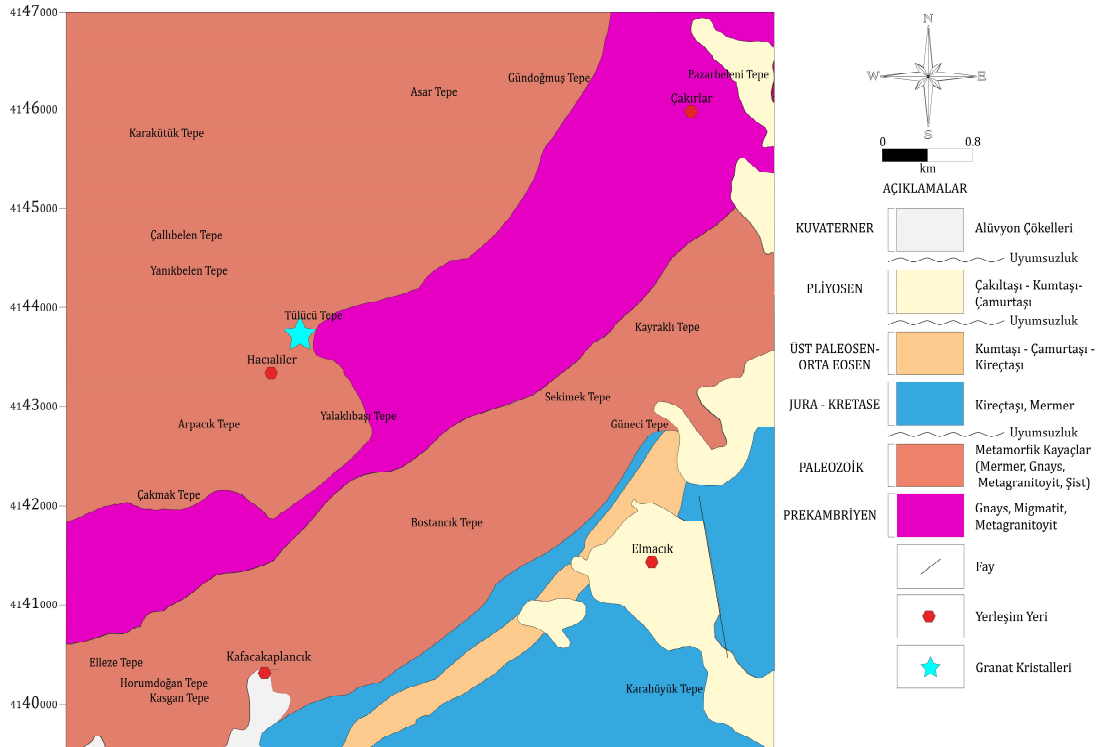
Çine (Aydın) ilçe merkezinin 12 km güneydoğusunda Hacıaliler mahallesini kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli Aydın-N20a2 paftasında yer almaktadır (Şekil 6.1). Morfolojik olarak engebeli bir topografyaya sahip olan inceleme alanında metamorfik ve sedimanter kayaç toplulukları bulunmaktadır. Granat oluşumları Hacıaliler yerleşimi çevresindeki metamorfik birimler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir.



Şekil 6.1: Hacıaliler lokasyonu yerbulduru haritası.

6.1 Jeolojik Yapı

Çine ve çevresinde stratigrafik olarak yaşlıdan gence doğru; Prekambriyen yaşlı gözlü gnays, gnays, metagranitoid ve migmatitlerden oluşan çekirdek birimleri, gnays, çeşitli şist ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfitle, Jura- Kretase yaşlı kireçtaşı ve mermerler, Neojen yaşlı sedimanter kayalar ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır (Şekil 6.2) (Demirbaş 2010, Erdoğan ve diğ. 2011)



Şekil 6.2: Çanışma alanının jeolojik haritası (MİTA 1/25000 ölçekli 1:2000 haritasından alınmıştır).

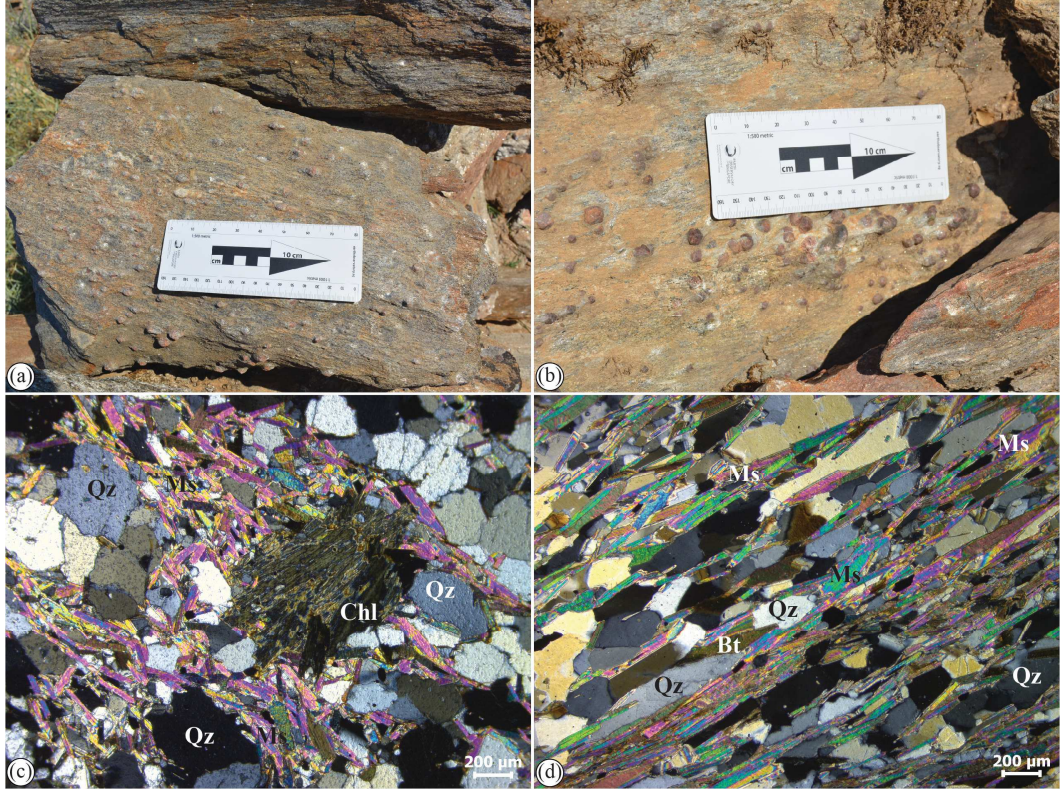
Çine lokasyonu Menderes Masifi içinde yer alan ve esas olarak gnays bileşimli kayalardan oluşan yüksek dereceli metamorfik çekirdekle ve bunu saran daha düşük dereceli şistlerle temsil edilen Paleozoyik yaşlı metamorfitlelerinden oluşmaktadır. Temelde yer alan gnayslar; gözlü, granitik ve granatlı gnays olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır. Granitik gnayslar belirgin foliyasyon göstermekte olup, ortalama 2-3 km kalınlığa sahip olan gnaysların tabanı görülmemektedir. Gnays ve gözlü gnayslar arasında bantlı bir yapıya sahip, belirsiz ve kaba bir foliyasyon gösteren migmatit mercekleri bulunmaktadır. Örtü serisi olarak adlandırılan Paleozoyik yaşlı metamorfitleler başlıca gnays, kuvars-mika şist ve granat şistlerle temsil edilmektedir. Kuvars-muskovit şist, kuvars şist ve metakuvarsitler ara

katman olarak şistler içerisinde gözlenmektedir (Şekil 6.2) (Özkaya 1995, Yalçın 1995, Lüle-Whipp 2006, Koralay ve diğ. 2011).

6.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

Çine (Hacıaliler bölgesi) lokasyonunda görülen granat porfiroblastları Menderes Masifine ait Paleozoyik yaşlı, orta-yüksek dereceli, gnays/mikaşist bileşimli metamorfitletler içerisinde görülmektedir. Belirgin şistoziteye sahip olan mikaşistler arazide kahverengi, sarımsı kahverengi, yeşilimsi gri, gri renklerde görülmektedir. Mikaşistler içerdikleri iri granat kristalleri nedeniyle porfiroblastik doku göstermektedir (Şekil 6.3a, b). Granat porfiroblastları içeren mikaşistler petrografik olarak granat-kuvars-mikaşist bileşimli olup, mikroskop altında lepidogranoblastik doku gösterirler (Şekil 6.3c, d). Mineralojik bileşim olarak kuvars, biyotit, muskovit, granat, klorit ve opak mineral (ilmenit) gözlemlenmiştir (Şekil 6.3c). Kuvarlar özşekilsiz küçük kristaller şeklinde olup özellikle iri granat porfiroblastları içinde kapanımlar olarak gözlenmektedir. PN'de kahverengimsi - yeşilimsi pleokroizma gösteren biyotitler kısa prizmatik kristaller şeklindedirler. Dilinim çizgileri çok belirgin olmakla birlikte kayaç içerisinde belirgin dizilimler oluşturmaktadır. Kloritler iri yeşilimsi kümelenmeler halinde görülmektedir. Muskovitler kısa prizmatik şekilde ve renksizdirler.

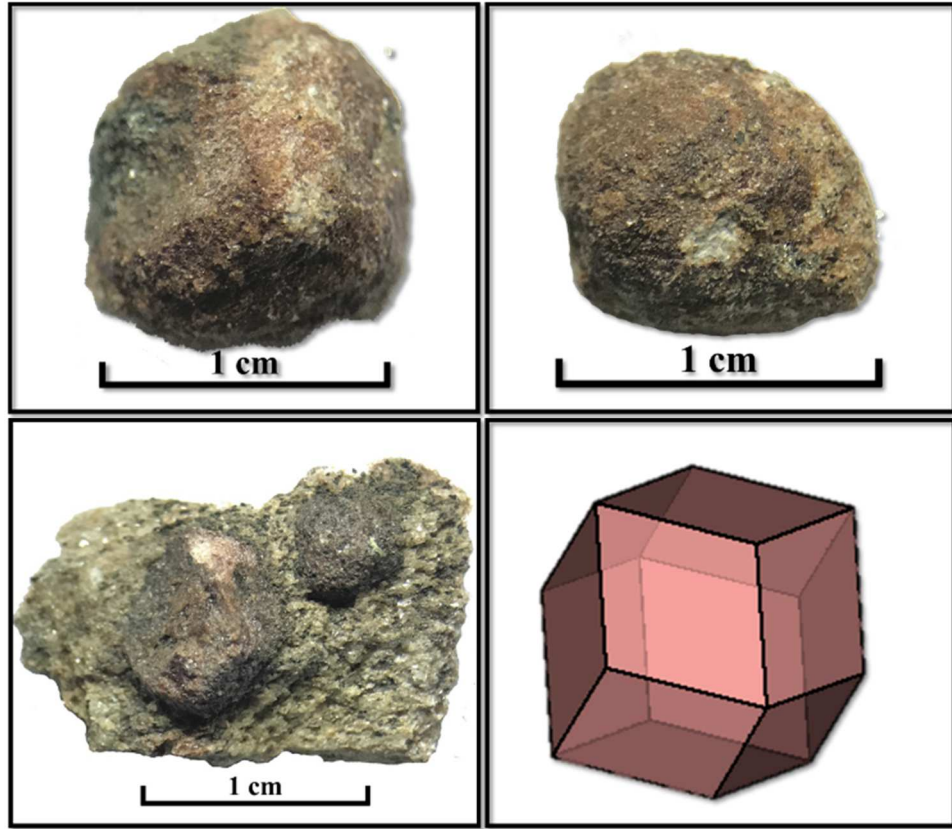
Doku	: Lepido-granoblastik doku
Mineral Zonu	: Granat zonu
Metamorfizma Fasiyesi	: Yeşilşist fasiyesi
Köken Kayacı	: Metapelitik (Blatt ve Tracy 2001)



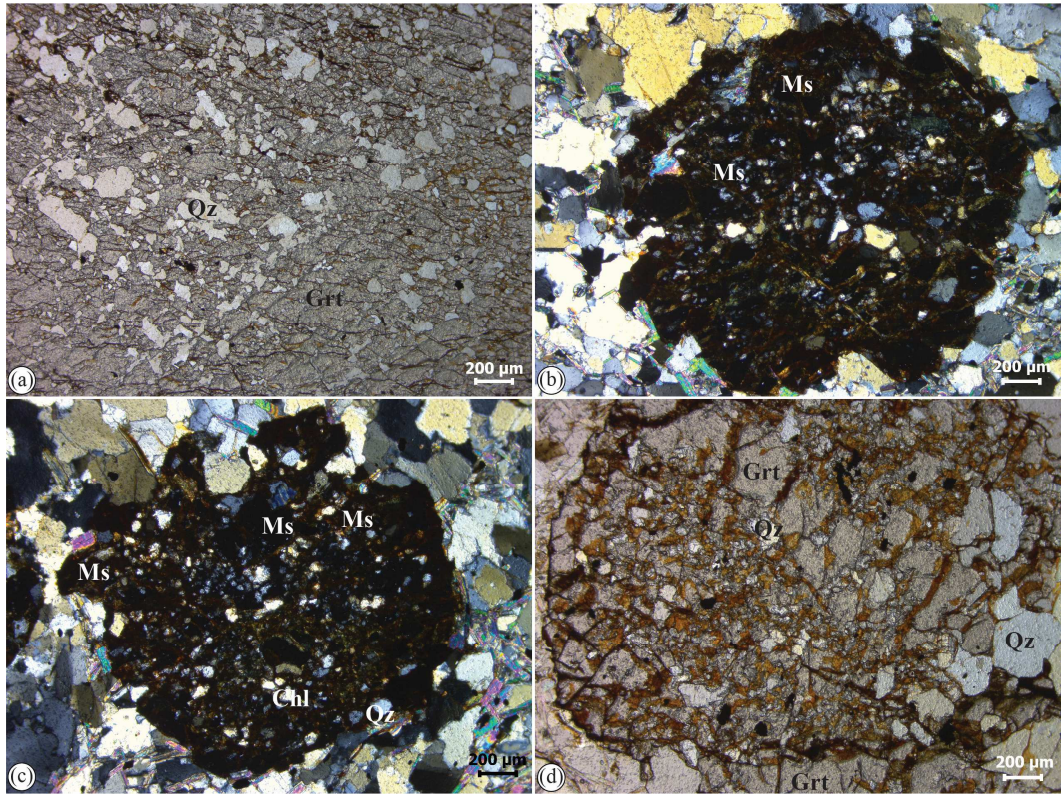
Şekil 6.3: a, b) Granat porfiroblastları içeren şistlerin arazideki görünüşleri, c) Mikaşist kayacının mineral bileşenleri, d) lepido-granoblastik doku (Bt: Biotit, Chl: Klorit, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).

Granat porfiroblastlarının genellikle yarı özşekilli-özşekilsiz kristaller halinde ve dodekahedron kristal formuna sahip oldukları değerlendirilmiştir (Şekil 6.4). Boyutları 0.5-2 cm arasında değişen granat porfiroblastları kırmızımsı kahverengi renklerde olup kristal yüzeyleri mat'tır.

Optik mikroskop incelemelerinde granat porfiroblastları metamorfizma ve tektonizma nedeniyle oldukça kırıklı bir yapı gösterirler (Şekil 6.5a). PN'de gri renkli, yüksek rölyefli ve yuvarlaklaşmış kristaller halinde görülen granat porfiroblastları, zonsuz olup başlıca kuvars, muskovit, rutil ve opak mineral kapanımları içermektedir (Şekil 6.5b, c, d). Ayrıca kırık ve çatlaklar boyunca yaygın olarak kloritleşme ve epidotlaşma görülmektedir (Şekil 6.5d).



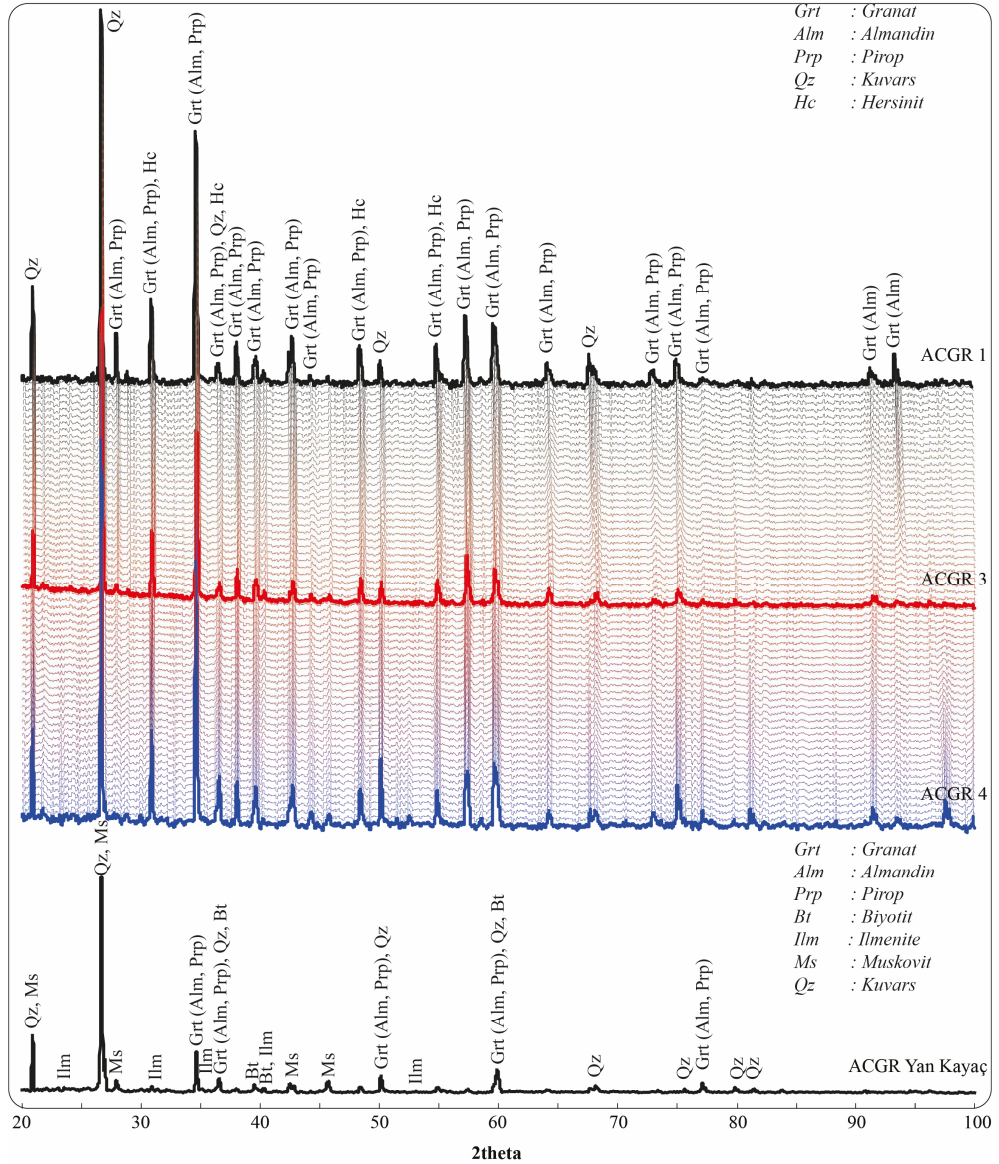
Şekil 6.4: Çine lokasyonu granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 6.5: Granat porfiroblastlarında gözlenen a) Kırıklı-çatlaklı yapı (PN), b) Muskovit, c) Klorit d) Kuvars kapanımları (PN) (Chl: Klorit, Grt: Granat, Ms: Muskovit, Qz: Kuvars).

6.3 X-Işınları Difraktometre İncelemeleri

Granat porfiroblastlarının içerisinde bulunduğu mikaşist örneğinin tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, başlıca kuvars, muskovit, biyotit, granat, klorit ve ilmenit pikleri belirlenmiştir (Şekil 6.6). Arazide farklı noktalardan alınan granat porfiroblastlarının XRD desenleri birbirine benzer olup, 2θ $15A^\circ$ dan itibaren düzenli ve belirgin mineral pikleri gösterdikleri belirlenmiştir. Granat porfiroblastlarının toz XRD grafiklerinde almandin-pirop türü granat pikleri yanında içerdikleri kapanımlardan kaynaklanan kuvars ve hersinit pikleri de belirlenmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6: Granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının tüm kayaç toz XRD grafikleri.

Literatürden alınan granat türlerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2 Θ değerleri ile Çine granat porfiroblastlarının 2 Θ değerlerini karşılaştırdığımızda büyük oranda almandin-pirop daha az oranda spesartin türü granatlarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 6.1).

Tablo 6.1: Çine granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.

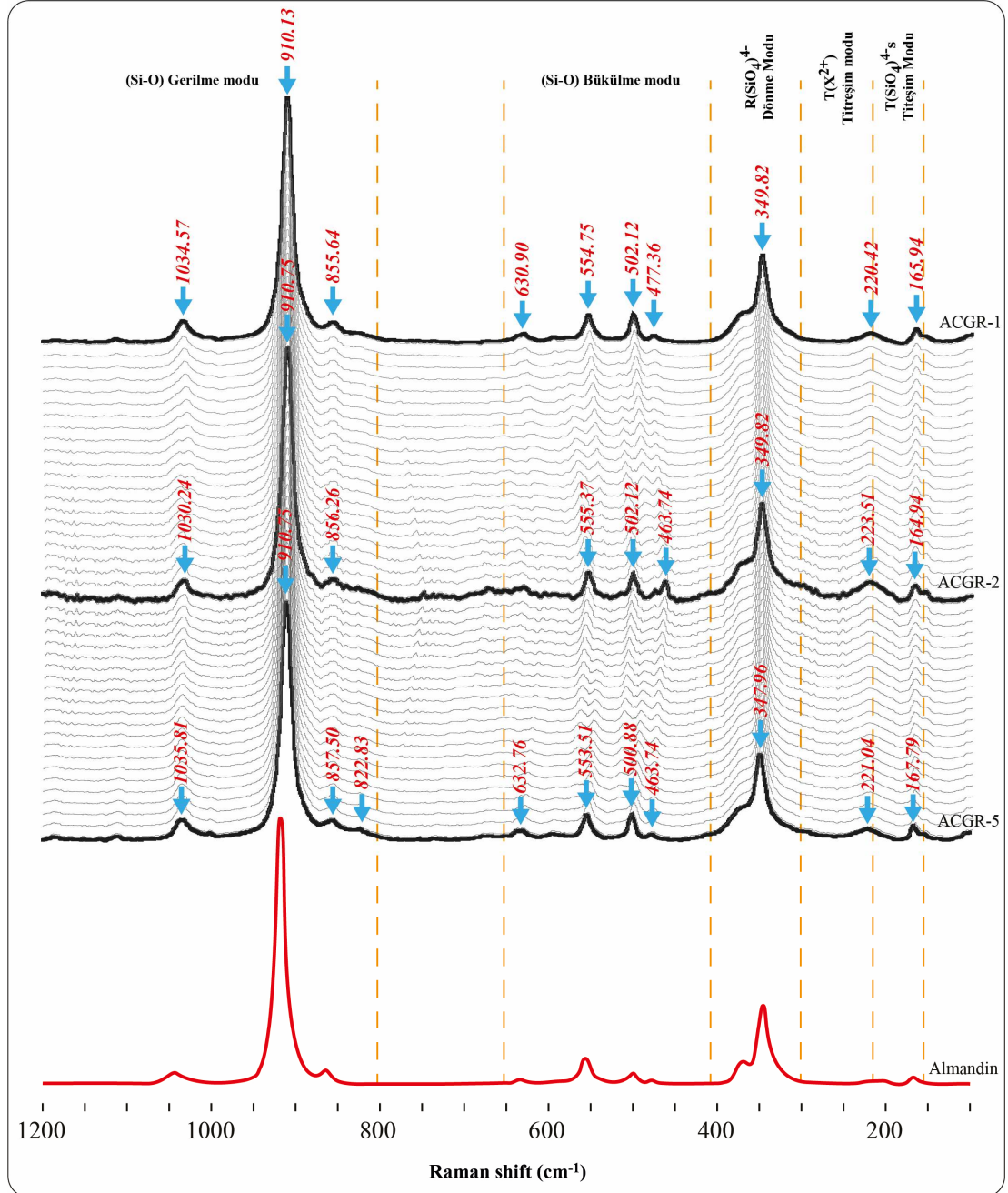
Pirop*		Almandin*		Grosular*		Spesartin*		Çine	
2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71			18.70	4.76	18.83	4.71
29.04	3.07	28.95	3.08			28.71	3.11	28.00	3.18
				30.12	2.97				
31.10	2.88	31.00	2.88			30.73	2.91	30.97	2.88
				33.78	2.65	34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58					30.64	2.58
36.64	2.45			37.12	2.42				
38.33	2.35	38.21	2.36			37.86	2.38	38.11	2.36
				38.69	2.33	39.46	2.28		
39.96	2.26	39.83	2.26					39.82	2.26
				41.69	2.17				
43.07	2.10	42.93	2.11			42.52	2.13	42.79	2.11
				47.22	1.93				
						48.16	1.89		
48.80	1.87	48.64	1.87					48.59	1.87
				53.50	1.71				
55.33	1.66	55.14	1.67			54.59	1.68		
						57.01	1.62		
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59			57.40	1.60
						59.37	1.56		
73.65	1.29								
						74.66	1.27		
75.79	1.26	75.51	1.26					75.25	1.26

* Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-3, URL-4, URL-5'den alınmıştır.

6.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri

Granat porfiroblastları üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 10 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 910, 463-477 ve 347-349 cm^{-1} 'de, orta şiddetli Raman kayma pikleri, 553-555, 500-502 ve 220-223 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 1030-1035, 855-857, 630-632 ve 164-167 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 6.7 ve Tablo 6.2).

Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS spektrum değerleri Tablo 6.2’de verilmiştir. Çine granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait Raman spektrumlarını karşılaştırdığımızda granat porfiroblastlarının almandin bileşimli granatlar ile çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 6.7 ve Tablo 6.2).



Şekil 6.7: Çine granat porfiroblastları ve almandin bileşimli granat uç üyesinin Raman spektrumları (Almandin’e ait Raman spektrumu URL-6’dan alınmıştır).

Tablo 6.2: Çine granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Spesartin*	Çine
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	1062	1032	1007	1027	1034-1038
E_g	v_3	938	920	904	913	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	899	892	850	878	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	866	862	826	849	857-859
A_{1g}	v_1	925	910	881	905	910-911
E_g	v_1	911	910	852	892	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	648	628	629	628	629-630
E_g	v_4	626	593	590	592	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	598	576	577	573	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	510	498	509	499	500-503
A_{1g}	v_2	562	553	549	550	553-555
E_g	v_2	524	521	526	521	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_2	490	474	478	472	464
E_g	v_2	439	421	416	410	
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	379	355	383	350	
E_g	$R(SiO_4)$	365	368	369	372	
A_{1g}	$R(SiO_4)$	362	347	374	347	347-349
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	350	312	349	314	
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	272	212	246	220	208-209
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	208	166	178	173	167-169

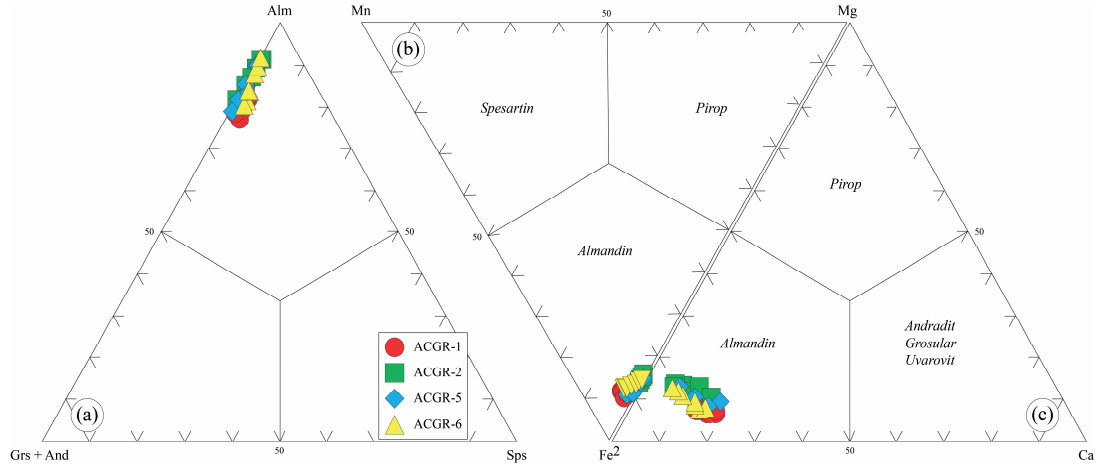
* Granat uç üyelerine ait Raman kayma değerleri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998' den alınmıştır.

6.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

Çine granat porfiroblastlarından hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 29 noktada mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 98-101 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-F'de verilmiştir.

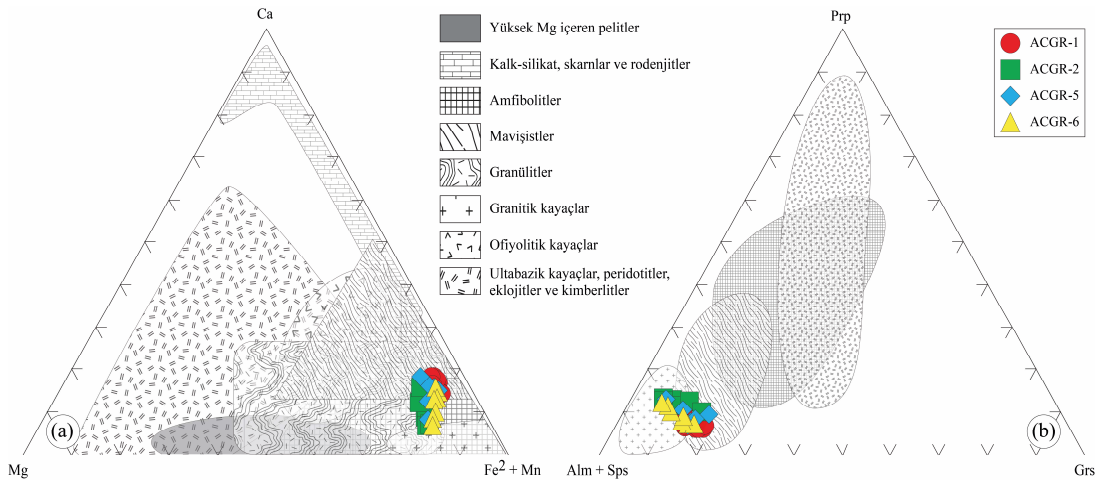
Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Çine granat porfiroblastlarının Si aralık değerleri 5.79-6.20 a.p.f.u iken, Al^{VI} aralık değerleri 3.78-4.28, Fe^{+2} aralık değerleri 4.11-4.78, Mg aralık değerleri 0.37-0.80, Mn aralık değerleri 0.01-0.16 ve Ca aralık değerleri 0.39-1.12 arasında değişim göstermektedir. Granat porfiroblastlarının $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ oranı 0.85 ile 0.92 arasında değişim gösterirken, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları 0.08 ile 0.15 arasındadır. Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Çine granat porfiroblastlarının kimyasal bileşimleri $Alm_{0.72-0.80}Grs_{0.07-0.19}Prp_{0.06-0.14}Sps_{0.00-0.03}$ olarak belirlenmiştir.

Wright (1938) tarafından önerilen ve granat uç üye bileşimlerine dayandırılan üçgen sınıflama diyagramında Çine granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 6.8a). Grews ve diğ. (2013) tarafından katyon analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma diyagramlarında da (Mg-Fe⁺²-Ca) ve (Mg-Mn-Fe⁺²) granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 6.8b, c).



Şekil 6.8: Çine granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andradit)-Spessartin uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), b) (Mg-Fe⁺²-Ca), c) (Mg-Mn-Fe⁺²) katyon değerlerine göre oluşturulan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, Fe⁺²+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında granat porfiroblastlarının orta-yüksek dereceli metamorfik kayalar alanına düştüğü, metamorfizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 6.9a, b).



Şekil 6.9: a) Ca-Mg-(Fe⁺²+Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

6.5.1 Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermobarometre)

Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen granat-biyotit jeotermometre hesaplamalarına göre Çine granat porfiroblastlarının hesaplanan oluşum sıcaklıkları 528.4 °C ile 589.8 °C arasında (ortalama 565.3 ± 20.8 °C) değişmekte olup, 5.7 ile 7.6 kbar basınç (ortalama 6.6 kbar) basınç altında meydana geldikleri belirlenmiştir (Tablo 6.3).

Tablo 6.3: Basınç-sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri (T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83: Perchuk ve Lavrenteva 1983, Dasg91: Dasgupta ve diğ. 1991, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).

	Granat Analizleri				Biyotit Analizleri				Mg/(Mg+Fe ²⁺)		KD	Granat Uç Üyeleri				Biyotit	
	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Ti	Al ^{VI}	Fe ²⁺	Mg	Granat	Biyotit		Alm	Sps	Prp	Grs	X(Ti)	X(Al ^{VI})
p.1	4.40	0.14	0.43	0.86	0.19	0.94	2.86	2.42	0.09	0.46	8.57	0.75	0.02	0.07	0.15	0.03	0.15
p.2	4.31	0.13	0.44	0.92	0.19	0.85	2.99	2.38	0.09	0.44	7.85	0.74	0.02	0.08	0.16	0.03	0.13
p.3	4.48	0.11	0.49	0.78	0.20	0.79	3.13	2.30	0.10	0.42	6.77	0.77	0.02	0.08	0.13	0.03	0.12
p.4	4.43	0.08	0.54	0.74	0.19	0.92	3.01	2.31	0.11	0.43	6.27	0.76	0.01	0.09	0.13	0.03	0.14
p.5	4.59	0.05	0.61	0.58	0.20	0.88	2.97	2.33	0.12	0.44	5.87	0.79	0.01	0.11	0.10	0.03	0.14
p.6	4.64	0.02	0.68	0.50	0.19	0.93	2.94	2.35	0.13	0.44	5.43	0.79	0.00	0.12	0.09	0.03	0.15
p.7	4.76	0.01	0.75	0.41	0.18	0.86	3.05	2.37	0.14	0.44	4.96	0.80	0.00	0.13	0.07	0.03	0.13
		B92-HW	B92-GS	Dasg91	FS78	HS82	PL83	T76	HL77	Basınç (kbar)							
p.1		529.4	527.8	471.4	463.0	516.8	516.5	510.3	498.2	7.0							
p.2		544.7	540.6	503.4	487.4	545.8	531.9	532.7	516.6	7.6							
p.3		567.6	565.0	525.5	526.7	576.9	555.0	562.3	544.4	6.9							
p.4		584.2	585.0	534.0	548.8	598.0	567.5	578.7	559.7	6.5							
p.5		595.1	601.0	536.5	567.1	605.7	577.4	590.1	571.7	5.7							
p.6		611.2	619.8	552.6	596.8	630.5	594.1	616.5	592.4	6.5							
p.7		627.1	636.5	575.8	627.6	655.2	610.1	637.8	612.4	5.9							
Minimum		529.4	527.8	471.4	463.0	516.8	516.5	510.3	498.2	5.7							
Maksimum		627.1	636.5	575.8	627.6	655.2	610.1	637.8	612.4	7.6							
Ortalama		579.9	582.2	528.4	545.4	589.8	564.6	575.5	556.5	6.6							
Std. Sapma		35.1	40.2	33.7	58.3	47.8	33.2	44.8	40.4	0.6							

6.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Çine granat porfiroblastlarının tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 6.4’de verilmiştir. Genel olarak granat porfiroblastlarının Al_2O_3 içeriği %15.55-16.23 arasında değişirken, SiO_2 %50.40-54.59, MgO %1.51-1.61, Fe_2O_3 %23.30-27.26, TiO_2 %0.42-0.45, CaO %3.30-3.88, Na_2O %0.20-0.50, K_2O %0.33-0.68, P_2O_5 %0.11-0.14, MnO %0.44-0.60 ve Kızdırma kaybı (LOI) % -1.4 ile -0.8 arasında değişmektedir. Daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi LOI’nın negatif değerli çıkması granat porfiroblastları içerisindeki opak mineral ve hersinit kapanımlarıyla ilişkilendirilebilir.

Çine granat porfiroblastlarının Cr içeriklerinin 62 ile 68 ppm, Co içeriklerinin 153.7 ile 197.7 ppm, Cu içeriklerinin 2.7 ile 3.1 ppm, V içeriklerinin 41 ile 51 ppm, Ni içeriklerinin 70 ile 106 ppm, U içeriklerinin 2.3 ile 2.8 ppm, Pb içeriklerinin 3.2 ile 4.5 ppm, Zr içeriklerinin 146.5 ile 164.3 ppm, Sr içeriklerinin 11.6 ile 21.9 ppm, Nb içeriklerinin 4.7 ile 5.4 ppm, Y içeriklerinin 147.2 ile 195.3 ppm, La içeriklerinin 22.2 ile 26 ppm, Ce içeriklerinin 46.6 ile 53.8 ppm ve Th içeriklerinin 5.6 ile 6.9 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 6.4).

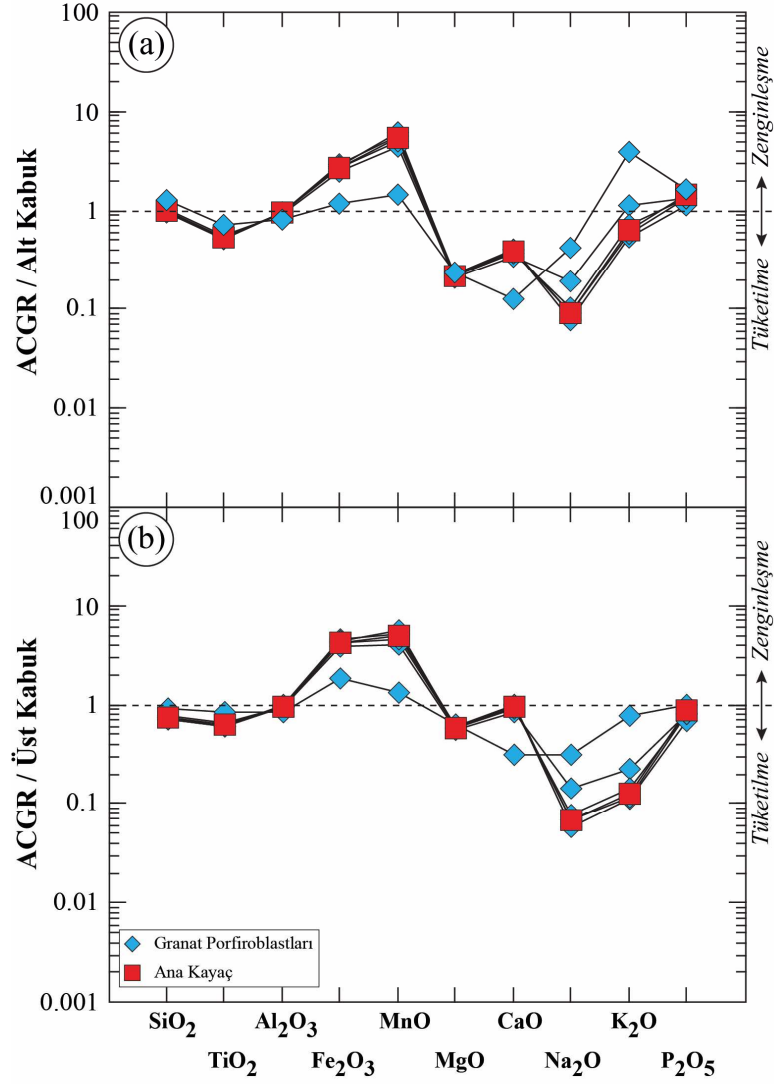
Çine granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında ana oksit elementleri bakımından benzer dağılım desenleri gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 6.10a, b). AKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında Çine granat porfiroblastları Fe_2O_3 , MnO ve P_2O_5 elementleri bakımından zenginleşme, TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O ve K_2O elementleri bakımından tüketilme göstermektedir (Şekil 6.10a). Benzer şekilde ÜKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında ise Fe_2O_3 , MnO bakımından zenginleşme, TiO_2 , MgO , Na_2O ve K_2O bakımından tüketilmeler görülmüştür (Şekil 6.10b).

Alt kıta kabuğuna normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında Çine granat porfiroblastları LILE grubu elementlerinden olan Sr elementi bakımından tüketilme gösterirken Th, U, Ta, La, Ce, Lu, Hf, Zr ve Y gibi HFSE’ler bakımından 10 kat’a varan zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 6.11a).

Tablo 6.4: Çine granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

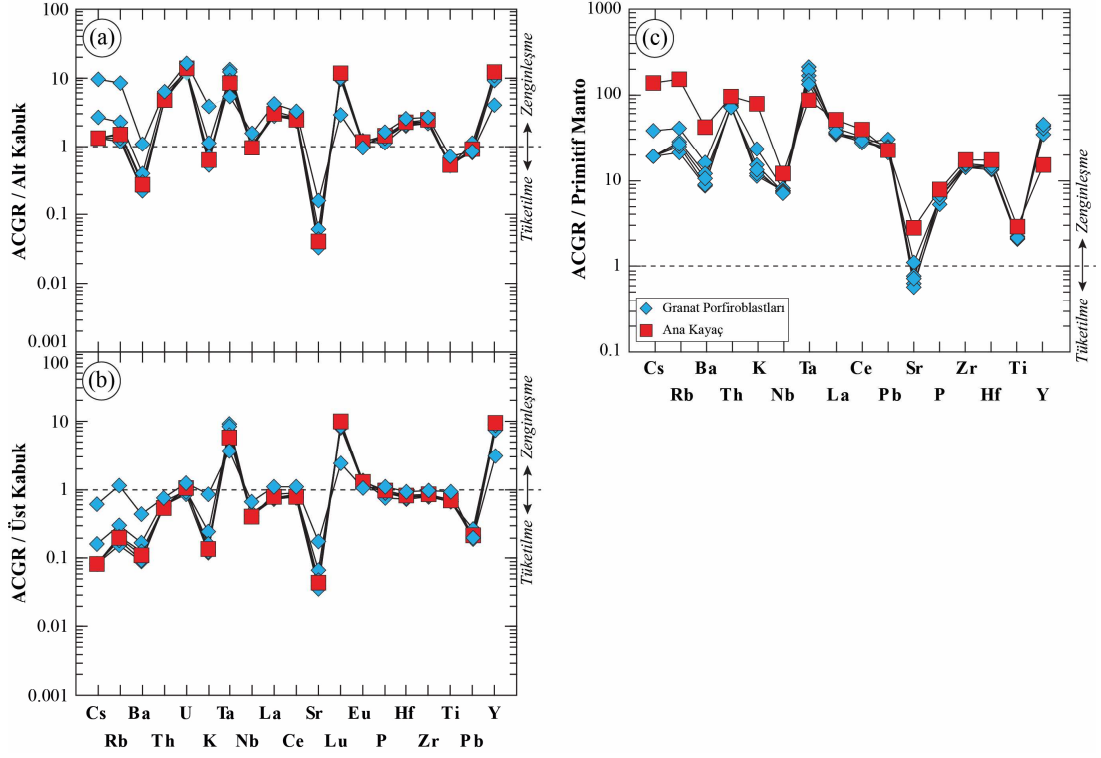
Element/Örnek		Granat Porfiroblastları					Ana Kayac
		ACGR-1	ACGR-2	ACGR-3	ACGR-4	ACGR-5	ACGR-YK
SiO ₂	%	50.40	54.59	51.93	53.51	52.57	66.56
Al ₂ O ₃	%	16.23	15.55	15.71	15.65	15.89	13.76
Fe ₂ O ₃	%	27.26	23.30	26.30	24.91	25.58	11.06
MgO	%	1.61	1.51	1.52	1.53	1.55	1.67
CaO	%	3.88	3.30	3.79	3.57	3.69	1.20
Na ₂ O	%	0.20	0.50	0.24	0.27	0.24	1.11
K ₂ O	%	0.33	0.68	0.35	0.44	0.38	2.30
TiO ₂	%	0.42	0.45	0.42	0.42	0.43	0.58
P ₂ O ₅	%	0.11	0.13	0.13	0.13	0.14	0.16
MnO	%	0.56	0.44	0.60	0.49	0.53	0.14
LOI	%	-1.4	-0.8	-1.3	-1.2	-1.3	1.2
Toplam	%	99.64	99.70	99.69	99.71	99.73	99.78
Cr	ppm	68.0	68.0	62.0	62.0	62.0	62.0
Ba	ppm	57.0	105.0	58.0	78.0	70.0	276.0
Ni	ppm	106.0	89.0	99.0	81.0	70.0	48.0
Sc	ppm	72.0	56.0	60.0	62.0	66.0	20.0
Co	ppm	197.7	153.7	168.1	177.4	162.1	112.5
Cs	ppm	0.4	0.8	0.4	0.4	0.4	2.9
Ga	ppm	7.1	8.7	7.2	8.3	8.3	14.7
Hf	ppm	3.8	4.2	4.0	3.9	4.2	4.9
Nb	ppm	5.0	5.4	5.0	4.8	4.7	7.9
Rb	ppm	12.7	24.7	14.7	17.2	16.1	91.0
Sn	ppm	4.0	6.0	5.0	6.0	5.0	11.0
Sr	ppm	12.6	21.9	11.6	15.6	14.3	55.9
Ta	ppm	7.8	6.2	7.2	5.5	5.0	3.2
Th	ppm	6.0	6.9	5.8	5.7	5.6	7.6
U	ppm	2.3	2.5	2.8	2.4	2.8	3.2
V	ppm	41.0	51.0	42.0	45.0	41.0	69.0
Zr	ppm	149.5	155.2	146.5	156.5	164.3	182.9
Y	ppm	184.4	147.2	175.0	173.9	195.3	64.2
Mo	ppm	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6
Cu	ppm	2.9	2.7	3.1	2.7	2.9	3.8
Pb	ppm	3.5	3.2	4.5	3.7	3.6	3.4
Zn	ppm	7.0	7.0	7.0	7.0	11.0	14.0
As	ppm	5.6	3.8	5.3	4.0	4.8	3.6
Cd	ppm	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	<0.1
La	ppm	22.2	23.2	23.9	26.0	24.0	32.8
Ce	ppm	47.8	52.9	46.6	53.8	48.2	66.3
Pr	ppm	5.9	6.2	5.6	6.6	6.1	7.9
Nd	ppm	21.1	22.4	22.3	25.5	23.9	29.0
Sm	ppm	5.3	5.1	5.2	6.1	5.5	6.0
Eu	ppm	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.0
Gd	ppm	13.6	11.5	11.9	12.9	13.3	7.3
Tb	ppm	4.0	3.2	3.4	3.7	4.0	1.6
Dy	ppm	31.5	24.6	26.5	28.6	30.9	11.5
Ho	ppm	6.9	5.4	6.2	6.2	6.8	2.2
Er	ppm	19.9	16.2	17.9	18.9	19.9	5.8
Tm	ppm	2.9	2.4	2.7	2.8	3.0	0.8
Yb	ppm	18.4	15.4	17.4	17.3	18.9	4.9
Lu	ppm	2.7	2.4	2.7	2.5	2.9	0.7
(La/Sm) _N		2.62	2.84	2.89	2.70	2.76	3.45
(Sm/Yb) _N		0.31	0.36	0.32	0.38	0.31	1.30
(Eu/Eu*) _N		0.41	0.44	0.43	0.43	0.41	0.48
(Y/Ho) _N		0.93	0.94	0.99	0.97	1.00	1.04

$Eu^* = (Sm+Gd)/2$



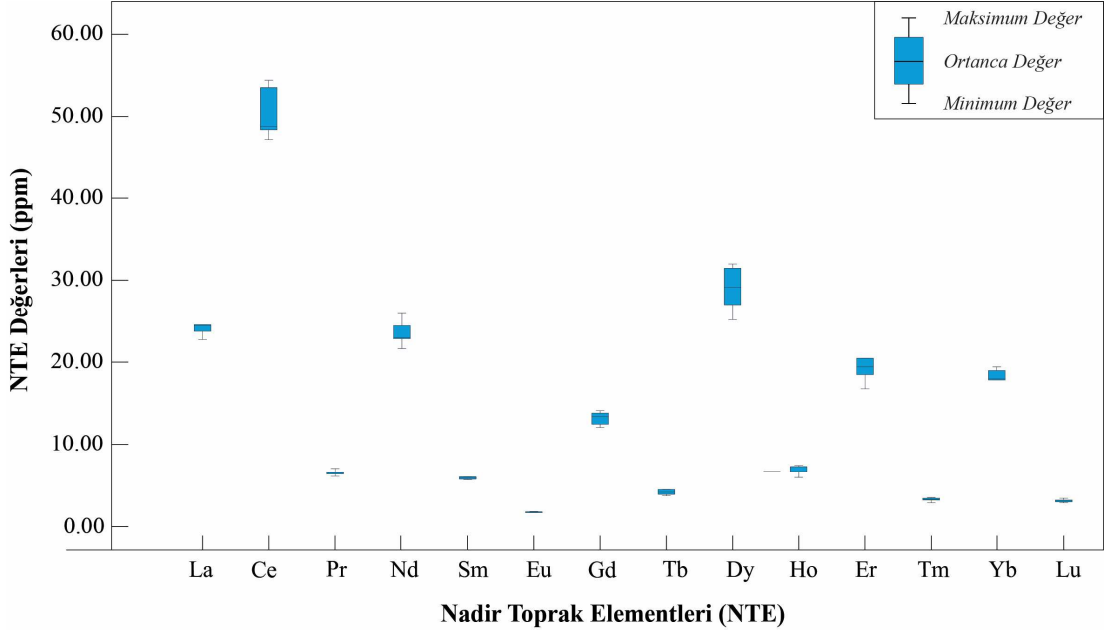
Şekil 6.10: Granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının ana oksit elementlerinin **a) AKK b) ÜKK** değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

Benzer şekilde ÜKK'ye göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramında granat porfiroblastları LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından tüketilme gösterirken sadece Ta, Lu ve Y gibi HFSE'ler bakımından 10 kata varan zenginleşme göstermektedir (Şekil 6.11b). PM değerlerine normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında granat porfiroblastlarının ve mikaşist ana kayacının Sr dışındaki iz elementler bakımından 10 kat 100 kat arasında değişen zenginleşmeler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 6.11c).



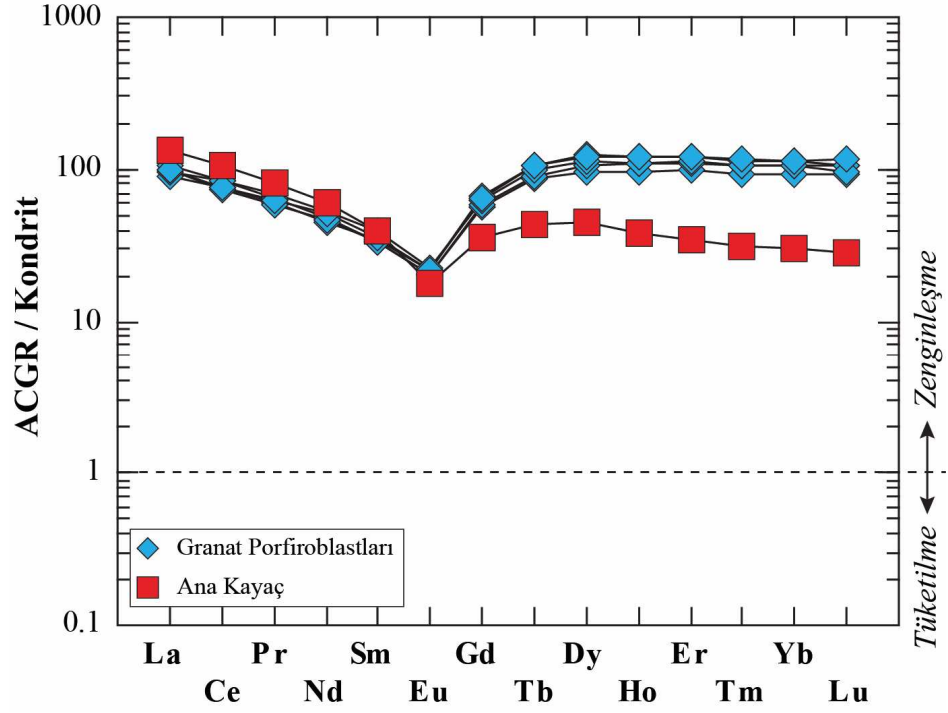
Şekil 6.11: Çine granat porfiroblastları ve içerisinde bulundukları mikaşist ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Çine granat porfiroblastlarının La içerikleri 22.2 ile 26 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 46.6 ile 53.8 ppm, Pr içerikleri 5.6 ile 6.6 ppm, Nd içerikleri 21.1 ile 25.5 ppm, Sm içerikleri 5. ile 6.1 ppm, Eu içerikleri 1.2 ile 1.3 ppm, Gd içerikleri 11.5 ile 13.6 ppm, Tb içerikleri 3.2 ile 4 ppm, Dy içerikleri 24.6 ile 31.5 ppm, Ho içerikleri 5.4 ile 6.9 ppm, Er içerikleri 16.2 ile 19.9 ppm, Tm içerikleri 2.4 ile 3 ppm, Yb içerikleri 15.4 ile 18.9 ppm ve Lu içerikleri 2.4 ile 2.9 ppm arasında değişmektedir (Şekil 6.12, Tablo 6.4). Granat porfiroblastlarının Ce ve Dy haricindeki diğer NTE bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin Ce ve Dy içerikleri bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetrik dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12: Çine granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE değişim diyagramında granat porfiroblastları HREE bakımından LREE'ye göre çok az oranda zenginleşme göstermektedir (Şekil 6.13). Çine granat porfiroblastlarının toplam NTE içerikleri 192.2 ile 212.1 (ppm) arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 2.62 ile 2.89 (ppm) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.31 ile 0.38 (ppm) arasında, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 0.41 ile 0.44 arasında ve $(Y/Ho)_N$ içerikleri 0.93 ile 1 arasında değişmektedir (Tablo 6.4). Granat porfiroblastları içerisinde buldukları mikaşist ana kayacı ile benzer zenginleşmeler göstermekte olup granat porfiroblastlarının HREE içerikleri ana kayaca göre belirgin yükseklik göstermektedir. Bununla birlikte granat porfiroblastları ve mikaşist ana kayacının önemli bir Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 6.13).



Şekil 6.13: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

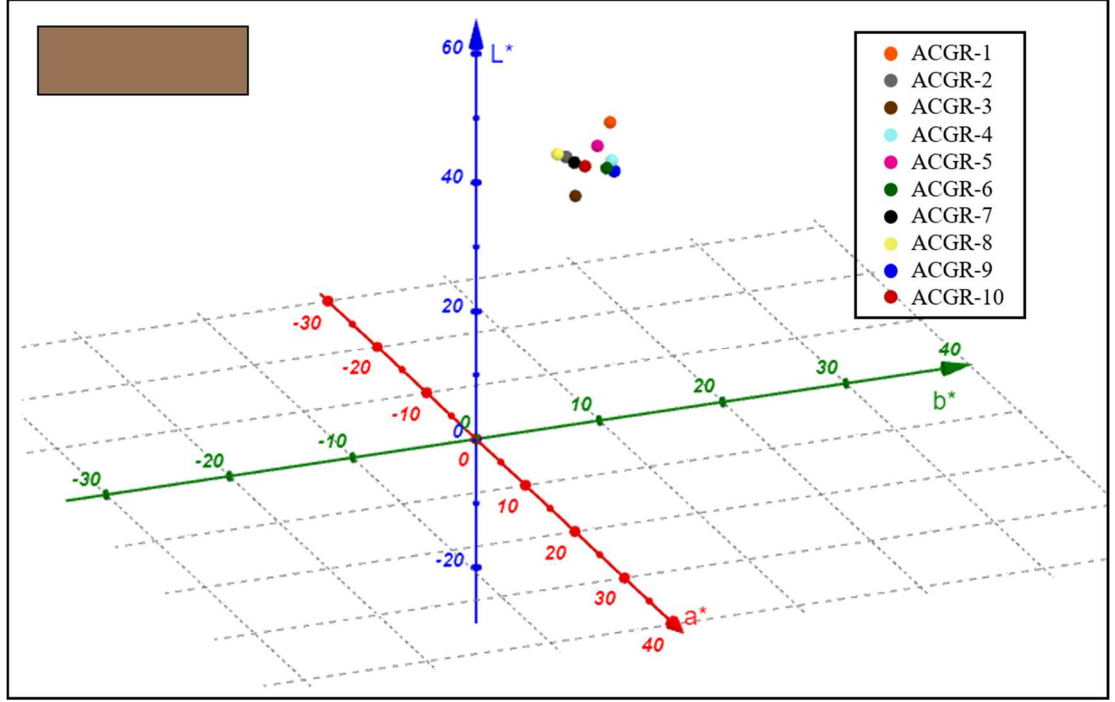
6.7 Gemolojik Değerlendirmeler

6.7.1 Renk Ölçümleri

Çine granat porfiroblastlarının renk ölçümleri $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre yapılmıştır. $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre renk ortalaması 46.25:6.55:6.60 (morumsu kahverengi) olarak belirlenmiştir (Tablo 2.5, Şekil 6.14).

Tablo 6.5: Çine granat porfiroblastlarının $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L^*	45.36	46.03	44.66	49.05	45.62	45.72	47.55	51.52	46.37	40.64	46.25
a^*	6.43	8.19	7.33	7.41	5.75	4.6	6.05	6.34	7.33	6.04	6.55
b^*	6.26	7.3	8.27	6.87	5.66	5.46	4.17	8.32	8.06	5.63	6.6



Şekil 6.14: Çine granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.

6.7.2 Gemolojik Testler

Çine granat porfiroblastlarının gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıklarının 3.33 ile 3.64 arasında değiştiği ve kırılma indislerinin de 1.78-1.79 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Granat porfiroblastlarının optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde de yeşil bant aralığında 510 ve 525 nm’de güçlü çizgiler gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen granat porfiroblastları güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Testler sonucu elde edilen veriler dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türleri ile karşılaştırıldığında ise almandin türü granatlar ile benzerlik göstermektedir (Tablo 6.6).

Çine granat porfiroblastlarının çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında değerli süs taşlarında aranan camsı parlaklık göstermeyip mat olduğu ayrıca saydam yarı-saydam olmadığı gözlemlenmiştir. İncelemelere göre fasetli işleme tekniği uygulanarak takı üretimi yapılmasına uygun olmadığı düşünülmüş ve porfiroblastlar kabaşon işleme teknikleri ile işlenerek parlatılmıştır (Şekil 6.15). Granat porfiroblastları gemolojik özellikler bakımından kabaşon kesimde her ne

kadar cila alsa da saydam-yarı saydamlığı, camsılığı ve gerekli sertliği olmadığı için ss taşı özelliği taşımadığı belirlenmiştir.

Tablo 6.6: Çine granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

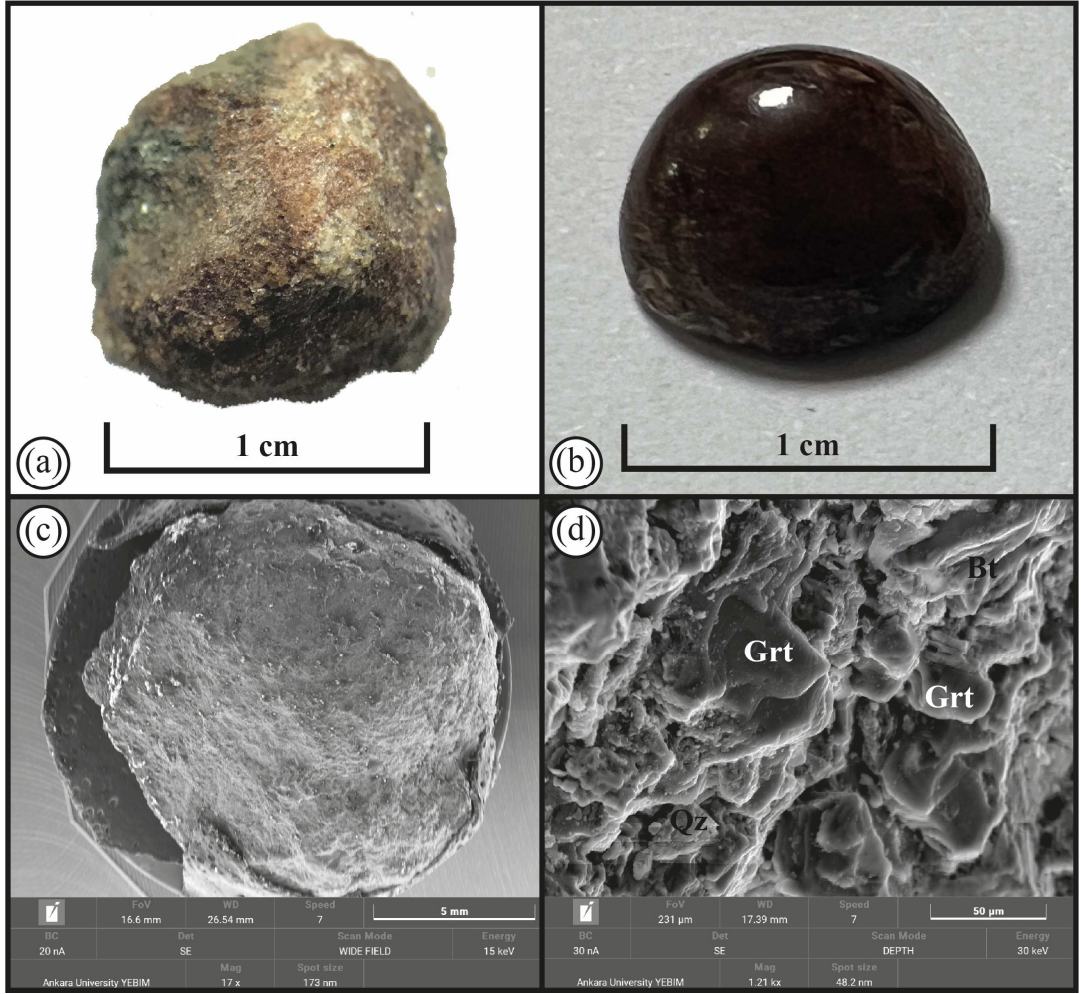
Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Çine Granatları	3.33-3.64	1.78-1.79	Morumsu kahverengi	Yeşil: 510 ve 525 (güçlü)



Şekil 6.15: Kabaşon işleme teknikleri ile parlatılmış Çine granat porfiroblastları.

6.7.3 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri

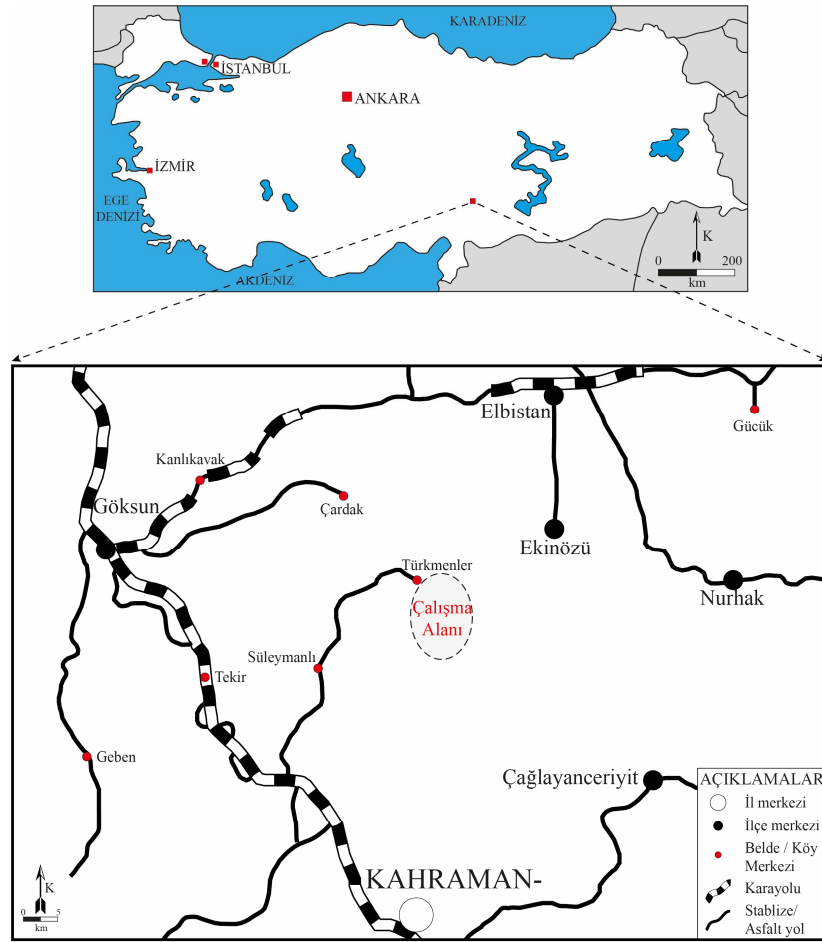
Morumsu kahverengi renkte gözlenen ve kabaşon işleme teknikleri ile parlaklık kazanabilen granat porfiroblastlarının geniş açı SEM görüntüleri incelendiği zaman, kimyasal ayrışma kaynaklı bozulmalar görünmektedir (Şekil 6.16a, b). Bu bozulmalar pul pul kopma, katman katman ayrılma şeklinde gözlenmektedir (Şekil 6.16c). Yakın çekim SEM görüntülerinde ise metamorfizma süreçlerindeki akışkanların etkileşimiyle oluşan bozulmalar gözlenmiştir. Kırık ve çatlaklar boyunca element değişimleri nedeniyle ikincil kuvars ve biyotit oluşumları gözlenmiştir (Şekil 6.16d). SEM görüntüleri incelemeleri sonucunda porfiroblastların çok fazla altere olması, ikincil mineral oluşumları ve yapısındaki kırık-çatlakların bulunması nedeniyle değerli-yarı değerli süs taşı özelliği taşımadığı düşünülmektedir.



Şekil 6.16: Çine granat porfiroblastlarının **a)** işlenmemiş **b)** İşlenmiş el örnekleri görünümleri **c, d)** SEM görüntüleri (Bt: Biyotit, Grt: Granat, Qz: Kuvars).

7. EKİNÖZÜ (KAHRAMANMARAŞ) LOKASYONU

Ekinözü (Kahramanmaraş) ilçesinin 12 km güneybatısında Türkmenler köyünü kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli Gaziantep-M38a1 ve a2 paftalarının birleşiminde yer almaktadır. İnceleme alanında metamorfik ve sedimanter kayaç toplulukları bulunmakta olup granat oluşumları inceleme alanındaki metamorfik birimler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir (Şekil 7.1).



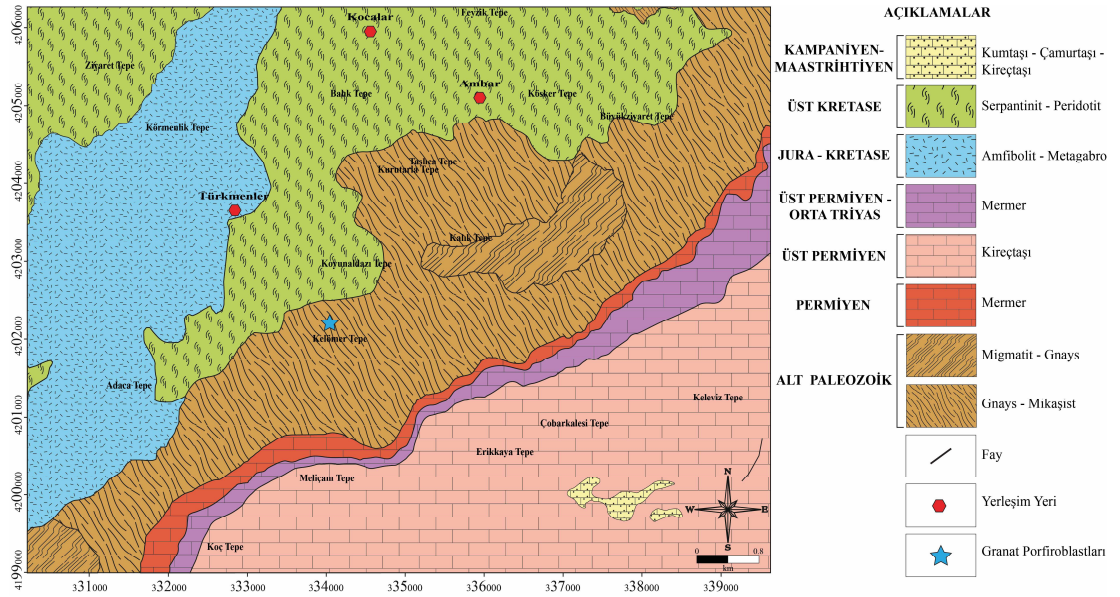
Şekil 7.1: Ekinözü lokasyonu yerbuldur haritası.

7.1 Jeolojik Yapı

Çalışma alanı ve çevresinin stratigrafisi yaşlıdan gence doğru şu şekilde özetlenebilir; Alt Paleozoik yaşlı gnays, mikaşist ve migmatitler, Permian yaşlı mermerler, Üst Permian yaşlı kireçtaşları, Üst Permian-Orta Triyas yaşlı

mermerler, Jura-Kretase yaşı amfibolit ve metagabrolar, Üst Kretase yaşı serpantinit ve peridotitler, Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşı kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşları şeklinde sıralanabilir (Şekil 7.2) (Perinçek ve Kozlu 1984, Bedi ve diğ. 2005).

İnceleme alanında yüzeylenen en yaşı kayaçlar Alt Paleozoyik yaşı migmatit, gnays, mikaşist ve mermer litolojilerini içeren metamorfittlerdir. Bu birimler üzerine Üst Kretase yaşı serpantinit ve peridotitlerden oluşan ofiyolit kayaçları gelmektedir. Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşı kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşlarından oluşan sedimanter kayaç toplulukları ofiyolit kayaçlarını uyumsuz olarak üzerlemektedir. Granat porfiroblastları içeren metamorfik kayaçlar kuvarsit, farklı bileşimli şist, mermer ve kireçtaşı ardalanmalarından oluşmaktadır (Önalın 1988, Genç ve diğ. 1993, Yümün ve Kılıç 2002, Candan 2012, Yalçın 2012, Hozathoğlu ve diğ. 2020) (Şekil 7.2).



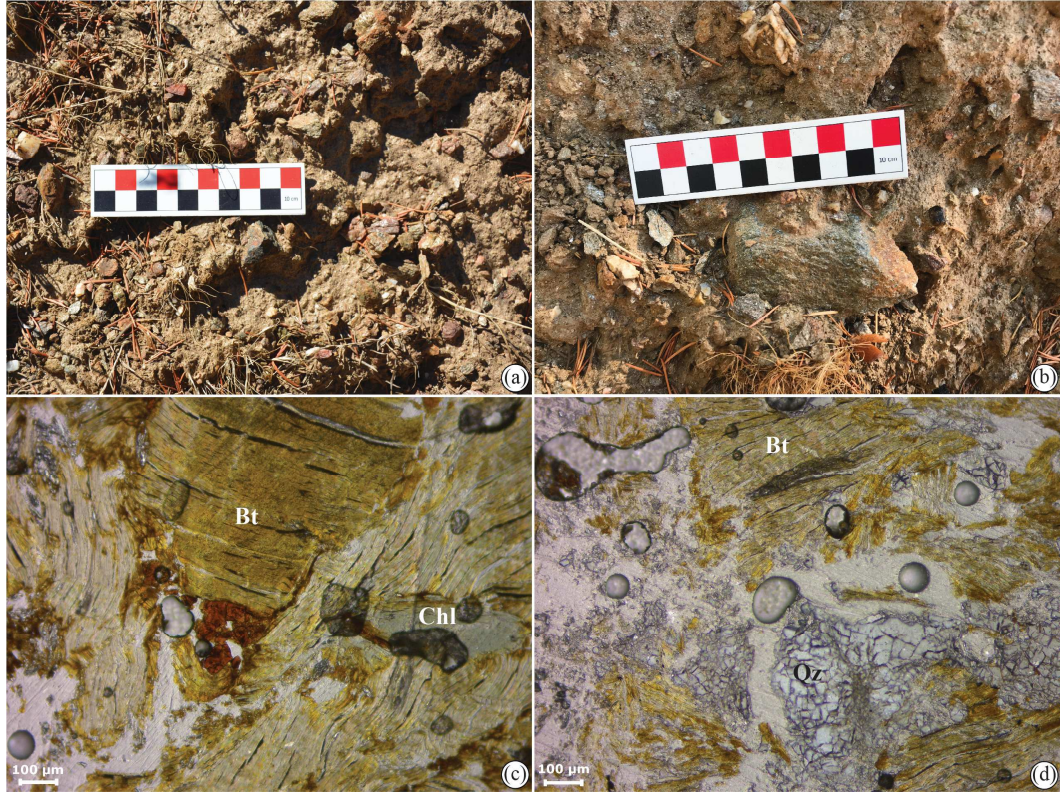
Şekil 7.2: Ekinözü lokasyonunun jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli M38 a1 ve a2 haritasından alınmıştır).

7.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

Ekinözü (Kahramanmaraş) lokasyonunda görülen granat oluşumları Bitlis-Pötürge-Malatya metamorfittlerine ait şistler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir. Şistler arazide kırmızımsı-sarımsı, kahverengi renklere

görülmektedir (Şekil 7.3a). Belirgin şistozite yüzeylerine sahip olan şistler içerdikleri granat mineralleri nedeniyle porfiroblastik doku göstermektedir (Şekil 7.3b). Granat içeren şistler petrografik olarak klorit-biyotit şist bileşiminde olup, lepidoblastik dokuya sahiptirler. Mineralojik olarak klorit, biyotit, kuvars, granat ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 7.3c, d). Kayacı oluşturan biyotitler klorite dönüşmüş olup dilinim çizgileri boyunca opak mineral kapanımları içermektedirler.

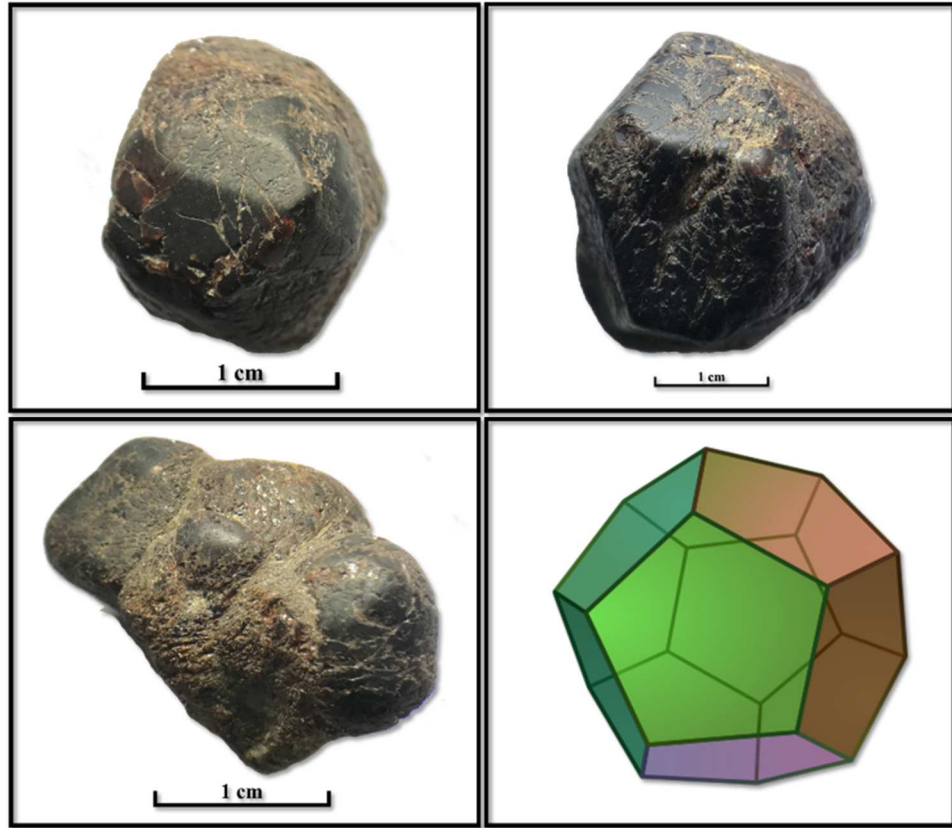
Doku	: Lepidoblastik doku
Mineral Zonu	: Granat zonu
Metamorfizma Fasiyesi	: Yeşilşist fasiyesi
Köken Kayacı	: Metapelitik (Blatt ve Tracy 2001)



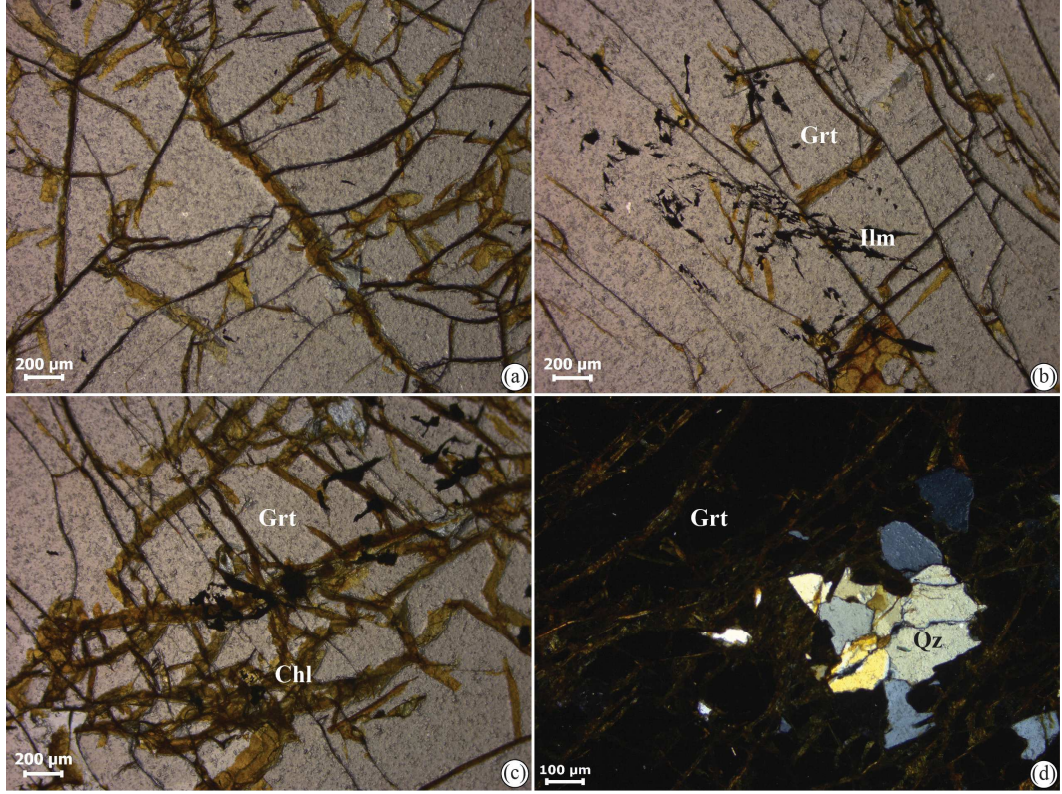
Şekil 7.3: a, b) Ekinözü lokasyonunda granat porfiroblastları içeren şistlerin arazideki görünüşleri, c, d) Klorit-biyotit şistlerin mikroskop görüntüleri (PN), d) çatlaklı-kırıkkı kuvars mineralleri (PN) (Bt: Biyotit, Chl: Klorit, Qz: Kuvars).

Şistler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülen granatlar 0.5 4 cm çapında olup pentagonal dodekahedron kristal formundadır (Şekil 7.4). Koyu kırmızı, siyah

renkte ve camsı bir parlaklığa sahip olan granat porfiroblastları ana kayac yüzeyinden el ile kolayca ayrılabilir. Granat porfiroblastları mikroskop incelemelerinde oldukça kırıklı-çatlaklı bir yapıya sahiptirler (Şekil 7.5a). PN’de kırık ve çatlaklar boyunca kahverengi renkli limonitleşme ve kloritleşme görülmektedir (Şekil 7.5b, c). Porfiroblastlar belirgin bir zonlanma göstermezken mineral kapanımları içermektedir. Kapanım olarak kuvars ve klorit mineralleri ile ilmenit-manyetit türü opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 7.5b, c, d).



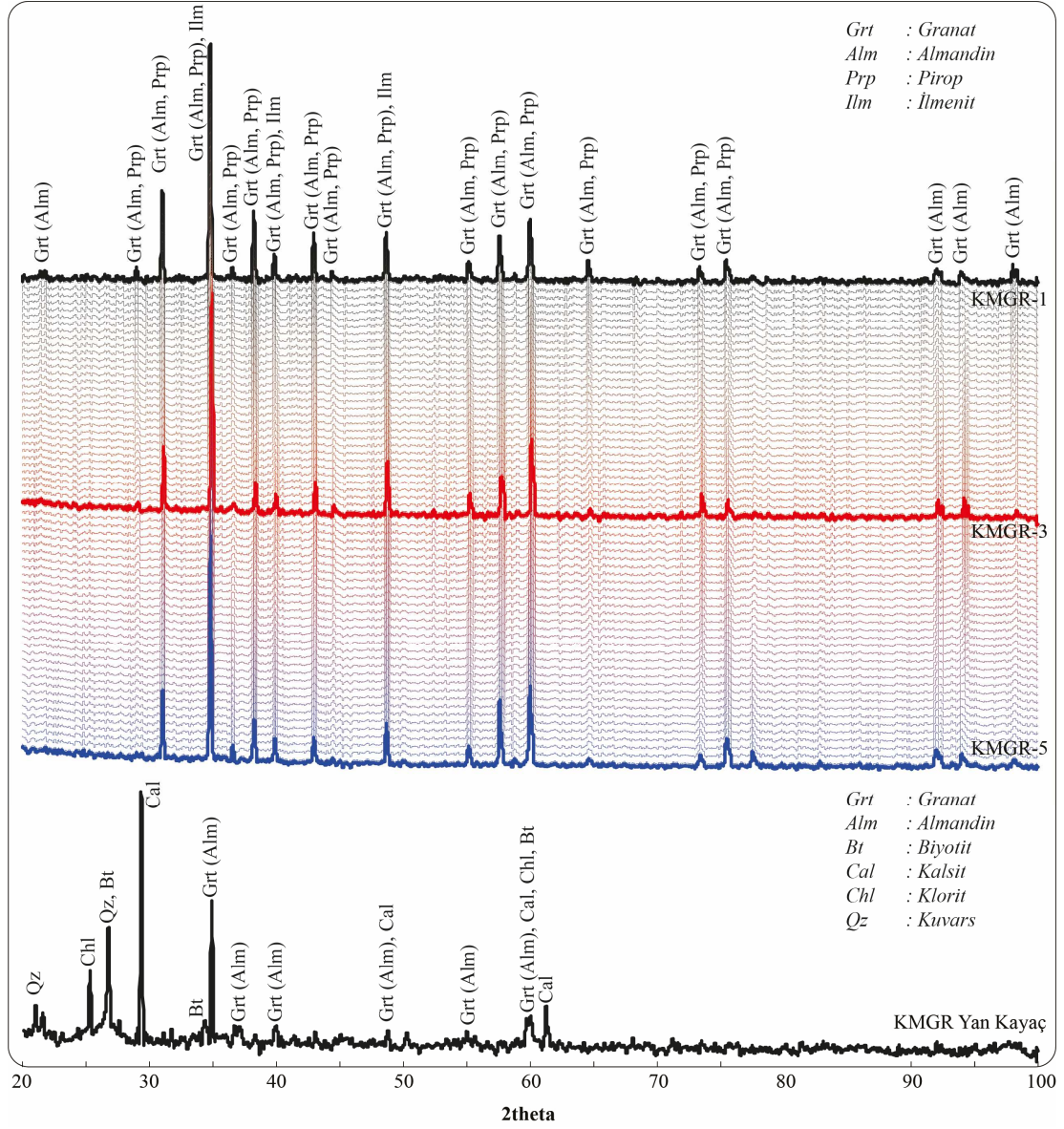
Şekil 7.4: Ekinözü granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 7.5: Granat porfiroblastlarında gözlenen **a)** Kırıklı-çatlaklı yapı (PN), **b)** İlmenit (PN) **c)** Kloritleşme (PN), **d)** Kuvars kapanımları (Chl: Klorit, Grt: Granat, Ilm: İlmenit, Qz: Kuvars).

7.3 X-Işınları Difraktometre İncelemeleri

Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, klorit biyotit şist örneğinde granat, kuvars, kalsit ve klorit pikleri tespit edilmiştir (Şekil 7.6). Arazide farklı noktalardan alınan granat porfiroblastlarının XRD desenleri birbirine benzer olup, 2θ $15A^\circ$ dan itibaren düzenli ve belirgin pikler gösterdikleri belirlenmiştir. Granat porfiroblastlarının XRD grafiklerinde almandin-pirop türü granat pikleri ile birlikte içerdikleri kapanımlardan kaynaklanan ilmenit pikleri de içerdiği belirlenmiştir (Şekil 7.6). Ayrıca tam bir ayırım yapılamamakla birlikte Ekinözü granat porfiroblastlarının granat uç üyelerinden almandin ve pirop türü granatlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 7.1).



Şekil 7.6: Granat porfiroblastları ve klorit biyotit şist yan kayıcının XRD grafikleri.

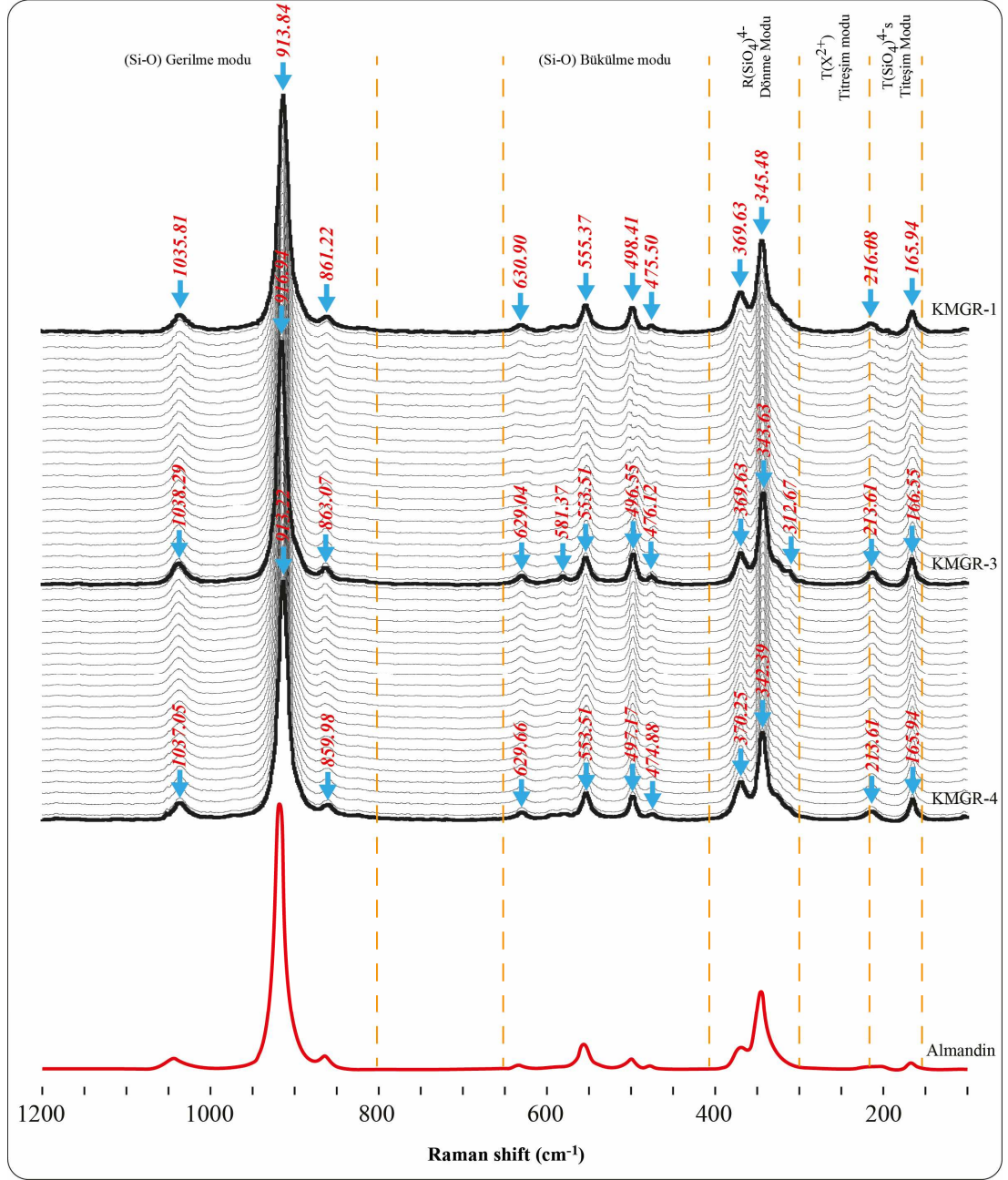
Tablo 7.1: Ekinözü granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.

Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Ekinözü	
2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76	18.90	4.65
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11	29.09	3.06
				30.12	2.97						
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91	31.05	2.88
				33.78	2.65			34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			34.76	2.58
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46				
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38	38.25	2.35
				38.69	2.33			39.46	2.28		
39.96	2.26	39.83	2.26							39.87	2.26
				41.69	2.17	40.97	2.20				
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13	43.02	2.10
				47.22	1.93						
								48.16	1.89		
48.80	1.87	48.64	1.87							48.70	1.86
				53.50	1.71						
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68	55.20	1.66
						57.14	1.61	57.01	1.62		
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59					57.58	1.60
								59.37	1.56	60.00	1.54
73.65	1.29										
								74.66	1.27		
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10			75.51	1.25

* Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5,'den alınmıştır.

7.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri

Ekinözü granat porfiroblastları üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 11 Raman kayma piki belirlenmiştir. En güçlü Raman kayma pikleri 913-916 ve 342-345 cm^{-1} 'de, orta şiddetli kayma pikleri 553-555, 496-498, 369-370 ve 165-166 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 1035-1038, 859-863, 629-630, 474-476 ve 213-216 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 7.7, Tablo 7.2).



Şekil 7.7: Ekinözü granat porfiroblastları ve almandin bileşimli granat uç üyesine ait Raman spektrumları (Almandin'e ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).

Karşılaştırma amacıyla literatürde verilen granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS spektrum değerleri Tablo 7.2'de verilmiştir. Tablo 7.2'ye göre Ekinözü granat porfiroblastları Raman spektrumlarının almandin bileşimli granat uç üyesiyle çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir.

Tablo 7.2: Ekinözü granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Spesartin*	Ekinözü
T _{2g} +T _{1u}	v ₃	1062	1032	1007	1027	1035-1038
E _g	v ₃	938	920	904	913	
T _{2g} +T _{1u}	v ₃	899	892	850	878	
T _{2g} +T _{1u}	v ₃	866	862	826	849	859-863
A _{1g}	v ₁	925	910	881	905	913-916
E _g	v ₁	911	910	852	892	
T _{2g} +T _{1u}	v ₄	648	628	629	628	629-630
E _g	v ₄	626	593	590	592	
T _{2g} +T _{1u}	v ₄	598	576	577	573	
T _{2g} +T _{1u}	v ₄	510	498	509	499	496-498
A _{1g}	v ₂	562	553	549	550	553-555
E _g	v ₂	524	521	526	521	
T _{2g} +T _{1u}	v ₂	490	474	478	472	474-476
E _g	v ₂	439	421	416	410	
T _{2g} +T _{1u}	R(SiO ₄)	379	355	383	350	
E _g	R(SiO ₄)	365	368	369	372	369-370
A _{1g}	R(SiO ₄)	362	347	374	347	342-345
T _{2g} +T _{1u}	R(SiO ₄)	350	312	349	314	
T _{2g} +T _{1u}	T(M)	272	212	246	220	213-216
T _{2g} +T _{1u}	T(M)	208	166	178	173	165-166

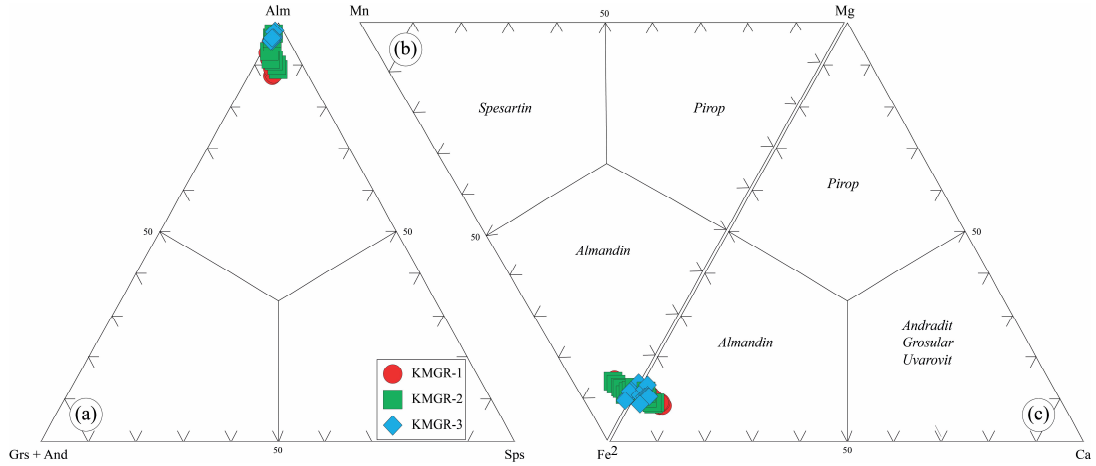
* Granat uç üyelerine ait Raman Kayma değerleri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998'den alınmıştır.

7.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

Ekinözü lokasyonundan alınan farklı granat porfiroblastları üzerinde 36 noktadan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 98-101 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-G'de verilmiştir.

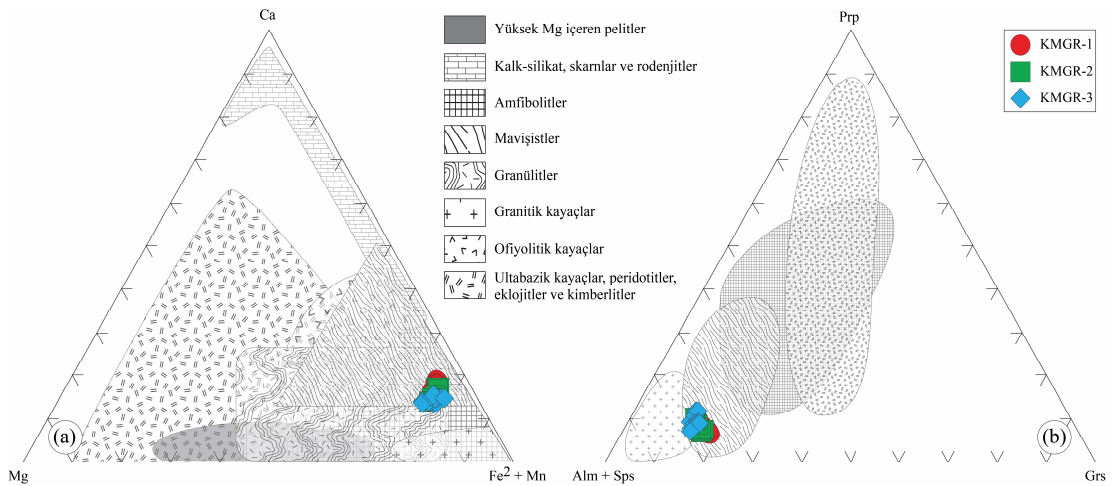
Ekinözü granat porfiroblastlarının Si içerikleri 5.61 ile 6.14 a.p.f.u arasında değişirken, Al^{v1} içerikleri 3.44 ile 4.24, Fe⁺² içerikleri 4.65 ile 5.75, Mg içerikleri 0.46 ile 0.77, Mn içerikleri 0.01 ile 0.30 ve Ca içerikleri 0.09 ile 0.40 arasında değişim göstermektedir. Granat porfiroblastlarının Fe⁺²/(Fe⁺²+Mg) oranları 0.86-0.91, Mg/(Mg+Fe⁺²) oranları 0.09-0.14 arasındadır. Mineral kimyası sonuçlarına göre Ekinözü granat porfiroblastlarının kimyasal bileşimleri Alm_{0.80-0.88}Prp_{0.07-0.13}Grs_{0.01-0.07}Sp_{s0.00-0.05} olarak hesaplanmıştır. Wright (1938) tarafından önerilen ve

granat uç üyelerini esas alan üçgen diyagramında Ekinözü granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 7.8a). Grews ve diğ. (2013) tarafından katyon analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma diyagramlarında granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü görülmektedir (Şekil 7.8b, c).



Şekil 7.8: Ekinözü granat porfiroblastlarının a) Almandin-(Grosular+Andardit)-Spesartin uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), Katyon değerlerine göre hazırlanan b) (Mg-Fe⁺²-Ca) ve c) (Mg-Mn-Fe⁺²) üçgen diyagramlarındaki konumları (Grew ve diğ. 2013).

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca-Mg-Fe⁺²+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında granat porfiroblastlarının orta-yüksek dereceli metamorfik kayalar alanına düştüğü, metamorfizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları belirlenmiştir (Şekil 7.9a, b).



Şekil 7.9: a) Ca-Mg-(Fe⁺²+Mn) katyon b) Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

7.5.1 Basınç ve Sıcaklık Hesaplamaları

Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen granat-biyotit jeotermometre hesaplamalarına göre Ekinözü granat porfiroblastlarının hesaplanan oluşum sıcaklıkları 388.4 °C ile 513.9 °C arasında (ortalama 465.4 ± 41.6 °C) değişmekte olup, 3.8 ile 5.2 kbar basınç (ortalama 4.5 kbar) basınç altında meydana gelmiş olabilecekleri değerlendirilmiştir (Tablo 7.3).

Tablo 7.3: Basınç-sıcaklık hesaplamasında kullanılan granat-biyotit analizleri ve hesaplanan sıcaklık değerleri (T76: Thompson 1976, FS78: Ferry ve Spear 1978, HS82: Hodges ve Spear 1982, PL83: Perchuk ve Lavrenteva 1983, Dasg91: Dasgupta ve diğ. 1991, B92-HW - B92-GS: Bhattacharya ve diğ.1992, HL77: Holdaway ve Lee 1977).

Analiz Noktaları	Granat Analizleri				Biyotit Analizleri				Mg/(Mg+Fe ⁺²)		KD	Granat Uç Üyeleri				Biyotit	
	Fe ⁺²	Mn	Mg	Ca	Ti	Al ^{VI}	Fe ⁺²	Mg	Granat	Biyotit		Alm	Sps	Prp	Grs	X(Ti)	X(Al ^{VI})
p.1	4.75	0.29	0.49	0.36	0.13	1.31	2.56	2.44	0.09	0.49	9.18	0.81	0.05	0.08	0.06	0.02	0.20
p.2	4.75	0.28	0.46	0.37	0.16	1.25	2.37	2.45	0.09	0.51	10.58	0.81	0.05	0.08	0.06	0.03	0.20
p.3	4.72	0.27	0.47	0.40	0.16	1.21	2.50	2.42	0.09	0.49	9.78	0.81	0.05	0.08	0.07	0.03	0.19
p.4	4.65	0.29	0.49	0.36	0.14	1.46	2.36	2.31	0.09	0.49	9.35	0.80	0.05	0.08	0.06	0.02	0.23
p.5	4.72	0.28	0.48	0.34	0.17	1.19	2.49	2.45	0.09	0.50	9.67	0.81	0.05	0.08	0.06	0.03	0.19
p.6	4.78	0.23	0.51	0.35	0.17	1.15	2.54	2.48	0.10	0.49	9.19	0.81	0.04	0.09	0.06	0.03	0.18
p.7	4.82	0.15	0.51	0.32	0.18	1.11	2.51	2.53	0.09	0.50	9.61	0.83	0.03	0.09	0.06	0.03	0.18
p.8	4.89	0.14	0.50	0.33	0.14	1.18	2.47	2.52	0.09	0.50	9.92	0.83	0.02	0.09	0.06	0.02	0.19
p.9	4.94	0.09	0.54	0.30	0.16	1.15	2.50	2.51	0.10	0.50	9.18	0.84	0.01	0.09	0.05	0.02	0.18
p.10	5.02	0.05	0.60	0.25	0.21	1.17	2.40	2.53	0.11	0.51	8.89	0.85	0.01	0.10	0.04	0.03	0.19
	B92-HW	B92-GS	Dasg91	FS78	HS82	PL83	T76	HL77	Ortalama Basınç (kbar)								
p.1	503.7	510.0	391.6	435.9	458.4	498.0	476.3	476.2	3.9								
p.2	484.5	493.7	368.4	404.7	427.4	477.8	450.8	452.4	4.1								
p.3	495.9	502.5	388.0	423.1	448.0	490.0	467.6	466.8	4.4								
p.4	501.6	508.6	372.5	431.7	454.6	495.4	473.0	473.0	3.9								
p.5	496.2	504.2	385.8	423.7	445.0	490.2	466.0	466.9	3.8								
p.6	507.3	516.9	402.9	439.5	461.4	500.9	483.6	479.6	5.1								
p.7	504.2	518.3	394.5	428.7	448.9	493.8	474.0	471.3	4.9								
p.8	499.7	514.3	386.4	421.1	441.3	488.8	467.3	465.4	4.9								
p.9	513.7	530.5	400.2	440.3	458.9	501.4	484.8	480.2	5.2								
p.10	519.9	539.6	393.5	445.5	461.5	504.4	486.4	483.7	4.4								
Minimum	484.5	493.7	368.4	404.7	427.4	477.8	450.8	452.4	3.8								
Maksimum	519.9	539.6	402.9	445.5	461.5	504.4	486.4	483.7	5.2								
Ortalama	502.7	513.9	388.4	429.4	450.6	494.1	473.0	471.6	4.5								
Std. Sapma	9.8	13.5	11.0	11.9	10.8	7.8	10.8	9.2	0.5								

7.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Ekinözü granat porfiroblastlarının tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 7.4’de verilmiştir. Granat porfiroblastlarının Al_2O_3 içeriği %20.10-20.35 arasında değişirken, SiO_2 %34.17-35.19, MgO %2.40-2.87, Fe_2O_3 %41.67-42.26, TiO_2 %0.22-0.26, CaO %0.95-1.33, Na_2O %0.02, K_2O %0.01-0.06, P_2O_5 %0.20-0.35, MnO %0.20-0.41 ve Kızdırma kaybı (LOI) %-2.4 ile -1.1 arasında değişmektedir.

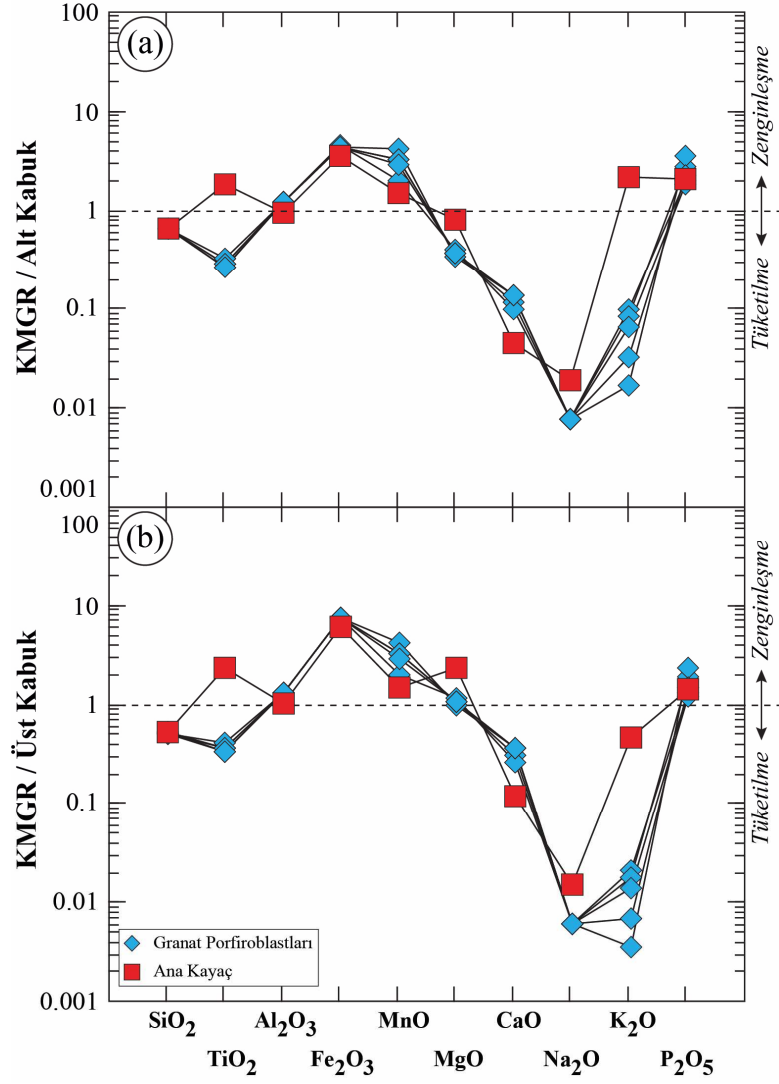
Minerallerde renk oluşumuna etki eden ve petrojenez çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bazı iz element içerikleri bakımından Ekinözü granat porfiroblastlarının Cr aralık değeri 41.1-68.4 ppm iken, Co aralık değeri 140.2-211 ppm, Cu aralık değeri 95.4-176 ppm, V aralık değeri 23-30 ppm, Ni aralık değeri 83-101 ppm, U aralık değeri 3.0-5.4 ppm, Pb aralık değeri 0.3-0.5 ppm, Zr aralık değeri 196.6-326.1 ppm, Sr aralık değeri 2.3-4.3 ppm, Nb aralık değeri 3.4-4.4 ppm, Y aralık değeri 128.7-183.9 ppm, La aralık değeri 15.1-50.2 ppm, Ce aralık değeri 29.8-91.7 ppm ve Th aralık değeri 9.5-13.6 ppm arasındadır (Tablo 7.4).

Ekinözü granat porfiroblastları ve klorit biyotit şist ana kayacının AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında TiO_2 ve K_2O elementleri haricinde diğer ana oksit elementleri bakımından benzer dağılım desenlerine sahip oldukları görülmektedir (Şekil 7.10a, b). AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramlarında Ekinözü granat porfiroblastları Fe_2O_3 , MnO ve P_2O_5 elementleri bakımından zenginleşme, TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O ve K_2O elementleri bakımından tüketilme göstermektedir. TiO_2 ve K_2O elementlerinde görülen farklılık klorit biyotit şist ana kayacını oluşturan biyotit ve ilmenit minerallerinin kimyasal bileşimleriyle ilişkilendirilebilir.

Tablo 7.4: Ekinözü granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

Element/Örnek		Granat Porfiroblastları					Ana Kayac
		KMGR-1	KMGR-2	KMGR-3	KMGR-4	KMGR-5	KMGR-YK
SiO ₂	%	34.17	34.41	34.53	35.19	34.93	35.53
Al ₂ O ₃	%	20.29	20.23	20.10	20.34	20.35	15.77
Fe ₂ O ₃	%	41.67	42.09	42.26	41.79	41.74	33.56
MgO	%	2.40	2.66	2.87	2.63	2.69	5.76
CaO	%	1.33	1.12	0.95	1.31	1.29	0.43
Na ₂ O	%	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05
K ₂ O	%	0.06	0.05	0.01	0.04	0.02	1.29
TiO ₂	%	0.22	0.23	0.26	0.23	0.22	1.52
P ₂ O ₅	%	0.20	0.28	0.35	0.18	0.22	0.21
MnO	%	0.41	0.32	0.20	0.33	0.29	0.15
LOI	%	-1.1	-1.8	-1.8	-2.4	-2.2	5.2
Toplam	%	99.68	99.68	99.73	99.65	99.64	99.52
Cr	ppm	54.7	47.9	68.4	41.1	47.9	287.0
Ba	ppm	18.0	11.0	6.0	8.0	6.0	28.0
Ni	ppm	94.0	89.0	83.0	101.0	101.0	61.0
Sc	ppm	37.0	32.0	33.0	33.0	35.0	34.0
Co	ppm	187.3	192.5	140.2	211.0	208.8	95.1
Cs	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.9
Ga	ppm	4.3	4.4	4.9	4.4	4.5	10.9
Hf	ppm	6.1	5.9	5.2	9.0	6.7	2.8
Nb	ppm	3.6	4.4	4.1	4.2	3.4	8.4
Rb	ppm	1.2	1.1	0.5	1.1	0.9	17.1
Sn	ppm	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0
Sr	ppm	3.9	4.3	3.5	2.3	2.8	8.7
Ta	ppm	4.0	4.6	4.1	5.6	5.0	1.4
Th	ppm	11.3	12.2	9.5	13.6	12.5	6.2
U	ppm	3.8	3.8	3.0	5.0	5.4	10.0
V	ppm	25.0	25.0	30.0	23.0	26.0	175.0
Zr	ppm	225.4	223.6	196.6	326.1	255.3	105.2
Y	ppm	183.9	128.7	151.8	176.7	146.6	97.4
Mo	ppm	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	2.7
Cu	ppm	164.4	159.3	142.3	95.4	176.0	1280.7
Pb	ppm	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	1.0
Zn	ppm	5.0	2.0	2.0	3.0	3.0	18.0
As	ppm	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
La	ppm	26.7	26.8	16.8	15.1	50.2	209.8
Ce	ppm	54.9	57.0	37.5	29.8	91.7	375.4
Pr	ppm	6.5	6.8	4.9	4.0	11.1	40.2
Nd	ppm	24.9	25.5	19.0	16.6	40.4	132.8
Sm	ppm	7.1	6.9	5.4	5.7	8.7	23.4
Eu	ppm	3.6	2.9	1.7	3.0	3.5	7.6
Gd	ppm	16.7	12.8	11.6	15.3	14.5	21.3
Tb	ppm	3.9	2.8	3.0	3.6	3.2	3.0
Dy	ppm	28.5	19.7	23.1	26.8	23.2	17.4
Ho	ppm	6.3	4.3	5.3	5.8	5.0	3.4
Er	ppm	18.6	13.0	16.3	17.7	15.1	9.8
Tm	ppm	2.5	1.8	2.3	2.4	2.2	1.2
Yb	ppm	14.9	10.9	13.6	14.4	14.0	7.4
Lu	ppm	2.0	1.5	1.9	2.0	2.0	1.1
(La/Sm) _N		2.38	2.45	1.98	1.66	3.65	5.65
(Sm/Yb) _N		0.51	0.68	0.42	0.43	0.66	3.37
(Eu/Eu*) _N		0.93	0.90	0.63	0.87	0.93	1.05
(Y/Ho) _N		1.01	1.03	1.00	1.06	1.02	1.00

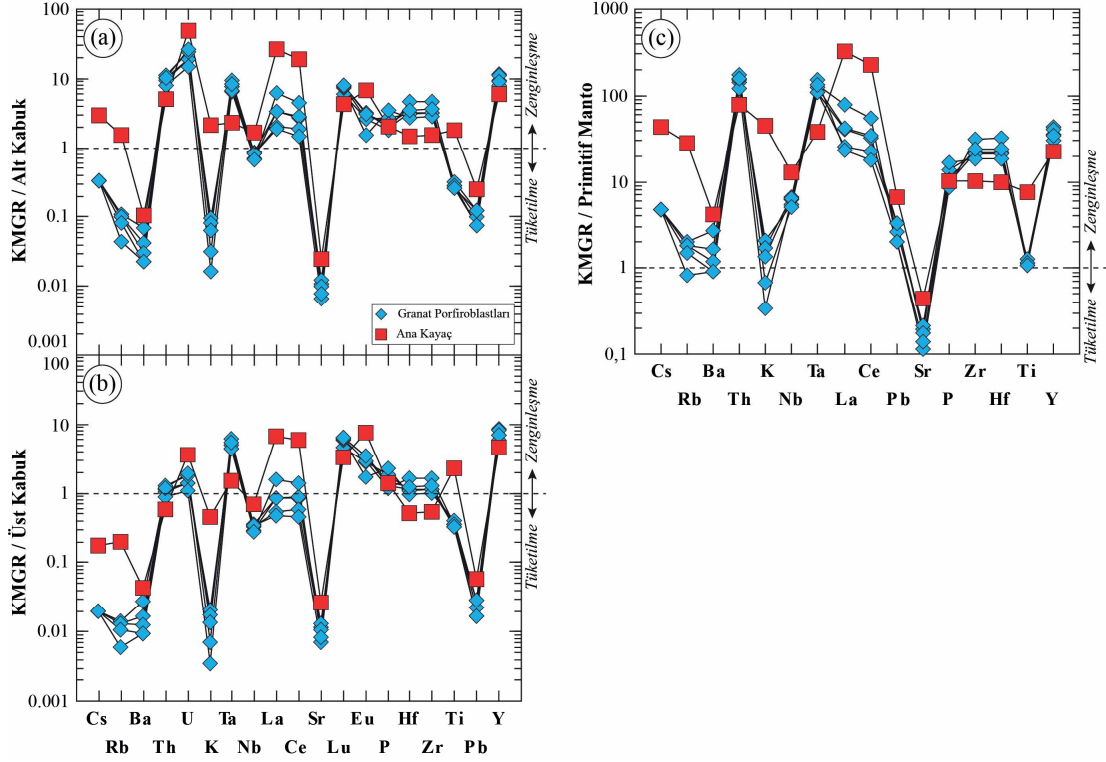
$Eu^* = (Sm+Gd)/2$



Şekil 7.10: Ekinözü granat porfiroblastları ve klorit biyotit şist ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

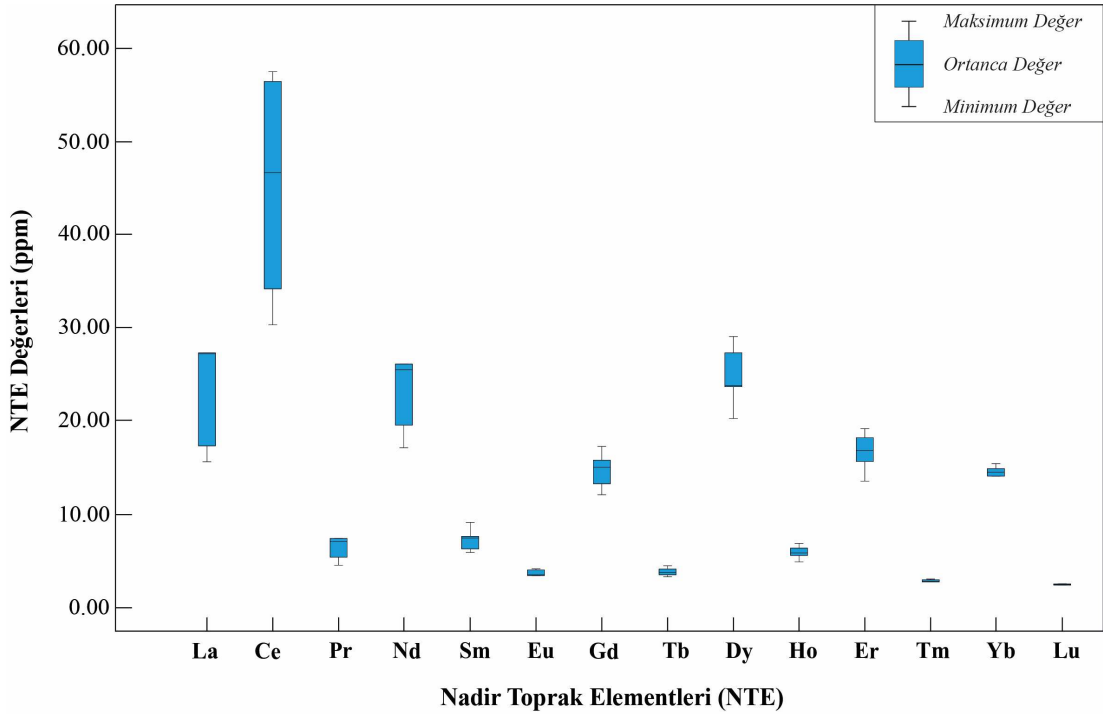
İz element içeriklerine göre AKK'ye normalize edilmiş iz element değişim diyagramında Ekinözü granat porfiroblastları Cs, Rb, Ba, K, Sr, Ti ve Pb elementleri bakımından belirgin tüketilme gösterirken, Th, U, Ta, La, Ce, Lu, Eu, P, Hf, Zr ve Y elementleri bakımından 10-100 kat arasında değişen zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 7.11a). ÜKK'ye göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramında Ekinözü granat porfiroblastları LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından tüketilme gösterirken Ta, Lu, Eu ve Y gibi HFSE'ler bakımından 10 kata varan zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 7.11b). PM değerlerine normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramında granat porfiroblastları ve klorit biyotit şist ana kayacının Sr dışındaki iz elementler bakımından 10-100 kat arasında değişen zenginleşmeler gösterdiği görülmektedir. AKK, ÜKK ve PM değişim

diyagramlarında Ekinözü granat porfiroblastları ve klorit biyotit şist ana kayacının benzer elementlerde benzer davranışların göstermesi aynı petrolojik süreçler sonucunda meydana geldiklerine işaret etmektedir (Şekil 7.11c)



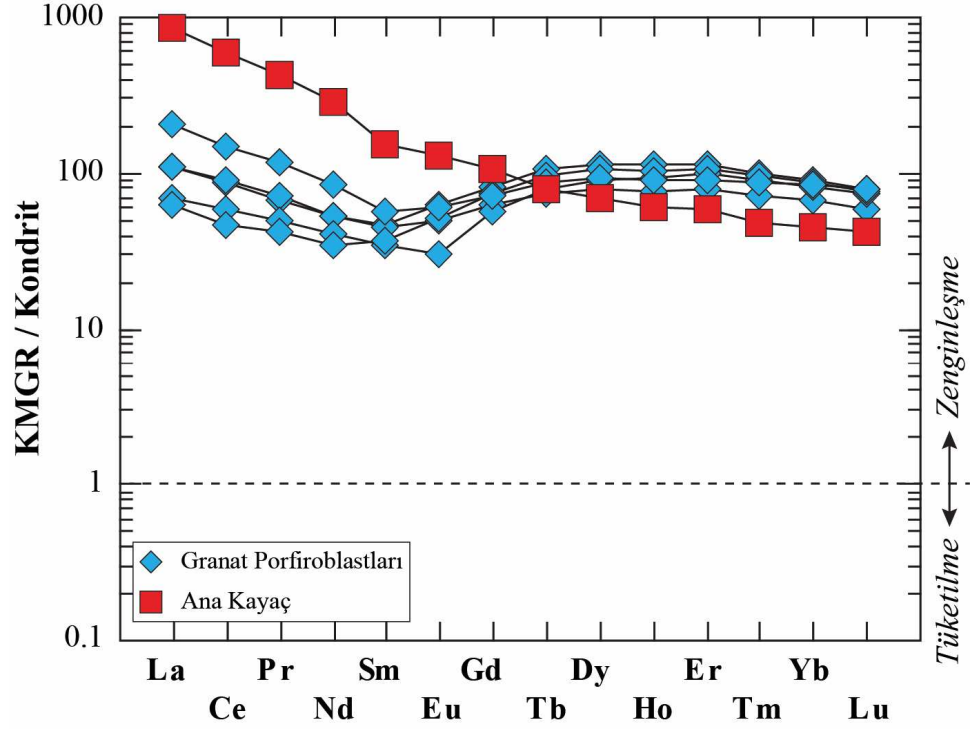
Şekil 7.11: Ekinözü granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları klorit biyotit şist ana kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Ekinözü granat porfiroblastlarının NTE değerlerine bakıldığında; La içerikleri 15.1 ile 50.2 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 29.8 ile 91.7 ppm, Pr içerikleri 4 ile 11.1 ppm, Nd içerikleri 16.6 ile 40.4 ppm, Sm içerikleri 5.4 ile 8.7 ppm, Eu içerikleri 1.7 ile 3.6 ppm, Gd içerikleri 11.6 ile 16.7 ppm, Tb içerikleri 2.8 ile 3.9 ppm, Dy içerikleri 19.7 ile 28.5 ppm, Ho içerikleri 4.3 ile 6.3 ppm, Er içerikleri 13 ile 18.6 ppm, Tm içerikleri 1.8 ile 2.5 ppm, Yb içerikleri 10.9 ile 14.9 ppm ve Lu içerikleri 1.5 ile 2 ppm arasında değişmektedir (Şekil 7.12). Ekinözü granat porfiroblastlarının La, Ce ve Nd, Gd, Dy ve Er haricindeki diğer nadir toprak elementleri bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin La, Ce ve Nd, Gd, Dy ve Er içerikleri bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetrik dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 7.12).



Şekil 7.12: Ekinözü granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramında Ekinözü granat porfiroblastları içerisinde buldukları klorit biyotit şist ana kayacı ile benzer HREE içeriklerine sahip iken ana kayacın LREE içerikleri granat porfiroblastlarına göre zenginleşme göstermektedir. Bununla birlikte Ekinözü granat porfiroblastlarının LREE ve HREE bakımından hemen hemen yakın zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 7.13). Ekinözü granat porfiroblastlarının toplam NTE içerikleri 162.07 ile 284.89 (ppm) arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 1.66 ile 3.65 (ppm) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.42 ile 0.68 (ppm) arasında, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 0.63 ile 0.93 arasında ve $(Y/Ho)_N$ içerikleri 1.00 ile 1.06 değişmektedir (Tablo 7.4). Ayrıca granat porfiroblastları hafif Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 7.13).



Şekil 7.13: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

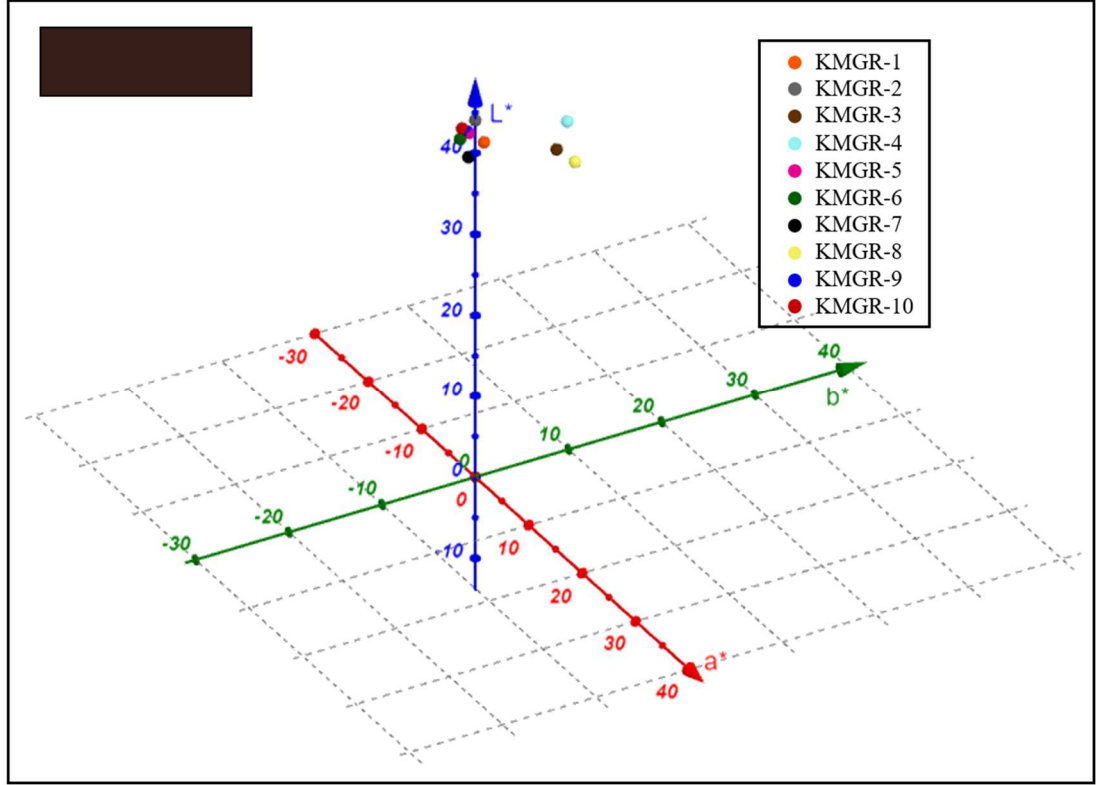
7.7 Gemolojik Değerlendirmeler

7.7.1 Renk Ölçümleri

Ekinözü granat porfiroblastlarının renk ölçümleri $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre yapılmıştır. Örneklerin $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre renk ortalaması 41.91:1.21:1.80 (siyahımsı kırmızı) olarak belirlenmiştir (Tablo 2.6 ve Şekil 7.19).

Tablo 7.5: Ekinözü granat porfiroblastlarının $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L^*	43.05	42	42.65	42.51	39.6	43.83	40.14	41.33	43.8	40.19	41.91
a^*	-0.59	-0.38	-0.37	-0.24	-0.19	-0.26	6.15	0.41	4.13	3.44	1.21
b^*	-1.08	-1.42	-0.63	-0.52	-0.63	0.14	7.15	0.7	7.49	6.75	1.8



Şekil 7.14: Ekinözü granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı

7.7.2 Gemolojik Testler

Ekinözü granat porfiroblastlarının gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıklarının 3.84 ile 4.15 arasında ve kırılma indislerinin de 1.78-1.80 arasında olduğu belirlenmiştir. Ekinözü granat porfiroblastlarının optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde de sarı bant aralığında 580 nm’de güçlü ve yeşil bant aralığında 520 nm’de orta şiddetli çizgiler gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen granat porfiroblastları güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türleri ile Ekinözü granat porfiroblastlarının gemolojik özellikleri karşılaştırılmış olup almandin türü granatlarla benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır (Tablo 7.6)

Ekinözü granat porfiroblastlarının çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında pentagonal dodekahedron kristal yüzeylerinde camsı parlaklık gösterdiği ve saydam yarı-saydam olduğu anlaşılmıştır. Şeffaf taşlarda sıklıkla kullanılan fasetli ve kaboşon işleme tekniği uygulanarak takı üretimi yapılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Kaboşon işleme teknikleri ile granat porfiroblastları

damla kaboşon formda işlenmiş ve kuyumculuk teknikleri gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüştür (Şekil 7.15). Gemolojik özellikler bakımında Ekinözü granatlarının süs taşı özellikleri taşıdığı, kırmızı-lal rengi ve saydamlığı ile işlenerek takıda kullanılması halinde bir katma değer oluşturacağı düşünülmektedir.



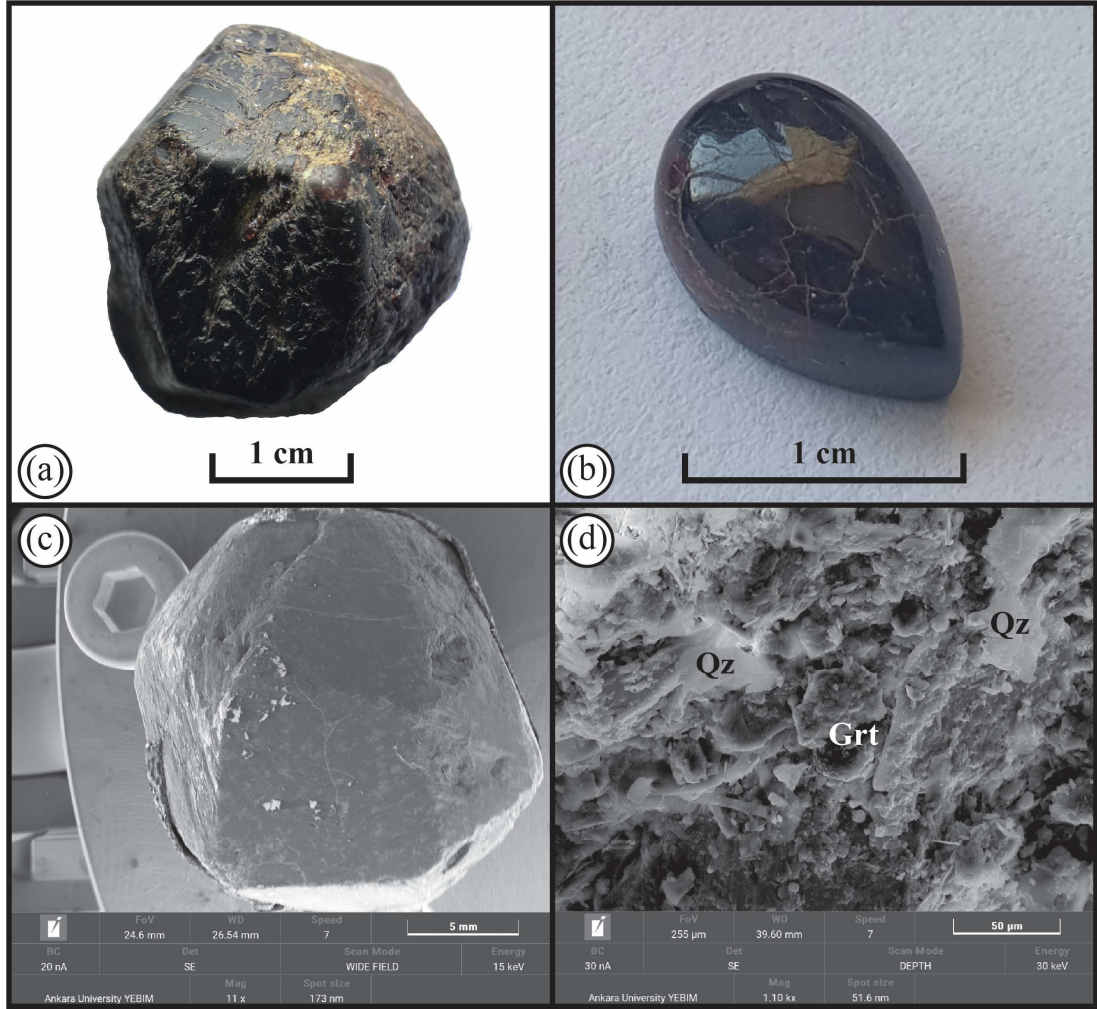
Şekil 7.15: Ekinözü granat porfiroblastları ile üretilmiş gümüş takı seti.

Tablo 7.6: Ekinözü granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Ekinözü Granatları	3.84-4.15	1.78-.1.80	Camsı koyu kırmızı-siyah	Sarı: 580 nm (güçlü) Yeşil: 520 nm (orta)

7.7.1 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri

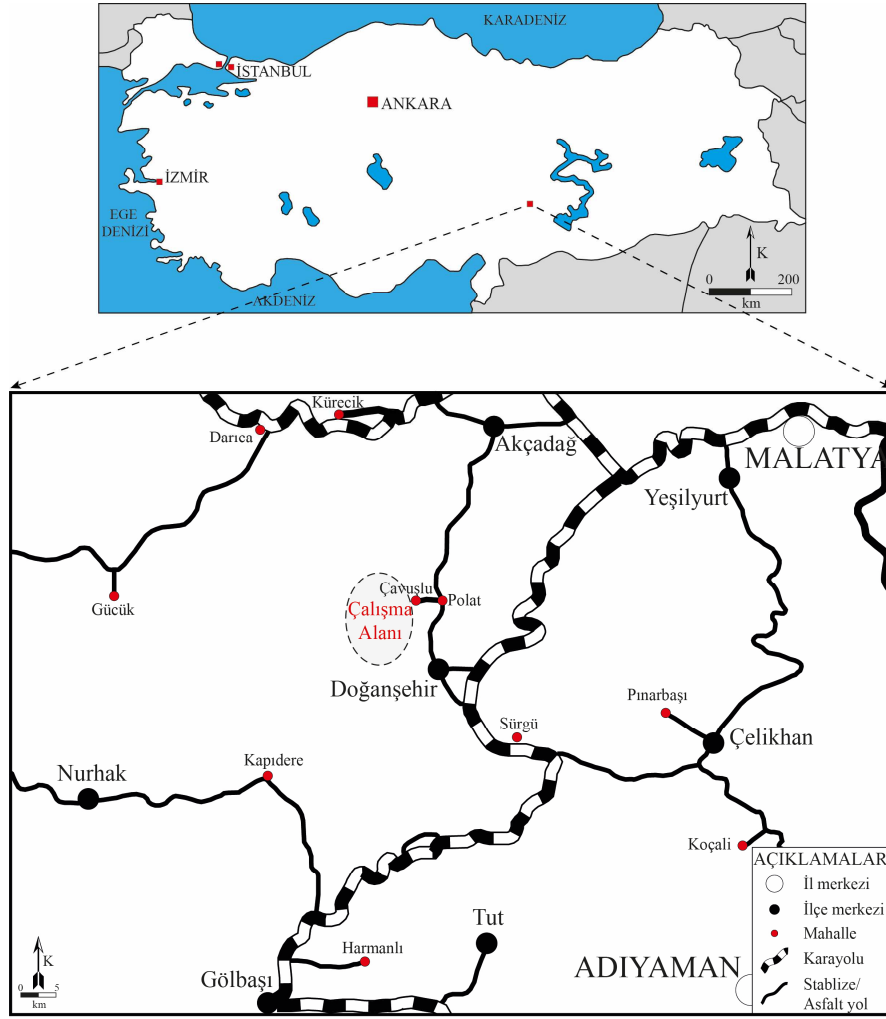
Pentagonal dodekahedron kristal formda bulunan ve işlendiğinde kırmızımsı siyah renkte camsı parlaklık gösteren Ekinözü granat porfiroblastlarının geniş açı SEM görüntülerinde çok fazla bir bozulma gözlenmemektedir (Şekil 7.16a, b, c). Yüzeyler her ne kadar düzgün görünse de yakın çekim SEM görüntüleri incelendiğinde kırık ve çatlaklar dikkat çekmektedir (Şekil 7.16d). Metamorfizma sürecindeki kimyasal reaksiyonlar sonucu bu kırık ve çatlaklarda ise yeni mineral olarak ikincil kuvars oluşumları gözlenmiştir. SEM incelemeleri sonucunda granat porfiroblastlarında çok fazla boşluk olmasa da çatlaklı bir yapı olması ve kuvars oluşumları nedeniyle değerli süs taşı sınıfından ziyade yarı değerli süs taşı sınıfında değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Fakat bölgede araştırmaların devam etmesi ve çatlaksız porfiroblastların bulunması sonucunda değerli süs taşı niteliğinde olan granatların bulunulabileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 7.16: Ekinözü granat porfiroblastlarının **a)** işlenmemiş **b)** işlenmiş el örnekleri **c, d)** SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).

8. ÇAVUŞLU (DOĞANŞEHİR-MALATYA) LOKASYONU

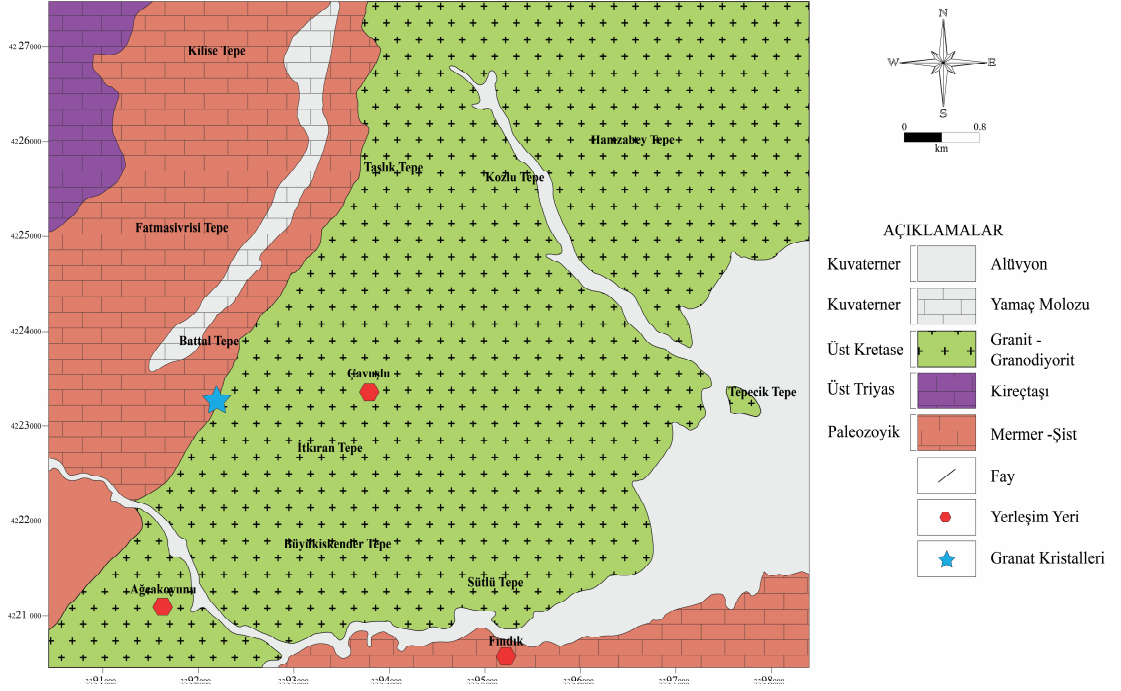
Doğanşehir (Malatya) ilçesinin 12 km kuzeybatısında Çavuşlu Mahallesi kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli Malatya-L39c1 paftasında yer almaktadır (Şekil 8.1). İnceleme alanında volkanik, metamorfik ve sedimanter bileşimli kayalar toplulukları bulunmaktadır. Granat kristalleri, Polat Granitoidi ile kireçtaşı/mermer dokanakları boyunca gelişmiş skarn zonu içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 8.1: Çavuşlu lokasyonu yerbulduru haritası.

8.1 Jeolojik Yapı

Çavuşlu ve çevresindeki jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Paleozoyik yaşlı mermer ve şistler, Üst Triyas yaşlı kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı granit ve granodiyoritler, Kuvarterner yaşlı yamaç molozları ve alüvyon çökeller şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 8.2)(Şengün ve diğ. 2016).



Şekil 8.2: Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 1/25000 ölçekli L39 c1 haritasından alınmıştır).

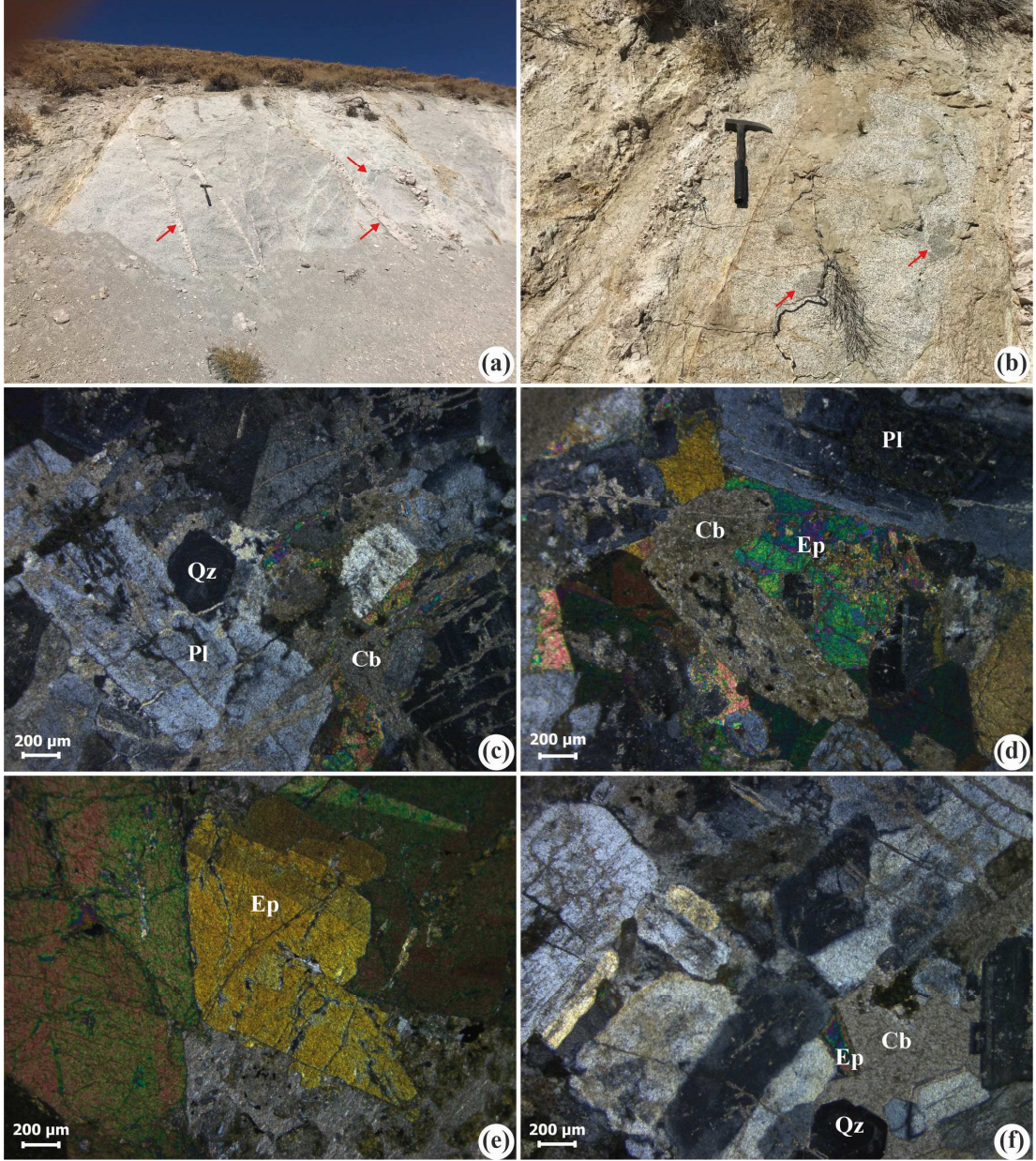
İnceleme alanında Üst Kretase yaşlı Polat Granitoidini oluşturan granit ve granodiyorit bileşimli plütonik kayaların Paleozoyik-Triyas yaşlı Malatya Metamorfilerine ait mermer/kristalize kireçtaşlarına sokulum yapması sonucu meydana gelen skarn zonu geniş bir alanı kapsamaktadır. Malatya Metamorfileri tabandan tavana doğru çeşitli şist (mikaşist, kuvars-serizitşist), fillit, dolomit, mermer ve kristalize kireçtaşlarından oluşan, kendi içerisinde faylı, bindirmeli yapı gösteren ve yersel farklılıklar gösteren bir istif sunmaktadır. Mermer/kristalize kireçtaşları tamamen kalsit'ten meydana gelmiş olup şeker dokuya sahiptirler.

Polat Granitoyidi'nin mermer/kristalize kireçtaşlarına sokulum yaptığı yaptığı dokanıklarda metasomatik oluşumlara sıkça rastlanmaktadır. Dokanıklarda gelişen ve esas olarak iri taneli Ca, Fe, Mg, Al silikat ve demir oksit minerallerinden oluşan bu kayaçlar, skarn kayaçları olarak tanımlanmıştır. Granat kristalleri skarn zonlarındaki kayaçlar içerisinde yarı özşekilli-özşekilsiz kristaller şeklinde görülmektedir. Skarn kayaçları, intrüzif kütle ve yan kayaçtaki oluşumlarına göre; sırasıyla endoskarn ve ekzoskarn olmak üzere iki ayrı tipte gelişmişlerdir (Önal ve Bingöl 1996, Önal ve Altunbey 1999, Şengün ve diğ. 2016, Ertürk ve diğ. 2021).

8.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

Genel olarak diyorit, kuvarslı diyoriti, tonalit ve granodiyorit bileşimli plütonik kayaçlardan oluşan Polat Granitoyid'i incelenen alanda granodiyorit bileşimli kayaçlarla temsil edilmektedir. Arenalaşmanın yoğun olarak gözlemlendiği alanda, epidotlaşma, karbonatlaşma ve killeşmede gözlenmektedir (Şekil 8.3a). Taze kırık yüzeyleri gri, grimsi beyaz renkli olan granodiyorit kayacı el örneğinde faneritik doku göstermektedir. Aplit bileşimli dayklar tarafından kesilen granodiyorit bileşimli kayaç içerisinde koyu gri-yeşilimsi siyah renkli, yuvarlağımsı/elipsoidal şekilli ve nispeten daha ince taneli anklavlar kolaylıkla tanımlanabilmektedir (Şekil 8.3a, b).

Petrografik incelemelerde plajiyoklaz, kuvars, ortoklaz, biyotit, amfibol ve opak minerallerden oluştuğı belirlenen granodiyorit kayacı holokristalin hipidiyomorfik dokuya sahiptir (Şekil 8.3c). Plajiyoklazlar dikdörtgen kristaller halinde olup zonlu yapıda görülmektedir. Yoğun killeşme nedeniyle tür tayini yapılamamıştır. Plajiyoklaz ve ortoklazlarda killeşme karbonatlaşma ve serizitleşme yaygındır (Şekil 8.3d, f). Kuvarslar özşekilli-yarı özşekilli kristaller olarak gözlenmektedir. Kayaç içerisindeki mafik bileşenler biyotit ve amfibol bileşimli olup yaygın olarak epidot ve klorite dönüşmüşlerdir (Şekil 8.3e).



Şekil 8.3: a) Arenalaşma gösteren granodiyorit bileşimli yan kayaç ve aplit daykları, b) Granodiyorit içerisinde görülen mafik bileşimli anklavlar, c) Holokristalin hipidiyomorfik dokunun mikroskop görüntüsü (ÇN), d) Killeşme, karbonatlaşma ve epidotlaşma türü bozunmaların mikroskop görüntüsü (ÇN), e) Epidotlaşmış yarı özşekilli amfibol (ÇN), f) Killeşme ve serizitleşme gösteren plajiyoklaz ve ortoklaz (ÇN) (Cb: Karbonat, Ep: Epidot, Pl: Plajiyoklaz, Qz: Kuvars).

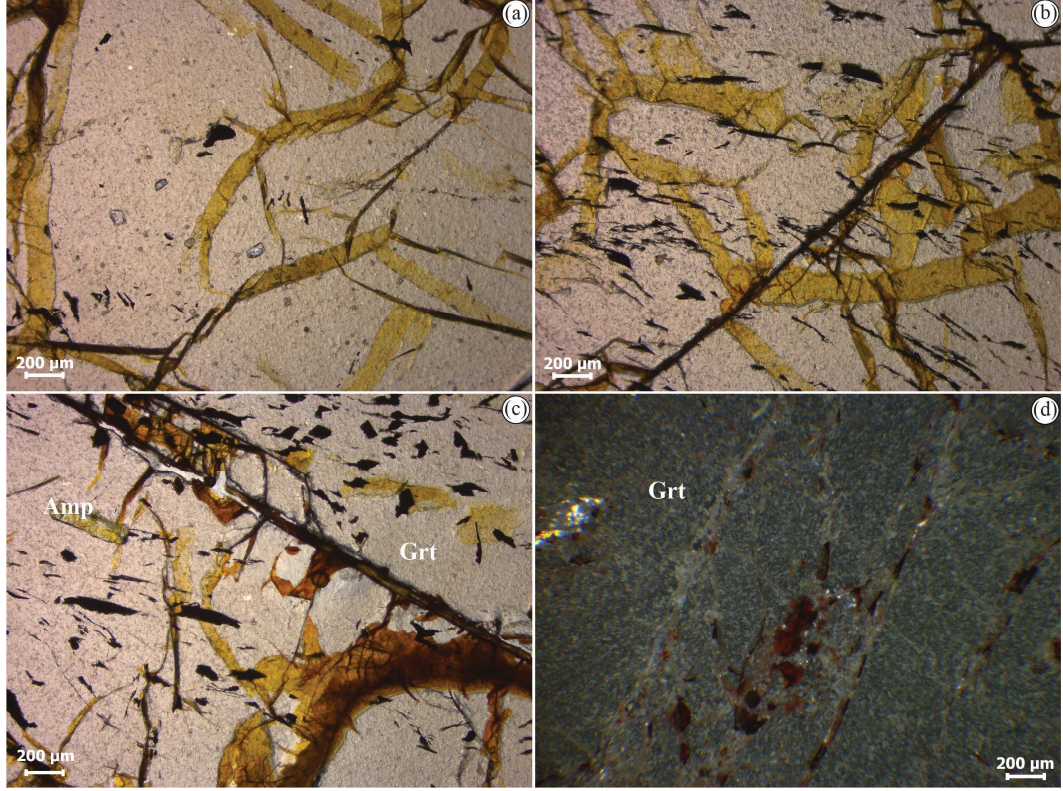
Çavuşlu lokasyonunda görülen granat kristalleri Polat granitoyidi ile mermer/kristalize kireçtaşı dokanaklarındaki skarn zonları içerisinde görülmektedir (Şekil 8.4a, b). Skarn zon içerisinde gelişmiş iri taneli Ca, Fe, Mg, Al silikat ve demir oksit mineralleri yaygın olarak görülmektedir (Şekil 8.4c, d). Çavuşlu granat kristalleri genellikle yarı özşekilli, dodekahedron kristal formunda olup boyutları 0.5-

3 cm arasında değişmektedir. Kahverengimsi sarımsı renklerde görülen granat kristalleri mat görünümde olup, kısmen camsı parlaklık göstermektedir (Şekil 8.4e, f).



Şekil 8.4: a) Çavuşlu granadioriti ile kristalize kireçtaşı arasındaki dokanak, b) Skarn zon boyunca görülen granat kristalleri, c) Skarn zonda görülen epidotlaşmış bloklar, d) Limonit ve manyetit bileşimli demir oksit mineralleri, e, f) Dodekahedron kristal formunda görülen yarıözşekilli granat kristalleri.

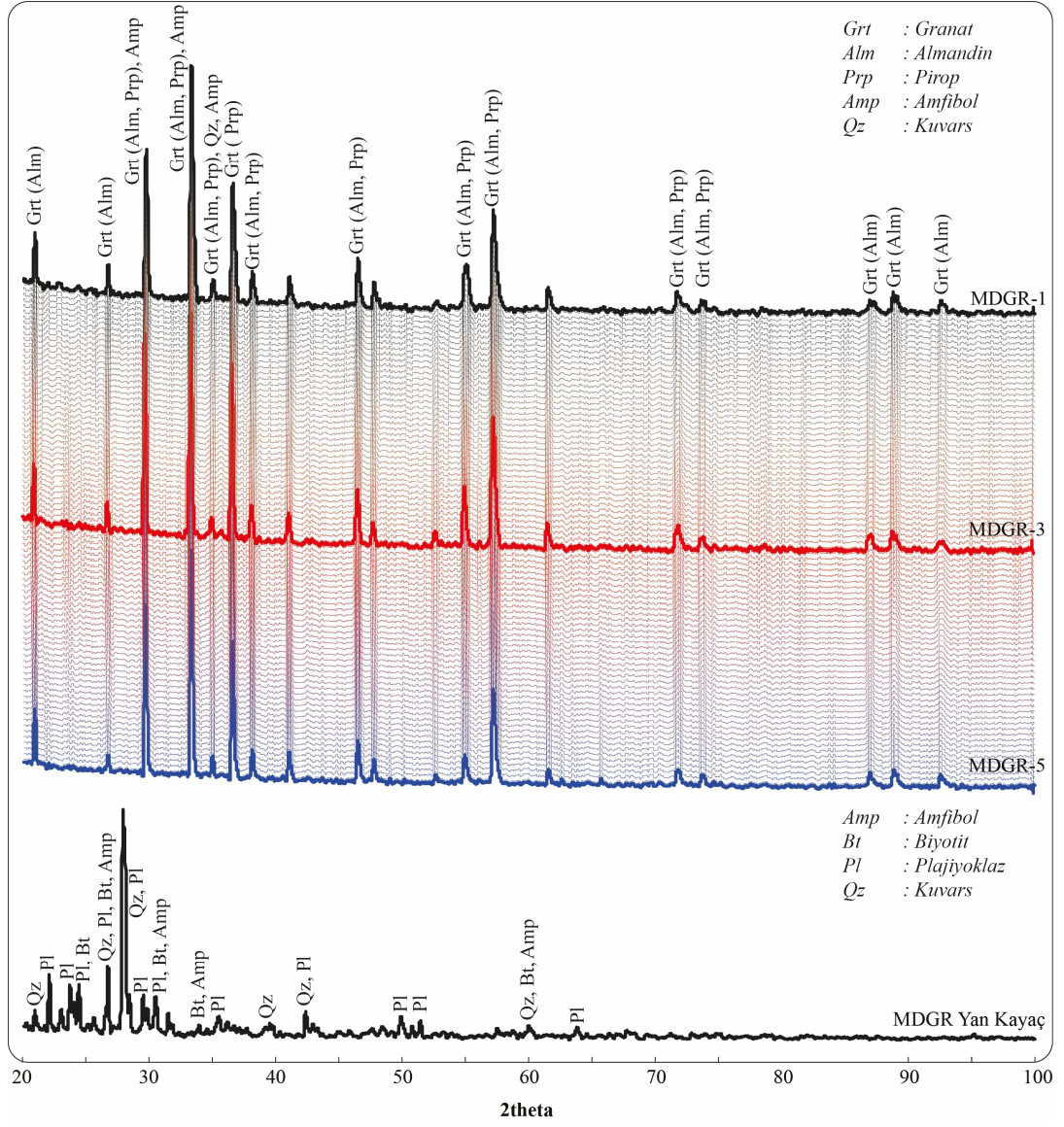
Mikroskop incelemelerinde Çavuşlu granat kristalleri oldukça kırıklı ve çatlaklı bir yapı göstermektedir (Şekil 8.5a, b). PN'de kırık ve çatlaklar boyunca demir oksitleşme görülmektedir. Zonlanma göstermeyen granat kristalleri Amfibol kapanımları ile birlikte bol miktarda ilmenit-manyetit türü opak mineral kapanımları içermektedir (Şekil 8.5c, d).



Şekil 8.5: Çavuşlu granat kristallerinde gözlenen **a, b** Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), **c, d** Amfibol ve opak mineral kapanımları ile kırık ve çatlaklar boyunca görülen demir kusmaları (Amp: Amfibol, Grt: Granat).

8.3 X Işınları Difraktometre İncelemeleri

Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, granodiyorit örneğinde plajiyoklaz, kuvars biyotit ve amfibol pikleri tespit edilmiştir. Arazide farklı noktalardan alınan granat kristallerinin XRD desenleri birbirine benzer olup, 2θ $15A^\circ$ 'dan itibaren düzenli ve belirgin mineral pikleri gösterdikleri belirlenmiştir. Çavuşlu granat kristallerinin toz XRD grafiklerinde ise almandin-pirop türü granat pikleri belirlenmiştir (Şekil 8.6).



Şekil 8.6: Çavuşlu granat kristalleri ve granodiyorit yan kayacının XRD grafikleri

Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2θ değerleri ile Çavuşlu granat kristallerine ait 2θ değerlerini karşılaştırdığımızda almandin-pirop türü granatlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 5.1).

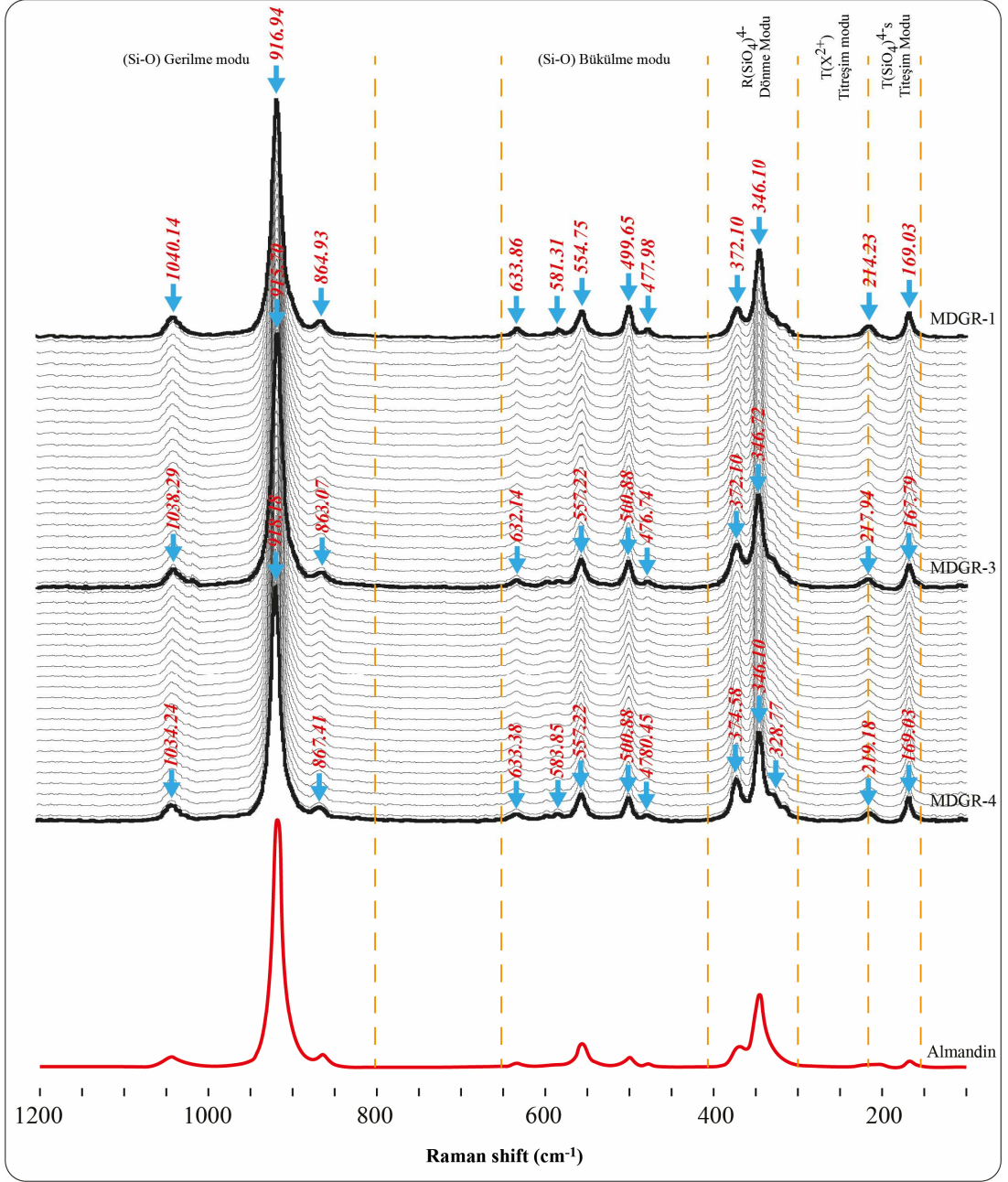
Tablo 8.1: Çavuşlu granat kristalleri ile granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması

Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Çavuşlu	
2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76	20.98	4.23
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11	29.67	3.01
				30.12	2.97						
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91	33.29	2.69
				33.78	2.65			34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			34.92	2.56
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46			36.55	2.45
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38		
				38.69	2.33			39.46	2.28		
39.96	2.26	39.83	2.26								
				41.69	2.17	40.97	2.20			41.01	2.20
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13		
				47.22	1.93					46.61	1.94
								48.16	1.89		
48.80	1.87	48.64	1.87								
				53.50	1.71						
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68	54.89	1.67
						57.14	1.61	57.01	1.62	57.18	1.61
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59						
								59.37	1.56		
73.65	1.29										
								74.66	1.27		
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10			88.83	1.10

*Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5'den alınmıştır.

8.1 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri

Çavuşlu granat kristalleri üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 12 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 915-918 ve 346 cm^{-1} 'de, orta şiddetli kayma pikleri 1034-1040, 554-557, 499-500, 372-374 ve 167-169 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 863-867, 632-633, 581-583, 476-478 ve 214-219 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 8.7 ve Tablo 8.2).



Şekil 8.7: Çavuşlu granat kristalleri ve almandin bileşimli granat üyesine ait Raman spektrumları (Almandin bileşimli granat uç üyesine ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).

Granat uç üyelerine ait KRS spektrum değerleri karşılaştırma amacıyla Tablo 8.2'de verilmiştir. Tablo 8.2'ye göre Çavuşlu granat kristallerine ait Raman kayma değerlerinin almandin bileşimli granat uç üyesiyle çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 8.7 ve Tablo 8.2).

Tablo 8.2: Çavuşlu granat kristallerinin Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Spesartin*	Çavuşlu
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	1062	1032	1007	1027	1034-1040
E_g	v_3	938	920	904	913	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	899	892	850	878	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_3	866	862	826	849	863-867
A_{1g}	v_1	925	910	881	905	915-918
E_g	v_1	911	910	852	892	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	648	628	629	628	632-633
E_g	v_4	626	593	590	592	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	598	576	577	573	581-583
$T_{2g}+T_{1u}$	v_4	510	498	509	499	499-500
A_{1g}	v_2	562	553	549	550	554-557
E_g	v_2	524	521	526	521	
$T_{2g}+T_{1u}$	v_2	490	474	478	472	476-478
E_g	v_2	439	421	416	410	
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	379	355	383	350	
E_g	$R(SiO_4)$	365	368	369	372	372-374
A_{1g}	$R(SiO_4)$	362	347	374	347	346
$T_{2g}+T_{1u}$	$R(SiO_4)$	350	312	349	314	
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	272	212	246	220	214-219
$T_{2g}+T_{1u}$	$T(M)$	208	166	178	173	167-169

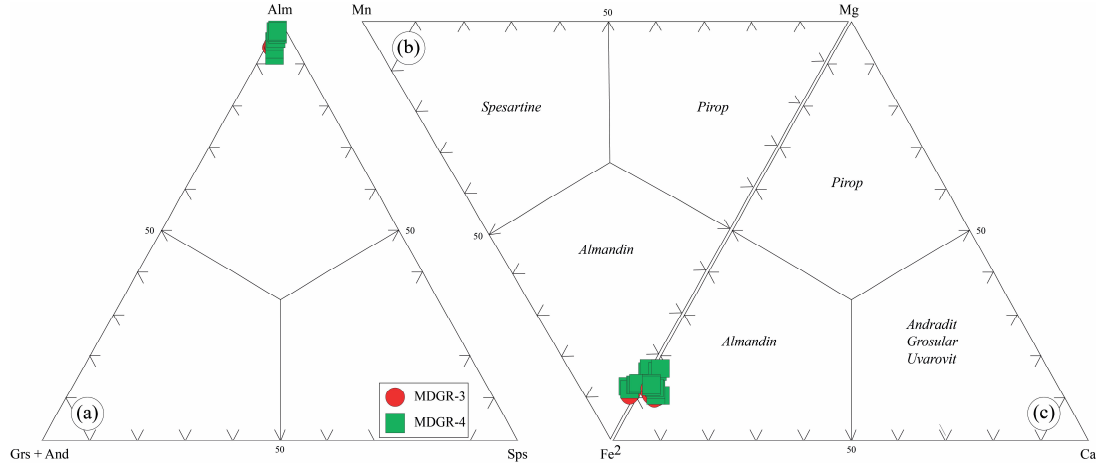
* Granat uç üyelerine ait Raman kayma değerleri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998' den alınmıştır.

8.2 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

Çavuşlu granat kristallerinden hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 26 noktadan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 98-102 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-H'de verilmiştir.

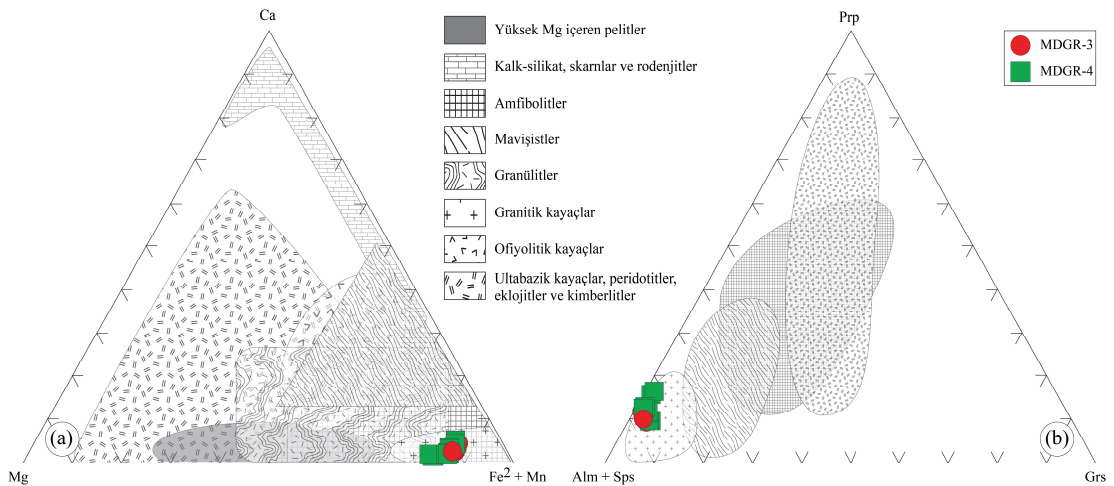
Çavuşlu granat kristallerinin Si içerikleri 6.02 ile 6.15 a.p.f.u arasında değişirken, Al^{VI} 4.02-4.31, Fe^{+2} 4.07-5.68, Mg 0.54-0.95, Mn 0.01-0.07 ve Ca 0.09-0.28 arasında değişim göstermektedir. Granat kristallerinin $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ oranları 0.83-0.90, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları 0.10-0.17 arasında değişmektedir. Mineral kimyası sonuçlarına göre Çavuşlu granat kristallerinin kimyasal bileşimleri $Alm_{0.82-0.86}Prp_{0.09-0.17}Grs_{0.01-0.05}Sps_{0.00-0.05}$ olarak hesaplanmış olup, örneklerin Wright (1938) tarafından granat uç üye bileşimlerine dayanan üçgen diyagramında almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 8.8a).

Grews ve diğ. (2013) tarafından katyon analiz sonuçlarına dayanan sınıflandırma diyagramlarında (Mg-Fe⁺²-Ca) ve (Mg-Mn-Fe⁺²) granat kristallerinin almandin bölgesine konumlandığı görülmektedir (Şekil 8.8b, c).



Şekil 8.8: Çavuşlu granat porfiroblastlarının **a)** Almandin-(Grosular+Andradit)-Spesartin uç üye bileşimine dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), **b)** (Mg-Fe⁺²-Ca), **c)** (Mg-Mn-Fe⁺²) katyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, Fe⁺²+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında Çavuşlu granat kristallerinin skarn zonu alanına düştüğü, metasomatizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 8.9a, b).



Şekil 8.9: **a)** Ca-Mg-(Fe⁺²+Mn) katyon **b)** Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

8.3 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Çavuşlu granat kristallerinin tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 8.3’de verilmiştir. Genel olarak granat kristallerinin Al_2O_3 içeriği %1.56-2.30 arasında değişirken, SiO_2 %36.33-36.78, MgO %0.14-0.18, Fe_2O_3 %27.71-28.86, TiO_2 %0.02-0.04, CaO %31.75-32.27, Na_2O %0.01, K_2O % 0.01, P_2O_5 %0.01, MnO %0.20-0.23 ve kızdırma kaybı (LOI) % 0.9-1.1 arasında değişmektedir.

Çavuşlu granat kristallerinin Cr içerikleri 13.7-20.5 ppm iken, Co 42.6-71.9 ppm, Cu 1.5-3.1 ppm, V <8-12 ppm, Ni 44-57 ppm, U 8.3-14.3 ppm, Pb 4.8-6.4 ppm, Zr 6.9-71.8 ppm, Sr 2.3-2.8 ppm, Nb 1.1-1.6 ppm, Y 1.3-3 ppm, La 9.3-12.2 ppm, Ce 20.8-26.8 ppm ve Th 0.5-1.0 ppm arasındadır (Tablo 8.3).

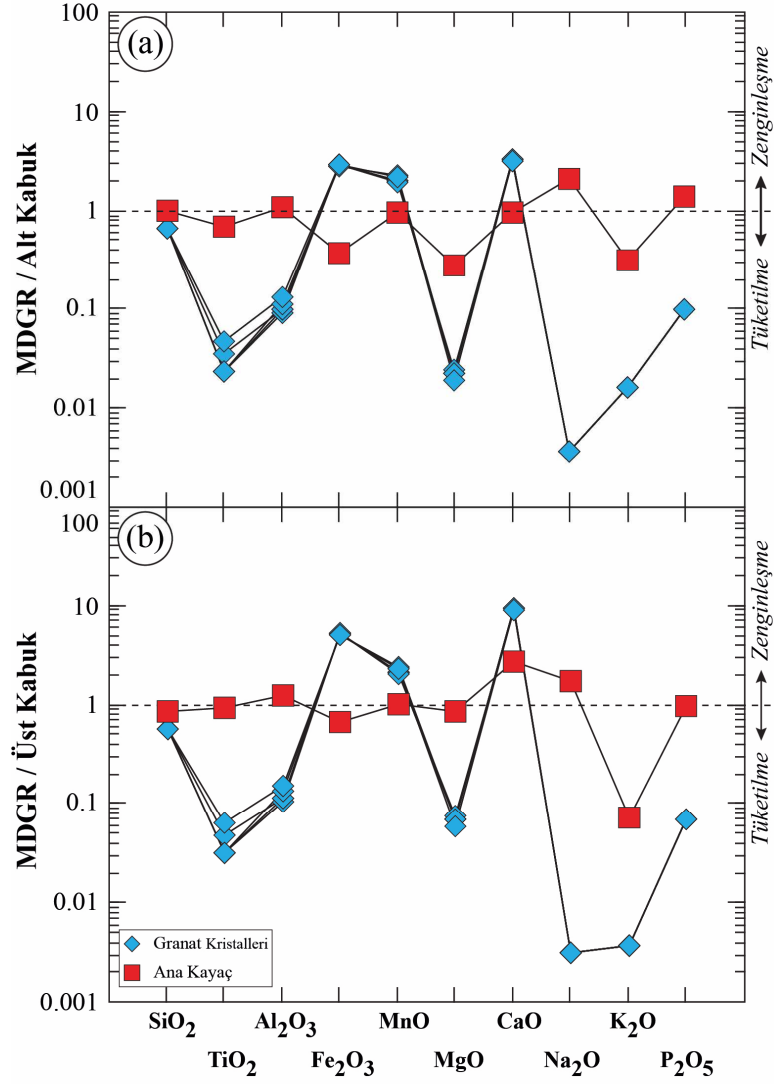
Çavuşlu granat kristalleri ve granodiyorit yan kayacının AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında ana oksit elementleri bakımından kendi içlerinde benzer dağılım desenleri gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 8.10a, b). AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramlarında Çavuşlu granat kristallerinin granodiyorit bileşimli yan kayaca göre Fe_2O_3 , MnO ve CaO elementleri bakımından zenginleştiği TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından da tüketildiği görülmüştür (Şekil 8.10a, b). Bununla birlikte granodiyorit bileşimli yan kayacın ana oksit elementleri bakımından ÜKK’ya benzer bileşime sahiptir.

İz element içeriklerine göre AKK, ÜKK ve PM’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında Çavuşlu granat kristalleri ile granodiyorit yan kayacının farklı dağılım desenleri gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 8.11a, b, c). AKK, ÜKK ve PM’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında granodiyorit yan kayacının Cs, Rb, Ba, K, U, P ve Pb elementleri bakımından belirgin anomaliler gösterdiği, ÜKK bileşimine benzer bir bileşime sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 8.11b). AKK’ye göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramlarında granodiyorit yan kayacının Cs, Rb, Ba, K, Ti ve Pb içerikleri bakımından belirgin tüketilmeler, Th, U ve P içerikleri bakımından belirgin zenginleşmeler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 8.11a).

Tablo 8.3: Çavuşlu granat kristalleri ve yan kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

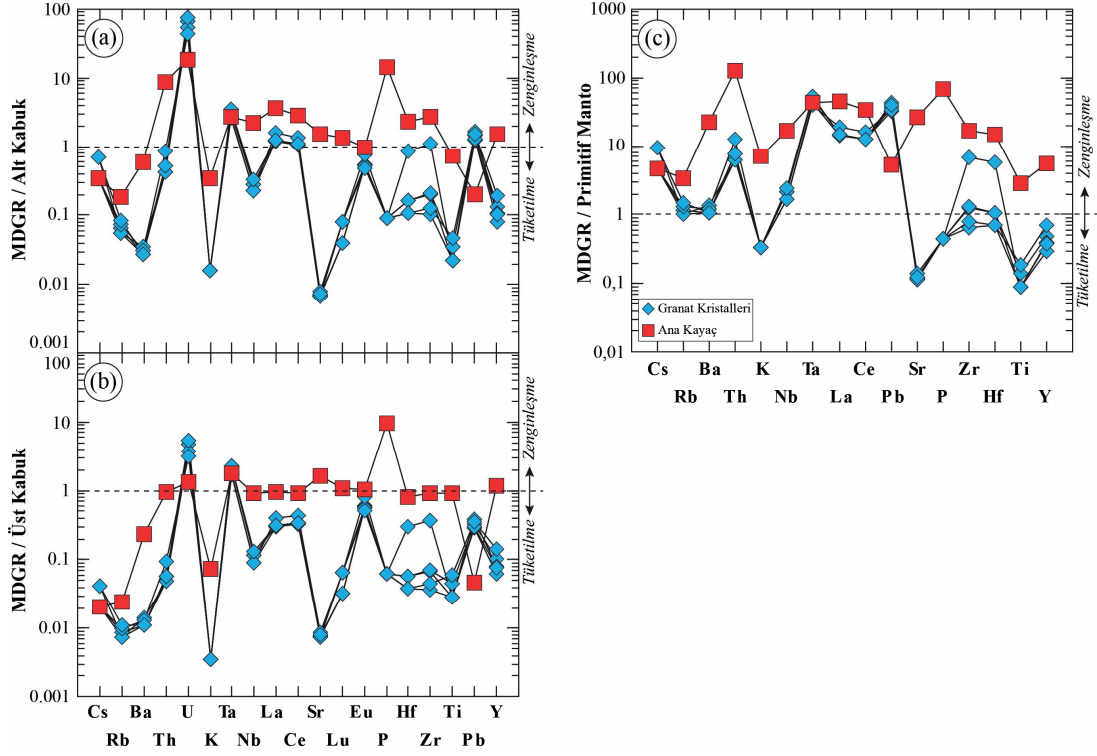
Element/Örnek		Granat Kristalleri					Yan Kayac
		MDGR-1	MDGR-2	MDGR-3	MDGR-4	MDGR-5	MDGR-YK
SiO ₂	%	36.34	36.47	36.33	36.78	36.39	54.58
Al ₂ O ₃	%	1.56	1.71	1.70	1.99	2.30	18.66
Fe ₂ O ₃	%	28.86	28.61	28.69	27.71	28.03	3.64
MgO	%	0.17	0.17	0.18	0.17	0.14	2.05
CaO	%	32.27	32.10	31.80	32.14	31.75	9.55
Na ₂ O	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	5.60
K ₂ O	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.20
TiO ₂	%	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.58
P ₂ O ₅	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.14
MnO	%	0.21	0.21	0.20	0.23	0.22	0.10
LOI	%	0.4	0.6	1.0	0.9	1.0	4.7
Toplam	%	99.88	99.89	99.90	99.91	99.88	99.82
Cr	ppm	<14	<14	<14	<14	20.5	27.0
Ba	ppm	7.0	7.0	9.0	8.0	7.0	147.0
Ni	ppm	53.0	46.0	45.0	44.0	57.0	34.0
Sc	ppm	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	10.0
Co	ppm	71.9	63.3	60.0	42.6	67.4	33.4
Cs	ppm	0.1	<0.1	0.2	0.1	0.2	<0.1
Ga	ppm	8.2	8.4	8.1	7.4	7.7	16.1
Hf	ppm	0.3	0.3	1.6	0.2	0.2	4.2
Nb	ppm	1.4	1.4	1.1	1.1	1.6	10.9
Rb	ppm	0.6	0.7	0.6	0.8	0.9	2.0
Sn	ppm	2.0	2.0	2.0	<1	2.0	<1
Sr	ppm	2.4	2.3	2.3	2.8	2.5	522.0
Ta	ppm	2.0	1.9	1.6	1.5	2.0	1.6
Th	ppm	0.6	0.5	0.5	1.0	0.6	10.0
U	ppm	14.3	12.6	10.1	8.3	14.2	3.5
V	ppm	<8	<8	<8	<8	12.0	81.0
Zr	ppm	13.3	13.8	71.8	6.9	8.5	177.2
Y	ppm	1.3	2.1	1.7	1.6	3.0	24.1
Mo	ppm	3.2	3.3	2.7	3.9	3.2	0.2
Cu	ppm	2.1	2.6	3.1	1.5	2.5	1.1
Pb	ppm	4.8	5.6	6.4	5.0	5.9	0.8
Zn	ppm	11.0	10.0	12.0	8.0	9.0	16.0
As	ppm	34.0	30.1	29.8	29.2	31.4	0.8
Cd	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
La	ppm	9.6	9.8	9.3	12.2	9.7	28.8
Ce	ppm	21.4	21.4	20.8	26.8	21.0	56.1
Pr	ppm	1.8	1.9	2.0	2.3	1.9	6.5
Nd	ppm	3.8	4.9	5.2	5.8	4.9	23.4
Sm	ppm	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	4.3
Eu	ppm	0.6	0.6	0.6	0.5	0.8	1.0
Gd	ppm	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	4.4
Tb	ppm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7
Dy	ppm	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	3.9
Ho	ppm	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8
Er	ppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	2.3
Tm	ppm	<0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Yb	ppm	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	2.2
Lu	ppm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
(La/Sm) _N		15.91	14.02	11.95	13.48	9.85	4.24
(Sm/Yb) _N		4.53	4.72	5.25	4.07	3.17	2.10
(Eu/Eu*) _N		5.44	4.65	4.14	3.03	4.33	0.73
(Y/Ho) _N		1.51	1.83	1.48	1.11	2.09	1.10

Eu* = (Sm+Gd)/2



Şekil 8.10: Çavuşlu granat kristalleri ve granodiyorit yan kayacının ana oksit elementlerinin **a)** AKK **b)** ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

ÜKK'ye normalize edilmiş değişim diyagramında Cs, Rb, Ba, K, P ve Pb haricindeki element içerikleri bakımından ÜKK ile benzer bileşimde olduğu görülmektedir (Şekil 8.11b). PM'ye normalize edilmiş değişim diyagramında granodiyorit yan kayacı K, Sr, P, Ti ve Y elementleri bakımından belirgin tüketilmeler, Cs, Th, Nb, Ta, La, Ce ve Pb elementleri bakımından belirgin zenginleşmeler göstermektedir (Şekil 8.11c). Özellikle Cs, Ba, Rb, Nb ve P elementlerindeki anomalilerin varlığı grandiyorit yan kayacının aktif kıta kenarı magmatizmasıyla ilişkili olabileceğine işaret etmektedir (Wilson 1989).

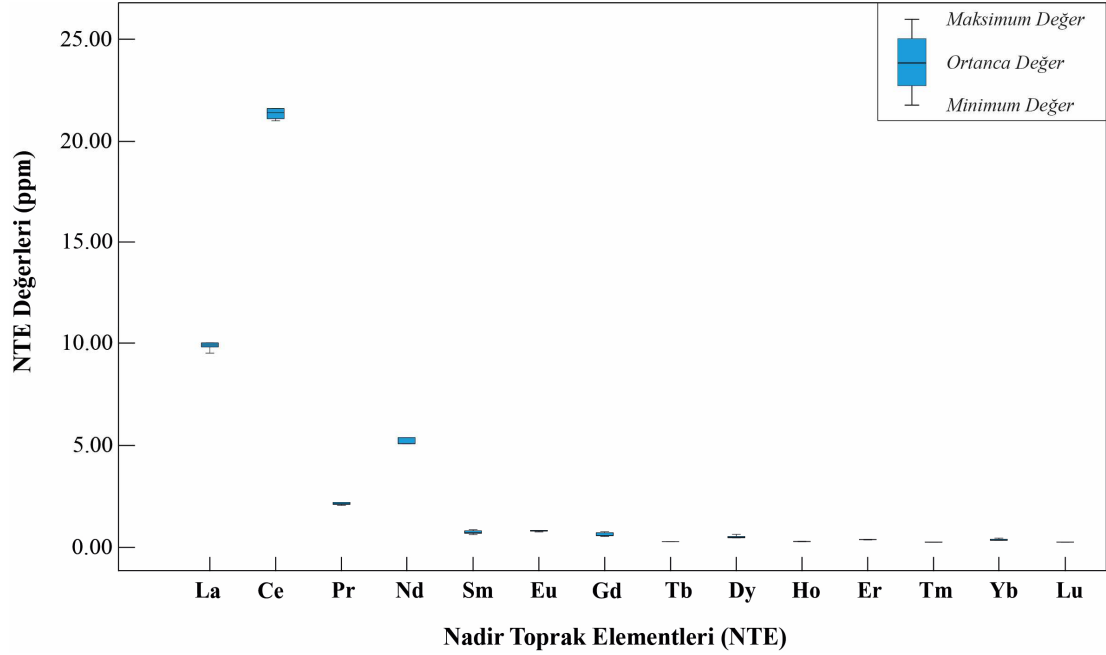


Şekil 8.11: Çavuşlu granat kristalleri ve granodiyorit yan kayacının a) AKK b) ÜKK c) PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Çavuşlu granat kristalleri AKK'ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında U ve Ta içerikleri bakımından belirgin, La, Ce, Zr ve Pb içerikleri bakımından hafif zenginleşmeler ile Rb, Ba, K, Nb, Sr, Lu Pb, Hf, Zr, Ti ve Y içerikleri bakımından belirgin, Cs, Th ve Eu içerikleri bakımından hafif tüketilmeler göstermektedirler (Şekil 8.11a). ÜKK'ye göre normalize edilmiş çoklu iz element değişim diyagramında Çavuşlu granat kristalleri U ve Ta elementleri haricinde diğer tüm elementler (Cs, Rb, Ba, Th, K, Nb, La, Ce, Sr, Lu, Eu, Pb, Hf, Zr, Ti, Pb ve Y) bakımından belirgin tüketilmeler göstermektedir (Şekil 8.11b). Çavuşlu granat kristallerinin K, Sr, P, Ti ve Y içeriklerinin PM değerlerine göre belirgin şekilde tüketilmiş oldukları görülmektedir (Şekil 8.11c). Granat kristallerinin iz element içeriklerinde görülen bu tür değişkenliklerin granit-kireçtaşı dokanağında meydana gelen metasomatizma olayları ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir.

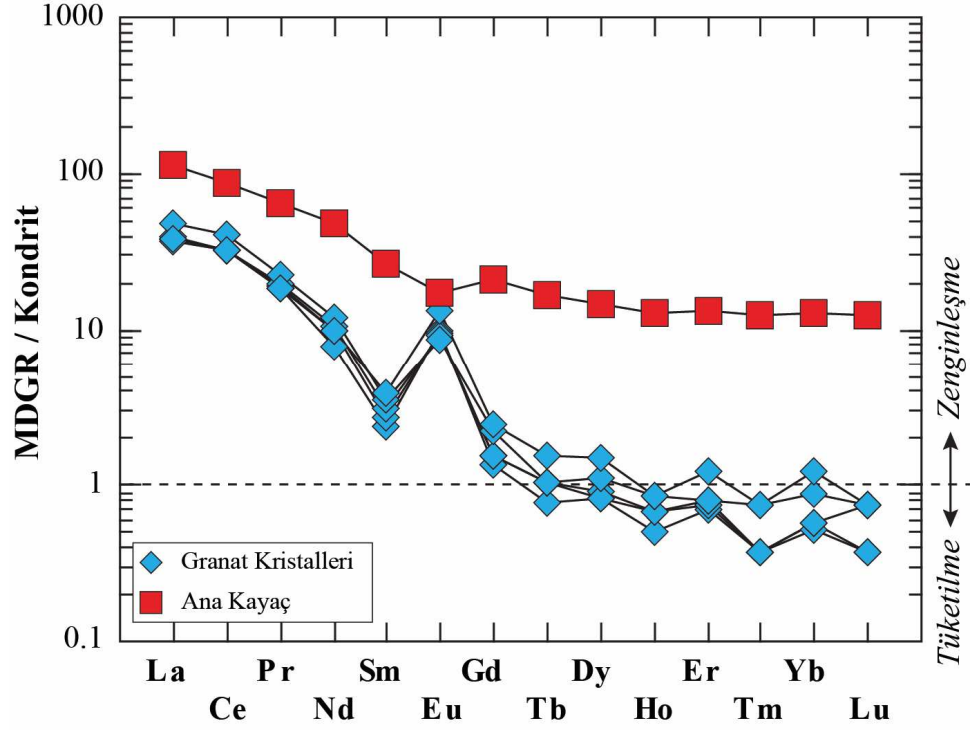
Çavuşlu granat kristallerinin NTE değerlerine bakıldığında; La içerikleri 9.3 ile 12.2 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 20.8 ile 26.8 ppm, Pr içerikleri 1.8 ile 2.3 ppm, Nd içerikleri 3.8 ile 5.8 ppm, Sm içerikleri 0.4 ile 0.6 ppm, Eu içerikleri 0.5 ile 0.8 ppm, Gd içerikleri 0.3 ile 0.5 ppm, Tb içerikleri 0.0 ile 0.2 ppm, Dy içerikleri

0.2 ile 0.4 ppm, Ho içerikleri 0.0 ile 0.1 ppm, Er içerikleri 0.1 ile 0.2 ppm, Tm içerikleri 0.0 ppm, Yb içerikleri 0.1 ile 0.2 ppm ve Lu içerikleri 0.0 ppm arasında değişmektedir (Tablo 8.3). Çavuşlu granat kristallerinin La, Ce ve Nd haricindeki diğer nadir toprak elementleri bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir (Şekil 8.12).



Şekil 8.12: Çavuşlu granat kristallerinin NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramında Çavuşlu granat kristallerinin LREE bakımından HREE'ye göre zenginleşme gösterdiği görülmektedir (Şekil 8.13). Buna göre Çavuşlu kristallerinin toplam NTE içerikleri 38.38 ile 49.31 (ppm) arasında değişirken, (La/Sm)_N içerikleri 9.85 ile 15.91 (ppm) arasında, (Sm/Yb)_N içerikleri 3.17 ile 5.25 (ppm) arasında, (Y/Ho)_N içerikleri 1.11 ile 2.09 arasında ve (Eu/Eu*)_N içerikleri 3.03 ile 5.44 arasında değişmektedir (Tablo 8.3). Granodiyorit yan kayacının granat kristallerine göre HREE ve LREE bakımından zenginleşme gösterdiği, granat kristallerinin sadece LREE bakımından zenginleşme gösterdiği ve yan kayacın belirgin bir negatif Eu anomalisi gösterirken granat kristallerinin belirgin bir pozitif bir Eu anomalisi gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 8.13).



Şekil 8.13: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE içerikleri çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

8.3.1 Sıcaklık Hesaplamaları (Jeotermometre)

Çavuşlu granat kristallerinin yan kayacı olan granodiyorit bileşimli kayacın Zr içeriği 193.9 ppm olup yapılan zirkon doygunluk sıcaklık hesaplamalarına göre granodiyorit yan kayacının Zr doygunluk sıcaklığının 706 °C, apatit doygunluk sıcaklığının ise 752 °C olduğu belirlenmiştir (Tablo 8.4). Bu değerlere göre Çavuşlu granat kristallerinin belirtilen sıcaklık aralığında oluşmuş olduğu düşünülmektedir.

Tablo 8.4: Zirkon ve apatit doygunluk sıcaklıklarına göre hesaplanan Çavuşlu granat kristallerinin oluşum sıcaklıkları.

Çavuşlu	Zr (ppm)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO
		177.2	54.58	0.58	18.66	3.64	0.10
Granodiyorit	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	A/CNK	Zirkon °C	Apatit °C
	9.55	5.60	0.20	0.14	0.70	706	752

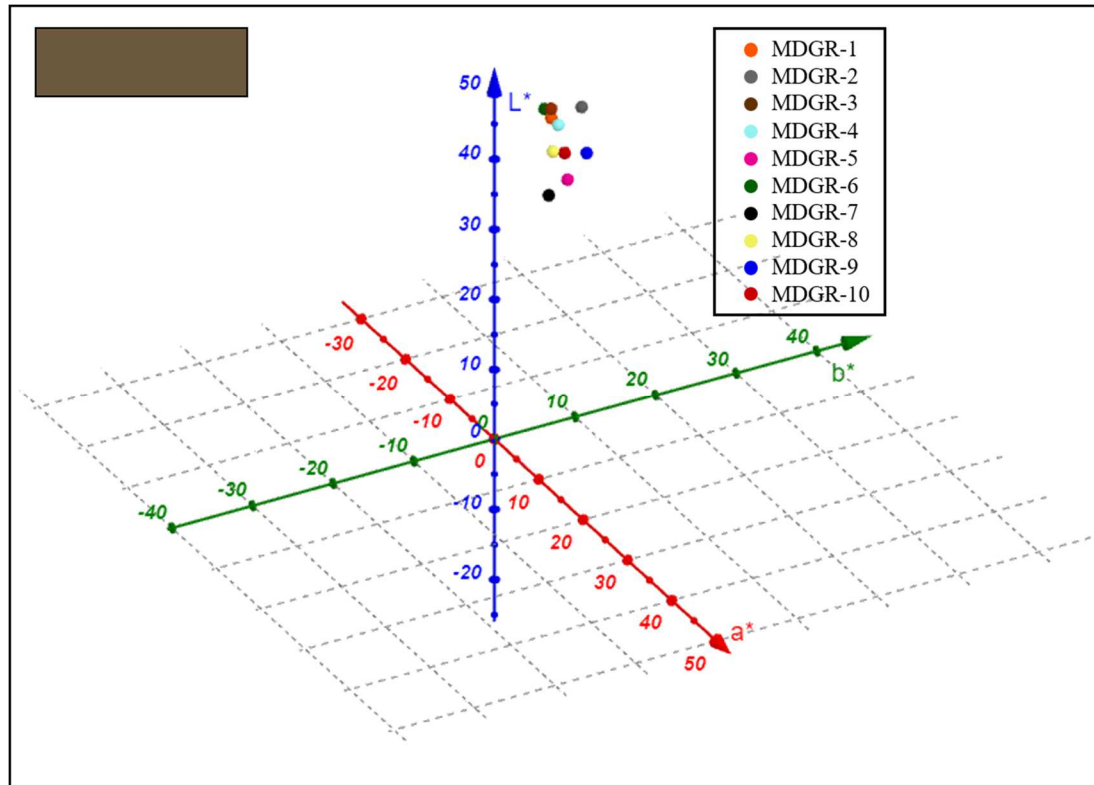
8.4 Gemolojik Değerlendirmeler

8.4.1 Renk Ölçümleri

Çavuşlu granat kristallerinin renk ölçümleri $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre yapılmıştır ve renk ortalaması 42.07:2.60:6.80 (kahverengi) olarak belirlenmiştir (Tablo 8.5 ve Şekil 8.14).

Tablo 8.5: Çavuşlu granat kristallerinin $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L^*	40.87	45.73	40.65	36.38	34.4	45.38	46.51	45.03	45.09	40.65	42.07
a^*	3.67	0.72	4.54	2.9	2.25	1.83	2.07	1.87	3.63	2.53	2.6
b^*	6.7	5.84	8.95	7.48	5.51	9.82	5.89	6.03	5.92	5.88	6.8



Şekil 8.14: Çavuşlu granatlarının $L^*:a^*:b^*$ renk dağılım diyagramı.

8.4.2 Gemolojik Testler

Çavuşlu granat kristallerinin gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıkları 3.54-3.79 arasında ve kırılma indisleri de 1.80-1.81 arasında değişmektedir. Granat kristallerinin optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde yeşil bant aralığında 515 nm de güçlü ve mavi bant aralığında da 450 nm de zayıf çizgiler gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca incelenen granat kristalleri güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Testler sonucu elde edilen veriler dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türleri ile karşılaştırılmış olup özellikle kırılma indisi ve optik absorpsiyon özellikleri bakımında almandin türü granatlarla benzerlik göstermektedir (Tablo 8.6)

Çavuşlu granat kristallerinin çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında ise bazen camsı parlaklık gösterdiği bazen de mat olduğu, kısmen yarı-saydam olduğu ve dodekahedron kristal formuna sahip olduğu belirlenmiştir. Çavuşlu granat kristalleri kaboşon işleme teknikleri ile işlenerek ve takıya dönüştürülmüştür (Şekil 8.15). İşlenen granat kristalleri her ne kadar parlaklık olsa da çok çatlaklı ve boşluklu olmasından dolayı üretilen takılarda gerekli albenilik sağlanamamıştır. İncelemeler sonucunda Çavuşlu granat kristallerinin değerli-yarı değerli süs taşı özelliği taşımadığı anlaşılmıştır.



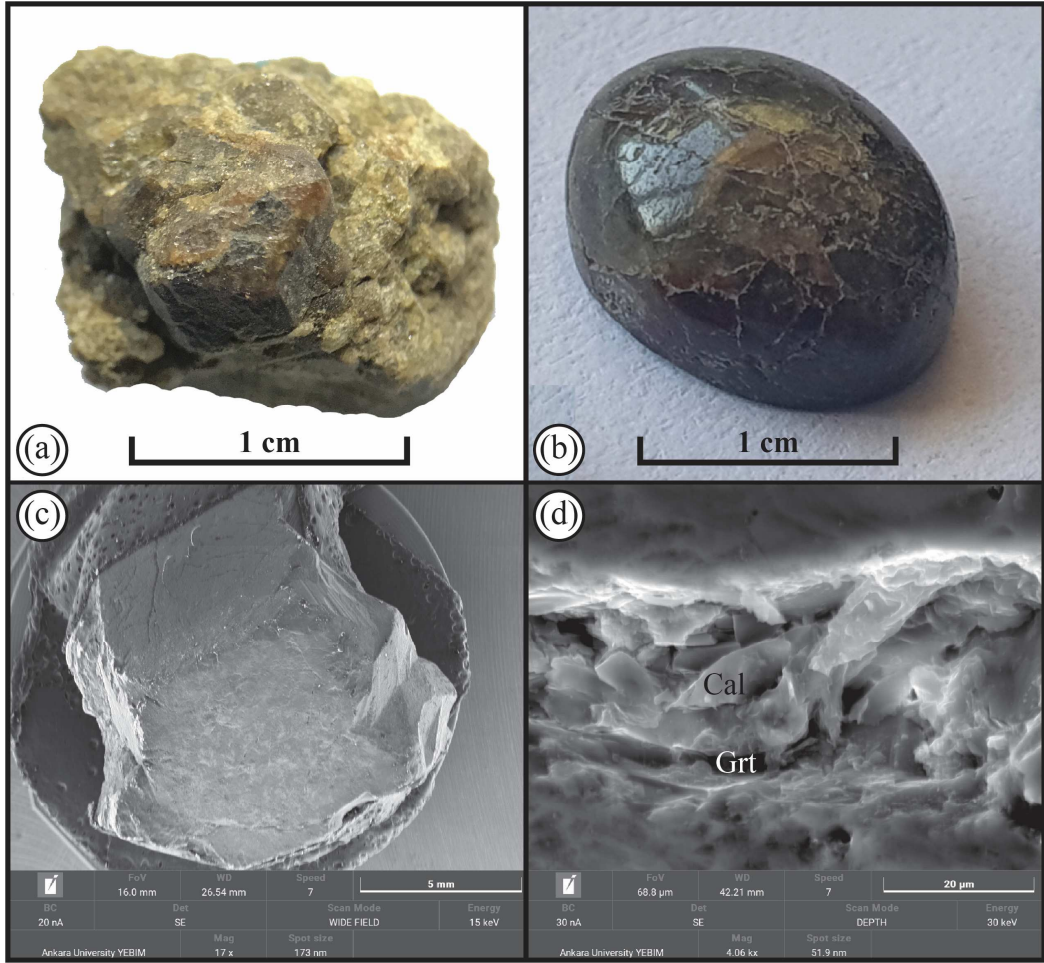
Şekil 8.15: Gümüş kullanılarak takıya dönüştürülmüş Çavuşlu granat kristalleri.

Tablo 8.6: Çavuşlu granat kristalleri ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Çavuşlu Granatları	3.54-3.79	1.80-1.81	Camsı-mat kahverengi	Yeşil: 515 nm (güçlü) Mavi: 450 nm (zayıf)

8.4.3 Granat Kristallerinin Yüzey Morfoloji İncelemeleri

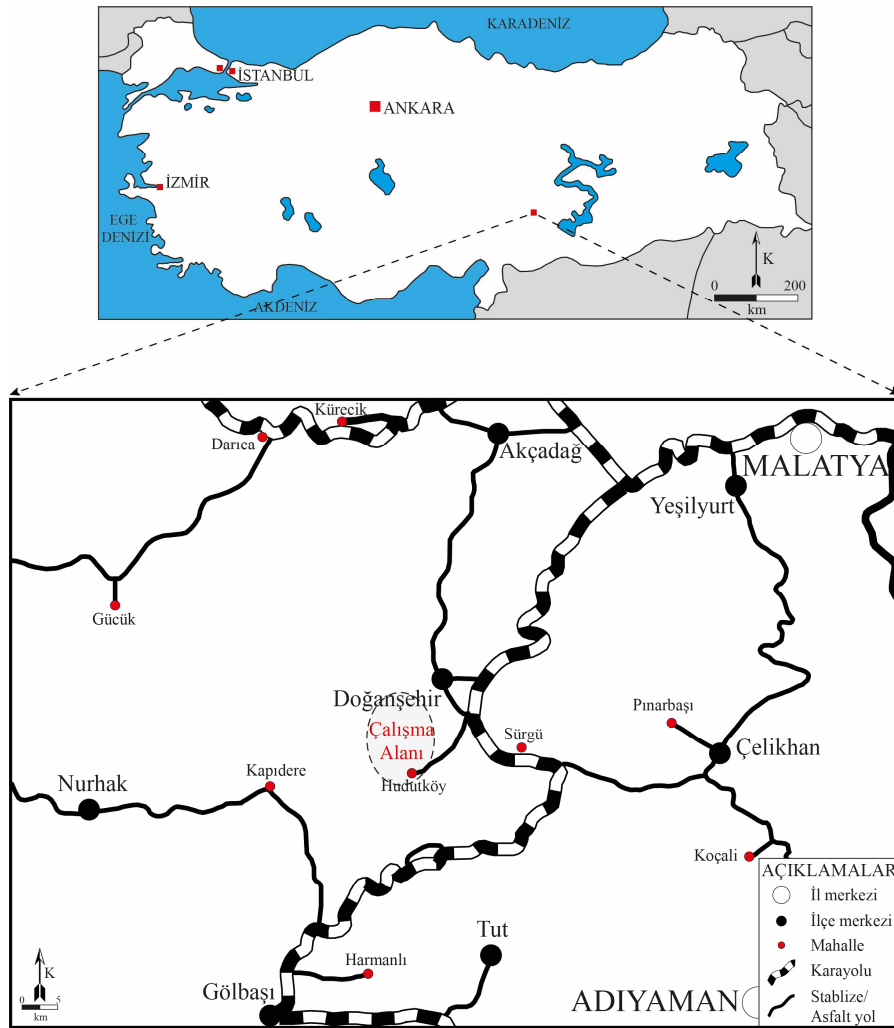
Dodekahedron formunda yarı özşekilli-özşekilsiz kristallere sahip olan Çavuşlu granat kristalleri işlendiği zaman kırıklı-çatlaklı ve parlak bir yüzey göstermektedir (Şekil 8.16a, b). Geniş açı SEM görüntülerinde kırıklı, çatlaklı ve bozulmuş bir yapı görülmektedir (Şekil 8.16c). Kristallere derinlemesine bakıldığı zaman ise metasomatik süreçler sırasında kimyasal reaksiyonlar nedeniyle bozulmalar olmuştur (Şekil 8.16d). Ayrıca bu reaksiyonlar sırasındaki element değişimleri nedeniyle kırık ve çatlaklar içerisinde ikincil kalsit oluşumları görülmektedir. Kristal yapıda meydana gelen bu bozulmalar sonucunda ise Çavuşlu granat kristallerinin her ne kadar cila olsa da işlendikçe içyapısından kaynaklanan boşlukların ortaya çıkması ve yüzey porozitesinin fazla olmasından dolayı değerli ve yarı değerli süs taşı olarak değerlendirilemeyeceği düşünülmektedir.



Şekil 8.16: Çavuşlu granat kristallerinin a) işlenmemiş, b) işlenmiş el örnekleri görünümleri ile c, d) SEM görüntüleri (Cal: Kalsit, Grt: Granat).

9. HUDUTKÖY (DOĞANŞEHİR-MALATYA) LOKASYONU

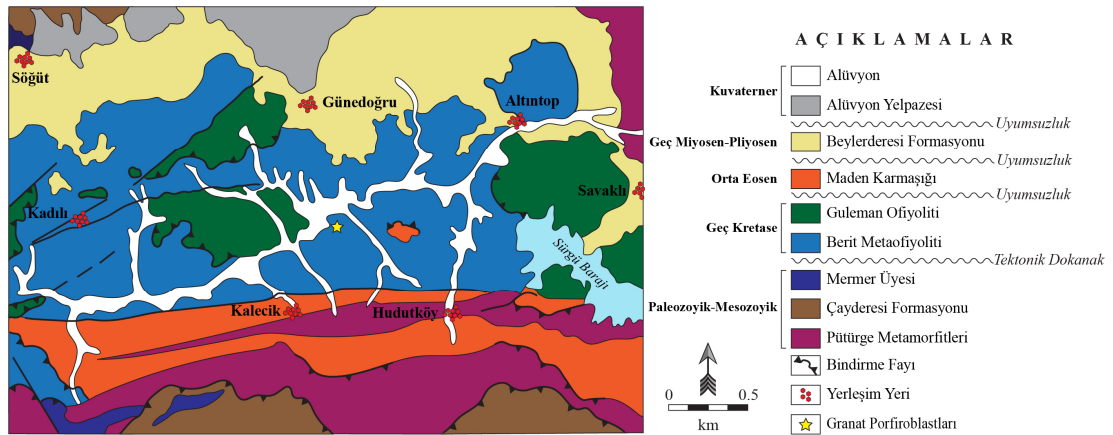
Doğanşehir (Malatya) ilçe merkezinin 8 km güneybatısında Hudutköy mahallesini kapsayan inceleme alanı 1/25000 ölçekli L39c4 paftasında yer almaktadır (Şekil 9.1). Morfolojik olarak kısmen düz bir topografyaya sahip olan inceleme alanında volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaç toplulukları bulunmaktadır. Granat oluşumları inceleme alanındaki metamorfik birimler içerisindeki amfibolitlerde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir.



Şekil 9.1: Hudutköy granatlı amfibolitlerin yerbulduru haritası.

9.1 Jeolojik Yapı

Hudutköy, Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağı içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanında Neotetis okyanusunun güney kolunun Üst Kretase-Alt Miyosen arası dönemde kapanması ve kuzeydeki allohton birimlerin güneydeki Arap platformu üzerine itilmesinin bir sonucu olarak çok sayıda naplı ve bindirmeli yapı görülmektedir. Hudutköy ve çevresindeki jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Pütürge Metamorfileri, Geç Kretase yaşlı Berit Metaofiyoliti ve Gulemen Ofiyoliti, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Beylerderesi Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyon/alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşmaktadır (Şekil 9.2).



Şekil 9.2: Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA 1/100000 ölçekli L39 paftasından alınmıştır).

Bölgenin temel kayaçlarını oluşturan Paleozoyik yaşlı Pütürge Metamorfileri tabanda gözlü gnays, biyotitlişist, amfibolitlişist ardanması, granatlı mikaşist ve granitik gnaylardan oluşurken üst seviyelere muskovitlişist, stavrolitli muskovit, kuvarslişist, granatlı mikaşist ve kalkışist-mermerlerden oluşmaktadır. Pütürge Metamorfileri içerisinde tanımlanan Çayderesi formasyonu genel olarak sarp ve kayalık morfolojisiyle karakteristiktir. Başlıca kristalize kireçtaşı ve şistlerin arasında mercekler halinde ayırtlanabilen mermer, manganlı mermer, mikrokristalize az dolomitik mermer ile metakarbonatlardan oluşmaktadır. Kristalize kireçtaşları, siyah, koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı, kırılğan, sık çatlaklı

ve eklemlidir (Perinçek 1979; Erdem 1994; Bedi ve diğ. 2017). Geç Kretase yaşlı Guleman Ofiyoliti; başlıca dünit ve kromitit içeren harzburjitlerden oluşan tektonitler ile dünit, verlit, klinopiroksenit, gabrolardan oluşan kümülatlar ve tüm bu birimleri kesen diyabaz daykları, levha dayk karmaşığı ve bazik volkanik kayalardan oluşmaktadır. Berit Metaofiyoliti metaharzburjit, metadunit (kromitçe zengin), granulit, granat-amfibolit, amfibolit, plajiyoklaz-amfibol şist, metagabro ve metavolkanik kayalardan oluşmaktadır. Bu haliyle birim Guleman ofiyolitin metamorfizma geçirmiş kısımlarını içermektedir (Özkan 1983; Genç ve diğ. 1993; Parlak ve diğ. 2009; Karaoğlan ve diğ. 2013; Velioğlu 2017). Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı tabanda ofiyolit türümlü taban çakıltaşlarıyla başlar. Üste doğru kumtaşı, yer yer silisleşmiş kırmızıkahve-gri renkli kumtaşı-çamurtaşı-marn araldanmasına geçiş gösterir. Kırıntılı birimler üzerine Nummulit fosilli, gri renkli neritik, mikritik kireçtaşları gelmektedir. İstif kırmızı-pembe pelajik kireçtaşlarıyla son bulmaktadır. Sedimanter birimlerle yanal ve düşey geçişli ve ara katkılar halinde gözlenen andezitik, bazaltik volkanitlerde görülmektedir (Yiğitbaş ve diğ. 1993; Kaya 2004; Bedi ve Yusufoglu 2018). Beylerderesi formasyonu konglomera, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmakta olup, yer yer linyit oluşumları içermektedir (Önal 1997; Ercan 2011). Türkiyenin tektonik açıdan oldukça hareketli olan çalışma alanındaki jeolojik birimler arasındaki dokanaklar çoğunlukla tektoniktir.

9.2 Optik Mikroskop İncelemeleri

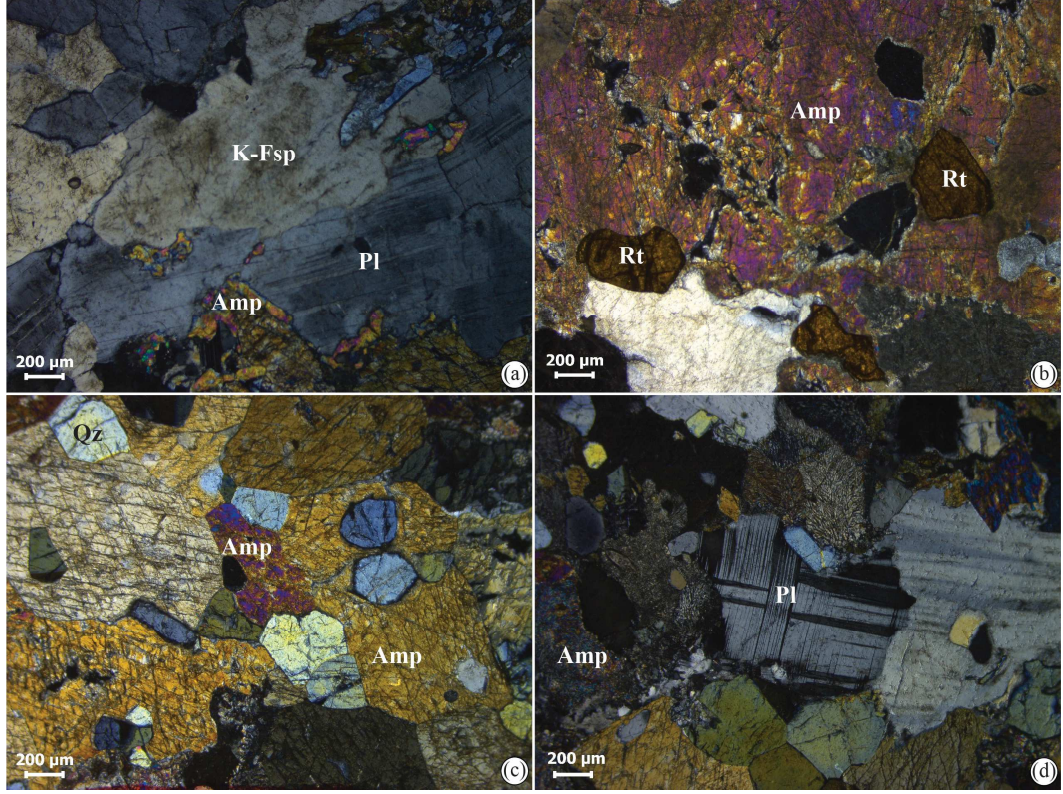
Hudutköy lokasyonundaki granatlar Berit Metaofiyoliti içerisindeki amfibolitler içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülmektedir. El örneklerinde yeşil, beyaz – kahverengi renklerde görülen amfibolitler içerdikleri granat mineralleri nedeniyle porfiroblastik doku göstermektedir. Granat içeren amfibolitler nematoblastik bir dokuya sahip olup mineralojik olarak çoktan aza doğru amfibol, plajiyoklaz, klorit, epidot, kuvars, granat, k-feldspat, rutil ve opak mineraller belirlenmiştir (Şekil 9.4 a, b, c, d). Amfiboller yarı öz şekilli kristaller halinde olup çok iri amfibol kristalleri poikilitik doku özelliği göstermektedir (Şekil 9.4c). Ayrıca amfibollerde epidotlaşma ve kloritleşme gözlenmektedir. Özellikle amfibol – plajiyoklaz sınırlarındaki amfibol kristalleri mirmekitik dokuya sahiptirler.

Plajiyoklazlar tipik olarak polisentetik ikizlenmeler göstermektedir (Şekil 9.4d). Öz şekilli – yarı özşekilli kuvars kristallerinde dalgalı sönme gözlenmiştir (Şekil 9.4c).

Doku	: Nematoblastik doku
Mineral Zonu	: Granat zonu
Metamorfizma Fasiyesi	: Amfibolit fasiyesi
Köken Kayacı	: Metabazik (Blatt ve Tracy 2001)



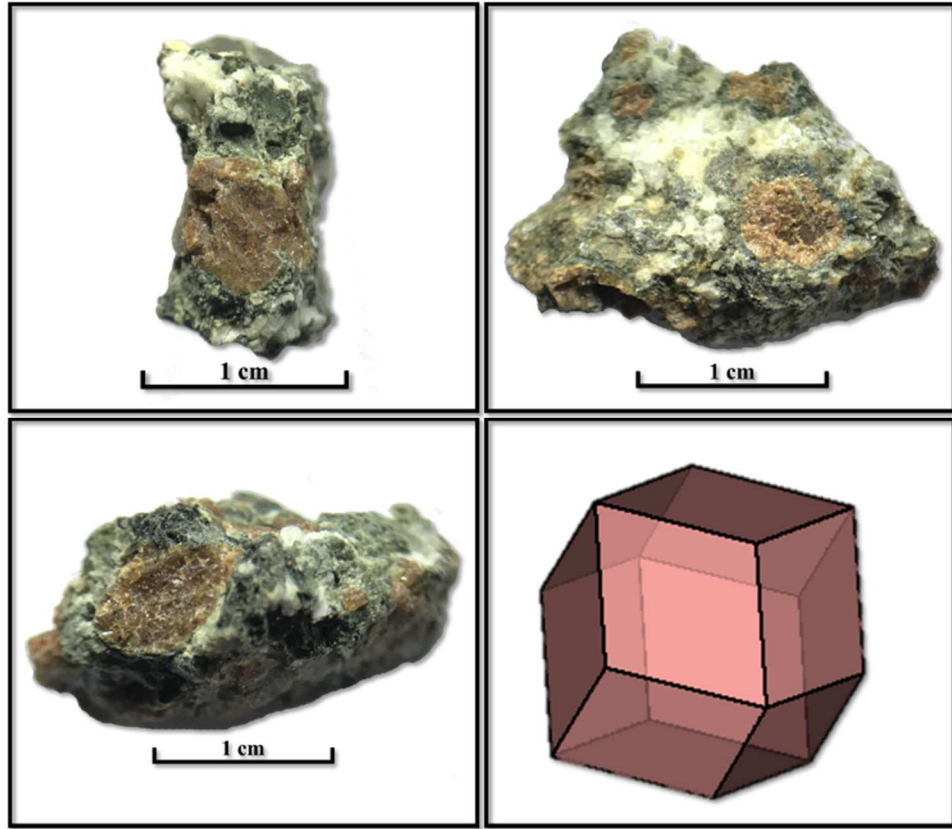
Şekil 9.3: Hudutköy granat içeren amfibolitlerin arazideki görünüşleri.



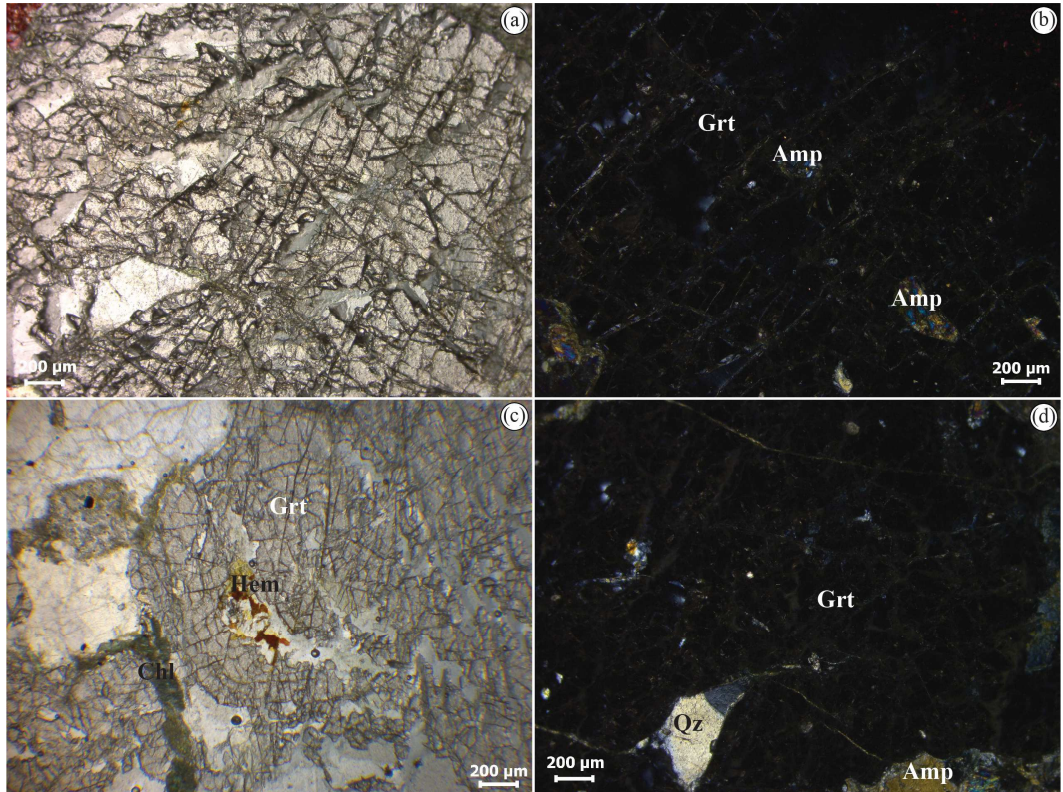
Şekil 9.4: Granat porfiroblastları içeren amfibolitlerde gözlenen **a)** K-feldspat, plajiyoklaz **b)** Amfibol ve rutil kapanımları ile **c)** Poikilitik ve **d)** Nematoblastik doku (Amp: Amfibol, K-Fsp: Potasyum Feldspat, Pl: Plajiyoklaz, Rt: Rutil, Qz: Kuvars).

Amfibolitler içerisinde kırıklı-çatlaklı porfiroblastlar şeklinde görülen granatlar 0.2 – 2.5 cm çapında olup, dodekahedron kristal formundadır. Granat porfiroblastları karakteristik olarak mat kahverengi – turuncu renge sahiptir ve parlaklık göstermemektedir (Şekil 9.5). Öz şekilsiz granat porfiroblastları ile amfibolit ana kayaç arasındaki dokanak keskin değildir ve porfiroblastlar ana kayaktan ayrılmamaktadır.

Mikroskop incelemelerinde granat porfiroblastları oldukça kırıklı ve çatlaklı yapı göstermektedir (Şekil 9.6a). PN’de porfiroblastlar kırıkları boyunca sarımsı yeşil ile açık yeşil renklere kloritleşme gösterirler (Şekil 9.6a, c). Granat porfiroblastları belirgin bir zonlanma göstermez ve mineral kapanımları içermektedir. Kapanım olarak en fazla amfibol, kuvars ve opak mineral olarak hematit görülmektedir (Şekil 9.6b, c, d).



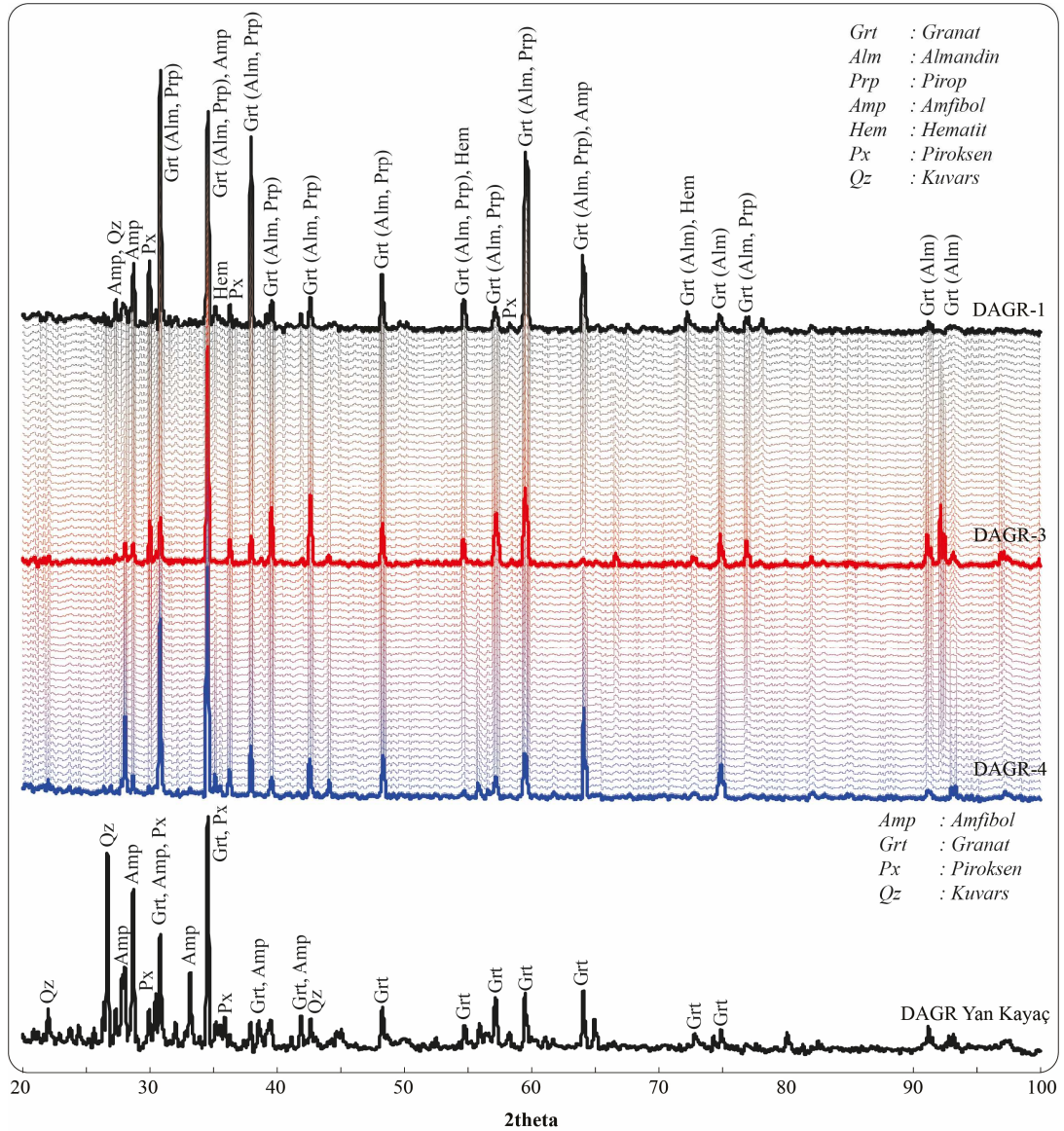
Şekil 9.5: Hudutköy granat porfiroblastlarının el örneklerinin ve dodekahedron kristal formunun görüntüsü.



Şekil 9.6: Hudutköy granat porfiroblastlarında gözlenen a) Kırıklı ve çatlaklı yapı (PN), b) Amfibol, c) Hematit kapanımı ve kloritleşme (PN), d) Kuvars kapanımı (Amp: Amfibol, Chl: Klorit, Hem: Hematit, Grt: Granat, Qz: Kuvars).

9.3 X-Işınları Difraktometre İncelemeleri

Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre granat porfiroblastları içeren amfibolit ana kayacında amfibol, kuvars, granat ve piroksen pikleri tespit edilmiştir. Granat porfiroblastlarının XRD desenleri birbirine benzer olup, almandin-pirop türü granat pikleri ile birlikte içerdikleri kapanımlardan kaynaklanan amfibol, kuvars, piroksen ve hematit pikleri de içerdiği belirlenmiştir (Şekil 9.7). Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) 2 θ değerleri ile Hudutköy granat porfiroblastlarını karşılaştırdığımızda büyük oranda almandin, daha az oranda pirop türü granatlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 9.1).



Şekil 9.7: Granat porfiroblastları ve amfibolit ana kayacının toz XRD grafikleri.

Tablo 9.1: Hudutköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerlerinin karşılaştırılması.

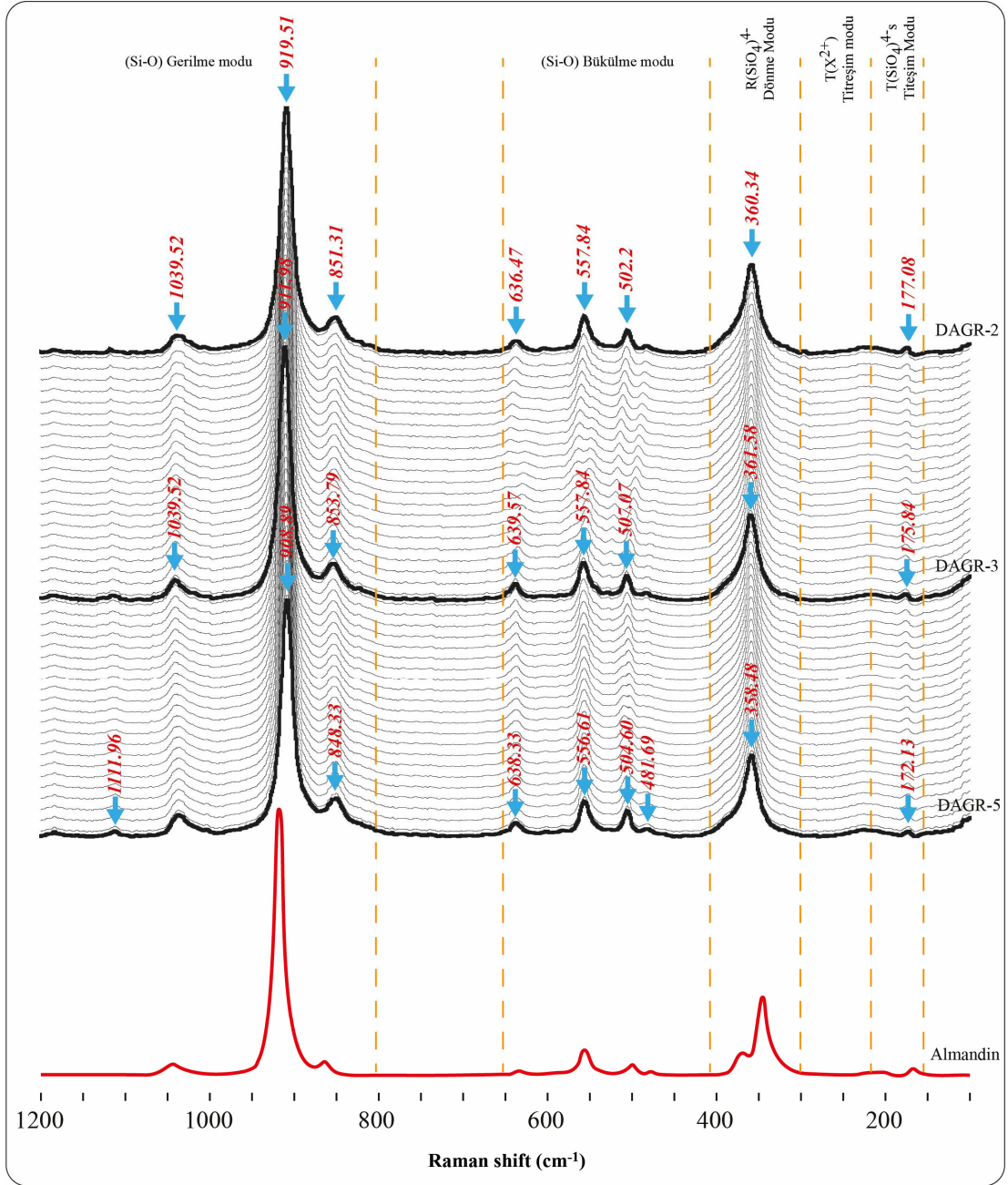
Pirop*		Almandin*		Grosular*		Andradit*		Spesartin*		Hudutköy	
2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d	2 Θ	d
18.90	4.70	18.84	4.71					18.70	4.76	18.78	4.72
29.04	3.07	28.95	3.08			29.67	3.01	28.71	3.11	28.78	3.10
				30.12	2.97						
31.10	2.88	31.00	2.88			33.30	2.69	30.73	2.91	30.87	2.89
				33.78	2.65			34.46	2.61		
34.88	2.57	34.77	2.58			34.91	2.57			34.57	2.59
36.64	2.45			37.12	2.42	36.52	2.46				
38.33	2.35	38.21	2.36					37.86	2.38	38.05	2.36
				38.69	2.33			39.46	2.28		
39.96	2.26	39.83	2.26							39.66	2.27
				41.69	2.17	40.97	2.20				
43.07	2.10	42.93	2.11					42.52	2.13	42.72	2.11
				47.22	1.93						
								48.16	1.89	48.32	1.88
48.80	1.87	48.64	1.87								
				53.50	1.71						
55.33	1.66	55.14	1.67			54.88	1.67	54.59	1.68	54.83	1.67
						57.14	1.61	57.01	1.62		
57.79	1.60	57.60	1.60	58.18	1.59						
								59.37	1.56	59.74	1.54
73.65	1.29										
								74.66	1.27	74.95	1.26
75.79	1.26	75.51	1.26			88.85	1.10				

* Granat uç üyelerine ait 2 Θ ve d değerleri URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5'den alınmıştır

9.4 Konfokal Raman Spektrometre İncelemeleri

Hudutköy granat porfiroblastları üzerinde yapılan KRS ölçümleri sonucunda farklı şiddet (Intensity) değerlerine sahip 9 Raman kayma piki belirlenmiştir. Buna göre; en güçlü Raman kayma pikleri 908-919 ve 358-361 cm^{-1} 'de, orta şiddetli Raman kayma pikleri, 848-583 ve 556-557 cm^{-1} 'de ve zayıf Raman kayma pikleri 1039, 636-639, 502-507, 481 ve 172-177 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir (Şekil 9.8 ve Tablo 9.2).

Granat uç üyelerine ait (almandin, pirop, spesartin, grosular ve andradit) KRS Raman kayma değerleri Tablo 9.2'de verilmiştir. Buna göre Hudutköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerine ait Raman spektrumlarını karşılaştırdığımızda Hudutköy granat porfiroblastlarının almandin bileşimli granat türü ile çok iyi örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 9.8 ve Tablo 9.2).



Şekil 9.8: Hudutköy granat porfiroblastları ve almandin bileşimli granat uç üyesinin Raman spektrumları (Almandin'e ait Raman spektrumu URL-6'dan alınmıştır).

Tablo 9.2: Hudutköy granat porfiroblastlarının Raman kayma değerlerinin granat uç üyeleriyle karşılaştırılması.

Simetri	Titreşim Modları	Pirop*	Almandin*	Grosular*	Spesartin*	Hudutköy
T _{2g} +T _{1u}	v ₃	1062	1032	1007	1027	1039
E _g	v ₃	938	920	904	913	
T _{2g} +T _{1u}	v ₃	899	892	850	878	
T _{2g} +T _{1u}	v ₃	866	862	826	849	848-853
A _{1g}	v ₁	925	910	881	905	908-919
E _g	v ₁	911	910	852	892	
T _{2g} +T _{1u}	v ₄	648	628	629	628	636-639
E _g	v ₄	626	593	590	592	
T _{2g} +T _{1u}	v ₄	598	576	577	573	
T _{2g} +T _{1u}	v ₄	510	498	509	499	502-507
A _{1g}	v ₂	562	553	549	550	556-557
E _g	v ₂	524	521	526	521	
T _{2g} +T _{1u}	v ₂	490	474	478	472	481
E _g	v ₂	439	421	416	410	
T _{2g} +T _{1u}	R(SiO ₄)	379	355	383	350	358-361
E _g	R(SiO ₄)	365	368	369	372	
A _{1g}	R(SiO ₄)	362	347	374	347	
T _{2g} +T _{1u}	R(SiO ₄)	350	312	349	314	
T _{2g} +T _{1u}	T(M)	272	212	246	220	
T _{2g} +T _{1u}	T(M)	208	166	178	173	172-177

* Granat uç üyelerine ait Raman kayma değerleri Hofmeister ve Chopelas 1991, Kolesov ve Geiger 1998' den alınmıştır.

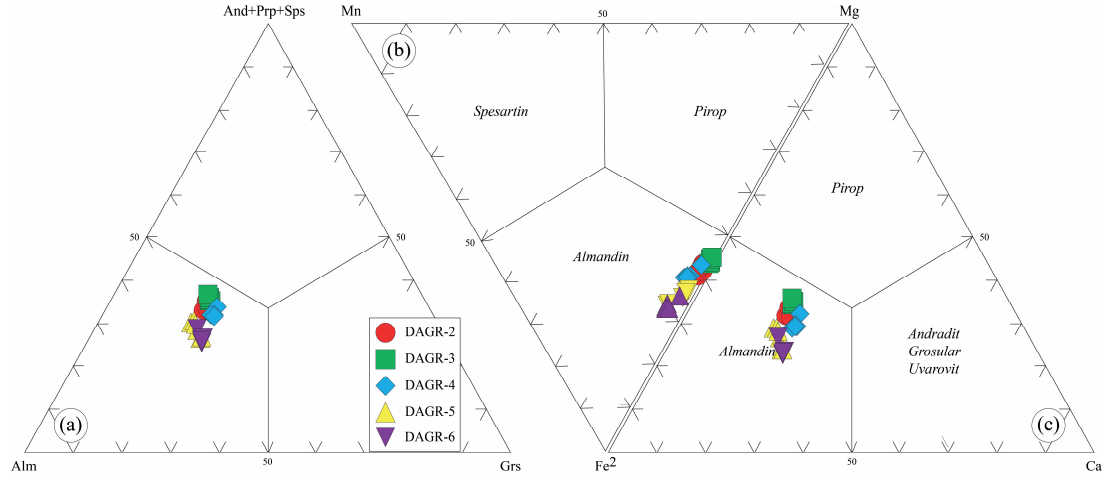
9.5 Mineral Kimyası (EPMA) Çalışmaları

Hudutköy granat porfiroblastlarından hazırlanan farklı örnekler üzerindeki 32 noktada mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları (%) oksit cinsinden olup, granat ölçümleri için toplamı 98-101 arasında kalan sonuçlar değerlendirmeye alınmış, analiz sonuçları Ek-I'da verilmiştir.

Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Hudutköy granat porfiroblastlarının Si aralık değerleri 5.97 ile 6.12 a.p.f.u arasında değişirken Al^{VI} aralık değerleri 3.90 ile 4.07, Fe⁺² aralık değerleri 2.56 ile 3.05, Mg aralık değerleri 1.32 ile 2.10, Mn aralık değerleri 0.02 ile 0.20 ve Ca aralık değerleri 1.18 ile 1.45 arasında değişim göstermektedir. Granat porfiroblastlarının Fe⁺²/(Fe⁺²+Mg) oranı 0.55-0.69 arasında değişim gösterirken, Mg/(Mg+Fe⁺²) oranları 0.31-0.45 arasındadır. Mineral kimyası sonuçlarına göre Hudutköy granat porfiroblastlarının kimyasal bileşimleri Alm_{0.43-0.51}Prp_{0.22-0.36}Grs_{0.19-0.24}Sps_{0.01-0.03} olarak belirlenmiştir.

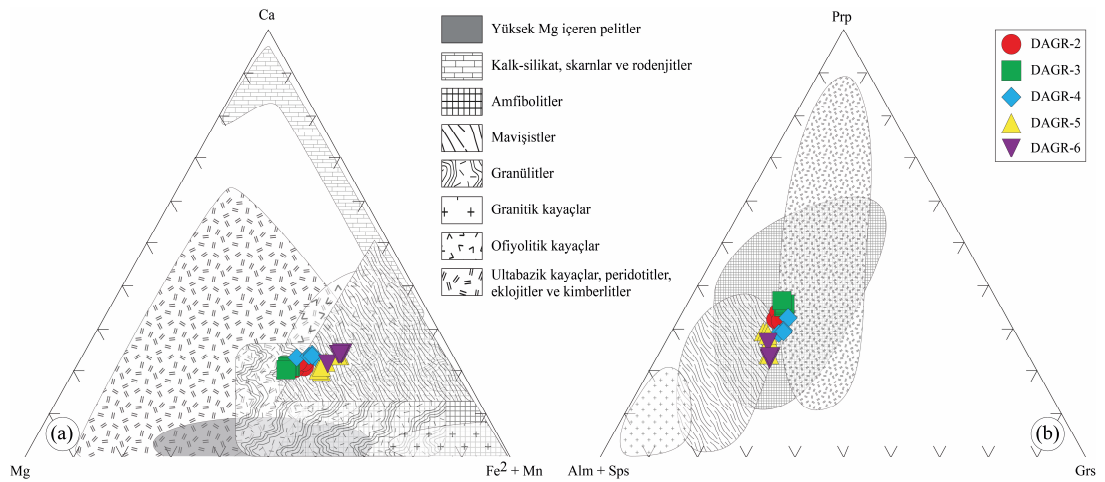
Wright (1938) tarafından önerilen ve granat uç üye oranlarını esas alan üçgen sınıflama diyagramında Hudutköy granat porfiroblastlarının almandin bölgesine

düştüğü belirlenmiştir (Şekil 9.9a). Grews ve diğ. (2013) tarafından katyon analiz sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma diyagramlarında da (Mg-Fe⁺²-Ca) ve (Mg-Mn-Fe⁺²) granat porfiroblastlarının almandin bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 9.9b, c).



Şekil 9.9: Hudutköy granat porfiroblastlarının **a)** (Andradit+Pirop+Spesartin)-Almandin-Grosular uç üye oranlarına dayanan üçgen diyagramı (Wright, 1938), **b)** (Mg-Fe⁺²-Ca), **c)** (Mg-Mn-Fe⁺²) katyon değerlerine göre hazırlanan granat sınıflama (Grew ve diğ. 2013) diyagramlarındaki konumları.

Wright (1938) tarafından önerilen katyon (Ca, Mg, Fe⁺²+Mn) ve Prp-(Alm+Sps)-Grs üçgen diyagramlarında granat porfiroblastlarının amfibolitler alanına düştüğü ve metamorfizma süreçleri ile ilişkili oluşumlar oldukları görülmektedir (Şekil 9.10 a,b).



Şekil 9.10: **a)** Ca-Mg-(Fe⁺²+Mn) katyon **b)** Prp-(Alm+Sps)-Grs uç üye içeriklerine göre hazırlanan kökensel sınıflama diyagramları (Wright 1938).

9.6 Jeokimyasal Analizler (ICP-MS)

Hudutköy granat porfiroblastlarının tüm kristal/kayaç ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları Tablo 9.3’de verilmiştir. Genel olarak granat porfiroblastlarının Al_2O_3 içeriği %18.49-19.76 arasında değişirken, SiO_2 %39.53-41.18, MgO %6.59-7.48, Fe_2O_3 %17.48-19.47, TiO_2 %0.70-0.94, CaO %11.04-11.71, Na_2O içeriği %0.49-0.97, K_2O %0.02-0.03, P_2O_5 %0.04-0.07, MnO %0.55-0.80 ve Kızdırma kaybı (LOI) % 0.9- 1.0 arasında değişmektedir.

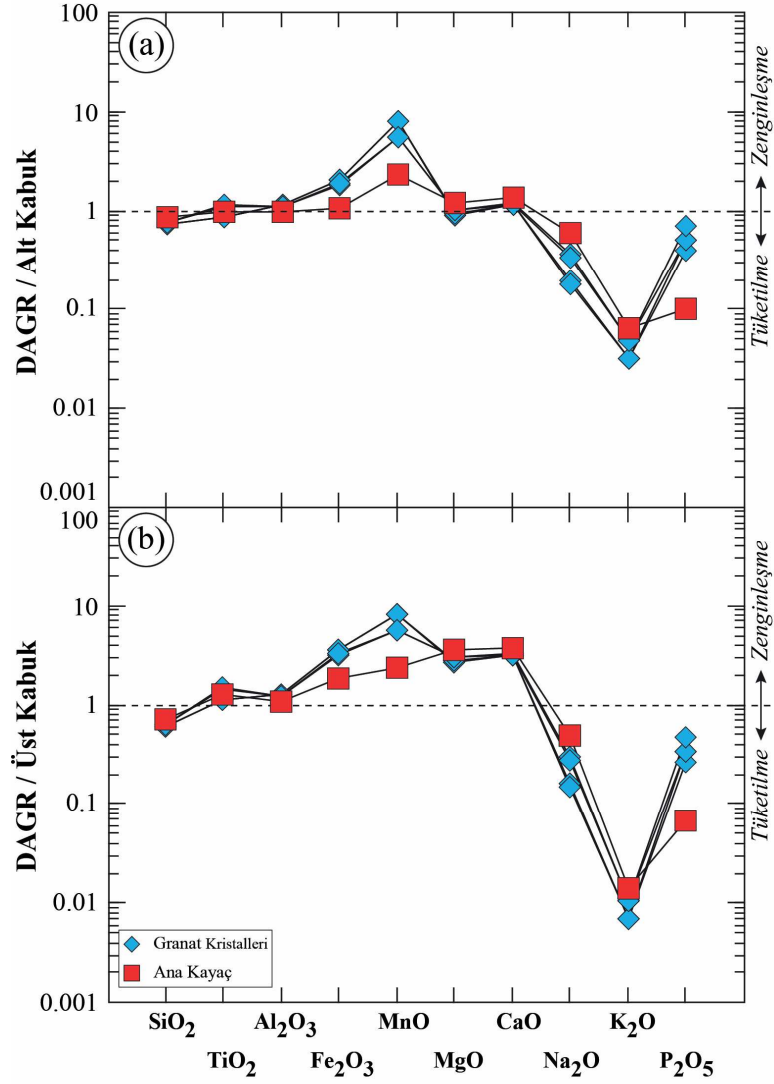
Hudutköy granat porfiroblastlarının Cr içeriklerinin 246.3 ile 266.8 ppm, Co içeriklerinin 35.6 ile 41.7 ppm, Cu içeriklerinin 19.2 ile 38.1 ppm, V içeriklerinin 164 ile 210 ppm, Ni içeriklerinin 28 ile 182 ppm, U içeriklerinin <0.1 ppm, Pb içeriklerinin 0.3 ile 0.7 ppm, Zr içeriklerinin 28.2 ile 43 ppm, Sr içeriklerinin 20.7 ile 46.4 ppm, Nb içeriklerinin 1.4 ile 1.7 ppm, Y içeriklerinin 54.7 ile 73.8 ppm, La içeriklerinin 0.7 ile 1.2 ppm, Ce içeriklerinin 2.6 ile 4 ppm ve Th içeriklerinin <0.2 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 9.3).

Hudutköy granat porfiroblastları ve amfibolit ana kayacının AKK ve ÜKK’ye göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramlarında ana oksit elementleri bakımından benzer dağılım desenleri gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 9.11a, b). AKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında Hudutköy granat porfiroblastları Fe_2O_3 ve MnO , elementleri bakımından zenginleşme, Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından tüketilme göstermektedir (Şekil 9.11a). Benzer şekilde ÜKK’ye göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramında ise Fe_2O_3 , MnO , MgO ve CaO bakımından zenginleşme, Na_2O , K_2O ve P_2O_5 bakımından tüketilmeler görülmüştür (Şekil 9.11b). AKK ve ÜKK’ya göre normalize edilmiş ana oksit çoklu element değişim diyagramlarında granat porfiroblastları ve amfibolitlerin benzer değişim desenleri gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 9.3: Hudutköy granat porfiroblastları ve içerisinde bulunduğu kayacın ana oksit (%), iz ve NTE (ppm) analiz sonuçları.

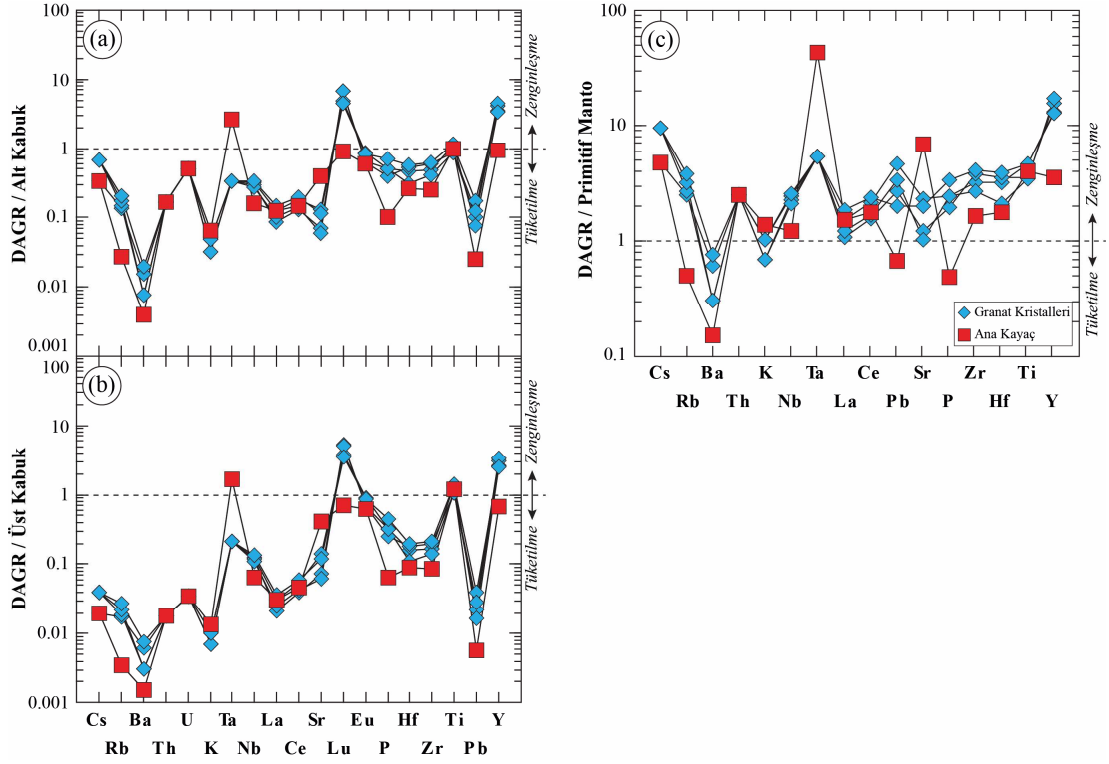
Element/Örnek		Granat Kristalleri				Ana Kayac
		DAGR-1	DAGR-2	DAGR-3	DAGR-4	DAGR-YK
SiO ₂	%	41.18	39.70	39.53	41.06	47.24
Al ₂ O ₃	%	18.49	19.66	19.76	18.92	16.58
Fe ₂ O ₃	%	17.48	19.44	19.47	17.92	10.05
MgO	%	7.32	6.59	6.84	7.48	8.80
CaO	%	11.71	11.30	11.20	11.04	13.17
Na ₂ O	%	0.97	0.53	0.49	0.88	1.60
K ₂ O	%	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04
TiO ₂	%	0.93	0.72	0.70	0.94	0.80
P ₂ O ₅	%	0.05	0.04	0.05	0.07	<0.01
MnO	%	0.55	0.79	0.80	0.55	0.23
LOI	%	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1
Toplam	%	99.80	99.83	99.83	99.80	99.73
Cr	ppm	253.2	260.0	246.3	266.8	335.0
Ba	ppm	4.0	2.0	2.0	5.0	1.0
Ni	ppm	40.0	28.0	182.0	47.0	115.0
Sc	ppm	52.0	53.0	54.0	57.0	39.0
Co	ppm	37.4	36.7	35.6	41.7	94.2
Cs	ppm	0.1	0.2	0.2	0.2	<0.1
Ga	ppm	11.9	10.0	8.3	10.5	13.1
Hf	ppm	0.9	1.0	0.6	1.1	0.5
Nb	ppm	1.6	1.5	1.4	1.7	0.8
Rb	ppm	1.5	1.6	1.9	2.3	0.3
Sn	ppm	2.0	<1	<1	<1	<1
Sr	ppm	46.4	24.4	20.7	40.2	138.2
Ta	ppm	0.2	0.2	0.2	0.2	1.6
Th	ppm	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
U	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
V	ppm	210.0	169.0	164.0	209.0	230.0
Zr	ppm	33.8	40.0	28.2	43.0	17.2
Y	ppm	57.0	67.9	73.8	54.7	15.1
Mo	ppm	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1
Cu	ppm	27.7	19.2	20.3	38.1	30.0
Pb	ppm	0.7	0.4	0.5	0.3	<0.1
Zn	ppm	9.0	8.0	7.0	8.0	8.0
As	ppm	0.8	1.0	<0.5	0.9	<0.5
Cd	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
La	ppm	1.0	0.7	0.8	1.2	1.0
Ce	ppm	3.6	2.6	2.8	4.0	3.0
Pr	ppm	0.9	0.6	0.7	0.9	0.6
Nd	ppm	4.7	3.2	3.2	4.1	2.8
Sm	ppm	2.0	1.5	1.5	1.9	1.2
Eu	ppm	0.9	0.7	0.7	0.9	0.7
Gd	ppm	3.8	3.4	3.5	4.1	2.0
Tb	ppm	0.9	0.9	1.0	0.9	0.4
Dy	ppm	7.5	8.5	9.0	8.0	2.7
Ho	ppm	2.1	2.5	2.5	2.1	0.5
Er	ppm	7.0	9.0	9.2	6.8	1.7
Tm	ppm	1.1	1.4	1.4	1.0	0.2
Yb	ppm	7.2	10.0	9.9	7.0	1.6
Lu	ppm	1.2	1.7	1.7	1.1	0.2
(La/Sm) _N		0.32	0.30	0.33	0.40	0.54
(Sm/Yb) _N		0.29	0.16	0.17	0.29	0.76
(Eu/Eu*) _N		1.01	0.89	0.88	0.94	1.30
(Y/Ho) _N		0.94	0.93	1.01	0.90	0.97

Eu* = (Sm+Gd)/2



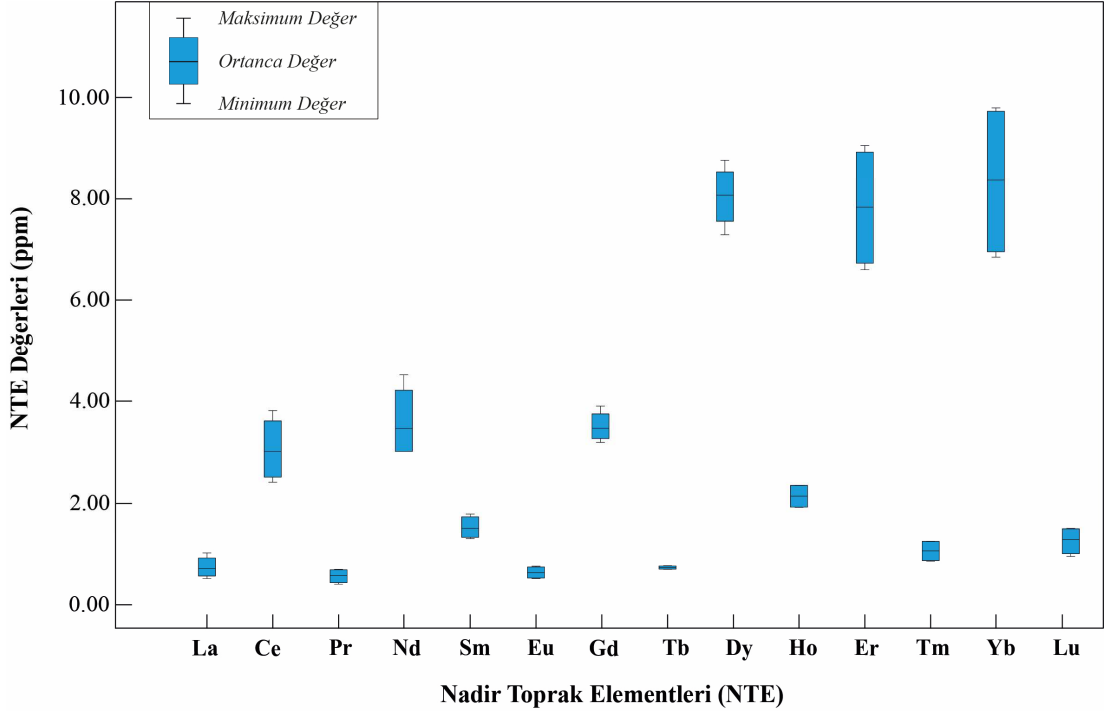
Şekil 9.11: Granat porfiroblastları ve amfibolit ana kayacının ana oksit elementlerinin a) AKK b) ÜKK değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK değerleri Rudnick ve Gao 2004'den alınmıştır).

İz element içeriklerine göre AKK ve ÜKK'ye normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramında Hudutköy granat porfiroblastları bütün LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından tüketilmeler gösterirken, HFSE grubu elementlerinden olan Lu ve Y elementleri bakımından 10 kat'a varan zenginleşmeler göstermektedir. (Şekil 9.12a, b). PM değerlerine normalize edilmiş iz element çoklu element değişim diyagramında granat porfiroblastları ve amfibolit ana kayacının Ba ve K dışındaki iz elementler bakımından 10 kat'a varan zenginleşmeler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 9.12c).



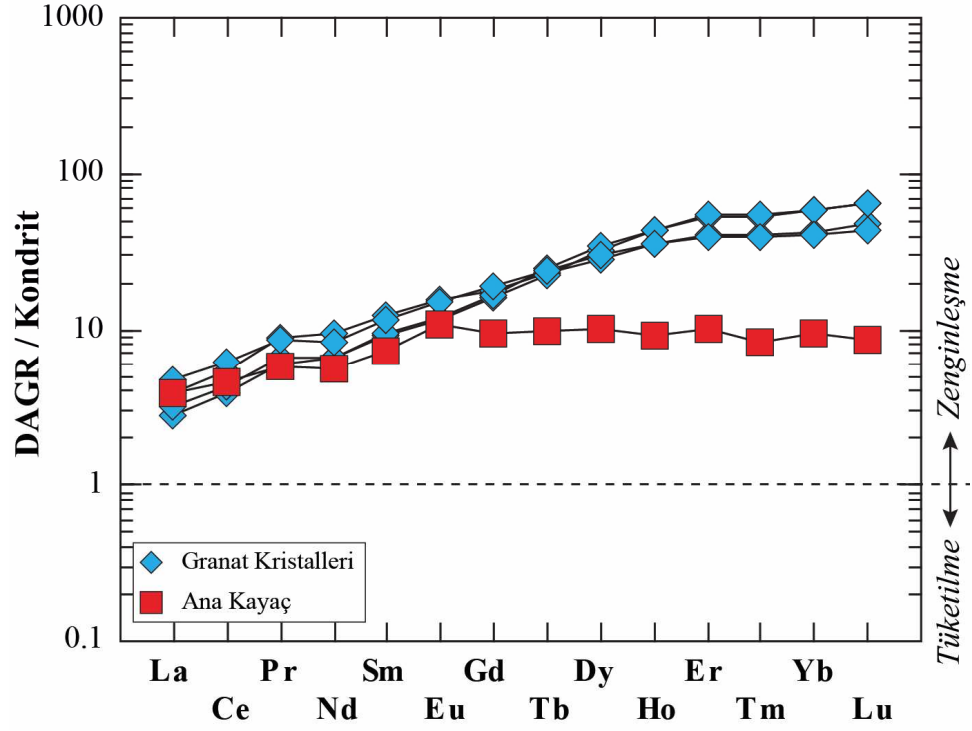
Şekil 9.12: Hudutköy granat porfiroblastları ve içerisinde buldukları amfibolit ana kayacının **a)** AKK **b)** ÜKK **c)** PM değerlerine göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramları (AKK ve ÜKK iz element içerikleri Rudnick ve Gao 2004'den, PM iz element içerikleri McDonough ve Sun 1995'den alınmıştır).

Hudutköy granat porfiroblastlarının La içerikleri 0.7 ile 1.2 ppm arasında değişirken, Ce içerikleri 2.6 ile 4 ppm, Pr içerikleri 0.6 ile 0.9 ppm, Nd içerikleri 3.2 ile 4.7 ppm, Sm içerikleri 1.5 ile 2 ppm, Eu içerikleri 0.7 ile 0.9 ppm, Gd içerikleri 3.4 ile 4.1 ppm, Tb içerikleri 0.9 ile 1 ppm, Dy içerikleri 7.5 ile 9 ppm, Ho içerikleri 2.1 ile 2.5 ppm, Er içerikleri 6.8 ile 9.2 ppm, Tm içerikleri 1 ile 1.4 ppm, Yb içerikleri 7 ile 10 ppm ve Lu içerikleri 1.1 ile 1.7 ppm arasında değişmektedir (Şekil 9.13, Tablo 9.3). Hudutköy granat porfiroblastlarının Dy, Er ve Yb haricindeki diğer NTE bakımından birbirine yakın ve dar bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Örneklerin Dy, Er ve Yb içerikleri bakımından ise nispeten daha geniş ve asimetrik dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 9.13).



Şekil 9.13: Hudutköy granat porfiroblastlarının NTE içeriklerini gösteren kutu grafikleri.

Kondrit değerlerine göre normalize edilmiş NTE değişim diyagramında granat porfiroblastları HREE bakımından LILE'ye göre zenginleşme göstermektedir (Şekil 9.14). Hudutköy granat porfiroblastlarının toplam NTE içerikleri 43.94 ile 47.87 (ppm) arasında değişirken, $(La/Sm)_N$ içerikleri 0.30 ile 0.40 (ppm) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.16 ile 0.29 (ppm) arasında, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 0.88 ile 1.01 arasında ve $(Y/Ho)_N$ içerikleri 0.90 ile 1.01 arasında değişmektedir (Tablo 9.3). Hudutköy granat porfiroblastları içerisinde buldukları amfibolit ana kayacı ile benzer LREE içeriklerine sahipken porfiroblastlar ana kayaca göre HREE bakımından zenginleşme göstermektedir. Ayrıca amfibolit ana kayacı önemsiz bir pozitif Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 9.14).



Şekil 9.14: Kondrit'e göre normalize edilmiş NTE çoklu element değişim diyagramı (Kondrit değerleri Evensen ve diğ. 1978'den alınmıştır).

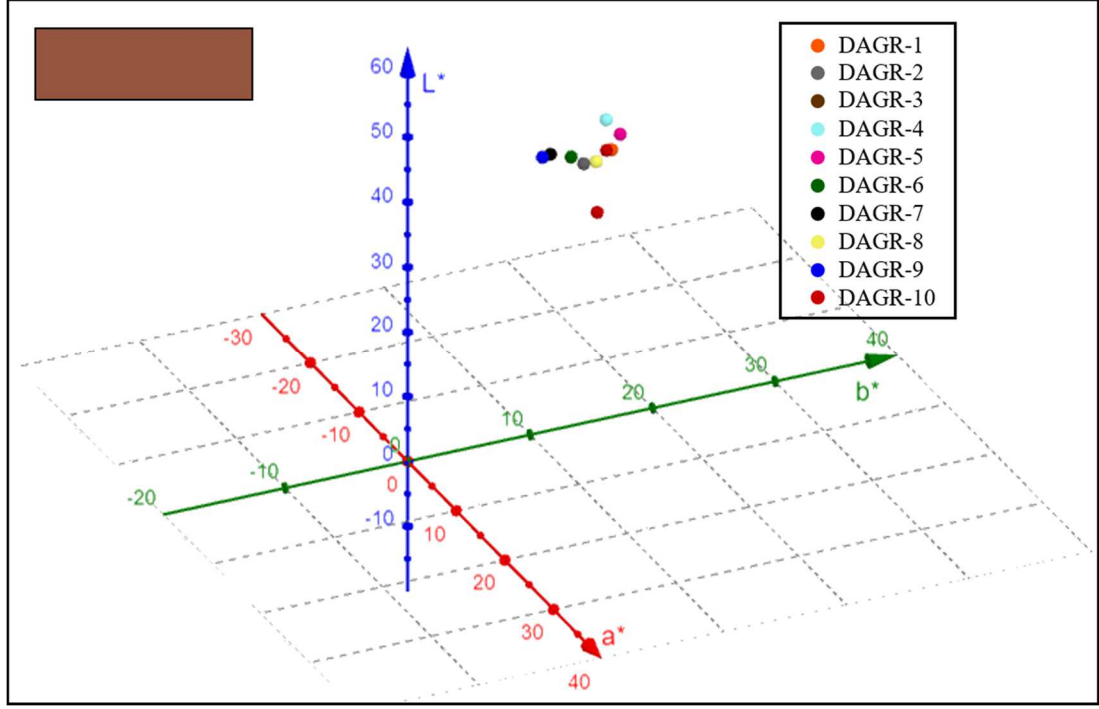
9.7 Gemolojik Değerlendirmeler

9.7.1 Renk Ölçümleri

Hudutköy granat porfiroblastlarının renk ölçümleri $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre yapılmıştır. $L^*:a^*:b^*$ sistemine göre renk ortalaması 47.48:7.00:11.99 (kahverengi-turuncu) olarak belirlenmiştir (Tablo 9.4 ve Şekil 9.15).

Tablo 9.4: Hudutköy granat porfiroblastlarının $L^*:a^*:b^*$ renk ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
L^*	49.61	47.17	46.82	51.18	46.44	46.44	39.36	49.21	53	45.52	47.48
a^*	9.01	6.21	4.83	8.53	4.21	6.99	7.89	8.68	7.58	6.09	7.00
b^*	12.66	10.88	9.09	13.97	9.99	11.6	12.34	13.21	13.2	12.97	11.99



Şekil 9.15: Hudutköy granat porfiroblastlarının L*:a*:b* renk dağılım diyagramı.

9.7.2 Gemolojik Testler

Hudutköy granat porfiroblastlarının gemolojik özelliklerine bakıldığında; özgül ağırlıklarının 3.02 ile 3.67 arasında değiştiği ve kırılma indislerinin de 1.78-1.81 arasında olduğu belirlenmiştir. Hudutköy granat porfiroblastlarının optik absorpsiyon özellikleri incelendiğinde de sadece sarı bant aralığında 560 nm’de güçlü çizgiler göstermektedir. İncelenen granat porfiroblastları güçlü ve orta UV altında herhangi bir floresans ve fosforesans özelliği göstermemektedir. Testler sonucu elde edilen veriler dünyada değerli taş olarak kullanılan farklı granat türleri ile karşılaştırılmış olup kırılma indisi, renk ve optik absorpsiyon gibi gemolojik özellikleri bakımından almandin türü granatlara benzemektedir. (Tablo 9.5).

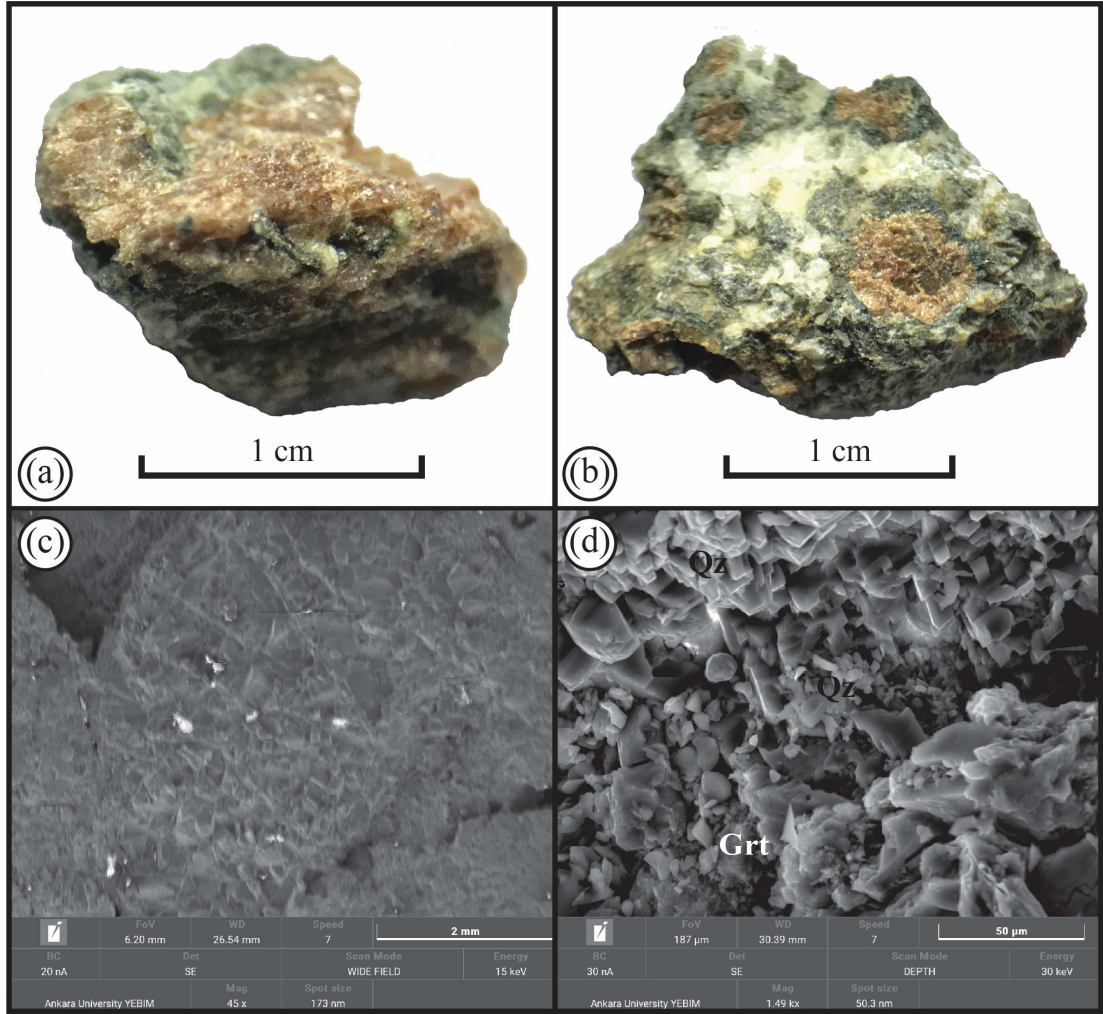
Hudutköy granat porfiroblastlarının çıplak göz ile gemolojik incelemesi yapıldığında; amfibolitler içerisinde bulunan porfiroblastların kayaçtan kolayca ayrılmadığı, saydam-yarı saydam olmadığı, kırıklı-çatlaklı bir yapı gösterdiği için süs taşı olarak işlenip kullanılamayacağı ve bir katma değer yaratmayacağı düşünülmektedir (bkz. Şekil 9.5).

Tablo 9.5: Hudutköy granat porfiroblastları ile granat uç üyelerinin bazı gemolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Granat uç üyelerine ait veriler O'Donoghue 2006'dan alınmıştır).

Granat Türü	Özgül Ağırlık	Kırılma İndisi	Renk	Optik Absorbsiyon
Grosular	3.57-3.76	1.730-1.760	Yeşilden kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Mavi: 440 ve 450 nm Yeşil: 500 nm
			Sarı, Turuncu (Hessonit)	Mavi: 434 nm Mor: 418 nm Mavi: 489 nm Yeşil: 503 ve 529 nm
Andradit	3.80-3.90	1.880-1.895	Çok hafif sarımsı yeşilden turuncumsu sarı	Mavi: 443 nm (güçlü)
				Mavi: 464 ve 485 (Topazolit)
				Mavi: 443 nm (Demantoit) Turuncu: 622 ve 640 nm Kırmızı: 693 ve 701 nm
Pirop	3.62-3.87	1.714-<1.742	Morumsu kırmızıdan kırmızımsı turuncuya ve renksiz	Sarı: 575 nm (güçlü) Yeşil: 505 ve 527 nm (güçlü)
Pirop-Almandin	3.74-3.94	1.742-<1.785	Kırmızımsı turuncudan kırmızı-mor	-
Almandin	3.85-4.30	1.785-1.830	Turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızı	Sarı: 576 nm (güçlü) Yeşil: 526 ve 505 nm (güçlü) Turuncu: 617 nm (zayıf) Mavi: 462 nm (zayıf)
Almandin-Spesartin	4.12-4.28	1.810-1.820	Kırmızımsı turuncudan turuncu-kırmızı	-
Spesartin	4.12-4.25	1.780-<1.810	Sarımsı turuncudan kırmızımsı turuncu	Mavi: 430, 461 ve 485 nm (güçlü); 462 nm (orta); 489 nm (çok zayıf) Yeşil: 495 nm (zayıf) Mor: 424 nm (zayıf)
Pirop-Spesartin	3.62-4.33	1.742-<1.780	Yeşilimsi sarıdan mor	-
Hudutköy Granatları	3.02-3.67	1.78-1.81	Mat kahverengi-turuncu	Sarı: 560 nm (güçlü)

9.7.3 Granat Porfiroblastlarının Yüzey Morfoloji İncelemeleri

Hudutköy lokasyonunda amfibolitler içinde gözlenen granat porfiroblastları özşekilli olmayıp oldukça kırıklı-çatlaklı bir yapıda bulunmaktadır (Şekil 9.16a, b). Granat porfiroblastlarının geniş açı SEM incelemelerinde porfiroblastların oldukça kırıklı-çatlaklı bir yapı gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 9.16c). Yakın çekim görüntülerde ise bu kırık ve çatlakların metamorfik süreçlerdeki kimyasal reaksiyonların etkisi ile kuvars mineralleri ile dolduğu anlaşılmıştır (Şekil 9.16d). SEM analizleri de gemolojik değerlendirmeleri doğrular nitelikte olup granat porfiroblastlarının kırıklı-çatlaklı yapısı, kristal kafes sistemindeki bozulma ve boşluklardan dolayı süs taşı niteliği taşımadığı belirlenmiştir.



Şekil 9.16: Hudutköy granat porfiroblastlarının a, b) işlenmemiş el örnekleri c, d) SEM görüntüleri (Grt: Granat, Qz: Kuvars).

10. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çamköy, Görece, Uşak, Susurluk (alt ve üst lokasyon), Hacıaliler, Maraş, Çavuşlu ve Hudutköy granat kristalleri-porfiroblastlarının ayrıntılı mineraloji, petrografi, spektroskopik, jeokimyasal ve gemoloji incelemeleriyle elde edilen sonuçlar tablo haline getirilmiş olup EK J'de sunulmuştur. Ayrıca bu sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Çamköy granat porfiroblastları mikaşistler içerisinde 0.5-2 cm çapında ve kırmızımsı – morumsu kahverengi renklerde gözlenirken Görece granat fenokristalleri riyolitler içerisinde 0.5 – 2.5 cm çapında ve koyu kırmızı – siyah renklerde, Kayaagıl granat porfiroblastları disten stavrolit muskovit kuvars şistler içerisinde 0.5 – 3 cm çapında ve kahverengi renkte, Susurluk alt lokasyon granat kristalleri skarn zonlarında 0.2 – 2 cm çapında ve sarımsı yeşil – yeşil renklerde, Susurluk üst lokasyon granat kristalleri skarn zonlarında 0.2 – 3 cm çapında ve sarımsı kahverengi – kahverengi renklerde, Hacıaliler granat porfiroblastları mikaşistler içerisinde 0.5 – 2 cm çapında ve kırmızımsı kahverengi renklerde, Ekinözü granat porfiroblastları klorit – biyotit şistler içerisinde 0.5 – 4 cm çapında ve koyu kırmızı – siyah renklerde, Çavuşlu granat kristalleri skarn zonlarında 0.5- 3 cm çapında ve kahverengi renklerde, Hudutköy granat porfiroblastları amfibolitler içerisinde 0.2 – 2.5 cm çapında kahverengi – turuncu renklerde gözlenmektedir.
2. XRD incelemelerine göre Çamköy ve Ekinözü granat profiroblastları büyük oranda almandin – pirop türü granatlar ile benzerlik gösterirken, Görece granat fenokristalleri spesartin – almandin, Susurluk alt ve üst lokasyon granat kristalleri andradit, Çavuşlu granat kristalleri ile Kayaagıl, Çine ve Hudutköy granat porfiroblastları almandin türü granatlarla benzerlik göstermektedir.
3. KRS inceleme sonuçlarına göre Çamköy, Çine, Ekinözü, Hudutköy granat porfiroblastları ile Çavuşlu granat kristalleri almandin bileşimli granat türleri ile örtüşürken Susurluk alt ve üst lokasyon granat kristalleri andradit, Görece granat fenokristalleri ise spesartin bileşimli granat türleri ile örtüşmektedir.
4. Mineral kimyası analizlerine göre Karacasu, Çine, Kayaagıl, Ekinözü ve Hudutköy granat porfiroblastları ile Çavuşlu granat kristallerinin almandin

bileşiminde (sırasıyla $\text{Alm}_{0.64-0.71}\text{Grs}_{0.16-0.22}\text{Prp}_{0.07-0.14}\text{Sps}_{0.01-0.05}$, $\text{Alm}_{0.72-0.80}\text{Grs}_{0.07-0.19}\text{Prp}_{0.06-0.14}\text{Sps}_{0.00-0.03}$, $\text{Alm}_{0.70-0.76}\text{Grs}_{0.09-0.18}\text{Prp}_{0.07-0.18}\text{Sps}_{0.00-0.03}$, $\text{Alm}_{0.80-0.88}\text{Prp}_{0.07-0.13}\text{Grs}_{0.01-0.07}\text{Sps}_{0.00-0.05}$, $\text{Alm}_{0.43-0.51}\text{Prp}_{0.22-0.36}\text{Grs}_{0.19-0.24}\text{Sps}_{0.01-0.03}$ ve $\text{Alm}_{0.82-0.86}\text{Prp}_{0.09-0.17}\text{Grs}_{0.01-0.05}\text{Sps}_{0.00-0.05}$) oldukları belirlenmiştir. Susurluk alt ve üst lokasyon granat kristalleri andradit (sırasıyla $\text{And}_{0.30-0.87}\text{Grs}_{0.08-0.52}\text{Alm}_{0.02-0.22}$ ve $\text{And}_{0.25-0.77}\text{Grs}_{0.19-0.59}\text{Alm}_{0.02-0.18}$), Görece granat kristalleri ise spesartin ($\text{Sps}_{0.50-0.52}\text{Alm}_{0.47-0.48}\text{Grs}_{0.01-0.02}$) bileşimindedirler.

5. Jeokimyasal analizler sonuçları, granatların oluşum yerleri baz alınarak (metamorfitleerde, skarn zonlarında ve volkanitlerde) üç ayrı başlık altında özetlenebilir;

- Metamorfik kayalarda oluşan bütün granat porfiroblastları AKK'ye göre Fe_2O_3 bakımından zenginleşme gösterirken Na_2O ve K_2O elementleri bakımından tüketilmeler göstermektedir. Benzer şekilde ÜKK'ye göre granat porfiroblastları Fe_2O_3 ve MnO elementleri bakımından zenginleşmeler gösterirken Na_2O ve K_2O elementleri bakımından tüketilmeler göstermektedir. İz element içeriklerine göre hazırlanan AKK değişim diyagramlarında ise Çamköy granat porfiroblastları Cs, Rb, Ba, K ve Sr, Kayaağıl granat porfiroblastları Ba, K ve Sr, Çine granat porfiroblastları Sr gibi LILE'ler bakımından tüketilmeler gösterirken Ekinözü ve Hudutköy granat porfiroblastları ise bütün LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından tüketilmiştir. Benzer şekilde AKK'ye göre bütün granat porfiroblastları Th, U, Ta, La, Ce, Lu, Hf, Zr, ve Y gibi HFSE'ler bakımından zenginleşme gösterirken Hudutköy granat porfiroblastları sadece Lu ve Y elementleri bakımından zenginleşme göstermektedir. İz element içeriklerine göre hazırlanan ÜKK değişim diyagramlarında Çamköy granat porfiroblastları Th, Ta, Nb, La, Ce, Lu, Eu, P, Ti ve Y, Kayaağıl granat porfiroblastları Th, U, Ta, Nb, Lu, Hf, Zr, Ti ve Y, Çine granat porfiroblastları Ta, Lu ve Y, Ekinözü granat porfiroblastları Ta, Lu, Eu ve Y, Hudutköy granat porfiroblastları Lu ve Y gibi HFSE elementleri bakımından zenginleşmeler gösterirken bütün granat porfiroblastları LILE'ler (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından tüketilmeler göstermektedir. Kondrit'e oranlanmış NTE diyagramlarında bütün granat porfiroblastları NTE'ler bakımından zenginleşme göstermekte olup Çamköy (345.74 – 412.37 ppm), Ekinözü (162.07 – 284.89 ppm) ve Çine (192.2 – 212.1 ppm) granat porfiroblastları

NTE içerikleri bakımından önemli değerlere sahiptirler. Metamorfik kayalarda gözlenen granat porfiroblastlarının $(La/Sm)_N$ içerikleri 0.30 (Hudutköy) ile 6.00 (Çamköy) arasında değişirken $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.16 (Hudutköy) ile 1.12 (Kayaagıl) arasında, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 0.41 (Çine) ile 1.02 (Çamköy) arasında, $(Y/Ho)_N$ içerikleri 0.88 (Kayaagıl) ile 1.01 (Çamköy ve Hudutköy) arasında değişmektedir.

- Skarn zonlarında oluşan Susurluk (alt – üst lokasyon) ve Çavuşlu granat kristalleri AKK ve ÜKK'ye göre Fe_2O_3 , MnO ve CaO elementleri bakımından zenginleşme gösterirken TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından tüketilmeler göstermektedir. İz element içeriklerine göre hazırlanan AKK değişim diyagramlarında bütün granat kristalleri Rb, Ba, K ve Sr gibi LILE'ler bakımından tüketilmeler gösterirken sadece U ve Ta gibi HFSE'ler bakımından zenginleşme göstermektedir. Benzer şekilde ÜKK iz element değişim diyagramlarında granat kristalleri Cs,Rb, Ba, K ve Sr gibi LILE'le bakımından tüketilmeler, U ve Ta gibi HFSE'ler bakımından zenginleşmeler göstermektedir. Kondrit'e oranlanmış NTE dağılım diyagramlarında Susurluk (alt-üst lokasyon) granat kristalleri bütün NTE'ler bakımından 10 kat civarında zenginleşme gösterirken Çavuşlu granat kristalleri ise sadece LREE'ler bakımından belirgin bir zenginleşme göstermektedir. Skarn zonlarında oluşan granat kristallerinin NTE içerikleri 27.94 (Susurluk üst) ile 60.86 (Susurluk alt) arasında değişirken $(La/Sm)_N$ içerikleri 0.58 (Susurluk üst) ile 15.91 (Çavuşlu) arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 2.26 (Susurluk alt) ile 5.29 (Susurluk üst) arasında, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 1.13 (Susurluk üst) ile 5.44 (Çavuşlu) arasında, $(Y/Ho)_N$ içerikleri 1.11 (Çavuşlu) ile 2.09 (Çavuşlu) arasında değişmektedir.
- Volkanik kayalarda oluşan Görece granat fenokristalleri ÜKK ve OIB'ye göre Fe_2O_3 ve MnO elementleri bakımından zenginleşmeler, TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O ve P_2O_5 elementleri bakımından tüketilmeler göstermektedir. İz element içeriklerine göre ÜKK ve OIB değişim diyagramlarında ise Rb, Ba, K ve Sr gibi LILE'ler bakımında tüketilmeler gösterirken Th, Ta, Lu ve Y gibi HFSE'ler bakımından zenginleşmeler göstermektedir. Görece granat fenokristallerinin Kondrit'e oranlanmış NTE diyagramında Eu elementi haricinde bütün NTE'ler bakımından zenginleşmeler göstermektedir. Görece granat fenokristallerinin NTE

içerikleri 116.4 ile 194 arasında değişirken $(La/Sm)_N$ içerikleri 0.11 ile 1.07 arasında, $(Sm/Yb)_N$ içerikleri 0.78 ile 0.97 arasında, $(Eu/Eu^*)_N$ içerikleri 0.01 ile 0.02 arasında, $(Y/Ho)_N$ içerikleri 0.66 ile 0.71 arasında değişmektedir.

6. Metamorfik kayalarda oluşan granat porfiroblastlarının jeotermobarometre hesaplamaları için granat-biyotit jeotermometresi kullanılmıştır. Buna göre granat porfiroblastlarının 3.08 (Ekinözü) ile 8.07 (Kayaağıl) kbar basınç, 465 (Ekinözü) ile 684 (Kayaağıl) °C sıcaklık aralığında oluştuğu değerlendirilmiştir. Volkanik kayalarda ve skarn zonlarında meydana gelen granat kristallerinin oluşum sıcaklıklarını belirlemek için zirkon ve apatit doygunluk sıcaklık hesaplamaları yapılmış olup granatların 706 (Çavuşlu) ile 799 (Susurluk alt – üst) °C sıcaklık aralığında oluştuğu sonucuna varılmıştır.
7. Tahribatsız gemolojik test (özgül ağırlık, kırılma indisi, optik absorpsiyon, UV özellikler, renk özellikleri, SEM incelemeleri) sonuçlarına göre Çamköy, Görece, Susurluk Alt-Üst, Maraş ve Çavuşlu granatlarının düşük/sınırlı, Çine, Kayaağıl ve Hudutköy granatlarının altere oldukları için süs taşı potansiyellerinin bulunmadığı anlaşılmıştır. Süs taşı işleme teknikleriyle kaboşon formda işlenmiş olan Çamköy, Görece, Susurluk Alt-Üst, Maraş ve Çavuşlu granatları kuyumculuk teknikleri ile takıya dönüştürülmüştür. Çavuşlu granatlarından oluşan takılar çatlak ve kırıklardan dolayı gerekli ilgiyi görmemiş olup diğer takılar ciddi bir albeni oluşturmuştur.

11. KAYNAKLAR

Açıkalm, S., “Sedimentary Evolution of the Karacasu Crossgraben (Aydın, West Anatolia)”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, (2005).

Akçe, M.A. ve Kadioğlu, Y.K. “Raman spektroskopisinin ilkeleri ve mineral tanımlamalarında kullanılması” *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 99-115, (2020).

Akgül, A. ve Çevik, O., *İstatistiksel Analiz Teknikleri*, Ankara: Emek Ofset, (2005).

Akgül, B., “Malatya bölgesindeki (Doğu Anadolu-Türkiye) yay ve çarpışma sonrası açılma ile ilişkili granitoidlerin oluşum zamanı ve magmalarının kaynağı”, *IV. Ulusal Jeokimya Sempozyum Bildirileri*, Elazığ, (2010)

Akyüz, S., “Manyas-Susurluk-Kepsut (Balıkesir) Civarının Jeolojisi”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (1995).

Alçiçek, H. and Jimenez-Moreno G., “Late Miocene to PlioPleistocene Fluvio-Lacustrine System in the Karacasu Basin (SW Anatolia, Turkey): Depositional, Palaeogeographic and Palaeoclimatic Implications”, *Sediment. Geol.*, 291, 62-83, (2013).

Baxter E.F., Caddick M.J. and Ague J.J., “Garnet: Common Mineral, Uncommonly Useful”, *Elements*, 9(6), 415-419, (2013).

Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M.K., Beyazpirinç, M., Yıldız, H. ve Yusufoglu, H., “Doğu Toroslar’da (Göksun-Sarız-Elbistan) allokton istiflerin tektono-stratigrafik özellikleri”, *58. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 262-263, (2005).

Bedi, Y. ve Yusufoglu, H., “1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Malatya-L40 Paftası” Ankara: MTA, (2018).

Bedi, Y., Yusufoglu, H., Tekin, U. K. ve Usta, D., “Tufanbeyli (Adana), Elbistan (K.Maraş) ve Malatya Arasında Yüzeyleyen Otokton ve Allohton İstiflerin Tektono-Stratigrafik Özellikleri (Doğu Toroslar)”, 70. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, (2017).

Bhattacharya A., Mohanty L., Maji A., Sen S. K. and Raith, M., “Non-Ideal Mixing in the Phlogopite-Annite Binary: Constraints From Experimental Data on the Mg-Fe Partitioning and a Reformulation of the Biotite-Garnet Thermometer”, *Contrib. to Mineral. Petrol.*, 111, 87-93, (1992).

Blatt, H. and Tracy, R. J. *Petrology: Igneous, Sedimentary and Metamorphic*, New York: W.H. Freeman and Company, 379-380, (2001).

Boehnke, P., Watson, E. B., Trail, D., Harrison, T. M. ve Schmitt, A. K., “Zircon Saturation Re-Revisited”, *Chemical Geology*, 351, 324–334, (2013).

BVSP – Basaltic Volcanism Study Project, Basaltic Volcanism on the Terrestrial Planets, USA: Pergamon Press, 1286, (1981).

Candan, O. ve Çetinkaplan, M., “Metamorfizmada Jeotermobarometrik Hesaplamalar ve Basınç-Sıcaklık-Zaman (P-T-t) Gelişimleri” Dokuz Eylül Üniversitesi, Ders Notları (yayımlanmamış), (1997).

Candan, O., Çetinkaplan, M., Topuz, G., Koralay O.E., Oberhänsli R., Yiğitbaş, E. ve Li, Q., “Berit Yöresindeki (Kahramanmaraş) Eklojit-Granat Piroksenitlere ait Ön Bulgular”, 65. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, (2012).

Ciobanu, C. L. and Cook, N. J., “Skarn Texture and a Case Study: the Ocna de FierDognecea Orefield, Banat, Romania”, *Ore Geology Reviews*, 24, 315-370, (2004).

Clechenko, C. C. and Valley, J. W., “Oscillatory Zoning in Garnet from the Willsboro Wollastonite Skarn, Adirondacks Mts, New York: A Record of Shallow Hydrothermal Processes Preserved in Granulite Facies Terane”, *Journal of Metamorphic Geology*, 21, 771-784, (2003).

Dasgupta S., Sengupta P., Guha D. and Fukuoka, M., “A Refined Garnet-Biotite Fe-Mg Exchange Geothermometer and Its Application in Amphibolites and Granulites”, *Contrib. to Mineral. Petrol.*, 109, 130-137, (1991).

Demirbaş, E., “Kavşit (Çine-Aydın) Yöresinin jeolojisi ve Feldispat Yataklarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2010).

Emerson, D., “Garnet: The Colourful Silicate, a Speciality Mineral”, *Preview*, 215, 64-71, (2021).

Ercan, S., “Malatya Havzasında Yer Alan Beylerderesi Formasyonunun Sedimantolojisi ve Stratigrafisi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana, (2011).

Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A. and Günay, E., “Geology of the Neogene Basins in Uşak Region”, *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 21, 97-106, (1978).

Ercan, T., Türkecan, A., Dinçel, A. ve Günay, E., “Kula – Selendi (Manisa) dolaylarının jeolojisi”, *Jeoloji Mühendisliği*, 17, 3-28, (1983).

Erdağ, A., “Balıkesir-Çataldağ Granodiyoritinin (Güney Alanı) Jeoloji ve Petrolojisi”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi*, İstanbul, (1976).

Erdem, E., “Pütürge (Malatya) Metamorfitlelerinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, (1994).

Erdoğan, B., Akay, E. ve Hasözbeke, A., “Menderes Masifi'ndeki (Batı Anadolu) Gnaysik Granitlerin Yerleşim Özellikleri ve Masifin Tektonik Evrimindeki Yeri; Yeni Arazi Bulguları ve Yaş Tayinleri”. *MTA Dergisi*, 142, 167-193, (2011).

Ergül, E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, M. Z. “Balıkesir İli-Marmara Denizi arasının Jeolojisi”, *MTA Derleme Raporu*, No: 6760, (1980).

Ertürk, M. A., Kara, H. ve Sar, A., “Doğanehir-Eskiköy (Malatya) Bölgesindeki Neojen Yaşlı (?) Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (4), 1294-1309, (2021).

Evensen, N. M., Hamilton, P.J. and O’Nion, R. K., “Rare Earth Abundances in Chondritic Meteorites”. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, 1199–1212, (1978).

Ferry, J. M. and Spear F.S., “Experimental Calibration of the Partitioning of Fe and Mg Between Biotite and Garnet”, *Contrib. to Mineral. Petrol.*, 66, 113-117, (1978).

Frost, R., Klopogge, T. and Schmidt, J. “Non-destructive Identification of Minerals by Raman Microscopy”. *J. Internet Vib. Spectr.*, 3, 1–13, (1999).

Galoisy, L., “Garnets: From Stone to Star”, *Elements*, 9, 453-456, (2013).

Genç, Ş. C., Yiğitbaş, E. ve Yılmaz, Y., “Berit Metaofiyolitnin Jeolojisi”, *A.Suat Erk Jeoloji Sempozyumu*, 37-52, Ankara, (1993).

Genç, Ş. C., Altınkaynak, Ş., Karacık, Z., Yazman, M. and Yılmaz, Y., “The Çubukludağ Graben, South of Izmir: its Tectonic Significance in the Neogene Geological Evolution of the Western Anatolia”, *Geodinamica Acta*, 14, 45-55, (2001)

Göktaş, F., “Cumaovası Volkanitlerinin Zamanstratigrafik Konumuna İlişkin Yeni Veriler Hakkında Kısa Not”, *MTA Dergisi*, 147, 179-183, (2013).

Göktaş, F., “Çubukludağ Havzasındaki Neojen Tortullaşması ve Volkanizmasının Stratigrafisi, Batı Anadolu”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 62, 63-98, (2019).

Grew, E. S., Locock, A. J., Mills, S.J., Galuskina, I. O., Galuskin E.V. and Hålenius U., “Nomenclature of the Garnet Supergroup”, *Am. Min.*, 98(4), 785-811, (2013).

Guinel, M. J. F. and Norton, M. G., “The Origin of Asterism in Almandine-Pyrope Garnets from Idaho”. *J. Mater. Sci. Technol.*, 41, 719–725, (2006).

Gücer, M. A. ve Sarı, E., “Karbonifer Pamuktaş Plütonu’nun Petrografisi, Jeokimyası ve Petrolojik Özellikleri, Bayburt (KD Türkiye)”, *Yerbilimleri*, 42 (1), 85-120, (2021).

Güllü. B. and Kadioğlu, Y.K. “Use of Tourmaline as a Potential Petrogenetic Indicator in the Determination of Host Magma: CRS, XRD and PED-XRF Methods”. *Spectrochimica Acta Part A*, 183, 68-74, (2017).

Harangi, S., Downes, H., Kosa, L., Szabò, C., Thirlwall, M. F., Mason, P. R. D. and Matte, D., “Almandine Garnet in Calc-Alkaline Volcanic Rocks of the Northern Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Implications”, *J. Petrol.*, 42, 1813-1843, (2001).

Holdaway, M. J. and Lee, S. M., “Fe-Mg Cordierite Stability in High Grade Pelitic Rocks Based on Experimental, Theoretical and Natural Observations”, *Contrib. to Mineral. Petrol.*, 63(2), 175-198, (1977).

Hodges, K. V. and Spear, F.S., “Geothermometry, Geobarometry and the Al_2SiO_5 Triple Point at Mt. Moosilauke, New Hampshire” *Am. Min.*, 67, 1118-1134, (1982).

Hofmeister, A. M. and Chopelas, A., “Vibrational Spectroscopy of End-Member Silicate Garnets”, *Phys. Chem. Minerals*, 17, 503-526, (1991).

Hope, G.A., Woods, R. and Munce, C.G. “Raman microprobe mineral identification”. *Miner. Eng.*, 14, 1565-1577, (2001).

Hozatlıoğlu, D., Bozkaya, Ö., Yalçın, H. ve Yılmaz, H., “Göksun, Afşin ve Ekinözü (Kahramanmaraş) Bölgesinde Yüzeyleyen Metamorfik Masiflerin Mineralojik Karakteristikleri”, *MTA Dergisi*, 162, 105-146, (2020).

Hönig, S., Čopjaková, R., Škoda, R., Novák, M., Dolejš, D., Leichmann, J. and Galiová, M. V., “Garnet as a Major Carrier of the Y and REE in the

Granitic Rocks: An Example from the Layered Anorogenic Granite in the Brno Batholith, Czech Republic”. *Am. Min.*, 99, 1922–1941, (2014).

Izawa, M. R. M., Cloutis, E. A., Rhind, T., Mertzman, S. A., Poitras, J., Applin, D. M. and Mann, P., “Spectral Reflectance (0.35–2.5 μm) Properties of Garnets: Implications for Remote Sensing Detection and Characterization. *Icarus*, 300, 392-410, (2018).

Jaffe, H. W., “The Role of Yttrium and Other Minor Elements in the Garnet Group”, *Am. Min.*, 36, 133-155, (1951).

Jamtveit, B., “Oscillatory Zonation Patterns in Hydrothermal Grossular-Andradite Garnet: Nonlinear Dynamics in Regions of Immiscibility”, *American Mineralogist*, 76(7), 1319-1327, (1991).

Karacık, Z. ve Genç, Ş. C., “Volcano-Stratigraphy of the Extension-Related Silicic Volcanism of the Çubukludağ Graben, Western Turkey: an Example of Generation of Pyroclastic Density Currents”, *Geological Magazine*, 151(3), 492-516, (2013).

Karaoğlan, F., “Günedoğru-beğre (Doğanşehir-Malatya) Arasında Yüzeyleyen Tektonomagmatik Birimlerin Petrografisi ve Jeokimyası”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, (2005).

Karaoğlan, F., “Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşaðındaki Ofiyolitik ve Granitik Kayaçların Jeokronolojisi”, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, (2012).

Karaoğlan, F., Parlak, O., Klötzli, U., Koller, F. and Rızaoğlu, T., “Age and Duration of Intra-Oceanic arc Volcanism built on a Suprasubduction Zone Type Oceanic Crust in Southern Neotethys, SE Anatolia”, *Geoscience Frontiers*, 4, 399-408, (2013).

Karaoğlu, Ö., Helvacı, C. ve Ersoy, Y., “Petrogenesis and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Volcanic Rocks of the Uşak-Güre Basin, Western Türkiye”, *Lithos*, 119, 193-210, (2010).

Karaoğlu, Ö. ve Helvacı, C., “Structural Evolution of the Uşak–Güre Supra-Detachment Basin During Miocene Extensional Denudation in Western Turkey”, *Journal of the Geological Society*, 169 (5), 627-642, (2012).

Kaya, A., “Gezin (Maden-Elazığ) Çevresinin Jeolojisi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 41-50, (2004).

Kaya, H., “Pütürge Metamorfitleri İçerisindeki Zonlu Granatların İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (2015).

Kaygusuz, A., Sipahi, F., İbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E., “Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl Intrusion in the Eastern Pontides: Implications for Magma Genesis in the Arc Setting”, *Geoscience Frontiers*, 4, 423-438, (2013).

Kılıç, A. D. ve Arslan, G., “Ca- Fe- Sa Granatlarda Raman Spektroskopisi Uygulaması, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri”, *DUMF Mühendislik Dergisi*, 9(1), 291-299, (2018).

Klimpel, F., Bau, M. ve Graupner, T., “Potential of Garnet Sand as an Unconventional Resource of the Critical High-Technology Metals Scandium and Rare Earth Elements”. *Scientific Reports*, 11 (5306), (2021).

Kolesov, B. A. and Geiger, C. A., “Raman Spectra of Silicate Garnets”, *Phys. Chem. Miner.*, 25, 142-151, (1998).

Koralay, O. E., Candan, O., Akal, C., Dora, O. Ö., Chen, F., Satır, M. and Oberhänsli R., “Geology and geochronology of the PanAfrican and Triassic metagranitoids in the Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey”, *Bulletin of The Mineral Research and Exploration*, 142, 69-121, (2011).

Koralay, T. and Ören, U., “Determination of Spectroscopic Features and Gemstone Potential of Garnet Crystals from the Çamköy Region (Aydın - SW Turkey) Using XRPD, XRF, Confocal Raman Spectroscopy, EPMA and Gemological Test Methods” *Period. di Mineral.*, 89, 105-123, (2020).

Lüle-Whipp, Ç., “İzmir-Cumaovası-Görece Köyü Civarı Volkanitleri ve Menderes Masifi Metamorfizmaları İçindeki Bazı Granatların Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi ve Olası Arkeogemolojik Bağlantıları” Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2006).

Mayo, D.W., Miller, F.A. and Hannah, R.W. *Course Notes on the Interpretation of Infrared and Raman Spectra*, New Jersey: USA, John Wiley & Sons, (2004).

McDonough, W.F. and Sun, S., “The Composition of the Earth”, *Chem. Geo.*, 120, 223-253, (1995).

McMillan, P.F. “Raman Spectroscopy in Mineralogy and Geochemistry”. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 17, 225-283, (1989).

Moore, R. K., White, W. B. and Long, T.V., “Vibrational Spectra of the Common Silicates: I. the Garnets”, *Am. Min.*, 56, 54-71, (1971).

Nouri, F., Stern, R. J. and Azizi, H., “The Jurassic Tourmaline–Garnet–Beryl Semi-Gemstone Province in the Sanandaj–Sirjan Zone, Western Iran”, *Int. Geol. Rev.*, 64(10), 1347-1371, (2018).

Nouri, F., Stern, R. J. and Azizi, H., “A Review of Garnet Deposits in Western and Southern Iran”, *Int. Geol. Rev.*, 64(1), (2021).

Oberhänsli, R., Candan, O., Dora, O. Ö. and Dürr S., “Eclogites Within the Menderes Massif/Western Turkey”, *Lithos* 41, 135-150, (1997).

Ocakoğlu, F., Açıklık, S., Özsayın, E. and Dirik R. K., “Tectonosedimentary Evolution of the Karacasu and Bozdoğan Basins in the Central Menderes Massif, W Anatolia”, *Turkish J. Earth Sci.* 23, 361-385, (2014).

Orhan, A. ve Mutlu, H. “Susurluk (Balıkesir) Skarn Yatağının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 65-90, (2009).

O’Donoghue, M., *Gems: Their Sources, Descriptions and Identification*, Oxford: Elsevier, 873 pp, (2006).

Önal, A. ve Altunbey, M., “Dedeyazı-Çavuşlu (Doğanşehir-Malatya) Yöresindeki Skarn Oluşumlar ve İlişkili Demir Cevherleşmeleri”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1, 15-27, (1999).

Önal, A. ve Bingöl, A. F., “Polat-Begre Granitoyidi'nin (Malatya) Mineralojisi ve Petrografisi”, *Çukurova Üniversitesi Geosound (Yerbilimleri) Dergisi*, 29, 41-58, (1996).

Önal, M., “Malatya Graben Havzası Güney Bölümünün Stratigrafisi ve Depolanma Ortamları”, *Cumhuriyet Yerbilimleri Dergisi*, 14 (1), 1-12, (1997).

Önalan, M., “Kahramanmaraş Tersiyer Kenar Havzasının Jeolojik Evrimi”, *TJK Bülteni*, 31, 1-10, (1988).

Ören, U. ve Koralay, T., “Menderes Masifi’ndeki (Hacıaliler/Çine-Aydın) Granat (Lal Taşı) Porfiroblastlarının, Mineralojik-Jeokimyasal ve Gemolojik İncelenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, doi: 10.5505/pajes.2023.47598, (2023).

Özdamar, K., *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 1*, Eskişehir: Kaan Kitabevi, (2004).

Özgenç, İ., “Cumaovası (İzmir) Asit Volkanitlerinde Saptanan iki Ekstrüzyon Aşaması Arasındaki Göreli Yaş İlişkisi”, *TJK Bülteni*, 21, 31-34, (1978).

Özkan, Y.Z., “Guleman (Elazığ) Ofiyolitinin Yapısal İncelenmesi”, *MTA Dergisi*, 37, 78-85, (1983).

Özkaya, M. M., “Eskiçine ve Kafaca Arasında Menderes Masifi'nin Jeokronolojisi, Jeokimyası, Yapısal Jeolojisi ve Evrimi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1995).

Özpinar, Y., Bozkurt, R., Çobanoğlu, İ. ve Küçük, B., “Uşak ve Sandıklı Civarındaki “Küfeki Taşlarının” (Aglomera ve Tüf) Petrografik ve Petrokimyasal İncelenmesi, Bunların Yapıtaşı ve Agrega Olarak Değerlendirilmesi”, 2. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu 99*, İstanbul, 99-111, (1999).

Parlak, O., Rızaoğlu, T., Bağcı, U., Karaoğlu, F. and Höck, V., “Tectonic Significance of the Geochemistry and Petrology of Ophiolites in Southeast Anatolia, Turkey”, *Tectonophysics*, 473, 173-187, (2009).

Perchuk, L. L. and Lavrenteva, I. V., “Experimental Investigation of Exchange Equilibria in the System Cordierite-Garnet-Biotite” (ed: S. K. Saxena), *Kinetics and Equilibrium in Mineral Reactions*, New York: Springer, 199-239, (1983).

Perinçek, D., “The Geology of Hazro-KorudağÇüngüş-Maden- Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya Region”, *Guid Book, Geol. Soc. of Turkey, Spec. Publ.*, 33, (1979).

Perinçek, D. ve Kozlu, H., “Stratigraphy and Stuctural Relation of The Units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir Region”, *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt 1983*, Ankara, 181-192 (1984).

Rollinson, H. R., *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, New York: John Wiley & Sons, (1993).

Rossmann, G. R., “The Geochemistry of Gems and Its Relevance to Gemology: Different Traces, Different Price” *Elements*, 5(3), 159-162, (2009).

Ruan, C. T., Yu, X. Y., Su, S. G., Santosh, M. and Qin, L. J., “Anatomy of Garnet from the Nanminghe Skarn Iron Deposit, China: Implications for Ore Genesis”, *Minerals* 12 (7), (2022).

Rudnick, R. L. and Gao, S., “Composition of the Continental Crust” (ed: R. L. Rudnick), *Treatise on Geochemistry, The Crust*, Oxford UK: Elsevier Pergamon, 1-64, (2004).

Schmetzer, K. and Bernhardt, H. J., “Garnets from Madagascar with a Color Change of Blue-Green to Purple”, *Gems Gemol.*, 35, (4), 196-201, (1999).

Seifert, A. V. and Vrána, S., “Bohemian Garnet”, *Bull. Geosci.*, 80, 113-124, (2005).

Seyitoğlu, G., “Late Cenozoic Tectono-Sedimentary Development of the Selendi and Uşak-Güre Basins: A Contribution to the Discussion on the Development of East–West and North Trending Basins in Western Turkey”, *Geological Magazine*, 134 (2), 163-175, (1997).

Stockton, C. M. and Manson, D. V., “Scanning Electron Microscopy in Gemology”, *Gems Gemol.*, 17(2), 72-79, (1981).

Stockton, C. M. and Manson, D. V., “A Proposed New Classification for Gem-Quality Garnets”, *Gems Gemol.*, 21(4), 205-218, (1985).

Sun, W. and McDonough, W. F., “Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes”, [*Geological Society London Special Publications*](#), 42, 313-345, (1989).

Şengün, M. T., Günek, H. ve Küçük, A., “Polat Ovasında (Malatya) Jeomorfolojik Birimlerle Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler”, *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, Ankara, (2016).

Thompson, A. B., “Mineral Reactions in Pelitic Rock. II. Calculation of Some P-T-X (Fe-Mg) Phase Reactions” *Am. J. Sci.*, 276, 425-454, (1976).

Tokay, M. ve Bayramgil, O., “Uşak Kuzeyinde Bir Kristalen Şist Kütlesi Hakkında”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1 (1), 134-149, (1947).

URL-1 RRUFF, “Database of X-Ray Diffraction”, (12 December 2019), http://rruff.info/repository/sample_child_record_powder/by_minerals/Almandine__R060099-9__Powder__DIF_File__10051.txt, (1993).

URL-2 RRUFF, “Database of X-Ray Diffraction”, (12 December 2019), https://rruff.info/repository/sample_child_record_powder/by_minerals/Andradite__R060326-9__Powder__Xray_Data_XY_Processed__4295.txt

URL-3 RRUFF, “Database of X-Ray Diffraction”, (12 December 2019), http://rruff.info/repository/sample_child_record_powder/by_minerals/Grossular__R040066-1__Powder__DIF_File__3313.txt, (1993).

URL-4 RRUFF, “Database of X-Ray Diffraction”, (12 December 2019), http://rruff.info/repository/sample_child_record_powder/by_minerals/Pyrope__R100153-9__Powder__DIF_File__11226.txt, (1993).

URL-5 RRUFF, “Database of X-Ray Diffraction”, (12 December 2019), http://rruff.info/repository/sample_child_record_powder/by_minerals/Spessartine__R060177-1__Powder__DIF_File__6682.txt, (1993).

URL-6 RRUFF, “Database of Raman spectroscopy”, (15 July 2022), <http://rruff.info/almandine/R060099>, (1992).

URL-7 RRUFF, “Database of Raman spectroscopy”, (15 July 2022), <http://rruff.info/spessartine/R060447>, (2002).

URL-8 RRUFF, “Database of Raman spectroscopy”, (15 July 2022), <http://rruff.info/andradite/R120004>, (2006).

URL-9 Wikipedia, “Kutu Grafiği”, (25.02.2023), http://tr.wikipedia.org/wiki/Kutu_grafiği, (2021)

Vandenbergh, R. E., De Resende, V. G., Da Costa, G. M. and De Grave, E. “Study of Loss-on-Ignition Anomalies Found in Ashes from Combustion of Iron-Rich Coal”, *Fuel* 89 (9), 2405-2410, 2010.

Velioğlu, T., “Malatya-Doğanşehir Berit Metaofiyolitlerindeki Yakut Oluşumlarının Gemolojik ve Petrolojik Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, (2017).

Venkateswarulu, P., Rao, K. S., Kasipathi, C. and Ramakrishna, Y., Multielemental Analyses of Isomorphous Indian Garnet Gemstones by XRD and External Pixe Techniques”, *Appl. Radiat. Isot.*, 70(12), 2746-2754, (2012).

Wedepohl, K. K., *Handbook of Geochemistry Volume 2 Part 5*, Berlin: Germany, Springer-Verlag, (1978).

Watson, E. B. and Harrison, M., “Zircon Saturation Revisited: Temperature and Composition Effects in a Variety of Crustal Magma Types”, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 64, 295-304, (1983).

Wilson, M., *Igneous Petrogenesis A Global Tectonic Approach*, Netherlands: Springer Dordrecht, (1989).

Wright, W.I., “The Composition and Occurrence of Garnets”, *Am. Min.*, 23, 436-449, (1938).

Yalçın, A. H., “Çine Güneyi (Akçaova) Pegmetitlerinin Jeolojisi ve Petrojenezi” Yüksek Lisans Tezi, *İstabil Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1995).

Yalçın, C., “Çağlayancerit (Kahramanmaraş) Batısının Tektono-Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, (2012).

Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. ve Yılmaz, Y. “Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında Maden Grubu’nun Tektonik Konumu ve Jeolojik Önemi”, A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Ankara, (1993).

Yümün, Z. ve Kiliç, A., “Kamandağı ile Camdere Köyü Arasının Stratigrafisi” *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri*, 19(2), 16-24, (2002).

Zirakparvar, N. A., “Industrial Garnet as an Unconventional Heavy Rare Earth Element Resource: Preliminary Insights from a Literature Survey of Worldwide Garnet Trace Element Concentrations”, *Ore Geology Reviews*, 148, (2022).

EKLER

12. EKLER

EK A Çamköy granat porfiroblastlarının mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	GR1.1	GR1.2	GR1.3	GR1.4	GR1.5	GR1.6	GR1.7	GR1.8	GR1.9	GR1.10	GR1.11	GR1.12	GR1.13	GR1.14	GR1.15
SiO ₂	38.75	38.19	38.15	38.12	37.37	37.47	37.38	37.92	37.56	37.39	37.67	37.39	37.48	37.49	37.70
FeO	28.77	30.50	31.14	31.24	31.47	31.78	31.95	31.57	31.54	31.56	31.25	32.32	31.72	32.14	32.47
Al ₂ O ₃	21.09	20.36	20.24	20.32	20.28	20.47	20.56	20.63	20.54	20.31	20.49	20.25	20.30	19.95	20.09
CaO	7.16	7.37	7.87	7.73	7.51	7.11	7.68	7.04	7.74	6.96	7.02	7.51	7.65	7.23	6.89
MgO	3.30	3.02	2.75	2.76	2.69	2.61	2.48	2.47	2.26	2.36	2.32	2.27	2.29	2.32	2.27
MnO	0.90	0.63	0.61	0.57	0.60	0.60	0.61	0.66	0.65	0.71	0.83	0.89	0.90	0.92	0.97
TiO ₂	0.05	0.06	0.10	0.10	0.12	0.10	0.12	0.08	0.13	0.15	0.10	0.16	0.13	0.12	0.08
Total	100.02	100.13	100.85	100.83	100.04	100.13	100.79	100.36	100.40	99.43	99.67	100.78	100.47	100.16	100.46
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.14	6.07	6.04	6.03	5.96	5.98	5.96	6.04	5.98	6.02	6.05	5.95	5.97	6.00	6.02
Fe ⁺²	3.81	4.06	4.12	4.13	4.20	4.24	4.23	4.20	4.20	4.25	4.20	4.30	4.23	4.30	4.34
Al ^V	3.93	3.81	3.77	3.79	3.78	3.83	3.79	3.87	3.84	3.85	3.87	3.74	3.78	3.76	3.78
Ca	1.22	1.26	1.33	1.31	1.29	1.22	1.30	1.20	1.32	1.20	1.21	1.28	1.31	1.24	1.18
Mg	0.78	0.72	0.65	0.65	0.64	0.62	0.59	0.59	0.54	0.57	0.55	0.54	0.54	0.55	0.54
Mn	0.12	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	64.30	66.36	66.63	66.99	67.67	68.87	68.21	69.15	68.35	69.50	69.13	68.94	68.20	69.17	70.11
Gross	20.50	20.54	21.57	21.21	20.64	19.73	20.98	19.72	21.50	19.60	19.89	20.52	21.04	19.89	19.03
Pirop	13.16	11.72	10.48	10.55	10.32	10.08	9.44	9.63	8.74	9.28	9.13	8.62	8.76	8.88	8.73
Spess	2.04	1.39	1.32	1.23	1.31	1.32	1.33	1.46	1.42	1.58	1.85	1.91	1.97	2.01	2.12
Uvaro	0.02	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.03	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.06	0.01

EK A Devamı.

Örnek	GR1.16	GR1.17	GR1.18	GR1.19	GR1.20	GR1.21	GR1.22	GR1.23	GR1.24	GR1.25	GR1.26	GR1.27	GR1.28	GR1.29	GR1.30
SiO ₂	37.39	37.62	37.61	37.35	37.32	37.48	36.99	37.86	37.34	37.68	37.40	37.35	37.66	37.69	37.71
FeO	31.96	32.85	31.67	31.73	32.47	31.69	31.96	31.79	31.94	32.18	32.39	32.47	32.10	31.15	31.12
Al ₂ O ₃	20.10	19.84	19.87	20.11	19.87	19.87	19.75	19.87	19.63	19.42	19.46	19.61	19.66	19.95	19.73
CaO	7.36	7.37	7.74	7.43	7.58	7.41	7.78	7.22	7.94	7.75	7.44	7.30	7.83	7.59	7.77
MgO	2.20	2.11	2.08	2.14	2.04	1.97	1.96	2.12	1.88	1.92	2.00	1.89	1.85	1.90	1.89
MnO	1.04	1.10	1.20	1.16	1.25	1.46	1.44	1.58	1.73	1.68	1.73	1.71	1.71	1.75	1.78
TiO ₂	0.15	0.11	0.12	0.15	0.11	0.11	0.13	0.11	0.14	0.10	0.08	0.06	0.15	0.08	0.09
Total	100.21	100.99	100.28	100.07	100.63	99.99	100.00	100.54	100.59	100.72	100.50	100.37	100.95	100.10	100.08
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	5.99	5.99	6.02	5.99	5.96	6.02	5.94	6.05	5.92	6.02	5.99	5.99	6.00	6.05	6.05
Fe ⁺²	4.28	4.37	4.24	4.25	4.34	4.26	4.30	4.25	4.37	4.30	4.34	4.36	4.28	4.18	4.18
Al ^{VI}	3.78	3.71	3.74	3.78	3.70	3.76	3.68	3.74	3.59	3.65	3.66	3.70	3.69	3.77	3.73
Ca	1.26	1.26	1.33	1.28	1.30	1.28	1.34	1.24	1.35	1.33	1.28	1.26	1.34	1.30	1.34
Mg	0.52	0.50	0.50	0.51	0.49	0.47	0.47	0.51	0.44	0.46	0.48	0.45	0.44	0.45	0.45
Mn	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.20	0.20	0.21	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.24	0.24
TAl	0.02	0.01	0.00	0.01	0.04	0.00	0.06	0.00	0.08	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Ti	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	68.94	69.66	68.09	68.63	68.98	68.64	68.17	68.49	68.31	68.15	68.59	69.21	68.05	67.68	67.30
Gross	20.32	19.99	21.32	20.56	20.55	20.53	21.21	19.89	21.06	21.03	20.14	19.94	21.28	21.12	21.50
Pirop	8.45	7.97	7.98	8.23	7.71	7.59	7.46	8.15	6.93	7.23	7.53	7.16	7.00	7.36	7.27
Spess	2.27	2.35	2.61	2.54	2.69	3.20	3.11	3.44	3.64	3.60	3.71	3.69	3.67	3.84	3.89
Uvaro	0.02	0.02	0.00	0.03	0.08	0.04	0.05	0.03	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03

EK A Devamı.

Örnek	GR2.1	GR2.2	GR2.3	GR2.4	GR2.5	GR2.6	GR3.1	GR3.2	GR3.3	GR3.4	GR3.5	GR3.6	GR3.7	GR3.8	GR3.9	GR3.10	GR3.11	GR3.12
SiO ₂	37.16	37.39	38.55	37.28	38.42	38.32	37.69	37.16	37.24	37.47	37.63	37.74	37.43	37.48	37.52	37.26	37.49	37.17
FeO	31.77	31.21	31.57	31.90	31.11	31.24	31.28	31.49	31.35	31.63	31.26	31.44	31.53	31.89	31.25	31.28	31.04	31.26
Al ₂ O ₃	20.09	20.05	19.87	19.91	19.86	19.75	20.53	20.57	20.54	20.60	20.25	20.34	20.49	20.20	20.04	19.95	20.08	20.14
CaO	7.15	7.98	7.29	7.97	7.67	7.46	7.09	6.99	7.29	7.26	7.69	7.35	7.35	7.50	7.67	7.85	7.54	7.97
MgO	3.81	3.19	2.96	2.59	2.62	2.26	3.63	3.63	3.42	3.15	2.77	2.78	2.61	2.51	2.27	2.25	2.23	2.09
MnO	0.86	0.86	0.58	0.55	0.69	1.10	0.69	0.72	0.78	0.59	0.61	0.69	0.65	1.23	1.74	2.07	2.24	2.09
TiO ₂	0.08	0.10	0.09	0.12	0.11	0.11	0.06	0.04	0.05	0.04	0.11	0.10	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.11
Total	100.92	100.78	100.89	100.31	100.47	100.23	100.98	100.61	100.65	100.75	100.32	100.44	100.19	100.95	100.61	100.80	100.75	100.83
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>																		
TSi	5.85	5.95	6.10	6.04	6.11	6.13	5.92	5.87	5.95	5.95	5.95	6.00	5.97	5.95	5.98	5.92	5.97	5.93
Fe ⁺²	4.20	4.13	4.19	4.21	4.14	4.18	4.14	4.16	4.12	4.19	4.23	4.18	4.21	4.23	4.16	4.21	4.13	4.19
Al ^V	3.58	3.66	3.69	3.70	3.72	3.72	3.72	3.70	3.75	3.76	3.72	3.81	3.82	3.72	3.74	3.63	3.73	3.68
Ca	1.21	1.34	1.23	1.35	1.31	1.28	1.19	1.18	1.23	1.22	1.30	1.25	1.26	1.28	1.31	1.33	1.29	1.35
Mg	0.90	0.75	0.70	0.61	0.62	0.54	0.85	0.86	0.80	0.74	0.65	0.66	0.62	0.59	0.54	0.53	0.53	0.49
Mn	0.12	0.11	0.08	0.07	0.09	0.15	0.09	0.10	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09	0.17	0.24	0.28	0.30	0.28
TAl	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.05	0.05	0.05	0.00	0.03	0.06	0.02	0.08	0.03	0.07
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>																		
Alm	65.45	65.18	67.65	67.47	67.19	68.01	65.95	66.08	65.91	67.28	67.45	67.59	68.16	67.54	66.64	66.37	66.14	66.35
Gross	18.80	21.19	19.81	21.59	21.23	20.80	19.04	18.80	19.62	19.56	20.78	20.24	20.36	20.31	20.94	20.93	20.57	21.39
Pirop	13.95	11.81	11.23	9.77	10.08	8.75	13.56	13.59	12.80	11.85	10.44	10.65	10.06	9.46	8.63	8.35	8.46	7.82
Spess	1.80	1.80	1.24	1.18	1.50	2.43	1.45	1.53	1.67	1.27	1.30	1.51	1.42	2.64	3.77	4.36	4.83	4.44
Uvaro	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.03	0.02	0.01	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00

Ek A Devamı.

Örnek	GR7.1	GR7.2	GR7.3	GR7.4	GR7.5	GR7.6	GR7.7	GR7.8	GR7.9	GR7.10	GR7.11	GR7.12	GR7.13	GR7.14	GR7.15	GR7.16	GR7.17	GR7.18
SiO₂	36.70	36.62	36.92	36.28	36.12	36.53	36.67	36.11	36.24	36.40	36.26	36.50	36.23	36.37	36.03	36.03	36.23	36.71
FeO	32.46	32.26	31.98	31.80	32.03	32.52	32.91	33.54	32.22	33.87	33.27	33.44	33.78	33.74	33.38	33.15	33.25	33.35
Al₂O₃	20.10	20.18	20.09	20.98	20.72	19.82	19.99	19.62	20.51	19.94	19.91	19.81	19.75	20.09	19.51	19.50	19.33	19.77
CaO	6.06	6.68	7.31	7.30	7.12	7.31	7.58	6.87	7.86	6.93	7.41	7.08	6.97	7.24	6.89	7.38	7.51	7.22
MgO	3.59	3.34	3.18	2.85	2.80	2.86	2.69	2.67	2.40	2.31	2.15	2.25	2.19	2.10	2.14	2.03	1.97	1.89
MnO	0.97	0.89	1.03	0.88	0.86	0.76	0.63	0.66	0.65	0.78	0.79	0.79	0.86	0.98	0.95	1.02	1.26	1.49
TiO₂	0.00	0.06	0.07	0.09	0.06	0.08	0.09	0.07	0.14	0.12	0.13	0.10	0.14	0.10	0.11	0.14	0.14	0.08
Total	99.87	100.03	100.58	100.17	99.72	99.88	100.55	99.55	100.01	100.34	99.92	99.97	99.92	100.62	99.02	99.26	99.68	100.51
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>																		
TSi	5.86	5.84	5.86	5.78	5.79	5.85	5.84	5.82	5.80	5.83	5.83	5.87	5.84	5.82	5.86	5.85	5.86	5.89
Fe⁺²	4.34	4.30	4.25	4.24	4.29	4.36	4.38	4.52	4.31	4.54	4.48	4.50	4.55	4.51	4.54	4.50	4.50	4.47
Al^{VI}	3.64	3.63	3.61	3.71	3.70	3.59	3.59	3.55	3.66	3.60	3.61	3.62	3.59	3.60	3.60	3.57	3.54	3.62
Ca	1.04	1.14	1.24	1.25	1.22	1.26	1.29	1.19	1.35	1.19	1.28	1.22	1.20	1.24	1.20	1.28	1.30	1.24
Mg	0.86	0.79	0.75	0.68	0.67	0.68	0.64	0.64	0.57	0.55	0.52	0.54	0.53	0.50	0.52	0.49	0.48	0.45
Mn	0.13	0.12	0.14	0.12	0.12	0.10	0.08	0.09	0.09	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.17	0.20
TAl	0.14	0.16	0.14	0.22	0.21	0.15	0.16	0.18	0.20	0.17	0.17	0.13	0.16	0.18	0.14	0.16	0.14	0.11
Ti	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>																		
Alm	68.20	67.67	66.55	67.49	68.11	68.09	68.50	70.21	68.23	71.08	70.18	70.66	71.16	70.64	71.04	70.14	69.76	70.27
Gross	16.29	17.92	19.49	19.86	19.41	19.63	20.21	18.39	21.29	18.62	20.03	19.16	18.80	19.41	18.78	19.99	20.16	19.44
Pirop	13.44	12.49	11.80	10.78	10.63	10.67	9.97	9.95	9.06	8.65	8.10	8.49	8.21	7.86	8.13	7.67	7.37	7.09
Spess	2.06	1.89	2.17	1.88	1.86	1.61	1.32	1.41	1.39	1.65	1.69	1.69	1.83	2.08	2.06	2.19	2.68	3.17
Uvaro	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04

EK B Görece granat kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	IGR1.1	IGR1.2	IGR1.3	IGR1.4	IGR1.5	IGR1.6	IGR1.7	IGR1.8	IGR2.1	IGR2.2	IGR2.3	IGR2.4	IGR2.5	IGR2.6	IGR2.7
SiO ₂	35.24	35.42	35.18	35.67	35.55	35.76	35.82	35.86	35.45	35.92	35.60	35.40	36.01	35.85	35.63
FeO	22.24	22.07	21.75	21.94	21.45	21.59	21.31	21.39	21.98	21.70	22.03	21.79	21.86	20.95	21.65
Al ₂ O ₃	18.01	18.14	17.98	18.31	18.35	18.39	17.90	18.06	17.91	18.11	17.71	18.01	18.21	18.62	18.04
CaO	0.62	0.64	0.55	0.37	0.33	0.33	0.44	0.45	0.30	0.25	0.23	0.26	0.27	0.29	0.33
MgO	0.21	0.24	0.18	0.14	0.17	0.17	0.18	0.18	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12
MnO	22.74	23.03	23.15	23.56	23.18	23.75	23.30	23.37	23.48	23.31	23.43	23.57	23.46	22.83	23.40
TiO ₂	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.06	0.05	0.05	0.13	0.15	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12
Total	99.16	99.62	98.89	100.09	99.12	100.05	99.00	99.36	99.38	99.55	99.24	99.26	100.07	98.80	99.30
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	5.91	5.91	5.92	5.93	5.96	5.95	6.02	6.00	5.94	6.01	5.98	5.94	5.99	6.02	5.97
Fe ⁺²	3.12	3.08	3.06	3.05	3.01	3.00	3.00	2.99	3.08	3.03	3.10	3.06	3.04	2.94	3.04
Al ^{VI}	3.47	3.48	3.48	3.52	3.59	3.55	3.54	3.56	3.48	3.57	3.49	3.50	3.56	3.69	3.54
Ca	0.11	0.11	0.10	0.07	0.06	0.06	0.08	0.08	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06
Mg	0.05	0.06	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Mn	3.23	3.26	3.30	3.32	3.29	3.34	3.32	3.31	3.33	3.30	3.33	3.35	3.31	3.25	3.32
TAl	0.09	0.09	0.08	0.07	0.04	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.06	0.01	0.00	0.03
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	47.90	47.31	47.04	47.16	46.97	46.55	46.54	46.54	47.38	47.34	47.62	47.16	47.33	46.90	47.07
Gross	1.68	1.76	1.51	1.01	0.94	0.90	1.22	1.24	0.82	0.69	0.65	0.68	0.69	0.84	0.86
Pirop	0.80	0.91	0.71	0.53	0.68	0.65	0.70	0.69	0.55	0.45	0.45	0.46	0.48	0.51	0.47
Spess	49.60	50.02	50.72	51.29	51.42	51.88	51.54	51.52	51.26	51.51	51.28	51.68	51.45	51.75	51.53
Uvaro	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.06	0.00	0.07

EK B Devamı.

Örnek	IGR2.8	IGR2.9	IGR3.1	IGR3.2	IGR3.3	IGR3.4	IGR3.5	IGR3.6	IGR3.7
SiO ₂	35.86	35.98	36.03	37.73	36.13	35.70	36.06	35.89	35.76
FeO	21.25	21.54	21.52	20.65	20.85	21.55	21.67	21.69	21.67
Al ₂ O ₃	18.23	18.36	18.50	18.90	19.10	18.50	18.67	18.41	18.98
CaO	0.33	0.34	0.26	0.27	0.24	0.26	0.29	0.26	0.28
MgO	0.12	0.13	0.14	0.18	0.18	0.14	0.15	0.15	0.18
MnO	23.27	23.48	22.75	21.95	22.38	22.84	23.10	23.02	23.15
TiO ₂	0.10	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
Total	99.15	99.96	99.30	99.77	98.97	99.07	100.04	99.49	100.09
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>									
TSi	6.01	5.99	6.03	6.26	6.05	5.99	5.99	6.00	5.93
Fe ⁺²	2.98	3.00	3.01	2.86	2.92	3.02	3.01	3.03	3.01
Al ^{VI}	3.60	3.59	3.65	3.69	3.76	3.64	3.64	3.62	3.64
Ca	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Mg	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Mn	3.31	3.31	3.22	3.08	3.17	3.24	3.25	3.26	3.25
TAl	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.07
Ti	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>									
Alm	46.75	46.85	47.67	47.42	47.23	47.61	47.41	47.58	47.33
Gross	0.93	0.94	0.74	0.78	0.70	0.72	0.82	0.70	0.77
Pirop	0.45	0.49	0.55	0.72	0.71	0.55	0.59	0.57	0.70
Spess	51.86	51.71	51.04	51.07	51.36	51.11	51.17	51.14	51.20
Uvaro	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00

EK C Kayağıl granat porfiroblastlarının mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	USGR1.1	USGR1.2	USGR1.3	USGR1.4	USGR1.5	USGR1.6	USGR2.1	USGR2.2	USGR2.3	USGR2.4	USGR2.5	USGR2.6	USGR2.7	USGR2.8	USGR2.9
SiO ₂	38.94	38.06	37.65	37.73	38.57	37.67	37.97	37.53	37.68	37.45	37.19	38.36	37.66	38.08	38.18
FeO	30.23	30.33	30.22	30.38	30.59	30.81	33.11	32.51	32.60	32.54	32.61	32.31	32.38	32.70	32.21
Al ₂ O ₃	22.58	22.64	21.79	22.16	22.13	21.80	21.85	21.50	21.52	21.77	21.42	21.99	22.11	22.12	21.76
CaO	5.82	5.92	5.96	5.90	5.76	5.40	4.89	5.19	5.03	5.27	5.25	5.07	5.00	4.93	4.90
MgO	2.01	1.88	1.86	1.76	2.09	2.11	1.93	1.90	1.81	1.79	1.94	2.19	2.32	2.64	2.94
MnO	1.18	1.16	1.09	1.01	0.91	0.76	0.62	0.60	0.52	0.49	0.27	0.23	0.01	0.14	0.03
TiO ₂	0.13	0.08	0.06	0.08	0.09	0.07	0.06	0.11	0.03	0.06	0.13	0.11	0.12	0.13	0.07
Total	100.88	100.07	98.63	99.02	100.12	98.60	100.43	99.33	99.17	99.37	98.81	100.25	99.60	100.74	100.09
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.16	6.07	6.10	6.09	6.15	6.11	6.07	6.06	6.10	6.05	6.04	6.12	6.04	6.04	6.08
Fe ⁺²	4.00	4.05	4.10	4.10	4.08	4.18	4.43	4.39	4.41	4.39	4.43	4.31	4.35	4.34	4.29
Al ^V	4.21	4.25	4.16	4.21	4.16	4.16	4.11	4.09	4.10	4.14	4.10	4.13	4.18	4.13	4.08
Ca	0.99	1.01	1.04	1.02	0.98	0.94	0.84	0.90	0.87	0.91	0.91	0.87	0.86	0.84	0.84
Mg	0.47	0.45	0.45	0.42	0.50	0.51	0.46	0.46	0.44	0.43	0.47	0.52	0.55	0.62	0.70
Mn	0.16	0.16	0.15	0.14	0.12	0.11	0.08	0.08	0.07	0.07	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	71.20	71.47	71.47	72.17	71.78	72.92	76.21	75.34	76.20	75.72	75.73	75.24	75.42	74.56	73.60
Gross	17.50	17.80	18.01	17.90	17.31	16.36	14.31	15.27	15.06	15.70	15.60	15.14	14.85	14.40	14.31
Pirop	8.43	7.90	7.86	7.43	8.76	8.89	7.92	7.85	7.52	7.42	8.02	9.09	9.62	10.72	11.97
Spess	2.81	2.77	2.61	2.44	2.15	1.83	1.44	1.41	1.22	1.15	0.62	0.53	0.03	0.33	0.08
Uvaro	0.06	0.06	0.05	0.05	0.00	0.01	0.13	0.13	0.00	0.01	0.03	0.00	0.07	0.00	0.05

EK C Devamı.

Örnek	USGR2.10	USGR4.1	USGR4.2	USGR4.3	USGR4.4	USGR4.5	USGR4.6	USGR4.7	USGR4.8	USGR4.9	USGR4.10	USGR4.11	USGR4.12	USGR6.1	USGR6.2
SiO ₂	38.77	37.86	38.52	38.05	37.95	38.70	38.59	38.77	38.54	37.91	38.64	38.32	38.76	37.95	38.71
FeO	31.07	32.99	32.01	31.74	31.83	31.84	32.33	31.39	32.42	31.82	31.77	31.33	30.96	32.45	31.92
Al ₂ O ₃	22.99	21.74	21.75	21.51	21.47	21.95	22.05	22.17	22.01	21.75	22.18	22.19	21.88	21.63	21.86
CaO	5.31	4.81	5.32	5.40	5.33	5.28	5.25	5.22	5.14	4.82	4.77	4.27	4.74	5.39	5.20
MgO	3.48	2.05	2.03	2.06	2.13	2.16	2.29	2.40	2.40	2.76	3.16	3.73	3.97	2.39	2.39
MnO	0.12	0.46	0.40	0.51	0.32	0.39	0.27	0.07	0.20	0.02	0.07	0.01	0.03	0.73	0.48
TiO ₂	0.09	0.32	0.05	0.15	0.07	0.03	0.15	0.09	0.09	0.09	0.11	0.07	0.05	0.04	0.05
Total	101.83	100.24	100.09	99.42	99.11	100.35	100.92	100.11	100.80	99.17	100.70	99.92	100.39	100.58	100.61
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.03	6.06	6.16	6.13	6.13	6.17	6.12	6.18	6.11	6.10	6.10	6.08	6.11	6.04	6.15
Fe ⁺²	4.04	4.42	4.28	4.27	4.30	4.24	4.29	4.18	4.30	4.28	4.20	4.16	4.08	4.32	4.24
Al ^V	4.21	4.10	4.10	4.08	4.08	4.12	4.12	4.16	4.11	4.12	4.13	4.15	4.06	4.05	4.09
Ca	0.89	0.83	0.91	0.93	0.92	0.90	0.89	0.89	0.87	0.83	0.81	0.73	0.80	0.92	0.89
Mg	0.81	0.49	0.48	0.50	0.51	0.51	0.54	0.57	0.57	0.66	0.74	0.88	0.93	0.57	0.57
Mn	0.02	0.06	0.06	0.07	0.04	0.05	0.04	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.06
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	70.30	76.23	74.70	74.08	74.39	74.29	74.48	73.99	74.55	74.12	72.89	72.11	70.13	73.17	73.68
Gross	15.36	14.24	15.91	16.03	15.92	15.61	15.48	15.71	15.12	14.37	13.98	12.55	13.72	15.52	15.33
Pirop	14.03	8.45	8.44	8.58	8.89	9.00	9.41	10.08	9.82	11.45	12.92	15.29	16.05	9.61	9.83
Spess	0.27	1.08	0.96	1.20	0.76	0.93	0.63	0.17	0.48	0.06	0.16	0.01	0.06	1.67	1.11
Uvaro	0.04	0.00	0.00	0.12	0.04	0.17	0.00	0.05	0.03	0.01	0.06	0.03	0.05	0.04	0.05

EK C Devamı.

Örnek	USGR6.3	USGR6.4	USGR6.5	USGR6.6	USGR6.7	USGR6.8	USGR7.1	USGR7.2	USGR7.3	USGR7.4	USGR7.5	USGR7.6	USGR7.7
SiO ₂	38.72	39.66	37.77	37.97	38.22	37.72	38.53	38.16	38.19	38.30	38.71	38.16	39.15
FeO	31.86	31.47	31.34	30.93	32.11	31.55	32.01	31.74	31.93	31.12	31.76	31.64	31.62
Al ₂ O ₃	21.67	21.64	21.70	21.92	21.91	21.76	21.98	21.71	22.06	21.68	22.24	22.06	22.37
CaO	5.21	4.99	4.73	4.90	3.87	3.61	3.08	3.44	3.31	3.80	3.37	3.31	3.28
MgO	2.57	3.20	3.40	3.52	3.88	4.39	4.39	4.33	4.35	4.17	4.38	4.14	4.46
MnO	0.50	0.18	0.19	0.17	0.07	0.00	0.07	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03
TiO ₂	0.06	0.12	0.07	0.07	0.09	0.12	0.34	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
Total	100.59	101.26	99.19	99.48	100.15	99.17	100.38	99.44	99.88	99.11	100.51	99.39	100.97
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>													
TSi	6.15	6.23	6.05	6.05	6.06	6.02	6.08	6.08	6.05	6.12	6.09	6.08	6.13
Fe⁺²	4.23	4.13	4.20	4.12	4.26	4.21	4.23	4.23	4.23	4.16	4.18	4.22	4.14
Al^{VI}	4.05	4.00	4.09	4.12	4.09	4.09	4.09	4.07	4.12	4.08	4.12	4.14	4.13
Ca	0.89	0.84	0.81	0.84	0.66	0.62	0.52	0.59	0.56	0.65	0.57	0.57	0.55
Mg	0.61	0.75	0.81	0.84	0.92	1.05	1.03	1.03	1.03	0.99	1.03	0.98	1.04
Mn	0.07	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>													
Alm	73.04	71.94	71.81	70.85	72.87	71.69	73.01	72.34	72.68	71.69	72.36	73.10	72.19
Gross	15.19	14.45	13.79	14.27	11.17	10.50	8.98	10.03	9.59	11.09	9.63	9.73	9.52
Pirop	10.50	13.03	13.87	14.36	15.71	17.80	17.84	17.59	17.65	17.11	17.77	17.05	18.13
Spess	1.15	0.42	0.43	0.40	0.17	0.00	0.15	0.03	0.03	0.00	0.04	0.04	0.08
Uvaro	0.12	0.16	0.10	0.12	0.09	0.01	0.02	0.01	0.06	0.11	0.21	0.08	0.08

EK D Susurluk alt lokasyon granat kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	BSGR2.1	BSGR2.2	BSGR2.3	BSGR2.4	BSGR2.5	BSGR2.6	BSGR2.7	BSGR2.8	BSGR2.9	BSGR2.10	BSGR2.11	BSGR2.12	BSGR2.13	BSGR2.14	BSGR3.1
SiO₂	36.69	36.40	36.39	36.04	37.00	36.89	36.33	37.12	36.58	36.86	36.73	36.94	36.60	36.71	38.39
FeO	26.16	25.66	25.75	25.65	25.88	25.38	25.79	25.58	25.70	26.10	25.40	25.92	25.70	25.81	23.68
Al₂O₃	7.02	7.15	6.18	8.14	7.06	7.07	8.08	7.10	8.09	7.02	8.02	7.04	8.03	7.02	5.91
CaO	31.50	30.80	30.59	30.08	30.58	30.89	30.33	30.70	30.13	30.57	30.15	30.62	30.12	30.87	30.58
MgO	0.04	0.09	0.10	0.07	0.09	0.16	0.06	0.09	0.08	0.07	0.05	0.06	0.01	0.06	0.24
MnO	0.07	0.14	0.13	0.10	0.11	0.16	0.09	0.11	0.15	0.11	0.10	0.13	0.05	0.11	0.39
TiO₂	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.92
Total	101.49	100.24	99.15	100.10	100.72	100.56	100.69	100.70	100.77	100.73	100.47	100.72	100.51	100.57	100.10
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	5.83	5.85	5.93	5.80	5.92	5.91	5.81	5.94	5.85	5.90	5.89	5.92	5.86	5.89	6.19
Fe⁺²	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16
Al^{VI}	1.15	1.21	1.11	1.34	1.26	1.24	1.33	1.28	1.37	1.23	1.40	1.24	1.38	1.21	1.12
Ca	5.36	5.31	5.34	5.18	5.25	5.30	5.20	5.27	5.16	5.25	5.17	5.26	5.17	5.30	5.28
Mg	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.06
Mn	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05
TAl	0.17	0.15	0.07	0.20	0.08	0.09	0.19	0.06	0.16	0.10	0.12	0.08	0.14	0.12	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	3.13	3.13	3.16	3.20	3.18	3.07	3.20	3.13	3.20	3.21	3.17	3.18	3.22	3.14	2.88
And	74.24	73.04	74.88	70.97	72.36	72.16	71.05	71.74	70.35	72.97	69.75	72.58	70.31	73.02	71.05
Gross	22.27	23.13	21.14	25.24	23.78	23.70	25.18	24.44	25.71	23.22	26.56	23.65	26.28	23.30	24.06
Pirop	0.19	0.37	0.42	0.33	0.41	0.69	0.28	0.39	0.35	0.31	0.24	0.27	0.05	0.27	1.04
Spess	0.17	0.33	0.33	0.26	0.28	0.38	0.22	0.28	0.37	0.28	0.26	0.32	0.13	0.26	0.95

EK D Devamı.

Örnek	BSGR3.2	BSGR3.3	BSGR3.5	BSGR3.6	BSGR3.7	BSGR3.8	BSGR3.9	BSGR3.10	BSGR4.1	BSGR4.2	BSGR4.3	BSGR4.4	BSGR4.5	BSGR4.6
SiO ₂	38.05	37.92	37.01	36.67	38.64	38.33	38.93	38.29	39.61	39.87	39.52	39.33	39.57	39.55
FeO	22.91	23.81	21.42	19.72	19.30	21.89	19.41	20.58	21.92	21.47	22.64	22.41	22.41	21.81
Al ₂ O ₃	6.52	7.05	11.38	13.93	11.33	9.36	10.50	9.57	8.27	8.41	7.20	7.22	7.21	7.81
CaO	30.82	30.06	29.42	29.31	30.17	29.99	30.28	30.26	31.87	31.16	30.88	30.85	30.85	30.85
MgO	0.12	0.07	0.02	0.05	0.14	0.08	0.07	0.03	0.10	0.10	0.13	0.13	0.11	0.10
MnO	0.46	0.51	0.14	0.20	0.44	0.31	0.36	0.37	0.11	0.10	0.09	0.09	0.06	0.06
TiO ₂	0.54	0.28	0.00	0.00	0.25	0.04	0.25	0.14	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Total	99.41	99.69	99.38	99.88	100.26	100.02	99.80	99.24	101.89	101.11	100.46	100.03	100.22	100.18
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>														
TSi	6.16	6.13	5.92	5.80	6.11	6.12	6.19	6.15	6.21	6.30	6.31	6.30	6.33	6.31
Fe ⁺²	0.16	0.16	1.43	1.30	1.28	0.15	1.29	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15
Al ^{VI}	1.24	1.34	2.07	2.39	2.11	1.76	1.97	1.81	1.53	1.56	1.35	1.36	1.36	1.47
Ca	5.34	5.20	5.04	4.96	5.11	5.13	5.16	5.21	5.35	5.27	5.28	5.29	5.29	5.28
Mg	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
Mn	0.06	0.07	0.02	0.03	0.06	0.04	0.05	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TAl	0.00	0.00	0.08	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.07	0.03	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>														
Alm	2.77	2.95	22.05	20.67	19.70	2.74	19.81	2.56	2.60	2.60	2.76	2.74	2.74	2.67
And	69.21	68.92	40.89	35.22	37.33	61.06	39.22	58.95	64.11	63.24	67.90	67.64	67.69	65.30
Gross	26.38	26.55	36.67	43.37	41.56	34.95	39.94	37.43	32.59	33.48	28.52	28.81	28.92	31.44
Pirop	0.51	0.31	0.07	0.17	0.50	0.37	0.27	0.12	0.44	0.44	0.54	0.58	0.50	0.45
Spess	1.13	1.27	0.29	0.43	0.91	0.80	0.74	0.94	0.27	0.24	0.23	0.22	0.16	0.14

EK D Devamı.

Örnek	BSGR4.7	BSGR4.8	BSGR4.9	BSGR4.10	BSGR4.11	BSGR4.12	BSGR4.13	BSGR4.14	BSGR4.15	BSGR4.16	BSGR4.17	BSGR4.18	BSGR4.19	BSGR4.20	BSGR4.21
SiO ₂	39.59	38.59	38.90	39.86	39.84	39.10	39.04	39.12	39.32	39.64	39.20	39.31	39.26	39.72	39.04
FeO	22.14	21.09	19.85	19.67	19.17	19.98	19.46	17.70	17.65	21.31	19.45	22.27	22.28	16.48	19.30
Al ₂ O ₃	7.49	8.41	9.18	9.53	9.89	9.22	9.71	11.12	11.08	8.10	9.88	7.28	7.38	12.33	10.00
CaO	30.78	30.82	30.81	30.83	30.85	30.80	30.79	30.87	30.84	30.67	30.81	30.60	30.57	30.85	30.68
MgO	0.08	0.06	0.12	0.09	0.12	0.12	0.11	0.09	0.07	0.08	0.06	0.06	0.05	0.07	0.09
MnO	0.07	0.12	0.21	0.19	0.20	0.19	0.15	0.16	0.23	0.15	0.13	0.13	0.11	0.20	0.25
TiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Total	100.16	99.08	99.07	100.17	100.09	99.41	99.25	99.08	99.19	99.96	99.55	99.66	99.65	99.65	99.37
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.33	6.22	6.25	6.32	6.32	6.26	6.25	6.24	6.26	6.34	6.25	6.32	6.31	6.27	6.24
Fe ⁺²	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	1.18	1.18	0.14	0.13	0.15	0.15	1.09	1.29
Al ^{VI}	1.41	1.60	1.74	1.78	1.85	1.74	1.83	2.09	2.08	1.53	1.86	1.38	1.40	2.29	1.88
Ca	5.27	5.32	5.30	5.24	5.24	5.28	5.28	5.27	5.26	5.25	5.27	5.27	5.27	5.22	5.25
Mg	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Mn	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	2.72	2.59	2.43	2.41	2.34	2.44	2.39	18.16	18.12	2.62	2.39	2.75	2.75	17.13	19.54
And	66.57	62.83	59.26	58.13	56.57	59.34	57.45	36.04	36.10	63.93	57.00	67.31	67.04	32.12	40.62
Gross	30.17	34.02	37.27	38.60	40.09	37.21	39.29	45.12	45.03	32.73	40.01	29.38	29.71	49.98	39.00
Pirop	0.36	0.27	0.51	0.38	0.50	0.54	0.48	0.33	0.26	0.35	0.27	0.24	0.23	0.26	0.32
Spess	0.18	0.29	0.52	0.46	0.49	0.47	0.38	0.33	0.48	0.37	0.33	0.33	0.27	0.41	0.52

EK D Devamı.

Örnek	BSGR4.22	BSGR4.23	BSGR4.24	BSGR4.25	BSGR4.26	BSGR4.27	BSGR4.28	BSGR4.29	BSGR4.30
SiO ₂	39.17	39.83	39.16	39.22	39.01	39.28	39.77	39.16	39.71
FeO	19.13	20.69	16.24	22.04	22.52	20.52	19.62	18.51	18.12
Al ₂ O ₃	10.11	8.97	13.15	7.60	7.14	8.88	9.81	10.61	10.84
CaO	30.71	30.68	30.25	30.59	30.61	30.68	30.72	30.75	30.34
MgO	0.05	0.05	0.06	0.09	0.05	0.08	0.08	0.08	0.06
MnO	0.19	0.17	0.15	0.15	0.10	0.15	0.24	0.15	0.23
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02
Total	99.36	100.38	99.02	99.72	99.44	99.61	100.24	99.25	99.33
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>									
TSi	6.26	6.33	6.21	6.30	6.29	6.29	6.30	6.25	6.33
Fe⁺²	1.28	0.14	1.08	0.15	0.15	0.14	0.13	1.23	1.21
Al^V	1.90	1.68	2.46	1.44	1.36	1.67	1.83	1.99	2.03
Ca	5.25	5.22	5.14	5.26	5.29	5.26	5.22	5.25	5.18
Mg	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Mn	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>									
Alm	19.45	2.55	17.23	2.71	2.78	2.53	2.41	18.91	18.77
And	40.16	60.85	30.45	66.10	67.99	60.86	57.39	38.19	37.17
Gross	39.80	35.98	51.77	30.40	28.76	35.88	39.23	42.27	43.31
Pirop	0.18	0.20	0.23	0.41	0.22	0.35	0.36	0.30	0.23
Spess	0.38	0.42	0.32	0.38	0.25	0.38	0.61	0.31	0.49

EK E Susurluk üst lokasyon granat kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	SGR1.1	SGR1.2	SGR1.4	SGR1.5	SGR1.6	SGR1.7	SGR1.8	SGR1.9	SGR1.10	SGR1.11	SGR1.12	SGR1.13	SGR1.14	SGR4.1
SiO ₂	38.62	38.89	38.65	38.57	38.94	38.71	38.76	38.88	38.45	38.76	38.33	38.64	38.59	37.84
FeO	20.38	20.15	19.72	19.76	18.67	19.34	18.90	20.41	20.22	22.69	22.84	24.06	22.33	25.08
Al ₂ O ₃	8.82	8.90	9.02	9.26	9.70	9.37	9.78	8.60	8.81	6.96	6.96	6.14	7.34	5.17
CaO	32.28	31.48	32.72	32.11	31.77	31.54	31.71	31.37	31.33	31.23	31.11	31.18	31.20	31.72
MgO	0.11	0.12	0.13	0.13	0.10	0.12	0.16	0.15	0.09	0.16	0.10	0.17	0.08	0.09
MnO	0.38	0.40	0.43	0.43	0.51	0.54	0.41	0.52	0.51	0.48	0.44	0.40	0.37	0.27
TiO ₂	0.10	0.07	0.04	0.15	0.20	0.09	0.07	0.15	0.08	0.06	0.16	0.06	0.05	0.01
Total	100.68	100.01	100.71	100.41	99.89	99.70	99.79	100.07	99.50	100.34	99.95	100.66	99.94	100.18
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>														
TSi	6.11	6.19	6.10	6.11	6.19	6.17	6.16	6.19	6.16	6.20	6.16	6.18	6.19	6.10
Fe ⁺²	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.15	0.17
Al ^{VI}	1.64	1.67	1.68	1.73	1.82	1.76	1.83	1.61	1.66	1.31	1.32	1.16	1.39	0.98
Ca	5.47	5.37	5.53	5.45	5.41	5.38	5.40	5.36	5.37	5.35	5.36	5.34	5.36	5.48
Mg	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02
Mn	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>														
Alm	2.37	2.40	2.26	2.31	2.21	2.30	2.24	2.43	2.42	2.71	2.74	2.87	2.68	2.96
And	60.72	60.27	59.51	58.72	56.12	57.98	56.41	61.26	60.54	68.60	68.49	72.41	67.12	76.52
Gross	35.58	35.85	36.71	37.39	40.02	37.86	39.62	34.42	35.33	26.84	27.20	23.02	28.97	19.48
Pirop	0.44	0.51	0.53	0.53	0.42	0.50	0.65	0.62	0.40	0.69	0.43	0.74	0.33	0.37
Spess	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.19	0.22	0.05	0.21	0.00	0.19	0.00	0.00	0.12

EK E Devamı.

Örnek	SGR4.2	SGR4.3	SGR4.4	SGR4.5	SGR4.6	SGR4.7	SGR4.8	SGR4.9	SGR4.10	SGR4.11	SGR4.12	SGR4.13	SGR4.14	SGR4.15	SGR4.16
SiO ₂	38.23	38.48	38.54	38.53	38.39	38.25	38.62	38.80	38.80	38.77	38.30	38.45	38.64	38.37	38.82
FeO	25.24	21.72	22.17	24.95	21.45	21.47	20.09	21.26	20.39	19.92	24.53	23.44	21.37	22.56	22.24
Al ₂ O ₃	5.39	7.88	7.46	5.45	7.97	7.92	8.59	8.08	8.80	9.09	5.82	6.93	7.93	7.18	7.51
CaO	31.95	31.42	32.02	31.43	31.42	31.36	31.51	31.55	31.21	31.27	30.85	30.94	31.06	30.78	30.95
MgO	0.03	0.03	0.14	0.12	0.15	0.09	0.16	0.09	0.11	0.11	0.06	0.12	0.09	0.08	0.02
MnO	0.18	0.42	0.35	0.24	0.32	0.47	0.35	0.37	0.51	0.48	0.34	0.36	0.49	0.35	0.26
TiO ₂	0.03	0.10	0.06	0.00	0.08	0.07	0.34	0.10	0.09	0.11	0.02	0.08	0.02	0.07	0.01
Total	101.04	100.05	100.74	100.73	99.78	99.64	99.68	100.25	99.91	99.74	99.91	100.32	99.60	99.40	99.79
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.11	6.16	6.12	6.17	6.15	6.14	6.17	6.18	6.19	6.19	6.19	6.16	6.20	6.19	6.23
Fe ⁺²	0.17	0.15	0.15	0.17	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.13	0.17	0.16	0.14	0.15	0.15
Al ^V	1.01	1.48	1.40	1.03	1.50	1.50	1.62	1.52	1.65	1.71	1.11	1.31	1.50	1.37	1.42
Ca	5.47	5.38	5.45	5.40	5.39	5.39	5.40	5.39	5.33	5.35	5.34	5.31	5.34	5.32	5.32
Mg	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01
Mn	0.02	0.06	0.05	0.03	0.04	0.06	0.05	0.05	0.07	0.06	0.05	0.05	0.07	0.05	0.04
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	2.97	2.60	2.59	2.97	2.56	2.56	2.39	2.53	2.45	2.39	2.98	2.83	2.57	2.75	2.71
And	75.89	64.84	66.59	75.50	64.30	64.50	60.57	63.75	60.79	59.40	73.93	69.30	64.43	67.78	66.58
Gross	20.57	31.42	29.41	20.38	31.74	31.40	35.51	32.45	35.07	36.57	22.03	26.37	31.38	28.26	29.94
Pirop	0.13	0.14	0.58	0.52	0.63	0.40	0.67	0.36	0.45	0.46	0.24	0.53	0.39	0.34	0.09
Spess	0.43	1.01	0.84	0.59	0.77	1.14	0.85	0.89	1.24	1.16	0.83	0.88	1.20	0.87	0.64

EK E Devamı.

Örnek	SGR5.3	SGR5.4	SGR5.5	SGR5.6	SGR5.7	SGR5.8	SGR5.9	SGR5.10	SGR5.11	SGR5.12	SGR5.13
SiO ₂	37.60	36.42	36.72	35.93	36.50	37.55	37.13	36.33	35.98	35.99	36.20
FeO	21.19	25.66	26.10	25.30	25.90	25.94	23.99	25.99	24.46	26.10	26.26
Al ₂ O ₃	9.39	6.08	6.00	6.11	6.04	6.06	7.48	6.01	7.33	6.08	6.03
CaO	31.58	31.09	31.17	31.12	31.11	31.20	31.08	31.24	31.28	31.06	30.95
MgO	0.22	0.12	0.09	0.16	0.06	0.07	0.13	0.09	0.09	0.00	0.00
MnO	0.27	0.13	0.30	0.18	0.10	0.13	0.20	0.10	0.43	0.38	0.53
TiO ₂	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
Total	100.25	99.51	100.39	98.81	99.74	100.98	100.02	99.78	99.56	99.61	99.97
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>											
TSi	5.97	5.91	5.91	5.87	5.91	6.01	5.96	5.88	5.81	5.84	5.86
Fe ⁺²	0.14	0.17	0.18	0.17	0.18	0.17	0.16	0.18	0.17	0.18	0.18
Al ^V	1.73	1.07	1.05	1.04	1.07	1.14	1.38	1.03	1.21	1.01	1.01
Ca	5.37	5.40	5.38	5.44	5.40	5.35	5.35	5.42	5.41	5.40	5.37
Mg	0.05	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00
Mn	0.04	0.02	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.06	0.05	0.07
TAl	0.03	0.09	0.09	0.13	0.09	0.00	0.04	0.12	0.19	0.16	0.14
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>											
Alm	2.51	3.10	3.13	3.04	3.13	3.12	2.89	3.12	2.92	3.15	3.16
And	60.72	75.49	75.98	75.86	75.71	74.22	68.90	76.40	72.22	76.97	76.98
Gross	35.14	20.59	19.72	19.97	20.64	22.02	27.14	19.86	23.45	18.96	18.56
Pirop	0.95	0.50	0.39	0.66	0.27	0.32	0.54	0.38	0.38	0.00	0.00
Spess	0.65	0.33	0.72	0.45	0.24	0.32	0.49	0.24	1.03	0.93	1.29

EK F Hacjaliler granat porfiroblastlarının mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	AG1.1.1	AG1.1.2	AG1.1.3	AG1.1.4	AG1.1.5	AG1.1.6	AG1.1.7	AG1.1.8	AG1.1.9	AG1.1.10	AG1.2.1	AG1.2.2	AG1.2.3	AG1.2.4	AG1.2.5
SiO ₂	37.71	37.73	37.92	37.64	37.88	37.72	38.61	38.31	38.24	38.20	38.90	38.48	38.62	38.90	38.09
FeO	30.95	32.12	32.59	33.26	33.41	31.98	31.39	32.09	33.21	33.19	32.99	32.78	31.82	30.87	33.86
Al ₂ O ₃	21.50	21.49	21.93	22.16	21.27	21.29	21.89	22.20	21.71	21.98	23.09	22.22	22.04	22.22	21.68
CaO	6.17	5.66	4.83	4.98	4.87	5.87	6.13	5.46	4.57	4.14	2.91	3.60	4.11	5.25	2.29
MgO	1.51	1.53	1.66	1.73	1.71	1.53	1.72	1.86	2.18	2.68	3.16	2.84	3.05	2.49	3.30
MnO	1.14	1.09	0.94	0.83	0.74	0.56	0.60	0.34	0.20	0.11	0.09	0.16	0.08	0.09	0.18
TiO ₂	0.08	0.10	0.09	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.08	0.04	0.05	0.08	0.11	0.11	0.06
Total	99.05	99.72	99.97	100.69	99.94	99.03	100.43	100.35	100.19	100.34	101.19	100.15	99.83	99.93	99.44
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.11	6.08	6.10	6.01	6.10	6.12	6.16	6.11	6.12	6.09	6.12	6.13	6.16	6.20	6.12
Fe ⁺²	4.19	4.33	4.38	4.44	4.50	4.34	4.19	4.28	4.44	4.42	4.34	4.37	4.25	4.11	4.55
Al ^V	4.10	4.08	4.15	4.17	4.04	4.07	4.11	4.17	4.09	4.13	4.28	4.17	4.14	4.17	4.11
Ca	1.07	0.98	0.83	0.85	0.84	1.02	1.05	0.93	0.78	0.71	0.49	0.61	0.70	0.90	0.39
Mg	0.37	0.37	0.40	0.41	0.41	0.37	0.41	0.44	0.52	0.64	0.74	0.67	0.73	0.59	0.79
Mn	0.16	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.08	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	72.48	74.33	76.33	76.36	76.90	74.72	73.15	75.07	76.94	76.51	77.73	76.94	74.68	73.27	79.02
Gross	18.50	16.79	14.48	14.63	14.36	17.57	18.28	16.38	13.47	12.16	8.78	10.72	12.37	15.93	6.72
Pirop	6.32	6.33	6.95	7.08	7.02	6.38	7.15	7.75	9.02	11.02	13.28	11.87	12.76	10.55	13.73
Spess	2.70	2.55	2.24	1.93	1.72	1.33	1.41	0.80	0.47	0.25	0.21	0.37	0.19	0.22	0.41
Uvaro	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.06	0.00	0.10	0.00	0.04	0.12

EK F Devamı.

Örnek	AG1.2.6	AG5.1	AG5.2	AG5.3	AG5.5	AG5.6	AG5.7	AG6.1	AG6.2	AG6.3	AG6.4	AG6.5	AG6.6	AG6.7
SiO ₂	38.31	36.31	36.45	35.92	35.97	36.88	36.10	37.85	38.13	37.70	38.21	37.95	37.87	37.62
FeO	34.11	35.46	32.49	34.56	34.98	34.12	36.39	32.63	32.01	33.06	33.14	33.99	34.42	35.33
Al ₂ O ₃	22.29	21.08	21.32	20.93	21.05	21.16	21.23	21.41	21.36	21.18	21.67	21.22	21.27	21.07
CaO	2.33	4.59	6.52	5.69	5.38	5.80	2.98	5.00	5.35	4.47	4.34	3.33	2.88	2.34
MgO	3.13	2.72	2.35	1.97	1.85	2.12	3.33	1.81	1.83	2.01	2.27	2.55	2.85	3.10
MnO	0.12	0.09	0.19	0.60	0.55	0.18	0.06	1.02	0.96	0.76	0.60	0.33	0.13	0.06
TiO ₂	0.02	0.11	0.13	0.05	0.11	0.06	0.03	0.08	0.06	0.08	0.10	0.08	0.04	0.04
Total	100.30	100.36	99.45	99.71	99.90	100.32	100.12	99.80	99.70	99.25	100.34	99.45	99.46	99.56
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>														
TSi	6.11	5.81	5.86	5.80	5.81	5.90	5.79	6.10	6.14	6.10	6.11	6.13	6.11	6.07
Fe⁺²	4.55	4.75	4.37	4.67	4.72	4.57	4.88	4.40	4.31	4.48	4.43	4.59	4.64	4.76
Al^{VI}	4.18	3.79	3.90	3.78	3.81	3.89	3.80	4.06	4.05	4.04	4.08	4.04	4.04	4.00
Ca	0.40	0.79	1.12	0.99	0.93	1.00	0.51	0.86	0.92	0.78	0.74	0.58	0.50	0.41
Mg	0.74	0.65	0.56	0.48	0.44	0.51	0.80	0.43	0.44	0.49	0.54	0.61	0.68	0.75
Mn	0.02	0.01	0.03	0.08	0.08	0.03	0.01	0.14	0.13	0.11	0.08	0.05	0.02	0.01
TAl	0.00	0.19	0.14	0.20	0.19	0.10	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>														
Alm	79.71	76.61	71.83	75.18	76.51	74.96	78.75	75.37	74.28	76.63	76.42	78.81	79.47	80.43
Gross	6.96	12.71	18.42	15.77	14.92	16.19	8.16	14.75	15.83	13.10	12.79	9.85	8.52	6.77
Pirop	13.04	10.49	9.27	7.65	7.19	8.32	12.84	7.44	7.56	8.31	9.34	10.53	11.71	12.59
Spess	0.29	0.19	0.42	1.31	1.23	0.41	0.14	2.39	2.26	1.79	1.40	0.77	0.30	0.15
Uvaro	0.00	0.00	0.06	0.09	0.16	0.13	0.11	0.06	0.08	0.18	0.04	0.04	0.00	0.06

EK G Ekinözü granat porfiroblastlarının mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	KMGR1.1	KMGR1.2	KMGR1.3	KMGR1.4	KMGR1.5	KMGR1.6	KMGR1.7	KMGR1.8	KMGR1.9	KMGR1.10	KMGR1.11	KMGR1.12	KMGR1.13	KMGR2.1	KMGR2.2
SiO₂	37.38	37.60	37.56	37.97	37.97	37.32	37.99	37.63	37.31	37.02	37.54	37.50	37.70	37.61	37.56
FeO	35.00	35.50	34.95	34.63	35.06	35.30	36.00	36.40	36.47	37.11	37.11	37.04	37.58	35.69	35.97
Al₂O₃	21.13	21.90	21.46	21.76	21.43	21.50	21.74	21.57	21.37	21.42	21.34	21.61	21.51	21.58	21.81
CaO	2.07	2.15	2.32	2.10	1.96	2.01	1.87	1.89	1.70	1.46	1.13	1.13	0.79	1.70	1.67
MgO	2.04	1.95	1.94	2.03	2.00	2.10	2.12	2.10	2.24	2.47	2.54	2.57	2.81	1.97	2.05
MnO	2.12	2.07	1.99	2.09	2.06	1.69	1.08	1.04	0.63	0.38	0.34	0.34	0.09	2.21	1.89
TiO₂	0.06	0.08	0.07	0.03	0.12	0.06	0.12	0.03	0.03	0.10	0.07	0.07	0.05	0.03	0.05
Total	99.79	101.25	100.30	100.61	100.61	99.97	100.91	100.66	99.75	99.94	100.06	100.26	100.52	100.78	101.00
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.06	6.01	6.06	6.10	6.11	6.04	6.09	6.05	6.05	5.99	6.06	6.04	6.06	6.05	6.02
Fe⁺²	4.75	4.75	4.72	4.65	4.72	4.78	4.82	4.89	4.94	5.02	5.01	4.99	5.05	4.80	4.82
Al^{VI}	4.04	4.12	4.08	4.12	4.06	4.10	4.10	4.08	4.08	4.07	4.06	4.10	4.07	4.09	4.12
Ca	0.36	0.37	0.40	0.36	0.34	0.35	0.32	0.33	0.30	0.25	0.20	0.20	0.14	0.29	0.29
Mg	0.49	0.46	0.47	0.49	0.48	0.51	0.51	0.50	0.54	0.60	0.61	0.62	0.67	0.47	0.49
Mn	0.29	0.28	0.27	0.29	0.28	0.23	0.15	0.14	0.09	0.05	0.05	0.05	0.01	0.30	0.26
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	80.60	81.00	80.54	80.44	81.10	81.47	83.22	83.46	84.26	84.80	85.46	85.31	86.04	81.84	82.35
Gross	6.07	6.27	6.82	6.21	5.73	5.94	5.42	5.51	5.04	4.23	3.24	3.32	2.31	4.99	4.87
Pirop	8.37	7.92	7.98	8.40	8.25	8.65	8.74	8.57	9.23	10.05	10.42	10.57	11.45	8.04	8.36
Spess	4.93	4.79	4.65	4.93	4.84	3.94	2.53	2.41	1.46	0.88	0.80	0.79	0.21	5.13	4.39
Uvaro	0.03	0.02	0.01	0.03	0.08	0.00	0.11	0.05	0.00	0.04	0.08	0.01	0.00	0.00	0.03

EK G Devamı.

Örnek	KMGR2.3	KMGR2.4	KMGR2.5	KMGR2.6	KMGR2.7	KMGR2.8	KMGR3.1	KMGR3.2	KMGR3.3	KMGR3.4	KMGR3.5	KMGR3.6	KMGR3.7	KMGR3.8	KMGR3.9
SiO ₂	37.00	37.68	36.97	37.28	37.18	37.40	35.41	37.51	38.42	37.98	37.93	37.37	37.07	38.22	36.39
FeO	36.34	36.31	36.83	37.09	37.17	37.40	40.13	37.19	37.57	37.03	37.43	37.15	36.68	36.53	44.63
Al ₂ O ₃	21.25	21.56	21.26	21.34	21.51	21.28	21.47	21.70	22.92	21.85	21.92	21.76	21.56	22.26	21.13
CaO	1.66	1.74	1.53	1.05	0.84	0.59	0.91	0.81	0.83	0.95	0.80	0.94	1.03	1.05	0.97
MgO	2.14	2.16	2.14	2.43	2.66	2.90	2.36	2.46	2.51	2.60	2.51	2.61	2.46	2.49	2.38
MnO	1.45	1.13	0.67	0.43	0.33	0.14	0.33	0.38	0.38	0.35	0.38	0.34	0.35	0.32	0.31
TiO ₂	0.07	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.10	0.07	0.12	0.04	0.09	0.07	0.05	0.04	0.54
Total	99.91	100.63	99.46	99.70	99.74	99.77	100.70	100.12	102.74	100.79	101.05	100.23	99.21	100.91	106.36
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>															
TSi	6.00	6.06	6.02	6.05	6.02	6.05	5.72	6.06	6.03	6.08	6.07	6.02	6.04	6.11	5.61
Fe ⁺²	4.93	4.88	5.02	5.03	5.04	5.06	5.42	5.02	4.94	4.96	5.01	5.01	5.00	4.88	5.75
Al ^{VI}	4.05	4.08	4.08	4.08	4.10	4.06	3.80	4.13	4.24	4.12	4.13	4.13	4.14	4.19	3.44
Ca	0.29	0.30	0.27	0.18	0.15	0.10	0.16	0.14	0.14	0.16	0.14	0.16	0.18	0.18	0.16
Mg	0.52	0.52	0.52	0.59	0.64	0.70	0.57	0.59	0.59	0.62	0.60	0.63	0.60	0.59	0.55
Mn	0.20	0.15	0.09	0.06	0.05	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06
<i>uç üye bileşimleri</i>															
Alm	83.06	83.42	85.10	85.86	85.80	86.03	87.57	86.48	86.40	85.66	86.43	85.70	85.80	85.68	88.49
Gross	4.74	5.12	4.54	3.09	2.49	1.74	2.54	2.37	2.43	2.80	2.34	2.77	3.10	3.15	2.47
Pirop	8.73	8.84	8.81	10.02	10.94	11.90	9.16	10.21	10.29	10.72	10.31	10.73	10.27	10.40	8.42
Spess	3.35	2.62	1.56	1.00	0.77	0.33	0.73	0.89	0.87	0.82	0.89	0.80	0.83	0.76	0.63
Uvaro	0.12	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00

EK G Devamı.

Örnek	KMGR3.10	KMGR3.11	KMGR3.12	KMGR3.13	KMGR3.14	KMGR3.15
SiO ₂	38.27	37.03	37.94	36.96	38.31	37.69
FeO	36.64	36.65	36.92	36.34	36.07	36.57
Al ₂ O ₃	21.85	21.33	21.86	21.64	22.11	21.86
CaO	1.00	0.74	0.53	0.52	0.55	0.50
MgO	2.49	2.60	3.02	2.90	3.17	3.20
MnO	0.36	0.29	0.13	0.15	0.06	0.11
TiO ₂	0.02	0.10	0.04	0.03	0.04	0.03
Total	100.63	98.75	100.45	98.54	100.31	99.94
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>						
TSi	6.14	6.06	6.08	6.04	6.13	6.06
Fe ⁺²	4.91	5.01	4.95	4.97	4.83	4.92
Al ^{VI}	4.13	4.11	4.13	4.17	4.17	4.14
Ca	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09
Mg	0.60	0.64	0.72	0.71	0.76	0.77
Mn	0.05	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>						
Alm	85.75	86.18	8.62	85.87	84.90	84.99
Gross	2.95	2.22	1.59	1.57	1.62	1.41
Pirop	10.40	10.92	12.49	12.19	13.31	13.27
Spess	0.86	0.69	0.30	0.36	0.14	0.25
Uvaro	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08

EK H Çavuşlu granat kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	MDGR3.1	MDGR3.2	MDGR3.3	MDGR3.4	MDGR3.5	MDGR3.6	MDGR3.7	MDGR3.8	MDGR3.9	MDGR3.10	MDGR3.11	MDGR3.12	MDGR3.13	MDGR4.1
SiO ₂	37.52	37.33	37.88	37.74	37.71	37.34	37.92	37.68	37.86	38.00	37.72	37.55	37.56	37.68
FeO	36.74	36.89	36.94	36.63	36.67	36.92	37.38	37.17	36.96	37.43	37.12	37.59	37.78	35.14
Al ₂ O ₃	21.09	21.29	21.72	21.64	21.83	21.30	21.49	21.76	21.55	21.77	21.80	21.53	21.41	22.35
CaO	1.59	1.58	1.43	1.32	1.39	1.39	1.40	1.02	0.85	0.82	0.82	0.80	0.60	1.60
MgO	2.43	2.34	2.47	2.52	2.47	2.47	2.25	2.43	2.72	2.78	2.63	2.85	2.93	2.28
MnO	0.43	0.34	0.46	0.47	0.33	0.41	0.39	0.45	0.45	0.38	0.39	0.36	0.15	0.98
TiO ₂	0.04	0.06	0.09	0.09	0.04	0.05	0.05	0.08	0.07	0.05	0.05	0.08	0.04	0.00
Total	99.83	99.82	101.00	100.40	100.44	99.87	100.89	100.59	100.46	101.23	100.52	100.76	100.47	100.03
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>														
TSi	6.07	6.05	6.06	6.07	6.06	6.04	6.08	6.06	6.08	6.06	6.06	6.02	6.04	6.07
Fe ⁺²	4.97	5.00	4.94	4.93	4.93	4.99	5.02	5.00	4.97	4.99	4.99	5.04	5.08	4.73
Al ^{VI}	4.02	4.06	4.09	4.10	4.13	4.06	4.06	4.12	4.08	4.09	4.12	4.07	4.05	4.24
Ca	0.28	0.27	0.25	0.23	0.24	0.24	0.24	0.18	0.15	0.14	0.14	0.14	0.10	0.28
Mg	0.59	0.57	0.59	0.60	0.59	0.60	0.54	0.58	0.65	0.66	0.63	0.68	0.70	0.55
Mn	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.02	0.13
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
<i>uç üye bileşimleri</i>														
Alm	84.37	84.95	84.63	84.65	84.92	84.84	85.78	85.91	85.25	85.43	85.85	85.33	86.02	83.17
Gross	4.54	4.63	4.16	3.79	4.04	3.83	4.01	3.00	2.40	2.37	2.34	2.32	1.75	4.72
Pirop	9.95	9.60	10.09	10.36	10.19	10.10	9.19	10.02	11.18	11.29	10.82	11.52	11.89	9.63
Spess	0.99	0.80	1.08	1.09	0.77	0.96	0.90	1.05	1.06	0.88	0.91	0.83	0.33	2.35
Uvaro	0.15	0.02	0.04	0.10	0.09	0.27	0.12	0.02	0.11	0.03	0.08	0.00	0.00	0.13

EK H Devamı.

Örnek	MDGR4.2	MDGR4.3	MDGR4.4	MDGR4.5	MDGR4.6	MDGR4.7	MDGR4.8	MDGR4.9	MDGR4.10	MDGR4.11	MDGR4.12	MDGR4.13
SiO₂	37.56	39.14	37.51	37.89	37.60	38.01	38.10	37.91	37.13	38.15	37.35	38.03
FeO	35.90	35.53	36.01	36.24	36.07	36.16	36.48	36.14	35.85	35.68	35.64	34.94
Al₂O₃	21.31	23.27	21.43	21.72	21.37	21.78	21.91	21.96	21.52	21.96	21.57	22.01
CaO	1.41	1.07	0.94	0.65	0.65	0.60	0.56	0.57	0.58	0.49	0.49	0.57
MgO	2.31	2.72	2.82	2.87	2.98	3.11	3.10	3.01	2.95	3.80	3.84	3.97
MnO	0.62	0.39	0.28	0.21	0.12	0.06	0.08	0.15	0.04	0.01	0.07	0.06
TiO₂	0.06	0.02	0.06	0.09	0.02	0.06	0.06	0.03	0.06	0.02	0.04	0.05
Total	99.16	102.14	99.05	99.68	98.81	99.79	100.29	99.76	98.11	100.12	99.00	99.63
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>												
TSi	6.12	6.15	6.10	6.12	6.13	6.13	6.11	6.11	6.09	6.10	6.04	6.10
Fe⁺²	4.89	4.67	4.90	4.90	4.92	4.87	4.89	4.87	4.92	4.77	4.82	4.69
Al^{VI}	4.09	4.31	4.10	4.13	4.10	4.13	4.14	4.17	4.16	4.13	4.11	4.16
Ca	0.25	0.18	0.16	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10
Mg	0.56	0.64	0.68	0.69	0.72	0.75	0.74	0.72	0.72	0.90	0.93	0.95
Mn	0.09	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>												
Alm	84.56	84.33	84.67	85.45	85.18	85.00	85.22	85.27	85.59	82.80	82.53	81.63
Gross	4.25	3.21	2.78	1.83	1.95	1.80	1.61	1.58	1.65	1.33	1.46	1.70
Pirop	9.71	11.50	11.82	12.08	12.55	13.05	12.93	12.67	12.54	15.70	15.86	16.53
Spess	1.48	0.93	0.67	0.51	0.29	0.15	0.19	0.35	0.09	0.03	0.15	0.13
Uvaro	0.00	0.04	0.06	0.13	0.02	0.00	0.06	0.14	0.13	0.14	0.00	0.00

EK I Hudutköy amfibolit granatlarının mineral kimyası analiz sonuçları ve uç üye bileşimleri.

Örnek	DGR2.1	DGR2.2	DGR2.3	DGR2.4	DGR2.5	DGR2.6	DGR2.7	DGR2.8	DGR2.9	DGR3.1.1	DGR3.1.2	DGR3.1.3	DGR3.1.4	DGR3.1.5	DGR3.2.1	DGR3.2.2
SiO₂	39.90	39.61	40.16	39.71	39.41	39.68	39.86	39.41	39.87	39.46	39.72	40.54	38.62	40.66	39.13	40.15
FeO	21.59	21.09	21.20	20.65	20.52	20.70	20.65	20.92	20.61	20.53	20.43	20.62	20.07	20.47	20.18	20.94
Al₂O₃	22.24	21.83	22.20	22.19	22.11	22.33	22.41	21.82	21.82	22.67	22.07	22.39	21.79	22.91	22.01	22.40
CaO	7.52	7.91	7.91	7.36	7.62	7.72	7.65	7.82	7.97	7.57	7.74	7.64	7.47	7.38	8.40	8.46
MgO	8.21	8.46	8.51	8.68	8.52	8.64	8.71	8.03	8.42	8.96	9.03	9.15	9.10	9.43	8.37	7.63
MnO	0.47	0.49	0.40	0.55	0.58	0.62	0.68	0.65	0.64	0.26	0.16	0.16	0.25	0.22	0.73	1.08
TiO₂	0.04	0.40	0.37	0.07	0.19	0.06	0.08	0.19	0.16	0.06	0.02	0.06	0.10	0.07	0.07	0.04
Total	99.98	99.79	100.76	99.21	98.94	99.76	100.04	98.85	99.50	99.51	99.17	100.56	97.40	101.13	98.88	100.70
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>																
TSi	6.09	6.05	6.07	6.08	6.06	6.05	6.05	6.08	6.10	6.01	6.07	6.11	6.00	6.08	6.01	6.09
Fe⁺²	2.75	2.69	2.68	2.64	2.64	2.64	2.62	2.70	2.64	2.61	2.61	2.60	2.61	2.56	2.59	2.66
Al^{VI}	3.99	3.92	3.95	4.00	4.00	4.01	4.01	3.96	3.93	4.07	3.97	3.97	3.98	4.03	3.98	4.00
Ca	1.23	1.29	1.28	1.21	1.25	1.26	1.25	1.29	1.31	1.24	1.27	1.23	1.24	1.18	1.38	1.38
Mg	1.87	1.93	1.92	1.98	1.95	1.96	1.97	1.85	1.92	2.03	2.06	2.05	2.11	2.10	1.92	1.73
Mn	0.06	0.06	0.05	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.09	0.14
TAl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.05	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>																
Alm	46.59	45.07	45.19	44.79	44.56	44.40	44.24	45.57	44.34	44.18	43.83	44.00	43.52	43.59	43.31	45.07
Gross	20.63	21.43	21.44	20.32	21.03	21.21	20.94	21.59	21.76	20.71	21.05	20.65	20.40	19.70	22.89	23.22
Pirop	31.59	32.24	32.33	33.56	32.97	33.05	33.26	31.19	32.28	34.39	34.55	34.79	35.17	35.81	32.01	29.25
Spess	1.03	1.05	0.86	1.21	1.27	1.35	1.48	1.43	1.41	0.56	0.35	0.34	0.54	0.48	1.58	2.34
Uvaro	0.17	0.21	0.17	0.13	0.17	0.00	0.07	0.24	0.22	0.16	0.22	0.23	0.37	0.43	0.21	0.11

EK I Devamı.

Örnek	DGR3.2.3	DGR3.2.4	DGR3.2.5	DGR5.1.1	DGR5.1.2	DGR5.1.3	DGR5.1.4	DGR5.1.5	DGR5.1.6	DGR5.1.7	DGR5.2.1	DGR5.2.2	DGR5.2.3	DGR5.2.4	DGR5.2.5	DGR5.2.6
SiO ₂	39.42	39.55	39.28	38.92	38.88	39.22	38.56	39.37	40.12	38.74	38.84	39.62	38.96	39.46	38.49	38.99
FeO	21.29	20.72	20.83	23.81	23.23	23.56	23.29	23.00	23.05	23.20	23.30	23.07	23.05	22.83	23.31	23.30
Al ₂ O ₃	21.93	22.08	21.82	21.91	21.96	21.76	21.42	22.03	21.66	21.96	21.35	21.56	21.89	22.26	21.24	21.74
CaO	8.36	8.50	8.45	7.25	7.99	8.48	8.41	8.44	7.38	7.61	8.65	8.54	7.81	8.53	8.66	8.56
MgO	7.43	7.42	7.41	7.61	6.93	6.14	6.03	6.04	7.54	7.38	5.87	5.72	6.83	5.95	5.78	5.92
MnO	1.48	1.26	1.20	0.63	0.73	1.30	1.46	1.42	0.56	0.66	1.48	1.41	0.94	1.47	1.38	1.20
TiO ₂	0.09	0.03	0.09	0.08	0.05	0.17	0.06	0.17	0.08	0.06	0.18	0.21	0.05	0.20	0.18	0.12
Total	100.01	99.57	99.07	100.22	99.77	100.62	99.23	100.47	100.39	99.59	99.67	100.12	99.52	100.71	99.04	99.83
<i>24 oksijene göre formüle edilmiştir</i>																
TSi	6.04	6.08	6.07	5.97	5.99	6.03	6.02	6.06	6.13	5.97	6.04	6.13	6.03	6.06	6.03	6.05
Fe ⁺²	2.73	2.66	2.69	3.05	3.00	3.03	3.04	2.96	2.95	2.99	3.03	2.99	2.98	2.93	3.05	3.02
Al ^{VI}	3.96	4.00	3.97	3.92	3.98	3.94	3.94	3.99	3.90	3.96	3.91	3.93	3.99	4.03	3.92	3.97
Ca	1.37	1.40	1.40	1.19	1.32	1.40	1.41	1.39	1.21	1.26	1.44	1.42	1.29	1.40	1.45	1.42
Mg	1.70	1.70	1.71	1.74	1.59	1.41	1.40	1.39	1.72	1.70	1.36	1.32	1.57	1.36	1.35	1.37
Mn	0.19	0.16	0.16	0.08	0.10	0.17	0.19	0.19	0.07	0.09	0.20	0.19	0.12	0.19	0.18	0.16
TAl	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
<i>uç üye bileşimleri</i>																
Alm	45.54	44.92	45.20	50.34	49.90	50.47	50.31	49.97	49.54	49.62	50.26	50.56	49.93	49.79	50.56	50.62
Gross	22.77	23.60	23.43	19.42	21.66	23.07	23.27	23.43	20.08	20.61	23.82	23.71	21.52	23.84	23.99	23.79
Pirop	28.34	28.69	28.66	28.68	26.53	23.43	23.23	23.41	28.91	28.12	22.59	22.35	26.35	23.12	22.34	22.92
Spess	3.21	2.77	2.63	1.34	1.59	2.83	3.19	3.13	1.22	1.42	3.23	3.13	2.05	3.25	3.03	2.64
Uvaro	0.14	0.02	0.08	0.22	0.32	0.20	0.00	0.06	0.25	0.23	0.09	0.26	0.14	0.00	0.09	0.03

