

İnegöl, Keles (Bursa) Yöresi Polimetalik Cevherleşmelerinin Değerlendirilmesi

Hüseyin Kocatürk

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2017

Evaluation of Polymetallic Mineralizations Over İnegöl, Keles (Bursa)

Hüseyin Kocatürk

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Geological Engineering

January 2017

İnegöl, Keles (Bursa) Yöresi Polimetallik Cevherleşmelerinin Değerlendirilmesi

Hüseyin Kocatürk

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Maden Yatakları ve Jeokimya Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Sendir

"Bu Tez 201115031 Numaralı Bilimsel Araştırma Projesi çerçevesinde desteklenmiştir"

Ocak 2017

## ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Hüseyin Kocatürk'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “İnegöl, Keles (Bursa) Yöresi Polimetalik Cevherleşmelerinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Danışman** : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Sendir

**Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SENDİR

**Üye** : Prof. Dr. Selahattin KADİR

**Üye** : Doç. Dr. Mustafa KUMRAL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŐAHAN  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SENDİR danışmanlığında hazırlamış olduğum “İnegöl, Keleş (Bursa) Yöresi Polimetallik Cevherleşmelere Dair Değerlendirmeler” başlıklı tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.

30/01/2017

Hüseyin KOCATÜRK

İmza

## ÖZET

Araştırma sahası Kütahya-Bursa-Bilecik İl sınırları içinde yer almaktadır. Sahanın seçilmesindeki en önemli faktörlerden birisi Domaniç Granodiyoritidir.

Bütün cevherleşme intrüzyon ve intrüzyona bağlı olarak gelişen ürünlerle ilgili olarak oluşmuştur. İntrüzyon geneli itibariyle granodiyorit alt tiplere ayırdığımızda ise granodiyorit porfir, diyorit, porfir, granitoyit ve diyorit olarak sınıflandırılmıştır. İntrüzyon bir çok farklı litolojik birimi kesmektedir. Cevher gelişim süreçlerinin ana kaya ve yan kaya ilişikisine dayandığı gözlenmiştir.

Sarıçayırıyayla bölgesinde magmatik kayalar içerisinde damar tipi cevherleşmeler şekillenmiştir. Bu cevherleşmenin ana kayacı kısmi olarak tonalitik karakterli granodiyoritdir. Gözlenen cevher mineralleri kalkopirit, pirit, sfalerit, ve rutildir. Granodiyorit içerisinde şekillenen diğer bir yatak ise Arapdede Bölgesinde'dir. Bu bölgede grandodiyorit yan kayacında aktinolit ve Mg'ca zengin mineraller ile cevherleşmeye rastlanılmıştır. Arapdede bölgesinde rastlanan cevher mineralleri galen, kalkopirit, feldspar ve kalsitdir. İclaliye cevherleşmeleride Hayriye bölgesi ile benzer özellikler göstermektedir. Her iki cevherleşme de granodiyorit, mermer ve şist dokanağında skarn tipi yataklar olarak gözlenmektedir. Ek olarak Hayriye bölgesinde bornit gibi yüksek miktarda bakır içeren minerallerin var olduğunda söylemek mümkündür.

Bu çalışma ile cevher zenginleşme süreçleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sırasında sıvı kapanım teknikleri, cevher mikroskobisi ile yapılan araştırmalar ve jeokimyasal sonuçlar kullanılmıştır. Sonuçlar farklı tipteki cevherleşmelerin karşılaştırılması şeklinde ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Granodiyorit, Porfir, Skarn, İntrüzyon, Polimetallik

## SUMMARY

Investigation field is located between Kütahya-Bursa-Bilecik provincial borders. One of the most important factor is Domaniç Granodiorite to choose study field.

All the ore genesis processes was related this intrusion and it's relevant products. Intrusion classified as generally granodiorite with the subtypes such as granodiorite porphyry, diorite porphyry, granite, diorite. Intrusion intersects with the many different lithological units. Main observation is ore genesis process formed with the host rock type and wall rock variation.

Ore deposit which is formed over Sarıçayır yayla region observed in magmatic rocks with vein type mineralizations. Host rock was granodiorite but partially composition similar with tonalite. Observed ore minerals are chalcopyrite, pyrite, sphalerite and rutile. Another deposit which is formed over Arapdede region observed in granitoid and Mg-Rich minerals such as actinolite has been observed in wall rock. Observed ore minerals for Arapdede region were galena, chalcopyrite, feldspar and calcite. Iclaliye mineralizations was similar with Hayriye region and it is mainly formed as skarn type deposit which observed on the border of granodiorite, marble and schists. Additionally Copper enrichment is much more and it is possible to see some high copper including minerals such as bornite in this field.

Consequently in this study geochemical results and ore forming processes compared. Comparison made with fluid inclusion technics, ore microscopy investigations, and geochemical results.

**Key words:** Granodiorite, Porphyry, Skarn, Intrusion, Polymetallic

## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden tamamlanış aşamasına dek, beni yönlendiren, gelişimime katkı sağlayan ve bu çalışmayı sonuçlandırmamda çok büyük emeği olan tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Dr. Hüseyin SENDİR'e çok teşekkür ederim.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi bünyesinde yürütülen ve bu tezin büyük kısmını oluşturan 201115031 Numaralı Bilimsel Araştırma Projesinin yürütülmesi sırasındaki katkılarından dolayı Prof.Dr. Kadir Sarıöz'e ve Ar. Gör. Duru Aral'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tezin İzotop ve XRD analizi ile ilgili kısımlarındaki çalışmaların yapılması ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen, Prof. Dr. Halim Mutlu'ya teşekkür ederim.

Saha çalışmalarındaki katkılarından dolayı Jeoloji Mühendisi İshak Burak Bayraktar'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın sonuçlandırılması sırasında iş yükümü azaltarak önemli imkanlar sağlayan ve çalışmanın literatüre kazandırılması için hassasiyet gösteren doktora tez danışmanım Doç.Dr. Mustafa Kumral'a teşekkür ederim.

Öğrencilik hayatımda gösterdiği özel ilgi ile mesleğimi sevmeme büyük katkılar sağlamış Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Selahattin Kadir'e teşekkür ederim.

Son olarak her koşulda yanımda olan ve beni her koşulda destekleyerek başarılarımda büyük rol sahibi olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, 201115031 Numaralı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	viii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	ix
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	x
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xiii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI</b> .....	2
<b>3. BÖLGESEL JEOLJİ</b> .....	4
3.1. BÖLGESEL JEOLJİ.....	4
3.2. DEVLEZ METABAZİTLERİ.....	8
3.3.GEYİKTEPE MERMERLERİ .....	9
3.4. DOMANIÇ GRANODİYORİTİ .....	10
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	11
4.1. MİKROSKOBİ ÇALIŞMALARI.....	11
4.2. X- IŞINLARI DİFRAKTOMETRE (XRD) ANALİZLERİ.....	11
4.3. KİMYASAL ANALİZLER .....	12
4.4. DURAYLI İZOTOP ANALİZLERİ VE SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI.....	12
<b>5. YAPILAN ÇALIŞMALAR</b> .....	13
5.1. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER .....	13
5.1.1. Sarıçayırıyayla cevherleşmesi .....	13
5.1.2. Arapdede Cevherleşmesi .....	23
5.1.3. Hayriye Cevherleşmesi.....	24
5.1.4. İclaliye cevherleşmesi: .....	25
5.2. JEOKİMYASAL İNCELEMELER.....	27
5.3. İZOTOPİK İNCELEMELER .....	43
5.4. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ .....	47
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	56
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>3.1.</b> Türkiye' nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999).....	4
<b>3.2.</b> Batı ve Kuzeybatı Anadolu'daki granitik plütonlar ve çalışma alanı.....	5
(Bingöl, 1989). İzmir-Ankara suture zonu, SG: Simav grabeni, GG: Gediz grabeni. ....	5
<b>3.3.</b> Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Küçükayman, 1987 ile Pehlivan ve Orbay, 1987' den yararlanılmıştır). ....	6
<b>3.4.</b> Çalışma alanının jeoloji haritası (Pehlivan 1979'dan yararlanılmıştır).....	7
<b>3.5.</b> Devlez metabazitlerinden bir görünüm. ....	9
<b>3.6.</b> Geyiktepe Mermerleri ve Mermerlere Ait Kırıklı Yapılılar.....	10
<b>5.1.</b> Q: Kuvars, Plj: Plajiyoklaz, Or: Ortoklaz, Biy: Biyotit, Ser: Serisit, Op: Opak (a, b, c). Granit porfir. Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Q: Kuvars, Or: Ortoklaz (b ve c) Büyütme 4x..	13
<b>5.2.</b> Granodiyorit ve Granodiyorit porfir kayaçlarının görünümü. Q: Kuvars, Plj: Plajiyoklaz, Or: Ortoklaz, Biy: Biyotit, Ser: Serisit, Op: Opak (a, b, c). Granit porfir. Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Q: Kuvars, Or: Ortoklaz (b ve c) Büyütme 4x.....	15
<b>5.3.</b> Hidrotermal alterasyonun görünümü. Ser: Serisit, Op: Opak (a). Granodiyorit porfir. Biy: Biyotit, Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Hb: Hornblend, Q: Kuvars, Or: Ortoklaz (b) Büyütme 4x. ....	16
<b>5.4.</b> Mermer zonunun görünümü. Cal: Kalsit (ave b) Büyütme 4x.....	18
<b>5.5.</b> Hidrotermal alterasyonun görünümü. Ser: Serisit, Op: Opak, Q: Kuvars (a ve b). Skarn zonu. Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Ser: Serisit, Ep: Epidot (c ve d) Büyütme 4x. ....	19
<b>5.6.</b> Mermer zonunun görünümü. Cal: Kalsit (a ve b) Büyütme 4x. ....	20
<b>5.7.</b> Pirit (pr), kalkoprit (kpr), sfalerit (sf) minerallerinin görünümü (a, b, c). Pirit (pr) ve içerisinde kapanım halinde rutil (ru) minerallerinin görünümü (d). Pirit (pr) ve içerisinde kapanım halinde altın (au) minerallerinin görünümü (e). Saçınımlı altın (au) minerallerinin görünümü (f ve g). (Tek nikol, büyütme 50x).....	22
<b>5.8.</b> Işımsal karakterli tremolit-aktinolit felslerin görünümü. Büyütme 4x. ....	23

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
<b>5.9.</b> Mermer, Granodiyorit, kalkşist ve kuvars şist kayaçlarının görünümü. Q: Kuvars, Plj: Plajiyoklaz, Or: Ortoklaz, Biy: Biotit, Cal Kalsit (a, b, c, d). Büyütme 4x. ....	24
<b>5.10.</b> Pr: Pirit, Kpr: Kalkopirit, Gal: Galenit, Bor: Bornit ve Sf: Sfalerit minerallerinin görünümü (a, b, c, d). Büyütme 4x. ....	24
<b>5.11.</b> Granodiyorit ve kuvars şist kayaçlarının görünümü. Büyütme 4x. ....	26
5.12. LeMaitre 1989'a göre plütonik kayaçların adlandırılması R: Granit, B: Gabro, O1: Diyorit, O2: Tonalit, O3: Granodiyorit, S3: Monzonit, T: Kuvars Monzonit. ....	27
<b>5.13.</b> Debon Ve Lefort (1983) 'E Göre Derinlik Kayaçlarını Adlandırma Diyagramı. 1. Granit, 2. Adamellit, 3. Granodiyorit, 4. Tonalit, 5. Kuvarslı Siyenit, 6. Kuvarslı Monzonit, 7. Kuvarslı Monzodiyorit, 8. Kuvarslı Diyorit, 9. Siyenit, 10. Monzonit, 11. Monzogabro/Monzodiyorit, 12. Gabro/(Diyorit-Anortozit).....	28
<b>5.14.</b> Toplam Alkali-Silika (Tas) Diyagramı (Irvine Ve Baragar, 1971). ....	41
<b>5.15.</b> AFM üçgen diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971). ....	42
<b>5.16.</b> Kondrite göre normalize edilmiş Boğazova Granitoidine ait REE değerleri. (Kondrit normalize değerleri Boynton (1984)' den alınmıştır). ....	43
<b>5.17.</b> $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin çeşitli ortamlara göre karşılaştırılması (Hoefs, 1987). ....	44
<b>5.18.</b> Kükürt örneklerinin çeşitli ortamlara göre konumları (Ohoto ve Rye, 1979). ....	45
<b>5.19.</b> Kükürt örneklerinin Hoefs (1987) diyagramındaki konumları.....	45
<b>5.20.</b> Pb izotop verileri için köken alanlarını veren Pb207/Pb204-Pb206/Pb204 çizimleri (üst kabuk, alt kabuk, manto, orojenik kusak alanları Doe ve Zartman, 1981).....	46
<b>5.21.</b> Birincil ve ikincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği. ....	49
<b>5.22.</b> Kuvars kristalleri içinde gözlenen birincil ve ikincil kapanımlar.....	50
<b>5.23.</b> Kapanımlarda homojenleşme sıcaklığının ( $T_H$ ) istatistiksel dağılım grafiği.....	51
<b>5.24</b> Kuvars kristalleri içinde gözlenen birincil kapanımlar.....	53
<b>5.25.</b> Birincil ve ikincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği. ....	55

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	<u>Sayfa</u>
5.1. Au-1 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri. ....	14
5.2. Au-1 nolu sondaja ait XRD verileri.....	14
5.3. Au-2 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri. ....	15
5.4. Au-2 nolu sondaja ait XRD verileri.....	16
5.5. Au-3 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri. ....	17
5.6. Au-3 nolu sondaja ait XRD verileri.....	17
5.7. Au-5 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri. ....	18
5.8. Au-5 nolu sondaja ait XRD verileri.....	18
5.9. Au-6 nolu sondaja ait XRD verileri.....	19
5.10. Au-6 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri. ....	20
5.11. Au-7 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri. ....	20
5.12. Au-7 nolu sondaja ait XRD verileri.....	21
5.13. Arapdede cevherleşmesine ait XRD verileri. ....	23
5.14. Hayriye cevherleşmesine ait XRD verileri. ....	25
5.15. İclaliye cevherleşmesine ait XRD verileri.....	26
5.16. Örneklerin jeokimyasal analiz sonuçları. ....	29
5.16. Devam.....	30
5.16. Devam.....	33
5.16. Devam.....	35
5.16. Devam.....	37
5.16. Devam.....	39
5.17. Kalsit minerallerinde ölçülen karbon ve oksijen izotop analiz sonuçları.....	43
5.18. Sülfid minerallerinde ölçülen kükürt izotop analiz sonuçları.....	44
5.19. Kurşun izotop analiz sonuçları. ....	46
5.20. Örnekte ölçülen homojenleşme sıcaklığı ölçümleri. ....	48
5.21. Kapanımlarda ölçülen tuzluluk değerleri. ....	49
5.22. Örnekte ölçülen homojenleşme sıcaklığı ölçümleri. ....	51
5.23. Kapanımlarda ölçülen tuzluluk değerleri. ....	52
5.24. Örnekte ölçülen homojenleşme sıcaklığı ölçümleri. ....	54
5.25. Kapanımlarda ölçülen tuzluluk değerleri. ....	55

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**Kısaltma

Biy

Q

Op

Or

Plj

Ser

Açıklama

Biyotit

Kuvars

Opak

Ortoklaz

Plajiyoklaz

Serisit

## 1. GİRİŞ

Maden yataklarını jeolojik olarak dış kökenli yataklar ve iç kökenli yataklar olarak iki ana başlık altında sınıflamak mümkündür. Yüzeysel koşulları ve yüzeysel yakın zonların ortam koşulları ile oluşan yataklar dış kökenli yatakları oluşturmaktadır. İç kökenli yatakları ise plütönizma, volkanizma ve metamorfizma ile ilişkilendirilerek alt gruplara ayırsakda bu oluşum süreci temelinde kayalara dışardan etki eden ve/veya kayacın kristal kafesinde bulunan eriyiklerin jeokimyasal davranışı ile ilişkilidir.

Bu çalışma Kütahya-Bilecik-Bursa il sınırlarına yakın bölgelerde gelişmiş porfiri Cu-Mo, Pb, Zn, Fe gibi polimetallik cevherleşmelerin oluşumuna eşlik eden eriyikleri ve kökeni anlamak amacıyla yapılmıştır. Söz konusu cevherleşmeler, bölgede yaygın bir şekilde yer alan metamorfik, volkanik ve granitoidik kayalarla ilişkilidirler.

Cevherleşmelerin büyük çoğunluğu Tersiyer magmatizmasıyla ilişkili olarak gelişmiştir. Tersiyer yaşlı magmatik etkinlik, yaklaşık D-B uzanımlı granitik-granodiyoritik plütönlarla temsil edilmektedir. Cevherleşmelerin bir kısmı porfiri tipte cevher özellikleri sergilerken, bir kısmı da skarn tipte gözlenmektedir.

Batı Anadolu bölgesindeki yataklar, Türkiye kurşun rezervinin %62'sini, çinko rezervinin %30.5'ini ve bakır rezervinin %1'ini içermektedirler.

Projede çalışma alanının temelini Paleozoyik yaşlı Devlez Metabazitleri oluşturmaktadır. Amfibolit, glükofan-lavsonit şist, hornblend-klorit şist, albit-klorit şist, muskovit şist kayalarından oluşmaktadır. Bu birim üzerine aşıl uyumsuzlukla Paleozoyik yaşlı Geyiktepe Mermerleri gelmektedir. Birim, masif, yer yer kırıklı görümlü, orta kalın tabakalı, beyazımsı renkli bir yapıdadır. Sahada en geniş yayılım gösteren birim ise Göynükbelen Granitoidi olup diğer birimleri kesmektedir.

Bu projede amaçlanan, çalışma alanı içerisinde yayılan cevherleşmelerin jeolojik, petrografik ve jenetik olarak incelemektir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

İnceleme alanı civarında gerek jeolojik ve gerekse maden aramasına yönelik olarak birçok çalışma yapılmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye ve dünyada da birçok araştırmalar mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Çalışma alanı ve çevresinde gerek plütonik kütlelerin karakteri ve gerekse yan kayaç etkileşimi neticesinde oluşan cevherleşmelerin özellikleri, kökenleri üzerine pek çok araştırmacı çeşitli çalışmalar yapmıştır.

Taşkın (1983a) Bursa-İnegöl yöresi Boğazova granodiyorit masifinde gözlenen cevherleşmelerin metamorfik, hidrotermal tipte olduğunu savunmuştur. Bazı yazarlar granitoidin kökenine yönelik çalışmalar yaparken (Cengiz ve Genç, 2003) plütonun granit, granodiyorit, tonalit, granit porfir, granodiyorit porfir, tonalit porfir türü kaya gruplarından oluştuğunu saptamışlardır.

Bir kısım yazarlar, bu plüton içerisinde oluşan cevherleşmelerin mezotermal kökenli olduğunu ileri sürmüşlerdir (Bacak ve Kuşçu, 2000). Çalışma alanına yakın bir sahada bulunan Baklan graniti (Banaz-Uşak) kökensel olarak Göynükbelen granitoidine benzemektedir. Bu granitoidin subalkalen, yüksek potasyumlu, I tipi bir plüton olduğu belirlenmiştir (Aydoğan ve diğ., 2008). Ataman (1972 ve 1973), Gürgenyayla (Domaniç) granodiyoritinin yaşını Rb-Sr yöntemiyle 145 my. olarak bulmuşlardır. Bingöl vd., (1982) Göynükbelen granitoidinin yaşını  $18.5 \pm 1.8$ ,  $27.1 \pm 1.0$  my olarak tespit etmiştir. Çalışma alanı ve çevresinde bulunan Göynükbelen Granitoidi çevresindeki cevherleşmeler çoğunlukla porfiri tipte yoğunlaşmaktadır. Porfirik olanlar özellikle granit içerisinde ve potasik, fillitik, propillitik zonlar boyunca görülmektedir. Bu oluşum tipi ile ilgili olarak gerek Türkiye' de ve gerekse Dünya' da birçok çalışma yapılmıştır.

Bayburtoğlu vd. (2001), Bileylikyayla (Domaniç) sahasında detay jeolojik ve jeokimyasal incelemeler yapmışlardır. Sahadaki element dağılımı ve alterasyon değişiminin, yüzeyde epitermal Au-Ag ve skarn tip Cu-Pb-Zn, derinde porfiri Cu-Mo-Au cevherleşmelerine işaret edebileceğini belirtmişlerdir. Yılmaz (2005), Muratdere (Bozüyük-Bilecik) yöresinde yaptığı Yüksek Lisans çalışmasında kuvars diyorit ve kuvars diyorit porfir kayaçlarıyla ilişkili porfiri Cu-Mo cevherleşmesinin varlığını saptamıştır.

Cevherleşmelerin özellikle fillitik zonda yoğunlaştığını belirtmiştir. Yıldız (2006)' da yaptığı Yüksek Lisans çalışmasında, Balıkesir-Havran Tepeoba Cu-Mo cevherleşmesinin Eybek plütonuna bağlı olarak oluştuğunu ve cevherleşmenin kata-mezotermal evreyi temsil ettiğini belirtmiştir. Aydın (2007) Yüksek Lisans çalışmasında, Koyunoba (Simav-Kütahya) yöresinde oluşan cevherleşmelerin intraplütonik olduğunu belirlemiş ve galen, sfalerit, pirit ve kalkopiritlerin egemen cevher mineralleri olduğu sonucuna varmıştır. Melfos vd. (2002), Yunanistan' da porfiri Cu-Mo cevherleşmesininin arjillik, fillitik ve propillitik zonlarda oluştuğunu belirlemişlerdir. Cevherleşmelerin kökensel incelemelerinde sıvı kapanımlar ortamdaki cevher oluşturuvcu çözeltilerin fizikokimyasal özelliklerini yansıtmaları açısından oldukça önemli olmaktadır. İnceleme alanına yakın cevherleşmelerde farklı araştırmacılar tarafından sıvı kapanım incelemeleri yapılmıştır. Aydoğan ve diğ., (2008), Baklan graniti ve civarında yaptıkları çalışmalarda, Baklan Tepe Pb-Zn-Cu cevherleşmesinde 300-320°C, Karabatak tepe Pb cevherleşmesinde 233-391°C, Tepedelen Tepe Zn-Pb cevherleşmesinde 202-349°C homojenleşme sıcaklıkları bulmuştur. Yine aynı bölgede bulunan Susurluk skarn cevherleşmesinde 600°C' den büyük homojenleşme sıcaklığı belirlenmiştir (Orhan ve diğ., 2011). Benzer çalışmalar dünyada da yapılmıştır. Partida and Levresse (2003), La Verde (Meksika) bölgesindeki porfiri cevherleşmelerde yaptıkları çalışmalarda, Ca-Na-K hidrotermal alterasyonlarını saptamışlardır. Sıvı kapanımlarında homojenleşme sıcaklıklarını 480-780°C, ergime sıcaklıklarını 430-570 °C ve tuzluluk değerlerini 50-65 % olarak belirlemişlerdir.



### 3. BÖLGESEL JEOLJİ

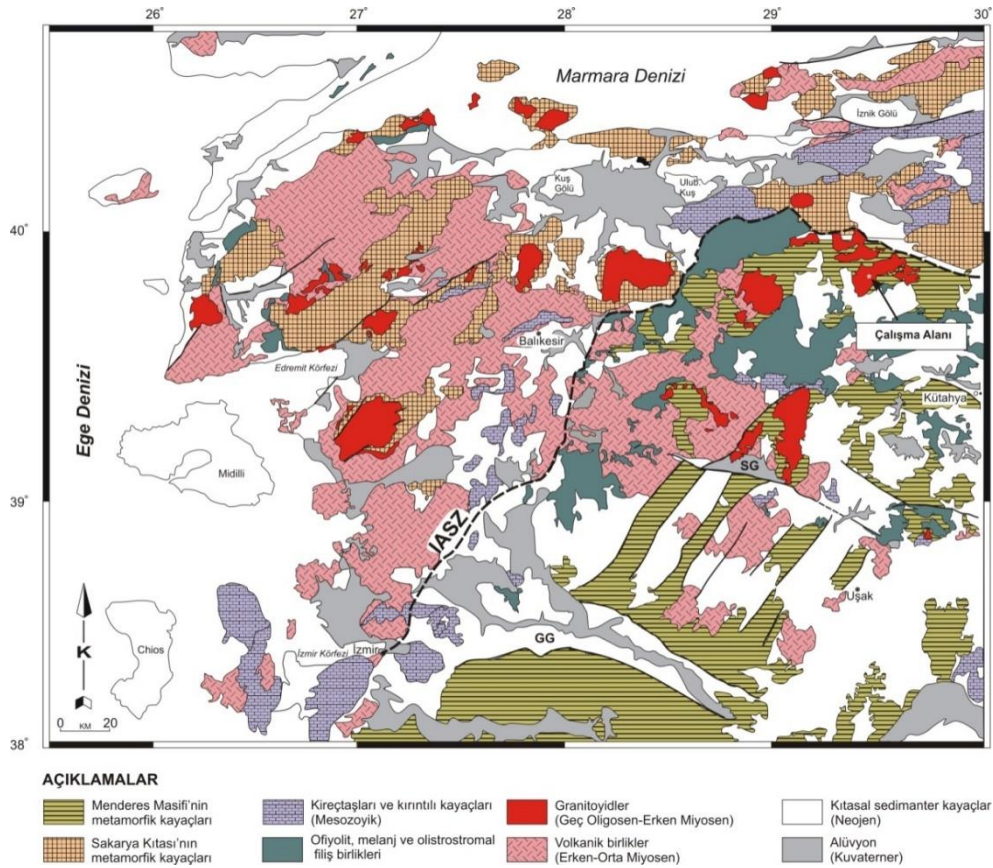
#### 3.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanının yer aldığı bölgede Pontid ve Anatolid kuşakları birlikte gözlenirler. Bu kuşakları, İnegöl güneyinden başlayan ve KB-GD doğrultulu olarak Eskişehir'e uzanan "Eskişehir Fayı", tektonik olarak sınırlar. Bu fayın kuzey kesimini Pontidlere ait "Sakarya Kıtası" oluşturur (Okay, 1984). Bu kıta, yeşil şist fasiyesindeki Bozüyük Metamorfileri ve genellikle bunlarla tektonik ilişkili "Karakaya Kompleksi"nden oluşur (Okay, 1984). Eskişehir Fayının güney kesimini oluşturan Anatolidler de Tavşanlı Zonu ve Afyon Zonu olarak iki ayrı zona ayrılmıştır. Tavşanlı Zonu, yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfizması geçirmiş kalın bir volkanosedimanter istif ile mavi şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş şist ve mermerlerden oluşmuştur (Okay, 1984; Okay ve Tüysüz, 1999). Tavşanlı Zonunun güneyinde yer alan Afyon Zonu ise yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş birimlerden oluşmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Türkiye' nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999).

Kuzeybatı Anadolu'da Geç Kretase sonu-Tersiyer başı zaman aralığında Neotetis Okyanusu kuzey kolu kuzeye hareketle Sakarya kıtası altına dalmış ve tüketilmiştir. İzleyen evrede güneyde bulunan Torid-Anatolid platformu ve kuzeyde bulunan Sakarya kıtası çarpışarak İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı oluşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu kuşak gelişiminin ardından gerek kenet kuşağı birimleri ve gerekse Sakarya kıtası temel kayaları üzerinde uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı çökel kayaları oluşmuştur. Bu birimler, Akdeniz (1980)'nin isimlendirdiği Başlamış formasyonu ile Akyürek ve Soysal (1983)'in isimlendirdiği Gebeler formasyonlarıdır. Bu önemli stratigrafik durum kıta-kıta çarpışmasının Orta Eosen öncesi olduğunun bir kanıtıdır. Nitekim çarpışmanın ardından Batı Anadolu'da Erken Miyosen zamanında geniş ölçekli bir volkanik faaliyet ile Oligosen-Miyosen döneminde yaygın bir magmatizma meydana gelmiştir (Bingöl ve diğ., 1982, Keller, 1983) (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2.** Batı ve Kuzeybatı Anadolu'daki granitik plütönlere ve çalışma alanı (Bingöl, 1989). İzmir-Ankara suture zonu, SG: Simav grabeni, GG: Gediz grabeni.

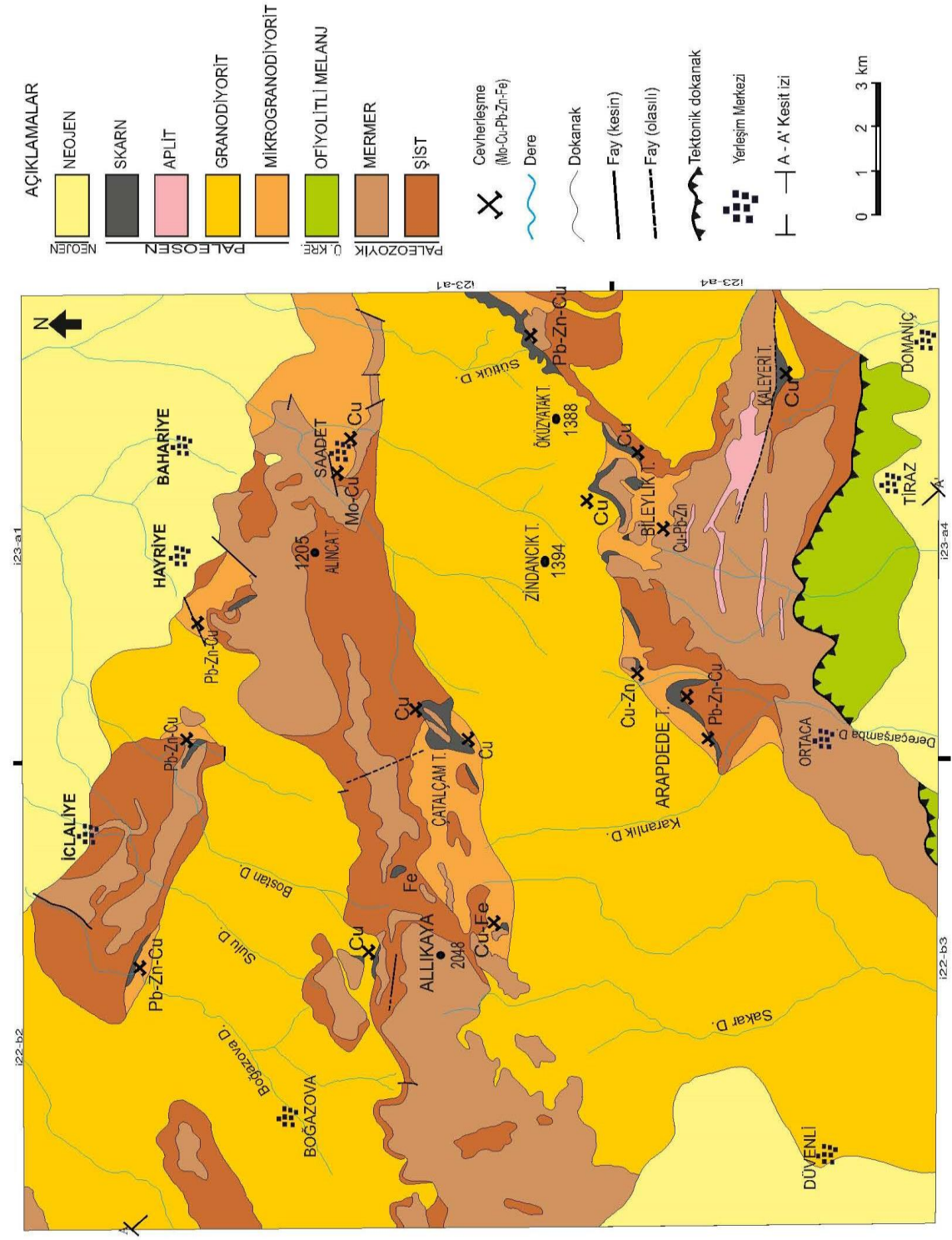
Çalışma alanı İ23a1, İ23a4 ve İ22b2 paftaları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde stratigrafik olarak en altta Devlez Metabazitleri ismi verilen birim bulunmaktadır (Şekil 3.3 ve 3.4). Bu birim çalışma alanında oldukça geniş ve dağınık bir yayılım göstermekte olup, Arapdede Tepe güney ve doğusu, Bileylik Tepenin doğusu, Allıkayanın doğusu ile İclaliye bölgelerinde yayılmaktadır.

YAŞ	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA
PALEOSEN SONRASI		<b>GRANİT PORFİR</b> Birkaç metre kalınlıkta ve bir kaç on metre uzunlukta dayklar şeklinde. Porfirik dokulu.Yer yer dissemine pirittli.
PALEOSEN		<b>DOMANIÇ GRANODİYORİTİ</b> Grimsi,pembemsi yeşilimsi renkli.Eş taneli ve porfirik dokulu. Kuars,feldispat ve mafik mineralli.  Kuars diyorit Granodiyorit Monzodiyorit Diyorit Mikrogranodiyorit Kuars mikrogranodiyorit
PALEOZOYİK		<b>GEYÜKTEPE MERMERLERİ</b> Mavimsi,açık gri,bej renkli.2000 m kalınlıkta.  Skarn: epidot, granat,tremolit ve aktinolitli.  Kalkşist: 30-40 m kalınlıktadır.
PALEOZOYİK		<b>DEVLEZ METABAZİTLERİ</b> Süt kuvars bant ve mercikleri Amfibol Glokofan-lavsonit şist Horblend-klorit-epidot-glokofan şist Albit-klorit-lavsonşt şist Muskovit-albit kuvars şist  Kuars damarları ve diğer alterasyonlar tüm birimler içinde görülmektedir.

ölçeksiz

**Şekil 3.3.** Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Küçükayman, 1987 ile Pehlivan ve Orbay, 1987' den yararlanılmıştır).





**Şekil 3.4.** Çalışma alanının jeoloji haritası (Pehlivan 1979'dan yararlanılmıştır).

Amfibolit, glokofan-lavsonit şist, hornblend-klorit şist, albit-klorit şist, muskovit şist kayalarından oluşmaktadır (Bayburtoğlu ve diğ., 2001). Middlelear (1975) ve Bingöl

(1976)' e göre birime Devoniyen (Paleozoyik) yaşı verilmiştir. Bu birim üzerine açılacak uyumsuzlukla Geyiktepe Mermerleri gelmektedir. Birim Kaleyeri Tepe, Ortaca bölgelerinde ve Allıkaya civarlarında yüzeylemektedir. Birim Küçükayman (1987) tarafından "Geyiktepe Mermerleri", Pehlivan (1979) tarafından "Allıkaya Mermerleri" olarak adlandırılmıştır. Birim, masif, yer yer kırıklı görünümlü, orta kalın tabakalı, beyazımsı renkli bir yapıdadır. Birime sahadaki konumu itibariyle Pehlivan (1987) tarafından Permiyen (Paleozoyik) yaşı verilmiştir. Sahada en geniş yayılım gösteren birim ise Domaniç Granodiyoritidir. Çalışma alanında Bileylik civarlarında, Çatalçam Tepe ve Boğazova civarlarında yayılım göstermektedir. Makroskobik olarak grimsi, pembemsi ve yeşilimsi renk tonlarında gözlenmektedir. Bu birim Özkoçak (1969) tarafından "Boğazova (Göynükbelen) Diyoriti", Ataman (1973) tarafından "Gürgenyayla (Domaniç) Granodiyorit", Bürküt (1975) tarafından "Oylat ve Boğazova Granodiyorit", Taşkın (1983a), Pehlivan (1987) tarafından "Boğazova-Domaniç Granodiyorit", Küçükayman (1987) tarafından "Alaçam Graniti", Yıldırım ve Çelebi (1991) tarafından "Domaniç Granodiyorit" olarak adlandırmalara uğramıştır. Ataman (1972 ve 1973) Rb/Sr yöntemiyle birimin yaşının 45 milyon yıl olduğunu belirlemiştir ki bu yaş Eosene karşılık gelmektedir. Homojen bir dağılım özelliği sunmayan plütonda tonalit, granodiyorit, tonalit porfir, granodiyorit porfir, granit gibi kayalar türleri mevcuttur. Aşağıda bu birimlerin detay özellikleri verilmiştir.

### 3.2. Devlez Metabazitleri

Çalışma alanı ve çevresinde Gürgenyayla, Bileylikyayla, Kaleyeri tepe ve Arapdede tepe civarlarında mostra vermektedir. Makroskobik olarak serizit, kuvars, epidot ve aktinolit minerallerinde oluşur. Küçükayman (1987) tarafından Devlez Metabazitleri olarak adlandırılmıştır. Birim siyahımsı ve koyu gri renkli, iyi derecede foliasyonlu süt kuvars bant ve mercikleri içerir. Kaaden (1959), Middleear (1975) ve Bingöl (1975)' e göre Paleozoyik yaşı verilmiştir.

Okay (1984)' e göre Şekil 3.5'de sunulan bu birim Tavşanlı Zonu' nun Orhaneli Birliği' ne dahil edilmiştir. Küçükayman (1975) şistlerde metamorfik mineral parajenezlerini

amfibolit, glokofan-lavsonit şist, hornblend-klorit-epidot-glokofan şist, albit-klorit-lavsonit şist, muskovit-albit-kuvars şist olarak saptamıştır. Bu birim denizaltı lavları, piroklastik kayaları ve tüfleri temsil etmektedir (Okay, 2009).



Şekil 3.5. Devlez metabazitlerinden bir görünüm.

### 3.3. Geyiktepe Mermerleri

Devlez metabazitleri üzerinde uyumsuz olarak Permian yaşlı Allıkaya (Geyiktepe) mermerleri yer almaktadır. Mermerler, yörede Allıkaya tepe, Zambaklık tepe, Yolçatı ve Adelle tepe dolayında mostra vermektedirler. Mavimsi açık gri ve bej renkte, oldukça eklemlili, kırıklı ve kıvrımlı bir görünüm sunmaktadır. Granitoid intrüzyonları nedeniyle ilksel konumları bozulmuş ve parçalanmışlardır. Birim Pehlivan (1979) tarafından "Allıkaya Mermerleri", Küçükayman (1987) tarafından ise "Geyiktepe Mermerleri", olarak adlandırılmıştır. Kalsit damarlarıyla kesilmiş olarak gözlenen mermerlerin şistlerle olan dokanalarında kalkışistler gözlenir (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Geyiktepe Mermerleri ve Mermerlere Ait Kırıklı Yapılılar

### 3.4. Domaniç Granodiyoriti

Birim çalışma alanının yaklaşık % 60' lık bir dilimini oluşturmaktadır. Çalışma alanı ve civarında Sarıçayırıyayla, Eğritepe, Düzgürgen tepe, Yassı tepe civarlarında gözlenmektedir. Eş taneli ve porfiri dokular egemendir. Başlıca kuvars, feldispat ve mafik minerallerden oluşmaktadır. Birim, önceki çalışmacılar tarafından; "Boğazova (Göynükbelen) Diyoriti" (Özkoçak, 1969), "Gürgenyayla (Domaniç) Granodiyoriti" (Ataman, 1973), "Oylat ve Boğazova Granodiyoriti" (Bürküt, 1975), "Boğazova-Domaniç Granodiyoriti" (Taşkın, 1983a), "Alaçam Graniti" (Küçükayman, 1987), "Domaniç Granodiyoriti" (Yıldırım ve Çelebi, 1991) gibi değişik adlarla anılmıştır. (Ataman, 1973) çalışma alanı ve çevresinde incelemelerde bulunmuş, Rb/Sr yöntemiyle yaptığı yaş tayininde 45 milyon yıl sonucuna ulaşmıştır. Bu değer Eosen'e karşılık gelmektedir. Ayrıca (Taşkın, 1983a ve Pehlivan, 1987) sahayla ilgili jeolojik raporlarında plütonun yaşını Tersiyer (Eosen) olarak belirlemişlerdir.

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmalar arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere 2 temel adımda odaklanmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında, Cevherleşmelerden, yankayaçlardan sistematik örnekleme yapılmıştır. Kullanılan yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

### 4.1. Mikroskopi Çalışmaları

Bu çalışmalar kapsamında, cevherleşmeye etki eden yankayaç özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan toplam 40 adet örneğin ince kesitleri Türkiye Petrollerinde yaptırılmıştır. Bu örnekler polarizan mikroskop yardımıyla incelenmiş ve cevherleşmeye yataklık eden kayaç türleri belirlenmiştir. Ayrıca bu kaya türleri içerisinde gelişmiş olan hidrotermal alterasyon zonlarındaki minerallerin varlığı, dokusal özellikleri, sınır ilişkileri, cevher minerallerinin durumları ise cevher mikroskobu ile tespit edilmiştir. Çalışma takviminin değişik zamanlarında alınan el örneklerindeki cevherleşmeler belirlenerek 15 adet parlak kesit yapılmış ve bu örnekler üstten aydınlatmalı mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Böylece cevherleşmeyi oluşturan mineraller, birbirleriyle dokusal ilişkileri ve oluşum sıraları belirlenmiştir.

### 4.2. X- Işınları Difraktometre (XRD) Analizleri

Gerek ince kesit ve gerekse parlak kesitlerde belirlenen minerallerin mineralojik ve alterasyonlarının teyid edilebilmesi amacıyla 30 adet örnek üzerinde XRD analizleri yapılmıştır. Bu analizler Bilecik Üniversitesi Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık kil boyutuna kadar öğütülen örnekler, cam lameller üzerine yerleştirilerek XRD cihazında  $\text{CuK}\alpha$  tüpü kullanılarak, 40 Kv/30Ma' da  $2\theta$  kırınım açıları  $5-70^\circ$  arasındaki pikleri elde edilmiştir.



### 4.3. Kimyasal Analizler

Çalışma alanından alınan sistematik örneklerden toplam 60 adet örnek alınmış ve kimyasal kompozisyonlar saptanmaya çalışılmıştır. Kimyasal analizler ana, iz ve nadir toprak analizleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç ve iz element analizleri için yaklaşık 5 gram örnek 150 mesh boyutuna kadar öğütülmüş ve bunun 0.2 gramı  $\text{LiBO}_2$  çözeltisi içinde eritilerek ICP yöntemiyle tümkayaç (11 majör oksit, ateş kaybı, toplam karbon ve toplam kükürt) ve ICP-MS yöntemiyle de nadir toprak elementlerin de dahil olduğu iz element (43) element analizleri Kanada Acme Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Majör oksit analizleri % olarak, eser element analizleri ise ppm olarak verilmektedir.

### 4.4. Duraylı İzotop Analizleri Ve Sıvı Kapanım Çalışmaları

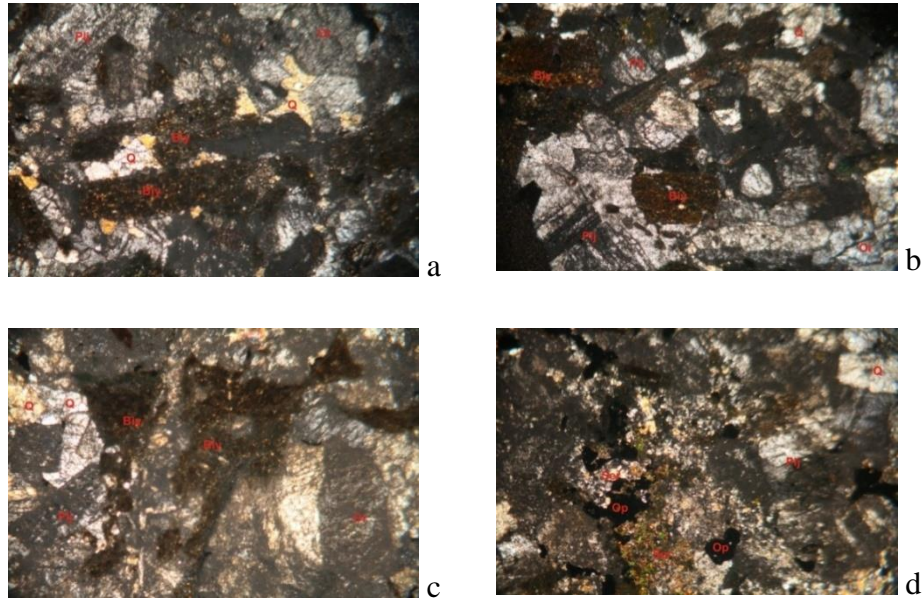
Cevherleşmelerin oluşmasını sağlayan ergiyiklerin kökenlerinin tespit edilmesi, ortam sıcaklıklarının belirlenmesi gibi amaçlarla  $\delta^{34}\text{S}$ ,  $\delta^{208}\text{Pb}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  analizleri yaptırılmıştır. Bu analizler Actlab (Canada)'da gerçekleştirilmiştir.  $\delta^{34}\text{S}$  analizleri için toplam 5 adet pirit, kalkopirit ve sfalerit mineralleri seçilmiştir.  $\delta^{208}\text{Pb}$  analizleri için toplam 4 adet seçilmiş ve galenit mineralleri kullanılmıştır. Örnekler önce agat havanda serbestleştirildikten sonra binoküler mikroskop yardımıyla mineral taneleri istenilen grama ulaşıncaya kadar toplanmıştır. Daha sonra % 1' lik HCl kullanılarak daha saf örnekler elde edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca kalsit minerallerinden derlenen toplam 4 adet örnek için ise  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  analizleri gerçekleştirilmiştir.  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  analizleri ise verimli örnek bulunamadığından gerçekleştirilememiştir. Mineral oluşturuç çözeltileri temsil eden kapanımlar yardımıyla cevherleşmelerin oluşum koşulları ve kökenleri belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla, cevherleşme kesimlerinden toplam 5 adet örnek alınmış ve örneklerin iki yüzü parlatılarak ince kesitleri hazırlanmıştır. Sıvı kapanım içeren kesitler, Maden Tetkik ve Arama Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. İlk erime ( $T_{FM}$ ), son erime ( $T_M$ ) ve homojenleşme ( $T_H$ ) sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Her üç ölçümde de hata payının  $\pm 0.5$  °C'den daha az olmasına özen gösterilmiştir.

## 5. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 5.1. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

#### 5.1.1. Sarıçayırıyayla cevherleşmesi

Bu sondajlar, Au-1, Au-2, Au-3, Au-5, Au-6 ve Au-7 nolu sondajlardır. Söz konusu sondajlar granitoid kütleleri üzerinden yapılmıştır. **Au-1 nolu sondaj:** Sondajın toplam derinliği 32,5 metredir. İ22-b2 paftası içerisinde yer almaktadır. Yüzeiden derine doğru sırasıyla, yüzeysel alterasyon, granit, granit porfir, granit, granit porfir ve granodiyorit zonları belirlenmiştir. Granit porfirlerin mineralojik bileşimleri kuvars, ortoklaz, plajiyoklazlardan ibarettir. Mafik mineral olarak çoğunlukla biyotit mevcuttur. Kuvars ve ortoklaz minerallerinden oluşan mikrokristalin hamur, fenokristallerle beraber bulunmaktadır (Şekil 5.1, Çizelge 5.1, Çizelge 5.2).



**Şekil 5.1.** Q: Kuvars, Plj: Plajiyoklaz, Or: Ortoklaz, Biy: Biyotit, Ser: Serisit, Op: Opak (a, b, c). Granit porfir. Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Q: Kuvars, Or: Ortoklaz (b ve c) Büyütme 4x.

**Çizelge 5.1.** Au-1 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri.

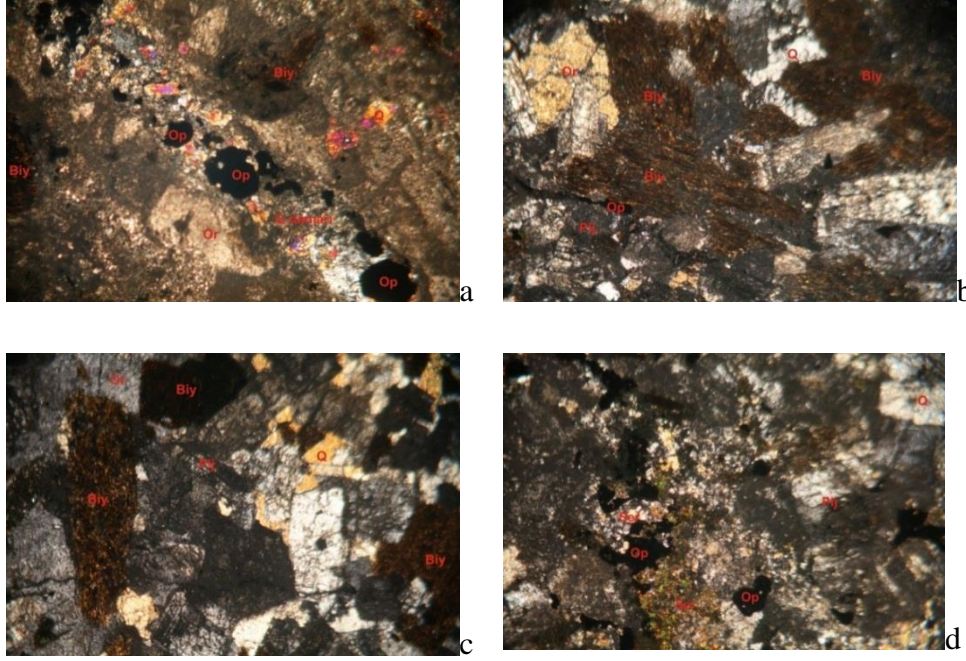
<b>Derinlik</b>	<b>Tanımlama</b>
0-6,0 metre arası	Yüzeysel alterasyon
6,0-11,0 metre arası	Granit
11,0-11,20 metre arası	Granit porfir
11,20-18,30 metre arası	Granit
18,30-26,0 metre arası	Granit porfir
26,0-32,50	Granodiyorit

**Çizelge 5.2.** Au-1 nolu sondaja ait XRD verileri.

<b>Örnek No</b>	<b>Saptanan Mineraller</b>
Au1-1	Kuv, Felds, Or, Opak
Au1-2	Kuv, Felds, Opak, Biy
Au1-4	Kuv, Felds, Opak, Biy
Au1-5	Felds, Kuv, Klo
Au1-8	Kal, Felds, Kuv, Opak
Au1-9	Kal, Kuv, Felds, Opak

Gerek petrografik ve gerekse mineralojik incelemeler neticesinde sondajın potasik zonu temsil ettiği görüşüne varılmıştır.

**Au-2 nolu sondaj:** Sondajın toplam derinliği 50,80 metredir. İ22-b2 paftası içerisinde yer almaktadır. Yüzeyden derine doğru Yüzeysel alterasyon, Granodiyorit ve Granodiyorit porfir araldanmasından oluşmaktadır. Belirlenen mineraller kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz ve biyotit mineralleridir (Şekil 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4).



**Şekil 5.2.** Granodiyorit ve Granodiyorit porfir kayaçlarının görünümü. Q: Kuvars, Plj: Plajiyoklaz, Or: Ortoklaz, Biy: Biyotit, Ser: Serisit, Op: Opak (a, b, c). Granit porfir. Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Q: Kuvars, Or: Ortoklaz (b ve c) Büyütme 4x.

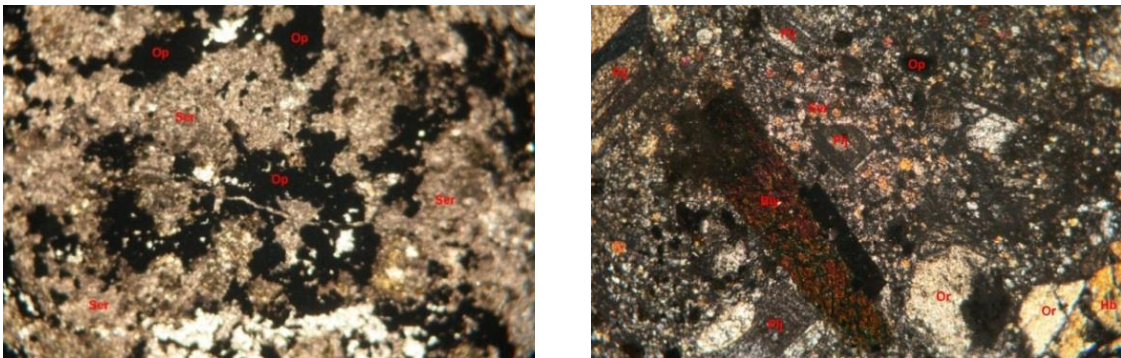
**Çizelge 5.3.** Au-2 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri.

Derinlik	Tanımlama
0-3,10 metre arası	Yüzeysel alterasyon
3,10-7,0 metre arası	Granodiyorit
7,0-10,70 metre arası	Granodiyorit porfir
10,70-21,30 metre arası	Granodiyorit
21,30-22,30 metre arası	Granodiyorit porfir
22,30-32,25 metre arası	Granodiyorit
32,25-32,50 metre arası	Granodiyorit porfir
32,50-50,80 metre arası	Granodiyorit

**Çizelge 5.4.** Au-2 nolu sondaja ait XRD verileri.

Örnek No	Saptanan Mineraller
Au2-1	Felds, Kal, Kuv, Opak
Au2-3	Felds, Kal, Kuv, Opak
Au2-4	Kal, Felds, Kuv, Pir, Klo
Au2-7	Kuv, Felds, Sme
Au2-9	Kal, Pir, Kuv
Au2-12	Kuv, Amf, Felds, Sme

Gerek petrografik ve gerekse mineralojik incelemeler neticesinde sondajın potasik zonu temsil ettiği görüşüne varılmıştır. **Au-3 nolu sondaj:** Sondajın toplam derinliği 32,5 metredir. İ22-b2 paftası içerisinde yer almaktadır. Yüzeiden derine doğru sırasıyla, yüzeysel alterasyon, hidrotermal alterasyon, Granodiyorit porfir ve Mermer zonları belirlenmiştir. Hidrotermal alterasyon zonunda yoğun bir serisitlenme söz konusudur. Opak mineraller de yoğun bir şekilde izlenmektedir. Granodiyorit porfirlerin mineralojik bileşimleri kuvars, ortoklaz, plajiyoklazlardan ibarettir. Ayrıca hornblend ve biyotit de mevcuttur. Kuvars ve ortoklaz minerallerinden oluşan mikrokristalin hamur, fenokristallerle beraber bulunmaktadır (Şekil 5.3, Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6).



**Şekil 5.3.** Hidrotermal alterasyonun görünümü. Ser: Serisit, Op: Opak (a). Granodiyorit porfir. Biy: Biyotit, Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Hb: Hornblend, Q: Kuvars, Or: Ortoklaz (b) Büyütme 4x.

**Çizelge 5.5.** Au-3 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri.

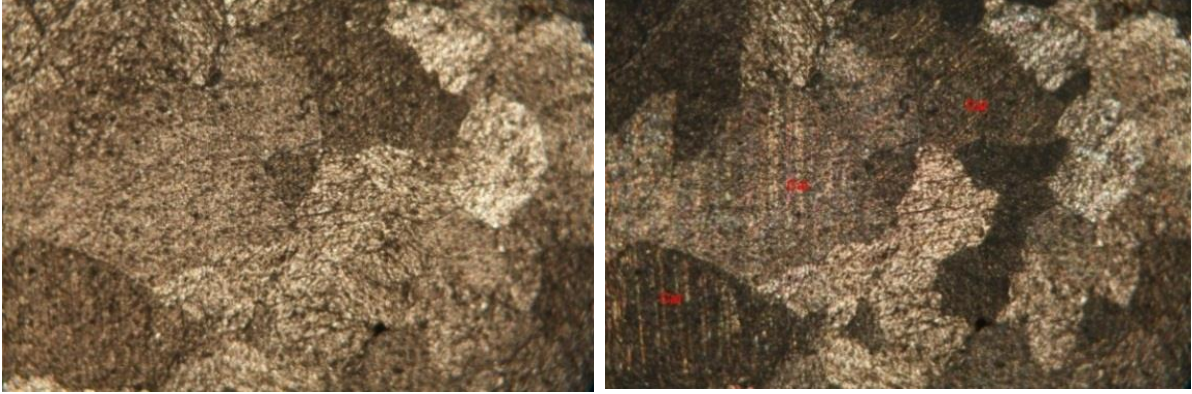
<b>Derinlik</b>	<b>Tanımlama</b>
0-9,40 metre arası	Yüzeysel alterasyon
9,40-18,70 metre arası	Hidrotermal alterasyon
18,70-24,10 metre arası	Granodiyorit porfir
24,10-27,20 metre arası	Granodiyorit porfir
27,20-32,5 metre arası	Mermer

**Çizelge 5.6.** Au-3 nolu sondaja ait XRD verileri.

<b>Örnek No</b>	<b>Saptanan Mineraller</b>
Au3-2	Kuv, Felds, Sme
Au3-3	Kal, Pir, Kuv
Au3-5	Kuv, Amf, Felds, Sme
Au3-6	Pir, Kal, Kuv
Au3-8	Kal

Bu sondajın çoğunlukla potasik zonu temsil ettiği, ardından skarn zonu özellikleri gösterdiği söylenebilir. **Au-5 nolu sondaj:** Sondajın toplam derinliği 29,5 metredir. İ22-b2 paftası içerisinde yer almaktadır. Bu sondajda mermer litolojisi sıklıkla izlenmektedir. Mermerler çoğunlukla beyaz, kırıklı ve iri kristalli bir yapı ve doku karakteri sunmaktadır (Şekil 5.4, Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8).





**Şekil 5.4.** Mermer zonunun görünümü. Cal: Kalsit (ave b) Büyütme 4x.

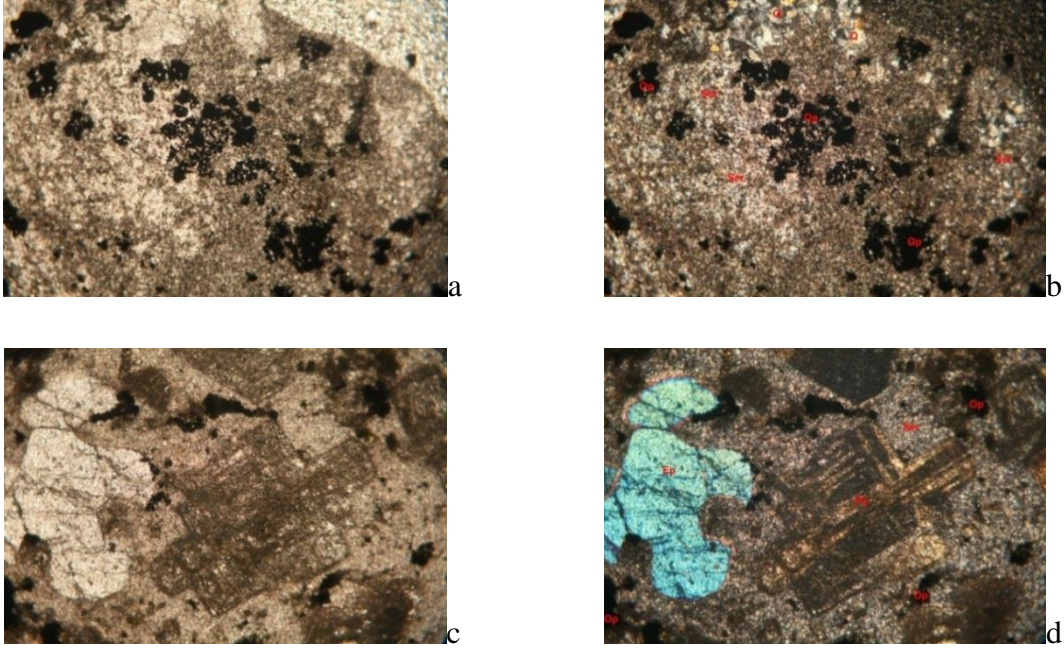
**Çizelge 5.7.** Au-5 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri.

Derinlik	Tanımlama
0-9,90 metre arası	Yüzeysel alterasyon
9,90-19,90 metre arası	Mermer
19,90-23,00 metre arası	Mermer
23,00-29,45 metre arası	Mermer

**Çizelge 5.8.** Au-5 nolu sondaja ait XRD verileri.

Örnek No	Saptanan Mineraller
Au5-1	Kal
Au5-2	Kal
Au5-3	Kal
Au5-4	Kal

**Au-6 nolu sondaj:** Sondajın toplam derinliği 41,65 metredir. Yüzeyden derine doğru sırasıyla, yüzeysel alterasyon, hidrotermal alterasyon, skarn zonu ve metamorfik zon izlenmektedir. Skarn zonunda iri kristalli epidot mineralleri göze çarpmaktadır. Bunun yanı sıra bol miktarda serisitleşme görülmektedir (Şekil 5.5, Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10).



**Şekil 5.5.** Hidrotermal alterasyonun görünümü. Ser: Serisit, Op: Opak, Q: Kuvars (a ve b). Skarn zonu. Plj: Plajiyoklaz, Op: Opak, Ser: Serisit, Ep: Epidot (c ve d)

**Çizelge 5.9.** Au-6 nolu sondaja ait XRD verileri.

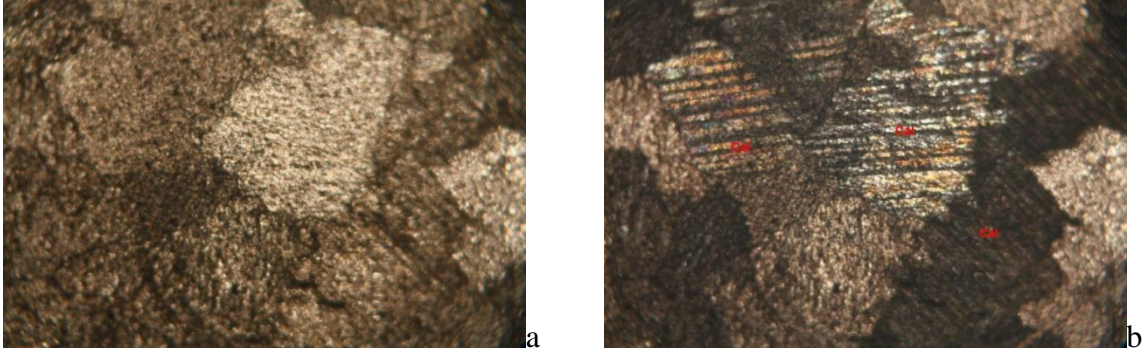
Örnek No	Saptanan Mineraller
Au6-2	Kal, Kuv, Pir
Au6-4	Kal, Kuv, Pir
Au6-6	Kuv, Kal
Au6-8	Kuv, Felds, Sme, Klo, İl
Au6-9	Kuv, Felds, Klo, Sme
Au6-10	Kal, Pir, Kuv
Au6-11	Kuv, Felds, Sme, Klo, Amf.
Au6-13	Kuv, Felds, Klo



**Çizelge 5.10.** Au-6 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri.

Derinlik	Tanımlama
0-10,85 metre arası	Yüzeysel alterasyon
10,85-16,80 metre arası	Hidrotermal alterasyon
16,80-34,95 metre arası	Skarn zonu
34,95-41,65 metre arası	Metamorfik zon

**Au-7 nolu sondaj:** Sondajın toplam derinliği 30,50 metredir. İ22-b2 paftası içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu sondajda da Au-5 nolu sondaja benzer mermer litolojisi söz konusudur. Mermerler iri kristalli ve kırıklı bir yapı ve doku karakteri sunmaktadır (Şekil 5.6, Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12).

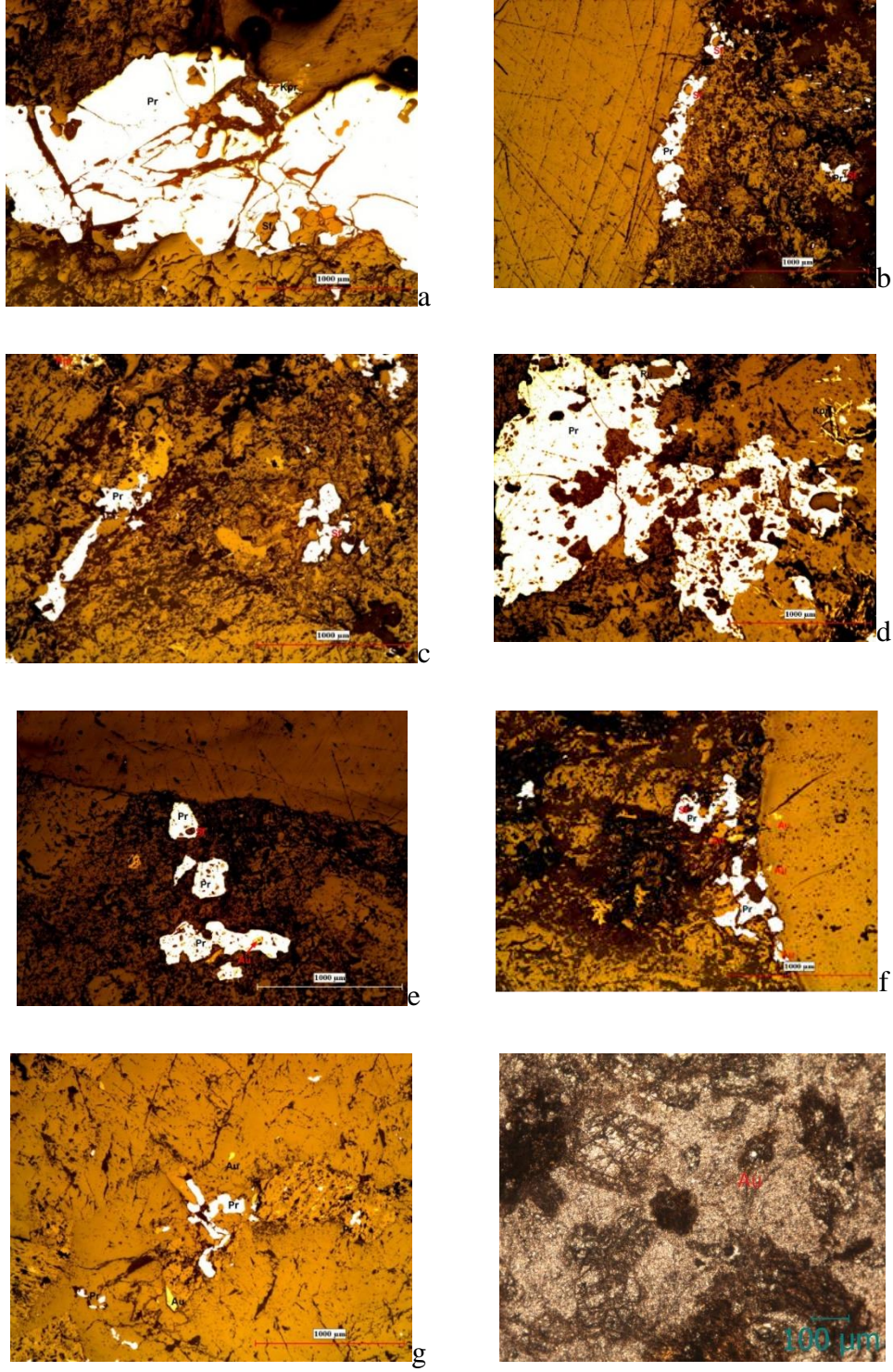
**Şekil 5.6.** Mermer zonunun görünümü. Cal: Kalsit (a ve b) Büyütme 4x.**Çizelge 5.11.** Au-7 nolu sondaja ait derinlik ve litoloji ilişkileri.

Derinlik	Tanımlama
0-11,30 metre arası	Yüzeysel alterasyon
11,30-25,00 metre arası	Mermer
25,00-30,50 metre arası	Mermer

**Çizelge 5.12.** Au-7 nolu sondaja ait XRD verileri.

<b>Örnek No</b>	<b>Saptanan Mineraller</b>
Au7-1	Kal
Au7-2	Kal
Au7-3	Kal
Au7-4	Kal

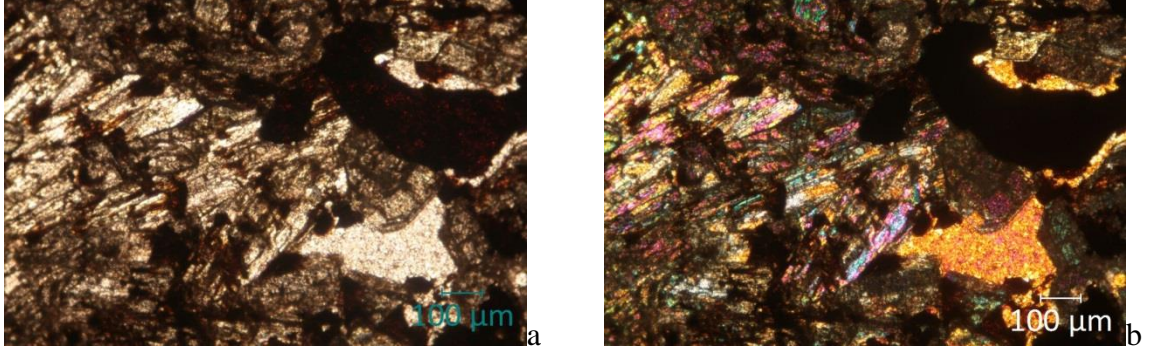
Sarıçayıryayla cevherleşmesinde magmatik kayalar içerisinde çoğunlukla damar ve saçınım tipinde cevherleşmeler görülmüştür. Petrografik incelemeler doğrultusunda belirlenen alterasyon zonlarına göre parlak kesit amaçlı sistematik örneklemeler yapılmıştır. Genel olarak değerlendirilmek istendiğinde porfirik yataklara özgü cevher mineralleri, alterasyon zonlarıyla ilişkili olarak dağılım göstermektedirler. Başlıca cevher mineralleri, kalkopirit, pirit, sfalerit, altın, rutil mineralleridir. Pirit mineralleri çoğunlukla kare şekilli, yarı özşekilli kristaller halindedirler. Kalkopirit mineralleri çoğunlukla özşekilsiz ve düzensiz dağılımlıdır (Şekil 5.8 a, b). Sfalerit mineralleri çoğunlukla pirit kristalleri içerisinde kapanımlar halinde ve genellikle yumrular şeklinde yerleşmişlerdir (Şekil 5.8 c). Rutil mineralleri de pirit içerisinde kapanımlar halindedirler (Şekil 5.8 d). Altın küçük kristalli ve saçınımlar şeklinde görülmektedir (Şekil 5.8 e, f, g). Bileşen türleri baz alındığında cevherleşmelerin kırıntılı ve hipokristalin dokuda oldukları dikkati çekmektedir. Kristaller çok büyük oranda hipidiyomorf karakter taşımaktadır. Tane veya kristal biçimlerine göre kristaller levhamsı ve çubuğumsu görüntüler sunmaktadırlar (Şekil 5.7).



**Şekil 5.7.** Pirit (pr), kalkoprit (kpr), sfalerit (sf) minerallerinin görünümü (a, b, c). Pirit (pr) ve içerisinde kapanım halinde rutil (ru) minerallerinin görünümü (d). Pirit (pr) ve içerisinde kapanım halinde altın (au) minerallerinin görünümü (e). Saçınımlı altın (au) minerallerinin görünümü (f ve g). (Tek nikol, büyütme 50x).

### 5.1.2. Arapdede Cevherleşmesi

Yankayaç olarak özellikle granitik kütle ile kontakt yapmış aktinolit-tremolit minerallerince zengin kayaç grupları bulunmaktadır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Işınsal karakterli tremolit-aktinolit felslerin görünümü. Büyütme 4x.

Bu bölgeye ait XRD analiz sonuçları ise tabloda verilmiştir (Çizelge 5.13).

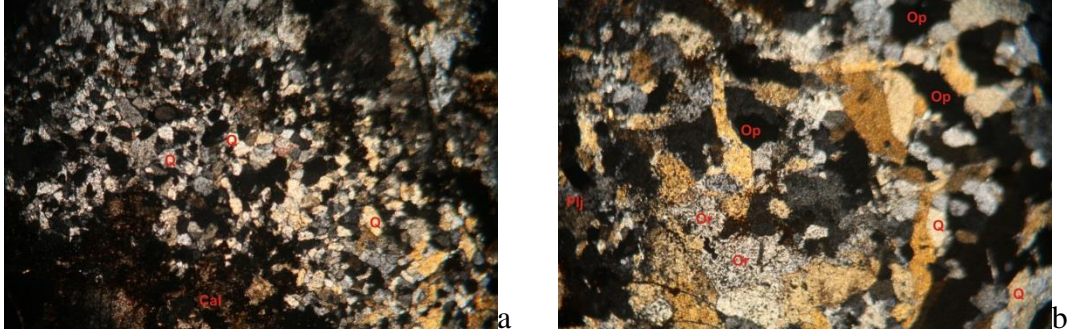
Çizelge 5.13. Arapdede cevherleşmesine ait XRD verileri.

Örnek No	Saptanan Mineraller
ARP-1 A.Z.	Kal, Felds, Opak
ARP-1-2	Kal, Felds, Kuv, Pir.
ARP-1-3	Kal, Felds, Kuv, Amf, Sme, Klo, Opak
ARP-1-4	Kal, Felds, Kuv, Amf, Opak
ARP-1-5	Kal, Kuv, Felds, Opak
ARP-1-6	Felds, Kal, Kuv, Opak
ARP-1-7	Felds, Kal, Kuv, Opak
ARP-1-8	Kal, Felds, Kuv, Amf, Pir, Klo

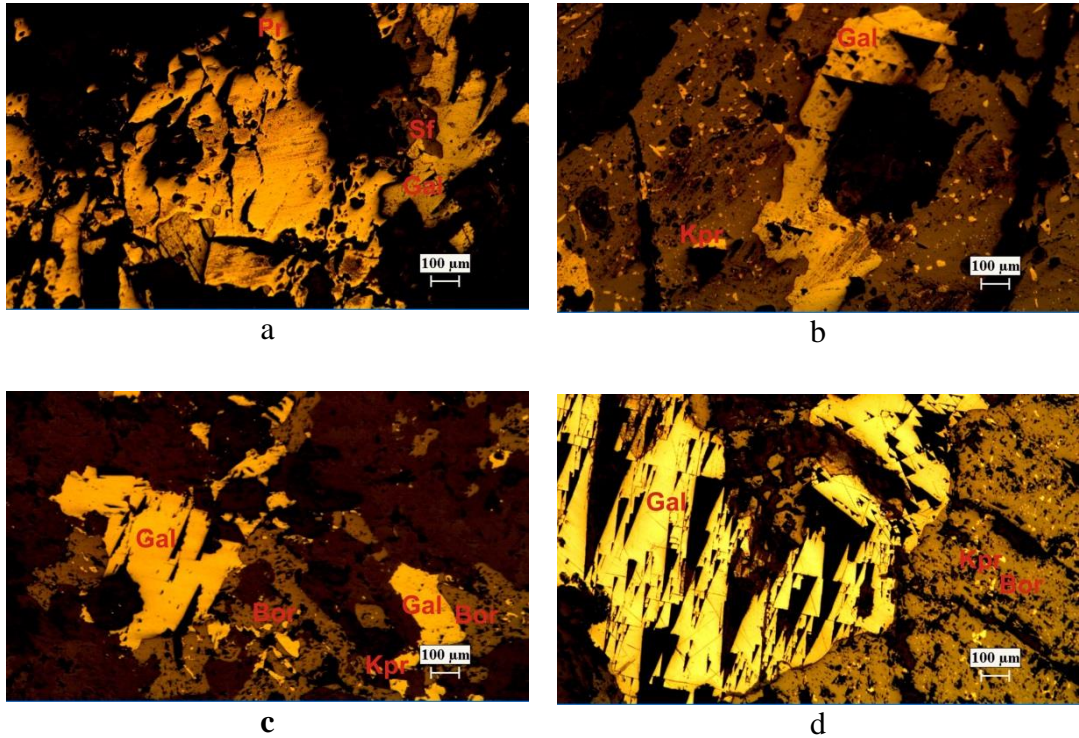


### 5.1.3. Hayriye Cevherleşmesi

Cevherleşmeler İ23-a1 paftasında yer almaktadır. Sahada yapılan incelemeler sonucunda cevherleşmeye eşlik eden kayaçların mermer, granodiyorit, kalkşist, kuvars şist kayaçları oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.9). Hayriye köyü cevherleşmelerinde pirit, kalkopirit, galenit, sfalerit, bornit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 5.10)



**Şekil 5.9.** Mermer, Granodiyorit, kalkşist ve kuvars şist kayaçlarının görünümü. Q: Kuvars, Plj: Plajiyoklaz, Or: Ortoklaz, Biy: Biyotit, Cal Kalsit (a, b). Büyütme 4x.



**Şekil 5.10.** Pr: Pirit, Kpr: Kalkopirit, Gal: Galenit, Bor: Bornit ve Sf: Sfalerit minerallerinin görünümü (a, b, c, d). Büyütme 4x.

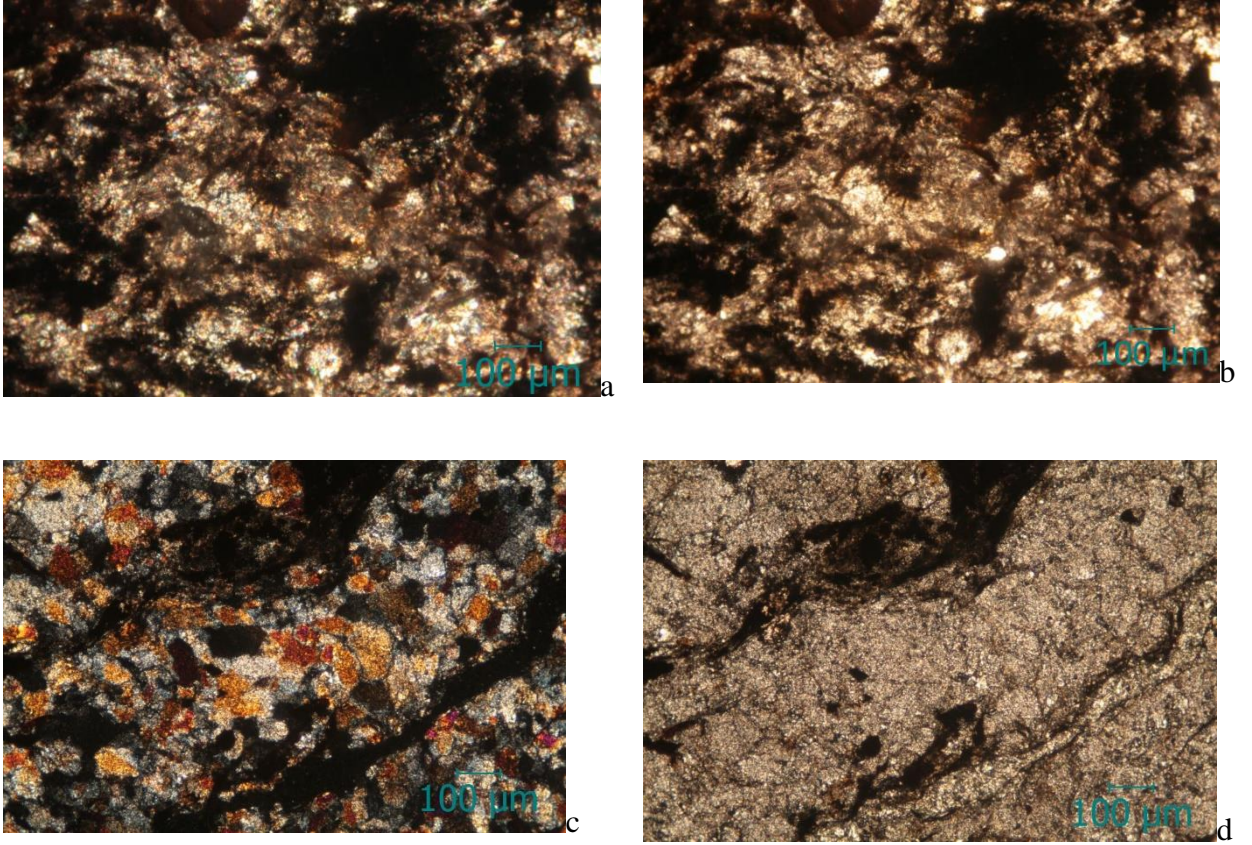
XRD analiz sonuçları ise aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 5.14).

**Çizelge 5.14.** Hayriye cevherleşmesine ait XRD verileri.

Örnek No	Saptanan Mineraller
Hyr4	Kuv, Klo, Ser, Opak
Hyr7	Gal, Bor, Pr, Kpr
Hyr8	Gal, Bor, Pr, Kpr
Hyr9	Kal, Kuv, Or, Plj
Hyr10	Kuv, Klo, Ser, Opak
Hyr11	Kal, Kuv, Pir
Hyr12a	Kal, Felds, Kuv, Pir, Klo
Hyr12b	Kuv, Felds, Sme, Klo, İl
Hyr13	Kuv, Felds, Klo
Hyr15	Kuv, Felds, Sme, Klo, Amf.

#### 5.1.4. İclaliye cevherleşmesi:

Cevherleşmeler İ22-b2 paftasında yer almaktadır. Sahada yapılan incelemeler sonucunda cevherleşmeye eşlik eden kayaçların granodiyorit, mermer, kalkşist kayaçlarından oluştuğu belirlenmiştir. Cevherleşmelerin gelişiminde intrüzyona komşu olan yan kayacın önemli bir etmen olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yapılan gözlemlere göre granodiyoritler oldukça altere olmuşlardır (Şekil 5.11).



**Şekil 5.11.** Granodiyorit ve kuvars şist kayaçlarının görünümü. a)Şist Doku 1 b)Şist Doku2  
c) Kuvars d) Şist Doku 3

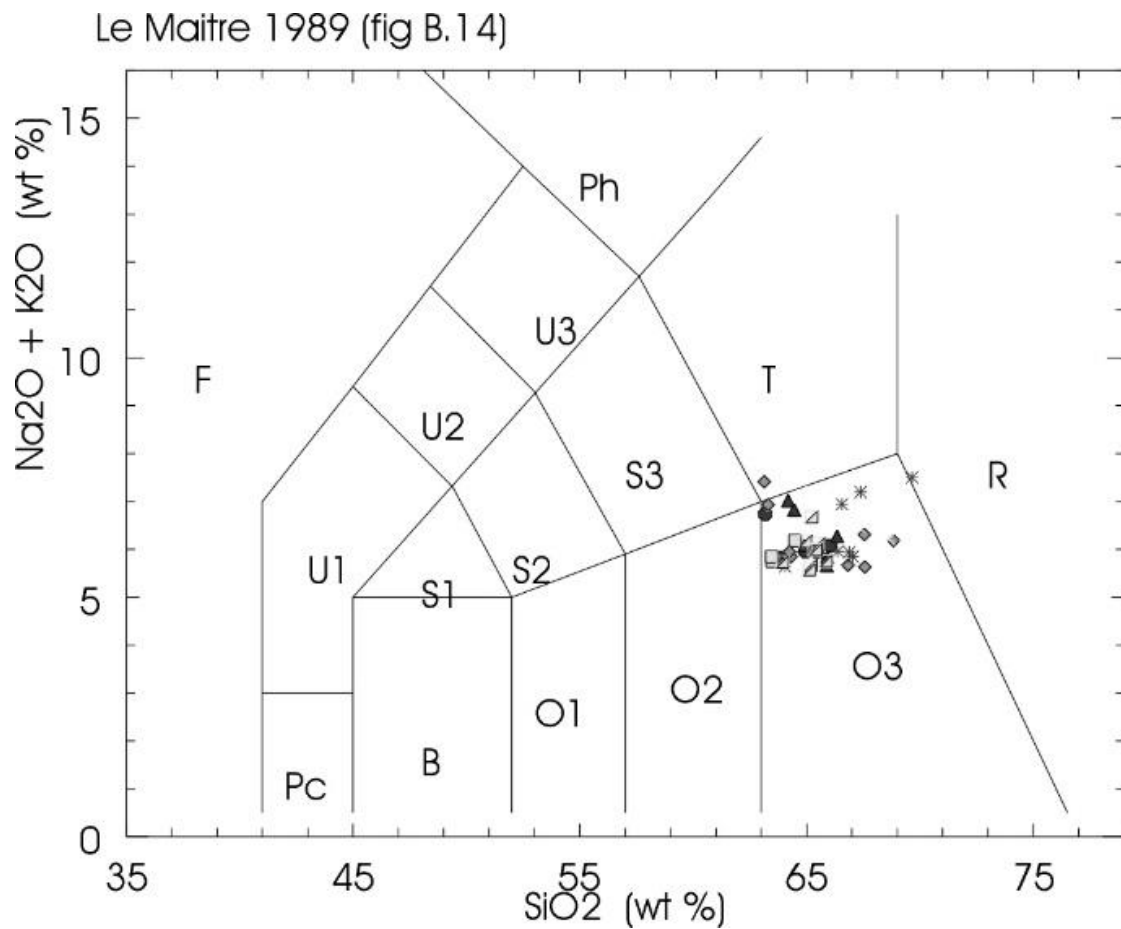
XRD analiz sonuçları ise aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 5.15).

**Çizelge 5.15.** İclaliye cevherleşmesine ait XRD verileri.

Örnek No	Saptanan Mineraller
İcl2b	Kuv, Felds, Klo, Gal, Pr
İcl3b	Kal, Pir, Kuv

## 5.2. Jeokimyasal İncelemeler

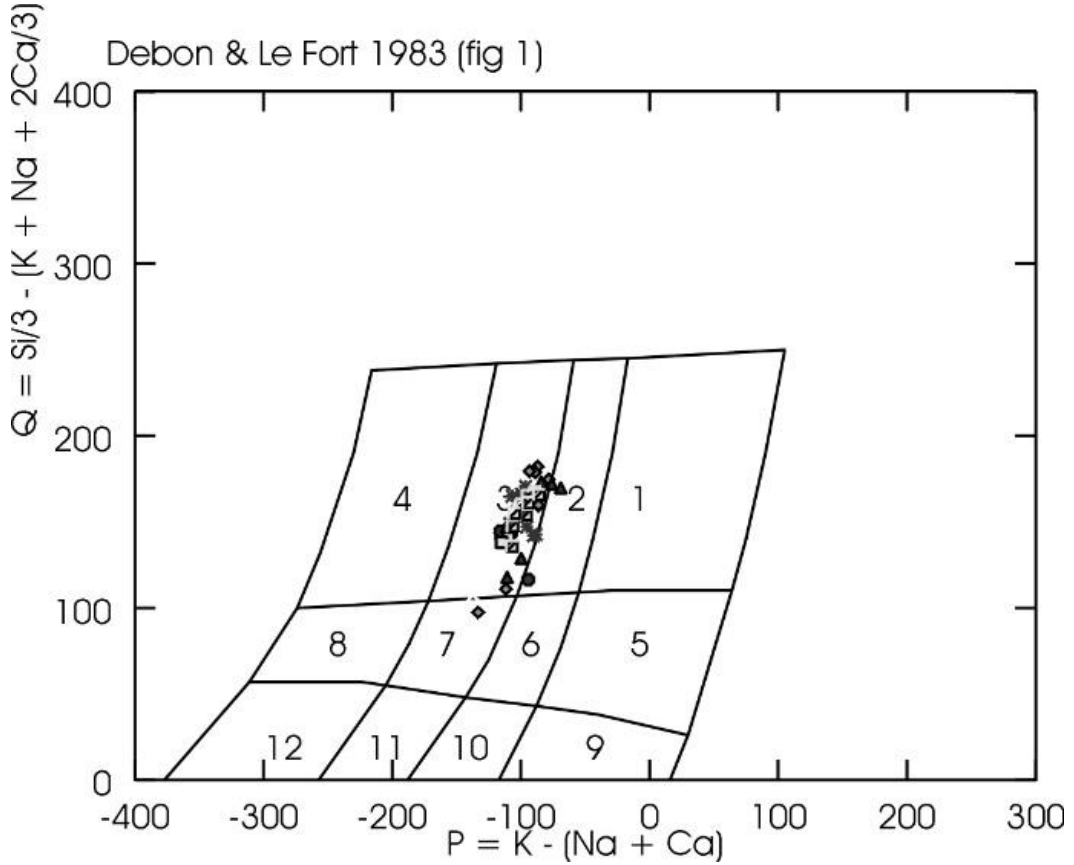
Çalışma alanından alınan örneklerin ana, iz ve nadir toprak element değerleri Çizelge 4.17' de verilmiştir. Örneklerin kökenlerinin belirlenmesi için kullanılan  $\%Na_2O+K_2O$  (toplam alkali) ve  $\%SiO_2$  diyagramında Sarıçayırıyla kayaçlarının (LeMaitre, 1989), çoğunlukla granodiyorit karakterli oldukları, az oranda da tonalit karakterli oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.12).



**Şekil 5.12.** LeMaitre 1989'a göre plütonik kayaçların adlandırılması R: Granit, B: Gabro, O1: Diyorit, O2: Tonalit, O3: Granodiyorit, S3: Monzonit, T: Kuvars Monzonit.

Debon ve Lefort (1983) diyagramında ise, örneklerin tamamına yakınının granodiyoritik karakterli oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.13).





**Şekil 5.13.** Debon Ve Lefort (1983) 'E Göre Derinlik Kayaçlarını Adlandırma Diyagramı. 1. Granit, 2. Adamellit, 3. Granodiyorit, 4. Tonalit, 5. Kuvarslı Siyenit, 6. Kuvarslı Monzonit, 7. Kuvarslı Monzodiyorit, 8. Kuvarslı Diyorit, 9. Siyenit, 10. Monzonit, 11. Monzogabro/Monzodiyorit, 12. Gabro/(Diyorit-Anortozit).

Jeokimyasal analizlerin değerlendirilmesi sırasında petrograph ve benzeri yazılımlar kullanıldıktan sonra düzeltmeler ve öznel yaklaşımlar yapılarak nihai sonuçlar ortaya konulmuştur. Bütün bu analizler ve değerlendirmeler yapılırken tüm kayaç analizleri kullanılmış ve analiz sonuçları tablo formatında major oksitler, iz elementler ve nadir toprak elementleri olacak şekilde üç başlık altında toplanmıştır. Jeokimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 4.17'de paylaşılmıştır.

**Çizelge 5.16.** Örneklerin jeokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	ARP-1 A.Z.	ARP-1-1	ARP-1-2	ARP-1-3	ARP-1-4	ARP-1-5	ARP-1-6	ARP-1-7	ARP-1-8	AU-3-2
Zon										
Majör oksitler (%)										
SiO <sub>2</sub>	38.9	47.9	40.3	44.7	45.8	32.9	39.0	24.4	42.3	59.2
TiO <sub>2</sub>	<0.01	0.04	<0.01	0.77	0.08	<0.01	0.02	<0.01	1.20	0.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.18	0.26	0.14	9.43	1.52	0.69	0.50	0.31	16.06	16.01
∑Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.20	17.43	15.04	13.21	20.37	16.01	17.11	14.66	11.37	1.37
MnO	8.14	4.40	6.96	2.25	5.26	3.45	4.68	2.66	1.43	0.12
MgO	0.65	4.21	2.54	4.99	2.95	2.70	2.86	1.99	4.90	2.64
CaO	8.20	15.54	14.91	20.12	21.15	11.88	14.30	7.69	17.50	8.58
Na <sub>2</sub> O	0.08	0.05	0.10	0.03	0.01	0.12	0.12	0.22	0.02	1.30
K <sub>2</sub> O	0.09	0.07	0.02	0.01	0.06	0.06	0.06	0.06	0.02	2.37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.09	0.12	0.18	0.03	0.02	0.01	0.02	0.28	0.12
A.Z.	8.05	3.85	5.00	2.92	1.77	3.14	3.15	4.53	3.82	6.75
İz Elementler (ppm)										
Ni	8.8	25.5	8.8	28.6	7.3	7.8	5.9	8.7	72.2	3.5
Co	176.7	82.9	174.6	37.9	72.0	349.4	253.0	517.4	43.3	4.7
V	47	34	34	123	26	18	22	17	175	90
Cu	1321	307.3	2900	70.1	137.6	1834	1715	1505	41.1	25.7
Pb	>10000	4708	1244	108.3	174.9	>10000	>10000	>10000	549.9	226.9
Zn	>10000	>10000	>10000	>10000	3051	>10000	>10000	>10000	5349	1115
W	16.6	<0.5	4.1	1.2	0.8	<0.5	0.5	<0.5	1.1	0.7
Mo	0.8	0.4	0.2	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.0	5.9
Au (ppb)	15.7	9.2	2.7	2.9	<0.5	20.7	23.2	48.2	6.5	<0.5
Rb	8.4	2.8	0.9	0.6	7.4	6.3	5.8	4.9	0.3	48.0
Cs	10.2	3.9	1.4	3.2	14.8	10.6	10.5	6.9	1.0	2.1
Ba	26	34	3	4	15	10	19	17	9	838
Sr	21.8	12.8	9.1	503.1	81.0	23.6	25.0	14.4	771.9	242.5

Ga	4.8	4.2	4.9	12.7	6.5	5.6	5.4	4.4	18.9	17.0
Ta	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.6
Nb	1.6	1.3	0.5	9.3	2.2	0.7	0.9	0.7	11.1	6.5
Hf	0.1	0.1	0.1	1.8	0.3	<0.1	0.4	0.1	2.4	4.3
Zr	1.9	7.5	1.5	64.6	10.8	2.8	3.2	3.6	91.1	132.1
Y	6.2	3.7	7.4	16.2	14.5	7.8	8.0	4.4	24.6	17.5
Th	<0.2	0.4	<0.2	1.1	0.8	0.3	0.4	0.3	1.1	9.1
U	0.7	0.1	1.3	1.0	0.3	0.2	0.4	0.1	0.6	2.4
Be	1	3	3	1	1	4	2	<1	<1	4
As	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.1	<0.5	2.2
Cd	997.6	530.5	747.3	93.3	23.3	1498	998.1	>2000	55.4	9.4
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.2	<0.1
Bi	448.1	90.1	26.0	2.0	2.7	318.2	501.4	815.4	14.0	5.5
Ag	>100	34.7	9.9	1.0	1.2	>100	>100	>100	5.4	2.1

---

Nadir Toprak Elementleri (ppm)

---

La	3.3	1.8	4.3	8.8	5.6	3.8	6.6	3.3	10.3	12.3
Ce	3.1	1.7	3.8	17.2	7.4	4.4	7.4	3.8	24.1	28.0
Pr	0.62	0.35	0.66	2.21	1.21	0.77	1.35	0.68	3.22	3.49
Nd	2.3	0.9	2.8	10.7	5.8	3.1	6.2	3.0	14.7	15.2
Sm	0.69	0.43	0.56	2.29	1.29	0.81	1.30	0.69	3.70	3.14
Eu	0.04	0.04	0.06	1.06	0.64	0.07	0.13	0.07	1.24	0.54
Gd	0.51	0.37	0.73	2.62	1.69	0.77	1.40	0.64	3.97	3.07
Tb	0.09	0.07	0.13	0.46	0.28	0.14	0.23	0.10	0.69	0.47
Dy	0.57	0.42	0.73	2.74	1.84	0.90	1.17	0.52	4.59	2.82
Ho	0.08	0.11	0.14	0.64	0.36	0.19	0.22	0.12	0.92	0.59
Er	0.31	0.27	0.57	1.74	0.95	0.48	0.62	0.22	2.76	1.99
Tm	0.04	0.04	0.05	0.25	0.13	0.06	0.06	0.03	0.38	0.31
Yb	0.24	0.25	0.21	1.74	0.93	0.50	0.37	0.23	2.89	1.64
Lu	0.04	0.06	0.04	0.25	0.11	0.06	0.07	0.04	0.38	0.32

---

Çizelge 5.16. Devam...

Örnek No	AU- 3-3	AU- 3-5	AU- 3-6	AU- 3-8	AU- 5-1	AU- 5-2	AU- 5-3	AU- 5-4	AU- 6-2	AU- 6-4
Zon										
Majör oksitler (%)										
SiO <sub>2</sub>	52.3	63.4	27.4	0.3	0.1	0.1	0.1	<0.1	36.0	34.2
TiO <sub>2</sub>	0.28	0.43	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.56	15.27	0.63	0.06	0.03	0.02	0.04	0.02	0.21	0.11
∑Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.10	3.87	27.05	0.20	0.08	0.13	0.11	0.07	11.57	18.91
MnO	0.14	0.10	0.39	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.39	0.27
MgO	1.02	1.63	0.32	0.12	0.56	0.34	0.56	0.43	0.05	0.03
CaO	6.09	5.51	32.94	56.30	55.84	56.36	56.00	56.35	28.13	24.87
Na <sub>2</sub> O	1.99	2.93	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
K <sub>2</sub> O	1.80	2.28	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.10	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02
A.Z.	4.88	3.47	1.91	42.24	42.31	42.28	42.48	42.46	9.74	0.97
İz Elementler (ppm)										
Ni	2.8	3.3	5.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1.2
Co	10.3	9.7	42.3	0.9	1.3	1.0	1.2	0.5	25.9	18.7
V	68	88	37	<8	<8	<8	<8	<8	25	21
Cu	>10000	1763	9692	108.5	25.1	29.3	13.6	7.5	5245	7365
Pb	135.6	90.2	95.1	35.0	37.5	24.3	26.2	22.3	24.3	22.3
Zn	2386	473	553	128	177	163	125	95	79	77
W	1.9	0.6	3.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.8	1.7
Mo	1.3	1.5	27.9	1.2	0.3	0.2	0.1	<0.1	42.0	36.6
Au (ppb)	326.3	231.4	386.2	4.8	2.3	3.0	<0.5	<0.5	109.6	115.8
Rb	32.8	42.3	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.2	0.2
Cs	1.0	1.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	0.2
Ba	407	466	9	3	2	4	5	2	3	2

Sr	351.3	392.4	11.7	119.4	130.5	121.3	143.8	141.6	24.5	13.9
Ga	13.0	14.8	13.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	4.6	5.0
Ta	0.4	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nb	4.7	5.6	2.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.7	0.6
Hf	2.2	3.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1
Zr	74.6	112.1	2.7	0.4	0.4	0.4	0.9	0.9	2.7	2.6
Y	9.7	14.7	1.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.1	12.1	9.7
Th	5.8	8.0	0.7	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	<0.2
U	2.0	1.9	6.6	0.6	0.2	0.6	0.9	0.5	1.2	1.1
Be	2	4	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	1
As	2.4	1.1	3.5	<0.5	<0.5	9.1	3.6	1.4	2.0	7.9
Cd	18.3	3.9	5.2	1.2	1.4	1.0	1.6	0.9	1.0	0.8
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.2	0.3
Bi	3.2	2.4	2.4	0.7	0.9	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6
Ag	4.5	1.1	3.0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.9	1.1

---

Nadir Toprak Elementleri (ppm)

La	12.4	18.4	5.7	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	8.8	6.7
Ce	25.1	35.3	9.8	0.3	0.3	0.7	0.5	0.3	14.5	12.1
Pr	2.82	4.01	1.00	0.04	0.03	0.06	0.08	0.04	1.52	1.37
Nd	12.7	13.6	2.9	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	4.9	6.5
Sm	2.06	3.05	0.34	0.05	<0.05	<0.05	0.11	<0.05	1.22	1.27
Eu	0.59	0.74	0.19	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.36	0.30
Gd	1.70	2.51	0.36	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1.41	1.37
Tb	0.27	0.43	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.24	0.25
Dy	1.59	2.57	0.18	<0.05	<0.05	<0.05	0.07	<0.05	1.38	1.65
Ho	0.40	0.52	0.07	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.36	0.33
Er	1.14	1.73	0.24	<0.03	<0.03	0.03	0.06	<0.03	1.07	0.98
Tm	0.17	0.28	0.04	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.14	0.12
Yb	1.25	1.94	0.26	<0.05	0.07	0.08	<0.05	<0.05	1.12	1.23
Lu	0.20	0.29	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.18	0.22

---

Çizelge 5.16. Devam...

Örnek No	AU- 6-6	AU- 6-8	AU- 6-9	AU- 6-10	AU- 6-11	AU- 6-13	AU- 7-1	AU- 7-2	AU- 7-3	AU- 7-4
Majör oksitler (%)										
SiO <sub>2</sub>	57.5	63.7	63.5	53.9	60.2	71.8	1.4	0.3	13.8	32.3
TiO <sub>2</sub>	0.46	0.32	0.42	0.18	0.31	0.20	<0.01	<0.01	0.04	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.58	15.81	15.63	7.07	12.89	7.96	0.30	0.05	4.11	7.54
∑Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.31	3.18	3.92	10.19	9.33	7.41	0.28	0.12	0.89	4.20
MnO	0.10	0.06	0.07	0.20	0.09	0.07	0.04	0.03	0.11	0.15
MgO	1.36	1.41	1.39	0.89	1.59	1.12	0.57	0.16	1.06	1.33
CaO	7.71	3.93	4.39	12.84	3.77	2.39	54.75	55.93	43.65	29.25
Na <sub>2</sub> O	1.55	2.77	3.06	0.60	1.94	0.88	<0.01	<0.01	0.40	1.11
K <sub>2</sub> O	0.40	2.21	2.57	1.98	2.35	2.66	0.02	<0.01	0.48	0.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.10	0.12	0.05	0.08	0.06	<0.01	<0.01	0.07	0.12
A.Z.	10.64	5.63	3.84	8.04	6.42	4.23	41.72	42.53	34.48	21.17
İz Elementler (ppm)										
Ni	1.2	1.9	3.9	3.0	2.9	3.9	0.5	<0.01	0.3	3.5
Co	4.2	5.9	9.0	11.1	17.1	13.8	0.8	0.8	1.7	6.8
V	61	62	70	48	90	57	<8	<8	12	26
Cu	118.4	184.6	150.3	2109	1243	2102	64.8	21.5	36.7	1692
Pb	128.8	17.0	18.9	16.8	18.8	14.6	5.1	4.5	9.1	10.9
Zn	402	92	140	144	105	118	51	65	285	173
W	0.7	2.8	1.1	1.1	0.6	1.2	<0.5	0.7	<0.5	<0.5
Mo	36.9	15.4	2.5	2.1	2.6	1.5	0.4	6.0	1.0	5.4
Au (ppb)	5.6	5.6	8.3	258.1	854.3	70.3	43.3	4.1	4.7	88.8
Rb	20.3	47.6	40.1	35.6	38.9	46.9	1.0	<0.1	13.4	16.2
Cs	20.6	7.0	3.3	3.6	4.7	3.0	<0.1	<0.1	3.9	6.3
Ba	255	515	608	365	440	479	12	5	123	178
Sr	461.6	398.4	344.8	248.4	216.0	215.7	136.8	141.2	286.7	692.6

Ga	17.1	15.9	16.2	13.6	17.8	10.2	<0.5	<0.5	4.0	8.8
Ta	0.5	0.4	0.6	0.2	0.6	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.2
Nb	7.2	6.0	7.5	2.6	5.1	2.7	0.3	0.4	2.1	3.0
Hf	3.9	3.0	3.7	1.3	2.5	2.1	<0.1	<0.1	0.9	3.1
Zr	147.6	108.2	134.8	47.5	102.6	65.1	1.8	0.5	46.9	146.1
Y	19.4	12.9	20.4	11.6	13.9	10.2	0.9	0.6	5.7	6.7
Th	9.5	9.5	10.1	3.0	6.4	3.8	<0.2	<0.2	2.1	8.5
U	2.5	2.3	2.6	3.0	1.7	1.1	0.6	1.0	1.5	3.4
Be	5	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	2
As	2.4	1.8	1.5	6.4	4.7	2.3	4.3	1.6	3.9	3.0
Cd	2.2	0.4	0.7	1.0	0.8	0.4	0.4	0.5	2.4	0.8
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	0.2	0.2	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	<0.1	<0.1	0.1
Ag	0.1	0.1	0.2	0.7	0.5	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	0.4

---

Nadir Toprak Elementleri (ppm)

La	16.9	22.5	23.7	16.1	12.6	13.6	0.7	0.4	7.4	14.0
Ce	35.9	41.2	46.2	29.4	25.4	25.1	1.0	0.5	18.6	28.2
Pr	4.46	4.16	4.90	3.29	2.90	2.91	0.13	0.07	2.36	3.54
Nd	18.1	15.8	21.1	13.4	12.2	9.9	0.5	<0.3	8.3	15.3
Sm	3.27	2.47	3.23	2.23	2.38	1.99	0.10	0.07	1.85	2.38
Eu	0.74	0.63	0.80	0.65	0.64	0.47	0.03	<0.02	0.40	0.56
Gd	3.21	2.27	3.19	1.99	1.98	1.83	0.05	<0.05	1.31	1.91
Tb	0.50	0.35	0.52	0.31	0.35	0.29	0.01	<0.01	0.20	0.24
Dy	3.19	2.32	3.09	1.85	2.37	1.49	<0.05	0.05	1.16	1.04
Ho	0.74	0.45	0.69	0.42	0.51	0.34	<0.02	<0.02	0.21	0.22
Er	2.14	1.40	2.26	1.21	1.48	0.93	0.09	0.04	0.50	0.70
Tm	0.29	0.21	0.34	0.17	0.24	0.15	<0.01	<0.01	0.05	0.09
Yb	2.20	1.70	2.26	1.23	1.53	1.20	0.12	<0.05	0.42	0.67
Lu	0.35	0.26	0.37	0.16	0.28	0.17	<0.01	<0.01	0.07	0.09

---

Çizelge 5.16. Devam...

Örnek No	AU-1-1	AU-1-2	AU-1-4	AU-1-5	AU-1-8	AU-1-9	AU-2-1	AU-2-3	AU-2-4	AU-2-7
Zon										
Majör oksitler (%)										
SiO <sub>2</sub>	59,3	57,3	58,2	54,0	59,2	58,1	57,8	61,9	58,6	58,2
TiO <sub>2</sub>	0,69	0,75	0,45	0,79	0,33	0,41	0,54	0,46	0,48	0,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,25	17,56	17,83	18,73	19,29	16,12	18,63	16,07	18,19	18,23
∑Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,16	3,54	4,70	4,84	2,86	5,54	4,42	3,43	4,71	4,38
FeO	3,74	3,19	4,23	4,36	2,57	4,98	3,98	3,09	4,24	3,94
MnO	0,05	0,06	0,05	0,03	0,03	0,04	0,06	0,04	0,08	0,06
MgO	3,02	3,14	2,10	5,60	1,69	2,76	2,93	2,88	2,75	2,45
CaO	4,58	6,43	5,84	7,99	5,15	5,44	4,97	3,61	5,63	4,79
Na <sub>2</sub> O	4,13	4,18	4,22	0,98	3,37	1,57	4,11	3,14	4,23	4,19
K <sub>2</sub> O	2,92	2,38	2,41	2,36	3,12	3,63	2,61	3,03	2,53	2,72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41	0,43	0,34	0,44	0,25	0,25	0,34	0,29	0,36	0,30
A.Z.	3,31	3,57	3,07	4,09	3,97	5,31	3,47	4,28	2,58	4,00
İz Elementler (ppm)										
Ni	22,5	15,9	11,8	16,3	11,7	22,0	11,2	12,6	7,9	9,6
Co	14,6	13,7	16,7	12,4	9,3	12,7	12,1	14,9	14,0	12,4
V	147	172	127	166	75	102	121	118	131	110
Cu	960,9	532,0	607,1	483,3	472,5	1105,8	169,4	663,7	370,1	119,1
Pb	50,1	17,6	17,8	9,0	19,1	19,6	9,3	25,6	11,5	14,9
Zn	150	59	70	46	89	76	71	85	44	47
W	2,3	2,5	1,9	6,3	2,7	2,7	1,5	3,4	1,0	1,6
Mo	82,5	11,7	9,0	2,7	31,3	12,3	20,1	189,1	58,3	5,8
Au (ppb)	38,5	34,2	28,4	12,1	16,7	27,2	9,2	183,9	21,0	10,6
Rb	83,6	55,9	62,9	131,4	90,0	106,3	76,6	89,9	68,0	72,0
Cs	1,6	0,6	0,9	6,8	1,6	2,5	2,7	3,7	0,9	1,8
Ba	944	969	1048	369	1411	1640	1245	1363	1381	1494
Sr	1399,1	1498,4	1749,1	414,7	1306,6	1020,4	1737,0	1581,8	1882,0	1729,8
Ga	21,2	20,0	20,0	20,8	20,5	17,9	21,0	19,8	21,8	21,3



Ta	0,8	0,8	0,5	1,0	0,8	0,7	0,6	0,3	0,3	0,5
Nb	16,3	18,2	11,6	18,9	11,9	13,7	10,1	7,4	7,2	8,4
Hf	6,5	8,2	4,4	8,1	4,4	4,9	4,1	4,0	3,4	4,8
Zr	285,0	325,3	165,5	351,5	182,3	205,1	210,5	198,2	158,8	185,2
Y	32,7	34,5	17,0	28,2	19,3	18,2	18,4	13,6	14,9	13,5
Th	18,8	16,8	11,9	25,6	13,8	11,8	12,3	15,2	11,2	18,0
U	6,9	6,5	5,1	7,5	7,4	3,9	4,5	4,1	3,5	5,3
Be	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	2
As	2,5	1,5	2,1	3,3	2,1	2,2	2,1	2,7	1,5	1,6
Cd	1,0	0,2	0,2	<0,1	0,7	0,6	0,2	0,3	0,1	<0,1
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ag	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	<0,1	0,2	<0,1	<0,1

---

Nadir Toprak Elementleri (ppm)

---

La	87,1	76,1	44,9	69,8	38,4	49,8	72,7	74,2	54,0	74,5
Ce	186,0	182,1	102,3	160,0	82,9	110,7	132,4	128,9	103,6	134,4
Pr	20,96	21,89	11,23	18,50	9,53	12,40	12,79	12,24	10,77	12,19
Nd	83,8	90,5	44,1	72,4	36,2	44,0	45,7	41,1	41,2	46,0
Sm	12,89	15,02	7,15	12,08	6,33	7,32	6,44	6,01	6,40	5,68
Eu	2,99	3,34	1,85	2,46	1,81	1,74	1,77	1,55	1,70	1,64
Gd	10,26	11,53	5,64	8,64	5,22	5,25	4,65	4,14	4,77	4,33
Tb	1,26	1,37	0,66	1,06	0,64	0,69	0,55	0,57	0,59	0,48
Dy	6,67	6,83	3,11	6,38	3,29	3,58	3,16	2,72	3,69	3,25
Ho	1,27	1,42	0,67	1,07	0,69	0,59	0,64	0,53	0,59	0,56
Er	2,99	3,39	1,59	2,53	1,50	1,65	1,70	1,17	1,44	1,30
Tm	0,41	0,48	0,25	0,44	0,25	0,26	0,27	0,19	0,20	0,19
Yb	3,65	2,73	1,48	2,96	1,53	1,48	1,75	1,29	1,24	1,14
Lu	0,43	0,50	0,29	0,37	0,25	0,27	0,24	0,16	0,19	0,19

Çizelge 5.16. Devam...

Örnek No	AU-2-9	AU-2-12	HYR-1	HYR-4	HYR-6	HYR-7	HYR-8	HYR-9	HYR-10	HYR-11
Zon										
Majör oksitler (%)										
SiO <sub>2</sub>	58,1	58,7	1,6	37,9	69,3	86,7	92,9	79,2	56,1	22,0
TiO <sub>2</sub>	0,48	0,48	<0.01	<0.01	<0.01	0,04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,05	18,69	0,24	0,45	0,40	0,81	0,58	4,02	1,10	0,42
∑Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,35	3,23	0,39	32,64	3,95	2,46	2,96	5,66	17,64	16,34
FeO	3,91	2,91	0,35	29,37	3,55	2,21	2,66	5,09	15,87	14,70
MnO	0,07	0,06	0,09	6,44	2,96	0,48	0,26	0,15	0,38	2,21
MgO	2,96	2,65	0,79	0,14	0,29	0,05	0,11	0,17	0,23	1,93
CaO	4,62	5,63	54,87	0,80	8,99	3,76	0,58	0,24	5,93	7,47
Na <sub>2</sub> O	3,97	4,67	0,03	<0.01	0,02	0,03	0,02	<0.01	0,01	<0.01
K <sub>2</sub> O	2,61	2,63	0,02	0,04	0,04	0,07	0,04	0,02	0,15	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,31	0,30	0,02	0,02	0,02	0,05	0,01	0,03	<0.01	0,02
A.Z.	4,44	2,54	40,17	12,64	6,14	2,99	1,97	4,98	10,70	16,09
İz Elementler (ppm)										
Ni	10,5	8,3	0,7	32,0	10,3	4,9	4,1	2,3	4,9	1,9
Co	16,1	9,4	<0.2	90,0	18,2	9,3	5,3	9,3	25,7	130,6
V	110	101	9	43	9	14	13	51	16	11
Cu	608,5	433,1	6,6	716,8	38,2	54,1	194,8	782,8	250,7	9717,1
Pb	17,6	18,3	11,9	>10000.0	8082,4	3418,2	3532,5	>10000.0	3676,9	>10000.0
Zn	58	69	348	>10000	9159	2839	1758	>10000	>10000	>10000
W	0,9	1,3	2,3	291,1	1212,4	2444,9	242,5	350,4	12,6	19,5
Mo	40,6	12,5	0,5	29,7	104,2	215,4	87,7	14,1	108,2	1,4
Au (ppb)	59,0	28,4	4,7	16,7	29,5	38,4	580,0	21,2	1095,3	15,6
Rb	68,6	62,9	1,0	0,4	1,8	4,2	2,6	0,8	9,4	0,1
Cs	2,0	1,0	<0.1	<0.1	<0.1	0,8	0,4	<0.1	1,2	<0.1
Ba	1141	1215	15	12	24	28	25	12	21	12
Sr	1650,6	1542,1	403,6	42,8	80,4	24,5	18,6	39,5	102,6	64,5
Ga	22,5	21,2	<0.5	7,1	4,2	1,5	1,1	9,4	3,2	2,4

Ta	0,6	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nb	11,2	10,3	0,5	0,1	0,4	1,4	0,9	0,5	0,4	0,3
Hf	4,4	5,4	<0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	<0,1	<0,1
Zr	195,8	242,2	2,3	4,7	3,0	6,6	3,3	5,6	1,3	2,5
Y	19,1	20,5	4,6	13,2	3,4	4,2	1,4	0,9	4,4	1,5
Th	14,7	21,7	<0,2	0,5	0,2	0,3	<0,2	0,2	<0,2	<0,2
U	6,4	5,2	1,5	3,3	1,6	3,2	1,0	0,6	0,2	0,5
Be	2	<1	<1	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1
As	1,5	1,4	3,4	22,1	28,8	18,0	116,1	11,0	667,3	11,7
Cd	0,2	0,2	4,4	226,7	57,5	37,8	14,9	156,9	167,6	996,8
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	2,8	8,4	17,1	12,6	1,3	7,6	1,2
Bi	<0,1	<0,1	<0,1	361,4	45,8	27,5	32,4	374,8	53,8	182,7
Ag	0,2	0,1	<0,1	>100,0	30,7	14,8	20,7	>100,0	28,0	>100,0

---

Nadir Toprak Elementleri (ppm)

---

La	54,4	64,2	2,8	4,4	1,3	2,0	1,0	2,6	2,1	1,5
Ce	116,0	126,6	3,2	8,5	2,7	3,0	2,0	1,9	4,0	1,0
Pr	12,20	13,31	0,60	1,33	0,38	0,39	0,22	0,24	0,52	0,21
Nd	40,6	47,6	1,8	4,5	1,7	2,4	1,0	1,0	1,9	0,6
Sm	6,48	8,46	0,46	1,16	0,31	0,41	0,13	0,11	0,46	0,19
Eu	1,75	2,21	0,13	0,22	0,10	0,08	0,02	0,02	0,15	0,04
Gd	5,09	6,73	0,46	1,66	0,42	0,64	0,24	0,20	0,61	0,25
Tb	0,66	0,79	0,07	0,28	0,07	0,10	0,02	0,01	0,09	0,03
Dy	3,17	3,85	0,79	1,81	0,53	0,76	0,17	0,20	0,60	0,26
Ho	0,70	0,77	0,10	0,31	0,12	0,17	0,06	0,04	0,15	0,04
Er	1,74	2,35	0,41	0,83	0,22	0,38	0,18	0,13	0,28	0,07
Tm	0,28	0,25	0,08	0,17	0,04	0,03	0,01	0,02	0,05	<0,01
Yb	1,65	1,55	0,25	0,98	0,24	0,40	<0,05	0,21	0,28	0,06
Lu	0,26	0,23	0,06	0,17	0,03	0,04	0,02	<0,01	0,02	<0,01

Çizelge 5.16. Devam...

Örnek No	HYR-12A	HYR-12B	HYR-13	HYR-14	HYR-15	ICL-2B	ICL-3B	ICL-4	SDT-1	SDT-DM
Zon										
Majör oksitler (%)										
SiO <sub>2</sub>	12,2	62,5	15,2	21,9	11,2	88,5	69,6	2,8	63,5	63,1
TiO <sub>2</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,12	0,55	<0,01	0,41	0,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,62	0,46	0,35	0,56	0,91	3,62	14,44	0,26	17,15	15,28
∑Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,95	8,49	32,07	9,68	27,63	3,57	5,45	0,14	6,31	7,72
FeO	27,85	7,64	28,86	8,71	24,86	3,21	4,90	0,13	5,68	6,95
MnO	0,17	1,80	2,23	3,11	2,22	0,10	0,10	<0,01	0,05	0,04
MgO	0,11	0,05	0,83	1,48	2,87	0,17	0,61	0,26	1,20	0,99
CaO	0,20	7,67	6,89	9,65	22,07	0,57	0,65	54,41	0,12	0,07
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,23	1,59	<0,01	0,06	0,06
K <sub>2</sub> O	0,03	0,03	0,01	0,02	<0,01	0,57	3,04	0,03	4,83	4,26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,02	0,05	0,08	0,11	0,13	0,17	<0,01	0,05	0,02
A.Z.	22,54	6,22	24,56	11,88	27,87	2,02	3,92	42,61	5,82	8,33
İz Elementler (ppm)										
Ni	36,0	28,5	4,5	3,1	4,6	23,5	83,1	<0,1	1,4	1,6
Co	144,6	79,8	50,0	112,4	7,3	6,5	22,3	<0,2	1,3	36,4
V	23	13	20	23	15	21	141	<8	105	75
Cu	3994,2	3019,0	1395,2	4085,8	92,7	46,4	74,6	3,0	76,7	63,6
Pb	>10000,0	9842,1	>10000,0	>10000,0	2933,5	762,0	301,2	28,1	86,3	97,9
Zn	>10000	>10000	>10000	>10000	9400	1057	356	25	97	1603
W	33,7	263,4	49,8	38,7	433,9	7,6	5,3	1,1	45,9	21,1
Mo	1,8	56,3	1,7	1,2	1,3	0,4	1,8	0,7	75,1	118,5
Au (ppb)	21,2	143,4	12,6	16,1	7,1	11,7	1,9	1,4	27,8	62,7
Rb	0,1	1,2	0,2	0,2	0,7	28,4	113,8	2,5	299,0	273,3
Cs	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,5	1,0	4,6	<0,1	4,5	3,8
Ba	4	26	10	5	4	57	1223	22	720	465
Sr	16,0	25,6	48,7	53,6	139,4	38,5	131,4	3604,7	15,1	9,5
Ga	3,4	1,9	3,3	4,6	7,3	5,8	18,9	<0,5	18,6	16,9

Ta	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1,2	<0.1	0,5	0,8
Nb	0,2	0,2	0,4	0,2	1,3	2,0	9,9	<0.1	7,2	7,2
Hf	0,3	0,1	<0.1	<0.1	0,4	0,9	4,2	<0.1	3,7	2,6
Zr	4,5	3,2	4,4	2,3	17,3	41,3	122,6	1,4	117,7	92,9
Y	3,2	14,8	6,2	3,5	22,3	15,9	21,5	4,6	7,3	13,2
Th	0,5	0,3	<0.2	<0.2	0,3	3,6	10,1	<0.2	3,5	3,9
U	1,0	2,6	0,8	0,4	0,2	0,7	2,7	1,1	3,7	5,6
Be	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	15	<1
As	4,7	64,8	3,4	2,0	4,2	3,4	38,8	3,6	17,3	53,4
Cd	1294,4	514,2	600,6	1474,0	51,2	8,5	2,9	0,2	0,6	7,0
Sb	0,5	5,0	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	<0.1	<0.1
Bi	1672,0	109,3	697,4	921,9	40,1	8,5	3,4	0,4	6,6	22,3
Ag	>100.0	57,8	>100.0	>100.0	22,0	4,5	1,8	0,2	0,9	5,4

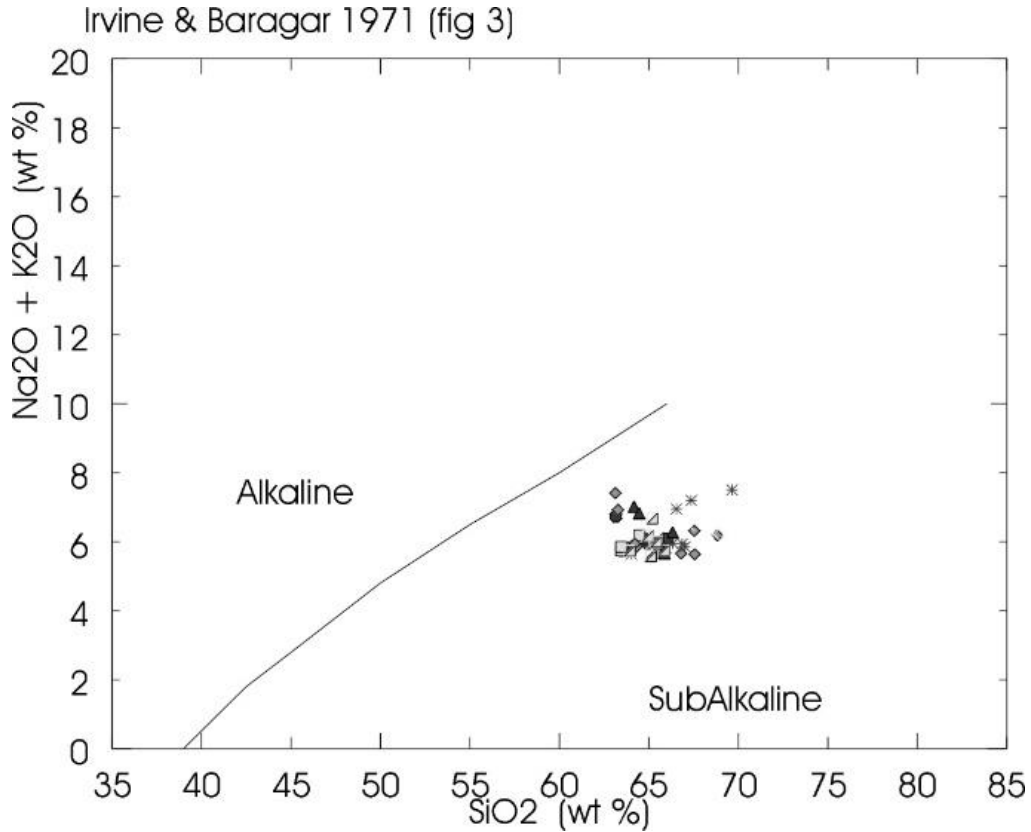
---

Nadir Toprak Elementleri (ppm)

---

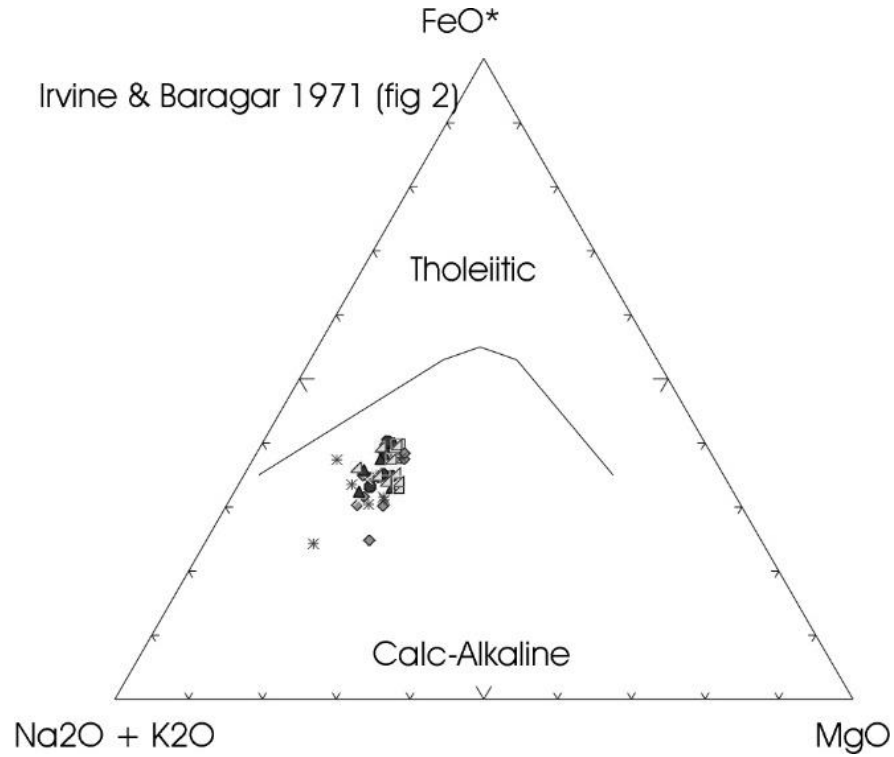
La	7,6	6,3	4,0	4,0	10,9	9,9	26,0	2,4	8,6	19,4
Ce	11,1	11,2	5,3	3,4	16,6	19,6	58,8	1,9	14,1	32,4
Pr	1,31	1,51	0,80	0,66	2,25	2,44	5,95	0,45	1,50	3,31
Nd	4,0	7,8	3,2	2,1	7,5	11,7	23,7	1,4	6,5	11,9
Sm	0,63	1,51	0,63	0,43	1,97	2,86	5,02	0,40	1,00	2,21
Eu	0,12	0,38	0,13	0,06	0,54	0,32	0,99	0,08	0,15	0,54
Gd	0,60	1,83	0,88	0,40	2,79	3,08	4,38	0,57	1,08	1,71
Tb	0,11	0,32	0,14	0,07	0,44	0,53	0,71	0,06	0,15	0,31
Dy	0,65	1,73	0,96	0,50	2,68	2,79	3,94	0,50	1,09	1,69
Ho	0,12	0,50	0,22	0,09	0,64	0,68	0,90	0,08	0,29	0,40
Er	0,42	1,36	0,77	0,14	1,86	1,57	2,50	0,33	0,77	1,29
Tm	0,04	0,20	0,06	0,02	0,28	0,24	0,34	0,04	0,10	0,21
Yb	0,44	1,44	0,45	0,19	1,67	1,59	1,88	0,27	1,10	1,42
Lu	0,05	0,16	0,07	0,04	0,23	0,19	0,35	0,03	0,15	0,19

Bilindiği gibi magmatik kayalar kimyasal bileşimlerdeki “toplam alkali-silika” (TAS) içeriklerine dayanılarak sınıflandırılabilir. Bu ilişkiye göre magmatik kayalar alkali magmatik kayalar ve subalkali magmatik kayalar olarak ayrılabilir (Irvine and Baragar, 1971) (Şekil 5.14). Bölgede çok yaygın olarak yüzeyleyen Domaniç Granodiyoritine ait örneklerin, TAS diyagramında tamamının subalkalin karakterli oldukları görülmüştür.



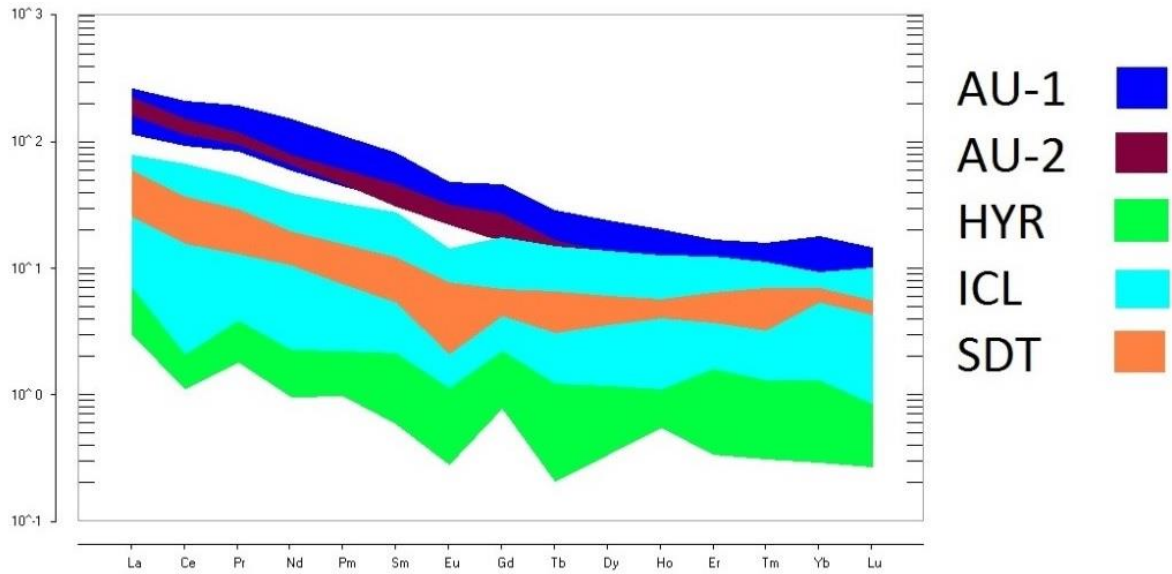
**Şekil 5.14.** Toplam Alkali-Silika (Tas) Diyagramı (Irvine Ve Baragar, 1971).

Domaniç Granodiyoritine ait örneklerin, TAS diyagramında tamamının subalkalin karakterli oldukları görülmüştür. Subalkalin kayalarda silika içeriği alkalin kayalara göre daha yüksektir. Subalkalin kayalar da kendi içerisinde toplam demir, toplam alkali ve MgO içeriklerine göre toleyitik ve kalkalkalen kayalar şeklinde ayrılmaktadır (Şekil 5.15). Örneklerin Kalkalkalen karakterinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.15. AFM üçgen diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

Nadir toprak elementlerin kondrite göre normalize edildiği iz element diyagramı Şekil 5.15’de verilmiştir. AU-1 ve AU-2 örneklerinin kondrite göre normalizasyon deseninde hem LREE (hafif nadir toprak elementler) ve HREE (ağır nadir toprak elementler) açısından oldukça zenginleşmiş olduğu gözle çarpılmaktadır. Fakat LREE’lerden HREE’lere doğru bir fraksiyonlaşma görülmektedir. SDT ve ICL örneklerinde LREE ve HREE zenginleşmeleri söz konusu olup AU-1 ve AU-2 örneklerine göre göreceli olarak zenginleşme daha azdır. HYR örneklerinde de LREE’de kondrite göre zenginleşme görülmekte ancak HREE açısından kondritin değerlerine oldukça benzer değerler yansıtmaktadır. Tüm örneklerde LREE elementlerinde görülen zenginleşme magmanın iz elementler açısından zenginleşmiş bir kaynaktan ya da farklı oranlardaki kısmi ergimeler sonucu oluştuğunu göstermektedir. Özellikle HYR, ICL ve SDT örneklerinde ve daha az oranda AU-1 örneğinde görülen negatif Eu anomalileri plajiyoklas minerallerinin fraksiyonlanması veya kayacın kısmi ergimesi sırasında feldspat minerallerinin kaynaktan alıkonması olarak yorumlanabilir (Şekil 5.16).



**Şekil 5.16.** Kondrite göre normalize edilmiş Boğazova Granitoyidine ait REE değerleri. (Kondrit normalize değerleri Boynton (1984)' den alınmıştır).

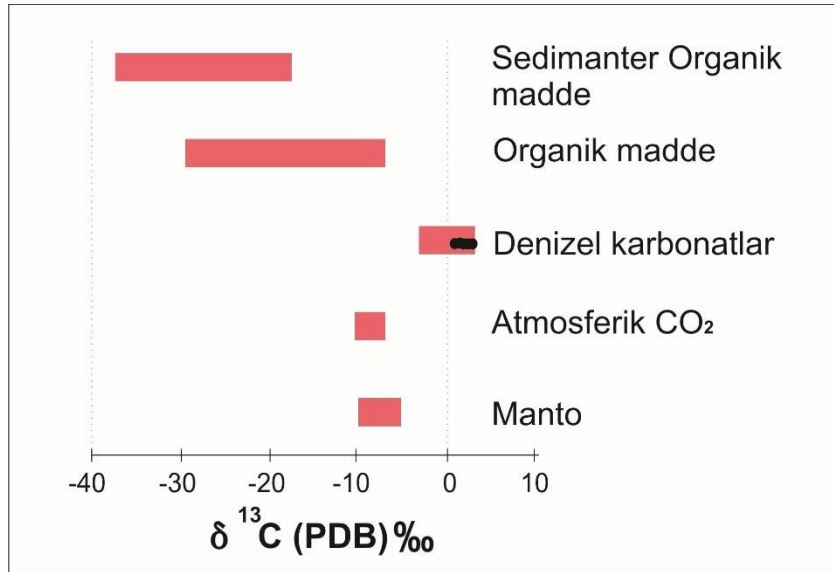
### 5.3. İzotopik İncelemeler

Karbon ve oksijen izotopları, Hayriye cevherleşmelerinden alınan kalsit mineralleri üzerinde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.17).  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri 3,02 ile 4,32 ‰ arasında değişmektedir. Hoefs (1987)' de elde ettiği diyagrama göre çalışma alanındaki örnekler denizel karbonatlar alanına düşmektedir (Şekil 5.17).

**Çizelge 5.17.** Kalsit minerallerinde ölçülen karbon ve oksijen izotop analiz sonuçları.

Örnek No	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
Hyr-1	3,14	7,28
Hyr-4	3,02	20,46
Hyr-6	4,32	14,42
Hyr-7	3,11	11,67



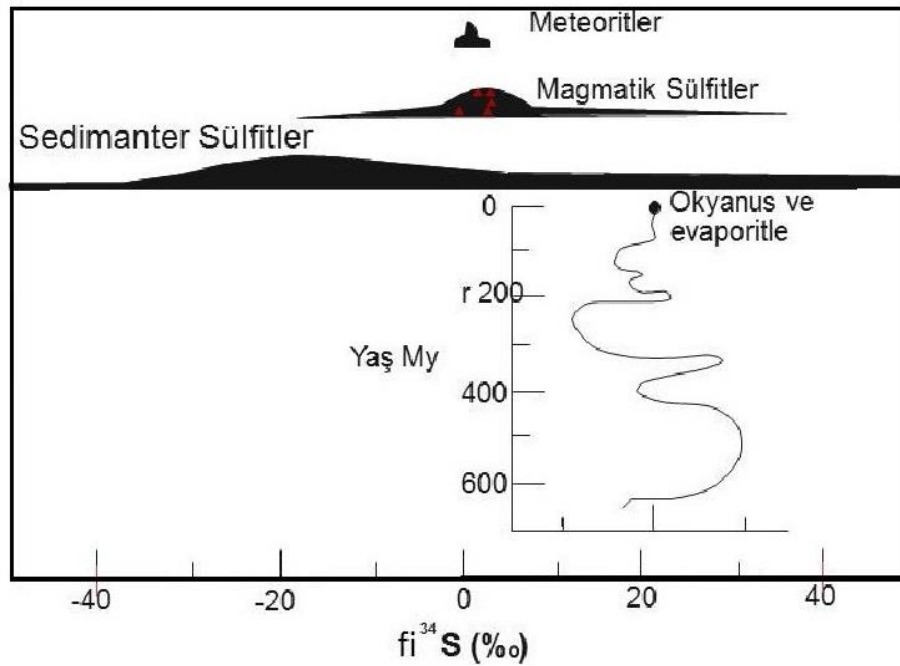


**Şekil 5.17.** Hoefs, 1987'ye göre  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerinin karşılaştırılması

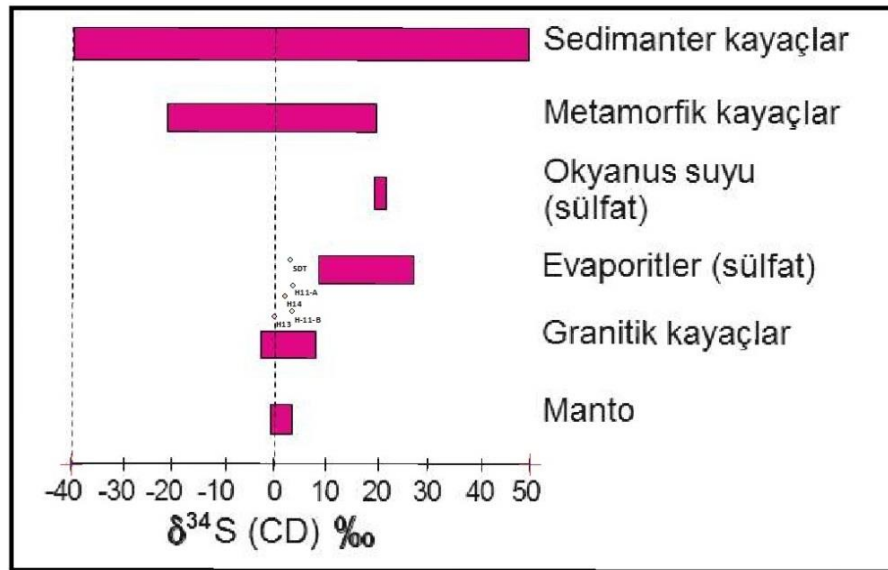
Kükürt izotop ölçümleri, Hayriye ve Saadet cevherleşmelerinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit minerallerinden yapılmıştır. (Çizelge 5.18). Yapılan ölçümler neticesinde kükürt izotop değerlerinin 2,95 ile 3,5 ‰ arasında olduğu değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre çalışma alanındaki örnekler Ohmoto ve Rye (1979) diyagramına göre magmatik sülfidler alanında (Şekil 5.18), Hoefs (1987) diyagramına göre granitik kayalar bölümünde yer almışlardır (Şekil 5.19).

**Çizelge 5.18.** Sülfid minerallerinde ölçülen kükürt izotop analiz sonuçları.

Örnek No	Mineral	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)
Hyr-11A	Kalkopirit	3,1
Hyr-11B	Sfalerit	3,4
Hyr-13	Sfalerit	3,1
Hyr-14	Sfalerit	2,95
Sdt	Pirit	3,1



Şekil 5.18. Ohmoto ve Rye, 1979'a göre kükürt örneklerinin ortam analizi

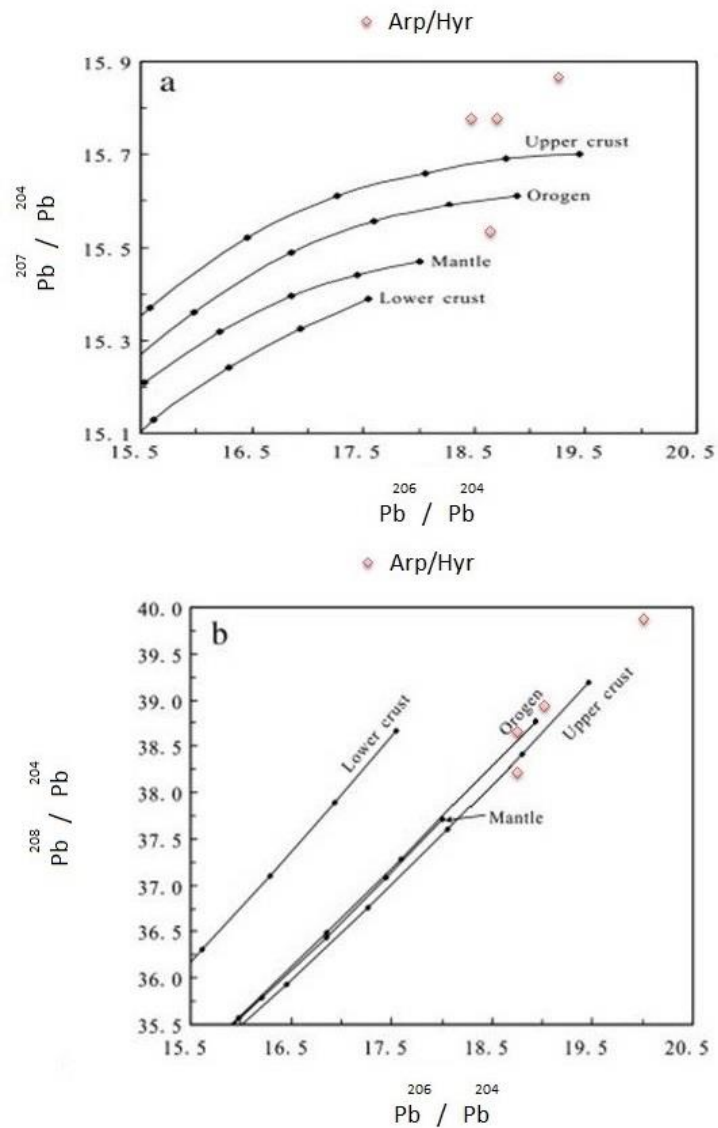


Şekil 5.19. Kükürt örneklerinin Hoefs (1987) diyagramındaki konumları.

Kurşun izotop ölçümleri Arapdede ve Hayriye cevherleşmelerinden seçilen Galenit örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.  $Pb^{208}/Pb^{204}$  değerleri 38,21-40,06,  $Pb^{207}/Pb^{204}$  değerleri 15,5-16,01 ve  $Pb^{206}/Pb^{204}$  değerleri 18,66-19,19 arasında değişmektedir (Çizelge (5.19)). Kurşun izotop değerleri, Zartman ve Doe, 1981 diyagramlarında değerlendirilmiştir

**Çizelge 5.19.** Kurşun izotop analiz sonuçları.

Örnek No	Mineral	Pb208/Pb204	Pb207/Pb204	Pb206/Pb204
Arp-7	Galenit	38,21	15,76	18,71
Hyr-11	Galenit	39,04	15,76	18,87
Hyr-13	Galenit	40,06	16,01	19,19
Hyr-14	Galenit	38,6	15,5	18,66

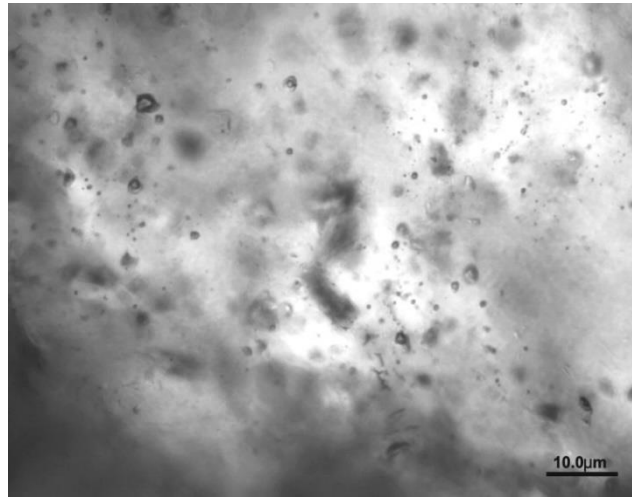


**Şekil 5.20.** Pb izotop verileri için köken alanlarını veren a) Pb207/Pb204-Pb206/Pb204, b) Pb208/Pb204-Pb206/Pb204 çizimleri (üst kabuk, alt kabuk, manto, orojenik kusak alanlarını birbirinden ayıran hatlar Doe ve Zartman, 1981).

#### 5.4. Sıvı Kapanım İncelemeleri

Sıvı kapanım incelemeleri, cevher damarlarından alınan örneklerdeki kuvars kristalleri ile Sfalerit mineralleri üzerinde yapılmıştır. Örneklerden hazırlanan iki yüzü parlatılmış özel kesitler, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. İncelemeler sırasında; ilk erime sıcaklığı ( $T_{FM}$ ), son buz erime sıcaklığı ( $T_{MICE}$ ) ve homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) ölçümleri yapılmıştır. Dondurma işlemlerinde sıvı azot gazı kullanılmıştır. Tekrarlanmış analiz sonuçlarına göre, sıcaklık ölçümlerindeki hata payı  $\pm 0.5$  °C' dir.

**Au-3 nolu örnek:** Sıvı kapanım çalışmaları şeffaf-yarı şeffaf kuvars minerallerinde gerçekleştirilmiştir. İncelemelere göre izlenen kapanımların büyüklükleri <1 ila 14 mikrometre arasında değişmekte olup, genellikle uzamış şekilli, çubuk ve/veya tüpsü şekillidir. Örneğin şeffaf-yarı şeffaf kristallerinde yapılan sıvı kapanım çalışmalarında birincil ve ikincil kökenli kapanımlara rastlanmıştır. Birincil kökenli kapanımların büyük çoğunluğunu iki fazlı (sıvı+gaz) ve tek fazlı (gaz) kapanımlar oluşturmaktadır. Çok fazlı kapanımlar (sıvı+gaz+katı1+katı2) da az oranda ve tek fazlı (sıvı) kapanımlar ise eser oranda izlenmiştir. İkincil kökenli kapanımları ise iki fazlı (sıvı+gaz), tek fazlı (sıvı) ve yer yer de çok fazlı (sıvı+gaz+katı1+katı2) kapanımlar oluşturmaktadır (Şekil 5.21).



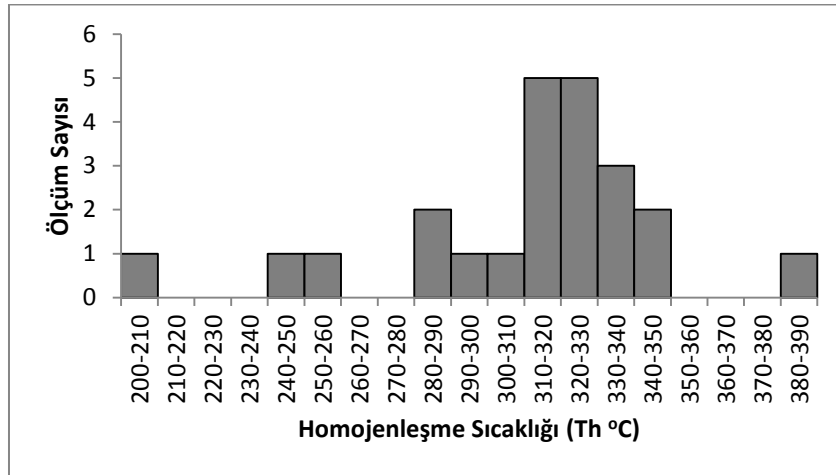
**Şekil 5.21.** Kuvars kristalleri içinde gözlenen birincil kapanımlar

Kapanımlar genel olarak düzensiz şekillidir. Karemsi, dikdörtgenimsi, üçgenimsi, elipsoidal, yuvarlak şekiller de sunmaktadırlar. Çok fazlı (sıvı+gaz+katı1+katı2) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların büyüklükleri genellikle <1 ila 15 mikrometre arasında izlenmiştir. 30 mikrometre büyüklüğe ulaşan kapanımlar da tespit edilmiştir.

Birincil kökenli kapanımlar genellikle daha çok küçük küme/gruplar şeklinde izlenmektedir. Homojenleşme sıcaklığı ölçümleri ve istatistiksel dağılımları Çizelge 5.20 ve Şekil 5.22' de verilmiştir.

**Çizelge 5.20.** Örnekte ölçülen homojenleşme sıcaklığı ölçümleri.

Homojenleşme Sıcaklığı Th (°C)	Kapanım Türü	Homojenleşme Fazı	Homojenleşme Sıcaklığı Th (°C)	Kapanım Türü	Homojenleşme Fazı
209	iki fazlı	sıvı faza	321	iki fazlı	sıvı faza
250	iki fazlı	sıvı faza	322	çok fazlı	sıvı faza
256	iki fazlı	sıvı faza	327	iki fazlı	sıvı faza
282	çok fazlı	sıvı faza	329	iki fazlı	sıvı faza
283	iki fazlı	sıvı faza	330	iki fazlı	sıvı faza
294	iki fazlı	sıvı faza	332	iki fazlı	sıvı faza
302	çok fazlı	sıvı faza	335	iki fazlı	sıvı faza
311	iki fazlı	sıvı faza	338	iki fazlı	sıvı faza
316	iki fazlı	sıvı faza	343	iki fazlı	sıvı faza
317	çok fazlı	sıvı faza	350	iki fazlı	sıvı faza
318	iki fazlı	sıvı faza	387	iki fazlı	sıvı faza
320	iki fazlı	sıvı faza			



**Şekil 5.22.** Birincil ve ikincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

Yapılan 23 adet ölçüm değerine göre, kapanımların homojenleşme sıcaklığı 209-390 °C arasında değişmektedir. Özellikle 290-350 °C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaşmalar izlenmektedir.

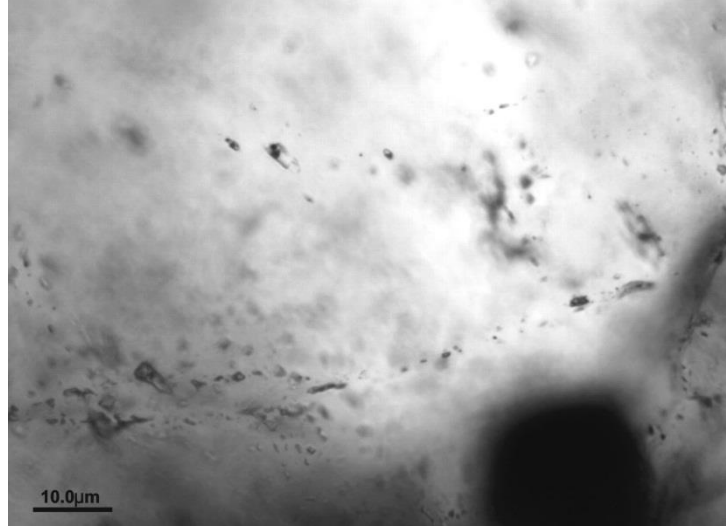
Homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar sıvı azot kullanılarak dondurulmuş ve ergime sıcaklıkları ( $T_m$ °C) bulunmuştur. Ölçülebilen ergime sıcaklıkları ( $T_m$ °C) ve bunlara karşılık gelen % NaCl eşdeğerleri Bodnar (1993)'ün eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır ve aşağıda çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 5.21).

**Çizelge 5.21.** Kapanımlarda ölçülen tuzluluk değerleri.

$T_m$ (°C)	% NaCl eşdeğeri	$T_m$ (°C)	% NaCl eşdeğeri
-10.0 (?)	13.9	-4.0	6.5
-4.4	7.0	-3.8	6.2
-4.1	6.6	-3.3	5.4

Elde edilen 6 adet  $T_m$  (°C) sonucuna göre, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların tuzluluğu %5.4-%13.9 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

**Arp-1 nolu örnek:** Sıvı kapanım çalışmaları şeffaf-yarı şeffaf kuvars minerallerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekte izlenen şeffaf-yarı şeffaf kristallerde yapılan sıvı kapanım incelemelerinde birincil ve ikincil kökenli kapanımlara rastlanmıştır (Şekil 5.23).



Şekil 5.23. Kuvars kristalleri içinde gözlenen kapanımlar.

Birincil kökenli kapanımlar genellikle çok fazlı (sıvı+gaz+katı1+katı2) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlardan oluşmaktadır. Tek fazlı (gaz) kapanımlar daha az orandadır. Tek fazlı (sıvı) kapanımlar ise eser oranda izlenmektedir. İkincil kökenli kapanımları ise iki fazlı (sıvı+gaz) ve yer yer tek fazlı (sıvı) kapanımlar oluşturmaktadır.

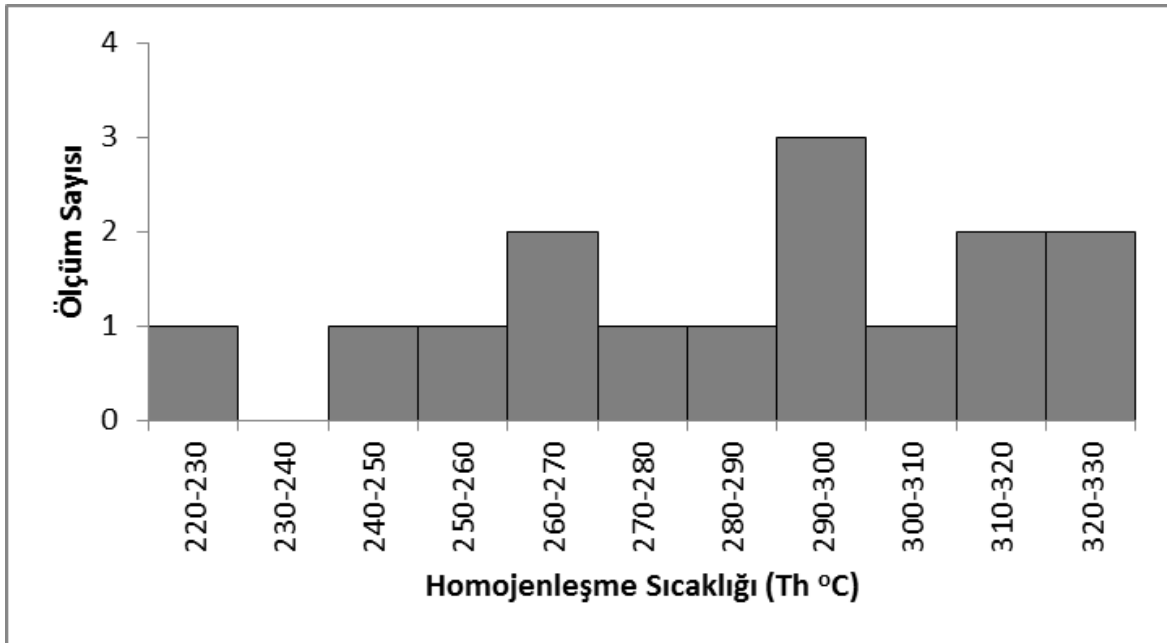
Kapanımlar genellikle yuvarlak, elipsoidal, düzensiz ve/veya karemsi, dikdörtgenimsi şekillidir. Bazı birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların negatif kristal şekle sahip oldukları görülmektedir. İki fazlı (sıvı+gaz) ve çok fazlı (sıvı+gaz+katı1+katı2) kapanımların büyüklükleri genellikle <1 ila 12 mikrometre arasında izlenmiştir. Ölçüm yapılan kapanımların büyük bir kısmı sıvı faza, bazı kapanımlar ise gaz faza homojenleşmiştir. Kapanımlardaki sıvı fazın gaz faza olan oranı eşit veya fazladır.

Örneğin şeffaf-yarı şeffaf kristallerindeki birincil kökenli çok fazlı (sıvı+gaz+katı1+katı2) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan mikrotermometrik

analizler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ( $T_H$  °C) ve istatistiksel dağılımları aşağıda verilmiştir (Çizelge 5.22) (Şekil 5.24).

**Çizelge 5.22.** Örnekte ölçülen homojenleşme sıcaklığı ölçümleri.

Homojenleşme Sıcaklığı $T_H$ (°C)	Kapanım Türü	Homojenleşme Fazı	Homojenleşme Sıcaklığı $T_H$ (°C)	Kapanım Türü	Homojenleşme Fazı
222	çok fazlı	sıvı faza	295	çok fazlı	sıvı faza
248	çok fazlı	sıvı faza	300	çok fazlı	sıvı faza
259	çok fazlı	sıvı faza	305	çok fazlı	sıvı faza
267	çok fazlı	sıvı faza	313	çok fazlı	sıvı faza
270	çok fazlı	sıvı faza	318	iki fazlı	sıvı faza
273	çok fazlı	sıvı faza	321	iki fazlı	sıvı faza
284	çok fazlı	sıvı faza	326	çok fazlı	sıvı faza
291	çok fazlı	sıvı faza			



**Şekil 5.24.** Birincil ve ikincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.



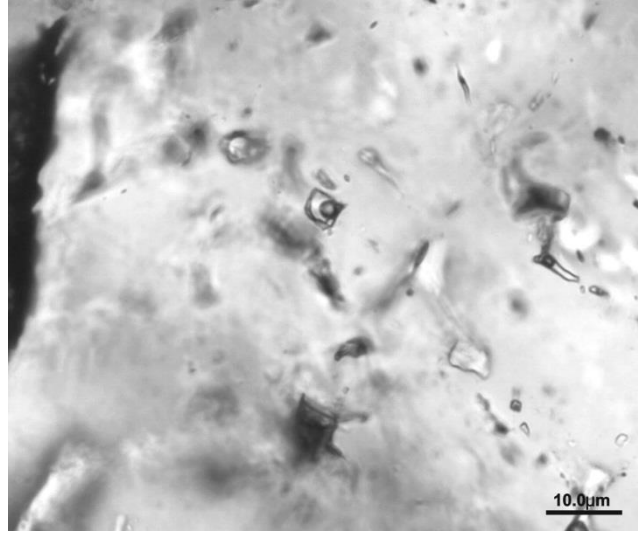
Yapılan 15 adet ölçüm değerine göre, kapanımların homojenleşme sıcaklığı 220-330 °C arasında değişmektedir. Yukarıda histogram değerlendirildiğinde homojenleşme sıcaklıklarının özellikle 260-330 °C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaştıkları görülmektedir. Çoğu çok fazlı (sıvı+gaz+katı) kapanımda yapılan mikrotermometrik ölçümlerde, halit kristalinin ergime sıcaklığı ( $T_{mH}$  °C) ve bunlara karşılık gelen tuzluluk (% NaCl eşdeğerleri) değerleri Bodnar (1993)'in eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve aşağıda tabloda verilmiştir (Çizelge 5.23).

**Çizelge 5.23.** Kapanımlarda ölçülen tuzluluk değerleri.

$T_{mH}$ (°C)	% NaCl eşdeğeri	$T_{mH}$ (°C)	% NaCl eşdeğeri
310	38.90	225	3.20
308	38.76	220	3.90
235	33.80	208	3.30

Çok fazlı (sıvı+gaz+katı1+katı2) kapanımlardan elde edilen 6 adet  $T_m$  (°C) sonucuna göre, kapanımları oluşturan eriyiğin tuzluluğu %3.20 -%3.90 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

**Hyr-12 nolu örnek:** Örneğin izlenen şeffaf-yarı şeffaf kristallerinde (muhtemelen kuvars), karbonat olduğu düşünülen kesim ve az bollukta demir içeriği düşük sfalerit minerallerinde sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sfalerit minerallerinin örnekte genellikle demir içeriğinin yüksek olduğu görülmüştür. Ancak nispeten demir içeriğinin az olduğu bal rengi sfaleritler de izlenmiştir. Örnekte izlenen bal rengi sfalerit minerallerinde yapılan sıvı kapanım çalışmalarında birincil kökenli kapanımlara rastlanmıştır (Şekil 5.23).



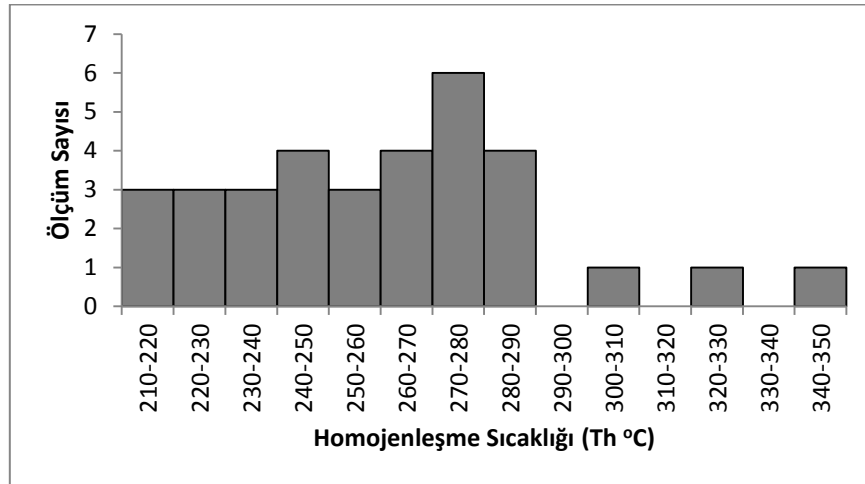
**Şekil 5.23.** Kuvars kristalleri içinde gözlenen birincil kapanımlar.

Birincil kökenli kapanımlar tek fazlı (gaz) kapanımlardan oluşmaktadır. Kapanımlar genellikle karemsi, dikdörtgenimsi, yuvarlak ve/veya yer yer de düzensiz şekillidir. Tek fazlı (gaz) kapanımların büyüklükleri <1 ila 10 mikrometre arasında değişmektedir. Örneğin şeffaf- yarı şeffaf kristallerinden karbonat olduğu düşünülen kesimde ise sadece yaygın olarak tek fazlı (sıvı) kapanımlar tespit edilmiştir. Bu tek fazlı (sıvı) kapanımlar hem birincil kökenli hem de ikincil kökenlidir. Kapanımlar düzensiz şekillidir. Büyüklükleri 6 mikrometre ve daha küçüktür. Karbonat kristallerinde çok eser bollukta iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da saptanmıştır. Genellikle kapanımlar küçük boyutludur (<5 mikrometre).

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda sıvı fazın gaz faza olan oranı fazladır. Gaz faza eşit ve/veya gaz fazın yer yer hakim olduğu kapanımlar da mevcuttur. Ölçüm yapılan kapanımların tamamı sıvı faza homojenleşmiştir. Örneğin şeffaf-yarı şeffaf kristallerindeki birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda yapılan mikrotermometrik analizler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ( $T_h$  °C) ve istatistiksel dağılımları aşağıda verilmiştir (Çizelge 5.24) (Şekil 5.25).

**Çizelge 5.24.** Örnekte ölçülen homojenleşme sıcaklığı ölçümleri.

Homojenleşme Sıcaklığı Th (°C)	Kapanım Türü	Homojenleşme Fazı	Homojenleşme Sıcaklığı Th (°C)	Kapanım Türü	Homojenleşme Fazı
210	iki fazlı	sıvı faza	266	iki fazlı	sıvı faza
218	iki fazlı	sıvı faza	267	iki fazlı	sıvı faza
220	iki fazlı	sıvı faza	267	iki fazlı	sıvı faza
225	iki fazlı	sıvı faza	271	iki fazlı	sıvı faza
227	iki fazlı	sıvı faza	273	iki fazlı	sıvı faza
228	iki fazlı	sıvı faza	274	iki fazlı	sıvı faza
235	iki fazlı	sıvı faza	275	iki fazlı	sıvı faza
237	iki fazlı	sıvı faza	278	iki fazlı	sıvı faza
240	iki fazlı	sıvı faza	280	iki fazlı	sıvı faza
242	iki fazlı	sıvı faza	283	iki fazlı	sıvı faza
246	iki fazlı	sıvı faza	287	iki fazlı	sıvı faza
247	iki fazlı	sıvı faza	290	iki fazlı	sıvı faza
253	iki fazlı	sıvı faza	290	iki fazlı	sıvı faza
259	iki fazlı	sıvı faza	310	iki fazlı	sıvı faza
260	iki fazlı	sıvı faza	328	iki fazlı	sıvı faza
266	iki fazlı	sıvı faza	348	iki fazlı	sıvı faza



**Şekil 5.25.** Birincil ve ikincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

Yapılan 32 adet ölçüm değerine göre, kapanımların homojenleşme sıcaklığı 210-350 °C arasında değişmektedir. Özellikle 220-290 °C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaşmalar izlenmektedir. Homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar sıvı azot kullanılarak dondurulmuş ve ergime sıcaklıkları ( $T_m$ °C) bulunmuştur. Ölçülebilen ergime sıcaklıkları ( $T_m$ °C) ve bunlara karşılık gelen % NaCl eşdeğerleri Bodnar (1993)'ın eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır ve aşağıda tablo halinde verilmiştir (Çizelge 5.25).

**Çizelge 5.25.** Kapanımlarda ölçülen tuzluluk değerleri.

$T_m$ (°C)	% NaCl eşdeğeri	$T_m$ (°C)	% NaCl eşdeğeri
-2.0	3.4	-1.4	2.4
-1.9	3.2	-1.3	2.2
-1.8	3.1	-1.1	2.1
-1.5	2.6	-0.9	1.6

Elde edilen 8 adet  $T_m$  (°C) sonucuna göre, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların tuzluluğu %1.6-%3.4 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuzeybatı Anadolu’da Geç Kretase sonu-Tersiyer başı zaman aralığında Neotetis Okyanusu kuzey kolu kuzeye hareketle Sakarya kıtası altına dalmış ve tüketilmiştir. İzleyen evrede güneyde bulunan Torid-Anatolid platformu ve kuzeyde bulunan Sakarya kıtası çarpışarak İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı oluşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu kuşak gelişiminin ardından gerek kenet kuşağı birimleri ve gerekse Sakarya kıtası temel kayaları üzerinde uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı çökel kayaları oluşmuştur. Bu birimler, Akdeniz (1980)’nin isimlendirdiği Başlamış formasyonu ile Akyürek ve Soysal (1983)’in isimlendirdiği Gebeler formasyonlarıdır. Bu önemli stratigrafik durum kıta-kıta çarpışmasının Orta Eosen öncesi olduğunun bir kanıtıdır. Nitekim çarpışmanın ardından Batı Anadolu’ da Erken Miyosen zamanında geniş ölçekli bir volkanik faaliyet ile Oligosen-Miyosen döneminde yaygın bir magmatizma meydana gelmiştir (Bingöl vd., 1982, Keller, 1983)

Çalışma alanı ve çevresinde stratigrafik olarak en altta Devlez Metabazitleri ismi verilen birim bulunmaktadır. Bu birim çalışma alanında oldukça geniş ve dağınık bir yayılım göstermekte olup, Arapdede Tepe güney ve doğusu, Bileylik Tepenin doğusu, Allıkayanın doğusu ile İclaliye bölgelerinde yayılmaktadır.

Amfibolit, glokofan-lavsonit şist, hornblend-klorit şist, albit-klorit şist, muskovit şist kayalarından oluşmaktadır (Bayburtoğlu vd., 2001). Middlelear 1975 ve Bingöl 1976’ya göre birime Devoniyen (Paleozoyik) yaşı verilmiştir. Bu birim üzerine açısız uyumsuzlukla Geyiktepe Mermerleri gelmektedir. Birim Kaleyeri Tepe, Ortaca bölgelerinde ve Allıkaya civarlarında yüzeylenmektedir. Birim Küçükayman (1987) tarafından “Geyiktepe Mermerleri”, Pehlivan (1979) tarafından “Allıkaya Mermerleri” olarak adlandırılmıştır. Birim, masif, yer yer kırıklı görünümlü, orta kalın tabakalı, beyazımsı renkli bir yapıdadır. Sahada en geniş yayılım gösteren birim ise Domaniç Granodiyoritidir. Çalışma alanında Bileylik civarlarında, Çatalçam Tepe ve Boğazova civarlarında yayılım göstermektedir.

**Sarıçayırıyayla Cevherleşmesi:** Çalışma alanında yer alan Sarıçayırıyayla civarında yapılmış olan Au-1, Au-2, Au-3, Au-5, Au-6 ve Au-7 nolu sondajlardır. Au-1 nolu sondajda yüzeyden derine doğru sırasıyla, yüzeysel alterasyon, granit, granit porfir, granit, granit porfir ve granodiyorit zonları belirlenmiştir. Granitlerin ana bileşenleri kuvars ve ortoklazdır. Granit porfirlerin mineralojik bileşimleri kuvars, ortoklaz, plajiyoklazlardan ibarettir. Gerek petrografik ve gerekse mineralojik incelemeler neticesinde sondajın potasik zonu temsil ettiği görüşüne varılmıştır.

Au-2 nolu sondaj yüzeyden derine doğru yüzeysel alterasyon, Granodiyorit ve Granodiyorit porfir araldanmasından oluşmaktadır. Belirlenen mineraller kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz ve biyotit mineralleridir. Bu sondajın da potasik zonu temsil ettiği belirlenmiştir. Au-3 nolu sondaj yüzeyden derine doğru sırasıyla, yüzeysel alterasyon, hidrotermal alterasyon, Granodiyorit porfir ve Mermer zonları belirlenmiştir. Hidrotermal alterasyon zonunda yoğun bir serisitleşme söz konusudur. Opak mineraller de yoğun bir şekilde izlenmektedir. Bu sondajın çoğunlukla potasik zonu temsil ettiği, ardından skarn zonu özellikleri gösterdiği söylenebilir. Au-5 nolu sondajda mermer litolojisi sıklıkla izlenmektedir. Mermerler çoğunlukla beyaz, kırıklı ve iri kristalli bir yapı ve doku karakteri sunmaktadır. Au-6 nolu sondaj yüzeyden derine doğru sırasıyla, yüzeysel alterasyon, hidrotermal alterasyon, skarn zonu ve metamorfik zon izlenmektedir. Hidrotermal alterasyon zonunda yoğun bir serisitleşme söz konusudur. Opak mineraller de yoğun bir şekilde izlenmektedir.

Skarn zonunda iri kristalli epidot mineralleri göze çarpmaktadır. Bunun yanı sıra bol miktarda serisitleşme görülmektedir. Au-7 nolu sondaj da mermer litolojisi hakimiyetindedir. Sarıçayırıyayla cevherleşmesinde magmatik kayalar içerisinde çoğunlukla damar ve saçınım tipinde cevherleşmeler görülmüştür. Petrografik incelemeler doğrultusunda belirlenen alterasyon zonlarına göre parlak kesit amaçlı sistematik örneklemeler yapılmıştır. Genel olarak değerlendirilmek istendiğinde porfirik yataklara özgü cevher mineralleri, alterasyon zonlarıyla ilişkili olarak dağılım göstermektedirler. Başlıca cevher mineralleri, kalkopirit, pirit, sfalerit, altın, rutil mineralleridir.

**Arapdede Cevherleşmesi:** Yankayaç olarak özellikle granitik kütle ile kontakt yapmış aktinolit-tremolit minerallerince zengin kayaç grupları bulunmaktadır. Arapdede cevherleşmesinde galenit, sfalerit, pirit, kalkopirit mineralleri belirlenmiştir.

**Hayriye Cevherleşmesi:** Sahada yapılan incelemeler sonucunda cevherleşmeye eşlik eden kayaçların mermer, granodiyorit, kalkşist, kuvars şist kayaçları belirlenmiştir. Hayriye köyü cevherleşmelerinde pirit, kalkopirit, galenit, sfalerit, bornit mineralleri belirlenmiştir.

**İclaliye Cevherleşmesi:** Cevherleşmeler İ22-b2 paftasında yer almaktadır. Sahada yapılan incelemeler sonucunda cevherleşmeye eşlik eden kayaçların granodiyorit, mermer, kalkşist kayaçlarından oluştuğu belirlenmiştir. Granodiyoritler oldukça altere olmuşlardır.

**Saadet Cevherleşmesi:** Cevherleşmeler İ23-a1 paftasında yer almaktadır. Sahada yapılan incelemeler sonucunda cevherleşmeye eşlik eden kayaçların çoğunlukla kuvars epidot fels oldukları belirlenmiştir.

Örneklerin kökenlerinin belirlenmesi için kullanılan  $\%Na_2O+K_2O$  (toplam alkali) ve  $\%SiO_2$  diyagramında Sarıçayıryayla kayaçlarının (LeMaitre, 1989), çoğunlukla granodiyorit karakterli oldukları, az oranda da tonalit karakterli oldukları belirlenmiştir. Bölgede çok yaygın olarak yüzeyleyen Subalkalen bu kayaçlar da kendi içerisinde toplam demir, toplam alkali ve MgO içeriklerine göre toleyitik ve kalkalkalen kayaçlar şeklinde ayrılmaktadır. Örneklerin Kalkalkalen karakterinde olduğu belirlenmiştir. AU-1 ve AU-2 örneklerinin kondrite göre nomalizasyon deseninde hem LREE (hafif nadir toprak elementler) ve HREE (ağır nadir toprak elementler) açısından oldukça zenginleşmiş olduğu göze çarpmaktadır. Fakat LREE'lerden HREE'lere doğru bir fraksiyonlaşma görülmektedir. SDT ve ICL örneklerinde LREE ve HREE zenginleşmeleri söz konusu olup AU-1 ve AU-2 örneklerine göre göreceli olarak zenginleşme daha azdır.

Tüm örneklerde LREE elementlerinde görülen zenginleşme magmanın iz elementler açısından zenginleşmiş bir kaynaktan ya da farklı oranlardaki kısmi ergimeler sonucu oluştuğunu göstermektedir. Hayriye ve Saadet cevherleşmelerinden alınan Kalkopirit, Sfalerit ve Pirit mineralleri kullanılarak yapılan ölçümler neticesinde kükürt izotop değerlerinin 2,95 ile 3,5 ‰ arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre bu cevherleşmelerin magma kökenli ergiyiklerle ilişkili olduğu söylenebilir.

Kurşun izotop ölçümleri Arapdede ve Hayriye cevherleşmelerinden seçilen Galenit örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.  $Pb^{208}/Pb^{204}$  değerleri 38,21-40,06,  $Pb^{207}/Pb^{204}$  değerleri 15,5-16,01 ve  $Pb^{206}/Pb^{204}$  değerleri 18,66-19,19 arasında değişmektedir (Çizelge (3.19). Kurşun izotop değerleri, Zartman ve Doe, 1981 diagramlarında değerlendirilmiştir (Şekil 3.27 a ve b). Tüm Pb izotop verilerine göre Hayriye ve Arapdede çevresindeki cevherleşmelere ait değerler alt kabuktan uzak, ancak üst kabuk-Orojenik Kusak bölgelerine yakın alanlara düşmektedir. Buna göre cevherleşmeyi oluşturan kurşunun Üst Kabuktan geldiği söylenebilir.

Sıvı kapanım incelemeleri, cevher damarlarından alınan örneklerdeki kuvars kristalleri ile sfalerit mineralleri üzerinde yapılmıştır. Sarıçayırıyayla cevherleşmesinden alınan örnekte yapılan 23 adet ölçüm değerine göre, kapanımların homojenleşme sıcaklığı 209-390 °C arasında değişmektedir. Özellikle 290-350 °C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaşmalar izlenmektedir. Elde edilen 6 adet Tm (°C) sonucuna göre, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların tuzluluğu %5.4-%13.9 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Arapdede cevherleşmesinde sıvı kapanım çalışmaları şeffaf-yarı şeffaf kuvars minerallerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan 15 adet ölçüm değerine göre, kapanımların homojenleşme sıcaklığı 220-330°C arasında değişmektedir. Yukarıda histogram değerlendirildiğinde homojenleşme sıcaklıklarının özellikle 260-330 °C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaştıkları görülmektedir. Çok fazlı (sıvı+gaz+katı1+katı2) kapanımlardan elde edilen 6 adet Tm (°C) sonucuna göre, kapanımları oluşturan eriyiğin tuzluluğu %3.20 -%3.90 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.



Hayriye cevherleşmesinde sfalerit minerallerinde sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sfalerit minerallerinin örnekte genellikle demir içeriğinin yüksek olduğu görülmüştür. Ancak nispeten demir içeriğinin az olduğu bal rengi sfaleritler de izlenmiştir. Yapılan 32 adet ölçüm değerine göre, kapanımların homojenleşme sıcaklığı 210-350 °C arasında değişmektedir. Özellikle 220-290 °C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaşmalar izlenmektedir. Elde edilen 8 adet Tm (°C) sonucuna göre, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların tuzluluğu %1.6-%3.4 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri göz önüne alındığında cevherleşmelerin düşük-orta tuzluluk değeri ve orta-yüksek homojenleşme sıcaklık değeri gösterdikleri saptanmıştır. Buna bağlı olarak sistemin orta yüksek sıcaklık ve düşük-orta tuzluluk değerlerine sahip NaCl-H<sub>2</sub>O sisteminde olduğu düşünülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akdeniz, N., 1980, Başlamış Formasyonu, Jeoloji Mühendisliği, 10, 39-47.
- Akyürek, B., ve Soysal, Y., 1983, Biga Yarımadası Güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) Temel Teoloji Özellikleri, MTA Derg. 95/96, 1-12.
- Ataman, G., 1972, Orhaneli Granodiyoriti Kütlesinin Radyometrik Yaşı, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 15/2.
- Ataman, G., 1973, Gürgenyayla (Domaniç) granodiyoritik kütlesinin radyometrik yaşı: TJK Bülteni, 16/1.
- Aydın, B., 2007. Koyunoba plütonu (Simav-Kütahya) Karakoca yöresi polimetalik damar tipi Cevherleşmesinin jenetik incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 50s.
- Aydoğan, M.S., Çoban H., Bozcu, M., Akıncı, Ö. 2008. Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene–Miocene granites, Journal of Asian Earth Science, 33, 155-176.
- Bacak, G., ve Kuşçu, M. 2000. Kütahya-Domaniç Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Özellikleri ve Kökeni, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, 683-697, MTA, Ankara.
- Bayburtoğlu, B., Cengiz, İ., Çakır, C., Yıldız, H., Yıldırım, S., 2001, Bilelikyayla (Domaniç-Kütahya) Altın Cevherleşmesi Jeoloji ve Jeokimya Raporu, MTA Der. Rap. No:10491, Ankara (yayımlanmamış).
- Bingöl, E., 1976, Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi. MTA Derg. No:86.
- Bingöl, E., 1989. Geological Map of Turkey, Scale: 1/2.000.000, Mineral Research and Exploration Institute Publications, Ankara, Turkey.
- Bingöl, E., Delaloye, M., Ataman, G., 1982, Granitic Intrusions in Western Anatolia: A Contribution to the Geodynamic Study of this Area, Eclogae Geologicae Helvetiae, 75: 2, 437-446.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Bodner, R.J., 1993, Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H<sub>2</sub>O-NaCl Solutions, *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 57, 683-684.
- Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies, In: P. Henderson (ed.), *Rare earth element geochemistry*, Elsevier, 63-114.
- Bürküt, Y., 1975, Kuzeybatı Anadolu granitik plütonları içindeki Ti,P,Zr,Mn,V tayini ve dağılımı. *MTA Der.*, 84.
- Cengiz, I., Genç, Y. 2003. Domaniç (Kütahya) Bakır-Molibden Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Alterasyon Özellikleri, *Jeoloji Müh. Der.* 27, 47-75.
- Debon, F., and Le Fort, P., 1983, A Chemical-Mineralogical Classification of Common Plutonic Rocks and Associations, *Transactions Royal Society of Edinburg, Earth Sciences*, 73, 135-149.
- Hoefs, J., 1987, *Stable Isotope Geochemistry*, Springer Verlag, Berlin, 241p.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, *Can. J. Earth. Sci.*, 8, 523-543.
- Kaaden, G. V., 1959, Anadolunun Kuzeybatısında Yeralan Metamorfik Olaylarla Magmatik Faaliyetler Arasındaki Taş Münasebetleri, *MTA Dergi No: 52*.
- Keller, J., 1983, Potasic Lavas in the Orogenic Volcanism of the Mediterranean Area, *J. Volcano. Geot. Res.* 18, 321-335.
- Küçükayman, A., 1987, Bozüyük-Tavşanlı-Kütahya arasının jeolojisi. *MTA Der. Rap. No: 8356.*, Ankara (yayımlanmamış).
- Le Maitre, R.W., 1989, *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*, Blackwell Oxford, 193s.
- Maniar, P.D. and Picolli, P.M., 1989, Tectonic Discrimination of Granitoids, *Geo. Soc. of Am. Bull.*, 101, 635-643.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Melfos, V., Vavelidis, M., Christofides, G., and Seidel, E., 2002, Origin and Evolution of the Tertiary Maronia Porphyry Copper-Molybdenum Deposit, Thrace, Greece, *Mineralium Deposita*, 37, 648-668.
- Middeleear, W. V., 1975, Domaniç (Kütahya-Türkiye) civarındaki sokulumun güney sınırında bulunan maden yatakları ve kontak-metasomatik oluşumların araştırılması hakkında ön rapor. MTA Rap. No: 1522., Ankara (yayımlanmamış).
- Ohmoto, H., and Rye, R.O., 1979, Isotopes of Sulphur and Carbon, *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, New York, Wiley-İntersci., 509-567.
- Okay, A.I., 1984, Kuzeybatı Anadolu' da yer alan metamorfik kuşaklar, *Ketin Semp.*, T.J.K Yayını.
- Okay, A.I., and Tüysüz, O., 1999, Tetyan Sutures of Northern Turkey: In the Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpin Orogen, *Geological Society, London, Special Publication*, 156, 475-515.
- Orhan, A., Mutlu, M., and Fallick, E. 2011. Fluid infiltration effects on stable isotope systematics of the Susurluk skarn deposit, NW Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 40, 550-568.
- Özkoçak, O., 1969, Bursa-Orhaneli çevresinin jeolojisi. Doktora Tezi (Fransızca).
- Partida, E.G., and Levresse, G., 2003, Fluid Inclusion Evolution at the La Verde Porphyry Copper Deposit, Michocan, Mexico, *Journal of Geochemical Exploration*, 78-79, 623-626.
- Pehlivan, A. N., 1979, Uludağ (Bursa)-Orhaneli-Keles-İnegöl yörelerinde granit kenar zonlarındaki (W, Mo, Pb, Zn, Cu) mineralizasyonları ön raporu. MTA Rap. No: 1621, Ankara (yayımlanmamış).
- Pehlivan, A.N., 1987, Bursa-İnegöl-Keleş-Orhaneli Çevresinin Genel Jeokimya Raporu, (KAVAP-I), MTA Der. Rap. No:2135, Ankara (yayımlanmamış).
- Pehlivan, A. N., ve Orbay, S., 1987, Kütahya-Domaniç-Bileylik Cu-Pb-Zn-Mo cevherleşmesi jeoloji-jeokimya raporu (KAVAP IX), MTA Maden Etüd Rapor No: 2054.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Sendir, H., & Sarıöz, K. (2009). Boğazova Granitoidinin (Kütahya) Jeokimyasal Özellikleri. Anadolu Üniversitesi, E-Arşiv, 10.Cilt, 2. Sayı
- Şengör, A.M.C., and Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taşkın, İ., 1983a, Bursa-İnegöl yöresi Boğazova ve Domaniç granodiyorit masifleriyle ilgili W-Mo-Pb-Zn-Cu cevherleşmelerine ait Jeoloji raporu (KAVAP-V). MTA Der. Rap. No:7675, Ankara (yayımlanmamış).
- Yıldırım, S. ve Çelebi, A., 1991, Domaniç (Kütahya)-İnegöl (Bursa) AR 44858 No'lu MTA Ruhsat sahası Topukdere-Sarıçayırıyla çevresi porfiri bakır yatağı ön etüd raporu. MTA Der. Rap. No: 9327., Ankara (yayımlanmamış).
- Yıldız, T., 2006. Balıkesir-Havran ilçesi Tepeoba Cu-Mo oluşumunun maden jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 78s.
- Yılmaz, B., 2005. Muratdere (Bozüyük-Bilecik)' deki Cu-Mo ve Au cevher oluşumlarının maden jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 108s.
- Zartman, R. E. e Doe, B.R. 1981 Plumbotectonics - The Model. *Tectonophysics*, 75: 135-162.