



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



[YÜKSEK LİSANS TEZİ]

**[YUKARIÇULHALI (AKDAĞMADENİ-YOZGAT) BARİT-FLORİT
YATAĞININ JEOLojİSİ ve OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ]**

[Haldun Ömer SEÇİLMİŞ]

**[DANIŞMAN
Prof. Dr.Nurullah HANİLÇİ]**

[Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı]

[Jeoloji Mühendisliği Programı]

[İSTANBUL-2021]

Bu çalışma, 6.08.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Nurullah HANILÇI (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Mustafa KUMRAL
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

[20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin FLY-2019-34022 numaralı projesi ile desteklenmiştir. |

ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programı'nda “Yukarıçulhalı-Akdağmadeni/ Yozgat Barit-Florit Yatağının Jeolojisi ve Oluşumunun İncelenmesi ” başlıklı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır

Türkiye Jeolojisine akademik çalışmaları ve bilimsel katkılarıyla kendini gösteren, gerek Jeoloji camiasına, gerek ülke bilimine katkılarıyla saygın bir yer elde eden, tezimin hazırlanış aşamasına gelinceye kadar kısmen saha, ağırlıklı laboratuvar etütlerinde, yorum ve münazaralarda desteğini esirgemeyen değerli meslektaşım, sevgili danışman hocam Sayın Prof.Dr. Nurullah HANİLÇİ'ye

Muhtelif makale paylaşımıyla çalışmama yön veren,1980 lerin sonu 1990 ların başlarında bir lisans öğrencisiyken tanıdığım, bilimselliği övgüye değer sevgili hocam, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK'e,

Yüksek Lisans Tez sahasından derlediğim kayaç numunelerinin ince kesitlerin, mineraloji-petrografisini incelememde şahsıma yardımını esirgemeyen Sayın Dr.Öğr. Üyesi Davut LAÇİN'e, XRD çalışmalarında, jeokimyasal değerlendirmelerde o sevgi dolu içtenliğiyle yaklaşan Sayın Doç.Dr. Namık AYSAL hocama ve Dr.Öğr. Üyesi Gönenç GÖÇMENİL'e ve Sıvı kapanım ölçümlerimde, kesit hanede çalışırken, evrak işlerimde yardımını esirgemeyen değerli meslektaşım Jeoloji Yük. Müh. Arş. Gör. Fatih ÖZBAŞ'a ve Dr.Öğr. Üyesi Cem KASAPÇI'ya,

İstanbul Teknik Üniversitesi'ne ve bana Sıvı Kapanım Laboratuvarındaki çalışmalarım sırasında, kurumun laboratuvar imkânlarını sunan, yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Mustafa KUMRAL ve Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ'ye,

Bazı örneklerin jeokimyasal analizini bila bedel yapan Kimyager Sayın Haluk LİMAN Bey'e (LİMAN KİMYA),

Çalışma sahasında kamp olanaklarını sunan MATAŞ Madencilik Ltd. şirketinin değerli sahibi Sayın Baki BEDİR Bey'e,

Yıllar önce 1994 te yüksek lisansı bıraktığımda üzülen, 2018 affı ile yeniden başladığımı söylediğimde sesi titreyen yaşam kaynağım Babam Sayın Özer SEÇİLMİŞ’e,

Hayatımın her döneminde sıcacık varlığıyla benim her daim yaşam kaynağım olan biricik Annem Sayın Gülsen SEÇİLMİŞ’e,

Sayısal verilerin irdelenmesinde değerli katkılar sunan, matematik öğretmeni sevgili eşim Neşe SEÇİLMİŞ’e,

Yüksek Lisans Tez çalışmamda isimlerini burada zikretmediğim, bana yardımcı olan tüm dostlarıma, saygı ve sevgiyle gönülden teşekkürlerimi bir borç bilirim.

EFE’nin anısına...

[Haldun Ömer SEÇİLMİŞ]

|
Ağustos 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	xii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1.GİRİŞ	1
1.1.İNCELEME ALANININ KONUMU VE ULAŞIMI	1
1.2. İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ	1
1.3.EKONOMİK DURUM	2
2.GENEL KISIMLAR.....	4
2.1. ÇALIŞMANIN AMACI	4
2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	11
3.1. SAHA ÇALIŞMALARI.....	11
3.2. LABORATUAR ÇALIŞMALARI	12
3.2.1. Polarizan Mikroskopta Mineralojik ve Petrografik İncelemeler	12
3.2.2. Cevher Mikroskobisi İncelemeleri	12
3.2.3. X-Ray Difraksiyon (XRD) Analizleri	12
3.2.4. İzotop Jeokimyası İncelemeleri	13
3.2.5. Jeokimyasal İncelemeler	14
3.2.6. Sıvı Kapanım (Fluid Inclusions) İncelemeleri	15
4. BULGULAR.....	17
4.1. BÖLGESEL JEOLJİ	17
4.2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ	22
4.2.1. Metamorfitlet.....	24
4.2.2. Metakarbonatlar.....	30
4.2.3. Siyenitler.....	34
4.2.4. Damar Kayaçları.....	39

4.2.5. Skarn Zonu	40
4.2.6. Çakıлтаşı-Kumтаşı-Kılтаşı-Kireçтаşı(Miyosen).....	42
4.2.7. Alüvyon	43
4.2. YAPISAL JEOLojİ.....	44
4.4. MADEN JEOLojİSİ	45
4.4.1. Florit Cevherleşmesi.....	45
4.4.1.1. Çayırıldere Florit Cevherleşmesi.....	45
4.4.1.2. Çopurunaltı Florit Cevherleşmesi.....	47
4.4.2. Çallıdere Barit±FloritCevherleşmesi.....	49
4.4.3. Çallıdere Pb-Zn-F-Ba Cevherleşmesi.....	52
4.4.4. Cevher Mineralojisi ve Petrografisi.....	53
4.5. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI	63
4.5.1. Sıvı Kapanım Tipolojisi ve Petrografisi	64
4.5.2. LV	65
4.6. KÜKÜRT İZOTOPU ÇALIŞMALARI.....	72
4.7. JEOKİMYA ÇALIŞMALARI	74
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	79
KAYNAKLAR	86
EKLER	90
EK-1 : Çalışma alanının 1 / 25.000 ölçekli jeoloji haritası	90
ÖZGEÇMİŞ	91

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1:Çalışma Alanının Coğrafi Konumu bulduru haritası.....	1
Şekil 1.2 :Yozgat ili Maden ve Enerji Kaynakları.MTA(20.04.2011).....	2
Şekil 2.1: :İnceleme alanında Çopurunaltı Deresi Mevkiinde işletilmiş Pb-Zn cevher galerisinin görünümü.....	4
Şekil 3.1 : Sıvı Kapanım incelemelerinin yapıldığı Leitz Marka mikroskoba monte edilmiş THMG-600 soğutma-ısıtma(heating-freezing)sisteminin genel görünümü.....	16
Şekil 4.1 :Kırşehir Bloğu’nu gösteren 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası (Ekici,2019).....	17
Şekil 4.2 : Akdağmadeni Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti (Çolakoğlu ve Genç,, 2001)..	19
Şekil 4.3 : Sorgun(Yozgat)-Yıldızeli(Sivas) önülke havzasının jeolojik evrimi(Akçay ve Beyazpirinç,2017).....	21
Şekil 4.4 : İnceleme alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik sütun kesiti ve F,Ba+F,Pb-Zn-Ba-F cevherleşmelerinin konumu.....	22
Şekil 4.5 : Kalkşist,Mikaşist,Mermerden oluşan metamorfitlerin genel görünümü.....	24
Şekil 4.6 : (a, b) Metamorfitler içindeki Amfibol-Şistlerin mostradaki görünümü.....	25
Şekil 4.7 : Büyükçal tepesi mevkiindeki metamorfit birim içindeki Biyotit-Gnays.....	25
Şekil 4.8 : Keçikale tepesi mevkiindeki metamorfit birim içerisindeki Mikaşistlerden bir görünüm.....	26
Şekil 4.9 :Çayırdere mevkiindeki kalkşistlerin genel görünümü.....	26
Şekil 4.10 : Büyükçal tepesi mevkiinden alınan mikaşist birimi numunesi	27
Şekil 4.11 : Metamorfit birimin içindeki Muskovit(ms) mineralin(a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	28
Şekil 4.12 : Metamorfit birimin içindeki Aktinolit(act)-Muskovit(ms) minerallerin(a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	28
Şekil 4.13 : Metamorfit birimin içindeki Kuvars(qz) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	28
Şekil 4.14: Metamorfit birimin içindeki Feldispat(fsp) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	29

Şekil 4.15 : Yukarıçulhalı köyü güneyindeki metakarbonatların genel görünümü.....	30
Şekil 4.16 : Harabe dere mevkiindeki metakarbonat birim içerisindeki mermerlerin görünümü.....	31
Şekil 4.17 : Metakarbonat birimlerin mostradaki görüntüsü.....	31
Şekil 4.18 : Yukarıçulhalı Yakıt istasyonu mevkiindeki metamorfit-metakarbonat dokanak ilişkisi.....	32
Şekil 4.19 : Harabe dere mevkiinden alınan mermer numunesi.....	32
Şekil 4.20 : Metakarbonat birimin içindeki Vesuvianite(vsv) minerallerinin (a) Çift nikolde ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	33
Şekil 4.21 : Metakarbonat birimin içindeki Kuvars(qz) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	33
Şekil 4.22 : Siyenitlerin genel mostra görünümü.....	34
Şekil 4.23 : Çopurunaltı mevkiindeki siyenitik birimin pembemsi-gri renkli görüntüsü...35	
Şekil 4.24 : Çopurunaltı mevkiinden alınan siyenit numunesinin el örneği görünümü.....	35
Şekil 4.25 : Siyenit içindeki Alkali Feldispat(fsp) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	36
Şekil 4.26 : Siyenit içindeki Kuvars(qz) mineralinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	37
Şekil 4.27 : Siyenitlerin içindeki Şiyastolit(Chiastolite-chi)Andalusite(And) minerallerinin(a,c) Çift nikol ve (b,d) Tek nikoldeki görünümü.....	37
Şekil 4.28 : Siyenitler içindeki Muskovit(ms) mineralinin (a) çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.....	38
Şekil 4.29 : Siyenitik kayalar kesen (a),(b) kirli beyaz-gri renkli ince taneli aplit daykların genel görünümü.....	39
Şekil 4.30 : Koyu renkli(a),kısmen kloritleşmiş(b) mafik daykın genel görünümü.....	39
Şekil 4.31 : (a) Skarn zonunun yol yarmasındaki mostra görünümü ve (b) zondaki granat skarnın yakından görünümü.....	40
Şekil 4.32 : Skarn zonunun yol yarmasındaki mostradan alınan numune.....	41
Şekil 4.33 : Granat-Epidot Skarn zonu içindeki Granat(grn) mineralinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikolde kahverengi tonlarda renk gösterir.....	42
Şekil 4.34 : Yukarıçulhalı benzin istasyonu yol ayrımındaki örtü birim ve metamorfiklerin görünümü.....	43

Şekil 4.35 : İnceleme alanında K85B doğrultulu,55KB eğimli metakarbonatlı birimde gelişmiş eğim ve doğrultu atımlı fayın görünümü.....	44
Şekil 4.36 : Eski florit işletmesi açık ocak şevinde gözlenen florit cevher zonu ve bunu kesen aplitik daykın görünümü.....	46
Şekil 4.37 : Çayırıldere florit cevherleşmesinde eski işletme ocak şevinde gözlenen cevher zonu ve bunu kesen aplitik daykın görünümü.....	47
Şekil 4.38 : Genellikle masif ve breşik yapılu,demiroksitli kayaç içerisinde saçınımlı olarak gelişen (a) mor renkli ve (b) şeffaf ve açık yeşil renkli florit minerallerinin görünümü....	47
Şekil 4.39 : Çopurunaltı florit cevherleşmelerinde açılmış eski yarmaların görünümü....	48
Şekil 4.40 : Siyenitler içerisinde (a) damar şeklinde gelişen floritler ve (b) Çopurunaltı florit cevherleşmelerinde açılan eski yarmalardan çıkarılmış,mor renkli,iri kristalli florit cevherlerinin görünümü.....	49
Şekil 4.41 : Barit±Florit cevherleşmesi Zon-II'de breşik zonda (a) barit (Ba) ve florit (F) mineraller.(b) aynı zonda yer yer floritçe zengin merccekler gözlenmektedir... ..	50
Şekil 4.42: (a) Siyenitler içerisinde D-B ve (b) Bazik damar kayacı ile siyenit dokanaklarında gözlenen K70D doğrultulu barit damarlarının yarmadaki görünümü.....	50
Şekil 4.43 : (a ve b) Bazik damar kayaç ile siyenit dokanaklarında gözlenen yeşil renkli baritler, (c ve d) Yavaş kristallenmeyi gösterir iri kristalli baritler ve bunlarla birlikte oluşmuş piritlerin oksidasyonu nedeniyle demir oksit boyamaları, (e) En yaygın görülen cevher tiplerinden siyahımsı gri renkli barit kristalleri ve (f) pembe renkli barit cevherlerinin görünümü.....	51
Şekil 4.44 : Mermerler içerisinde gelişmiş, saçınımlı sfalerit ve galenit içeren cevher el örneğinin görünümü.....	52
Şekil 4.45 : Barit'çe zengin cevher örneğinde,olasılıkla kalkopiritin oksitlenmesi sonucunda oluşan malahit sıvamalarının görünümü.....	53
Şekil 4.46 : Çayırıldere florit cevherleşmesine ait A7 nolu örneğin XRD deseni. Örnek, florit, kalsit, kuvars ve pirit içermektedir.....	54
Şekil 4.47 : Çayırıldere florit cevherleşmesine ait A9 nolu örneğin XRD deseni. Örnek, florit, kalsit, kuvars ve pirit içermektedir.....	54
Şekil4.48 : (a-b) Cevherde en yaygın opak mineraller hematit (hem) ve götit (goe) olup, bu mineraller oksitlenmeden kısmen korunmuş olan piritin (py) süperjen koşullardaki oksidasyonu sonucunda oluşmuştur.....	55
Şekil 4.49 : Florit-barit cevherleşmesine ait HS-22C örneğinin XRD deseni. Cevher florit, barit, kalsit ve az kuvars içermektedir.....	56
Şekil 4.50 : Florit-barit cevherleşmesine ait HS-22A örneğinin XRD deseni. Cevher barit, florit, kalsit ve kuvars içermektedir	56

Şekil 4.51 : (a-c) sarı renkli limonitin hakim olduğu örnekte gri renkli ve kolloform dokulu götit (goe), yeşil renkli malakit (mal) ve (d) grimsi beyaz renkli pirolusit(Mn) mineralinin görünümü.....	57
Şekil 4.52 : A5 örneğine ait XRD deseninde cevherin sfalerit, galenit, florit, serüzit ve az kuvars içerdiği görülmektedir.....	58
Şekil 4.53 : Çallıdere Pb-Zn-Ba-F cevherleşmesinin parajenezinde gözlenen opak mineraller galenit (gn) ve yüksek rölyefli ilk faz pirit (py-I), (b) sfalerit (sph) tarafından replase edilmiş ilk faz pirit (py-I); (c-d) sfaleritlerin (sph) çatlak ve kırıklarında gelişmiş ikinci faz pirit (py-II) ve galenit (gn) mineralleri; (e) ilk faz pirit (py-I) sfalerit (sph) ve galenit (gn) tarafından replase edilmiştir; (f) ilk faz piriti (py-I) replase eden galenit (gn) ve sfaleritin (sph) görünümü; (g) yüksek rölyefi ile belirgin ilk faz pirit (py-I), sfalerit (sph); (h) galenit (gn) tarafından replase edilen sfaleritin galen içinde ada şeklindeki görünümü	59
Şekil 4.54 : Eski Maden galerisinden stok sahasından alınan A31 numunesi.....	60
Şekil 4.55 : (a-b) Magnetit(mag) ve maghemit(magh) minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri.....	61
Şekil 4.56 : (a-b) A31 nolu örnekte piriti (py) magnetit (mag) ve hematit (hem) minerallerinin görünümü; A31 nolu örnekte (d-c) magnetitin (mag) hematit (hem) tarafından ve piritlerin (py) ise galenit(gn)tarafından replasmanı görülmektedir	61
Şekil 4.57 : Kuvars kristali bünyesinde farklı sıvı kapanım türlerinin dağılımı (Shepherd ve diğ. (1985)' den alınmıştır).....	63
Şekil 4.58 : Sıvı kapanım çalışmalarında gözlenen birincil ve ikincil kapanımların görünümü.....	64
Şekil 4.59 : Yukarıçulhalı Ba-F±(Pb-Zn) cevherleşmesine ait (a-b) barit, (c-d) kuvars, (e) florit ve (f) kalsit minerallerinden gözlenen birincil sıvı kapanımların görünümü.....	65
Şekil 4.60 : Çayırıldere florit cevherleşmesine ait kalsit ve kuvarsların Th-frekans histogramı.....	67
Şekil 4.61 : Çayırıldere florit cevherleşmesinde kuvars ve kalsit minerallerine ait Th ve Tuzluluk değerlerinin grafiği	67
Şekil 4.62 : Çallıdere Ba-F cevherleşmesine ait kalsit,kuvars,barit ve floritlerin Th-frekans histogramı.....	70
Şekil 4.63 : Çallıdere Ba-F cevherleşmesine ait Th-%NaCl eşdeğeri Tuzluluk ilişkisini gösterir grafik.....	71
Şekil 4.64 : Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesine ait sülfürlü minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin dünyadaki farklı maden yatağı tiplerine ait $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ile karşılaştırması.....	73

Şekil 4.65 : (a ve b) Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşme bölgesindeki NTE'nin kondirite normalize örümcek diyagramlarının görüntüsü.....75

Şekil 4.66 :Çallıdere(ÇD) Ba-F ve Çayırıldere(ÇYD) cevherleşmesine ait minerallerden elde edilen Th-%NaCl eşdeğeri Tuzluluk diyagramı.....81



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1: Çallıdere Pb-Zn-Ba-F cevherleşmesine mineral parajenezi ve süksesyonu.....	58
Tablo 4.2 : Çayırıldere florit cevherleşmesine (Eski Florit Ocağı) ait örneklerin mikrotermometrik özellikleri.....	66
Tablo 4.3 : Çayırıldere florit cevherleşmesine(Eski Florit Ocağı) ait örneklerin mikrotermometrik ölçüm aralığı.....	66
Tablo 4.4 : Çallıdere Florit $\pm$ Barit cevherleşmesi,Zon-II'ye ait örneklerin mikrotermometrik özellikleri.....	68
Tablo 4.5 : Çallıdere Florit $\pm$ Barit cevherleşmesi,Zon-II'ye ait örneklerin Mikrotermometrik ölçüm aralığı.....	69
Tablo 4.6: Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesine ait barit, pirit ve galenit örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri.....	72
Tablo 4.7 : Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesine ait Jeokimya Analiz Sonuçları.....	76
Tablo 4.8: Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşme sahasından derlenen bazı anaoksit, iz element ve NTE'lerin korelasyon katsayıları.....	78

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
qz	: Kuvars
py	: Pirit
cal	: Kalsit
gn	: Galenit
goe	: Götit
sph	: Sfalerit
hem	: Hematit
mag	: Magnetit
chl	: Klorit
ms	: Muskovit
act	: Aktinolit
mal	: Malahit
cp	: Kalkopirit
grn	: Garnet
chi	: Chiasolite
and	: Andalusite
fsp	: Feldispat
cv	: Covelite
magh	: Maghemite
mn	: Psilomelan
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko
Ba	: Barit
F	: Florit

Kısaltmalar	Açıklama
NTE	: Nadir Toprak Elementi
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementleri
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri
XRD	: X-Ray Difraksiyon
XRF	: X-Ray Floresans
EA-IRMS	: Elemental Analysis-Isotope Ratio Spectrometry
Th	: Homojenleşme Sıcaklığı
Te	: Ötektik Sıcaklığı
Tm-ice	: Son buz ergime sıcaklığı
LOI	: Kızdırma kayıpları
$\delta^{34}\text{S}$	: Kararlı Kükürt İzotop
MTA	: Maden Tetkik Arama
IUC	: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

ÖZET

[YUKARIÇULHALI (AKDAĞMADENİ-YOZGAT) BARİT-FLORİT YATAĞININ JEOLJİSİ VE OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ]

[YÜKSEK LİSANS TEZİ]

[Haldun Ömer SEÇİLMİŞ]

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

[Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı]

[Danışman : Prof. Dr.Nurullah HANILÇI]

[Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesi, Akdağmadeni masifi olarak bilinen metamorfitlerin içerisinde gelişmiştir. Masife ait litolojiler başlıca amfibol şist, serizit şist, mermer, metakarbonat-amfibolit ara katkılı kalk şist, mika şist ve yer yer kuvars şist olarak gözlenmektedir. Bu birimler Kretase yaşlı siyenitler tarafından kesilmiştir.

Cevherleşmeler, siyenit-kalkşist dokanaklarında ve siyenitin içerisinde gelişmiştir. Bu damarlar element içeriklerine göre, Çayırıldere ile Çopurunaltı Florit, Çallıdere Ba±F ve Çallıdere Pb- Zn-F-Ba cevher damarları şeklinde ayırt edilmiştir. Genel olarak bu damarların hepside D-B ile K20-40D doğrultulu kırık hatlarında gelişmiştir. Cevher parajenezinde, floritçe zengin damarlarda florit, kalsit ve az miktarda kuvars, pirit, kalkopirit, kovellit, hematit, götit, Pb-Zn- Ba-F cevher damarında ise pirit, sfalerit, galenit, kuvars, kalsit, serüzit, malahit-azurit ve demiroksit mineralleri tespit edilmiştir.

Sıvı kapanım verileri Yukarıçulhalı cevherleşmesinde, 360°C sıcaklıkta floritin baskın olduğu damarların oluştuğunu ve 330°C’de baritin baskın olduğu damarların oluştuğunu göstermektedir. Floritin oluştuğu ilk aşamada çözelti tuzluluğunun yaklaşık %20 NaCl olduğu ancak baritin oluşumu sürecinde tuzluluğun ortalama %5.13 NaCl eşdeğeri tuzluluğa düştüğü belirlenmiştir. Hidrotermal sistmin sıcaklığının son evrede meteorik su katılımı ile

ortalama 167°C'ye tuzluluğun ise %3.2 NaCl'ye düştüğü belirlenmiştir.

Kükürt izotopu analizleri, $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin pirit ve galenit için ‰ 4.3 ile ‰ 6.4 arasında dar bir aralıkta ve magmatik kökenli olduğuna işaret etmektedir. Barit minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ise ‰4.8 ve ortalama ‰17.4 gibi farklılık göstermektedir. Pirit ve galenit ile aynı kükürt kaynağına sahip olmasına rağmen, bu farklılığın nedeni, muhtemelen cevherleşme sürecinde yüksek izotop fraksiyonlaşması olmalıdır.

Jeokimyasal verilere göre, florit ve baritçe zengin cevherin ortalama 245 ppm, saf florit ve barit minerallerinin ise ortalama 59 ppm $\Sigma\text{NTE}+\text{Y}$ içerdiklerini göstermektedir. Korelasyon analizlerinde NTE'lerin özellikle cevherdeki Mn, Fe ve P elementleri ile yüksek-orta pozitif korelasyon gösterdiğini ve NTE'lerin manganoksit, fosfat ve demiroksitlerin bünyesinde zenginleştiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, sıvı kapanım verileri Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesinde etkin olan çözletilerin siyenitik magmadan kaynaklandığına işaret etmektedir. Sahada florit ve baritin baskın olduğu farklı cevher damarlarının varlığı, cevherleşmenin farklı fazlarda geliştiğini göstermektedir. Buna göre, başlangıçta hidrotermal çözeltinin flor içeriği yüksek olduğundan florit damarları çökelmiş olmalıdır. Çözeltideki florün tüketilmesi sonucunda çözelti görece baryum açısından zenginleşmiş olmalı ve böylece ikinci fazda barit damarları oluşmuş olmalıdır.

[Ağustos 2021], [110] sayfa.

Anahtar kelimeler: Florit, barit, NTE, Yukarıçulhalı

SUMMARY

INVESTIGATION OF GEOLOGY AND FORMATION OF THE YUKARIÇULHALI (AKDAĞMADENİ – YOZGAT) BARITE – FLUORITE DEPOSIT

M.Sc. THESIS

Haldun Ömer SEÇİLMİŞ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Nurullah HANILÇI

Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn mineralization occurred within the metamorphics known as Akdağmadeni massif. Lithologies of the massif are mainly represented by amphibole schist, sericite schist, marble, metacarbonate-amphibolite intercalated calc schist, mica schist and occasional quartz schist. These units were cut by Cretaceous syenites.

Mineralizations have occurred in syenite-calcschist contacts and in syenite. These veins are distinguished according to their elemental contents as Çayırıldere and Çopurunaltı Fluorite, Çallidere Ba±F and Çallidere Pb-Zn-F-Ba ore veins. Generally, all of these veins developed in E-W and N20-40E-directed fractures. In the ore paragenesis, fluorite, calcite and minor amounts of quartz, pyrite, chalcopyrite, covellite, hematite, goethite in the fluorite-rich veins, and pyrite, sphalerite, galena, quartz, calcite, cerussite, malachite-azurite and iron oxy-hydroxide minerals in the Pb-Zn-Ba-F ore vein were detected.

Fluid inclusion data show that fluorite-dominated veins were formed at 360°C and barite-dominated veins were formed at 330°C in the Yukarıçulhalı mineralization. It was determined that the fluid salinity was approximately 20% NaCl in the first stage of fluorite formation, but

the salinity decreased to an average of 5.13% NaCl equivalent during the formation of barite. It was determined that the temperature of the hydrothermal system decreased to an average of 167 °C and the salinity to 3.2% NaCl equivalent with the participation of meteoric water in the last phase.

Sulfur isotope analyzes indicate that $\delta^{34}\text{S}$ values are in a narrow range between ‰4.3 and ‰6.4 for pyrite and galena and are of magmatic origin. The $\delta^{34}\text{S}$ values of barite minerals differ as ‰4.8 and average ‰17.4. Although it has the same sulfur source as pyrite and galena, this difference is probably due to high isotope fractionation during the mineralization process.

Geochemical data show that fluorite and barite-rich ore contain an average of 245 ppm, while pure fluorite and barite minerals contain an average of 59 ppm $\sum\text{REE}+\text{Y}$. Correlation analyzes show that REEs show high-moderate positive correlation, especially with Mn, Fe and P elements in the ore, and that REEs are enriched in manganoxide, phosphate and ironoxides.

In conclusion, fluid inclusion data indicate that the hydrothermal fluids in Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn mineralization originate from syenitic magma. The presence of different ore veins, dominated by fluorite and barite, indicates that the mineralization developed in different phases. Accordingly, fluorite veins must have precipitated since the hydrothermal solution had a high fluorine content initially. As a result of the consumption of the fluorine in the solution, the solution should have been relatively enriched in barium and thus barite veins should have formed in the second phase. |

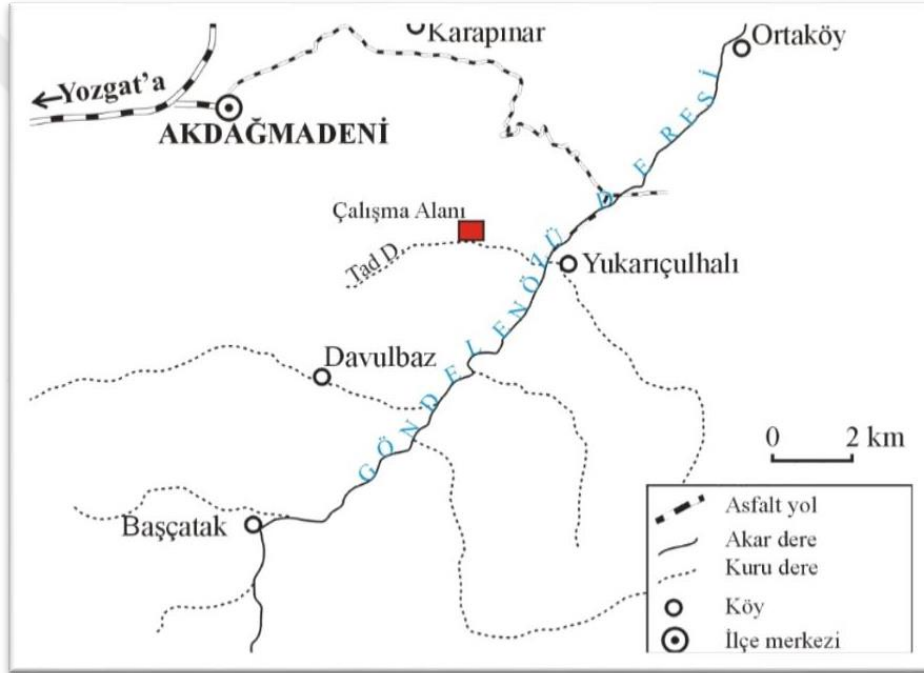
[August 2021], [110] pages.

Keywords: [Fluorite, barite, REE, Yukarıçulhalı]

1.GİRİŞ

1.1.İNCELEME ALANININ KONUMU VE ULAŞIMI

İnceleme alanı Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde, Yozgat ili Akdağmadeni ilçesi Yukarıçulhalı köyü'nde, 1/25.000 ölçekli Yozgat I35-c2 ve I35-c3 paftalarında Gönderen Deresi batısı ve doğusu olmak üzere Yukarıçulhalı yerleşim alanını da içine alan bir bölgede yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Çalışma Alanının Coğrafi Konumu bulduru haritası.

İnceleme alanına Akdağmadeni ilçe merkezinden güneydoğusunda yer almaktadır. Akdağmadeni'nden Yukarıçulhalı köyüne kadar 16 km asfalt yol ile ulaşılmaktadır. Yukarıçulhalı köyünden itibaren ise inceleme alanına 4 km'lik stabilize yol ile ulaşılmaktadır (Şekil 1.1).

1.2. İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ

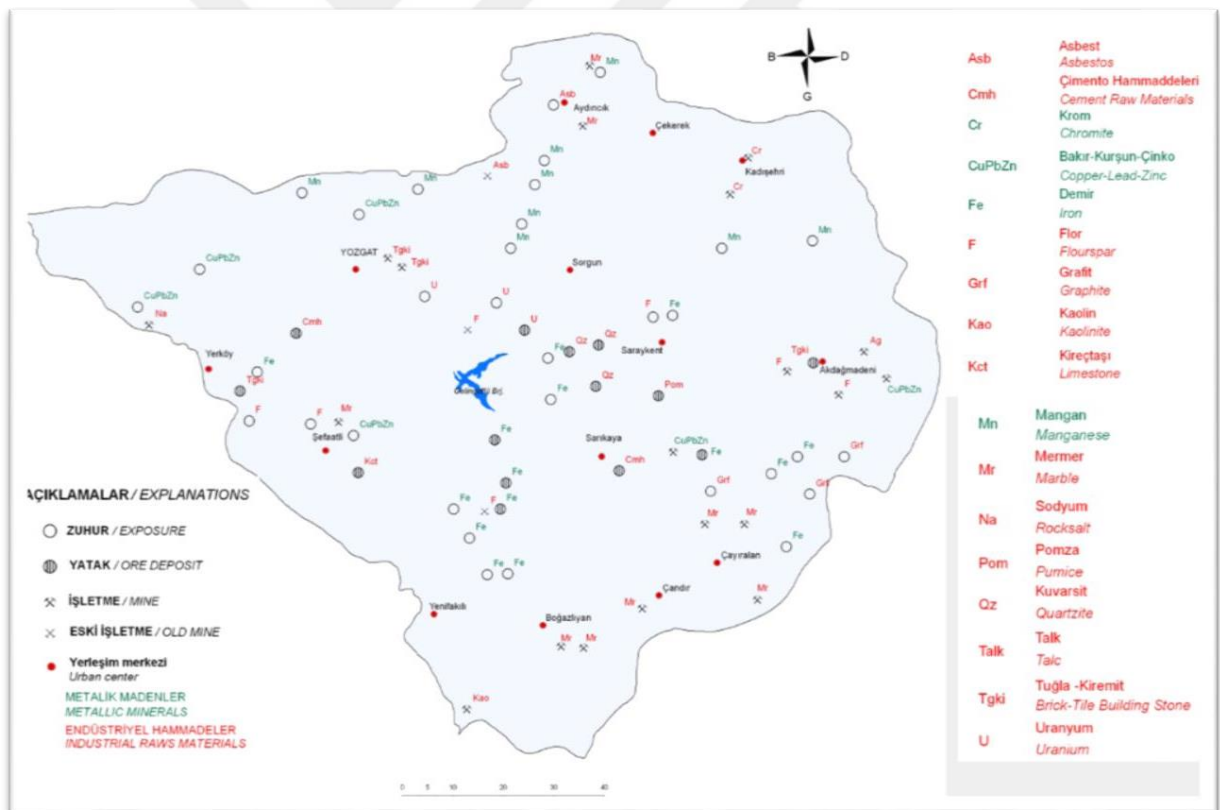
İnceleme alanının yer aldığı Yozgat ilinde sert kara iklimi hüküm sürmektedir. Yaz ile kış, gece ile gündüz arasında büyük ısı farkı vardır. Isı -23°C ile + 37,1°C arasında değişmektedir. Senelik yağış ortalaması 540 mm'dir.

Yozgat il topraklarının % 56'sı ekili-dikili alanlardan, % 28'i ormanlardan, % 15'i çayır ve meralardan oluşmaktadır. Akdağlar, Bozok Yaylasının tepeleri ile merkez ilçede 270 hektarlık bir bölge orman ve fundalıklarla kaplıdır.

1.3.EKONOMİK DURUM

Orta Anadolu Kalkınma Ajansı'nın sorumluluk bölgesi içinde yer alan Yozgat ili için ekonomik plan ve programa göre ajans tarafından Sektörel Çalışma Grubu oluşturulmuştur.

Yozgat, zengin maden çeşitliliğine sahip olan bir ildir. Fakat ilde tenör veya rezerv düşüklüğü nedeniyle kapandığı bilinen pek çok işletme bulunmaktadır. Örneğin, ilde demir rezervleri bulunmasına rağmen bu rezervler tenör düşüklüğü, yüksek SiO₂ den dolayı işletilememektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Yozgat İli Maden ve Enerji Kaynakları. MTA

(https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/Yozgat_Madenler.pdf).

Manganez içinse tenör yüksek olmasına rağmen rezerv düşük kalmaktadır. Derin sondaj yapılamadığından, yüzeydeki manganez çalışılmaktadır. Başta feldspat, kaya tuzu, kireçtaşı

olmak üzere endüstriyel hammaddeler bakımından Yozgat önem arz eden bir ildir. İldeki diğer önemli endüstriyel hammaddeler kuvarsit, tuğla- kiremit için killeri, florit, barit, çimento hammaddesi marn ile grafitir. Kömür açısından Sorgun civarında önemli sahalar tespit edilmiştir. Ayrıca pek çok sahada bazalt bulunmaktadır.

Yozgat, jeotermal alanlar açısından zengin bir ildir. Ancak, kaynakların sıcaklıkları elektrik üretimi için yeterince yüksek değildir. Kaynaklar, kaplıca tesisi ve sera ısıtılmasında kullanıldığı gibi Sorgun ilçesinde ve Sarıkaya ilçesinin bir kısmında şehir ısıtması da yapılmaktadır.

Yozgat'ta sanayi ve ticarethanelerdeki elektrik tüketimi oranı Türkiye ortalamasının altındadır. Ancak tarımsal sulamada tüketim oranı Türkiye ortalamasının çok üzerindedir. Bu durum, Yozgat'ın tarım ağırlıklı ekonomik yapısının bir sonucudur.]

2.GENEL KISIMLAR

2.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Yüksek Lisans tez çalışmasının yapıldığı Yukarıçulhalı (Akdağmadeni-Yozgat) ve civarında Bölgede Akdağ masifini kesen alkali karakterli magmatik kayalar yüzlek vermekte ve bunlarla ilişkili Barit, florit, Pb-Zn cevherleşmeleri gelişmiştir. Günümüze kadar bu cevherleşmelerden Pb-Zn yatakları yeraltı işletmesi şeklinde (Şekil 2), Florit ve barit yatakları ise açık işletme şeklinde işletilmiştir. Bölgedeki, özellikle NTE içeren florit cevherleşmeleri farklı araştırmacılar tarafından incelenerek yayınlanmıştır (Şaşmaz ve diğ., 2005; Öztürk ve diğ., 2019; Altuncu, 2009).



Şekil 2.1: İnceleme alanında Çopurunaltı Deresi Mevkiinde işletilmiş Pb-Zn cevher galerisinin görünümü.

Ancak Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesinde şimdiye değin herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı; Yukarıçulhalı Barit-Florit-Kurşun-Çinko cevherleşmesinin oluşumunda etkin olan çözeltilerin karakterlerinin belirlenmesi, NTE içerikleri, cevherleşmeyi kontrol

eden yapısal ve litolojik özelliklerin araştırılarak cevherleşmenin oluşumunu ve tipinin ortaya konulmasıdır.



2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnceleme alanını da içinde bulunduğu geniş bir bölgedeki eski çalışmaların büyük bir kısmı bölgesel jeoloji amaçlı olup bir kısmı ise metalik ve endüstriyel hammaddelerin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Bölgesel jeoloji çalışmalarında, Akdağmadeni masifi ve Kırşehir masifinin stratigrafisi, genel jeolojisi ve tektonik birliklerin değerlendirilmeleri şeklinde yapılmıştır. Yeraltı kaynaklarına yönelik ise; maden jeolojisi, jeokimya, izotop jeokimyası ve sıvı kapanımı çalışmaları yapılmıştır.

Kovenko (1945); Kuzey Anadolu Bölgesinin bazı Pb-Zn ve Antimuan Madenleri (Denek, Akdağ, Zara, Turhal) ilgili çalışmasında Antimuan cevherinin varlığından daha çok bölgesel olarak Sivas taraflarında olduğundan bahsederken, Denek ve Akdağ bölgesinde özellikle Kurşun cevherinin varlığı, asidik plüton ve metamorfizma içindeki yerleşiminden bahsetmektedir.

Ketin (1955); “Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu masifinin tektonik durumu” konulu çalışmasında, Orta Anadolu kristalin masifinin tektonik durumu ve masifin etrafına nazaran senklinal bir havza içerisinde bulunduğunu, Üst Kretaseden sonra kuzey Anadolu jeosenklinalinin gittikçe yükselmesi (Laramien safhası) ve bu esnada kristalin masife ait magmatik intrüzyonların meydana gelmiş olması ile açıklamıştır. Bilinen jeolojik oluşumlar, Orta Anadolu masifinin büyük bir şariajla Kuzey Anadoludan sürüklenmiş bir nap parçası olduğunu ispatlayacak bir çalışmanın olmadığını ve bu nedenle de masifin otokton bir kütle olduğu bilgisi geçerliliğini koruduğunu ifade etmiştir.

Vache (1963); “Akdağmadeni Kontak Yatakları ve bunların Orta Anadolu kristalinine karşı olan jeolojik çerçevesi” başlıklı çalışmasında Akdağ biriminin gnayslardan, mikalı şistlerden, kuvarsit ve kristalin kalkerlerden oluşan metamorfizmlerden oluştuğunu ve bunların metamorf olmayan plutonitler ile ayrıldığını, birçok yerde intruziflerin dokanaklarında skarnların geliştiğini belirtmiştir. Kristalin kompleksin Eosen ve daha genç birimler tarafından örtüldüğünü ortaya koymuştur.

Tülümen (1980); Akdağmadeni(Yozgat) yöresinde yaptığı doktora çalışmasında bölgede bulunan metamorfik kayaçların, granitlerin ve skarnların petrografik ve petrolojik özelliklerini incelemiştir. Metamorfik kayaçları içerdikleri mineral parajenezlerine göre fasiyeslere ayırmış ve bunların muskovit şist, almandin-biyotit gnays olduğunu belirtmiştir.

Erkan (1980); Akdağmadeni (Yozgat) doğusundaki (İ35-c2 paftası) granit intrüzyonu çevresinde gelişen cevherleşmeve bölgesel metamorfizmaya ilişkin yaptığı araştırmalarda; granitik bir intrüzyon ve çevresinde başlıca kalk silikatik gnays, mermer, kuvarsit/kuvarşist, gnays ve amfibolit olarak isimlendirilen kayaçların bulunduğunu ve bunların granitle olan dokanaklarında kontakt metamorfizmanın geliştiğini belirtmiştir. Kalk-silikatik gnayslarda kalsit+diyopsit+skapolit+plajiyoklaz+titanit parajenezini, gnayslarda ise sillimanit+ortoklaz parajenezini saptamıştır. Mevcut mineral toplulukların bölgede yüksek dereceli bölgesel metamorfizmaya işaret ettiğini ileri sürmüştür.

Sağiroğlu (1984a); Akdağmadeni(Yozgat) bölgesindeki kontakt metasomatik yataklarda sıvı kapanım çalışmaları yapmış ve hidrotermal çözeltilerin tuzluluğunun skarnlaşmanın başlangıç evrelerinde yüksek(manyetit-granat-piroksen ve epidot-amfibol evrelerinde %20 NaCl eşdeğeri)daha sonraki evrelerde dereceli olarak azaldığını(epidot-klorit-sülfid evresinde %10 NaCl eşdeğeri ve kaolinit-muskovit evresinde %3-4 NaCl eşdeğeri)ortaya koymuştur. Homojenleşme çalışmalarında ise manyetit-granat-piroksen,epidot-amfibol,epidot- klorit-sülfid ve kaolinit-muskovit evreleri için oluşum sıcaklıklarının sırasıyla >500 °C,460- 490 °C,390-430 °C ve <320 °C olduğunu belirtmiştir.

Sağiroğlu (1984b); Akdağmadeni(Yozgat) cevherleşmelerindeki skarnların adamellit tipi granitik kayaçlar ile metamorfik kayaçların dokanağında geliştiğini, skarnlaşmanın ise hem endoskarn hem de ekzoskarn olduğunu belirtmiştir. Saha, petrografik, mineralojik ve jeokimyasal veriler ışığında skarnları; (1) Manyetit-granat-piroksen, (2) Epidot-amfibol, (3) Epidot-klorit ve (4) Muskovit-kaolinit olmak üzere dört zona ayırmıştır.

Şahin ve diğerleri (1994); Yukarıçulhalı-Başçatak (Akdağmadeni-Yozgat) bölgesinde yaptıkları çalışmada metamorfitlerin genel olarak metapelitter, yarı metapelitter, metapsammitler ve metakarbonatlardan oluşan metasedimanter bir istif niteliğinde olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma alanındaki metamorfitlerin, biyotit+granat(almadin) parajenezi ile tipik olan I.metamorfizma zonu, stavrolit+disten ve sillimanit+disten parajenezleri ile tipik olan II, metamorfizma zonun varlığını tespit etmişlerdir. Bu mineral parajenezleri değerlendirilerek metamorfizmanın tek evreli progresif nitelikli dinamotermal-rejyonal metamorfizma olduğu ifade edilmiştir.

Yılmaz ve diğerleri (1995); Akdağ Masifi ve dolayının jeolojisi başlıklı çalışmada inceleme alanında Akdağmadeni Litodeminin temeli oluşturduğu ve gnays, amfibollü şist, mermer ile kuvarsitten oluştuğunu belirtmiştir. Bu kaya türü topluluğu yüksek dereceli amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş ve granitik ya da gabroyik intruzifler tarafından kesilmiştir.

Uçurum ve diğerleri (1997); Tad Deresi florit yatağında(Akdağmadeni-Yozgat-Yukarıçulhalı Köyü)yaptığı sıvı kapanım çalışmasında üç birincil kapanım popülasyonu ve iki ikincil kapanma popülasyonu ayırt etmiştir. Birincil kapanımların sıvı + buhar ve sıvı + buhar + yavru dolgular ile karakterize edildiğini, ikincil kapanımların ise sıvı + buhar ve CO₂ sıvı + CO₂ buharı içerdiğini belirtmişlerdir. Florit oluşumunda etkin olan çözeltilerin orta ila yüksek tuzlulukta (ağırlıkça % NaCl eşdeğeri % 12-23) düşük homojenleşme sıcaklığına (156-185 °C) sahip olduğunu ve florit çökeliminin düşük-orta basınçta sahip bir derinlikte oluştuğunu belirtmiştir.

Kuşçu (1997); Orta Anadolu granitoidlerinden Yozgat Batoliti ile Akçakışla graniti jeokimyasal ve petrojenetik özellikleri açısından karşılaştırmıştır. Akçakışla granitinin metalüminli-hafif peralüminli, kalkalkalen, I-tipi bir granit olduğunu ve feslik aplitik dayklar tarafından kesildiğini belirtmiştir. Yazar tektono magmatik ayrım diyagramlarında genelde volkanik yay veya çarpışma sonrası olmak üzere iki tektonik ortam ayrılırken, Sivritepe granitoyidi yüksek Y içeriğiyle levha içi granit alanına düşmektedir. Yozgat granitoidinin ise çarpışma ile eşzamanlı olarak ayrıldığını belirtmiştir. Akçakışla graniti ve diğer I-tipi granitoidler için geçerli tektonik ortamın kalıntı dalma-batma bileşimini yansıtan bir çarpışma sonrası ortam olduğunu düşünmüştür.

Yıldız (1998); Akdağmadeni (Yozgat) doğusunda yer alan metamorik kayaları ‘Akdağmadeni metasedimanter grubu’ olarak adlandırmış ve alttan üstte doğru sırasıyla;(a) Yer yer metabazik ara katkılar içeren pelitik kökenli kayalardan oluşan Kulat deresi metamorfiti,(b) Kalksilikatik kayalardan oluşan Aşağıçulhalı metamorfiti, (c) Yaripelitik, yarı karbonatlı kayaların hakim olduğu Karanidere metamorfiti, (d) Psamitik kökenli kayalardan oluşan Kargasekmez kuvarsiti ve (e) Bütünyle mermerden oluşan Bozçaldağ metakarbonatları olarak ayırmıştır.

Şaşmaz ve Ayaz (1999); Tad Deresi ve Büyükçal Tepe (Akdağmadeni-Yozgat) fluoritlerinin NTE jeokimyası konulu çalışmalarında, Tad Deresi floritlerinin mikaşistler içerisinde D-B ve KB-GD doğrultulu kırıklarda damar ve mercekler şeklinde, Büyükçal Tepe floritlerinin ise

granadiyoritler ile mermerlerin kontağında epidotlu skarnlar içerisinde gözlendiğini belirtmişlerdir. Tad Deresi floritleri ortalama 36 ppm NTE içeriğine, Büyükçal Tepe floritleri ise 113 ppm NTE içeriğine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Yöredeki floritlerin erken evre kristalleşmeyi işaret eden düşük Tb/La ve Tb/Ca değerleri sunduklarını ve bu değerlere göre Tad Deresi floritlerinin hidrotermal, Büyükçal Tepe floritlerinin ise pegmatik kökenli floritler olarak belirtmişlerdir.

Çolakoğlu ve Genç (2000); Akdağmadeni(Yozgat) Pb-Zn Yatağının Makro-Mikro dokusal özellikleri ve kökensel yorumunu içeren çalışmasında granit çevresindeki metamorfik kayalar içerisinde gözlenen cevherleşmelerin jeolojik, petrografik, mineralojik ve yapı-doku özellikleri açısından hem skarn hem de metamorfik yataklara özgü özellikler gösterdikleri belirtmiştir.

Şaşmaz ve diğerleri (2005); Akdağmadeni (Yozgat, Türkiye) Florit ve florit içeren Pb-Zn-Ag (Cu) yatakların, Orta Anadolu masifinin Paleozoik metamorfik kayalarına Geç Kretase-Erken Paleosen magmatik sokulmalarının ürünleri olan granitoidlerde ve bunlarla ilişkili skarn oluşumlarında oldukça yaygın olduğu ifade edilmiştir. Bunlar damar tipi Tad Dere, epidot- skarnı barındırdığı Büyükçal Tepe ve skarn ve granitin barındırdığı Akçakışla yataklarını içerir. Bu yatakların NTE içerikleri Tad D., Büyükçal T. ve Akçakışla için sırasıyla 20,6–48,5 ($x = 36,0$), 61,3–149,3 ($x = 113,0$) ve 279,2–4222,4 ($x = 1280,0$) ppm'dir.

Akçe (2005); Yozgat Batoliti kuzey bölümündeki lökogranitlerin petrolojisini içeren çalışmasında bunların Orta Anadolu Kristalen Karmaşığının en büyük felsik plutonunu temsil ettiğini belirtmiştir. İnceleme alanındaki granitik kayaları;(a) iri taneli biyotit muskovit granit, ince taneli biyotit muskovit granit ve (c) iri kuvarslı ince taneli muskovit granit olmak üzere 3 alt birime ayırmıştır. Petrografik çalışmalarda, granitlerin alt birimlerinin farklı oranlarda başlıca kuvars, K-feldispat, mika ve granat mineralleri içerdiğini, tüm kayalar jeokimyası sonuçlarına göre ise; granitlerin kalkalkalin bileşimli subalkalin magmatik kayalar olduğunu ileri sürmüştür. Bu granitlerin çarpışmayla-eş yaşlı granitlerin alanlarına düştüğü belirtilmiştir.

Altuncu (2009); Türkiye'deki Florit yataklarının karşılaştırılmalı incelemesi başlıklı doktora tezinde birçok bölgedeki florit yataklarının karşılaştırılması yapılırken yatakların oluşum modellemesi ve jeokimyasal değerlendirilmeleri ele alınmıştır.

Gökçe ve diğerleri (2010); Akdağmadeni (Yozgat) yöresi kurşun-çinko yataklarını konu alan çalışmasında Başçatak yatağında cevherleşmenin gnayslar içinde, şistozite düzlemlerine paralel

yataklanmış ince bantlar halinde olduğunu ve metamorfizma öncesi sedimanter ortamda (Permiyen öncesi bir dönemde) sedimanter olarak çöktüğünü, daha sonra metamorfizma geçirdiğini ve metamorfizma sırasından kısmen remobilizasyon olaylarından etkilendiğini belirtmiştir.

Başdelioğlu ve diğerleri (2018); Karapir-Ortaköy(Akdağmadeni-Yozgat) Granitoyit'inin Jeokimyasal özellikleri ve çevresindeki Cu-Pb-Zn yataklarını konu alan çalışmasında plutonik kütlenin granitik bileşimde, genellikle S-tipi olduğunu ancak A-tipi etrafında kümелendiğini belirtmiştir. Granitik kütlenin alkaliler bakımından zengin olduğu ve yüksek K- kalkalkali ve alkali-kalsik bileşimde olduğu belirlenmiştir.

Öztürk ve diğerleri (2019b); Türkiye'nin nadir toprak element içeren florit yataklarını konu alan çalışmalarında; Türkiye'de Nadir Toprak Elementi (NTE) taşıyan florit yatakları, (1) karbonatitlerle ilişkili; (2) Kretase ila Senozoik dönemdeki subalkalin -alkalin magmatik kayalar ile ilişkili; ve (3) tipik olarak kireçtaşının hakim olduğu alanlarda tortul istifte bulunan yataklar şeklinde sınıflamışlardır.]

3. MALZEME VE YÖNTEM

İnceleme alanında Akdağmadeni masifi, bunu kesen alkali siyenitler ve metamorfikler ile siyenit dokanağında gelişen skarn zonları mostra vermektedir. Bu birimler içerisinde ise F-Ba-Pb-Zn cevherleşmesi gelişmiştir. Belirtilen kayaçlardan ve cevherleşmelerden kayaç ve cevher, cevher petrografisi, sıvı kapanım ve jeokimyasal analizler için yaklaşık 110 adet örnek alınmıştır.

Bu örneklerden 60 adedi İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa (İÜC), Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı'nda çeşitli analitik çalışmalar için hazırlanmıştır. Örnekler çeşitli analitik ve petrografik çalışmalar için (ince-kesit, kırma-öğütme, parlatma, optik mikroskopi (OM), cevher mikroskopi) hazırlama laboratuvarında hazırlanmıştır. Öğütülerek toz haline getirilmiş örneklerin X-Işını Kırınım desenleri (XRD) analizleri İÜC laboratuvarlarında yapılırken, Sıvı kapanım için derlenen numunelerin hazırlanması ve ölçümleri İÜC Jeoloji Mühendisliği Bölümü ile İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı kapanım laboratuvarlarında hazırlanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

3.1. SAHA ÇALIŞMALARI

Saha çalışmaları 2019 yılı sonbahar döneminde gerçekleştirilmiştir. 2019 yılı Kasım ayında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında öncelikle Yukarıçulhalı F-Ba± (Pb-Zn) cevherleşmesinin bulunduğu alan ve çevresinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada inceleme alanında birçok yerde cevher damarlarının olduğu ve bu damarların bir kısmının sadece F-Ba, bir kısmının sadece Barit veya F-Ba-Pb-Zn içerdikleri gözlenmiştir. Bu kapsamda Çayırılı deresi kuzey kolunda yer alan ve geçmişte işletilmiş olan florit cevherleşmesinin, 1/5.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Çalışma alanındaki skarn zonunu da içine alan bölgede ise Ba±F ile Ba-F-Pb-Zn cevher damarlarında 1/1.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Çopurunaltı Deresi Mevkisinde bulunan ve geçmiş dönemlerde işletilerek terkedilmiş oldukları için galerilerin çöktüğü Pb-Zn cevherleşmesinde ise detaylı araştırma yapma olanağı bulunamamıştır. Saha çalışmaları sırasında çeşitli laboratuvar

alışmalarında kullanılmak üzere cevher zonundan, yan kayaçlardan ve alterasyon zonlarından el örnekleri alınmıştır.

3.2. LABORATUAR ALIşMALARI

Saha alışmaları sırasında alınan cevher ve yan kayaç örneklerinde çeşitli laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bu alışmalar ve kullanılan laboratuvar teknikleri ile laboratuvar aletleri aşağıda kısaca tanıtılmıştır.

3.2.1. Polarizan Mikroskopta Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

Çalışma sahasından derlenen 17 adet örnekten mineralojik ve petrografik tanımlamalar yapmak için İÜC Jeoloji Mühendisliğı Bölümü Maden Yatakları-Jeokimya ABD, rnek hazırlama laboratuvarındaki Struers-Discoplan TS marka cihazı kullanılarak örnekler kesilmiş ve ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan İnce kesitler Olympus BX-51 marka polarizan mikroskobta incelenerek fotoğraflanmıştır.

3.2.2. Cevher Mikroskobisi İncelemeleri

Araziden alınan 14 adet cevherli örnekteki opak minerallerin incelenmesi için parlatılmış kesitler hazırlanmıştır. Cevher rnekleri İÜC Jeoloji Mühendisliğı Bölümü rnek hazırlama laboratuvarındaki Struers-Discoplan TS marka cihazı ile 3x2 cm ebatlarında kesilmiş, incelenecek yüzeyin ön aşındırma ve parlatma aşamasında sırasıyla 600, 800 ve 1000 meshlik silisyum karbid tozları kullanılarak metal disk ve cam üzerinde ön parlatma işlemi yapılmıştır. Ön parlatma işleminden sonra örneklerin parlatılması için Struers marka RotoPol 35 ve PdM-Force 20 cihazı kullanılarak 3 farklı parlatma keesinde kullanılan elmas bazlı solüsyonlar ile her bir aşaması en az 20 dk olacak şekilde parlatma işlemi tamamlanmıştır.

Parlatılmış cevher rnekleri Olympus BX-51 marka, üstten aydınlatmalı cevher mikroskobunda incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Bu çalışmada, cevherin mineral parajenezi, süksesyonu, cevher dokuları ve cevher minerallerindeki dönüşümler incelenmiştir.

3.2.3. X-Ray Difraksiyon (XRD) Analizleri

Mikroskop çalışmalarıyla tespit edilemeyen minerallerin tayini için XRD alışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada, 12 adet örnek agat havanda 300 mesh boyutuna kadar öğütölerek toz

haline getirilmiştir. XRD analizleri; İÜC Mühendislik Fakültesi, Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı XRD-Laboratuvarındaki Philips marka PW-1730 model cihazda yapılmıştır. XRD çekimleri sırasında Cu K α tüpü, Ni filtre kullanılmış ve ölçümler 36 kV gerilim, 20 mA akım, $2\theta=1^\circ/\text{dk}$ gonyometre hızı koşullarında yapılmıştır. Elde edilen XRD paternleri Philips High Score Plus yazılımında yer alan JCPDS kartlarıyla eşleştirilerek bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir.

3.2.4. İzotop Jeokimyası İncelemeleri

Sahada alınan cevher örnekleri içerisindeki sülfatlı (barit) ve sülfürlü minerallerdeki (pirit, sfalerit, galena) kükürtün kaynağını anlamak için duraylı kükürt izotopu ($\delta^{34}\text{S}$) analizleri yapılmıştır. Bunun için cevher örnekleri kırılarak binoküler mikroskop altında barit, sfalerit, galenit ve pirit mineralleri seçilmiştir. Seçilen 3 adet barit, 3 adet pirit ve 2 adet galenit>>sfalerit olmak üzere toplam 8 adet örnek akik havanda öğütülmüş ve 20 gram öğütülmüş örnekler ölçümleri için Iso-Analytical Laboratory (İngiltere)'e gönderilmiştir.

Kükürt izotopu ölçümleri EA-IRMS (Elemental Analysis-Isotope Ratio Mass Spectrometry) cihazında yapılmıştır. Analiz edilen örnekler, standart ve örneklerin konulduğu tenekelerde vanadyum pentoksit katalizöründe otomatik örnekleyiciye yükleniyor. Sırasıyla, 1080 °C'de tutulan ve oksijen varlığında yakılan bir fırına atıldıkları yerden Kalay kapsüller flaş yakarak, numunenin sıcaklığını ~ 1700 ° C'ye yükseltir. Yanan gazlar daha sonra yanma katalizörleri (tungstik oksit / zirkonyum oksit) üzerinden bir helyum akışında ve yüksek saflıkta bakır tellerin indirgenme aşamasından geçirilir. SO₂, N₂, CO₂ ve su üretmek için bir Nafion™ membran kullanılarak su uzaklaştırılır. Sülfür dioksit, dolu bir GC kolonunda N₂ ve CO₂'den 45°C'lik bir sıcaklıkta çözülür. Elde edilen SO₂ tepe noktası, IRMS'nin iyon kaynağına iyonize edildiğinde ve hızlandığında girer. Farklı kütleli gaz türleri manyetik alanda ayrılır, daha sonra aynı anda bir Faraday bardağı evrensel toplayıcı dizisi üzerinde ölçülür. Analiz, iyon kaynağında SO₂'den üretilen m / z 48, 49 ve 50 SO⁺ 'nın izlenmesine dayanmaktadır.

Analiz için kullanılan referans malzeme IA-R061'dir (Iso-Analytical çalışma standardı baryum sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} = +20.33 \text{ ‰}$). IA-R025 (Iso-Analitik çalışma standardı baryum sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +8.53 \text{ ‰}$), IA-R026 (Iso-Analytical çalışma standardı gümüş sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +3.96 \text{ ‰}$) ve

SO⁺ iyon demetine ¹⁸O katkısının kalibrasyonu ve düzeltilmesi için IA-R061 kullanılmıştır. Numunelerin analizi sırasında kalite kontrol numuneleri olarak IA-R061 ve IAEA – SO-5 (baryum sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +0.5 \text{ ‰}$) test numuneleri ölçülmüştür. Kalite kontrol numuneleri için elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri, sonuç tablosunda verilmiştir.

NBS-127, IAEA-S-1 ve IAEA-SO-5, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Viyana tarafından izotop referans standartları olarak dağıtılmaktadır.

3.2.5. Jeokimyasal İncelemeler

Cevher ve yan kayaç örneklerinden 10 adedi ana oksit, iz ve Nadir Toprak Elementi (NTE) analizleri için akik havadan öğütülmüş ve analizleri İÜC jeoloji Mühendisliği, Jeokronoloji & Jeokimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Ana oksit analizleri için numunelerden 0.2 gr alınarak 1 gr ultra saf (%99.9999) lityum iyodürlü tetra borat ile platin krozedde karıştırılmış ve 1100 °C’ de kül fırında 20 dakika boyunca ergitilmiştir. Akkor ergiyik halindeki numune 50 ml, %5’lik nitrik asit (HNO₃) çözelti içerisinde, manyetik ısıtıcı tabla üzerinde çözdürülmüştür. Çözdürülen örnekler, ICP-OES cihazında ölçüm için gerekli oranlarda seyreltilmiş ve ölçüm için hazır hale getirilmiştir. İz element ve NTE analizleri için ise akkor ergiyik halindeki numune çözdürülmeden soğutularak cam haline getirilmiş ve ölçümleri LA-ICP-MS ile yapılmıştır.

Kirlenmenin olmaması için kullanılan platin krozeler her bir örnekten sonra, %12’lik sitrik asit çözelti içeren cam beher içerisine konularak ultrasonik banyoda 10 dakika yıkanmış, ardından krozeler ultra saf su içeren cam beher içerisinde 5 dakika bekletilerek temizlenmiştir. Kullanılan numune kapları ise %10’luk HNO₃ çözelti içerisinde 1 gün bekletilmiş, saf su ile yıkanmış ve etüvde 50 °C kurutularak steril hale getirilmiştir.

Analizler sırasında BCR-2, AGV-2 ve GSP-2 standartları kullanılmıştır.

Florit içerenlerin örneklerin F içerikleri ise Liman Kimya laboratuvarlarından XRF analizi yapılarak tespit edilmiştir. Öncelikle florit içeren 5 adet örneğin kızdırma kayıpları (LOI) ve ardından XRF cihazında ana oksitleri (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, MgO, MnO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅) ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlardan örneklerin flor içerikleri stokiyometrik olarak hesaplanmıştır.

3.2.6. Sıvı Kapanım (Fluid Inclusions) İncelemeleri

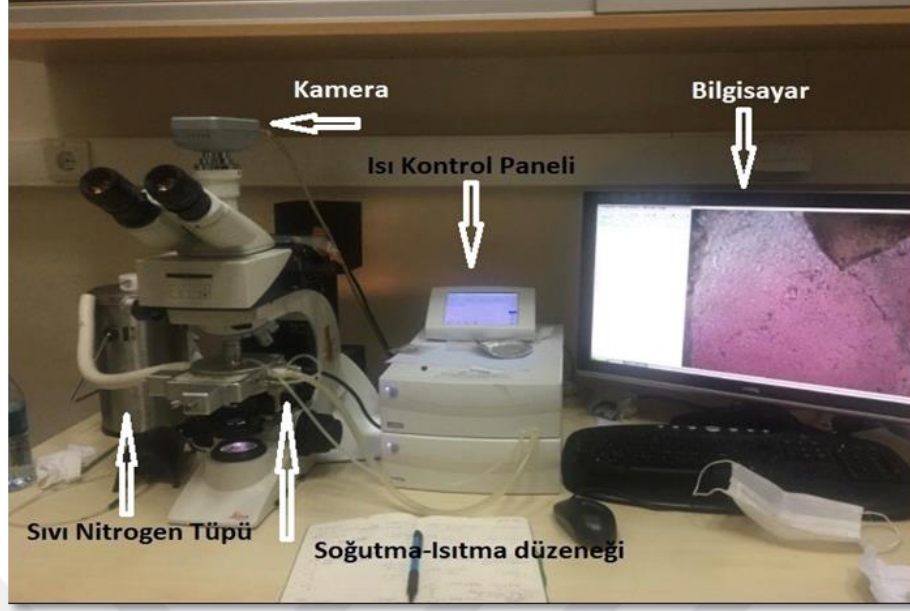
Sıvı kapanım çalışmaları İÜC Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları-Jeokimya ABD Sıvı Kapanım Laboratuvarı ile İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Sahada derlenen 13 adet örnek sıvı kapanım çalışmaları için hazırlanmıştır. Cevher damarlarından alınan kuvars, barit ve florit, kalsit örneklerinden iki tarafı parlatılmış ince kesitler hazırlanmıştır. Seçilen örnekler 3x2x1 cm ebatlarında kesilmiş ve ardından örneğin bir yüzeyi parlatılarak japon harikası ile cama yapıştırılmıştır.

Yapıştırılan örnek Struers Discoplan TS marka cihazda 80-120 mikron kalınlığa kadar inceltilmiştir. İnceltileen örneğin yüzeyi de Struers marka RotoPol 35 ve PdM- Force 20 cihazında elmas bazlı solüsyonlar kullanılarak keçeler üzerinde 3 aşamada parlatılarak iki tarafı parlatılmış ince kesit haline getirilmiştir. İki tarafı parlatılmış örnekler teknik asetonda bir gece bekletildikten sonra camdan ayrılmış ve sıvı kapanım ölçümleri için uygun boyutlarda (1x1 cm) küçük parçalara(chip)kırılmıştır.

Parlatılmış ince kesitler alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenerek sıvı kapanımların petrografisi standart teknikler kullanılarak (Roedder, 1984; Shepherd vd., 1985) yapılmış ve sıvı kapanım tipleri saptanarak ölçüme uygun sıvı kapanımlar belirlenmiştir. Mikrotermometrik ölçümler Leitz ve Olympus Marka BX-51 polarizan mikroskobun üzerine monte edilmiş Linkham THMG-600 ısıtma- soğutma (heating-freezing) düzeneğinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). 600 °C ısıtma ve -196 °C soğutma yapılabilen sistemde ölçüm sırasında faz değişimlerini gözlemleyebilmek için görüntünün real time monitöre aktarılmasını sağlayan digital bir kamera bulunmaktadır.

Ölçümler sırasında; homojenleşme sıcaklığı (Th), ötektik sıcaklık (Te) veya ilk ergime sıcaklığı (Tfm) ile son buz ergime sıcaklığı (Tm-ice) değerleri ölçülmüştür. Dondurma işlemlerinde sıvı nitrojen (azot) kullanılmıştır.

Ölçüme başlamadan önce CO₂, saf su ve NaCl içeren sentetik sıvı kapanım standardı ile kalibrasyon yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde soğutma deneyinde ± 0.2 °C, ısıtma deneyinde ise ± 3 °C'lik hassasiyetle okuma yapılmıştır.



Şekil 3.1 : Sıvı kapanım incelemelerinin yapıldığı Leitz marka mikroskoba monte edilmiş THMG- 600 soğutma-ısıtma (heating-freezing) sisteminin genel görünümü.

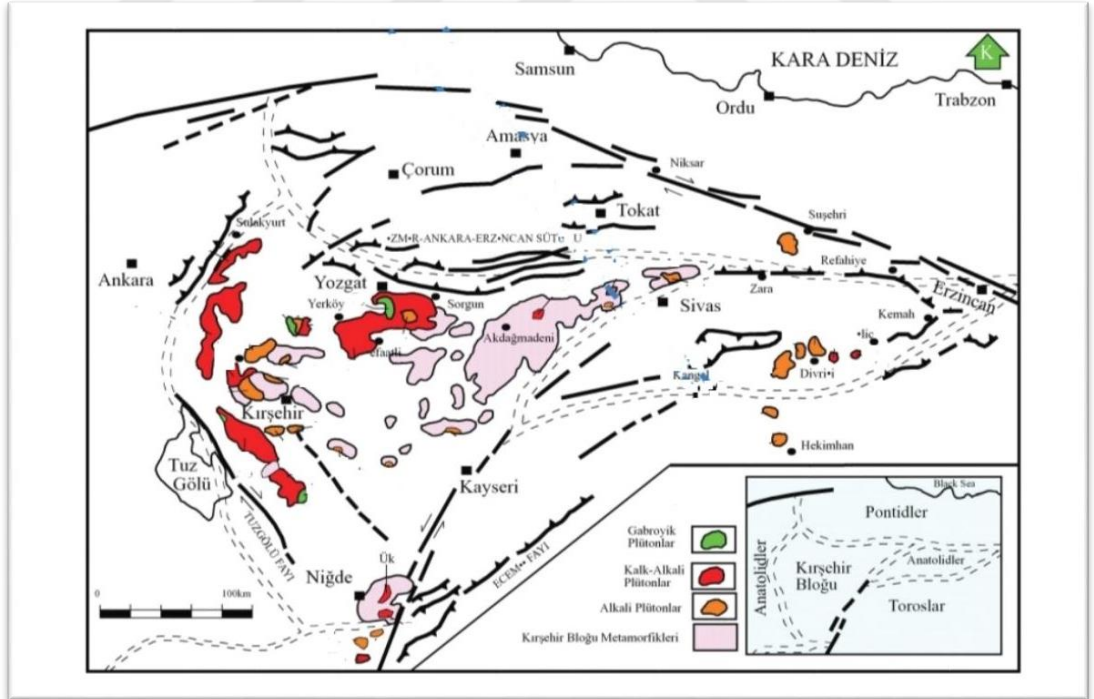
Mikrotermometrik ölçümler yapılırken ısı kontrol paneli (Şekil 3) yardımıyla ısıtma ve soğutma evrelerinde, ısıнын belli bir derecede sabitlenme olanağı olduğu gibi 0,1 °C/dakika gibi son derece hassas ısı kontrolü de yapılabilmektedir. İki fazlı sıvı kapanımlarda homojenleşme sıcaklığını tespit edebilmek için, sistem tek faza dönüşene kadar sıvı kapanım ısıtılır. Tek fazın meydana geldiği sıcaklık değeri, homojenleşme sıcaklığı (T_h) olarak tanımlanır. Soğutma aşamasında sıvı nitrojen sistemi devreye alınarak sıvı kapanım dondurulur ve oluşacak faz değişimleri izlenir. Genellikle soğutma sırasında faz değişimlerini fark etmek kolay olmamaktadır. Bu nedenle sıvı kapanım tamamen donduktan sonra yeniden ısıtılmaya başlanır. Sistemin tamamen donmasından sonraki yeniden ısıtma aşamasında, sistemin ilk ergime derecesi/ötektik sıcaklık değeri (T_e) ile son buz ergime sıcaklık değeri ($T_{m_{ice}}$) ölçülmüştür.]

4. BULGULAR

4.1. BÖLGESEL JEOLJİ

İnceleme alanının da içinde bulunduğu bölgenin temelini Geç Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı Kırşehir Bloğu Metamorfikleri oluşturmaktadır (Şekil 4.1).

Kırşehir Bloğu'nu oluşturan metamorfik, ofiyolitik ve plütonik kayalar, Kırşehir Kristalin Masifi (Bailey ve McCallien, 1950; Egeranve Lahn, 1951), Orta Anadolu Masifi , Kızılırmak Masifi (Ketin, 1955, 1963; Erkan ve Ataman, 1981), Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (Göncüoğlu vd., 1991, 1992), Orta Anadolu Kristalin Kompleksi (Erler ve Bayhan, 1995) gibi değişik isimlerle adlandırılmıştır. Aynı kaya birimleri yerel olarak Kırşehir Masifi (Egeran ve Lahn, 1951), Akdağ Masifi (Vache, 1963) ve Niğde Masifi (Göncüoğlu, 1977; Whitney vd., 2003) olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 4.1: Kırşehir Bloğu'nu gösteren 1/500.000 ölçekli Jeoloji haritası (Ekici, 2019).

Akdağmadeni yerleşim yeri ve çevresinde yüzlek veren metamorfitle yerel olarak Akdağmadeni Masifi (Şahin,1999) olarak isimlendirilmiş olup çalışma alanı bu masif içinde yer almaktadır (Şekil 4.1). Çolakoğlu ve Genç (2000) ise Akdağmadeni bölgesindeki metamorfik birimleri“Akdağmadeni Sedimanter Grubu” olarak isimlendirilmiştir.

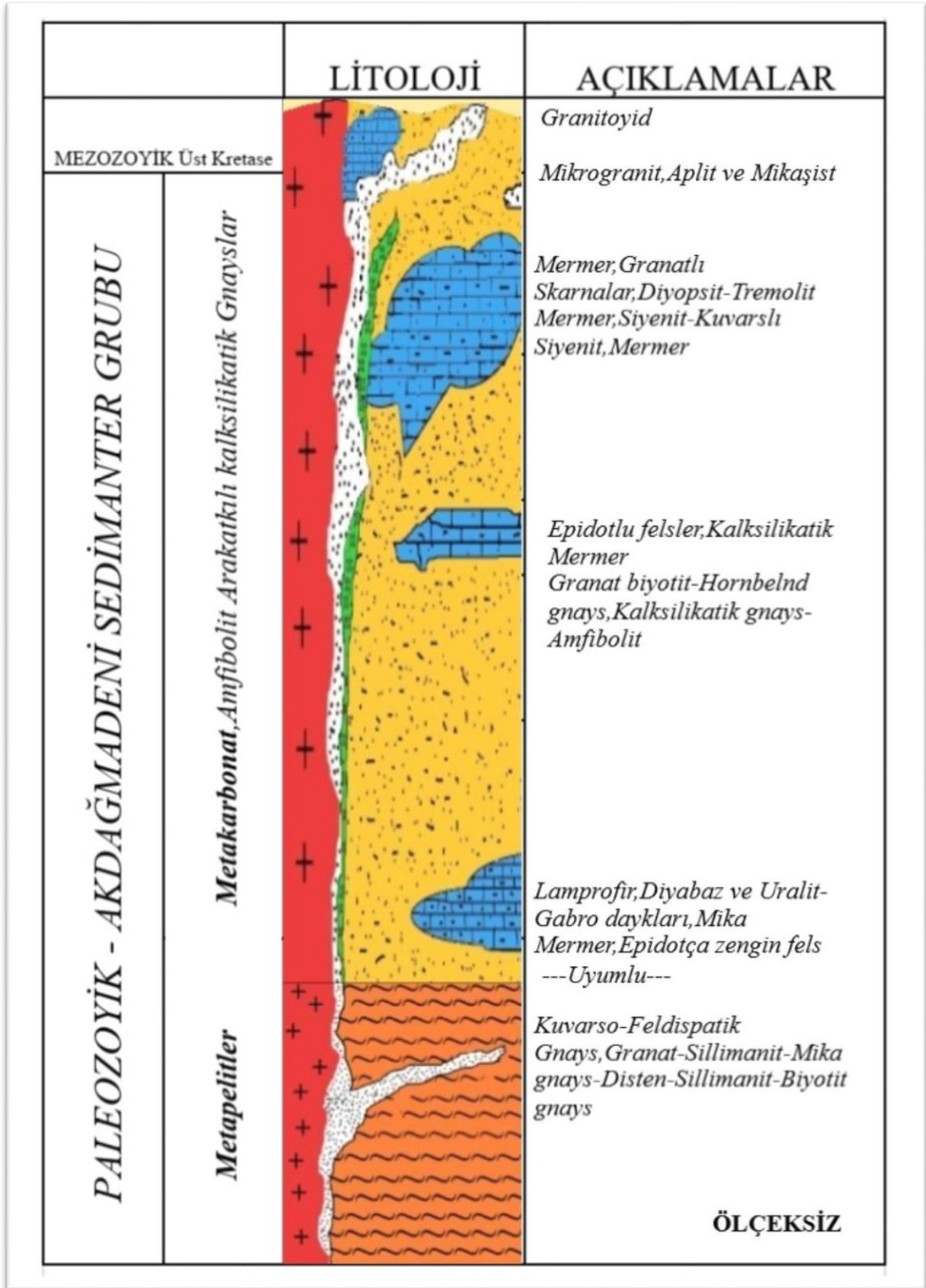
Akdağmadeni Masifi, Geç Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı kalkışist, kuvarsit, kuvarşışist, amfibolışist, amfibolit, gnays, mermer ve dolomitik mermerden oluşmaktadır. Genel olarak yeşilışist ile amfibolit fasiyeslerinde metamorfizma geçirmiş olan birimin alt düzeylerinin daha yüksek derecede metamorfizmaya uğramış olduğu belirtilmiştir (Yılmaz vd., 1995).

Akdağmadeni masifi içinde yeralan bölgede bölgesel metamorfizmanın 500-600 °C ve en fazla 5 kbar basınç koşulları altında oluştuğuna ve bu nedenle orta derece bir metamorfizma ve tipik olarak amfibolit fasiyesini simgelediği bilinmektedir. Metamorfizmanın şiddet derecesi güneybatıdan-kuzeydoğuya doğru artmaktadır.

Akdağmadeni Masifi 'ne ait metamorfik kayalar Orta Anadolu Granitoidleri (Erler ve Bayhan, 1995) olarak adlandırılan Senomaniyen-Maastrichtiyen yaşlı granitoidik bileşimli kayalar tarafından sıkça kesilmektedir. Orta Anadolu granitoidleri başlıca; granit, granodiyorit, siyenit, mikrogranit, granit porfir, monzonit ve tonalit gibi kaya türlerinden oluşmaktadır. Metamorfitlerle olan intrüzif dokanakları boyunca skarn zonları ve Pb-Zn cevherleşmeleri gelişmiştir.

Çolakoğlu ve Genç (2000) ise, Akdağmadeni Sedimanter grubu olarak isimlendirdiği Akdağmadeni masifinin, tabanda granat-biyotit gnays, sillimanit-biyotit gnays ve disten-sillimanit-biyotit gnays kaya türlerini tanımladığı metapellitik kayaların yer aldığını, bunun üzerine metakarbonat ve amfibolit ara katkılı kalksilikatik gnaysların geldiğini belirtmektedir.

Çolakoğlu ve Genç (2000), Metakarbonatlı birimlerde ana bileşenin %90'nın üstünde karbonat içeren mermer ve %50-90 arasında karbonat içeren saf olmayan metakarbonatlar olarak gözlenmektedir. Mostrada belirlenen mermer türleri başlıca, kalksilikatik mermer, diyopsit- tremolit mermer, muskovit-tremolit mermer, mika mermer ve kalksilikatik-kuvars mermer olarak tanımlanmıştır. Tüm bu kayalar tabandan tavana doğru uyumlu bir dizilim göstermektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Akdağmadeni Genelleştirilmiş Stratigrafik kesiti (Çolakoğlu ve Genç, 2001).

İnceleme alanında kalsilikatik mermerlerle ve kalsilikatik gnayslarla geçişli ve yer yer ardalımalı, masif ve yönlenme göstermeyen kayaçlar fels olarak tanımlanmıştır. Felslerde görülen ana mineraller epidot, tremolit, kalsit, kuvars, klinopiroksen, klorit, granattır. Bu ana minerallerin yanı sıra Titanit, vollastonit, rutil, aktinolit, florit ve opak mineraller bulunur. Önceki çalışmalarda kontak zona yakın yerlerden alınan kayaçlar, granitlerin mermerlerle olan direk bağlantılarından dolayı kontakt metasomatik olarak oluşmuş granatça yaygın skarn zonları olarak tanımlanmıştır. Skarn zonlarındaki minerallerden granatların andradit ve grossular bileşimli, piroksenlerin ise diyopsit-hedenbergit katı çözelti serisine ait, daha çok diyopsit ve salit bileşimli oldukları belirlenmiştir (Tülümen, 1980; Sağiroğlu, 1984; Kuşçu, 1997).

Araştırmacılar (Vache, 1963; Tülümen, 1980; Sağiroğlu, 1982 ve Kuşçu, 1997) Akdağmadeni Pb- Zn yatağını tüm araştırmacılar bir skarn yatağı olarak değerlendirilmiş ve cevher oluşumunun granite bağlı olarak geliştiğini belirtmişlerdir.

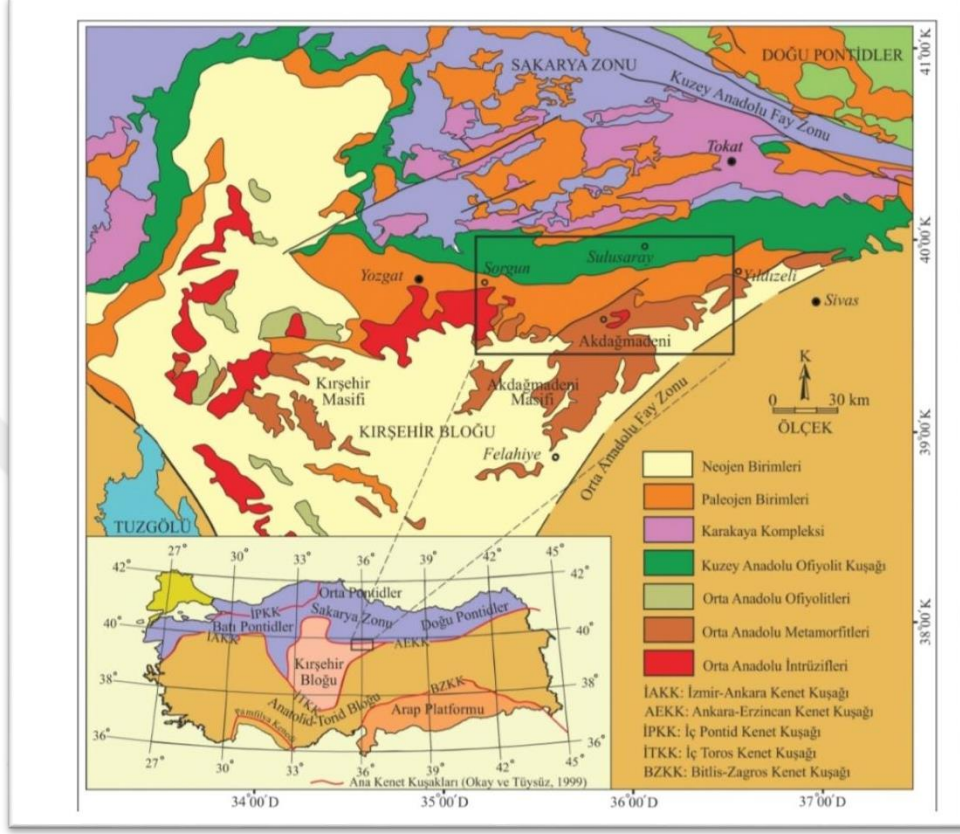
Günümüzde ise Akdağmadeni Pb-Zn yatağının jeolojik, petrografik, mineralojik, ve yapı-doku özellikleri açısından hem skarn hem de metamorfik yataklara özgü özellikler gösterdikleri belirlenmiş ve cevherleşmelerin literatürde bugüne kadar kabul edildiği gibi sadece granitlerin varlığıyla açıklanabilecek basit bir skarn yatağı olmadığı, hem bölgesel hem de kontakt metamorfik özelliklerin ve/veya etkilerinin bir arada gözlemlendiği kompleks bir yatak olduğu belirtilmiştir (Çolakoğlu ve Genç, 2000).

Tüm bu metamorfik birimi Üst Kretase-Paleosen yaşlı alkali magmatik birimler kesmektedir. Bu birim granitik ve siyenitik karakterlidir. Granitik kayaçlar modal mineralojik analizlere göre monzogranit bileşimindedir (Tülümen, 1980; Sağiroğlu, 1982).

Çalışma alanında Granitik kayaçlar D-B uzanımlı olarak bir mostra vermektedir. Plütonun kenar kısımları, merkezine göre daha porfirik dokulu iri alkali feldispat içermektedir. Siyenitik kayaçlar ise K50-60°D doğrultulu, 150-200 metre genişliğinde bir hat oluşturmaktadır. Siyenitik kayaçlar modal mineralojik analizlere göre siyenit ve kuvars-siyenit bileşiminde olduğu tesbit edilmiştir (Çolakoğlu ve Genç, 2000).

Çalışma alanında içinde yer aldığı Sorgun-Yıldızeli havzası (Şekil 4.3), Neotetis'in kuzey koluna ait okyanusal kabuğun tüketilmesi ve kuzeydeki Sakarya Kıtası ile güneydeki Kırşehir Bloğu'nun çarpışması sürecinde, doğu-batı uzanımlı asimetric eksenli kenar önölke havzası

olarak gelişmiş olup, bölgenin jeodinamik evrimi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Çolakoğlu ve Genç, 2000).



Şekil 4.3: Sorgun (Yozgat)-Yıldızeli (Sivas) önülke havzasının jeolojik evrimi (Akçay ve Beyazpirinç, 2017)

Türkiye’deki Tersiyer havzalarının önemli bir kısmını yay ile ilgili havzalar, ön ülke havzaları ve çarpışma sonrası havzalar oluşturmaktadır. Yay ile ilgili olan havzalar ve ön ülke havzaları Neo-Tetis Okyanusu’nun kapanmasına bağlı olarak meydana gelmiş paleotektonik havzalardır (Görür vd., 1997).

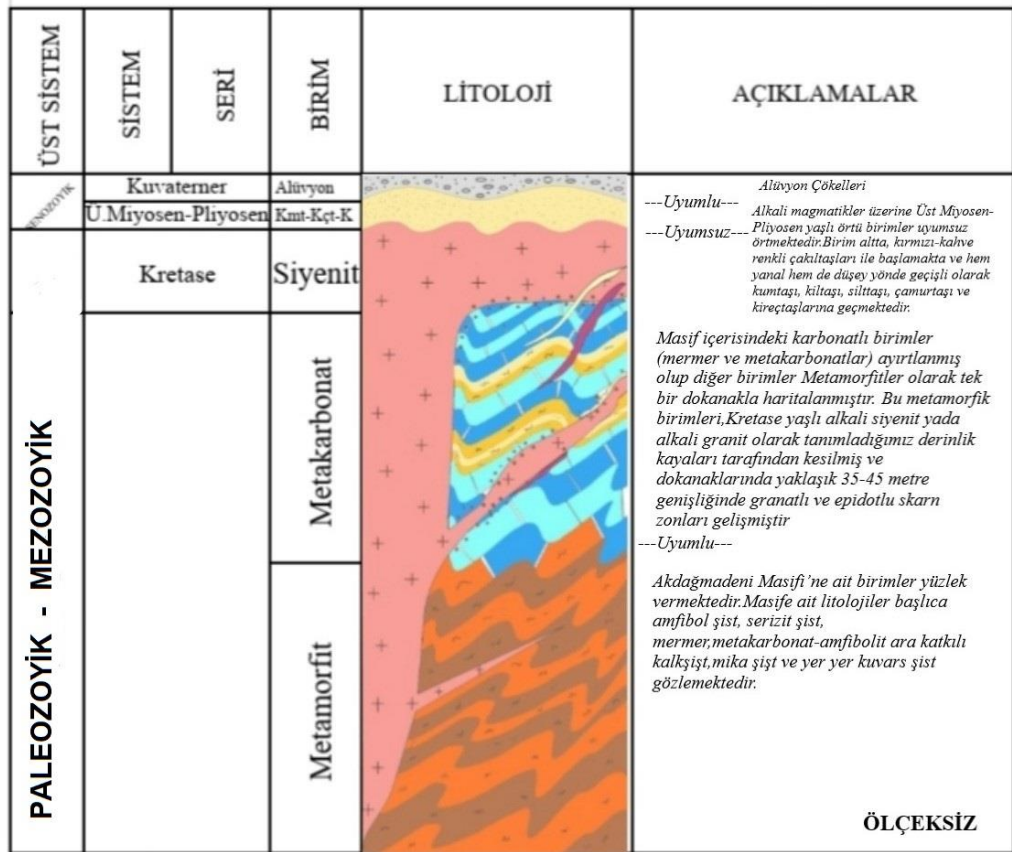
Anatolid-Torid ve Pontid tektonik birlikleri (Ketin, 1966) arasında İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı boyunca gerçekleşen kıtasal çarpışma sürecinde ve sonrasında gelişen havzalar çoğunlukla volkano-tortul ürünlerle dolgulanmıştır. Çarpışma sonrası havzalar Anatolid-Torid ve Pontid tektonik birlikleri üzerinde yaygın olarak izlenirken, önülke havzaları genel hatlarıyla İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı’nın güney kenarıyla Anatolid-Torid ve Kırşehir Bloğu arasında yaklaşık doğu-batı uzanımlı yayılım göstermektedir (Akçay ve Beyazpirinç, 2017).

4.2. İNCELEME ALANININ JEOLojİSİ

İnceleme alanı Yozgat İ35-c2 ve İ35-c3 paftaları sınırlarında yeralan, Büyükçal Tepesi, Tad deresi-Yukarıçulhalı-Davulbaz ve Gönderen deresini de içine alan bir sahadır (EK-1).

İnceleme alanında Akdağmadeni Masifi'ne ait birimler yüzlek vermektedir. Masife ait litolojiler başlıca amfibol şist, serizit şist, mermer, metakarbonat-amfibolit ara katkılı kalkışt, mika şist ve yer yer kuvars şist gözlemekte olup haritalama sırasında masif içerisindeki karbonatlı birimler (mermer ve metakarbonatlar) ayırtlanmış olup diğer birimler Metamorfikler olarak tek bir dokanakla haritalanmıştır (EK-1).

Bu metamorfik birimleri, Kretase yaşlı alkali siyenit ya da alkali granit olarak tanımladığımız derinlik kayaları tarafından kesilmiş ve dokanaklarında yaklaşık 35-45 metre genişliğinde granatlı ve epidotlu skarn zonları gelişmiştir (EK-2).



Şekil 4.4 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti ve F, Ba+F, Pb-Zn-Ba-F cevherleşmelerinin konumu.

Metamorfik kaya ile intrüziflerin dokanağında bulunan ve epidot, kuvars, kalsit, klinopiroksen +/- granat minerallerini içeren ancak yönlendirme göstermeyen kayalar ise fels olarak adlandırılmıştır.

Akdağmadeni masifinin metamorfik birimlerini ile metamorfikleri kesen alkali magmatitler üzerini Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı örtü birimleriyle uyumsuz olarak örtülmektedir. Derelerde çökelmiş olan alüvyonlar ise alttaki tüm birimleri örtmektedir (Şekil 4.4).



4.2.1. Metamorfitleler

Metamorfitleler stratigrafik olarak inceleme alanında en alt birimi oluşturmaktadır (Şekil 4.4). Tülümen (1980), Şahin (1991), Çolakoğlu ve Genç (2000) bölgedeki metamorfitleleri mika- gnays, kalsilikatik- gnays ve muskovit- şistlerden oluştuğunu belirtmiştir.

Metamorfitlelerin inceleme alanındaki yayılımı;

Büyükçaltepesi, Çaltepe, Delihamazırtı, Öküzderetepe, Çıkırıkçıçaltepe, Tahtalıçamtepe, Davulb az güneyi, Çiçeklitepe, Yukarıçulhalı güneydoğusu Çingentepe, Kalebaşitepe, Uzunolukkaya sırtı mevkilerinde mostraları görülmektedir (EK-1; Şekil 4.5.).



Şekil 4.5: Kalkşist, mikaşist, mermerden oluşan metamorfiklerin genel görünümü.

Paleozoyik-Mesozoyik yaş aralığındaki bu birim gri, kirli beyaz, lokasyonda ayrışma yüzeyi boz, yeşilimsi-kahverengi, taze yüzeyi yeşilimsi amfibolit, kuvarsit, amfibol-şist (Şekil 4.6a ve 6b).



Şekil 4.6 : (a ve b) Metamorfitletler içindeki amfibol-şistlerin mostrapadaki görünümü.

KB doğrultulu KD eğimli, foliasyonları belirgin, mikroskobik tanımlamada metamorfite, kökeni ise biyotit gnays (Şekil 4.7), Feldispat-Aktinolit-Muskovit-Kuvarsşist, mika gnays şeklinde tesbit edilmiştir.

Kalkşist ve mika-şistler metamorfitletlerin içinde görölmektedir (Şekil4.8).



Şekil 4.7 : Büyükçal tepesi mevkiindeki Metamorfite birim içindeki biyotit-gnays.



Şekil.4.8 : Keçikale tepesi mevkiindeki Metamorfik birim içerisindeki mika-şistlerden bir görünüm.

Metamorfikler içerisinde Tad deresi ve Çayırli dere mevkiilerinde kalkan şistler yüzlekmektedir (Şekil4.9). Kalkışistler yer yer mermerler ile ara katkılı olarak gözlenir. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu ve ortalama 42°kuzeybatıya eğimli foliasyona sahip olan kalkışistler, mermer amfibolit ve mika-gneyslar ile arakatkılı olarak görülür.



Şekil 4.9 : Çayirdere mevkiindeki kalkışistlerin görünümü.

Genellikle orta koyulukta gri ve yeşilimsi gri renklere sahiptir. Mineralojik bileşimleri kalsit, plajiyoklaz, kuvars, diyopsit, opak mineraller, biyotit ve granat şeklindedir. Makroskobik ölçekte kalsitin bazı seviyelerde daha yoğun olduğu görülmektedir.

Büyükçal tepesi mevkiinde alınan şist örneğinin (Şekil 4.10) petrografik incelemesinde muskovit, aktinolit, kuvars ve feldspat minerallerini içerdiği tespit edilmiştir.



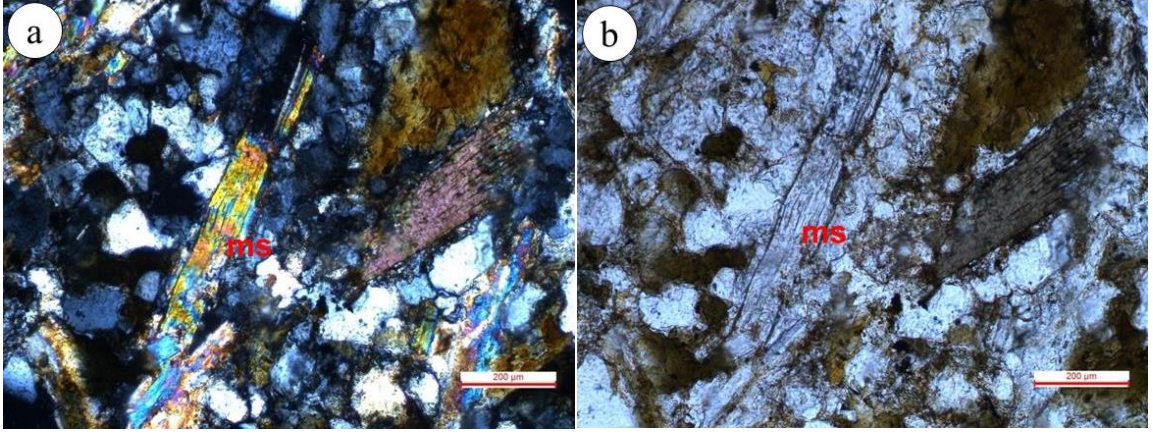
Şekil 4.10 : Büyükçal tepesi mevkiinden alınan mika-şist birimi numunesi.

Muskovitlerin prizmatik ve uzamış şekilleri ve tek yöndeki mükemmel dilinimleri ile belirgin olduğu gözlenmiştir. Muskovitler, kayaçta en bol bulunan kuvars mineralleri arasında bantlar şeklinde yer almaktadır (Şekil 4.11).

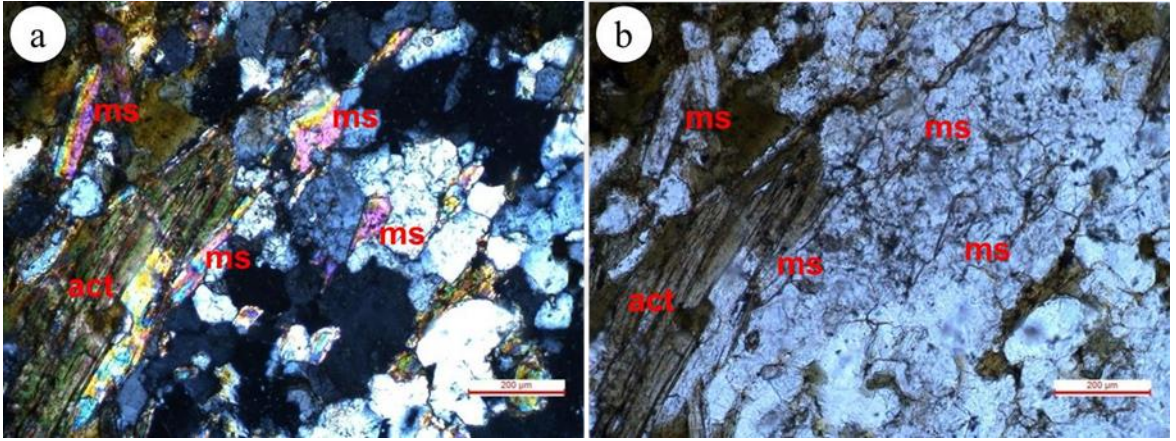
Aktinolitler, açık yeşil ve yeşilimsi tonlarda zayıf pleokroizma gösterir (Şekil 4.12). Uzamış prizmatik şekildedir. Kayaçtaki zayıflık düzlemi boyunca muskovitlerle birlikte yerleşmişlerdir.

Kuvars, kayaçta en bol bulunan mineraldir. Minerallerde metamorfizmanın etkisiyle dalgalı sönme gelişmiştir. Boyut olarak yaklaşık eş taneli olup, tek nikolde renksiz, öz şekilsiz taneler şeklinde görülür (Şekil 4.13).

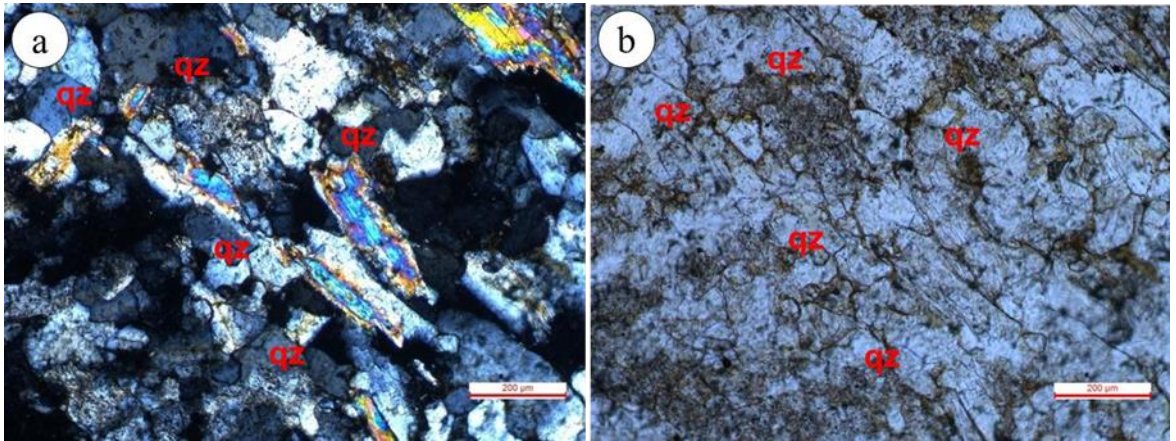
Feldispatlar kayaçta yaklaşık %10 civarında bulunur (Şekil 4.14). Genellikle killere dönüşmüş olup, bu özelliği ile tek nikolde renksiz olan kuvarslardan ayırt edilebilmektedir.



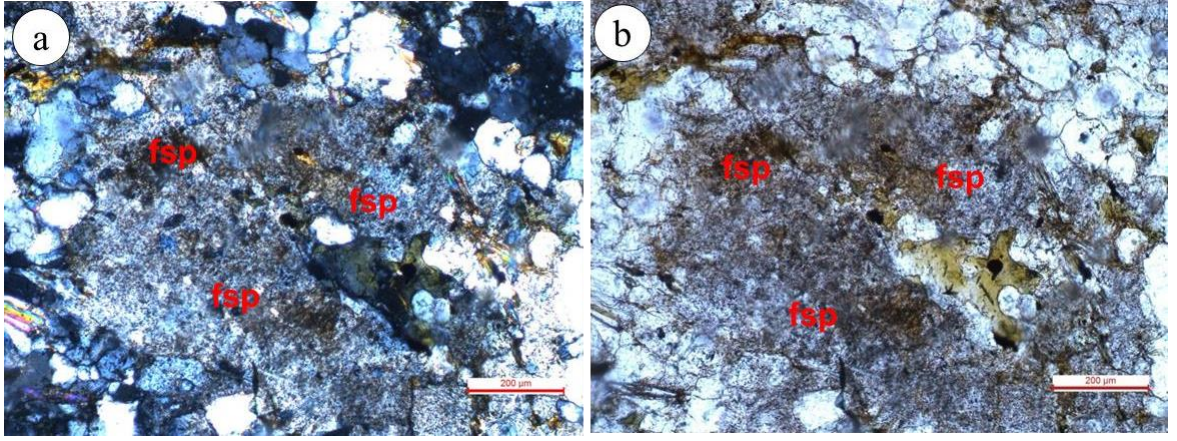
Şekil 4.11 : Metamorfite birimin içindeki Muskovit(ms) mineralin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.



Şekil 4.12 : Metamorfite birimin içindeki Aktinolit(act)-Muskovit(ms) minerallerin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.



Şekil 4.13 : Metamorfite birimin içindeki Kuvars(qz) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.



Şekil 4.14 : Metamorfit birimin içindeki Feldispat(fsp) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.

Mineralojik-petrografik incelemelerde kayaç; **feldispat-aktinolit-muskovit-kuvarşşist** olarak tanımlanmıştır.

4.2.2. Metakarbonatlar

İnceleme alanı yakın bölgesinde, karbonat değerlerinin oldukça yüksek olduğu bu birim Tülümen (1980), Şahin (1991), Çolakoğlu ve Genç (2000) tarafından metakarbonat olarak tanımlanmıştır.

Metakarbonatlar başlıca kalkşist, rekristalize killi kireçtaşı ve mermerlerden oluşmaktadır (Şekil 4.16).

Genel olarak inceleme alanındaki yayılımı; Çopurunaltı deresi, Tad deresi, Harabe dere, Kabak tepesi, Küçükada tepesi, Büyükpur tepesi, Çaltepe, Çallı dere, Karamaz tepe, Karasivrinin sırtı kuzeyi, Kalınarkaç tepesi, Kızakyolu tepesinde yayılım gösterir (EK-1; Şekil 4. 15).

Metakarbonatlar içerisindeki mermerler yer yer oldukça beyaz ve saf mermer mercikleri şeklinde de yüzlek vermektedir (Şekil 4.16). Yönlenme göstermeyen mermerler küçük/orta arasında değişen tane büyüklüklerine sahiptir. Tüm bu mermer türleri diğer birimlerle uyumludur ve ardalanmalı olarak bulunur (Şekil 4.17).



Şekil 4.15 :Yukarıçulhalı köyü güneyindeki metakarbonatların genel görünümü.

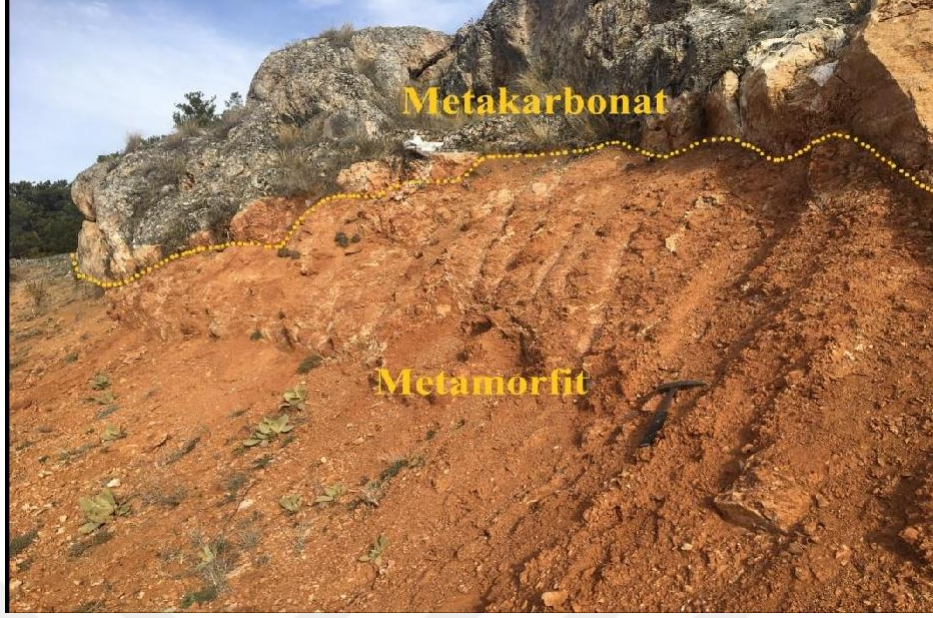


Şekil 4.16 : Harabe dere mevkiindeki Metakarbonat birim içerisindeki mermerin görünümü.



Şekil 4.17 : Metakarbonat birimlerin mostradaki görüntüsü.

Metamorfitler ile metakarbonatların inceleme alanındaki yayılımı ve birbirleriyle dokanak ilişkileri tedrici bir geçişle birlikte uyumlu bir görüntü vermektedir. Yukarıçulhalı benzin istasyon bölgesinde her iki birimin dokanak ilişkileri gayet uyumlu bir görüntü sunmaktadır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: Yukarıçulhalı Yakıt istasyon mevkiindeki metamorfit-metakarbonat dokanak ilişkisi.

Bölgedeki litolojik birimlerden, yer yer pelitik seviyeler içeren oldukça kalın bir karbonatlı serinin bölgesel metamorfizmaya uğradığı, daha sonra genç bir alkali magmatit intrüzyonundan etkilendiği ortaya çıkmaktadır.

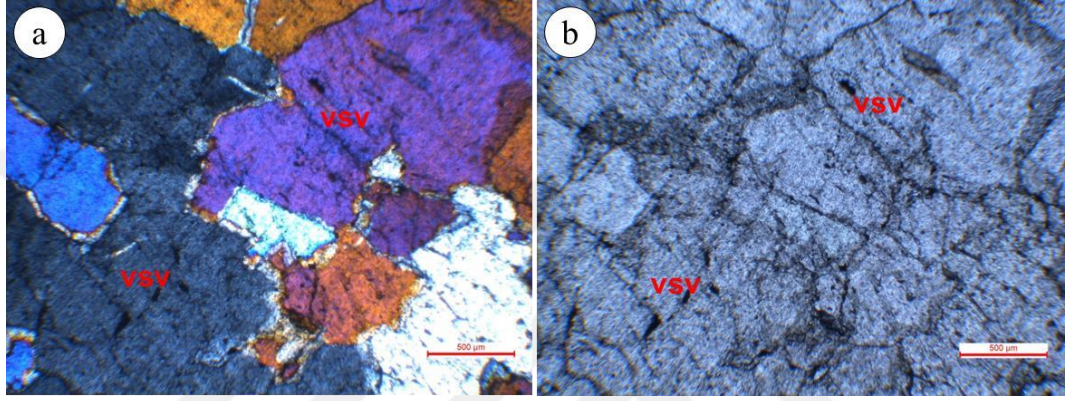


Şekil 4.19 : Harabe dere mevkiinden alınan mermer numunesi.

Harabe dere mevkiinde alınan mermer örneğinin (Şekil 4.19) petrografik incelemelerinde kayacın tamamen kalsitten oluştuğu ve şeker dokulu olduğu belirlenmiştir. Metakarbonat

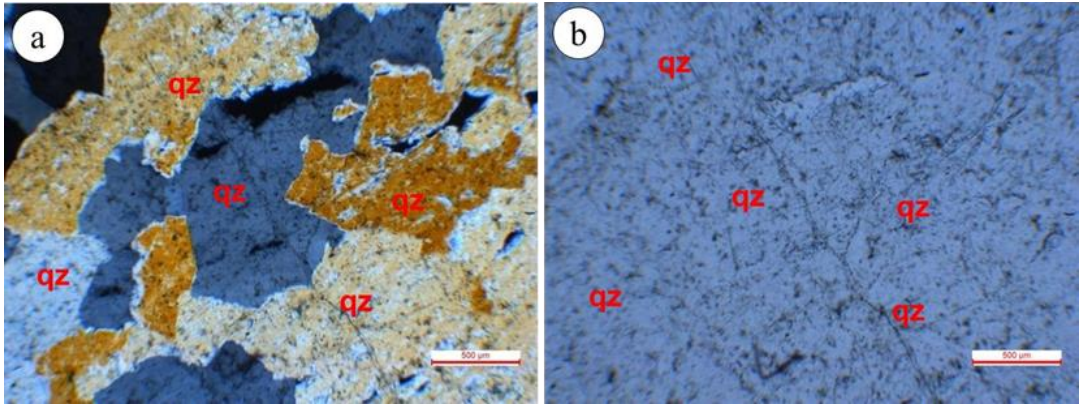
biriminden alınan numunenin polarizan mikroskoptaki mineralojik ve petrografik incelemeleri sonucunda; vezüvyanit, kuvars ve kalsit içerdikleri tespit edilmiştir.

Vezüvyanit, çok zayıf-zayıf, girişim renkleri grimsi renkli, bazen gri-yeşil, mor renkli. Tek optik eksenli ve optik işareti negatif. İnce kesitte renksiz veya soluk kahverengi, yeşilimsi renktedir. Bu mineral kontak metamorfizmanın hakim olduğu skarn ve kireçtaşı yataklarında gözlemlenir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 : Metakarbonat birimin içindeki Vesuvianite(Vsv) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.

Kuvarlar, kayaçta yer yer yaygın olarak gözlenir. Öz şekilsiz, dalgalı sönme gösterir ve çift kırılması oldukça zayıftır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 : Metakarbonat birimin içindeki Kuvars (qz) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.

4.2.3. Siyenitler

İnceleme alanında Çayırılı dere, Tad deresi, Çallı dere mevkii, Çıkırıkçıçal tepe, Çangalkapan mevkii, Harabe dere, Çatak mevkii, Çopurunaltı mevkiilerinde yayılım göstermektedir (EK-2).

İnceleme alanındaki metamorfik birimleri keserek yüzlek veren alkali magmatitler Sağıroğlu (1984) tarafından granitik ve/veya siyenitik karakterli magmatikler olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanının genelinde alkali magmatik intrüzipler ağırlıklı olarak siyenitik kayaktan oluşmakta ve D-B doğrultulu bir yayılım göstermektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Siyenitlerin genel mostra görünümü.

Siyenitlerin mostra rengi, pembemsi-gri renklindedir (Şekil 4.23). Metamorfitleri kesen siyenitlerde yapılan modal mineralojik analizler, kayacın siyenit ve kuvars-siyenit bileşiminde olduğunu göstermiştir (Çolakoglu ve Genç, 2000).



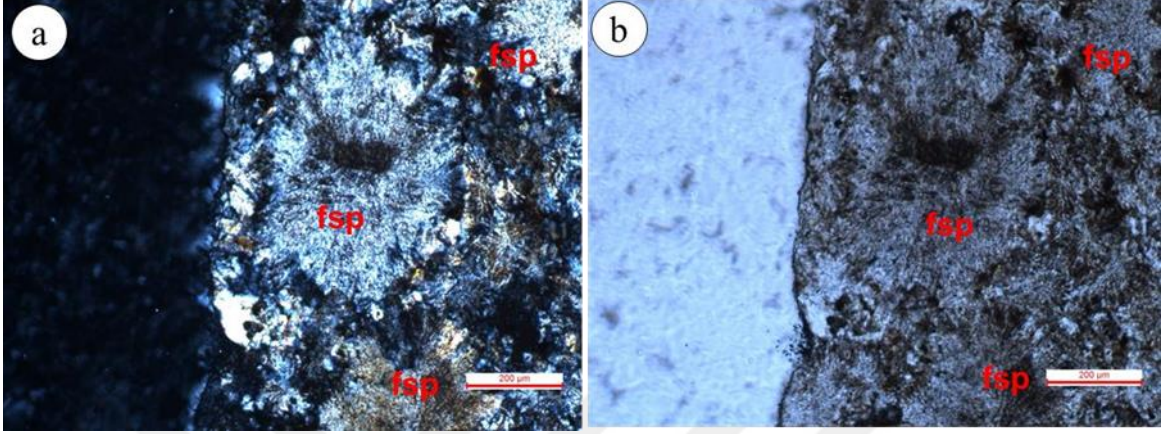
Şekil 4.23 : Çopurunaltı mevkiindeki siyenitik birimin pembemsi-gri renkli görüntüsü.

İnceleme alanındaki siyenitlerden alınan örneklerin (Şekil 4.24) mineralojik-petrografik incelemeleri yapılmıştır.



Şekil 4.24 : Çopurunaltı mevkiinden alınan Siyenit numunesinin el örneği görüntüsü

Yapılan incelemelerde, kayacın baskın olarak alkali feldspat (Şekil 4.25) içerdiği, ayrıca buna eşlik eden çok az plajioloklas ile mika'nın varlığı tespit edilmiştir. Kayaçtaki feldspatlar yer yer killeşmiştir. Kayaçta 5% oranında ikincil kuvars mineralleri gelişmiştir (Şekil 4.26).

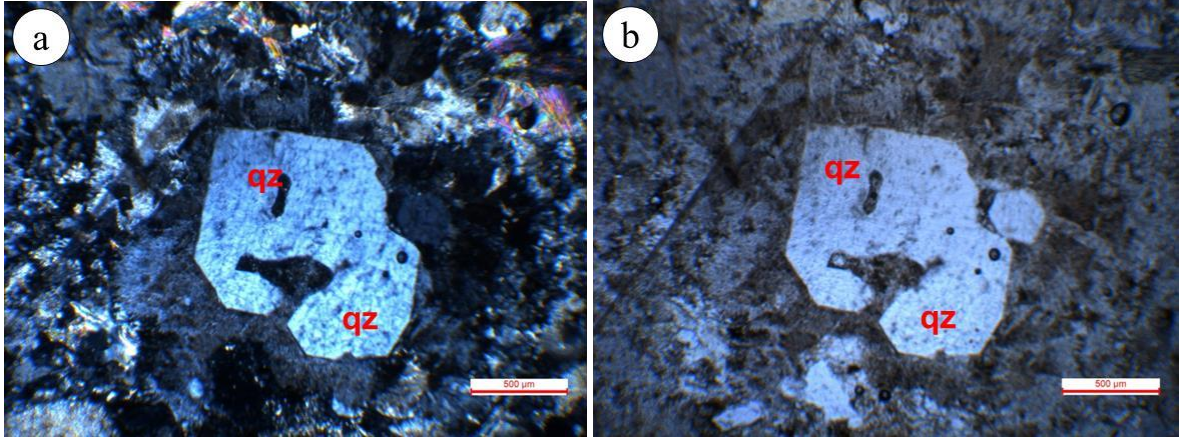


Şekil 4.25 : Siyenit içindeki Alkali Feldspat (fsp) minerallerinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.

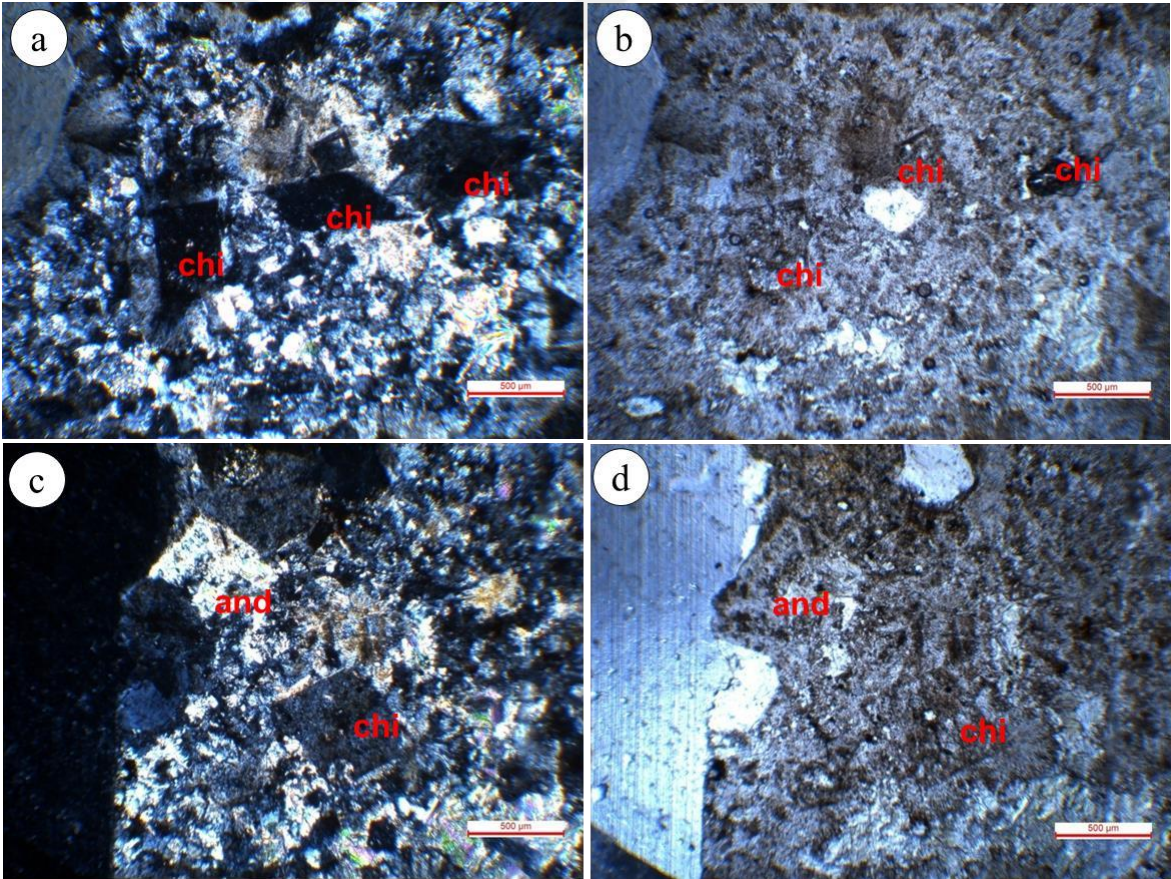
Kuvarsların içerisinde ve kenarlarında gözlenen kemirmeler-yenmelerin magmatik reaksiyon sonucu olduğu değerlendirilmiştir. İkincil kuvarslar, genellikle öz şekilli ve yarı-özşekillidir (Şekil 4.27). Kayacın içerdiği alkali feldspat>>plajioloklas>>biyotit mineral bileşimine göre siyenit olarak adlandırılmıştır.

Siyenitik kayacın metamorfik kayaçlarla olan yakın kesimlerinden alınan örneklerde, kayaçta kum saati yapısıyla belirgin olan, andalusit türü bir mineral olan Şiyastolit (Chiastolite; Şekil 4.27) gözlenmiştir.

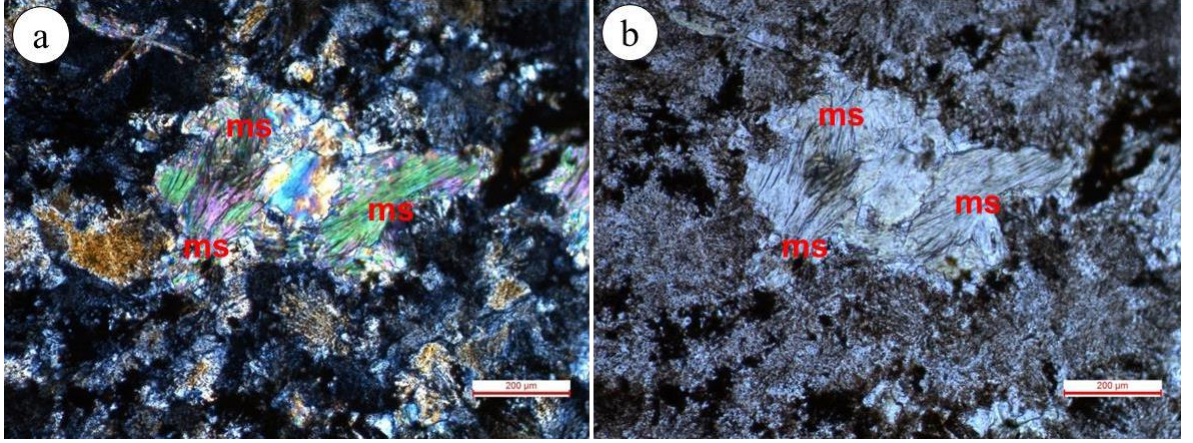
Bu mineral alüminyumca zengin fakat kalsiyumca fakir olan kontak metamorfik kayaçların tipik mineraldir. Bu örnekte ayrıca, çok yaygın olmasa da muskovit mineralleri de gözlenmiştir. Muskovitler yelpaze şekilleri ve çift nikoldeki pembe, canlı yeşil renkleriyle göze çarpmaktadır (Şekil 4.28). Tek yöndeki mükemmel dilinimleri belirgindir.



Şekil 4.26 : Siyenit içindeki Kuvars(qz) mineralinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.



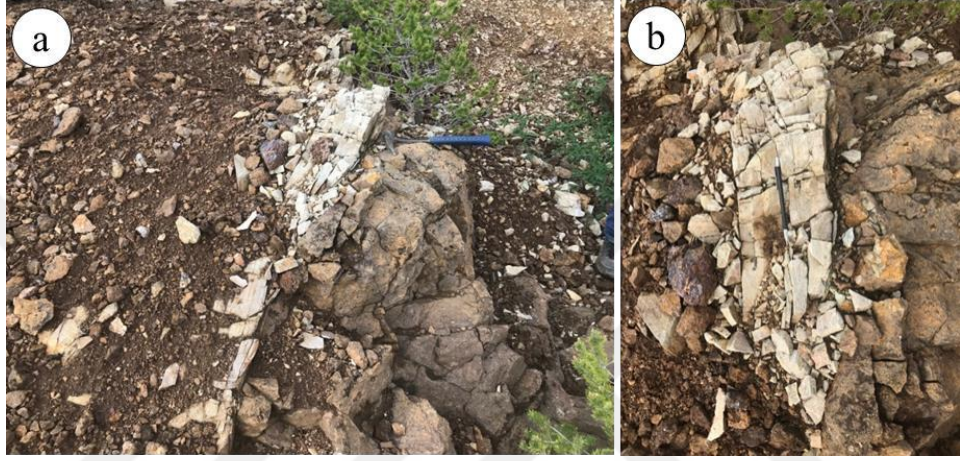
Şekil 4.27 : Siyenitler içindeki Şiyastolit (Chiastolite- chi) ve Andalusite (and) minerallerinin (a ve c) Çift nikol ve (b ve d) Tek nikoldeki görünümü.



Şekil 4.28 : Siyenitler içindeki Muskovit(ms) mineralinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.

4.2.4. Damar Kayaçları

Siyenitler yer yer damar kayaçları tarafından kesilmiştir. Bu damarların bir kısmı çok ince taneli kristallere sahip, beyaz renkli ve tıkHz yapılı aplitik dayklar olup (Şekil 4.29 a ve b), bir kısmı ise daha koyu renkli, kısmen kloritleşmiş ve ayrıışmış mafik dayklardan oluşmaktadır (Şekil 4.30 a ve b). Bu daykların kalınlıkları cm'den birkaç m'ye kadar değışebilmektedir.



Şekil 4.29: (a ve b) Siyenitik kayaçları kesen kirli beyaz-gri renkli ince taneli aplit daykların genel görünümü.



Şekil 4.30 : Koyu renkleri (a), kısmen kloritleşmiş (b) mafik daykın genel görünümü.

4.2.5. Skarn Zonu

İnceleme alanının güney-doğusunda yer alan, Akdağmadeni Masifi ile Siyenitlerin dokanaklarında yer yer skarn zonlarının geliştiği gözlenmiştir (EK-1;EK-2;EK-3).

Skarn zonları Siyenitler ile metakarbonatlı birimlerin dokanağında gözlenmektedir. Tad deresi paralelindeki yol yarmasında skarn zonunun genişliği yaklaşık 30 m,uzunluğu ise 80 m'dir (Şekil4.31a).Bu zon, metakarbonat içerisinde gelişen ekzoskarn zonunu temsil etmektedir. Ekzoskarn zonunda makroskobik olarak kahverengi görünümü ile granatlar ve yeşil renkleri ile epidot mineralleri belirgin bir şekilde tesbit edilebilmektedir (Şekil 4.31b).



Şekil 4.31 :(a) Skarn zonunun yol yarmasındaki mostra görünümü ve (b) zondaki granat skarnın yakından görünümü.

Skarn zonu siyenitik kütlenin çatı(kupola) kesimini yansıtmakta olup, bu çatının çevre kayaları içerisinde veya altında yüzeylenmemiş kesimler F-Ba-Pb-Zn cevherleşmeleri açısından potansiyele sahiptir.

Skarn isimlendirmesi en yaygın oluşan minerale göre yapılmaktadır. İnceleme alanındaki skarn zonunda gelişen en yaygın skarn minerali granat olup buna epidot minerali eşlik etmektedir (Şekil 4.31).

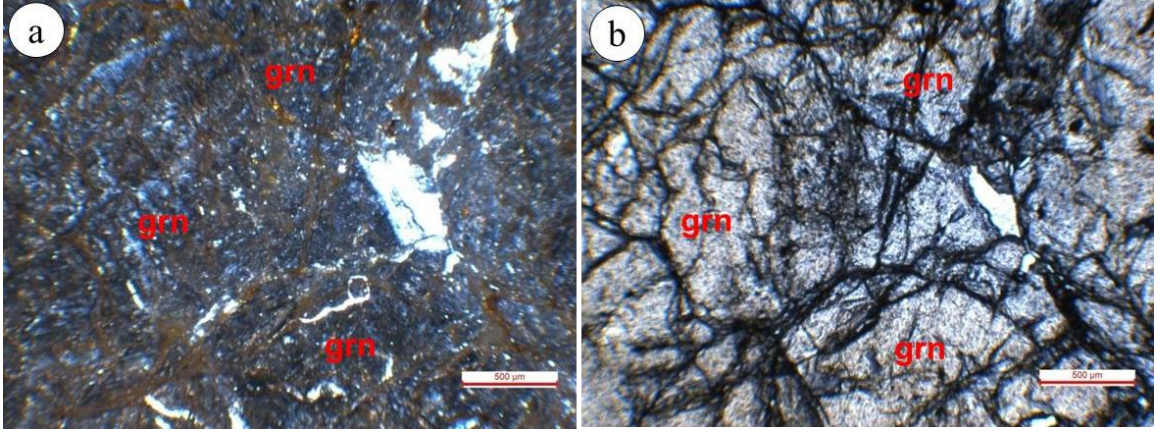
Bu mineral birlikteliği dikkate alınarak granat-epidot skarn olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.31b).

İnceleme alanındaki skarn zonundan alınan bir örneğin (Şekil 4.32) mineralojik-petrografik incelemesinde kayacın tamamının granat mineralinden oluştuğu gözlenmiştir.

Granatlar çift nikolde koyu grimsi, kahverengi bir görünüm sunmaktadır (Şekil 4.33a). Tek nikolde ise açık-kahverengi-sarımsı renklerde olup pleokroizma göstermezler (Şekil 4.33b). Mineraller bol çatlaklı ve kırıklıdır. Kenarları ve çatlakları boyunca, yüzeysel koşullardaki ayrışmaya bağlı olarak yeşilimsi-sarımsı renkli demiroksitler gelişmiştir.



Şekil 4.32 : Skarn zonunun yol yarmasındaki mostradan alınan numune.



Şekil 4.33 :Granat-Epidot Skarn Zonu içindeki Granat(grn) mineralinin (a) Çift nikol ve (b) Tek nikoldeki görünümü.(b) Tek nikolde kahverengi tonlarda renk gösterir.

4.2.6. Çakıltası-Kumtaşı-Kiltaşı-Kireçtaşı(Miyosen)

İnceleme alanının güney-doğu ve güneyinde, geniş bir alanda yayılım gösteren kumtaşı-kiltaşı-konglomera içeren bir birim (Şekil4.34) yüzlek vermektedir (EK-1).

Birim altta, kırmızı-kahve renkli çakıltaları ile başlamakta ve hem yanal hem de düşey yönde geçişli olarak kumtaşı, kiltaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kireçtaşlarına geçmektedir. Çeşitli boyutlardaki çakıltaları metamorfik, granit ve bazik kökenli magmatik kayaç çakıllarından oluşmaktadır.

Kumtaşları, beyaz, gri, sarımsı renklerde olup genelde ince tabaklı ve yer yer laminalıdır. Kumtaşlarında çok iyi çapraz tabakalanma gelişmiştir. İstif içerisindeki kiltaşı seviyeleri boz, yeşil renkleriyle dikkat çekmektedir. Genellikle ince tabakalı yer yer masif görünümlüdür. Bu seviye içerisinde yer yer kireçtaşı ara seviyeleri gözlenmektedir.

Karasal nitelikteki bu çökel birimlerin Üst Miyosen olduğu belirtilmiştir (Dalkılıç ve diğ., 2008).

4.2.7. Alüvyon

İnceleme alanında Gündelen deresi boyunca kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleri gözlenmektedir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 :Yukarıçulhalı benzin istasyonu yol ayrımındaki örtü birim ve metamorfiklerin görünümü.

4.3. YAPISAL JEOLojİ

İnceleme alanındaki faylar genellikle $K70-85^0$ B doğrultulu ve $50-65^0$ KD eğimli olup bunlara yaklaşık diyagonal şekilde gelişen faylar da bulunmaktadır (Şekil4.35).

İnceleme alanında gelişen fayların en yaygın türü eğim atımlı normal faylardır. Eğim atımlı normal fayların eğimleri $50-70^0$ arasında değişmektedir. Doğrultu atımlı faylar kırıklı yapıları takip eden bir evrede gerçekleşmiştir. Bu tür fayların cevherleşmenin olduğu alanlarda daha çok sağ yönlü hareketlerle çalışmış olduğu yine inceleme alanının genelinde doğrultu ve eğim atımlı fayların daha yaygın olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.35 : İnceleme alanında $K85B$ doğrultulu, $55 KB$ eğimli metakarbonatlı birimde gelişmiş eğim ve doğrultu atımlı fayın görünümü.

İnceleme alanında Zincan dere, Tad deresi, Küçükada tepe, Çallı dere mevkiilerinde cevherleşme alanlarında gözlenmektedir.

4.4. MADEN JEOLJİSİ

İnceleme alanındaki florit, barit ve Pb-Zn-F-Ba cevherleşmeleri Yukarıçulhalı köyü kuzeybatısında Tad deresi ile kuzeyden gelerek birleşen Çayırılı dere, Çallı dere ve Çopurunaltı dere hatları üzerinde gözlenmektedir (EK-1).

Çoğunlukla siyenitik kayalar içerisinde gelişen florit cevherleşmeleri bazı araştırmacılar (Şaşmaz ve diğ., 2005; Altuncu,2008) tarafından daha önce Tad deresi cevherleşmeleri adıyla incelenmiştir. Ancak bu çalışmalarda, florit cevherleşmelerinin yakın çevresinde bulunan barit damarları ile F-Ba-Pb-Zn cevherleşmelerinin varlığından bahsedilmemiştir.

Bu çalışma kapsamında Yukarıçulhalı güneyindeki F-Ba-Pb-Zn cevherleşmeleri detaylı bir şekilde incelenerek haritalanmış ve cevher damarları element birliktelikleri dikkatle ayırt edilmiştir.

İnceleme alanında yapılan detaylı çalışmalar sonucunda cevherleşmeler; (i) Florit cevherleşmesi (Çayırılıdere ve Çopurunaltı), (ii) Çallıdere Barit ± Florit Cevherleşmesi ve (iii) Çallıdere Pb-Zn-F-Ba Cevherleşmesi şeklinde ayırt edilerek anlatılmıştır.

4.4.1. Florit Cevherleşmesi

Florit cevherleşmeleri inceleme alanında iki lokasyonda gözlenmektedir. Birincisi; Çayırılı derenin Tad deresi ile birleştiği lokasyonunun yaklaşık 500 m kuzey-kuzeybatısında, ikincisi ise Çopurunaltı dere üzerinde gözlenmektedir (EK-1).

Bu cevherleşmeler Çayırılıdere ve Çopurunaltı Florit cevherleşmeleri olarak isimlendirilmiştir (Ek-2;EK-3).

Genellikle siyenitik kayaların içerisinde, kısmen de kireçtaşı-şist dokanağı ile kireçtaşlarının içinde saçınımlı olarak geliştikleri tesbit edilmiştir (EK-3).

4.4.1.1. Çayırılıdere Florit Cevherleşmesi

Çayırılıdere florit cevherleşmesi, Çayırılı derenin Tad deresi ile birleşiminden yaklaşık 500 m yukarıda, derenin batı kenarından itibaren gözlenmektedir (EK-2; EK-3). Bu cevher zonu geçmiş dönemlerde işletilmiş olup eski işletme yarmaları halen gözlenmektedir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36 : Eski florit işletmesi açık ocak şevinde gözlenen florit cevher zonu ve bunu kesen aplitik daykının görünümü.

Cevher zonu, $K40^{\circ}D$ doğrultulu olup yüzeyde kesiklide olsa 400 metre izlenebilmektedir (EK-2).

Zon, pembemsi kahverengi görünümü ile uzaktan fark edilebilmektedir (Şekil 4.36). Cevherleşme kısmen siyenit içerisinde, ancak büyük oranda siyenitin üzerini kabuk gibi saran, breşik yapılı, demiroksitli karbonatlı yan yaka içerisinde gelişmiştir (Şekil 4.37).

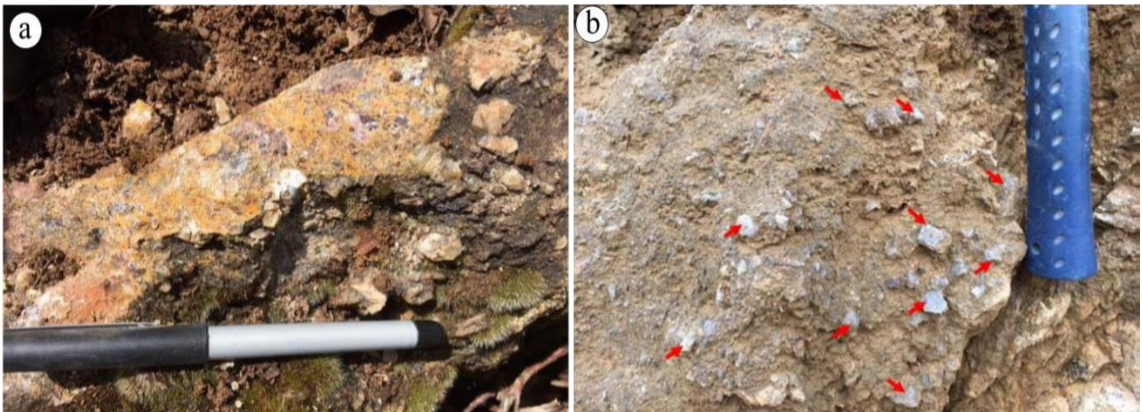
Karbonatlı yan kayaç, magmatizma ile etkileşiminde ileri derecede metasomatizmaya uğramış ancak, çok az da olsa ilksel tabakalanma düzlemleri fark edilebilmektedir (Şekil 4.37).

Cevher zonunun kalınlığı 4-6 metre arasında olup, floritler zon içinde $K40^{\circ}D$, $52^{\circ}GD$ eğimli damarlar ve üstteki breşik karakterli kabukta ise daha çok saçınımlı şekilde gözlenmektedir (Şekil 4.38).

Floritler, makroskobik olarak açık mor-pembe, şeffaf ve açık yeşil renklidir (Şekil4.36).



Şekil 4.37 : Çayırıldere florit cevherleşmesinde eski işletme ocak şevinde gözlenen cevher zonu ve bunu kesen aplitik daykın görünümü.



Şekil 4.38 : Genellikle masif ve breşik yapı, demiroksitli kayaç içerisinde saçınımlı olarak gelişen (a) mor renkli ve (b) şeffaf ve açık yeşil renkli florit minerallerinin görünümü.

4.4.1.2. Çopurunaltı Florit Cevherleşmesi

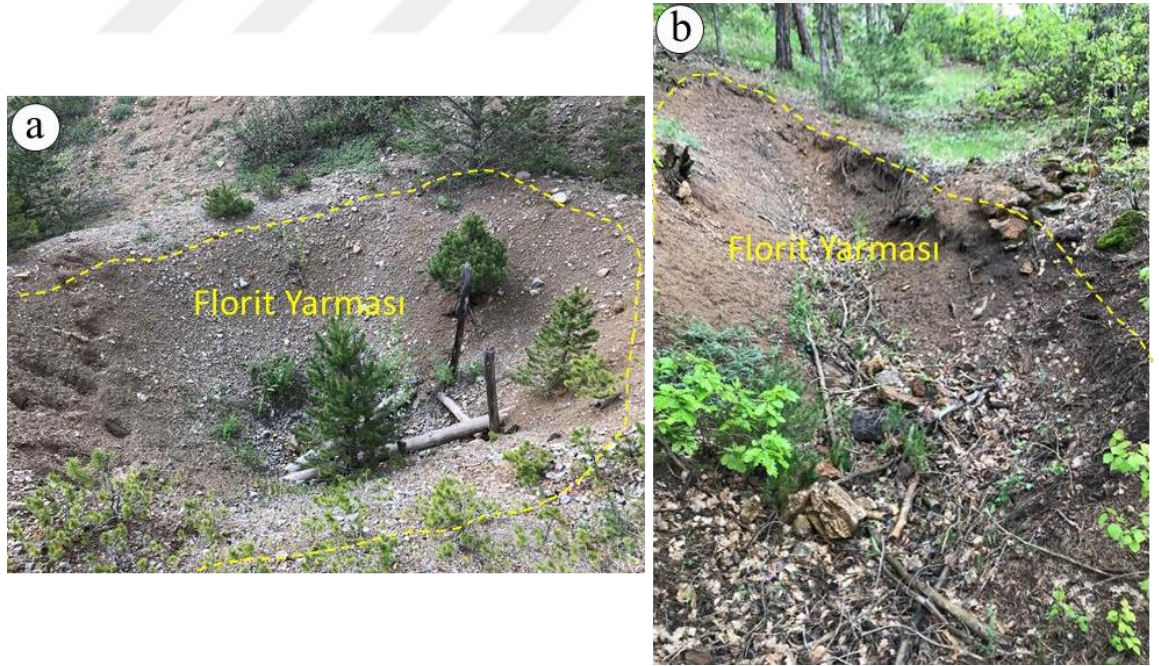
Bu cevherleşme, Çopurunaltı derenin doğu-batı yönelme gösterdiği yerde ve derenin kuzeyinde birkaç lokasyonda gözlenmektedir (EK-1;EK-2).

Bu alandaki florit cevherleşmeleri siyenitler içerisinde damarlar şeklinde gelişmiştir (Şekil 4.39). Daha önceki zamanlarda birkaç lokasyonda arama amaçlı yarmalar açılmış olup günümüzde bu açıklık alanlar kısmen dolmuştur (Şekil 4.39).

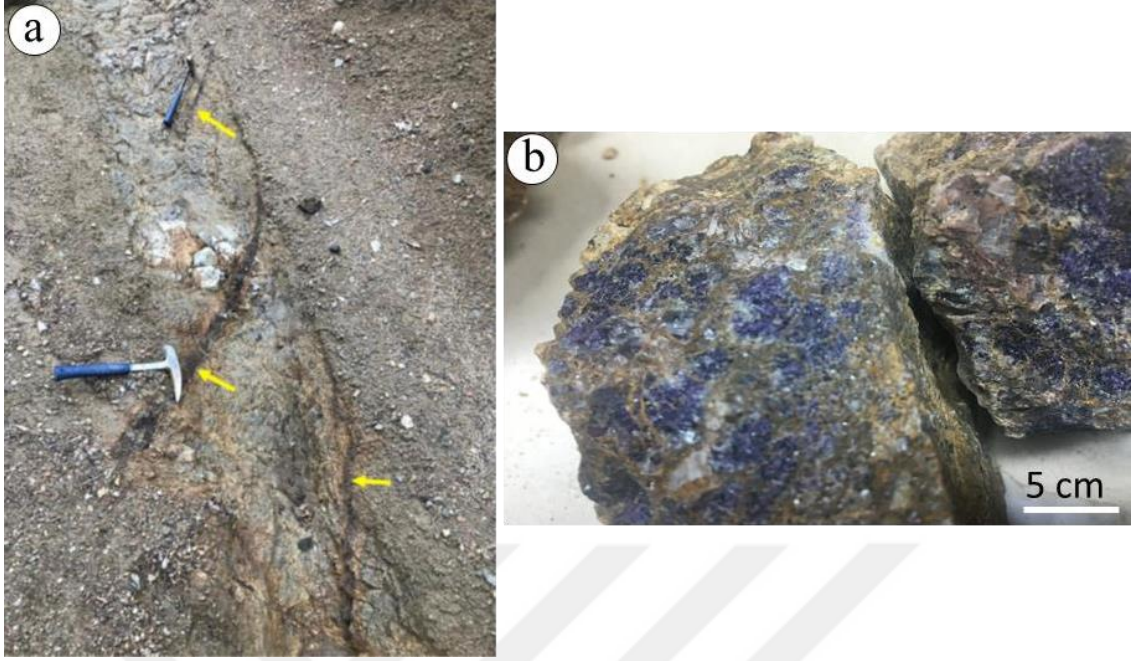
Yarmalardan çıkarılan ve florit içeren cevherli siyenitik kaya parçaları yarma kenarlarında gözlenebilmektedir (Şekil 4.40). Bu alanda açılan 3 yarma tespit edilmiş olup bu yarmaların birbirine uzaklığı 40-50 m arasında olup hepsi de geometrik olarak doğu-batı uzanımlı olarak açılmıştır. Bu da florit cevherleşmesinin bu alanda D-B doğrultulu olduğu ve cevher arama bu istikamette yapıldığı değerlendirilmiştir.

Ayrıca yarmaların etrafında 1-10 cm kalınlığında ağsal florit cevherleşmeleri gözlenmiş (Şekil 4.40) olup siyenitik kayada killeşme ve limonitleşmeler gelişmiştir (Şekil 4.40).

Bu damarlarda ve yarmalardan çıkarılmış olan cevherli siyenitik kayalardaki floritler, iri kristalli ve koyu mor renklidir (Şekil 4.40).



Şekil 4.39 : Çopurunaltı florit cevherleşmelerinde açılmış eski yarmaların görünümü.



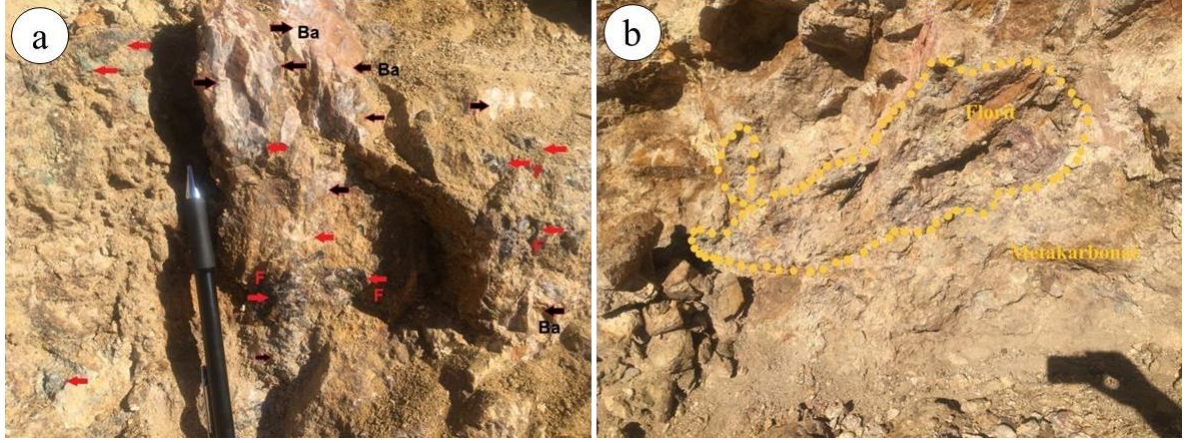
Şekil 4.40 : Siyenitler içerisinde (a) damar şeklinde gelişen floritler ve (b) Çopurunaltı florit cevherleşmelerinde açılan eski yarmalardan çıkarılmış, mor renkli, iri kristalli florit cevherlerinin görünümü.

4.4.2. Çallıdere Barit±Florit Cevherleşmesi

Çallıdere Ba±F cevherleşmesi, Çallı derenin Tad deresi ile birleşiminin kuzeybatısında 70 - 200 m arasında ki bir zonda mostra vermektedir (EK-3). Cevherleşmeler çoğunlukla siyenit ve onun damar kayalar ile kısmen de mermerlerin içinde gözlenmiştir. Çoğunlukla siyenit kayalar içerisinde gözlenen damarlar yaklaşık birbirine paralel konumdaki üç zondan oluşmaktadır.

Zon-I; siyenit içerisinde en güneyde mostra vermektedir (EK-3). Bu damar doğu-batı doğrultulu olup mostra uzunluğu yaklaşık 100 m, kalınlığı ise 1.5-3 m arasında değişmektedir.

Zon-II, 1. zonunun yaklaşık 50 m kuzeyinde, K20-30D doğrultulu bir kırık hattındaki metakarbonatlı birimlerdeki breşik zon içerisinde gözlenmiştir (Şekil 4.41a). Zon içerisinde barit ve florit minerellerinin birlikte bulunduğu, ancak yer yer floritçe zengin mercerler de gözlenmiştir (Şekil 4.41b). Breşler içerisinde barit breşlerinin de varlığı cevherleşme esnasında ve/veya sonrasındaki bir tektonik etkiyi göstermektedir.



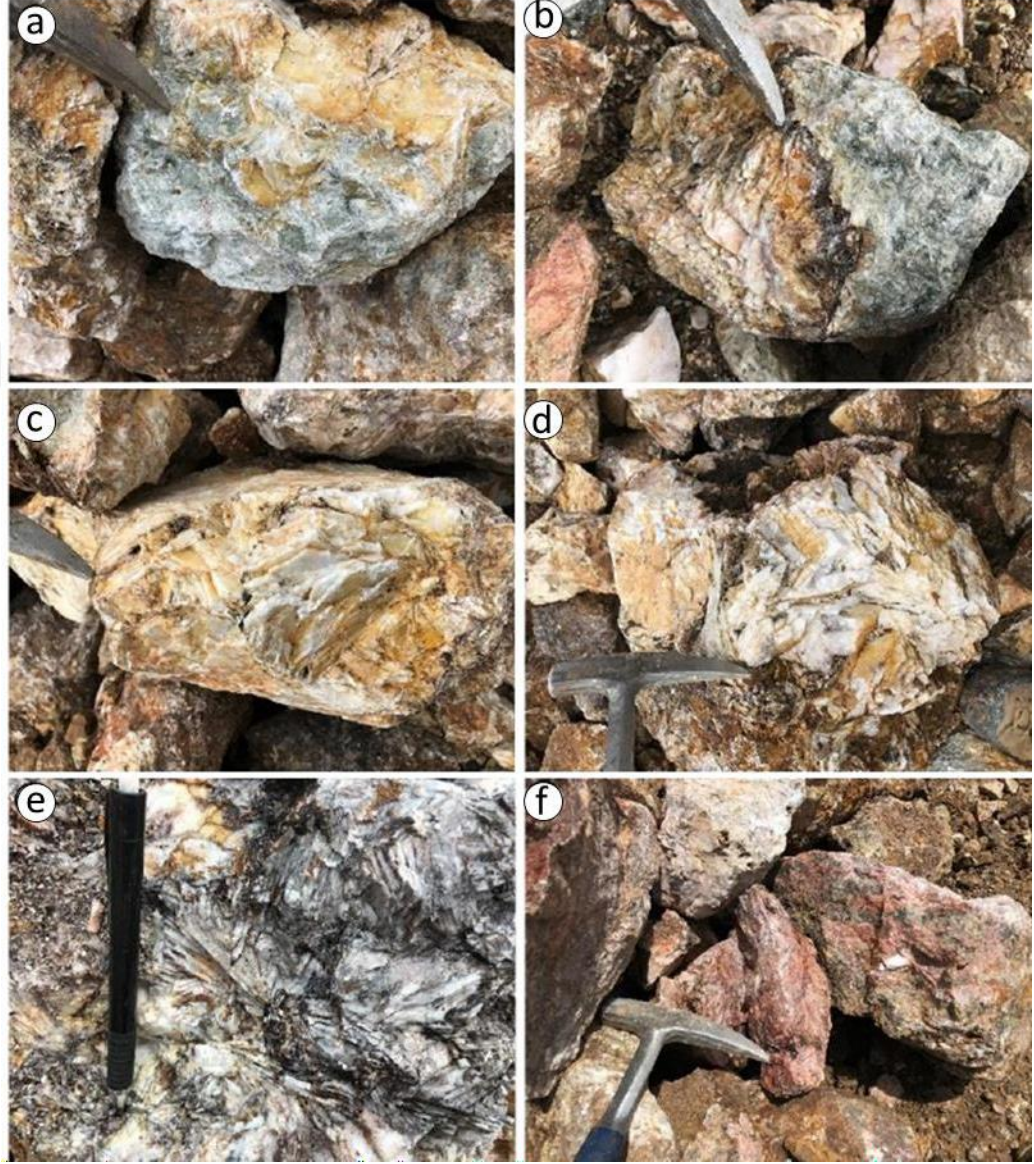
Şekil 4.41: Barit±Florit cevherleşmesi Zon-II’de breşik zonda (a) barit (Ba) ve florit (F) minerallerinin görünümü. (b) aynı zonda yer yer floritçe zengin merccekler gözlenmektedir.

Zon-III; inceleme alanında yaklaşık 15000 ton barit üretiminin yapıldığı zon olup K70D ve D-B doğrultuludur. Cevher damarının kalınlığı 0.8-1.2 m arasında değişmektedir (Şekil 4.42). Bu zonun yanal ve düşey yöndeki devamlılığı yoğun toprak ve bitki örtüsü nedeniyle gözlenememiştir ancak damarın kuzeydoğudaki barit mostrası ile aynı damar olduğu değerlendirilmiştir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42: (a) Siyenitler içerisinde D-B ve (b) Bazık damar kayacı ile siyenit dokanaklarında gözlenen K70D doğrultulu barit damarlarının yarmadaki görünümü.

Cevher mostraları ve stok sahasında incelenen cevherlerde barit minerallerinin iri kristalli, ışınsal, levha şekilli oldukları ve koyu gri, yeşil, pembe ve beyaz gibi çok değişik renklere sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.43).



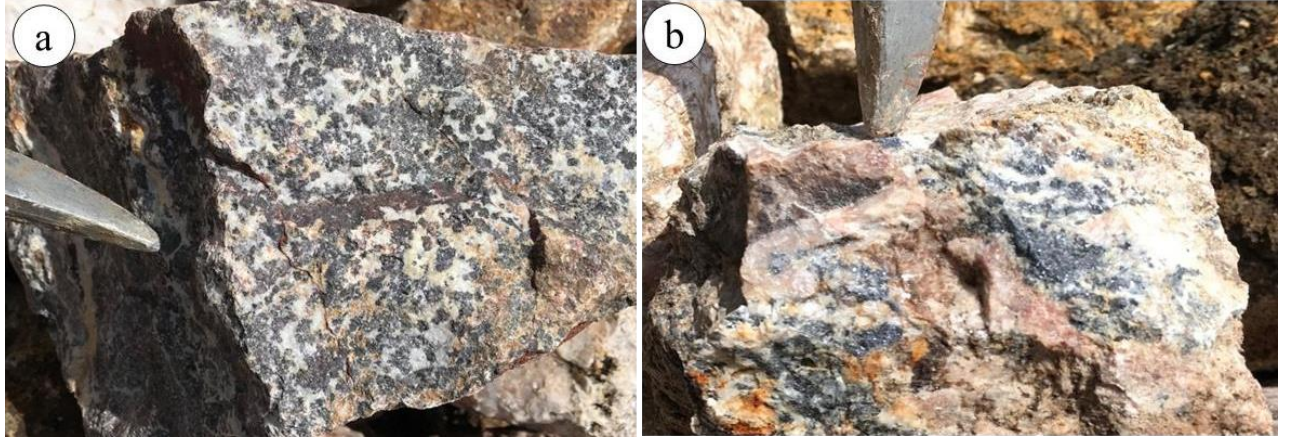
Şekil 4.43 : (a ve b) Bazik damar kayaç ile siyenit dokanaklarında gözlenen yeşil renkli baritler, (c ve d) Yavaş kristallenmeyi gösterir iri kristalli baritler ve bunlarla birlikte oluşmuş piritlerin oksidasyonu nedeniyle demir oksit boyamaları, (e) En yaygın görülen cevher tiplerinden siyahımsı gri renkli barit kristalleri ve (f) pembe renkli barit cevherlerinin görünümü.

4.4.3. allıdere Pb-Zn-F-Ba Cevherleşmesi

Cevherleşme, allı derenin Tad deresi ile birleşiminden yaklaşık 50 m kuzeyde, allı dere içerisinde yer almaktadır (EK-3). Açılan yarmada cevherleşmenin, mermer ve siyenit dokanağını da kesen bir fay hattındaki breşik zon içerisinde geliştiğı gözlenmiştir (Şekil 4.44).

20 m x 5 m boyutlarında açılan yarmanın şevinde, fayın her iki tarafındaki blokta mermerlerde yoğun breşik yapının geliştiğı ve bu breşik zon içinde sfalerit, galenit, florit ve barit minerallerinin saçınımlı ve damarcıklar şeklinde oluştuğı tespit edilmiştir (Şekil 4.44).

Fayın kestiğı siyenitler ise milonitleşmiş ve hidrotermal alterasyon etkisiyle killeşmiştir. Zon içerisinde makroskobik olarak kalkopirit minerali gözlenemese de, oksitlenme sonucunda oluşan malahit sıvamaları çok az da olsa ilksel bakır sülfürlü minerallerin varlığını göstermektedir (Şekil 4.45).



Şekil 4.44 : Mermerler içerisinde gelişmiş, saçınımlı sfalerit ve galenit içeren cevher el örneğinin görünümü.



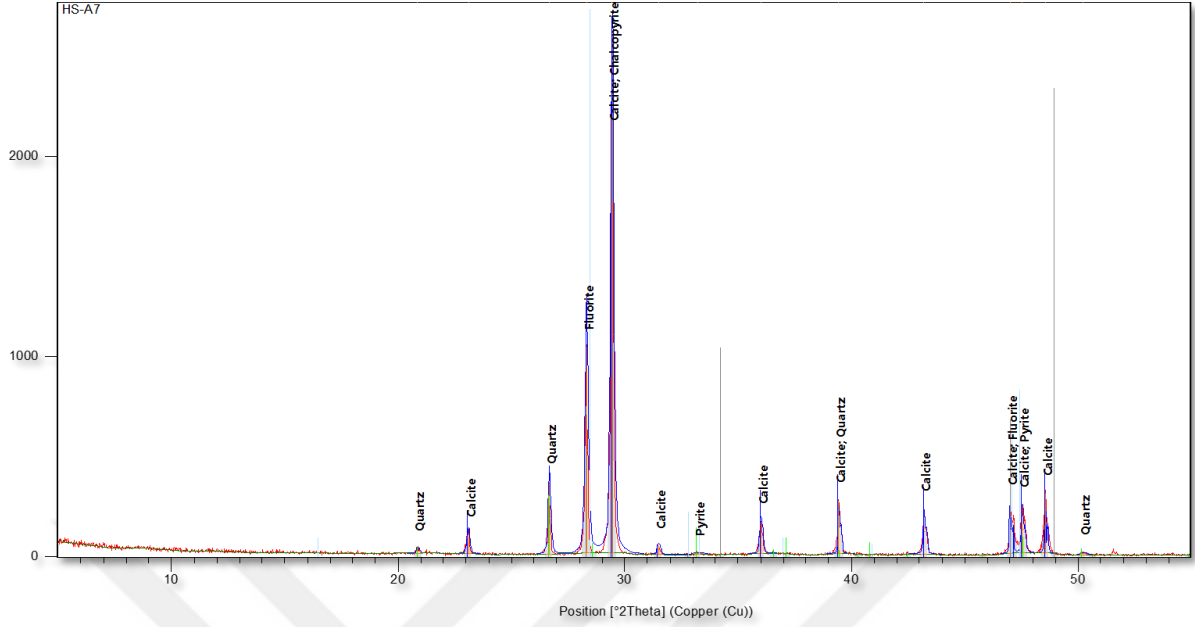
Şekil 4.45 : Barit'çe zengin cevher örneğinde,olasılıkla kalkopiritin oksitlenmesi sonucunda oluşan malahit sıvamalarının görünümü.

4.4.4. Cevher Mineralojisi ve Petrografisi

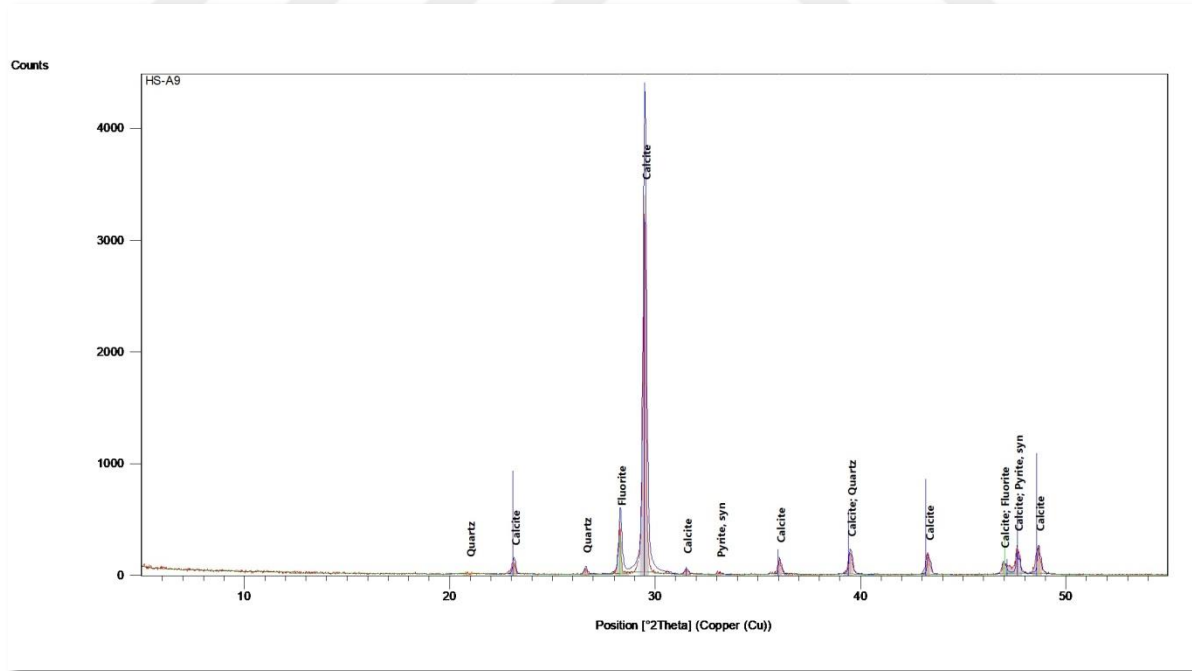
İnceleme alanındaki farklı cevher damarlarında alınan cevher örneklerinde XRD ve cevher mikroskopisi çalışmaları yapılarak cevher mineralojisi ve petrografisi ortaya konulmuştur. İnceleme alanındaki Çallıdere Barit cevherleşmesi, neredeyse sadece barit içeren mono mineralik bir damardır. Damardaki baritler (Şekil 4.43)'de görüldüğü gibi iri kristalli, çoğunlukla tabular ve masif yapılı olup, şeffaf, beyaz, açık pembe, yeşilimsi ve grimsi-beyaz renkler sunmaktadır.

Çayırıldere ve Çopurunaltı florit cevherleşmelerinde ise baskın olarak florit minerali gözlenmektedir (Şekil 4.40). Floritler çoğunlukla mor-eflatun renkli olup şeffaf ve şeffaf-yeşil renkli floritler de gözlenmektedir.

Çayırıldere florit cevherleşmesine (eski işletilmiş ocak) ait örneklerin XRD ve cevher mikroskopisi incelemelerinde cevherin floritin dışında kalsit, az kuvars, pirit, kalkopirit, kovellit, hematit ve götit mineralleri içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.46-47; Şekil 4.48).

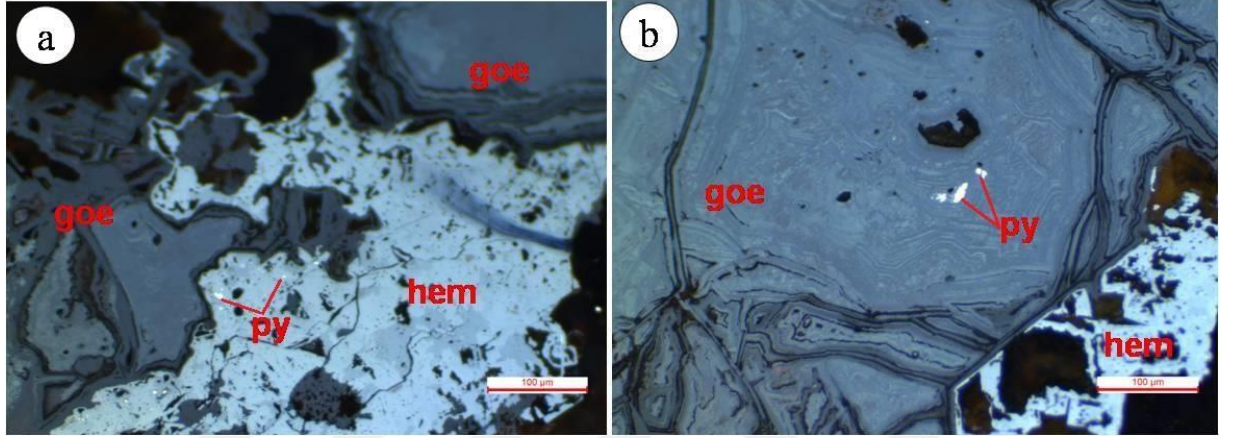


Şekil 4.46 : Çayırıldere florit cevherleşmesine ait A7 nolu örneğin XRD deseni. Örnek, florit, kalsit, kuvars ve pirit içermektedir.



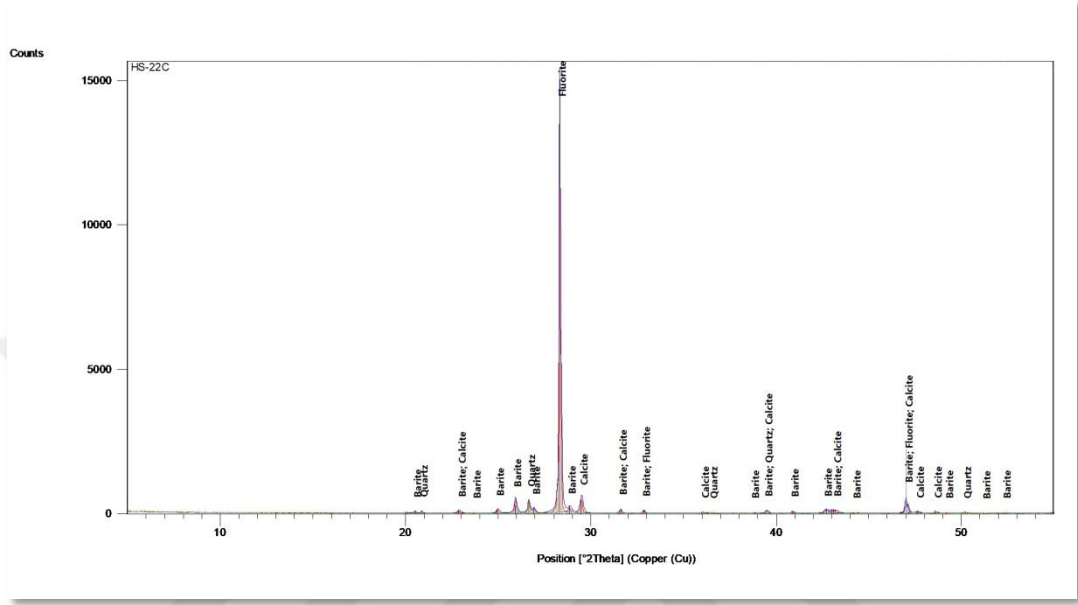
Şekil 4.47 : Çayırıldere florit cevherleşmesine ait A9 nolu örneğin XRD deseni. Örnek, florit, kalsit, kuvars ve pirit içermektedir.

Çayırh dere florit cevherleşmesine ait örneklerin cevher mikroskopisi incelemelerinde, en yaygın opak mineralin götit ve hematit olduğu gözlenmiştir (şekil 4.48). Bu minerallerin içerisinde sarımsı renkleri ile belirgin olan ve oksitlenmeden kısmen korunmuş pirit mineralleri tespit edilmiştir (şekil 4.48a-b). G titler, gri renkleri ve kolloform dokuları ile belirgindir (şekil 4.48a-b). Hematit mineralleri ise açık mavimsi gri rengiyle g titlerden ayırt edilebilmektedir (şekil 4.48a-b).

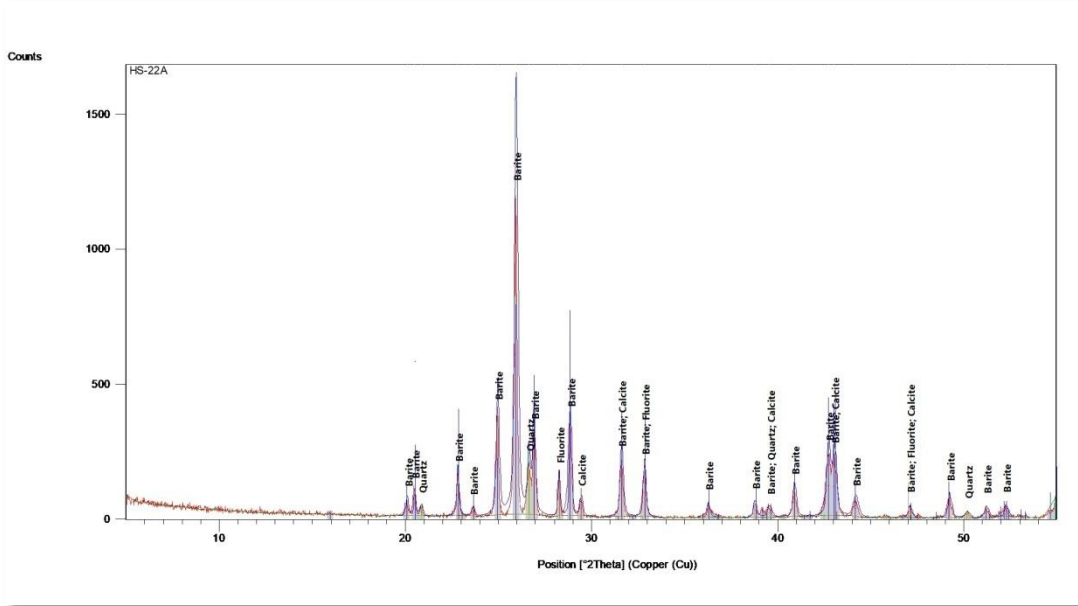


şekil4.48 : (a-b) Cevherde en yaygın opak mineraller hematit (hem) ve götit (goe) olup, bu mineraller oksitlenmeden kısmen korunmuş olan piritin (py) süperjen koşullardaki oksidasyonu sonucunda oluşmuştur.

İnceleme alanında florit ve barit mineralinin birlikte yaygın olarak gözlendiği Florit-Barit cevherleşmelerinden alınan A6, A16 ve A22 örneklerinin XRD desenlerinden, cevherin barit, florit, kalsit ve kuvars içerdiği gözlenmiştir (Şekil 4.49-50).

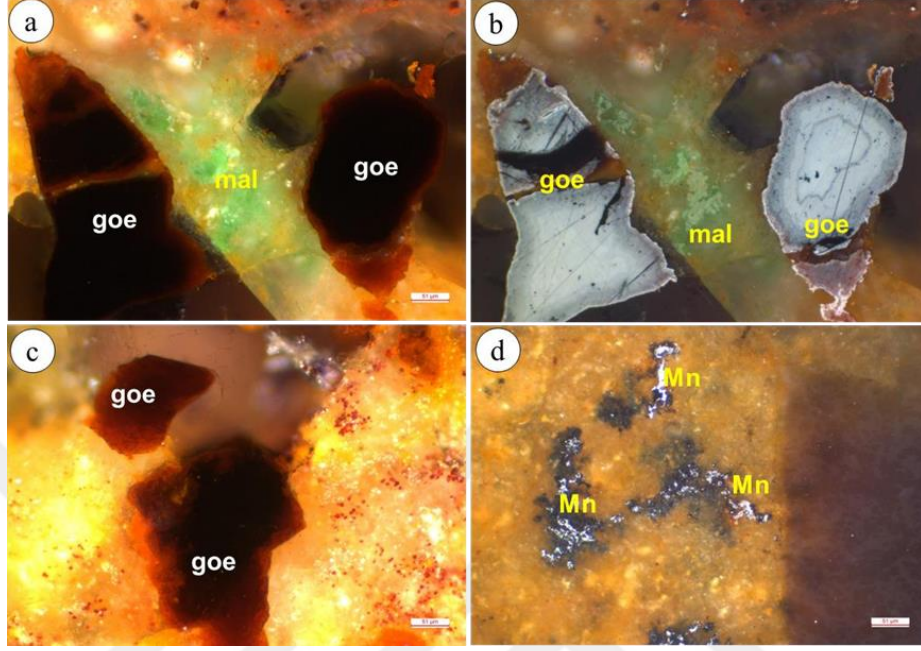


Şekil 4.49 : Florit-barit cevherleşmesine ait HS-22C örneğinin XRD deseni. Cevher florit, barit, kalsit ve az kuvars içermektedir.



Şekil 4.50 : Florit-barit cevherleşmesine ait HS-22A örneğinin XRD deseni. Cevher barit, florit, kalsit ve kuvars içermektedir.

Örneklerde yapılan parlak kesitlerde, florit-barit cevherleşmesinin yer yer limonit, götit, malakit ve pirolusit minerallerini içerdiği de tespit edilmiştir (Şekil 4.51).

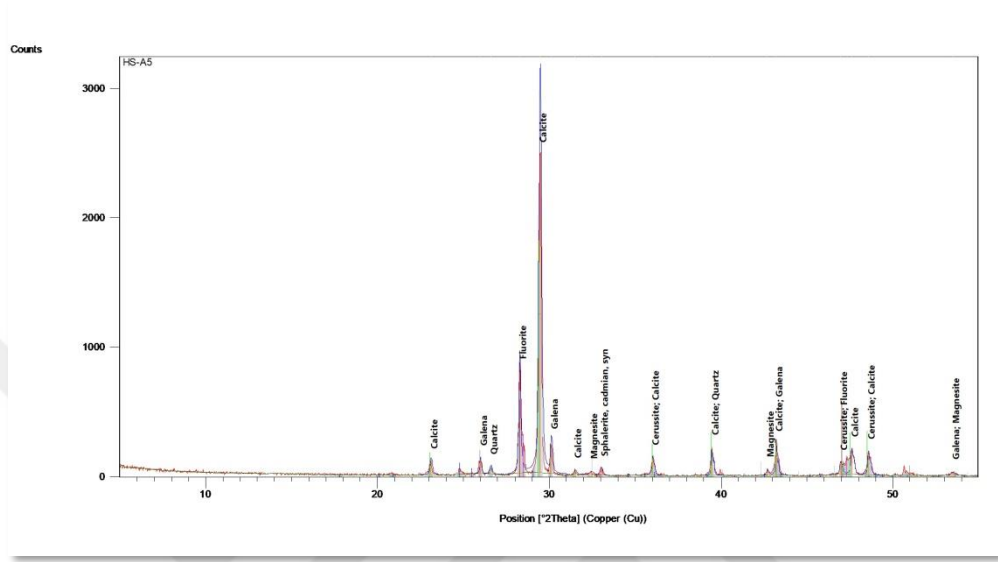


Şekil 4.51 : (a-c) sarı renkli limonitin hakim olduğu örnekte gri renkli ve kolloform dokulu götit (goe), yeşil renkli malakit (mal) ve (d) grimsi beyaz renkli pirolusit(Mn) mineralinin görünümü.

Limonitler sarı renkleri ile belirginken, götit mineralleri gri renkleri ve kolloform, iç içe konsantrik halka şeklindeki dokuları ile belirgindir (Şekil 4.51a-c). Yer yer yeşil renkleri ile belirgin olan malakit sıvamaları da gözlenmektedir (Şekil 4.51a-b). Cevher örneklerinde, eli boyayan koyu gri renkli minerallerin mikroskop incelemesinde, tek nikolde yüksel refleksiyon pleokrozması, çift nikolde ise kuvvetli anizotropi özelliği gösteren pirolusit (Mn) minerali olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.51d).

Çallıdere Pb-Zn-Ba-F cevherleşmesinde alınan örneklerin XRD desenleri ve cevher mikroskobisi çalışmalarında, cevherin pirit, sfalerit, galenit, florit, barit, kalsit minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir. Cevher zonunda alınan silisleşmiş cevher örneğinin (Numune no: A5) XRD deseninde yan kayaca ait kalsit ile birlikte cevher minerallerinden sfalerit, galenit, florit, serüsit ve kuvars minerallerinin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 4.52).

Opak minerallerin cevher mikroskobisi incelemelerinde cevher parajenez ve süksesyonu belirlenmiştir (Tablo 4.1). Buna göre, cevherleşmede ilk olarak pirit-I'in geliştiği, ardından sfalerit, galenit ve pirit-II'nin geliştiği gözlenmiştir.



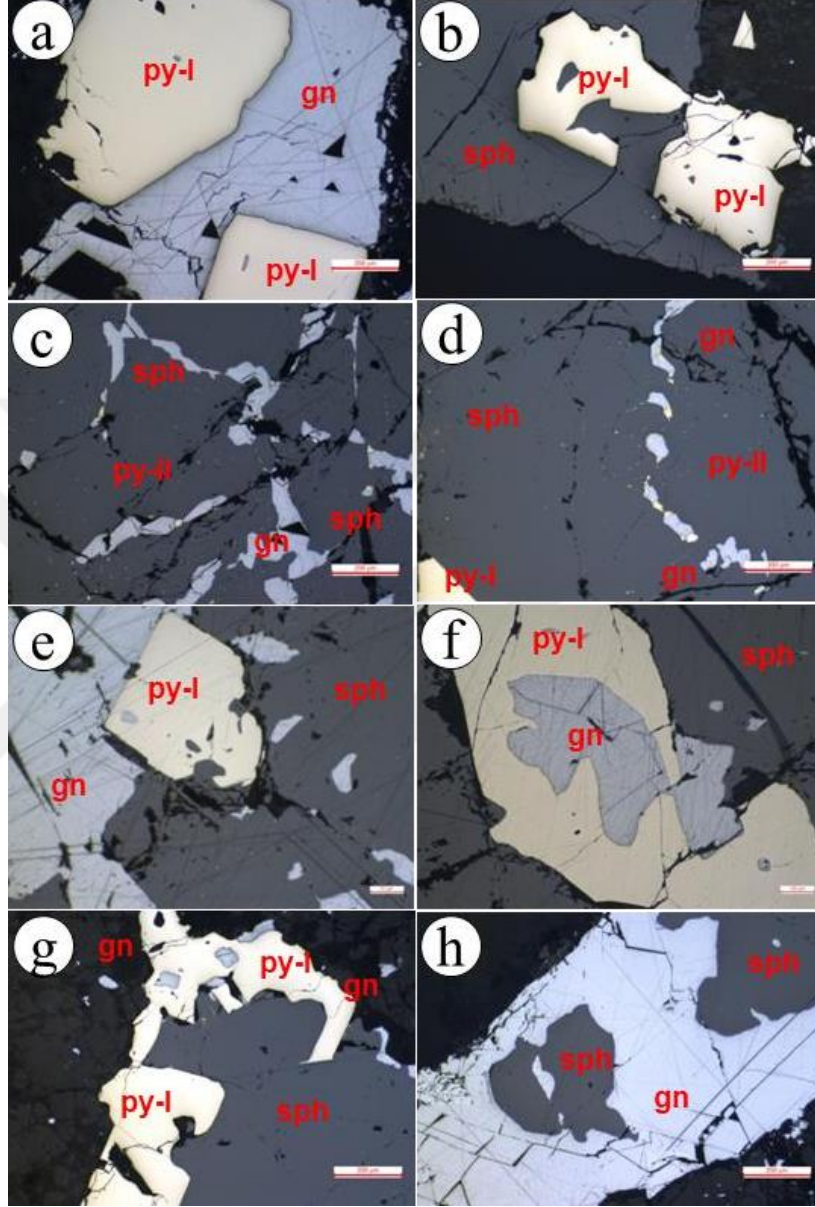
Şekil 4.52 : A5 örneğine ait XRD deseninde cevherin sfalerit, galenit, florit, serüzit ve az kuvars içerdiği görülmektedir.

Tablo 4. 1 : Çallıdere Pb-Zn-Ba-F cevherleşmesine mineral parajenezi ve süksesyonu

Mineral	Cev. öncesi	İlk Oluşum Evresi	Süperjen Evre
Pirit-I		■	
Sfalerit		■	
Galena		■	
Pirit-II		■	
Kalsit	■	■	■
Kuvars			■
Florit		■	
Barit		■	
Fe-oksitler			■
Serüzit			■

Pirit; iki farklı fazda pirit oluşumu tespit edilmiştir. **Pirit-I**, opak minerallerden ilk oluşandır. Açık sarı renkleri ve kısmen korunmuş idomorf şekilleri ve yüksek rölyefleri ile belirgindir (Şekil 4.53a,b, e, g.). Pirit-I, çoğunlukla kenarları ve mikro kırıklar boyunca sfalerit ve galen

tarafından replase edilmiştir (Şekil 4.53b ve f). **Pirit-II**, Pirit-I'e göre belirgin sarı renkli olup sfaleritlerin kırık ve çatlaklarında galen ile birlikte oluşmuştur (Şekil 4.53c ve d).



Şekil 4.53 : Çallıdere Pb-Zn-Ba-F cevherleşmesinin parajenezinde gözlenen opak mineraller. (a) galenit (gn) ve yüksek rölyefli ilk faz pirit (py-I), (b) sfalerit (sph) tarafından replase edilmiş ilk faz pirit (py-I); (c-d) sfaleritlerin (sph) çatlak ve kırıklarında gelişmiş ikinci faz pirit (py-II) ve galenit (gn) mineralleri; (e) ilk faz pirit (py-I) sfalerit (sph) ve galenit (gn) tarafından replase edilmiştir; (f) ilk faz piriti (py-I) replase eden galenit (gn) ve sfaleritin (sph) görünümü; (g) yüksek rölyefi ile belirgin ilk faz pirit (py-I), sfalerit (sph); (h) galenit (gn) tarafından replase edilen sfaleritin galen içinde ada şeklindeki görünümü.

Sfalerit, koyu grimi-kahverengi görünümü ve yer yer belirgin olan kıızıl iç yansıma rengi ile ayırt edilmektedir (Şekil 4.53b ve h). Çoğunlukla pirit-I'ı replase ederek gelişmiş olup bazı örneklerde (Şekil 4.53c ve d) sfalerit içerisinde çok küçük pirit kapanımlarının varlığı pirit-I ile eş zamanlı oluşmaya başlamış ancak pirit-I'den sonra da oluşumuna devam etmiş şeklinde değerlendirilmiştir (Tablo 4.1).

Galenit, açık gri-beyaz rengi ve parlatma üçgenleri ile belirgindir (Şekil 4.53a,c ve f, h). Çoğunlukla sfaleriti replase ederek gelişmiş olup, sfaleritin kırık ve çatlaklarında ikinci faz pirit (pirit-II) ile birlikte oluşmuştur (Şekil 4.53c ve d).

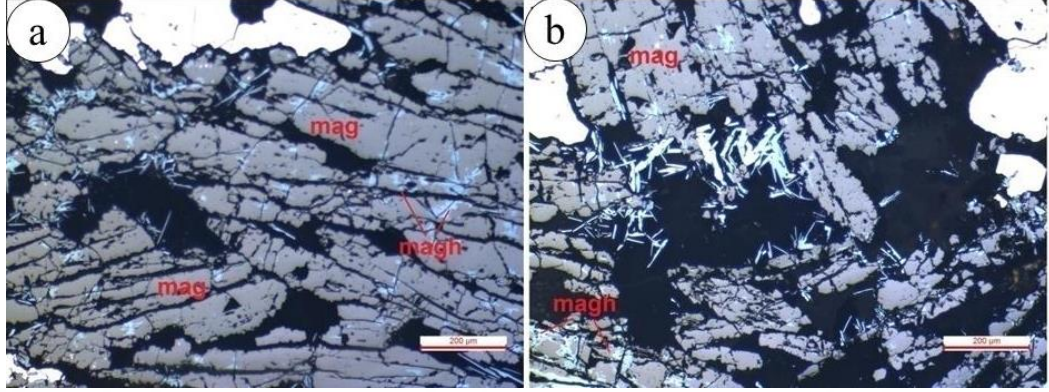
İnceleme alanının batısında, Çopurunaltı dere(Eski Galerî) mevkiî kuzeyinde mermerler ile siyenitlerin dokanağına yakın lokasyonda ve mermerlerin içerisinde, daha önceden açılmış ancak günümüzde kapanmış ve girilemeyen bir galerinin önündeki stok sahasından alınan A31 numunesinin (Şekil 4.54) cevher mineralojisi belirlenmiştir.



Şekil 4.54 : Eski Maden galerisinden stok sahasından alınan A31 numunesi.

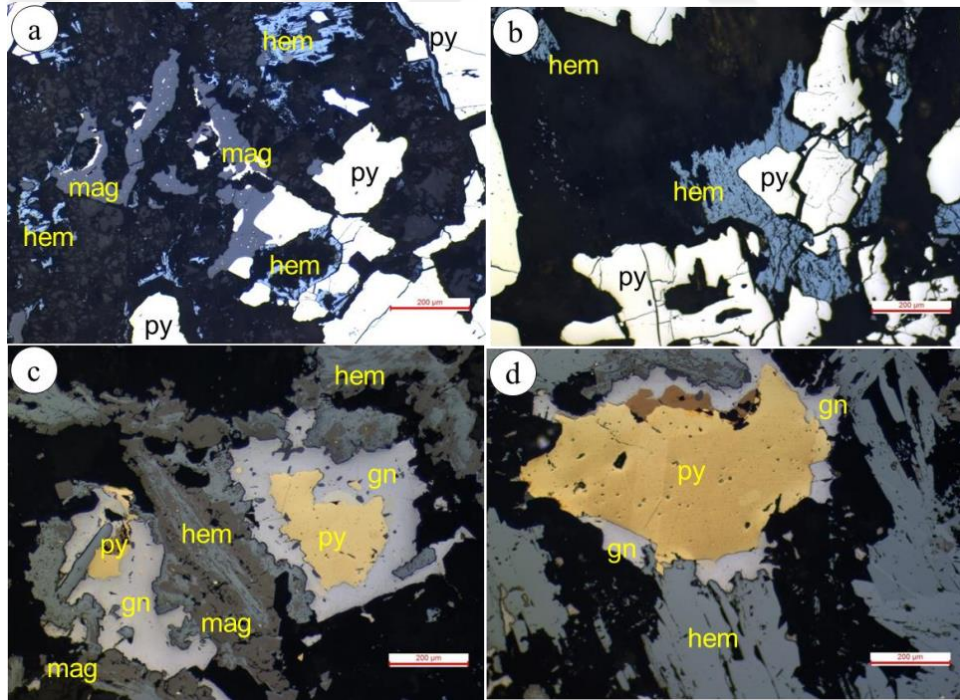
Örneğin, parlak kesitlerinin cevher mikroskobisi incelemelerinde, baskın olarak magnetit minerali ile birlikte maghemit (Şekil 4.55 a-b), pirit, galenit, sfalerit ve hematit (Şekil 4.55 a-d) tespit edilmiştir.

Bu mineral birlikteliği olasılıkla burada bir baz metaller (Pb-Zn) içeren bir demir cevherleşmesinin geliştiğine işaret etmektedir.



Şekil 4.55 :(a-b) Magnetit(mag) ve maghemit(magh) minerallerinin cevher mikroskobisi görünümleri.

Magnetitler, İğnemsî, çubuksu şekilli, sütlü kahve renkli ve izotropdur. Süperjen süreçlerde oksitlenme ile magnetitlerin (mag) kenar ve kırık-çatlakları boyunca mavimsi-beyaz renkli maghemit (magh) minerallerine dönüştüğü gözlenmiştir (Şekil 4.55 a-b).



Şekil 4.56 : (a-b) A31 nolu örnekte piriti (py) magnetit (mag) ve hematit (hem) minerallerinin görünümü; A31 nolu örnekte (d-c) magnetitin (mag) hematit (hem) tarafından ve piritlerin (py) ise galenit (gn) tarafından replasmanı görülmektedir.

Cevher örneğinde, yer yer piritlerin yaygın olarak gözleendiği ve magnetit tarafından replase edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.56a). Açık gri renkleri ile belirgin olan hematitler kısmen magnetitlerden dönüşmüş ancak, özellikle piritlerin etrafında daha yaygın olarak gelişmiştir. Bu durum hematitlerin yaygın olarak piritlerin oksidasyonu ile oluştuğunu göstermektedir (Şekil 4.56b ve c). Kesitte, tabuler hematitler de gözlenmiştir (Şekil 4.56d).

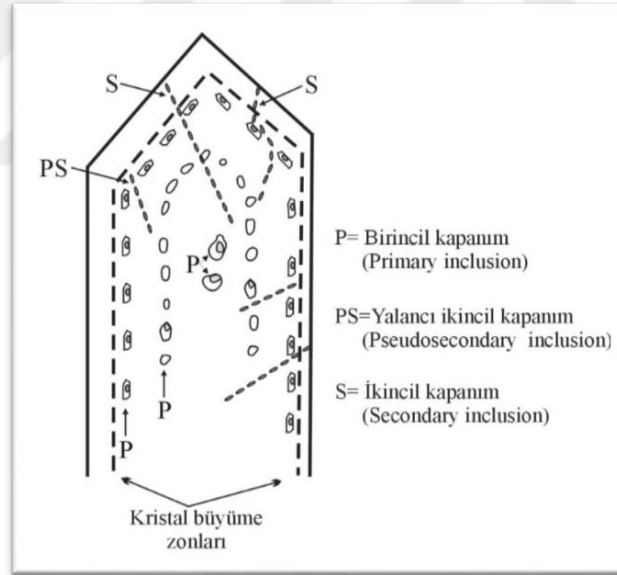


4.5. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Sıvı kapanımlar, kristallerin oluşumu sırasında veya mineralin kristallenmesinden sonra klivaj, dilinim ve mikro kırıklarında kapanlanmış (trapped) sıvı damlacıklarıdır. Sıvı kapanımların büyüklüğü, tek bir su molekülünde birkaç milimetre boyutuna kadar değişebilir. Ortalama boyutu ise 0,01 mm'dir (Roedder,1979).

Herhangi bir kristalde fazla sayıda sıvı kapanım olabilir. Sıvı kapanımlar kökenlerine göre; birincil (primary), ikincil (secondary) ve yalancı ikincil (pseudosecondary) olmak üzere üç farklı tipte tanımlanmaktadır (Şekil 4.57).

Birincil kapanımlar mineralin oluşumu sırasında, ikincil kapanımlar ise mineralin oluşumu sonrası mikro kırıklar veya kristalin büyüme zonlarının sonlandığı kısımlarda oluşmaktadır (Roedder, 1984; Shepherd ve diğ., 1985).



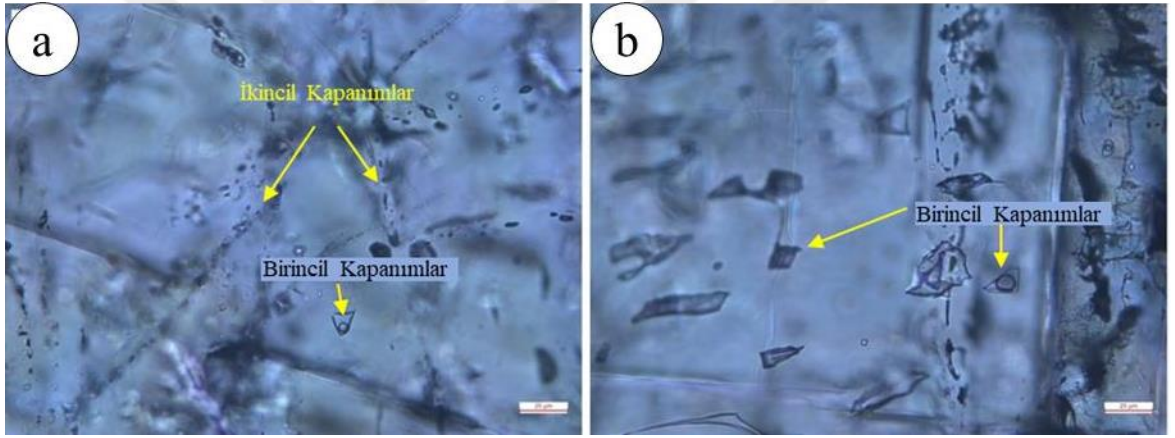
Şekil 4.57 : Kuvars kristali bünyesinde farklı sıvı kapanım türlerinin dağılımı (Shepherd ve diğ. (1985)' den alınmıştır).

İnceleme alanındaki Ba-F-Pb-Zn cevherleşmelerine ait barit, florit, kalsit ve kuvars minerallerinden sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Sıvı kapanım çalışmaları İÜC Maden Yatakları-Jeokimya ABD, Sıvı Kapanım Laboratuvarı ile İTÜ Maden Fakültesi Sıvı Kapanım Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

4.5.1. Sıvı Kapanım Tipolojisi ve Petrografisi

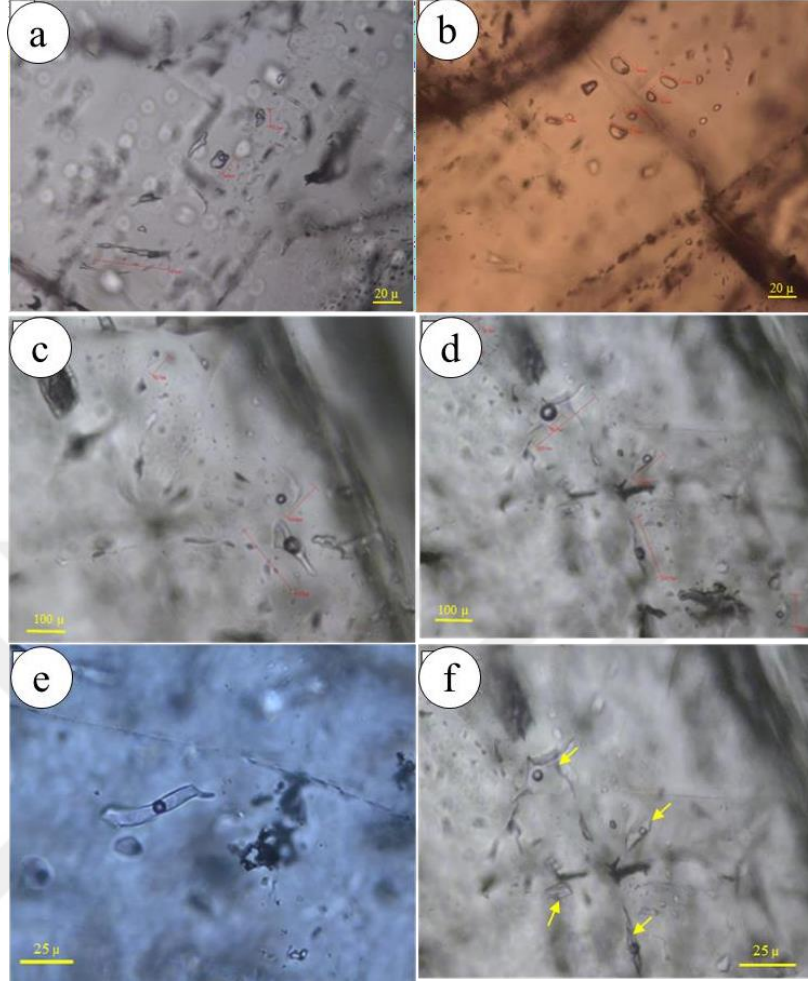
Cevher zonlarından derlenen örneklerdeki barit, florit, kalsit ve kuvars minerallerinde tespit edilen sıvı kapanımların petrografisi ve kökensel sınıflandırması Roedder (1984), Shepherd ve diğ., (1985) ve Van den Kerkhof ve Hein (2001) tarafından belirtilen kriterler göz önüne alınarak yapılmıştır (Şekil 4.58).

İncelenen örneklerde birincil ve ikincil kökenli kapanımlar tespit edilmiştir (Şekil 4.58) . Sıvı kapanımlar genel olarak sıvı ve gaz içeren iki fazlı kapanımlar (LV-tip) ve tek fazlı (gaz veya sıvı) kapanımlardan oluşmaktadır. Mikrotermometrik ölçümler kuvars, kalsit, barit ve florit minerallerinde kökensel açıdan birincil kapanım olarak tanımlanan LV-tip, sıvı kapanımlardan yapılmıştır.



Şekil 4.58 : Sıvı kapanım çalışmalarında gözlenen birincil ve ikincil kapanımların görünümü.

İncelenen örneklerdeki sıvı kapanımların boyutları, genel olarak 5-40 μ arasında değişmekle birlikte, nadiren de olsa 100 μ büyüklüğünde sıvı kapanımlar da gözlenmiştir. Kapanımlar kalsit ve baritlerde çoğunlukla mineral dilinimlerine paralel şekilde (Şekil 4.59a-b) ve/veya mineral içerisinde izole halde, kuvars ve florit mineralinde ise çoğunlukla izole halde gelişmiştir (Şekil 4.59c-e). Kapanım şekilleri oval-dikdörtgen (Şekil 4.59 a-b, e) ve düzensizdir (Şekil 4.59 d, f). LV-tipi kapanımlarda gaz fazı hacmi %5-25 arasında olup, sıvı faz kapanım hacminin en az %75'ini oluşturmaktadır. Isıtma işlemleri sonucunda ise LV-tip kapanımlar sıvı fazda homojenleşmiştir. Yapılan ölçümlerde homojenleşmeden önce çökme olayı (decrepitation) gerçekleşmemiştir.



Şekil 4.59 : Yukarıçulhalı Ba-F±(Pb-Zn) cevherleşmesine ait (a-b) barit, (c-d) kuvars, (e) florit ve (f) kalsit minerallerinden gözlenen birincil sıvı kapanımların görünümü.

4.5.2. LV- Tip Sıvı Kapanımlara ait Mikrotermometrik Ölçümler

Yukarıçulhalı F-Ba-Pb-Zn cevherleşme bölgesinde, Çayırıldere florit cevherinde alınan örneklerin mikrotermometrik verileri ve % NaCl eşdeğeri tuzlulukları (Tablo 4.2), Çallıdere F±Ba cevherinde alınan örneklerin mikrotermometrik verileri ve % NaCl eşdeğeri tuzlulukları (Tablo 4.3)’de verilmiştir. Çayırıldere florit cevherleşmesindeki kuvars mineralinde tespit edilen sıvı kapanımların son buz ergime sıcaklıkları (T_m -ice) -14.1 ile -0,1 °C arasında (Ort. - 6,6 °C; n=9), homojenleşme sıcaklıkları (T_h) 121 ile 266 °C arasında (Ort. 172.2 °C; n=9) ve tuzluluk değerleri %0.35 ile %17.87 NaCl eşdeğeri arasında (Ort. 8.7; n=9) değişmektedir (Tablo 4.3). Çayırıldere florit cevherleşmesindeki kalsit mineralinde tespit edilen sıvı kapanımların T_m -ice değerleri -10.1 ile -2.8 °C arasında (Ort. -8.1 °C; n=7), T_h değerleri 153

ile 305 °C arasında (Ort. 208.5 °C; n=7) ve tuzluluk değerleri %7.43 ile %15.82 NaCl eşdeğeri arasında (Ort. 11.9; n=7) değişmektedir (Tablo 4.5).

Tablo 4.2 : Çayırıldere florit cevherleşmesine (Eski Florit Ocağı) ait örneklerin mikrotermometrik özellikleri (Tm-ice: Son buz ergime sıcaklığı; Th: Homojenleşme sıcaklığı)

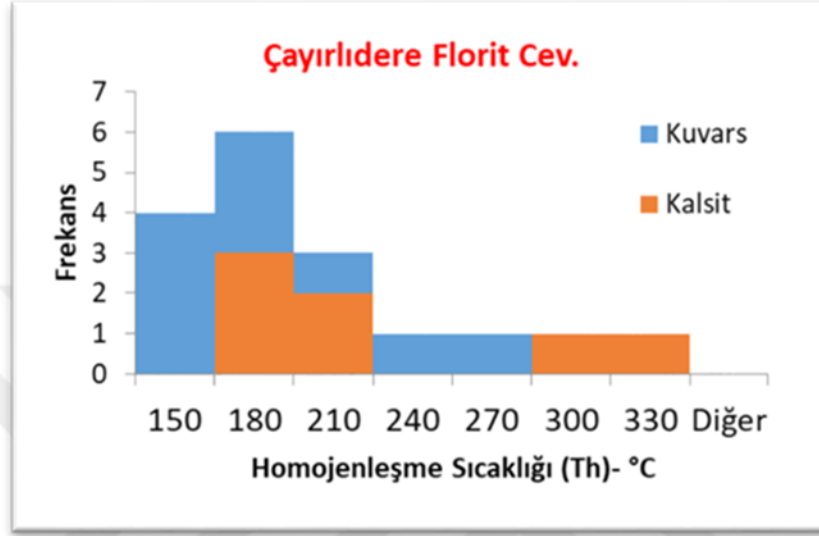
Örnek No	Mineral	Kapanım Tipi	Tm-ice °C	Th °C	% NaCl Tuzluluk
A7	Kuvars	LV	-12	147	15,96
A7	Kuvars	LV	-12,1	121	16,05
A7	Kuvars	LV	-11,8	134	15,76
A7	Kuvars	LV	-13,7	266	17,52
A7	Kuvars	LV	-0,3	151	0,53
A7	Kuvars	LV	-14,1	147	17,87
A7	Kuvars	LV	-0,1	166	0,18
A7	Kuvars	LV	-0,2	205	0,35
A7	Kuvars	LV	-0,3	151	0,53
A27	Kalsit	LV	-7,5	164	13,35
A4	Kuvars	LV	-1,4	234	2,41
A27	Kalsit	LV	-7,5	153	15,82
A27	Kalsit	LV	-2,8	160	12,39
A27	Kalsit	LV	-10,1	184	10,07
A27	Kalsit	LV	-10	294	11,45
A27	Kalsit	LV	-10	200	7,43
A27	Kalsit	LV	-8,9	305	12,63

Tablo 4. 3 : Çayırıldere florit cevherleşmesine(Eski Florit Ocağı) ait örneklerin mikrotermometrik ölçüm aralığı

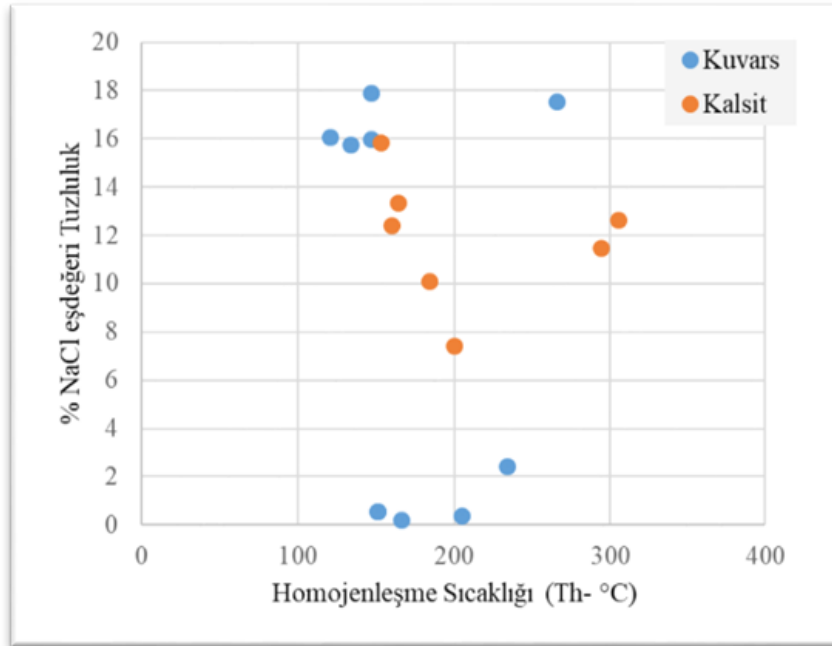
	Tm-ice Aralık	Ort. Tm-ice	Th Aralık	Ort. Th	%NaCl Aralık	Ort. % NaCl
Kuvars	-13,7 ile 0,1	-6,6 (n=10)	121 ile 266	172,2 (n=10)	0,35 ile 17,9	8,7 (n=9)
Kalsit	-10,1 ile -2,8	-8,1 (n=7)	153 ile 305	208,5 (n=7)	7,43 ile 15,8	11,9 (n=7)

Çayırıldere florit cevherleşmesine ait kalsit ve kuvarslarda elde edilen Th değerlerinin (n=17) 130 ile 210 °C arasında (n=14) yoğunlaştığı Th-frekans histogramından görülmektedir (Şekil 4.60). Homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk ilişkisi dikkate alındığında, özellikle kuvars

oluşumunun benzer sıcaklık aralığında ancak iki farklı tuzlulukta çözelti içerdiği görülmektedir (Şekil 4.61). Bu durum, başlangıçta nispeten yüksek tuzluluğa sahip çözeltinin daha az tuzluluğa sahip bir çözelti tarafından seyreltildiği şeklinde yorumlanabileceği gibi, daha düşük tuzluluktaki kapanımların kökensel olarak farklı olabileceği şeklinde de yorumlanabilir.



Şekil 4.60 : Çayırıldere florit cevherleşmesine ait kalsit ve kuvarsların Th-frekans histogramı.



Şekil 4.61 : Çayırıldere florit cevherleşmesinde kuvars ve kalsit minerallerine ait Th ve Tuzluluk değerlerinin grafiği.

Tablo 4.4 : Çallıdere Florit ± Barit cevherleşmesi, Zon-II'ye ait örneklerin mikrotermometrik özellikleri (Tm-ice: Son buz ergime sıcaklığı; Th: Homojenleşme sıcaklığı)

Örnek No	Mineral	Kapınım Tipi	Tm-ice °C	Th °C	% NaCl Tuzluluk
A16B	Kalsit	LV	-8,5	348	12,28
A16B	Kalsit	LV	-7,8	174	11,46
A16B	Kalsit	LV	-7,2	174	10,73
A16B	Kalsit	LV	-7,9	174	11,58
A16B	Kalsit	LV	-7,5	174	11,1
A16B	Kalsit	LV	-7,2	174	10,73
A16B	Kalsit	LV	-7,7	227	11,34
A16B	Kalsit	LV	-7,9	228	11,58
A16B	Kalsit	LV	-7,7	227	11,34
A16B	Kalsit	LV	-7,9	228	11,58
A16B	Kalsit	LV	-7,4	-	10,98
A16B	Kalsit	LV	-7,1	-	10,61
A16B	Kalsit	LV	-7,9	-	11,58
A16B	Kalsit	LV	-7,8	-	11,46
A6B2	Kuvars	LV	-1,3	173	2,24
A6B2	Kuvars	LV	-1,9	179	3,23
A22B	Barit	LV	-0,3	189	0,53
A22B	Barit	LV	-0,3	190	0,53
A22B	Barit	LV	-0,3	-	0,53
A22B	Barit	LV	-0,4	258	0,7
A22B	Barit	LV	-0,5	273	0,88
A22B	Barit	LV	-0,8	276	1,4
A22B	Barit	LV	-0,4	-	0,7
A22B	Barit	LV	-0,7	329	1,22
A22B	Barit	LV	-0,7	262	1,22
A22B	Barit	LV	-0,8	225	1,4
A22B	Barit	LV	-1,3	120	2,24
A22B	Barit	LV	-10	-	14,04
A22B	Barit	LV	-14	186	17,43
A22B	Barit	LV	-9,4	-	13,29
A22B	Barit	LV	-9,7	186	13,62
A22B	Barit	LV	-9,2	186	13,07
A22B	Barit	LV	-9,5	187	13,4
6B2-3	Florit	LV	-5,1	164	8
6B2-3	Florit	LV	-5,2	164	8,14

Örne k No	Mineral	Kapınım Tipi	Tm-ice °C	Th °C	%NaCl Tuzlulu k
6B2-3	Florit	LV	-1,3	159	2,24
6B2-3	Florit	LV	-1,1	158	1,91
6B2-3	Florit	LV	-1,1	158	1,91
6B2-3	Florit	LV	-1,2	158	2,07
6B2-3	Florit	LV	-1,1	158	1,91
6B2-3	Florit	LV	-1,4	159	2,41
6B2-3	Florit	LV	-1,3	159	2,24
6B2-3	Florit	LV	-0,9	158	1,57
6B2-3	Florit	LV	-1	158	1,74
6B2-3	Florit	LV	-1	158	1,74
6B2-3	Florit	LV	-1	158	1,74
6B2-3	Florit	LV	-0,9	158	1,57
6B2-3	Florit	LV	-1,2	158	2,07
6B2-3	Florit	LV	-0,9	157	1,57
6B2-5	Florit	LV	-0,5	180	0,88
6B2-5	Florit	LV	-0,4	180	0,7
6B2-5	Florit	LV	-0,6	181	1,05
6B2-5	Florit	LV	-0,6	181	1,05
6B2-5	Florit	LV	-0,5	180	0,88
6B2-5	Florit	LV	-0,5	180	0,88
6B2-5	Florit	LV	-16,6	361	19,92
6B2-5	Florit	LV	-14,2	325	17,96
6B2-5	Florit	LV	-11,2	361	15,17
6B2-5	Florit	LV	-11	360	14,97
6B2-5	Florit	LV	-4,5	360	7,17
6B2-5	Florit	LV	-4,3	-	6,88
6B2-5	Florit	LV	-8,9	-	12,73
6B2-5	Florit	LV	-4	-	6,45
6B2-5	Florit	LV	-4,4	-	7,02
6B2-5	Florit	LV	-4,3	-	6,88
6B2-5	Florit	LV	-4,1	-	6,59
6B2-5	Florit	LV	-4,1	-	6,59
6B2-5	Florit	LV	-4,3	-	6,88
6B2-5	Florit	LV	-4,1	228	6,59
6B2-5	Florit	LV	-4,4	161	7,02

Tablo 4.4 (devam)

6B2-3	Florit	LV	-4	-	6,45	6B2-5	Florit	LV	-5,8	160	8,95
6B2-3	Florit	LV	-3,9	-	6,3						
6B2-3	Florit	LV	-4	-	6,45						
6B2-3	Florit	LV	-15	114	18,63						
A22A	Florit	LV	-9,2	232	13,07						
A22A	Florit	LV	-9,7	237	13,62						

Tablo 4.5 : Çallıdere Florit ± Barit cevherleşmesi,Zon-II'ye ait örneklerin Mikrotermometrik ölçüm aralığı

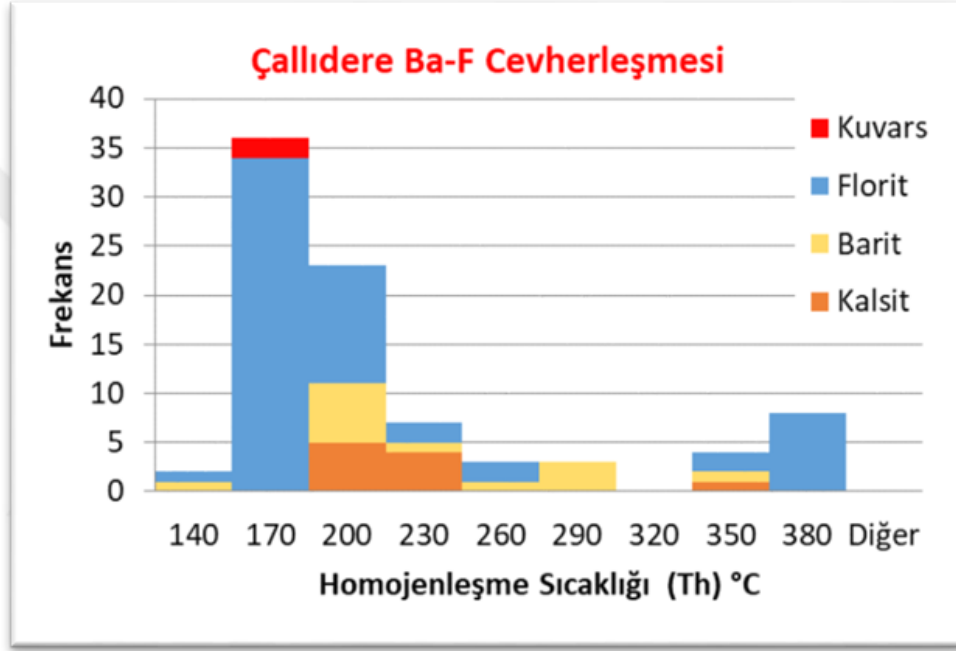
Cevh.	Mineral	Tm-ice Aralık	Ort. Tm-ice	Th Aralık	Ort. Th	%NaCl Aralık	Ort. % NaCl
Çayırlıdere	Kuvars	-13,7 ile 0,1	-6,6 (n=10)	121 ile 266	172,2 (n=10)	0,35 ile 17,9	8,7 (n=9)
	Kalsit	-10,1 ile -2,8	-8,1 (n=7)	153 ile 305	208,5 (n=7)	7,43 ile 15,8	11,9 (n=7)
Çallıdere	Kalsit	-8,5 ile -7,1	-7,68 (n=14)	174 ile 348	213 (n=10)	10,6 ile 12,3	11,3 (n=14)
	Kuvars	-1,9 ve -1,3	-1,6 (n=2)	173 ve 179	176 (n=2)	2,2 ve 3,2	2,7 (n=2)
	Barit	-13,6 ile -0,1	-4 (n=17)	120 ile 329	221 (n=13)	0,5 ile 17,5	5,7 (n=17)
	Florit	-16,6 ile -0,4	-3,9 (n=80)	114 ile 361	199 (n=61)	0,7 ile 19,9	5,75 (n=50)

Çallıdere Ba-F cevherleşmesine ait minerallerden tespit edilen sıvı kapanımların son buz ergime sıcaklığı (Tm-ice), homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri sırasıyla;

- Kalsitte -8.5 ile -7,1 °C arasında (Ort. -7.68 °C; n=14) Tm-ice, 174 ile 348 °C arasında (Ort. 213 °C; n=10) Th ve %10.6 ile %12.3 arasında (Ort. 11.3; n=14) NaCl eşdeğeri tuzluluk;
- Kuvarsda -1.9 ve -1,3 °C (Ort. -1.8 °C; n=2) Tm-ice, 173 ve 179 °C arasında (Ort. 176 °C; n=2) Th ve %2.2 ve %3.2 (Ort. 2.7; n=2) NaCl eşdeğeri tuzluluk;
- Baritte -13.6 ile -0,1 °C arasında (Ort. -4 °C; n=17) Tm-ice, 120 ile 329 °C arasında (Ort. 221 °C; n=13) Th ve %0.5 ile %17.5 arasında (Ort. 5.7; n=17) NaCl eşdeğeri tuzluluk;

- Floritte -16.6 ile -0,4 °C arasında (Ort. -3.9 °C; n=80) Tm-ice, 114 ile 361 °C arasında (Ort. 199 °C; n=61) Th ve %0.7 ile %19.9 arasında (Ort. 5.75; n=50) NaCl eşdeğeri tuzluluk tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

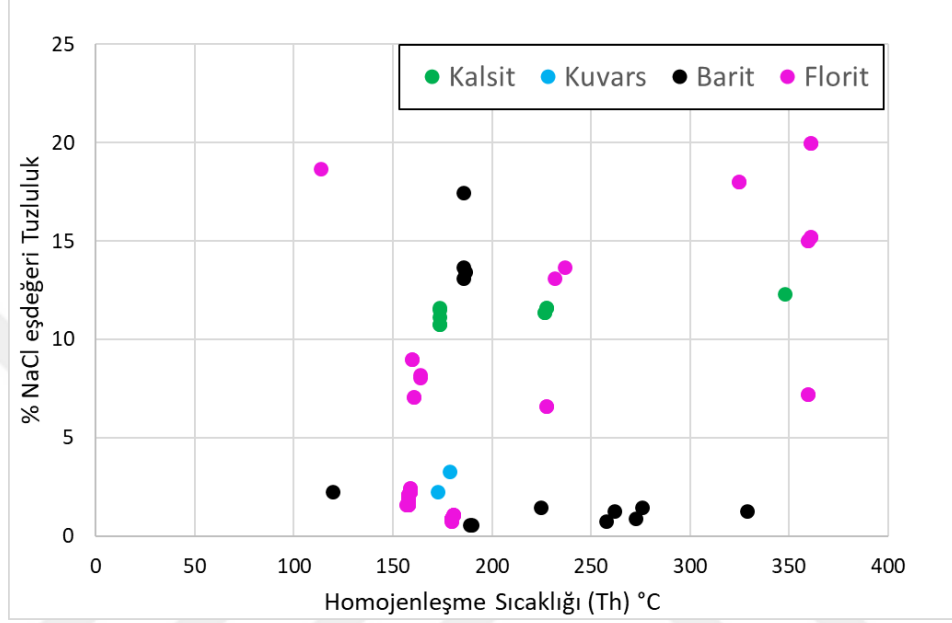
Çallıdere Ba-F cevherleşmesinde, parajenizdeki kalsit, florit, barit ve kuvars minerallerinde tespit edilen sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının (Th) 140-200 °C (n=56) arasında yoğunlaştığı görülmekte (Şekil 4.62) olup, bu durum cevherleşmenin bu sıcaklık aralığında oluştuğuna işaret etmektedir.



Şekil 4.62 : Çallıdere Ba-F cevherleşmesine ait kalsit,kuvars,barit ve floritlerin Th-frekans histogramı.

Çallıdere Ba-F cevherleşmesine ait mikrotermometrik verilerden Th'ya karşılık %NaCl eşdeğeri tuzluluk ilişkisi dikkate alındığında, genel olarak verilerin geniş bir aralıkta saçıldığı görülmektedir (Şekil 4.63). Mineral bazında incelendiğinde ise, cevherleşmede nispeten daha yüksek sıcaklık ve tuzlulukta florit mineralinin geliştiği, buna karşın baritlerin floritlere yakın Th değerlerinde ancak daha düşük tuzlulukta çözeltiyle oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.63).

Bu durum, cevherleşmenin başlangıcında nispeten yüksek sıcaklık ve tuzluluğa sahip olası magmatik kökenli bir çözeltinin etkin olduğunu ve zaman içerisinde hem soğuma hem de daha az tuzluluğa sahip, olasılıkla meteorik kökenli çözeltilerin sisteme dahil olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 4.63 : Çallıdere Ba-F cevherleşmesine ait Th-%NaCl eşdeğeri Tuzluluk ilişkisini gösterir grafik

4.6. KÜKÜRT İZOTOPU ÇALIŞMALARI

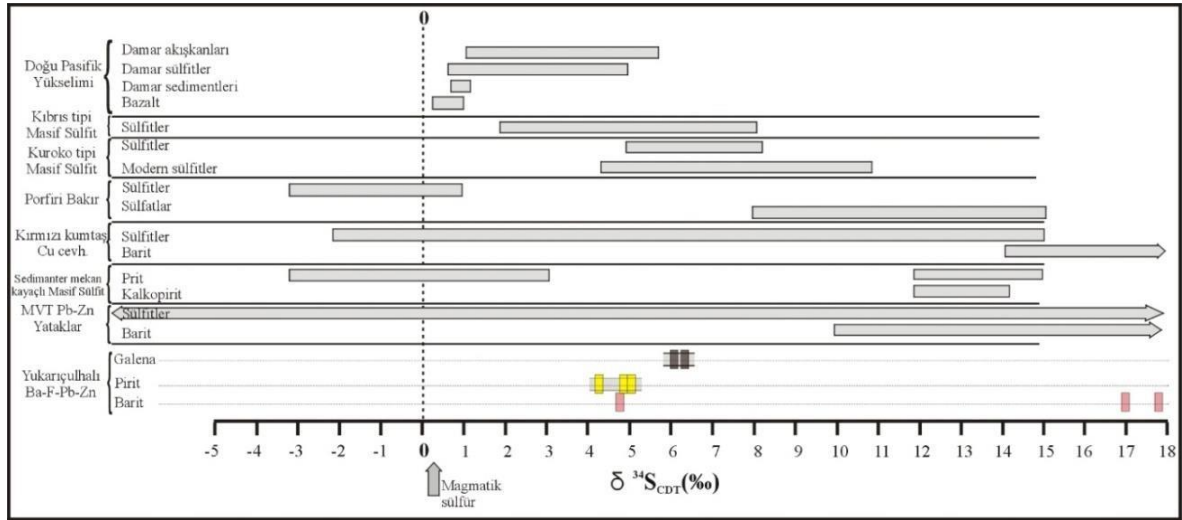
Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesindeki farklı damarlarda kükürt içeren barit, sfalerit, galena vve pirit mineralleri bulunmaktadır. Bu minerallerdeki kükürtün kaynağını anlayabilmek için duraylı kükürt izotopu analizleri yapılmış olup analiz sonuçları (Tablo 4.6)'da verilmiştir. İncelenen pirit ve galenit örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ 4.3 ile ‰ 6.4 arasında dar bir aralık sunarken, barit minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinden birtanesi pirit ve galenit değerlerine benzer şekilde ‰ 4.8 iken iki barit minerali ise ‰ 17.8 ile ‰ 17 $\delta^{34}\text{S}$ değerleri sunmaktadır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 : Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesine ait barit, pirit, galenit örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri.

Örnek No	Cevher Damarı	Örnek tanımlaması	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)	Ortalama $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰)
D4	Çallıdere Ba±F (Zon 3)	barit	4,77	
"	"	"	4,79	4,78
A6a	Çallıdere Ba±F (Zon 2)	barit + az florit	17,81	
"	"	"	17,78	17,8
A6b	Çallıdere Ba±F (Zon 2)	barit + az florit	16,99	
A5	Çallıdere batısı	galenit >>sfalerit	6,02	
A22B	Çallıdere Pb-Zn-F-Ba	galenit +az sfalerit	6,4	
"	"	"	6,27	6,33
A31	Çopurunaltıdere(Eski Galeri)	Pirit	4,84	
A32B	"	Pirit	4,32	
A33	"	Pirit	5,05	

Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesine ait sülfürlü minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin dünyadaki farklı maden yatağı tiplerine ait $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ile karşılaştırıldığında (Şekil 4.64) pirit ve galenite ait değerlerin magmatik kökenli kükürt değerlerine yakın olduğu görülmektedir (Şekil 4.64). Bu durum, cevherleşmenin bölgede etkin olan alkali magmatitler ile ilişkili olduğu dikkate alındığında, kükürtün magmatik kaynaklı olabileceğine işaret etmektedir. Barit mineralinde hem pirit ve galenite yakın, hem de bunlara göre daha ağır $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin varlığı, çözeltideki kükürt izotop fraksiyonlaşmasının yüksek olduğuna ve bunun

da olasılıkla çözeltinin oksijen basıncındaki değişime bağlı geliştiği düşünülmektedir (Hutchison ve diğ., 2020).



Şekil 4.64 :Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesine ait sülfürlü minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin dünyadaki farklı maden yatağı tiplerine ait $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ile karşılaştırması.

Ancak yine de kükürtün çözeltiye karasal kökenli bir kaynaktan da aktarılmış olacağı, yani kısmen magmatik kaynakla birlikte karasal kökenli kükürtün de olabileceği değerlendirilmiştir. İzotopik denge koşullarında pirit ve galenit minerali arasındaki kükürt izotop fraksiyonlaşmasında daima galenite göre pirit ağır izotopça zenginleşmektedir (Hoefs, 2009). Ancak, incelenen örneklerden galenit mineralinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri pirit mineraline göre daha ağır izotoplara sahiptir (Şekil 4.64). Bu da galenit ve piritin aynı anda dengede oluşmadığına işaret etmektedir. Cevher parajenezinde galenanın piritten sonra oluşması, çözeltide denge durumunda aynı anda kristallenmediklerini desteklemektedir.

4.7. JEOKİMYA ÇALIŞMALARI

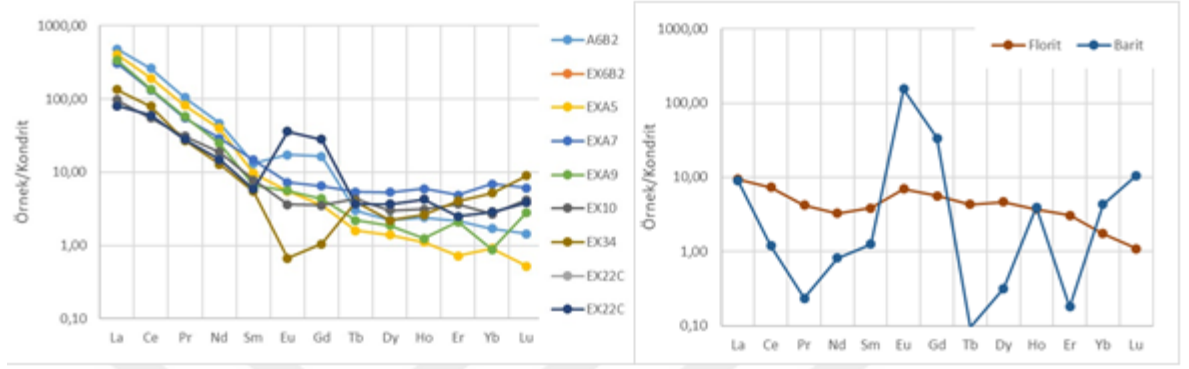
Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesinde 4 adet bulk cevher örneği Çallıdere F-Ba cevher zonundan (EK-3; Örnek No: A5, A6B2, 6B2 ve A22C), 2 adet örnek Çayırıldere F cevher zonundan (EK-3; Örnek No: A7 ve A9), birer adet florit ve barit mineral örnekleri ile 2 adet siyenit yan kayaç örneği (EK-3; Örnek No: A10 ve A34) olmak üzere toplam 10 adet örneğin jeokimyasal analizi yapılmıştır (Tablo 4.7).

Yapılan analizlerde, yakın geçmişte florit cevherinin işletildiği Çayırıldere florit cevher zonuna ait iki adet örneğin sırasıyla %16.4 ve %4.6 CaF_2 içerdikleri tespit edilmiştir (Tablo 4.7). Bu örneklerin ortalama % 57 CaO içerikleri cevherleşmenin karbonatlı bir kaya ortamında geliştiğini göstermektedir. Sahada gözlemleri ve XRD çalışmalarında, bu zondaki florit cevherleşmelerinin karbonatlı kayaçları replase ederek oluştukları belirlenmiştir. Örneklerin ortalama % 0.75 MgO içerikleri dikkate alındığında olasılıkla bu karbonatlı kayacın tamamen kalsitten oluşan kireçtaşı olduğu değerlendirilmiştir. Yine bu örneklerin ortalama %4.21 SiO_2 içermeleri hidrotermal çözeltilerin yan kayada silisleşmeye neden olduğuna ve kuvars oluşumuna işaret etmektedir. Ortalama %3,22 Fe_2O_3 içeriği çok yüksek olmamakla birlikte çözeltilerin yan kayaçta demiroksit alterasyonuna neden olduğu değerlendirilebilir.

Çayırıldere florit cevher zonuna ait iki örneğin toplam NTE+Y değeri ortalama 248.2 ppm'dir (Tablo 4.7). NTE'lerin kondrite normalize desenleri incelendiğinde her iki örneğin de birbirine paralel desene sahip ve yakın değerlerde olduğu, genel olarak HNTE'lerden ANTE'lere doğru azaldığı görülmektedir. Örneklerin ANTE'lerinin kondrite göre 10 ile 600 kat arasında değişen oranlarda zenginleştiğini, ANTE'lerin ise yatay bir desen göstererek kondrite göre 1 ile 10 kat arasında zenginleştiklerini göstermektedir (Şekil 4.65a).

Çallıdere F-Ba cevher zonuna ait örneklerin ortalama %23.96 CaF_2 ve %4.5 BaO içerdikleri tespit edilmiştir (Tablo 4.7). CaO değerlerinin yüksek ve ortalama %53.75 olduğu tespit edilmiş olup cevherleşmede önemli miktarda kalsitin varlığını göstermektedir. Cevher parajenezinde de kalsitin tespit edilmesi ile bu verinin uyumlu olduğu görülmektedir. Çallıdere F-Ba cevher zonuna ait örneklerin iz element içerikleri incelendiğinde, ortalama 822 ppm Cu ile ortalama 139 ppm Zn'nin diğer iz elementlere göre oldukça yüksek oldukları dikkat çekmektedir. Saha gözlemlerinde ve XRD çalışmalarında bu cevher zonunda yer yer malahit ve sfaleritlerin varlığı belirlenmiş olup bu veriler ile uyumluluk göstermektedir.

Bu cevher zonuun toplam NTE+Y içeriği ortalama 241.57 ppm'dir (Tablo 4.7). NTE'lerin kondrite normalize edilmiş desenlerinden genel olarak HNTE'lerin kondrite göre 10 ile 600 kat arasında değişen oranlarda zenginleştiğini, ANTE'lerin ise yatay bir desen göstererek kondrite göre 1 ile 10 kat arasında zenginleştiklerini göstermektedir (Şekli 4.65a).



Şekil 4.65 a ve b : Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşme bölgesindeki NTE'nin kondrite normalize örümcek diyagramlarının görüntüsü

Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesindeki Çallıdere F ve Çayırıldere Ba-F cevher zonlarına ait örneklerin kondrite normalize NTE desenleri birbirine paralel olup her iki cevher zonuna ait örneklerin toplam NTE+Y değerleri de 241 ppm ve 248 ppm ile aynıdır.

İnceleme alanında alınan örneklerden binökülerde florit ve barit mineralleri seçilerek mümkün olduğunca saf hale getirilerek kimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo 4.7). Yapılan analizlerde toplam NTE+Y değerinin barit örneğinde 72.6 ppm floritte ise 45.19 ppm olduğu belirlenmiş olup Çayırıldere ve Çallıdere bulk cevher örneklerine göre oldukça düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.7).

Bu örneklerin kondrite normalize desenleri incelendiğinde floritin yaklaşık paralel bir desen sergilediği ancak baritin zigzag desen sergilediği gözükmeaktadır (Şekil 65b). Barit örneğinin özellikle Eu açısından çok yüksek pozitif anomali vermesi barit oluşumu sırasındaki çözeltilerin oksidasyon potansiyelinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca zigzag şeklindeki desen yapısı da barit oluşumu sırasındaki oksidasyon potansiyelinin değişkenliğine işaret etmektedir (Ako ve diğ., 2018; Neal and Taylor, 1989).

Tablo 4.7: Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesine ait Jeokimya Analiz Sonuçları

	BARİT	FLORİT	Çallıdere F-Ba cevherleşmesi (Bulk cevher örnekleri)				Çayırıldere F cevherleşme (Bulk cevher örn.)		Siyenit (Yan Kayaç)	
			A5	A6B2	6B2	A22C	A7	A9	A10	A34
SiO ₂	4,37	0,64	5,43	5,87	15,02	15,16	5,73	2,69	42,51	75,69
Al ₂ O ₃	0	0,01	0,37	1,24	0,85	0,19	0,24	0,34	1	0,37
Fe ₂ O ₃	0	0	2,04	0,88	0,42	0	2,99	3,46	0	0
TiO ₂	0	0	0	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13
MgO	0	0,01	0,12	0,15	0,11	0,05	0,09	0,26	0,14	0,36
MnO	0,01	0,02	0,66	0,61	0,12	0,22	0,52	0,51	0,62	0,01
CaO	0,57	76,05	56,53	65,17	44,06	49,25	57,58	56,63	30,4	0,17
Na ₂ O	0	0	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	1,44
P ₂ O ₅	0	0,01	0,24	0,55	0,15	0,01	0,05	0,13	0,07	0,04
BaO	87,65	0	0	3,57	9,95	16,67	0	0	0	0
K ₂ O	0	0,01	0,04	0,52	0,44	0,09	0,12	0,19	0,02	4,92
LOI	1,14	0,75	25,1	20,52	10,11	7,53	29,31	31,96	16,86	3,63
Sum	93,74	77,5	90,54	99,13	81,28	89,18	96,64	96,18	91,63	86,76
CaF ₂	0	-	5,08	36,57	54,21	0	16,41	4,6	0	0
Zn	350,07	14,26	39,5	208,09	138,42	169,73	49,11	46,38	13,62	12,7
Pb	0	0	39,5	0,1	0,31	0	0,1	0,1	0	0
Mn	0	0	6,9	5,6	1,9	0	4,7	5,4	0	0
Be	0,8	0,44	0,94	2,2	1,55	3,27	0,46	0,33	8,18	3,43
V	0,15	0,11	0,19	22,06	34,93	5,31	0,16	0,16	20,65	9,4
Cr	1,59	1,12	2,38	3,51	23,98	4,14	2,27	1,77	4,93	10,01
Co	0,15	0,56	43,28	6,53	28,04	1,61	14,14	21	1,3	0,35
Ni	5,17	13,15	16,19	8,63	7,27	1,84	0,71	2,5	1,24	3,05
Cu	243,24	18,93	111,86	1169,9	1802,08	206,72	43,2	52,06	5,12	0,61
As	0,23	0,18	5,37	13,62	26,64	1,07	0,49	0,29	1,15	1,4
Sr	0	132,76	310,69	1819,13	3648,28	0	219,95	382,3	171,97	26,93
Mo	0,89	0,97	40,61	13,01	34,77	6,46	81,37	20,42	5,32	1,04
Sb	0,04	0,02	1,39	0,25	0,59	2,23	0,34	0,03	1,47	0,28
Ta	82,74	0,64	0,06	9,87	24,03	35,62	0,1	0,1	0,13	0,97
W	7,97	0,52	15,26	10,72	13,02	8,78	21,42	11,88	67,24	11,11
Th	0,01	0,01	6,14	14,17	3,35	0,59	3,19	1,8	3,7	66,16
V	0,15	0,11	0,19	22,06	34,93	5,31	0,16	0,16	20,65	9,4
La	2,794	2,929	125,851	150,314	21,301	25,071	95,268	106,143	30,097	41,675
Ce	0,96	5,895	155,452	211,81	39,453	48,265	107,529	109,399	44,295	64,333
Pr	0,029	0,514	10,042	12,786	2,515	3,448	6,749	7,06	3,794	3,306
Nd	0,491	1,956	23,761	27,993	6,795	8,956	17,467	14,963	11,3876	7,727
Sm	0,243	0,753	1,877	2,566	0,808	1,151	2,888	1,301	1,518	1,067
Eu	11,421	0,512	0,409	1,278	1,831	2,658	0,531	0,413	0,266	0,099
Gd	8,781	1,465	0,927	4,256	5,28	7,311	1,687	1,136	0,921	0,544

Tablo 4.7 (devam)

Tb	0,009	0,204	0,075	0,143	0,115	0,174	0,257	0,105	0,204	0,185
Dy	0,103	1,496	0,449	0,723	0,675	1,175	1,711	0,606	0,971	0,713
Ho	0,283	0,266	0,08	0,173	0,186	0,304	0,427	0,09	0,224	0,188
Er	0,075	0,641	0,152	0,461	0,287	0,525	1,03	0,438	0,77	0,857
Tm	0,011	0,063	0,031	0,04	0,036	0,064	0,249	0,052	0,045	0,121
Yb	0,901	0,365	0,192	0,356	0,404	0,599	1,449	0,185	0,564	1,085
Lu	0,34	0,035	0,017	0,046	0,074	0,124	0,196	0,092	0,136	0,288
Y	45,72	28,1	3,08	10,43	16,41	24,43	12,04	4,94	6,03	6,07
NTE	72,161	45,194	322,392	423,482	96,17	124,255	249,485	246,917	101,226	128,258

Jeokimyasal verilerin pearson korelasyon matrisi yapılarak elementlerin birbiriyle ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır (Tablo 4.8). Korelasyon matrisine göre NTE'lerden Eu'nun Ba ile çok yüksek pozitif korelasyon gösterdiği görülmekte olup, bu durum Baritin NTE desenleri ile uyumlu olup Eu'nun baritin bünyesinde zenginleştiğine işaret etmektedir. Yine HNTE'lerin (La-Sm) özellikle MnO ve P₂O₅ ile yüksek pozitif korelasyon, Fe₂O₃ ile orta pozitif korelasyon göstermesi HNTE'lerin manganoksit, fosfat ve demiroksitlerin bünyesinde zenginleştiğini göstermektedir.

Tablo 4.8 : Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşme sahasından derlenen bazı anaoksit, iz element ve NTE'lerin korelasyon katsayıları

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	MgO	MnO	CaO	Na2O	P2O5	BaO	K2O	LOI	CaF2	Zn	Pb	Cu	Ta	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
SiO2	1																																
Al2O3	0.19	1																															
Fe2O3	-0.41	-0.08	1																														
TiO2	0.82	0.22	-0.26	1																													
MgO	0.67	0.28	0.24	0.78	1																												
MnO	-0.22	0.51	0.59	-0.3	0.14	1																											
CaO	-0.65	0.11	0.42	-0.5	-0.3	0.43	1																										
Na2O	0.83	-0.06	-0.25	0.8	0.73	-0.40	-0.6	1																									
P2O5	-0.22	0.72	0.20	0.07	0.17	0.56	0.18	-0.17	1																								
BaO	-0.21	-0.36	-0.32	-0.2	-0.5	-0.45	-0.6	-0.15	-0.27	1																							
K2O	0.84	0.00	-0.24	0.68	-0.36	-0.38	-0.6	-0.08	-0.18	-0.08	1																						
LOI	-0.30	0.29	0.18	-0.3	0.27	0.87	0.45	-0.33	0.42	-0.46	-0.30	1																					
CaF2	-0.35	-0.01	-0.20	-0.1	-0.4	-0.31	0.57	-0.22	0.09	-0.23	-0.20	-0.30	1																				
Zn	-0.35	-0.02	-0.28	-0.2	-0.5	-0.26	-0.3	-0.28	0.15	0.85	0.26	-0.32	-0.1	1																			
Pb	-0.17	-0.07	0.27	-0.2	-0	0.41	0.17	-0.10	0.24	-0.15	-0.1	0.31	-0.2	-0.20	1																		
Cu	-0.18	0.40	-0.16	0.13	-0.1	-0.06	0.11	-0.20	-0.10	-0.05	-0.10	0.35	0.19	-0.1	-0.20	1																	
Ta	-0.22	-0.30	-0.40	-0.2	-0.5	-0.49	-0.50	-0.19	-0.24	-0.20	-0.51	-0.20	0.4	-0.20	0.17	0.3	0.02	0.84	1														
Y	-0.34	-0.51	-0.47	-0.3	-0.7	-0.66	-0.2	-0.25	-0.40	0.83	-0.3	-0.67	0.22	0.71	-0.3	0.02	0.84	0.8	1														
La	-0.24	0.40	0.70	0.00	0.35	0.79	0.43	-0.11	0.77	-0.42	-0.1	0.81	-0.2	-0.1	0.42	0.08	-0.5	-0.6	0.8	1													
Ce	-0.17	-0.51	0.55	0.07	0.34	0.75	0.41	-0.06	0.86	-0.43	-0	0.71	-0.2	-0.1	0.40	0.18	-0.4	-0.6	0.87	0.8	1												
Pr	-0.20	0.52	0.56	0.00	0.30	0.81	0.45	-0.14	0.47	-0.45	-0.1	0.75	-0.2	-0.1	0.43	0.16	-0.5	-0.7	0.87	0.89	0.8	1											
Nd	-0.18	0.54	0.56	-0	0.27	0.86	0.45	-0.16	0.81	-0.48	-0.1	0.77	-0.2	-0.2	0.45	0.15	-0.5	-0.7	0.86	0.87	0.89	0.8	1										
Sm	-0.11	0.41	0.56	-0	0.15	0.78	0.47	-0.14	0.55	-0.54	-0.1	0.74	-0.1	-0.3	0.19	0.00	-0.6	-0.6	0.80	0.80	0.81	0.86	0.8	1									
Eu	-0.25	-0.35	-0.31	-0.3	-0.5	-0.43	-0.5	-0.19	-0.23	-0.2	-0.45	-0.20	0.87	-0.2	0.05	-0.4	-0.4	-0.4	0.84	-0.40	-0.41	-0.4	-0.5	-0.5	1								
Gd	-0.32	-0.12	-0.40	-0.2	-0.6	-0.40	-0.3	-0.31	-0.06	0.78	-0.3	-0.44	-0.1	0.8	-0.3	0.39	0.87	0.77	-0.36	-0.29	-0.31	-0.3	-0.40	0.81	0.8	1							
Tb	0.30	0.10	0.02	0.19	0.15	0.12	0.32	0.18	-0.16	-0.67	0.17	0.10	0.25	-0.6	-0.3	-0.23	-0.6	-0.4	-0	0.00	0.01	0.08	0.47	-0.7	-0.5	1							
Dy	-0.06	-0.13	0.10	-0.1	-0.20	0.05	0.53	-0.11	-0.25	-0.53	-0.1	0.09	0.40	-0.50	-0.3	-0.2	-0.5	-0.10	-0.1	-0.1	0.00	0.41	-0.5	-0.3	0.8	0.8	1						
Ho	-0.07	-0.33	-0.15	-0.2	-0.50	-0.26	-0	-0.12	-0.46	0.24	-0.1	-0.23	0.08	0.17	-0.5	-0.2	0.26	0.48	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	0.13	0.24	0.30	0.51	0.64	1					
Er	0.46	0.03	0.08	0.34	0.32	0.08	0.07	0.37	-0.24	-0.55	0.36	0.12	0.02	-0.60	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0	-0	0.03	0.44	-0.6	-0.5	0.89	0.78	0.51	0.8	1				
Tm	0.15	-0.21	0.40	0.20	0.16	0.08	0.09	0.25	-0.24	-0.34	0.24	0.30	-0.1	-0.4	-0.20	-0.3	-0.4	-0.2	0.15	0.10	0.08	0.13	0.56	-0.4	-0.4	0.71	0.70	0.65	0.89	0.8	1		
Yb	0.35	-0.29	-0.02	0.31	0.03	-0.25	-0.5	0.39	-0.43	0.22	0.17	-0.13	-0.3	0.06	-0.4	-0.3	0.16	0.18	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	0.18	0.20	0.06	0.40	0.33	0.76	0.38	0.77	0.8	1	
Lu	0.44	-0.36	-0.23	0.35	0.12	-0.47	-0.9	0.48	-0.50	0.63	0.45	-0.37	-0.50	0.36	-0.4	-0.3	0.54	0.41	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.30	0.60	0.31	-0.1	-0.2	0.42	0.15	0.25	0.76	0.76	1

KORELASYON		POZITIF	NEGATIF
ÇOK YUKSEK	0.90-1	0.90-1	0.90-1
YUKSEK	0.75-0.89	0.75-0.89	0.75-0.89
ORTA	0.60-0.74	0.60-0.74	0.60-0.74
DÜŞÜK	0.45-0.59	0.45-0.59	0.45-0.59
ZAYIF	0.10-0.44	0.10-0.44	0.10-0.44

KORELASYON	POZİTİF	NEGATİF
ÇOK YÜKSEK	0.80-1	0.80-1
YÜKSEK	0.75-0.89	0.75-0.89
ORTA	0.60-0.74	0.60-0.74
DÜŞÜK	0.45-0.59	0.45-0.59
ZAYİF	0.10-0.44	0.10-0.44

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

[Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesi, Yozgat İli Akdağmadeni ilçesinin güneydoğusunda, Akdağmadeni masifi olarak bilinen metamorfitleerin içerisinde gelişmiştir. İnceleme alanında bu masife ait litolojiler başlıca amfibol şist, serizit şist, mermer, metakarbonat-amfibolit ara katkılı kalk şist, mika şist ve yer yer kuvars şist olarak gözlenmektedir. Bu metamorfik birimler Kretase yaşlı siyenitik bileşimli magmatitler tarafından kesilmektedir.

Akdağmadeni(Yozgat) masifi içerisinde çeşitli Pb-Zn cevherleşmeleri gelişmiş olup bunlardan en önemlisi inceleme alanının dışındaki Akdağmadeni Pb-Zn yatağıdır. Bu yatak, skarn tip (Vache, 1963; Tülüm, 1980; Sağiroğlu, 1982 ve Kuşçu, 1997),bölgesel ve kontak metamorfizmadan etkilenen kompleks bir yatak (Çolakoğlu ve Genç, 2000) olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanında Akdağmadeni masifinin içinde, siyenit-kalkşist dokanaklarında ve siyenitin içerisinde barit, florit ve Pb-Zn içeren cevherleşmeler gelişmiştir.

Metamorfitleer içerisindeki metakarbonatlar ile siyenitlerin dokanağında gelişen skarn zonu inceleme alanında Tad Deresi'ne paralel olarak 30 m genişliğinde ve 80 m uzunluğundaki bir zonda gözlenmektedir. Metakarbonatlar içerisinde gelişen ekzoskarn zonu gelişmiş olup bu zonda prograd evreye ait granatlar ile epidot mineralleri belirgin olarak gözlenmektedir. İnceleme alanında Tad deresinin güneyinde metamorfitleere ait birimlerin açılmadığı görülmekte olup bu kayaları içerisinde veya altında yüzeylenmemiş kesimler F-Ba- Pb-Zn cevherleşmeleri açısından potansiyele sahiptir.

İnceleme alanındaki cevherleşmeler, baskın mineral birlikteliklerine göre;

- 1.Florit cevherleşmesi (Çayırıldere ve Çopurunaltı),
- 2.Barit ± Florit Cevherleşmesi (Çallıdere) ve
- 3.Pb-Zn-F-Ba Cevherleşmesi (Çallıdere) şeklinde tanımlanarak incelenmiştir.

Florit cevherleşmeleri, Çayırıldere ve Çopurundere üzerinde iki farklı lokasyonda gelişmiştir.

Farklı araştırmacılar tarafından Tad deresi florit cevherleşmesi (Şaşmaz ve diğ., 2005; Altuncu, 2009) olarak incelenmiştir.

Çayırıldere F cevherleşmesi, siyenitik kayacın içerisinde veya metakarbonat-şist dokanağı ile rekristalize kireçtaşları içerisinde damarlar şeklinde gelişmiştir. Cevherleşme, K40°D doğrultulu, 52°GD eğimli, 4-6 m kalınlığa sahip olup yaklaşık 400 m'lik bir zon boyunca izlenebilmektedir. Cevherleşme genel olarak metakarbonatların içerisinde gelişmiş ve metakarbonatların ilksel tabakalanması kısmen de olsa görülebilmektedir. Florit, metakarbonat breşleri arasında breş dolgusu ve damarlar şeklinde gelişmiştir. Metakarbonatların breşik yapısı tektonizma ile gelişmiş olup cevherli çözeltilerin bu fay zonu (EK-3) boyunca metakarbonatlı birimlere ulaşarak cevherleşmeye neden olduğu düşünülmektedir.

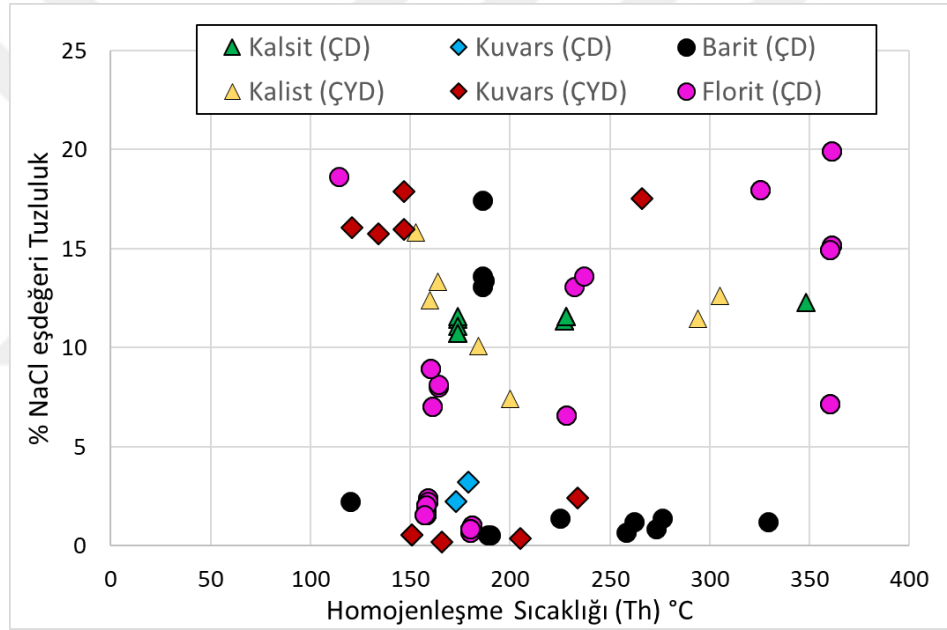
Çopurunaltı F cevherleşmesi ise, siyenitlerin içerisinde D-B kırıklar boyunca damarlar şeklinde gelişmiş olup damar kalınlıkları 1-20 cm arasında değişmektedir. Genellikle Çayırıldere floritlerine göre mor ve daha koyu renkli floritler içermektedir.

Çallıdere Ba-F cevherleşmesi, çoğunlukla Akdağmadeni masifindeki mermerler içerisinde ve kısmen de siyenitin içerisinde damarlar şeklinde birbirine paralel 3 farklı zonda gelişmiştir. Zonlar, D-B ve K20-30D doğrultulu olup 0.8-3 m arasında değişen kalınlıklar sunmaktadır. Damarlarda baskın olarak barit mineralleri gelişmiş olup yer yer floritler de gözlenmektedir. En fazla 100 m uzunluğa sahip olan damarda yaklaşık 15000 ton barit cevheri üretilmiştir.

Çallıdere'de Pb-Zn-F-Ba cevherleşmesi, inceleme alanının güneyinde tespit edilmiş olup bu şu ana kadar farklı araştırmacılar (Şaşmaz ve diğ.,2005; Altuncu,2008) tarafından sahada yapılan çalışmalarda cevherleşmenin varlığı belirtilmemiştir. Cevherleşme, mermer ile siyenit kontağındaki bir kırık hattındaki breşik zon gelişmiş olup sfalerit, galenit, barit ve florit içermektedir. Cevher zonunda yer yer oksitlenme süresinde oluşan malahit ve azurit gibi bakır karbonat minerallerinin varlığı, ilksel cevherde mikroskop çalışmalarında tespit edilemeyen olasılıkla kalkopiritin de olduğuna işaret etmektedir.

Cevher mikroskobisi ve XRD çalışmalarında; (i) Çayırıldere F cevherleşmesinde florit, kalsit, çok az kuvars ve eser miktarda pirit, kalkopirit, kovellit ile yaygın hematit ve götit mineralleri, (ii) Çallıdere Pb-Zn-Ba-F cevherleşmesinde ise oluşum sırasına göre kalsit, pirit-I, florit, barit, sfalerit, galenit ve pirit-II, kuvars ile oksitlenme ürünü serüzit, malahit, azurit ve demiroksit minerallerinin parajenezde geliştiği tespit edilmiştir.

İnceleme alanındaki Çallıdere Ba-F ve Çayırıldere F cevherleşmelerine ait barit, florit, kalsit ve kuvars minerallerinde yapılan sıvı kapanım çalışmalarına göre (Şekil 66);Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevher parajenezde de belirlendiği gibi cevherleşmede ilk önce floritlerin ve baritlerin sırasıyla 360°C ve 330°C sıcaklıktaki çözeltide çökdükleri, başlangıçta yaklaşık %20 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip olan çözeltinin sıcaklık ve tuzluluğunun, cevherleşme sürecinde giderek azaldığı görülmektedir (Şekil 66). Baritlerde elde edilen verilerde ise çözelti tuzluluğunun genel olarak <%5 NaCl eşdeğeri olduğu ve tuzlulukta pek bir değişikliğin olmadığı, ancak sıcaklığın ise süreç içerisinde azaldığı görülmektedir.



Şekil 66 : Çallıdere (ÇD) Ba-F ve Çayırıldere F (ÇYD) cevherleşmesine ait minerallerden elde edilen Th -%NaCl eşdeğeri Tuzluluk diyagramı.

Barit ve floritlerde elde edilen sıcaklık ve tuzluluk verileri, Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesinde etkin olan çözeltilerin başlangıçta nispeten yüksek sıcaklık ve tuzluluğa sahip olası magmatik kökenli bir çözelti olduğunu ve zaman içerisinde hem soğuma hem de daha az tuzluluğa sahip, olasılıkla meteorik kökenli suların sisteme dahil olduğuna işaret etmektedir.

Yapılan duraylı kükürt izotopu analizlerinde, $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin pirit ve galena örneklerinde % 4.3 ile % 6.4 arasında dar bir aralık olduğu, barit minerallerinde ise bir örneğin pirit ve galenit'e benzer şekilde %4.8, iki örneğin ise %17.8 ile %17 olduğu tespit edilmiştir.

Sülfürlü minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin magmatik kökenli kükürt değerlerine yakın olduğu ve cevherleşmenin geliştiği alandaki alkali magmatitler ile ilişkisi de dikkate alındığında, kükürtün magmatik kaynaklı olabileceğini göstermektedir. Barit mineraline ait kükürt izotop verilerinin ise hem pirit ve galenite yakın olan hem de bunlara göre daha ağır $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine sahip olmasının, çözeltideki kükürt izotop fraksiyonlaşmasının yüksek olduğuna ve bunun da olasılıkla çözeltinin oksijen basıncındaki değişime bağlı geliştiğine (Hutchison ve diğ. 2020) işaret ettiği düşünülmektedir. Her ne kadar sülfürlü minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri magmatik kökenli bir kükürt kaynağını desteklese de bir kısım kükürdün karasal kökenli bir kaynaktan da sisteme eklenmiş olabileceği değerlendirilmiştir. Bir çözeltide izotopik denge durumunda kristallenme gerçekleştiğinde pirit ve galenit mineralleri arasındaki kükürt izotop fraksiyonlaşmasında daima pirit minerali galenite göre ağır izotopça zenginleşmektedir (Hoefs, 2009). Ancak, Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesinde galenite ait $\delta^{34}\text{S}$ değerleri pirit mineraline göre daha ağır izotoplara sahiptir. Bu durum her iki mineralin de aynı anda dengede oluşmadığını göstermekte olup, cevher parajenezindeki mineral oluşum sırası da bunu desteklemektedir.

Saha gözlemleri, cevher mineralojisi ve jeokimyası, izotop jeokimyası, sıvı kapanım çalışmalarından elde edilen tüm analitik veriler değerlendirildiğinde Yukarıçulhalı Ba-F-Pb-Zn cevherleşmesinin;

1. Üst Kretase yaşlı siyenitik intrüziflerin Akdağmadeni masifine ait metapelitler ve metakarbonatlar içine yerleştiği ve siyenit-metamorfik kaya dokanaklarına yakın kesimlerde cevherleşmelerin geliştiği,
2. Florit ve baritin oluşumunda etkin çözeltilerin başlangıçta ortalama 304°C (n=20) sıcaklık ve %5.13 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip olduğu, ancak ilerleyen süreçte sıcaklığın ve tuzluluğun ortalama 167 °C (n=52) ve % 3.2 NaCl eşdeğerine düştüğü,
3. İçerdiği elementler açısından damarların farklılık gösterdiği ve bazı damarların floritçe baskın, bazılarının ise baritçe baskın oldukları belirlenmiştir. Sıvı kapanım verileri dikkate alındığında floritçe baskın damarların daha yüksek sıcaklıkta ve dolayısıyla ilk oluşan damar olduğu, ilerleyen süreçte ise çözeltinin flor içeriğinin azalmasıyla nispeten daha düşük sıcaklıkta baryumca zengin hale gelerek baritçe zengin damarların çökelediği,

4. Cevherleşmenin, baskın olarak siyenitik magmadan kaynaklı çözeltilerin etkinliğinde, mezotermal koşullarda damar ve replasman tipinde geliştiğini göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sıvı kapanım cevherleşmede ilk önce ortalama 360°C'de floritin oluştuğu ve ardından ortalama 330°C'da ise baritin oluştuğunu göstermektedir. Cevherleşmede etkin olan çözeltilerin tuzluluğu ise ortalama %20 NaCl eşdeğer olarak belirlenmiştir. Tad deresi floritlerinde yapılan sıvı kapanım çalışmalarında Uçurum ve diğ. (1997), florit oluşumunda etkin olan çözeltilerin yaklaşık %13 NaCl eşdeğer tuzluluğa ve 156-185°C arasında değişen homojenleşme sıcaklığına sahip olduğunu florit çökelişimini ise düşük-orta basınca sahip bir derinlikte olduğunu belirtmiştir.

Sağiroğlu (1984a) ise Akdağmadeni (Yozgat) bölgesindeki florit cevherleşmelerinde yaptığı sıvı kapanım çalışmalarında cevherleşmede etkin olan hidrotermal çözeltilerin 320°C ile 500°C arasında değişen sıcaklık ve ortalama %20 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip olduğunu cevherleşmenin son evresinde tuzluluğun %10 NaCl eşdeğeri olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sıvı kapanım verileri Sağiroğlu (1984)'deki veriler ile uyumlu olup Uçurum ve diğ. (1997) verilerine göre nispeten daha yüksek sıcaklıktadır. Hem bu çalışmada hemde önceki çalışmalarda elde edilen Th ve tuzluluk verileri, Yukarıçulhalı florit ve barit cevherleşmesinin cevherleşmesinde içinde geliştiği siyenitik magmatizma ile ilişkili bir hidrotermal sistemin etkinliğinde geliştiğini göstermektedir.

İnceleme alanındaki Çayırıldere florit cevherleşmesinin toplam NTE içeriği 248,2 ppm, Çallıdere Ba-F cevherleşmesinin toplam NTE içeriği ise 241 ppm'dir. Altuncu (2009) yapmış olduğu çalışmada Tad deresi floritlerinin toplam NTE değerinin 104,54 ppm ile 264,37 ppm arasında değiştiğini tespit etmiş olup bu çalışmada elde edilen değerleri ile örtüşmektedir.

Bilindiği gibi dünyadaki florit yatakları genellikle karbonatitler, alkali kompleksler, MVT Pb-Zn-F-Ba yatakları, F-Ba-(Pb-Zn) damarları, hidrotermal Fe(+/- Au ve +/- Cu) ve NTE yatakları, değerli metal konsantrasyonları florit/metal içeren skarnlar ve Sn-polimetallik greyzen tip yataklarda gözlenmektedir (Alvin ve diğ., 2004; Xu ve diğ., 2004; Bettencourt ve diğ., 2005; Levresse ve diğ., 2006; Magotra ve diğ., 2017). Florit yatakları yaygın olarak damarlar şeklinde pegmatitlerde, karbonatitlerde, granitlerde, siyenitlerde, volkanik kayalarda gelişmektedir. Magotra ve diğ. (2017) florit yataklarını ilişkili olduğu litolojileri dikkate alarak

3 sınıfa ayırmıştır. Buna göre, (i) Felsik magmatik kayaçlarla ilişkili florit yatakları, (ii) Karbonatit ve alkali magmatitlerle ilişkili florit yatakları ve (iii) karbonat ve diğer kayaçlarla ilişkili florit yatakları. Dünyada karbonatitlerle ilişkili florit yataklarından bazıları Okorusu (Namibya), Ambadanga (Hindistan), Mato Preto (Brezilya) yatakları olup bu yataklar ekonomik olanları geç evre hidrotermal dönemde oluşan yataklardır (Magotrave diğ. 2017). Bu yataklar NTE içerikleri açısından pozitif Eu anomalisi ve ANTE'ye göre HNTE açısından daha zengin olmaları ile karakteristiktir.

Florit ve Barit cevherleşmesinde F, Ba ve NTE'nin kaynağı cevaplanması gereken önemli bir sorudur. İnceleme alanında alkali magmatizmanın bir ürünü olan siyenitik kayaçlar yüzlek vermekte ve florit-barit cevherleşmesi bu siyenitler ile metamorfik yan kayaçlar içerisinde gelişmiştir. Cevherleşmede etkin olan çözeltilerin bu siyenitik magmatizma ile ilişkili olduğu sıvı kapanım verileri ile ortaya konmuştur. Cevherleşmenin çoğunlukla siyenitik kayaçlar içinde gelişmiş olması ve çözelti kaynağı dikkate alındığında flor, baryum, Pb ve Zn gibi metallerin de magmadan kaynaklandığını göstermektedir.(Magotrave diğ.2017) yapmış oldukları çalışmada, floritlerdeki NTE desenlerinin ilişkili olduğu magmatik kayacın NTE deseni ile benzer olduğunu ve karbonatitler ve alkali magmatik sistemlerde floritlerin negatif Eu anomalisi göstermediği ve NTE değerlerinin ANTE değerlerine göre daha fazla olması ile karakteristik olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada floritlerde elde edilen NTE desenlerinin içinde geliştiği siyenitik kayacın NTE deseni ile benzer olduğu görülmekte (Şekil 4.64) ve Şekil 4.64'de de görüldüğü gibi floritlerin pozitif Eu anomali göstermesi cevherleşmenin alkali magmatitlerle ilişkili olduğunu, flor ve baryumun kaynağının da alkali magmatizma olduğunu göstermektedir.

İncelenen sahada cevherleşmeler baskın mineral birlikteliklerine göre sınıflandırılmış ve floritin baskın olduğu ve baritin baskın olduğu damarlar şeklinde ayırtlanmıştır. Aynı cevherleşme sisteminin ürünü olan florite ve barite zengin cevherleşmeler farklı zamanlarda gelişmiş olmalıdır.

Zira sıvı kapanım verileri floritlerin baritlere göre nispeten daha yüksek sıcaklıkta ve önceden geliştiğini göstermektedir (Şekil 66).Yine kükürt izotop verileri sülfatlı ve sülfürlü minerallerin denge durumundakristallenmediğini ve minerallerin izotopik bileşiminin de farklı dönemlerde geliştiğine işaret ettiği değerlendirilmiştir. Florite ve barite zengin farklı damarların oluşumu, izotropik denge koşullarının sağlanmamış olması cevherleşmenin farklı

fazlarda geliştiğini desteklemektedir. Yani alkali magmanın kristallenmesi siyenitik kayac oluşmuş, F ve Ba gibi uyumsuz elementler magmatik-hidrotermal cözeltide zenginleşerek başlangıçta florca zengin cözeltide floritin baskın olduğu hidrotermal damarlar oluşmuştur. Hidrotermal cözeltinin flor içeriği azalarak görece baryumca zenginleşmiş ve florite göre daha düşük sıcaklıkta (330°C) baritin baskın olduğu damarlar gelişmiştir.]



KAYNAKLAR

- [Akçay, A.E., Beyazpirinç, M., 2017, Sorgun (Yozgat)-Yıldızeli (Sivas) Önülke havzasının jeolojik evrimi, havzada etkin olan volkanizmanın petrografik, jeokimyasal özellikleri ve jeokrinolojisi. MTA Dergisi (2017) 155:1-32.
- Akçe, M.A., 2005, Yozgat Batoliti kuzey bölümündeki lökograditlerin petrolojisi. TJK bülteni C.48 S.2, 2005.
- Altuncu, S., 2009, Türkiye’deki Florit yataklarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. İstanbul Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Doktora tezi, 147 sayfa (yayınlanmamış).
- Alvin, M.P., Dunphy, J.M. and Groves, D.I., 2004, Nature and Genesis of a Carbonatite-Associated Fluorite Deposit at Speewah, East Kimberley Region, Western Australia. Mineralogy and Petrology, 80, 127-153.
- Başdelioğlu, O., Gökçe, A., Canbaz., O., 2018, Karapir-Ortaköy(Akdağmadeni-Yozgat) Granitoyit’inin Jeokimyasal özellikleri ve çevresindeki Cu-Pb-Zn yatakları için üretken pluton olma olasılığı. TJK, 71.
- Bettencourt, J.S., Leite Jr., W.B., Goraieb, C.L., Sparrenberger, I., Bello, R.M.S. and Payolla, B.L., 2005, Sn-Polymetallic Greissen-Type Deposits Associated with Late-Stage Rapakivi Granites, Brazil, Fluid Inclusion and Stable Isotope Characteristics. Lithos, 80, 363-386.
- Çolakoğlu, A. R., Genç, Y., 2001, Macro-micro textures and genetic evolution of lead- zinc deposits of Akdağmadeni (Yozgat) region. Geological Bulletin of Turkey, 44, 45– 56.
- Erkan, Y., 1980, Orta Anadolu Masifinin Kuzeydoğusunda(Akdağmadeni Yozgat) etkili olan bölgesel metamorfizmanın incelenmesi. TJK Bülteni C.23, 213-218, 1980.
- Erler, A., Bayhan, H., 1995, General evaluation and problems of the Central Anatolian granitoids. Yerbilimleri, 17, 49–67.

- Gökçe, A., Satır, M., Bozkaya, G., Ünal, E., 2010, Akdağmadeni (Yozgat) yöresi Kurşun-Çinko yataklarında Kurşun ve Kükürt izotopları Jeokimyası incelemeleri. IV. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, Elazığ 2010, 11.
- Hoefs, J., 2009, Stable Isotope Geochemistry (6th Edition), Springer Verlag, Berlin, p. 285.
- Hutchison, W., Finch, A.A., Boyce, A.J., 2020, The sulfur isotope evolution of magmatic-hydrothermal fluids: insights into ore-forming processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 288 (2020) 176–198.
- Ketin, İ., 1955, Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu masifinin tektonik durumu. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Cilt VI, no.1 Ankara.
- Kovenko, V., 1945, Kuzey Anadolu Bölgesinin Bazı Kurşun, Çinko ve Antimuan Madenleri (Denek, Akdağ, Zara, Turhal). MTA Mecmuası, No.1/37.
- Kuşçu, G.G., 1997, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'ndeki Akçakışla Graniti (Yozgat) ve Yozgat Batoliti granitoidlerinin jeokimyasal ve petrojenetik karşılaştırılması 52. TJK bildirileri, 1999.
- Levresse, G., Trittla, J., Villareal, J., Gonzalez, P.E., 2006, The “El Pilote” Fluorite Skarn, A Crucial Deposit in the Understanding and Interpretation of the Origin and Mobilization of Fluorite from Northern Mexico Deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, 89, 205-209.
- Magotra, R., Namga, S., Singh, P., Arora, N., Srivastava, P.K., 2017, A New Classification Scheme of Fluorite Deposits. *International Journal of Geosciences*, 8, 599-610.
- Öztürk, H., Hanılçı, N., Altuncu, S., Kasapçı, C., 2019, Türkiye'nin nadir yer element (NYE) kaynakları: Özelliklerine ve kökenlerine genel bir bakış. *MTA Dergisi*, 159, 133-148.
- Roedder, E., 1984, Fluid Inclusions. *Reviews in Mineralogy*, Vol.12, 644 pp. Mineralogical Society of America, Washington.
- Sağiroğlu, A., 1984a, Akdağmadeni (Yozgat) kontakt metasomatik yataklarında sıvı kapanım çalışmaları. *TJK Bülteni*, 27/2 ,141-144.

- Sağıroğlu, A., 1984b, Akdağmadeni(Yozgat) cevherleşmelerinde görülen değişik skarn oluşuklarının özellikleri ve irdelenmesi. TJK Bülteni, 27, 69-80.
- Şahin, B.M., Erkan, Y., 1994, Akdağmadeni masifi metamorfikleri, Yukarıçulhalı- Başçatak kesiminin Petrolojik özellikleri. MTA Dergisi 116, 21-28.
- Şaşmaz, A., Ayaz, E., 1999, Tad Deresi ve Büyükçal T. (Akdağmadeni- Yozgat) fluoritlerinin nadir toprak element jeokimyası. 52. TJK Bildiri Kitabı, 207-214.
- Şaşmaz, A., Yavuz, F., Sağıroğlu, A., Akgül, B., 2005, Geochemical patterns of the Akdağmadeni(Yozgat, Central Turkey) fluorite deposits and implications. Journal of Asian Earth Sciences 24, 469-479.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Alderton, D.H.M., 1985, A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies. Blackie, Glasgow, pp. 239 p.
- Tülümen, E., 1980, Akdağmadeni (Yozgat) yöresinde petrografik ve metalojenik incelemeler. Doktora tezi, 157 sayfa. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon (yayımlanmamış).
- Uçurum, A., Koptagel, O., Larson, L.T., 1997, Fluid inclusion study of the Tad deresi fluorite deposit, Akdagmadeni, Central Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, V.6, no.1, p.13-19.
- Vache, R., 1963, Akdağmadeni Kontak Yatakları ve bunların Orta Anadolu kristalinine karşı olan jeolojik çerçevesi. MTA Dergisi, 60, 22-35.
- Van Den Kerkhof, A.M., and Hein, U.F., 2001, Fluid inclusion petrography: Lithos, v. 55, p. 27-47.
- Xu, C., Zhang, H., Huang, Z., Liu, C., Qi, L., Li, W. and Guan, T., 2004, Genesis of the Carbonatite-Syenite Complex and REE Deposit at Maoniuping, Sichuan Province, China, Evidence from Pb Isotope Geochemistry. Geochemical Journal, 38, 67- 76. <https://doi.org/10.2343/geochemj.38.67>
- Yıldız, M., 1998, Akdağmadeni (Yozgat) doğusunda yer alan metamorfik birimlerin jeolojik petrolojik incelemesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji

Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora tezi, 216 sayfa.

Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bedi, Y., Yusuföğlü, H., Havzaoğlu, T., Ağan, A., Göç, D., 1995, Akdağ Masifi ve Dolayısının Jeolojisi, MTA Dergisi 117, 125-138.



EKLER

EK-1 : Çalışma alanının 1 / 25.000 ölçekli jeoloji haritası

EK-2 : Çalışma alanının 1 / 5.000 ölçekli jeoloji haritası

EK-3 : Çalışma alanının 1 / 1.000 ölçekli jeoloji haritası

]

