

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

Yüksek Lisans Tezi

**KARAMADAZI (KAYSERİ) SKARN DEMİR YATAĞININ JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Mehmet KESKİN

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Nursel ÖKSÜZ**

Yozgat 2018

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

Yüksek Lisans Tezi

**KARAMADAZI (KAYSERİ) SKARN DEMİR YATAĞININ JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Mehmet KESKİN

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Nursel ÖKSÜZ**

Yozgat 2018

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 7011110011 numaralı öğrencisi Mehmet KESKİN'in hazırladığı "Karamadazı (Kayseri) Skarn Demir Yatağının Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 20/07/2018 Cuma günü saat 14:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Zehra Semra KARAKAŞ



Jüri Üyesi (Danışman) : Doç. Dr. Nursel ÖKSÜZ



Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi İsmail KOÇAK



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 16.08.2018 tarih ve 30 sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

16.08.2018



Prof. Dr. Fuat KÖKSAL
Müdür

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. İnceleme Alanının Tanıtımı	1
1.2 Amaç	3
1.3. Morfoloji	4
1.4. Coğrafya ve İklim	4
1.5. Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım	4
1.6. Öncel Çalışmalar	4
2. GENEL JEOLojİ	8
2.1 Yahyalı İstifi	8
2.1.1. Yahyalı Metamorfik Karmaşığı	11
2.1.2. Karacatepe Formasyonu	11
2.1.3. Çamardı Formasyonu	11
2.1.4. Ağcaşar Formasyonu	12
2.1.5. Akbaş Formasyonu	12
2.1.6. Karamadazı Graniti	12
2.1.7 Yuları Bazaltı	14
2.1.8. Genç Örtü Kayaçları	14
3. TEKTONİK	14
4. MATERYAL ve YÖNTEM	15
4.1. Saha Çalışmaları	16
4.2. Laboratuar Çalışmaları	16
4.2.1. Petrografik Çalışmalar	16
5. SKARN CEVHERLEŞMELERİ	17

6. MİNERALojİK ÇALIŞMALAR	.....	20
6.1 XRD İncelemeleri	.....	26
6.2 SEM-EDX İncelemeleri	.....	27
6.3 Skarnlaşma Evreleri ve Arazi Gözlemleri	.....	28
6.4 Maden Mikroskobik İncelemeler	.....	32
6.4.1 Manyetit	.....	32
6.4.2 Pirotin (FeS)	.....	33
6.4.3 Kalkopirit	.....	33
6.4.4 Pirit	.....	34
7. JEOKİMYA	.....	36
7.1 Sıvı kapanım incelemeleri	.....	44
7.1.1 İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})	.....	46
7.3.2 Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{mICE})	.....	47
7.3.3 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)	.....	47
8. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	.....	50
9. KAYNAKLAR	.....	53
10. ÖZGEÇMİŞ	.....	56

KARAMADAZI (KAYSERİ) SKARN DEMİR YATAĞININ JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet KESKİN

Bozok Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

2018; 71 sayfa

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nursel ÖKSÜZ

ÖZET

İnceleme alanı, Yahyalı ilçesinin (Kayseri) yaklaşık 20 km kuzeybatısında yer almakta olup, çalışma Karamadazı demir yatağının jeokimyasal özelliklerinin incelenmesine dayanmaktadır. Bahsi geçen demir yatağı, Karamadazı Graniti ile Yahyalı istifinde yer alan Akbaş Formasyonu dokanağı boyunca gelişmiş bir skarn yatağıdır. Yatağın incelenmesi sırasında cevher örneklerinin ana oksit, eser element ve NTE analizleri yapılmış, NTE'ler kondrite göre normalize edilerek spider diyagramları çizilmiştir. Buna göre değer alınabilen tüm örnekler pozitif Eu anomalisi gösterirken, Ce anomalisi ise hem pozitif hem de negatif anomali sunmuştur. Pozitif Ce anomalisi hidrojenetik yataklarda gözlenirken negatif Ce anomalisi ise hidrotermal bir kökene işaret etmektedir. Cevher örneklerinde belirlenen pozitif Eu anomalisi, hidrotermal bir kökene işaret ederken, aynı zamanda hidrotermal çözeltiye deniz suyu karışımının da olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmaların yanında, cevher örneklerinde XRD, SEM-EDX analizleri yapılmış, cevher mikroskobisi çalışmaları ile de cevherleşme hakkında yeni bilgiler elde edilmiştir. Kalsit kristallerinde yapılan sıvı kapanım çalışmalarında ise çok sayıda ve değişik boyutlarda sıvı kapanımları gözlenmiştir. Bunun sonucunda cevherleşmeye ait ilk erime sıcaklıkları, son buz erime sıcaklığı ve homojenleşme sıcaklığı ölçülmüştür. Buna göre kalsit içerisindeki birincil kapanımlarda; 75°C ile 160°C arasında (n =30, ort = 136°C) değişen homojenleşme sıcaklıkları ölçülürken, ikincil

kapanımlarda ise 215°C ile 240°C aralığında bir homojenleşme sıcaklığı ölçülmüştür. Buna göre cevherleşmenin kısmen teletermal, daha çok epitermal ve mezotermal bir sıcaklıkta geliştiği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Skarn, manyetit, kontakt metasomatizma, jeokimya, Yahyalı



GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF KARAMADAZI (YAHYALI-KAYSERİ) SKARN IRON DEPOZİT

Mehmet KESKİN

**Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemistry
Master of Science Thesis**

2018; Page: 71

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nursel ÖKSÜZ

ABSTRACT

The study area is located about 20 km northwest of Yahyalı (Kayseri). The study is based on the examination of the geochemical characteristics of Karamadazı iron deposits. Iron deposit is skarn type deposit which formed along the contacts of Yahyalı Plütön and Akbaş Formation of the Yahyalı Sequence. In this study, geochemical investigations were carried out major oxide, trace elements and REE and REE spider diagram was drawn by chondrite normalized in the ore samples. According to this, all samples were characterized by positive Eu anomaly, while Ce anomaly presents both positive and negative anomaly. Positive Ce anomaly was indicative of hydrogenous deposits while the negative Ce anomaly was typical to hydrothermal deposits. In addition, the positive Eu anomaly identified in the ore specimens indicates a hydrothermal deposits, while the hydrothermal solution also indicates a sea water mixture. In addition, geochemical and mineralogical investigations were carried out using an X-ray diffractometer analysis (XRD) scanning electron microscopy with energy-dispersive spectroscopy (SEM-EDX) in the ore samples and new information about mineralization was obtained with ore microscopy studies. Fluid inclusions in calcite crystals were observed in numerous and different sizes. As a result, the initial melting temperatures, the final ice melting

temperature and the homogenization temperature of the mineralization were measured. Accordingly, in the primary inclusions in calcite; Homogenization temperatures ranging from 75 ° C to 160 ° C (n = 30, mean = 136 ° C) were measured while in secondary enclosures a homogenization temperature was measured between 215 ° C and 240 ° C. According to this, it can be considered that the mineralization is partly telethermal, more epithermal and mesothermal.

Key words: Skarn, magnetite, kontakt metasomatizma, geochemistry, Yahyalı



TEŞEKKÜR

Öncelikle, manevi olarak her zaman yanımda olan değerli eşim Gülşah KESKİN'e ve yaşam sevincim oğlum Mehmet Çağan KESKİN'e,

Çalışmalarım süresince, bana her zaman destek olan beni eleştiri ve fikirleriyle yönlendiren değerli hocam Doç. Dr. Nursel ÖKSÜZ'e,

Arazi çalışmalarım sırasında bana eşlik eden ve örnekleme konusunda çok büyük desteğini aldığım Bozok Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi, Dr. Öğretim Üyesi İsmail KOÇAK'a,

Sıvı kapanım çalışmalarının yapımını üstlenen ve yorumlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA'ya,

Son olarak çalışmamıza destek olan Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunar kendilerini her zaman saygıyla anacağımı belirtmek isterim...

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 7.1 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin ana element içerikleri	37
Tablo 7.2 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin ana element içerikleri	38
Tablo 7.3 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin eser element içerikleri	39
Tablo 7.3 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin eser element içerikleri (devam)	40
Tablo 7.4 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin eser element içerikleri	41
Tablo 7.4 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin eser element içerikleri (devam)	42
Tablo 7.5 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin NTE içerikleri	42
Tablo 7.6 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin eser element içerikleri	43
Tablo 7.7 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin korelasyon diyagramı	44
Tablo 7.8 Çalışma alanına saflaştırılmış manyetit örneklerinin korelasyon diyagramı	44
Tablo 7.9 Manyetit cevherleşmelerindeki kalsit kristallerindeki kapanımlara ait çeşitli ölçüm değerleri	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Çalışma alanına ait yer bulduru ve jeoloji haritası (Kuşcu vd. 2001)	2
Şekil 2. 1 Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Ulakoğlu, 1983)	10
Şekil 6.1 Kireçtaşının içinde gözlenen ekzoskarn cevherleşmesi (A), Paralel nikol görünümü (B) Çapraz nikol görünümü	22
Şekil 6.2 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin XRD difraktogramı	26
Şekil 6.3 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin XRD difraktogramı	27
Şekil 6.4 Cevher örneğine ait SEM-EDX analizi görüntü ve sonuçları	28
Şekil 6.5 (A) Masif manyetit. (B) Manyetiti saran pirit zarfı. (C) Kalsit içerisinde gözlenen manyetit-pirit bantları (ekzoskarn) (D) Kontakt zonda gözlenen hornfels (E) Masif manyetit içindeki dissemine pirit (F) Plütona doğru gelişmiş manyetit damarları ve masif manyetit (endoskarn)	31
Şekil 6.6 (A), (B), (C); Granitin içinde gelişen birincil manyetit, pirotin ve kalkopirit endoskarnı, (D) Manyetiti kesen ikincil pirit, kalkopirit oluşumu	32
Şekil 6.7 (A) Manyetit içinde ağsal (stokwork) yapılı pirit (paralel nikol), (B) Aynı görüntü (çapraz nikol), (C) Kireçtaşı içinde gözlenen ekzoskarn manyetit ve içinde ağsal yapılı pirit (paralel nikol), (D) Aynı görüntü (çapraz nikol), (E) Piriti ornatan manyetit (paralel nikol)i (F) Aynı görüntü (çapraz nikol), (G) Pirit içinde manyetitin kalıntıları	35
Şekil 7.1 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin kondrite göre normaliz edilerek çizilmiş spider diyagramı	37
Şekil 7.2 Kalsit kristalleri içinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar	45
Şekil 7.3 Kalsit kristalleri içinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar	45
Şekil 7.4 Kalsit kristalleri içinde gözlenen ikincil kapanım dizilimleri	46

Şekil 7.5	Kalsit kristalleri içinde gözlenen tek fazlı (sıvıca zengin) kapanımlar	46
Şekil 7.6	Kalsitlerdeki birincil ve ikincil kapanımlardaki son buz ergime sıcaklığı (T_{mice}) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği	47
Şekil 7.7	Kalsitlerdeki birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği	48



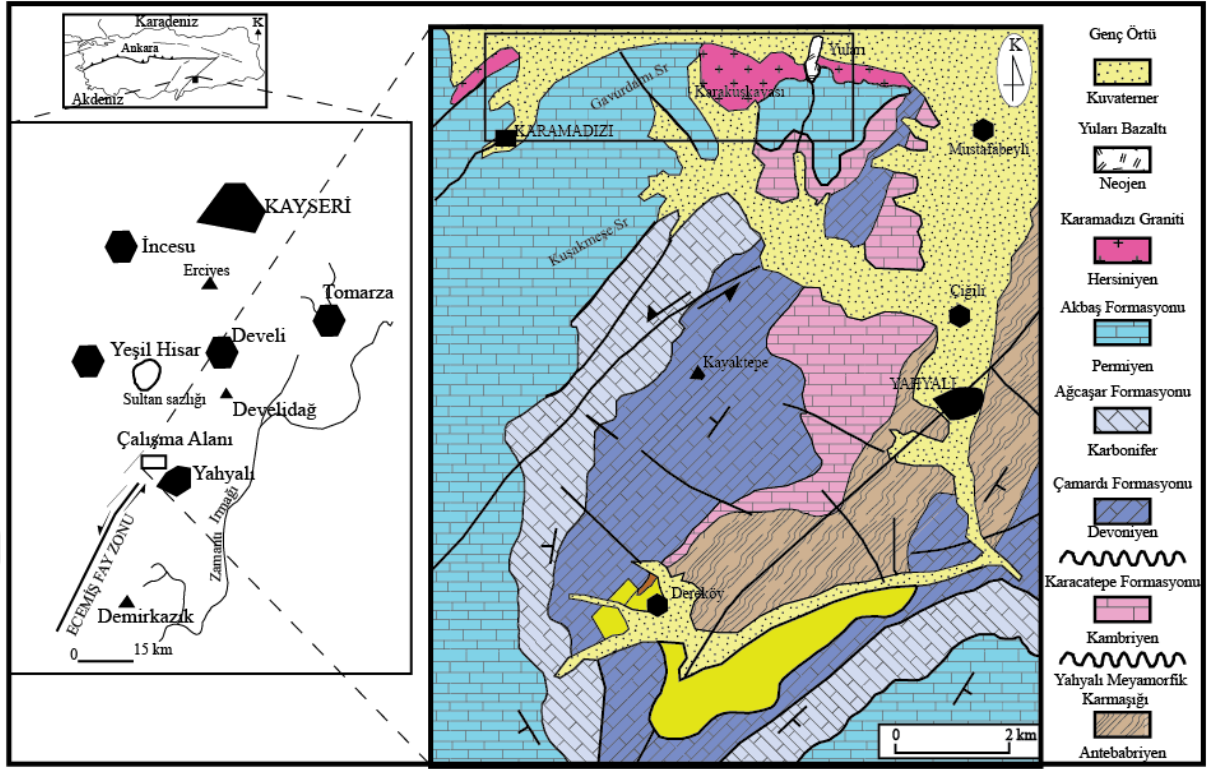
KISALTMALAR LİSTESİ

XRD	: X-Ray Diffraction (x-ışınları kırınımı)
SEM-EDX	: Scanning Electron Microscopy, Energy Dispersive X-Ray Analysis (Taramalı Elektron Mikroskobu, Enerji Dağılımı, X-ışınları Analizi)
NTE	: Nadir Toprak Elementleri
T_{FM}	: İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri
T_{mICE}	: Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri
T_H	: Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri
OAKK	: Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı

1. GİRİŞ

1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı

Tez çalışmasının konusunu, Kayseri iline bağlı Yahyalı ilçesinin yaklaşık 20 km kuzey batısında yer alan Karamadazı demir skarn yatağının jeokimyasal olarak incelenmesi oluşturmaktadır. İnceleme alanına konu olan demir yatağı, Karamadazı Graniti ile Yahyalı istifinde yer alan Akbaş Formasyonunun kireçtaşları dokanağı boyunca gelişmiş bir skarn oluşumudur (Şekil 1.1). Cevherleşmenin arazi gözlemleri, ince kesit ve parlak kesit incelemelerine dayanarak üç farklı evrede oluştuğu düşünülmektedir. Birinci evre, granitin içerisinde gelişen endoskarn olarak da adlandırılan ve granat ile aynı anda oluştuğu düşünülen piroksence zengin ve esas olarak manyetit, daha az olarak da pirotin içeren endoskarndır. İkinci evre ise kireçtaşlarının içinde ekzoskarn olarak değerlendirilen ve aktinolit içeren manyetit yatağıdır. Son evre ise baskın olarak manyetit içeren bunun yanında skarn zonlarını kesen kalsit ve kuvarsça zengin daha çok pirit, kalkopirit gibi sülfid minerallerince zengin evredir. Daha önce yapılan çalışmalarda, yatağın cevher parajenezi ve oluşumu, yan kayaç jeokimyası incelenmiştir (Kuşçu vd., 2001; Çolakoğlu ve Kuru 2002; Oygür 1986; Çürük 2006). Bu tez çalışması kapsamında amaç, yatağın oluşumu ile ilgili araziden derlenen örneklerin analizlerinin yapılması, analiz sonuçlarının yorumlanması sonucunda oluşum ile ilgili yeni bir bakış açısı oluşturmaktır.



Şekil 1.1 Çalışma alanına ait yer bulduru ve jeoloji haritası (Kuşcu vd. 2001)

Bu kapsamda hazırlanan tez, sekiz bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan “Giriş” kısmında çalışılan saha, genel hatlarıyla tanıtılmış, çalışmanın amacı kısaca belirtilmiştir. Bunun yanında inceleme alanının morfolojisi, coğrafi durum ve iklimi hakkında da bilgi verilmiştir. Ayrıca yerleşim yerlerine ulaşımın nasıl olduğundan da kısaca bahsedilmiştir. Giriş bölümünün son kısmında ise detaylı olarak yapılan literatür taramalarının sonucunda aynı bölgede veya yakın çevresinde yapılan öncel çalışmaların her biri kısaca özetlenmiştir. İkinci bölüm, “Genel Jeoloji” başlığı altında çalışma alanının jeolojisinin anlatıldığı bölüm olup, bölgede gözlenen kayaç birlikteliği, stratigrafik verilere dayanarak özetlenmiş ve birimlerin cevherleşme ile olan ilişkisi anlatılmıştır. Üçüncü bölüm “Tektonik” başlığı altında anlatılmıştır. Bu bölümde bölgede gözlenen tektonik olaylar literatüre göre özetlenmiştir. Dördüncü bölüm “Materyal ve Yöntem” başlığı altında anlatılmıştır ve çalışmada kullanılan metodların neler olduğu kısaca anlatılmıştır. Bu başlığın altında saha çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları da ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Beşinci bölüm , “Skarn Cevherleşmesi ve Arazi Gözlemleri” kısmı olup, bu bölümde hidrotermal cevherleşme ve skarn oluşumu ile ilgili bilgiler kısaca anlatılmıştır. Bunun yanında

çalışma alanındaki skarn cevherleşmesinin oluşumu da tartışılmış ayrıca skarnlaşma evreleri de hem arazi gözlemlerine hem de parlak kesit incelemelerine dayanarak belirlenmiş ve “skarnlaşma evreleri” alt başlığı altında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Altıncı bölüm “Maden Mikroskobik İncelemeler” başlığı altında değerlendirilmiştir. Bu bölümde cevherleşmenin mineral parajenezi, maden mikroskobu çalışmaları sonucunda yapısal-dokusal ilişkiler belirlenmiş ve ilgili yerlerin fotoğraflandırılması yapılmıştır. Bu bölümde ayrıca çalışma alanında gözlenen her bir cevher mineralinin özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkisi de alt başlıklar halinde anlatılmıştır. Yedinci bölüm, “Jeokimya” bölümüdür. Bu bölümde XRD incelemeleri, SEM-EDX verileri, bunun yanında cevher minerallerinden yapılmış olan ana oksit, eser element ve NTE (Nadir Toprak Elementleri) verilerinin değerlendirilmesi ve sıvı kapanım çalışmaları ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi söz konusu edilmiştir. Bunun yanında sıvı kapanım bölümünde, ilk erime sıcaklık ölçümleri, son buz erime sıcaklık ölçümleri ve homojenleşme sıcaklığı ölçümleri alt başlıklar halinde ayrıntılı olarak verilmiştir. Sekizinci bölüm ise “Tartışma ve Sonuçlar” bölümüdür. Bu bölümünde analiz ve arazi gözlemleri sonucunda elde edilen verilerle cevherleşmenin oluşumu ve gelişimi konusunda değerlendirmeler yapılmış ileride yapılacak olan çalışmalar için yeni önerilerde bulunulmuştur.

1.2 Amaç

Araştırmanın amacı, Karamadazı bölgesinde bulunan ve Paleozoik yaşlı farklı kayaç birlikteliklerinin olduğu bir bölgede gözlenen demir yatağının jeokimyası ve kökeninin yeni bir bakış açısı ile araştırılmasıdır. Çalışma alanında gözlenen ve Yahyalı istifinde yer alan Akbaş formasyonu, Karamadazı graniti tarafından kesilir. Bu dokanak boyunca da çalışmaya konu olan skarn yatakları oluşmuştur. Yatak doğuda ve batıda ecemiş fayı ile kuzeyde ise Kayseri ovası ile sınırlanmıştır (Kuşçu 2001). Cevherleşme, endoskarn ve exoskarn oluşumlu olup cevher parajenezi, ana bileşen olarak manyetit, pirotin, pirit ve kalkopit daha az oranda ise pirotinden oluşmaktadır. Bunun yanında limonitleşmeler yaygındır. Gang, kuvars ve kalsitten oluşmaktadır. Projedeki amaç, bölgede belirlenen cevher jenezini irdelemek, cevher parajenezini ve oluşum ortamlarını yeniden değerlendirip, arazi gözlemleri ile de eşleştirerek yorumlamaktır. Bu amaçla yola çıkılarak, bölgenin 1/25 000 ölçekli

jeoloji haritaları revize edilmiş ve bölgede yüzeyleyen tüm cevher oluşumlarının incelenmesi yapılmıştır.

1.3. Morfoloji

İnceleme alanında, granitik ve kireçtaşı birimleri gözlenmektedir. Cevherleşme bu iki kayacın sıcak kontağında hem granit içerisinde endoskarn hem de kireçtaşının içerisinde ekzoskarn oluşumlar şeklindedir. Bölge tektonik olarak oldukça etkin bir bölgedir. Ecemiş fay zonu çalışma alanından geçmekte ve cevherleşmeyi etkilemektedir (Kuşçu vd. 2001). Morfolojik olarak ise dağlık ve engebeli bir topografyaya sahiptir.

1.4. Coğrafya ve İklim

Çalışma alanında karasal iklim hakimdir. Yaz ayları oldukça sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yağışlar, kar ve yağmur şeklindedir. Bölgede yalnızca Temmuz ayı yüksek sıcaklık değerleri gösterir. Ağustos'un ilk yarısından sonra bölgede sıcaklıklar düşme eğilimi göstermektedir. Bölge, Eylül, Ekim aylarında yağmurlu, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında ise en soğuk günlerini yaşamaktadır.

1.5. Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım

Çalışma alanının en uzak yeri Yahyalı kasabasına 20 km mesafede olup, yer yer stabilize yollar bulunmakla birlikte, sorunsuz denilebilecek düzeydedir. Köy yolları, kışın zaman zaman büyük oranda kapansa da, yaz aylarında kullanılır durumdadır. Araç ile çıkılamayan yerlerde ise keçi yollarından gidilerek istenilen noktaya ulaşılabilir.

1.6. Öncel Çalışmalar

Kayseri-Yahyalı bölgesi demir yatakları Sivas Divriği demir yataklarından sonra en önemli rezerve sahip yataktır. Tez çalışmasına konu edilen alan ve yakın çevresinde maden yataklarının oluşumu, yan kayaç petrografisi ve bölgenin tektoniği ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Oygür 1986; Kuşçu vd. 2001; Çolakoğlu ve Kuru 2002; Çürük 2006; Dayan 2007; Dayan vd., 2008; Tiringa 2009; Tiringa vd. 2009). Yapılan

çalışmalarda yatağın cevher parajenezi, skarn zonlanması ve sıvı kapanımı çalışmaları yapılmış olup oluşum ile ilgili açıklamalarda bulunulmuştur. Bunlardan bir kısmı aşağıda özetlenmiştir:

Demir oluşumları ile ilgili grafiksel yaklaşımlar pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Bonatti et al., 1972; Hem 1972; Bonatti et al., 1976; Rona 1978; Crerar et al., 1980; Toth 1980; Oygür 1986; Choi and Hariya 1992; Kuşcu vd., 2001; Fitzgerald and Gillis 2006; Dayan 2007; Dayan vd., 2008; Tiringa 2009; Tiringa vd., 2009). Bu diyagramların kullanılması ile demir cevherleşmelerinin mineralojik, jeokimyasal ve ortamsal olarak farklılıkları ve benzerlikleri belirlenmiştir.

Blumenthal (1941), Toroslar'ın, Niğe ve Adana illerinde yaptığı çalışmalarda, bölgedeki demir oluşumlarını "Faraş Demirleri" olarak isimlendirmiş, fosil bulunmamasına rağmen bu litolojilerin Devoniyen yaşında olduğunu savunmuştur. Demir cevherleşmelerini; levha şeklindeki olijistler ile düzenli olmayan mercekler halindeki hematitler olmak üzere iki bölüm halinde sınıflandırmıştır.

Tekeli (1980), Aladağlar yöresinin yapısal evrimini incelemiş, bölgedeki ofiyolitli kayaçların Mestrihtiyen'de kıta kenarına yerleştiğini kabul etmiştir. Tekeli ve Erler (1980), "Aladağ Ofiyolit Dizisi" şeklinde tanımlanan bu kayaçlar içerisindeki diyabaz dayklarının kökenini ele alarak, diyabazların toleyitik karakterli olduklarını ve okyanusal bir havzada ofiyolitik dizinin ilk oluşumu sırasında sokulum yaptıklarını savunmuştur.

Ayhan (1983), Mansurlu (Feke-Adana) yöresinde çeşitli araştırmalar yapmış, İnfakambriyen, Alt-Orta Kambriyen ve st Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı birimleri, Kambro-Ordovisiyen şeklinde bir tek başlık altında ele almıştır.

nl vd. (1984), yaptıkları çalışmada, Attepe Demir Yatağı'nın tabanında yer alan bitümlü şiştler içerisinde gözlenen ve yankayalarıyla uyumlu konumda olan siderit mercek reliktlerinden esinlenerek, Attepe Yatağı'ndaki sideritlerin; sedimanter karakterde olduğunu (sinsedimanter) ilk kez gündeme getirmiştir.

Küpelı (1986), cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin asidik karakter kazanan yüzey suları olduğunu kabul etmiştir. Bu suların cevherleşmeyi oluşturması için derinlere inerek jeotermal gradyana bağılı olarak ısındığını düşünmektedir. Isınan bu suyun tektonik hatlar, kırık ve çatlaklar boyunca yükselmesi sırasında infrakambriyen yaşlı demir içeren birimlerle etkileşime geçerek demir bakımından zengin hidrotermal çözeltileri oluşturması ile demir yataklarını oluşturdukları belirtilmiştir.

Oygür (1986), Karamadazı skarn (kontakt metasomatik) manyetit yatağının jeolojisini ve oluşumunu incelemiştir. Buna göre kontakt metasomatik oluşumlu bu yatağın skarn zonunda yer aldığını belirtmiştir. Ana cevher mineralinin manyetit olduğunu daha az miktarda ise kalkopirit, pirit ve pirotinin de izlendiğini ifade etmektedir. Aynı çalışmada demirin kökeninin olasılıkla sokulum yapan magmatik gövde olduğu sonucuna varılmıştır. Demirin asidik bileşimli hidrotermal çözelti içinde kolloidler halinde taşınmış olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında sülfid mineralleri ise metasomatizmanın son evresinde oluşan sülfidli eriyiklerin manyetit içindeki kırık ve boşlukları doldurmasıyla oluştuğu savunulmuştur.

Ünlü ve Stendal (1986), Türkiye'nin en önemli demir kuşağına ait dokuz adet demir yatağını incelemiş, Adana (Feke-Mansurlu) yöresi yatakları için Attepe Demir Yatağı'nı tip yatak olarak seçmiş ve jeokimyasal verilere dayanarak yatağın Paleozoyik yaşlı kayalar içerisinde sinsedimanter ortam şartlarında oluştuğunu belirtmişlerdir.

Ünlü ve Stendal (1989), Attepe demir yatağının cevher ve yan kayalarında yaptıkları nadir toprak element (NTE) jeokimyası çalışmalarında, limonit oluşumlarının sideritlerden türediğini ve yankayaçlar olan metakumtaşı ve bitümlü şistlerin daha farklı NTE kalıpları sunduğunu belirtmiştir.

Kuşçu vd. (2001) Karamadazı demir yatağında gözlenen skarn zonlanması ve mineralojisi üzerine çalışmış cevherleşmenin üç farklı evrede oluştuğunu birinci evrenin, granat içeren endoskarn ve piroksen içeren ekzoskarnla eş yaşlı olarak

gelişen manyetit cevherleşmesi olarak gözleendiğini, ikinci evrenin ekzoskarn oluşumuna bağılı olarak gözlenen aktinolitleşme sonucunda gelişen manyetit cevherleşmesi olduğunu ve son evrenin ise sülfid evresi ile bağılantılı olduğunu belirtmiştir. Bu evrenin sonucunda manyetit ile birlikte hematit cevherleşmesinin de geliştiğini ve bu cevherleşmeleri kesen kalsit ve kuvarsça zengin doğu-batı doğrultulu bir cevherleşmeden bahseder. Cevherleşmeye piritin, kalkopiritin ve kalkozinin de eşlik ettiğini belirtmiştir.

Çolakoğlu ve Kuru (2002), Attepe Demir Yatağı'nda siderit, kuvars ve baritlerde sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirmiş ve bu minerallerde 4 ayrı sıvı kapanım tipi belirlenmiştir. Cevherleşmeler için bölgede 1. erken dönem, 2. geç dönem ve 3. son geç dönem süreçlerini belirlemişler, homojenleşme sıcaklıklarının 350-170°C arasında değiştiğini belirtmişler, tuzluluk verilerinden de yararlanarak yatağın hidrotermal evre koşullarında gerçekleştiğini ve oluşum evrelerine göre sistem içinde hipotermal, mezotermal ve epitermal evrelerin yer aldığını savunmuşlardır.

Küpelı vd. (2006), "Attepe (Feke-Adana) Demir Yatakları'ndaki Siderit Mineralizasyonunun C, O, S ve Sr İzotop alışmaları ve Jenetik Bulgular" isimli tebliğlerinde arazi gözlemleri ve izotop verilerine göre; siderit ve ankeritlerden oluşan cevherleşmelerin, demirce zengin hidrotermal çözeltilerin altepe kireçtaşlarını etkileyerek kimyasal reaksiyonlarla oluştuğunu (yani sedimanter özellik göstermediklerini), baritlerin ise sülfatça zengin meteorik sularla derin dolaşımlı hidrotermal çözeltileri karışımları tarafından oluşturulmuş olduklarını savunmaktadır.

Dayan (2007), Attepe Demir Yatakları'nın kökeninin eksalatif-sedimanter olduğuna dair izler taşıdığına işaret etmekte ve geniş bir tartışma, deneştirme ve yorum bölümü ile bu tezin irdelemesini yapmaktadır.

Dayan vd. (2008), Dayan (2007)'nin tez çalışmasının özetinden oluşan çalışmalarında, Attepe Demir Yatağı'nın kökenine yönelik verileri detaylı bir sentez biçiminde sunmaktadır. Attepe Demir Yatağı'nın değerlendirilmesi sonucunda,

birincil sedimanter demir oluşumlarının Fe'in kökeni konusunda, oluşum ortamında bulunan bazı kayaçlara doğru olan bir eğilimden kaynaklandığını belirtmişler ve yatağın oluşumu konusunda volkanik-sinsedimanter bir oluşumdan bahsedebileceği ifade edilmiştir.

Tiringa (2009) Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat demir yatağının maden jeolojisini incelemiş (Kayseri)-Mansurlu (Feke-Adana) bölgesi demir yataklarının; Prekambriyen yaşlı, rift kökenli volkanik sinsedimanter veya ekselatif sedimanter kökenli demir yatakları ile yakın akrabalıkları olduğu, bunun yanında Karaçat Demir Yatağının ise, Prekambriyen yaşındaki muhtemel birincil demir yataklarından taşınarak oluşmuş ve deforme olmuş yatak türünü temsil ettiği sonucuna varmıştır.

2. GENEL JEOLJİ

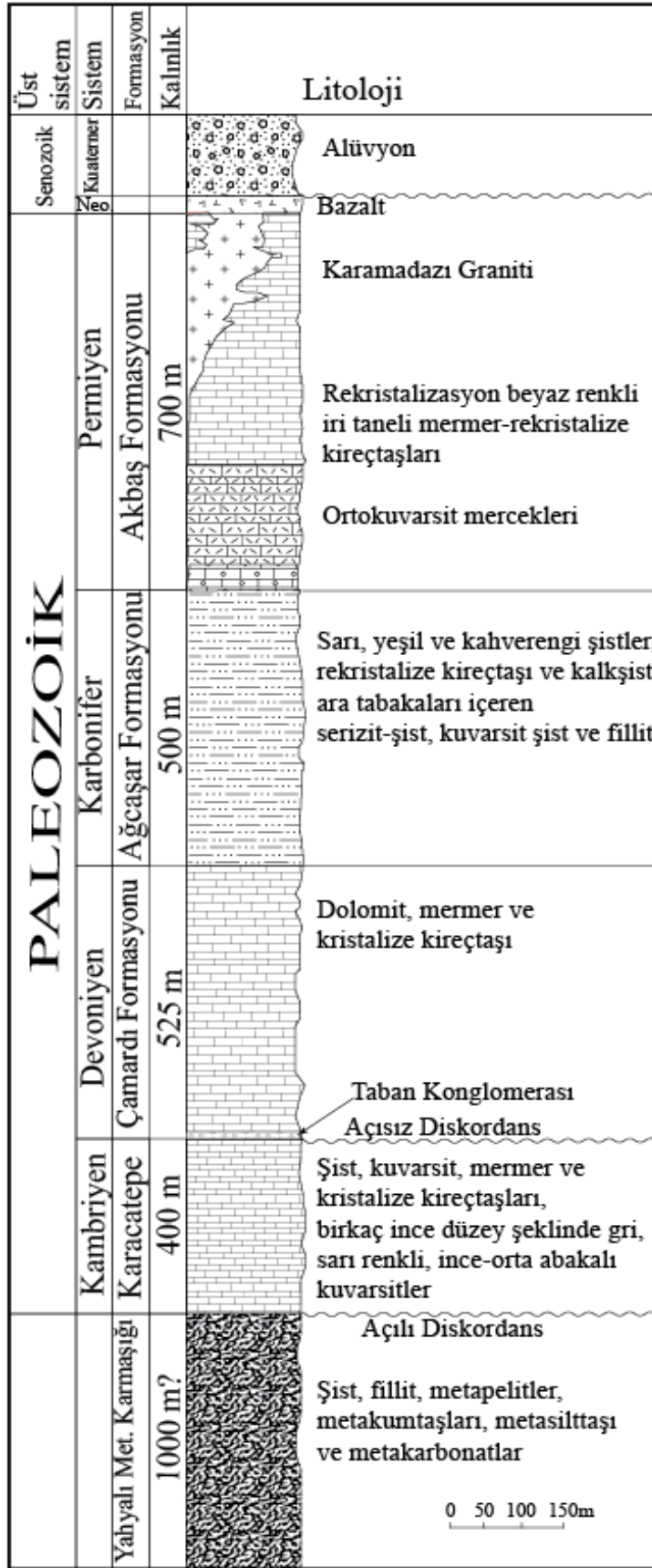
Karamadazı demir yatağı, Kayseri iline bağlı Yahyalı ilçesinin hemen hemen 20 km batısında bulunmaktadır. Çalışma alanı, Paleozoik yaşlı değişik kayaç gruplarının gözlendiği bir bölgede yer almaktadır. Bu bölge Blumental (1941; 1944) tarafından Siyah Aladağ Permokarbonifer yaşlı kireçtaşı sahası olarak da adlandırılmışken, Tekeli vd., (1981) ise Siluriyen-Geç Kretase aralığında çökelmiş şist ve kristalize kireçtaşından oluşan ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan istif Yahyalı istif olarak adlandırmıştır. Ulakoğlu (1983) ise çalışma alanını, Kilikya Toroslarında gözlenen Paleozoik yaşlı birimler olarak adlandırmıştır. Çalışma alanına konu olan skarn yatakları ise Yahyalı istifinde yer alan Akbaş formasyonu ile onları kesen Karamadazı Granitinin dokanağı boyunca gözlenir. Bölge hem doğuda hem de batıda Ecemiş fay zonuna ait normal bileşenli doğrultu atımlı faylarla ve kuzeyde ise Kayseri ovası ile sınırlıdır.

2.1 Yahyalı İstifi

Yahyalı İstifi, fosil kapsamına göre Üst Paleozoik-Alt Mesozoik yaşlı olup allokton bir peridotit napı altında kalmış para-otokton bir naptır (Tekeli, 1980). Ancak aynı istif Ulakoğlu (1983)'na göre Prekambriyen'den başlayıp, Permiyene kadar devam eden arada uyumsuzlukların gözlendiği bir istiftir. Bu istif içinde yaşlıdan gence doğru Yahyalı metamorfik karmaşığı (Prekambriyen), Karacatepe Formasyonu

(Kambriyen), Çamardı Formasyonu (Devoniyen), Ağcaşar Formasyonu (Karbonifer) ve Akbaş Formasyonu (Permiyen) olmak üzere beş ana birim yüzeylemektedir (Şekil 2.1). Bu birimler daha sonra Karamadazı Graniti tarafından sıcak dokanakla kesilmektedir. Özgül (1976)'e göre istif içinde yer alan kayalar yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Göncüoğlu vd., (1991; 1992)'ne göre ise bölge kayaları, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın güney sınırını oluşturan Niğde Masifi kayalarının daha az metamorfizma geçirmiş eşlenikleri ile devamlıdır .





Şekil 2.1 Çalışma alanına ait geliştirilmiş stratigrafik kesit (Ulakoğlu, 1983)

2.1.1. Yahyalı Metamorfik Karmaşığı

Çalışma alanının temelini oluşturan Yahyalı Metamorfik Karmaşığı, farklı metamorfik birimlerden oluşmaktadır. Bu birimler çoğunlukla metapelitler, metakumtaşları, şist ve metakarbonatlardan oluşmaktadır (Ulakoğlu,1983). Aydın ve Lengeranlı (1986) tarafından ise şist, fillit, metakumtaşı, metasilttaşından oluştuğu belirtilmiştir. Karacatepe Formasyonu, açısal uyumsuzlukla Yahyalı Metamorfik Karmaşığını üzerler. Karacatepe Formasyonu ise kristalize kireçtaşları ile şisti dokulu kireçtaşlarından oluşur. Yahyalı ilçe merkezi çevresinde mostra vermektedir. Bunun yanında serisitşist, kuvars-serisitşist, klorit-serisitşist, fillit, kalkşist, kuvarsit ve rekristalize kireçtaşları da gözlenmektedir. Birim oldukça kıvrımlı ve kırıklıdır. Ulakoğlu (1983) tarafından “Yahyalı Metamorfik Karmaşığı” olarak adlandırılmıştır ve yaşının Antekambriyen olduğu düşünülmektedir .

2.1.2. Karacatepe Formasyonu

Şist, kuvarsit, mermer ve kristalize kireçtaşlarından oluşan birim, Ulakoğlu (1983) tarafından Kambriyen yaşlı Karacatepe formasyonu olarak adlandırılmış, Birim, Yahyalı ilçe merkezinin kuzey batısında mostra vermektedir. Değişik mineral bileşimli şistlerle, çok kalın tabakalı gri renkli rekristalize kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Orta ve üst kesimlerinde birkaç ince düzey şeklinde gri, sarı renkli, ince-orta tabakalı kuvarsitler bulunmaktadır. En üst kesimlerinde ise dolomit ve dolomitik kireçtaşları görülmektedir (Keskin vd., 2010).

2.1.3. Çamardı Formasyonu

Dolomit, mermer ve kristalize kireçtaşından oluşan birim, Ulakoğlu (1983) tarafından Çamardı Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon, uyumsuz olarak Karacatepe Formasyonu üzerine gelmiştir. Çamardı Formasyonunun en altında taban konglomerası gözlenir. Bunun üstünde ise rekristalize kireçtaşları belirlenmiştir. Birim, üstte Ağcaşar Formasyonu ile uyumlu olarak gözlenmektedir. Ağcaşar Formasyonu ise çeşitli türdeki kireçtaşı-şeyl araldanmasından oluşmaktadır (Ulakoğlu (1983).

2.1.4. Ağcaşar Formasyonu

Çamardı formasyonu ile uyumlu gözlenen Ağcaşar formasyonu, çoğunlukla sarı, yeşil ve kahverengi şistlerle temsil edilir. Bazı yerlerde rekristalize kireçtaşı ve kalkışist ara tabakaları içeren serizit-şist, kuvarsit şist ve fillitlerden oluşmaktadır (Ayhan ve Lengeranlı 1986).

Birimin içerdiği litolojiler nedeni ile alt üst dokanakları genellikle tektoniktir ve kalınlığı yaklaşık 400 m'dir (Keskin vd. 2010). Birimin yaşı Karbonifer olarak belirlenmiştir (Ulakoğlu, 1983).

2.1.5. Akbaş Formasyonu

İstifin en üstünde gözlenen Akbaş Formasyonu, kireçtaşı ve ortokuvarsit birlikteliğinden oluşur. Bu formasyon altındaki Ağcaşar Formasyonu ile uyumlu olarak gözlenir (Ulakoğlu,1983). Cevherleşmenin gözlendiği formasyon bu formasyondur. Karamadazı Granitinin Akbaş formasyonun kestiği dokanak boyunca skarn oluşumlarına rastlanır. Bunun yanında kireçtaşlarında rekristalizasyon izleri ile iri taneli mermer ve granit kontaktlarında hornfelslere rastlanır (Ulakoğlu,1983). Fay zonları boyunca da kireçtaşları gözlenmektedir. Bu kireçtaşları pizolitli ve pseudoschwagerinalı olarak gözlenmiştir. Bunun yanında cevherleşmenin olduğu dokanaklarda sıcaklık hakim olduğundan bu fosillere rastlamak mümkün değildir. Ayrıca sedimanter dokular da kaybolmuş daha çok metamorfik dokulara doğru kaymıştır.

Cevherleşmenin olduğu Akbaş formasyonu ile Karamadazı Graniti dokanağında yoğun deformasyon izleri gözlenmektedir. Bu izler genellikle güneyden kuzeye doğru artış göstermektedir. Buna bağlı olarak kireçtaşları oldukça kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Bu kıvrımlar bazı bölgelerde özellikle dolomitik kireçtaşlarında daha yoğun gözlenmektedir (Ulakoğlu,1983).

2.1.6. Karamadazı Graniti

Karamadazı Graniti, felsik ve ortaç bileşimli kayaçlardır. Bu birim Karamadazı köyü ile Yularıköy arasında yüzelemiştir (Ulakoğlu,1983). Birim, Oygür (1986)

tarafından Yahyalı Plütönu olarak adlandırılan birime karşılık gelmektedir. Arazi gözlenmelerine göre felsik ve ortaç bileşimli bu birimler, içerisine sokulum yaptığı kireçtaşları ile uyumlu olarak gözlenir (Kuşçu vd. 2001). Bazı araştırmacılar bu kayaçların Yularıköy'den Karamadazıya yani doğudan batıya doğru granit, granodiyorit ve kuvars diyorit olarak zonlanma gösterdiğini (Oygür vd., 1978; Oygür 1986) belirtse de Kuşçu vd., (2001) ise bu tarz bir zonlanmanın olmadığını belirtmiştir. Bu çalışmanın arazi gözlemleri sırasında da böyle bir zonlanmaya rastlanmamıştır. Karamadazı Granitinin kuzey sınırı faylıdır. Cevherleşmenin gözlendiği felsik kayaçlarda kataklastik deformasyon izleri ile hidrotermal çözeltilerin etkisiyle gelişen alterasyonlar da göze çarpmaktadır.

Karamadazı graniti aplit ve pegmatit bileşimli dayklar tarafından kesilmektedir. Aplit bileşimli dayklar pegmatitlere göre daha yaygın görülmektedir ve D-B ve K-G doğrultulu iki ana hat boyunca izlenmektedir. D-B doğrultulu olan dayklar K-G doğrultulu aplitik dayklar tarafından bazı bölgelerde kesilmektedir. Endoskarn cevherleşmesinin belirgin olduğu bölgelerde epidot damarları gözlenir ve bu damarlar yine D-B uzanımlı aplit damarlarına uyumlu olarak gelişmiştir. Bununla birlikte granitoidik kayaçlar içinde (granodiyorit ve/veya kuvarsdiyorit) iri taneli (hemen hemen 30-40 cm) mafik anklavlar gözlenmektedir. Biotit granitlerdeki anklavlar ise daha küçük boyutlu ve daha az sayıda belirlenmiştir (Kuşçu vd. 2001). Cevherleşmenin geliştiği skarn zonları boyunca hem yakınından hem de uzak noktalardan yapılan petrografik incelemeler sonucunda kuvars, K-feldispat, plajiyoklas, biyotit, hornblend ana bileşeni oluşturmaktadır. Bunun yanında sfen ise tali bileşen olarak yer almaktadır. Skarn oluşumu sırasında gerçekleşen metasomatik değişiklikler kayaçlar içerisinde mineralojik değişimlere yol açmıştır. Örneğin plajiyoklaslarda ve özellikle piroksen gibi mafik minerallerde epidotlaşma ve silis getiriimi oldukça yaygın gözlenmektedir. Bu tür kesimlerin endoskarnlaşma içinde olduğu düşünülmektedir. Yan kayacın bileşimi yaygın olarak granit, granodiyorit, kuvars diyorit olarak değişim gösterir. Granit skarn cevherleşmesine daha uzak bölgelerde gözlenirken, daha mafik olan kuvars diyorit ve granodiyorit ise daha yakın bölgelerde gözlenmiştir (Kuşçu vd., 2001).

2.1.7 Yuları Bazaltı

Yuları Bazaltı, Erciyes volkanizmasına bağlı olarak gelişmiş lav akıntısı şeklindedir. Çalışma alanının kuzey bölümünde Yularıköy'ün batısında gözlenmektedir. Mineralojik bileşimi, olivin bazalt şeklindedir (Ulakoğlu 1983).

2.1.8. Genç Örtü Kayaçları

Çalışma alanında eski vadi ve akarsu yatakları ile ovaları oluşturan çakıl, kum ve kil boyutundaki birimlerden oluşmaktadır (Ulakoğlu 1983).

3. TEKTONİK

Türkiye'nin tektonik ve jeolojik yapısından dolayı çok çeşitli maden yataklarını oluşturmaktadır. Geniş ölçekli bakıldığında çalışma alanı, Ecemiş Fay Zonu'nun içerisinde kalmaktadır. Ecemiş Fay Zonu, çalışma alanında KD-GB yönünde ilerleyerek Sultan Sazlığı Pull-apart Havzası'nı oluşturan kollara ayrılır. Kollardan biri Yeşilhisar-İncesu ilçelerinden geçerek Sultan Sazlığı Havzası'nın batı kenarını oluştururken, diğer kol Sultan Sazlığı boyunca devam ederek Erciyes dağının zirvesinden geçer. Ecemiş Fay Zonu'na ait diğer kol ise Yahyalı-Develi arasında Sultan Sazlığı Havzası'nın doğu kenarını oluşturur. Bunun yanında bölge, tektonik olarak Alpin orojenez sisteminin etkisinde gelişmiştir . Bölgede gözlenen antiklinal ve senklinalden oluşan kıvrımlı bir yapının da bu sistem sırasında oluştuğu düşünülmektedir. Karamadaı ve yöresinde, faylanma yaygın olarak gözlenmektedir. Bunlar genellikle ters fay veya eğim atımlı faylar olarak gözlenmektedir. Uzanımları ise genellikle KB-GD ve GB-KD'dır. Bunların yanında bölgede çok sayıda D-B uzanımlı birbirine paralel üç büyük kırık hattı gözlenmekte ve bu kırıklar, diğer fayları kesmektedir (Oygür 1986). Özellikle Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) (Göncüoğlu vd., 1991; 1992), polimetalik yatakların oluşumunda oldukça etkili bir bölgedir. Bu oluşumların Alpin Orojenez Sistemi ile doğrudan ilgisi olduğu düşünülmektedir. Bölgede yaygın olarak gözlenen skarn yatakları, oldukça çeşitli cevherleşmeler ve alterasyon zonlarının varlığı ile önem kazanmaktadır. Bu yataklar aynı yaşta ve jeokimyasal olarak birbirinin benzeri plütonlarla ya da magmatik kayaçlarla birlikte bulunurlar. Çalışma alanındaki demir skarn yatağı, hem alterasyon

zonları bakımından hem de çeşitli evrelerde gelişen cevherleşmeler bakımından bölgede gözlenen en önemli yatak niteliğindedir (Kuşçu vd., 2001).

4. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında arazi çalışmaları sırasında Karamadazı (Kayseri-Yahyalı) demir yatağının jeolojik ve jeokimyasal özellikleri araziden derlenen örneklerde yapılan ana, eser ve NTE analizleri, XRD, SEM-EDX verilerinin yanında arazi gözlemleri ve mikroskobik çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda tartışılmıştır. Tez çalışması kapsamında toplam 85 adet örnek alınmıştır. Bunlardan 45 adedi cevher örneği, 40 adedi ise yan kayaç örnekleridir. Tüm örnekler, öncelikle parlatma, ince kesit ve sıvı kapanımı yapılmak üzere ayrılmıştır. Bunlara ilave olarak cevher damarlarında gözlenen kalsit örneklerinden de ayrıca 5 adet örnekleme yapılmış ve bu örnekler sıvı kapanımı çalışmalarında kullanılmıştır. Sıvı kapanımlarına göre cevherleşmenin oluşum sıcaklığı ve tuzlulukları belirlenmiştir. Bu analiz, Pamukkale Üniversitesi sıvı kapanım laboratuvarında yaptırılmıştır. Parlatma örnekleri cevher mikroskobu ile incelenmiş, bunun sonucunda cevherleşmedeki parajenez, süksesyon ve yapı-dokular belirlenmiştir. Bunun yanında parlak kesitler ile SEM-EDX analizleri de yapılarak mineraller jeokimyasal olarak değerlendirilmiştir. Hazırlanan ince kesitler ile de cevherleşmenin gang mineralleri ile yan kayaçların petrografik incelemeleri belirli ölçüde yapılmış, bu tez kapsamında bir kısmı teze yansıtılmış büyük bir bölümü ise Kuşçu vd. 2001'den yararlanılarak özetlenmiştir.

Jeokimyasal analizler için ise örnekler 100 mesh'e kadar öğütülmüştür ve 20 gr olacak şekilde paketlenmiştir. Öğütülecek cevher örnekleri olabildiğince masif örneklerden seçilmiş ve öğütme sırasında yaşanabilecek kontaminasyondan kaçınmak için oldukça hassas davranılmıştır. Öğütme işlemi Bozok Üniversitesi Laboratuvarında yapılmıştır. Saf manyetitlerin ayrılması işlemi için ise daha detay çalışma yapılmıştır. Bunun için öncelikle mümkün olduğu kadar saflaştırılan manyetit örnekleri öğütülmüştür. Yıkama yapılarak, askıda kalan minerallerden uzaklaştırılmış daha sonra kurutulan toz örnekler, mıknatıs yardımı ile gang ve diğer cevher minerallerinden uzaklaştırılmıştır. Elde edilen 10 adet saf manyetit

örneklerinin ana, eser ve NTE analizleri Kanada (Bureau Veritas)'da yaptırılmıştır. Analiz sonuçlarının elde edilmesi ile birlikte Karamadazı (Yahyalı-Kayseri) demir cevherleşmesinin oluşumu, parajenezdeki minerallerin ana, eser ve Nadir Toprak Element (NTE) jeokimyasaları ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Bu süreçte öncelikle daha önce literatür taramalarından elde edilen uygun diyagramlar çizilmiş ve bu diyagramların jeokimyasal yöntemlerle değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılmıştır.

4.1. Saha Çalışmaları

Saha çalışmaları, 2015 Haziran ayında başlatılmıştır. 2015 Eylül ayına kadar değişik zaman dilimlerinde yürütülen saha çalışmaları kapsamında, öncelikle bölgenin litolojisini tanımaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda 1/25 000 ölçekli topografik ve jeolojik haritalar kullanılarak, bölgenin jeolojisi tanımaya çalışılmıştır. Çalışma alanı, tektonik bir bölge olması dolayısı ile oldukça kırıklı, kıvrımlı yapıya sahip olup, farklı lokasyonlarda gözlenen değişik jeolojik özellikler (özellikle fay, kıvrımlı yapılar ile alterasyonlar), saha defterine not edilmiştir. Özellikle kıvrımlardan ölçüm alınarak cevherin gidişi konusunda bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Alterasyon zonları da takip edilerek cevherleşme ile ilişkisi görülmeye çalışılmış ayrıca tüm birimlerin ilgili yerleri fotoğraflandırılmıştır.

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

4.2.1. Petrografik Çalışmalar

Laboratuvar çalışmaları, saha çalışmalarına paralel olarak sürdürülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında proje kapsamındaki tüm bölgelerden alınan cevher örneklerinin 25 adedi için parlak kesit hazırlanmıştır. Parlak kesitler, Bozok Üniversitesi Laboratuvar'ında bulunan Labopol Struers marka parlatma cihazında yapılmıştır. Bunun için örnekler öncelikle, 3 cm çapındaki bakalit kalıplara konularak polyester ve sertleştirici madde yardımıyla parlak kesit yapımının ilk aşaması tamamlanmıştır. Daha sonra her bir parlatma, yalnızca su kullanılarak silikon bileşimli, sırasıyla 220, 320, 500, 800 ve 1200µ'luk aşındırıcı kağıtlar ile 5'şer dakika aşındırılmıştır. Parlatma işlemi için ise sırasıyla DP-Plan, DP-Dur, DP-Dac, DP-Plus ve son olarak DP-Nap parlatma kağıtları ve solüsyonları kullanılarak her bir örnek için 5'şer

dakika işlem gerçekleştirilmiştir. Parlak kesitlerin hazırlanması bittikten sonra mineral parajenezi, süksesyonu ve yapı-doku ilişkileri, Bozok Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Leica DM 2500 marka dijital görüntüleme ve görüntü analiz sistemli alttan ve üstten aydınlatmalı araştırma mikroskopunda incelenmiştir. İncelemeler sonucunda, çalışma alanına ait cevher örneklerinin mineral parajenezleri, kısmen de doku ve süksesyonları incelenmiş ve gerekli görülen yerler fotoğraflandırılmıştır.

5. SKARN CEVHERLEŞMELERİ

Kökenleri ne olursa olsun, sıcaklıkları 50°C-400°C arasında olan sıcak sulu çözeltiler hidrotermal çözeltiler olarak, sıcaklıkları 400°C ile 600°C arasında değişen doğal, sıcak buharlı ve sulu çözeltiler ise pnömatolitik çözeltiler olarak tanımlanmaktadır. Ancak son zamanlarda pnömatolitik yatak kavramının kullanılmasından büyük ölçüde vazgeçildiği ve sıcak çözeltilerle ilişkili tüm yatakların hidrotermal yataklar kapsamında incelendiği görülmektedir. Bu yataklar, katatermal (>300 °C), mezotermal (300-200°C), epitermal (<200 °C) ve \pm teletermal (100 °C) şeklinde alt bölümlere ayrılır.

Sokulum yapan plütonik kütlelerin üst kısmında geçirimsiz kabuk gelişemezse veya çözeltilerin dışarı çıkabileceği geçirgenliği yüksek zonlar varsa, pnömatolitik ve hidrotermal çözeltiler, plütonik kütlelerin dışına çıkarak, içeriklerini çevre kayaların dokanakları boyunca çökeltirek zenginleştirir. Bu aşamada cevher mineralleri yankayaç minerallerinin yerini alarak kristallenirlerse bu tür yataklar için kontakt metasomatik, pirometasomatik yataklar veya skarn yatakları denir. Bu tür yataklar plütonik kütlelerin karbonatlı kayalarla dokanaklarında yaygın olarak gözlenmektedir.

Cevherli çözeltiler içindeki Si, Al, Fe, Mg gibi elementlerin karbonatlı yankayaçlarla reaksiyona girerek oluşturdukları kalk-silikatik mineraller, skarn mineralleri olarak tanımlanmakta olup, bu mineralleri içeren kontakt yatakları ise skarn tipi yataklar olarak adlandırılır.

Skarn yataklarının oluşumunun üç aşamada olduğu düşünülmektedir.

1. Aşama; asidik magmatik kütlenin karbonat kayaçlara sokulumu ve kontakt metamorfizmanın oluşumu ile başlar. Bu aşamada kayaçlarda yüksek porozite oluşurken cevher minerallerine rastlanmaz. Bu aşama sonucunda kontakt metamorfizma ile yan kayaçlar çok daha kırılğan hale dönüşür. Bu sayede cevher oluşturma potansiyeli kazanır.
2. Aşama; metasomatik olayların meydana geldiği ve skarn zonunun oluştuğu aşamadır. Magmanın kristallenmesi sonucunda magmatik hidrotermal çözelti hem intrüzif kütlenin hem de yan kayaçların basınca maruz kalarak kırılanmasına yol açar. Bu esnada iki tür skarn oluşur. Reaksiyon skarnı ve metasomatik skarn. Reaksiyon skarnı, orta-yüksek metamorfizma dereceli ortamlarda, kireçtaşı ile şeyl veya çört ardaşımli birimlerde oluşur. Bu aşamada herhangi bir cevherleşme söz konusu değildir. Metasomatik skarn ise, magmatik kaynaklı hidrotermal çözeltinin karbonatlı birimler içine girmesi ile oluşur ve böylece cevher oluşumunu sağlar.
3. Aşama ise, sokulum yapan asidik magmatik kütlenin kristallenmesinin tamamlanması aşamasıdır. Özellikle sıg ortamlarda gelişir ve yüzeysel kökenli çözeltilerin çevrimi ve sisteme girişi ile ortaya çıkar. Daha önceki iki evrede oluşan mineraller bozularak, yeni minerallerin oluşumu gözlenir. Yan kayaca uçucular ilave edilirken Ca çözülür ve yeni sulu silikatlar oluşur.
4. Redrograd (gerileyen) alterasyon ile, öncelikle Ca'ca zengin silikat Ca'ca fakir silikatlar tarafından ornatılır. Daha sonra Fe-oksit ve sülfürler oluşur. Son olarak ise karbonatlar ve albitik plajiyoklaslar oluşur.

Skarn; sıcak magmatik kayaçların karbonatlı kayaçlara (kireçtaşı veya dolomit) sokulum yapması sonucunda magmatik kayaçlar ile karbonatlı kayaçlar arasında gelişen metasomatizma olayıdır. Bu metasomatizma sırasında magmatik kayaçlardan karbonatlı kayaçlara en fazla Si olmak üzere, daha az oranda ise Al, Fe ve Mg ilave edilir. Sonuç olarak skarn oluşumu sonucunda, karbonatlı minerallerin Ca silikatlı ve Mg silikatlı minerallere dönüşmesi söz konusu olur. Bu olay sonucunda oluşan yataklara da skarn yatakları denir. Bu yataklarda oluşan cevherleşme, sokulum kayacın içerisinde gelişirse endoskarn, kireçtaşının içerisinde gelişirse ekzoskarn olarak adlandırılır.

Skarn yatakları mineralojik bileşimine göre ise; kalsiyumlu, magnezyumlu ve silikatlı skarn oluşumları olmak üzere üçe ayrılır.

Kalsiyumlu skarn oluşumları; magmatik sokulumla gelen hidrotermal çözeltilerin kireçtaşlarını ornatmasıyla oluşmuştur. En tipik mineralleri granat (andradit, grosüler), piroksen (diyopsit, hedenberjit), epidot, vezüvyanit ve vollastonittir. Magnezyumlu skarnlar; özellikle dolomit veya dolomitik kireçtaşlarının ornatılmasıyla oluşmuştur. Bu oluşumdaki tipik mineraller ise, diyopsit, forsterit, spinel, flogopit, serpantin ve dolomittir. Son olarak silikatlı skarn oluşumları ise granit, siyenit, kumtaşı, kıltaşı, volkanik tuf gibi alümino silikatlı kayaçların ornatımıyla oluşmuştur. En tipik mineral ise skapolittir.

Yukarıda da belirtildiği gibi çalışma alanına konu edilen cevherleşme, kireçtaşı veya dolomit gibi karbonat kayaçlar ile asidik kayaçlar arasında ve asidik kayacın sokulum yapması sonucunda gelişen bir olaydır. Sokulum sırasında açığa çıkan hidrotermal çözeltiler öncelikle dokanak boyunca hornfels kayaçlarının oluşmasına sebep olur. Bunun yanında karbonat kayaç içerisinde (ekzoskarn) ve sokulum kayacı içerisinde (endoskarn) metasomatizmanın gerçekleşmesi ile birlikte çeşitli cevherleşmeler oluşur. Skarn oluşumlarının incelenmesi sırasında yatağın parajenezinin yanında mineraller arasındaki ilişki, mineraller arası ve minerallerdeki zonlanmalar da incelenmelidir. Skarn zonlarının arazide incelenmesi ve belirlenmesi skarn parajenezi hakkında kısıtlı da olsa bilgi edinilebilmesini sağlamaktadır. Bunun yanında parajenezin belirlenmesi, skarn zonlanması ve skarn evreleri arasındaki ilişkinin, jeokimyasal yorumlamalarının yapılması açısından da önem arz etmektedir. Bunları desteklemek için cevher mikroskobisi ve XRD gibi diğer çalışmaların inceleme ve analizlerin yapılması gerekmektedir. Cevher mikroskobisi çalışmalarında oluşum evreleri, yapısal ve dokusal ilişkiler de tespit edilmelidir. Cevher minerallerinin arazide gözlenmesi ve detaylı olarak incelenmesi, skarn oluşumu sırasındaki zonlanmanın açıklanması, sıcaklık dağılımının irdelenmesi, sokulum yapan plütonik kayaçların içerisinde mi yoksa kireçtaşlarının içerisinde mi geliştiğinin açıklanması açısından da oldukça önemlidir. Bu sayede cevherleşmenin evreleri, oluşumun jeokimyasal gelişimi hakkında da bilgi edinilebilmektedir.

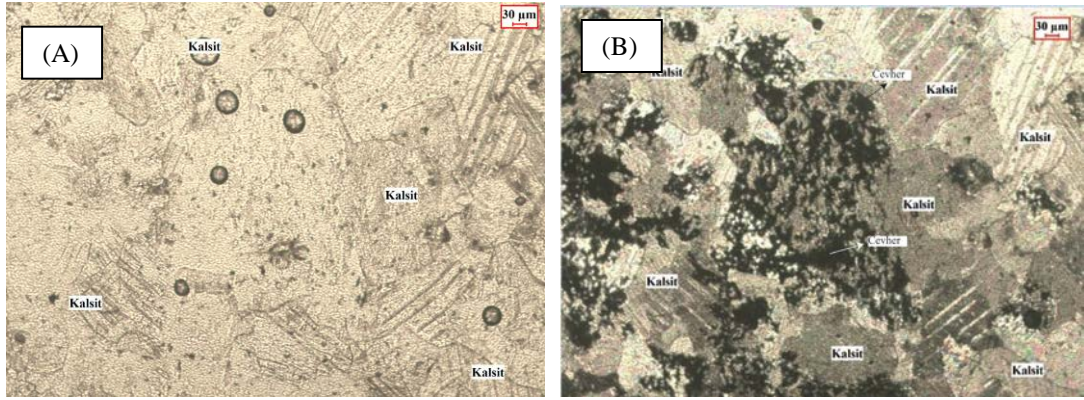
Bölgede gözlenen skarn cevherleşmesi, Akbaş formasyonuna ait kireçtaşlarına, Karamadazı Granitinin sıcak dokanak yapması sonucu gelişmiştir. Cevherleşme dokanak boyunca yaygın olarak gözlenmiştir. Cevherleşmede ana mineral olarak manyetit hakim olup hat boyunca pişme zonlarında belirgin olarak hornfels kayacı ile cevherleşme oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. Cevherleşmenin olduğu dokanak boyunca yapılan incelemelerde yoğun kırık çatlakların varlığı dikkat çekmektedir. Bunun yanında yoğunluğuna bağlı olarak yeniden kristallenmeler (rekristalizasyon) de oldukça belirgindir. Kırıklanma ve çatlak azaldıkça bu etki de azalmaktadır. Cevherleşme, özellikle kırıklanmamış, daha az çatlaklı kireçtaşları ile granit dokanağında gözlenmektedir.

6. MİNERALojİK ÇALIŞMALAR

Cevher oluşumu plütunun ya da kireçtaşının içinde oluşmasına bağlı olarak endoskarn ve ekzoskarn olarak sınıflandırılmakta olduğu yukarıda bahsedilmiştir. Çalışma alanında gözlenen cevherleşmeler de hem plütunun hem de kireçtaşının içinde gözlenmiştir. Dolayısı ile hem endoskarn hem de ekzoskarn oluşumundan bahsedilebilir. Ekzoskarnlar, çoğunlukla kalsik skarn bileşimindedir ve cevherleşme yoğun olarak kireçtaşının içinde gözlenir (Şekil 6.1 A, B). Bununla birlikte arazi gözlemleri ve mikroskobik çalışmalara dayanarak Karamadazı skarn zonunun tek bir zondan oluşmadığı, granitten kireçtaşı dokanağına doğru, granit-endoskarn-ekzoskarn-kireçtaşı şeklinde bir zonlanma gözlendiği belirlenmiştir. Endoskarn; granit içerisinde kireçtaşına doğru epidot ve epidot-granat skarn şeklinde bir zonlanma göstermektedir. Ekzoskarn ise kireçtaşı içinde granat, piroksen ve epidot ile aktinolit, kalsit, kuvars, epidot, pirit birlikteliği sunan bir zonlanma göstermektedir. Zonlanmada granite daha yakın tarafta granatlar gözlenirken, kireçtaşına yakın bölgelerde ise piroksenlerin gözlendiği dikkat çekmektedir. Endoskarnlar ise granitin içerisinde belirgin bir hat boyunca gözlenmiştir. Hafif eğimli olan cevher damarında epidot ve piroksenler yaygın olarak gözlenmektedir. Yer yer damarlar ve mercekler şeklinde bir oluşum hakimdir. Granite gözlenen yoğun epidotlaşma oldukça dikkat çekicidir. Granitin dokanağı boyunca gözlenen hornfels, sarımtırak kahverengi olup devamında gelişen cevher oluşumunu işaret etmektedir. Endoskarn oluşumunda kayaçtaki özellikle plajiyoklajlardaki

epidotlaşma çok tipiktir. Kireçtaşına doğru gidildikçe ise skarn oluşumunu işaret eden granat ve piroksence zengin mineral oluşumları dikkat çekmektedir. Granit içerisinde gözlenen endoskarn oluşumunu takiben daha dışa doğru (ekzoskarna doğru) epidot ve epidot-granat skarn bileşimine geçiş gözlenmiştir. Epidotlaşma, polisentetik ikizlenmeli plajiyoklazların merkezinden başlayarak küçük bozunmalar şeklinde kendini gösterir (Kuşçu vd., 2001). Bu alterasyon zonlu plajiyoklaslarda oldukça belirgin olarak gözlenmektedir. Bunun yanında amfibol minerallerinin özellikle kenar kısımlarında da yer yer epidotlaşmalara rastlanmıştır. Epidot skarn cevherleşmesinde epidota, granat, piroksen ve klorit de eşlik etmektedir. Bu skarnlarda granatlar, damarlar veya mercerler şeklinde gözlenmektedir (Kuşçu vd., 2001). Granatlar ince kesitte, optik engebesi oldukça yüksek, bol kırıklı çatlaklı, hemen hemen özşekilsiz, renksiz gözlenmektedir (Kuşçu vd., 2001). Zonlanma çok az ya da önemsiz orandadır.

Skarn oluşumunun ikinci evresinde kalsitleşme süreci başlamış bu süreçte granatlar küçük parçalar halinde kalsitlerin içerisinde küçük taneler halinde gözlenmektedir. Epidot skarnlarda yaygın olarak gözlenen plajiyoklaslar ise hemen hemen iri taneli ve belirgin polisentetik ikizlenmelidir. Zolanma gösteren plajiyoklazlar da az değildir. Plajiyoklasların bileşimi sönme açalarına göre hesaplanmış genellikle andezinden labradora kadar değişen bileşim sergilediği gözlenmiştir (Kuşçu vd., 2001). Dokanak boyunca gelişen deformasyon etkileri plajiyoklaslara belirgin olarak yansımıştır. Şöyle ki, plajiyoklaslarda kırık çatlağın hakim olmasının yanında epidotlaşma, ikincil gelişmiş kalsit dolguları ve piroksenler tarafından ornatılma belirgin olarak gözlenmektedir. Bu durum piroksenlerin Ca-plajiyoklaslardan metasomatizma ile oluştuğunun işaret olarak kabul etmektedir (Kuşçu vd., 2001).



Şekil 6.1 Kireçtaşının içinde gözlenen ekzoskarn cevherleşmesi
 (A) Paralel nikol görünümü (B) Paralel nikol görünümü

Bölgede hem zonlu hem de zonlanma göstermeyen plajiyoklazlar gözlenmektedir (Kuşçu vd., 2001). Bu minerallerdeki zonlanma, kristallenme sırasındaki dengesiz soğumanın işareti olarak değerlendirilebilir. Bu durumda yeni gelen akışkanların ortamı ısıtması söz konusu olabilir. Piroksenler, kireçtaşlarının içinde gelişen endoskarn oluşumlarında gözlenir. Yarı özşekilli, yüksek girişim rengine sahiptir. Bu mineraller plajiyoklasları ornatır durumdadır (Kuşçu vd., 2001). Silisleşmenin yaygın olduğu bölgelere doğru yapılan incelemelerde piroksenler daha belirgin pleokroizma göstermektedir. Bunun yanında kloritleşmeler de oldukça belirgindir. Alterasyonla gelişen kloritleşmenin yanında manyetit oluşumları da dikkat çekmektedir. Yatağın en önemli bileşenini oluşturan manyetit, endoskarn cevherleşme ile (granitin içinde) dissemine (saçınımlı) olarak ve kloritleşmenin de daha yoğun gözlendiği yerlerde belirgindir. Granat ve epidot içeren endoskarn oluşumları ise epidot içeren endoskarn ve ekzoskarn zonu arasındadır. Granatlı ve epidot içeren endoskarnlar, magmatik sokulumun hemen hemen daha uzağında, alterasyonların yoğunlukla olduğu ve metasomatizmanın yaygın olarak gözlendiği plütonik kayalar içerisinde belirlenmiştir. Bu plütonik kayalar pişme zonunda (asidik kayaç-kireçtaşı dokanağında) tıkHz yapılı, yeşil renkli gözlenmektedir. Pişme zonuna yaklaştıkça endoskarnlardaki epidot ve granatlar, damar ve cepler şeklinde gözlenmiştir. Granatlar, epidota göre daha bol olarak bulunmaktadır ve bu endoskarnlardaki granatlar yarı-özşekilli açık renkli, oldukça yüksek optik engebe sunan ve bol kırıklı çatlaklı görünümündedir. Granitten kireçtaşına doğru gidildiğinde (endoskarndan ekzoskarna) epidot bileşiminde daha çok azalma gözlenirken granatta ise artış

belirlenmiştir. Bunun yanında piroksenlerde ise artış söz konusu olmuştur. Burada gözlenen granatlardaki zonlu yapı dikkat çekmektedir. Yine de zonsuz granatlara da rastlanmıştır. Zonlu granatlar oldukça düzgün görünümlü salınımlı, iç içe geçmiş halkalar şeklinde gözlenmektedir. iç kısımları daha koyu renk sunarken dışa doğru daha açık renk hakimdir. Ekzoskarn zonuna doğru ise granatlar hem zonlu hem de zonlanma göstermeyen şekillerdedir. Bunun yanında zonlu olanlar zonlanma göstermeyen granatları ornadır şekilde gözlenmektedir (Kuşçu vd., 2001). Bu durum, granatları oluşumuna sebep olan kimyasal işlemlerin zaman zaman değişikliğe uğradığını ve böylece zonlu granatların oluşumunun ikincil olarak gelişen sonraki bir evrenin ürünü olduğu savunulmaktadır (Kuşçu vd., 2001). Granatın kırık ve çatlaklarında veya çekirdeğinde kalsit ve kuvars gözlenmiştir ve bunların daha çok retrograd (gerileyen metamorfizma) oluşumlu olduğu düşünülmektedir. Buradaki piroksenler ise özşekilsiz veya yarıözşekilli olarak gözlenir. Ekzoskarna doğru yani granitten kireçtaşına doğru piroksenlerde artış belirlenmiştir. Bunun yanında özellikle kuvars tarafından ornatılmışlardır ve az da olsa uralitleşmeye de rastlanmıştır. Granatlar, endoskarn ve ekzoskarn zonlarında farklı şekilde gözlenir. Bu farklılık hem kristal boyutu olarak hem de renk olarak göze çarpmaktadır. Şöyle ki granitten kireçtaşına doğru geçildiğinde granatların boyutunda küçülme gözlenirken rengi de kahveden yeşile dönmektedir. Damar şeklindeki granatlar daha çok kahve renklidir. Her iki zon arasında damarlar şeklinde manyetit sıvıamalarına da rastlanmıştır.

Kireçtaşına doğru gelişen cevherleşmelerde (ekzoskarn) amfibol, piroksen ve epidotun daha yaygın olarak geliştiği söylenebilir. Bu mineral bileşiminin (aktinolit ve diyopsit) gözlenmesi, bunun yanında yeniden kristallenme şeklinde kalsit içinde gözlenmiş olması, bu skarnların karbonatlı bir kayacın metasomatizmasıyla oluştuğunun bir göstergesi olabilir (Kuşçu vd., 2001). Ekzoskarnlar granit sokulumu ve kristallenme sürecinde rekristalize olan kireçtaşlarının ornatılmasıyla oluşmuş hakim rengi yeşil olan bir skarn zonedir. Endoskarnlarla olan dokanakları renk değişiminden kaynaklanan farklılık nedeniyle mineralojik olarak değişimlerin söz konusu olduğu endoskarn minerallerinin yerlerini yer yer ornatmalar şeklinde gözlenen ekzoskam minerallerine bıraktığı geçiş zonlarıyla da karakterize edilir

(Kuşçu vd., 2001). Geçiş zonları yaklaşık 2-3 m kalınlıklarda olup bu zondan itibaren tamamen ekzoskarnlara geçilir. Ekzoskarnlar mineralojik olarak daha değişik mineral topluluklarını bünyelerinde barındırırken diğer yandan da daha masif görünümündedir. Bu cevherleşme geçiş zonu ile rekrystalize kireçtaşları arasında bulunur. Bunlara ilave olarak bölgede piroksen-granat ve epidotca zengin ekzoskarnlar, daha koyu renk görünümü olup endo-ekzoskarn geçiş zonundadır (Kuşçu vd., 2001). Daha koyu renkli ve izotrop özellikteki granatlar, yeşil-kahve renkli granatlarla birlikte gözlenir. Piroksenler endoskarnlardan ekzoskarnlara doğru artış gösterir. Ekzoskarnlara doğru bu piroksenler hem daha iri taneli hem de daha özşekilli, yarıözşekilli görünümündedir. Bileşimlerinin diyopsit ve hedenberjit olabileceği düşünülmektedir. Piroksenler, granatları ornatırken, epidot tarafından da ornatılır. Çalışma alanında genel olarak orta-iri taneli ve özşekilli-yarıözşekilli prizmatik kristaller şeklinde piroksenler ile daha ince taneli ve özşekilsiz piroksenler gözlenmiştir. Bunlar sarımsı renkli olup, çok az pleokrozima gösterir. İnce taneli piroksenlerin deformasyon sebebi ile iri taneli kristallerden dönüştüğü düşünülürken iri taneli olanlar ise yalnızca bazı bölgelerde gözlenmiştir. Daha küçük ya da orta-iri taneli piroksenler ise endoskarn zonundan ekzoskarn zonuna doğru artış gösterir. Genellikle hedenberjit bileşimli olabileceği düşünülmektedir. Epidot-aktinolit endoskarn zonuna yakın bölgelerde ise manyetit saçınımları içermektedir. Bu piroksenlerde alterasyon gözlenmemektedir (Kuşçu vd., 2001). Bu durum manyetit saçınımlarının piroksen oluşumundan hemen sonra ve piroksenden kökensel olarak farklı olduğunun göstergesidir (Kuşçu vd., 2001). Bu zonda piroksenlerin yanında granatlar da değişiklik gösterir. Çalışma alanındaki granatlar, zonlanma gösteren, hafif anizotropisi olan ve daha masif görünümü, zonlanma göstermeyen izotrop özellikli granatlar olmak üzere iki çeşittir (Kuşçu vd., 2001). İzotrop granatlar daha iri tanelidir ve piroksenler ile birlikte gözlenir. Piroksenler bu granatları yer yer ornatır durumdadır. Epidot-aktinolit içeren cevherleşme, ekzoskarndaki en fazla bulunan bölümdür. Piroksen, granat ve epidot içeren kısım, epidot ve pirit içeren skarnlaşma arasında gözlenmektedir. Ana cevher kısmı bu bölümde ayırtlanmıştır (Kuşçu vd., 2001).

Cevherleşme fay kontrollü sistemlerle yer yer eğimli bir görünüm sunarken yer yer ise ötelenir. Epidot, piroksen, aktinolit ve bol miktarda granat gözlenmektedir. Ekzoskarn olarak belirlenen bu cevherleşmeler kireçtaşının içinde aktinolit ve manyetit de içeren ve sedimanter yapıya uyumlu olarak gelişen tabakalı bir cevherleşme şeklindedir. Bu tabakalarda piroksen ve aktinolit birliktelikleri de dikkati çekmektedir (Kuşçu vd., 2001).

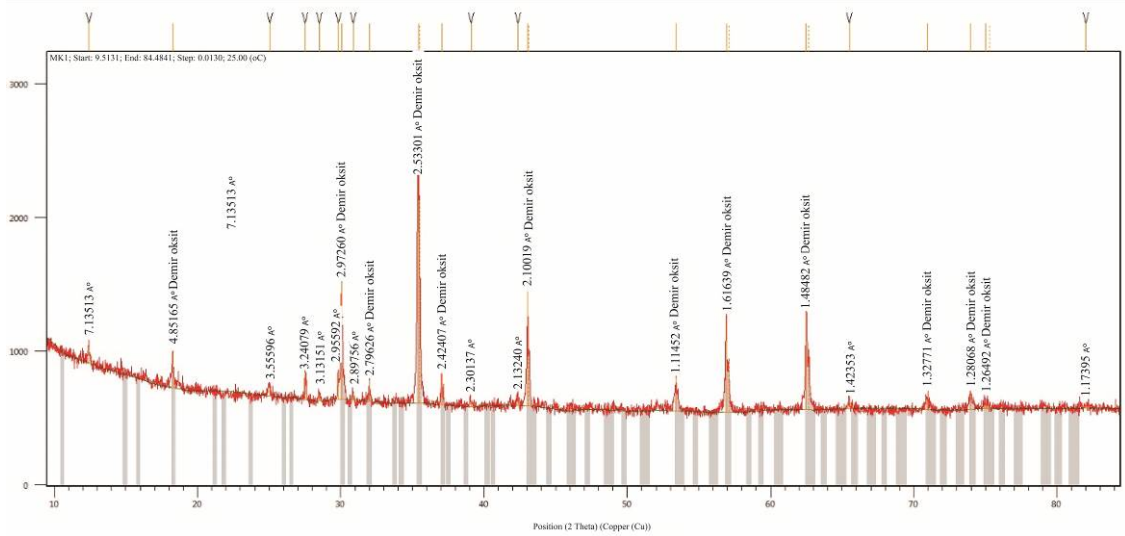
Epidot-aktinolit zonunun kendi içinde belirsiz geçişli olduğu düşünülmektedir (Kuşçu vd., 2001). Zonlanmanın zonlu granat, iri taneli ve yarı-özşekilli, özşekilsiz piroksen ve aktinolit şeklinde olduğu belirlenmiştir (Kuşçu vd., 2001). Zon, amfibolleşmiş piroksenlerle başlar ve aktinolit, epidotların baskın olarak gözleendiği bölümlerden oluşur. Aktinolit yeşil-mavi, mor renklerde ve ışınal yarı özşekilli, özşekilli olarak bulunurken piroksenlerin amfibolleşmesiyle oluşmuştur. Çoğunlukla piroksenler üzerinde veya onları ornatır bir şekilde bulunur (Kuşçu vd., 2001). Bazen ince taneli olsa da çoğunlukla iri tanelidir. İri taneli olanlar yer yer 5-7 cm boyutuna ulaşmaktadır. Piroksenlerden rekrystalize kireçtaşlarına doğru hem miktarlarında hem de tane boylarında artış olur (Kuşçu vd., 2001). Cevherleşmenin yan kayacında gözlenen mineral birlikteliği, aktinolitçe zengin piroksen zonlarına karşılık gelmektedir. Piroksen genellikle iri ve ince taneli olmak üzere iki türüdür. İri taneliler genellikle sarımsı gri renkli olup zonlu granatları ornatır. Zonlu granatlardan distal kesimlere doğru hem piroksenlerin tane boyu küçülmekte hem de amfibolleşme ile birlikte aktinolit miktarı artmaktadır. İnce taneli piroksenler arasında saçınımlar halinde manyetit cevherleşmeleri bulunur. Granat yeşil renkli ve zonludur (Kuşçu vd., 2001). Epidot, hem granatlar üzerinde küçük saçınımlar halinde hem de piroksenleri ornatan özşekilsiz taneler olarak bulunur (Kuşçu vd., 2001).

Epidot-pirit-kuvars-kalsit ekzoskarn ise en dış sınırdaki sülfit mineralleri, epidot ve kalsit-kuvars damarları olarak gözlenir. Tüm ekzoskarn zonlarının ikincil (retrograd) evrede rekrystalize kireçtaşlarına yakın gelen çözeltilerin sığ dolaşımının sonucu olarak bozunmasıyla oluşan bir zondur (Kuşçu vd., 2001). Bu zon içinde ekzoskarnlar piritçe zengin kalsit ve kuvars damarları tarafından ornatılır. Bölgede gözlenen masif manyetit oluşumları ve cepler şeklinde gözlenen cevherleşmeler, hem

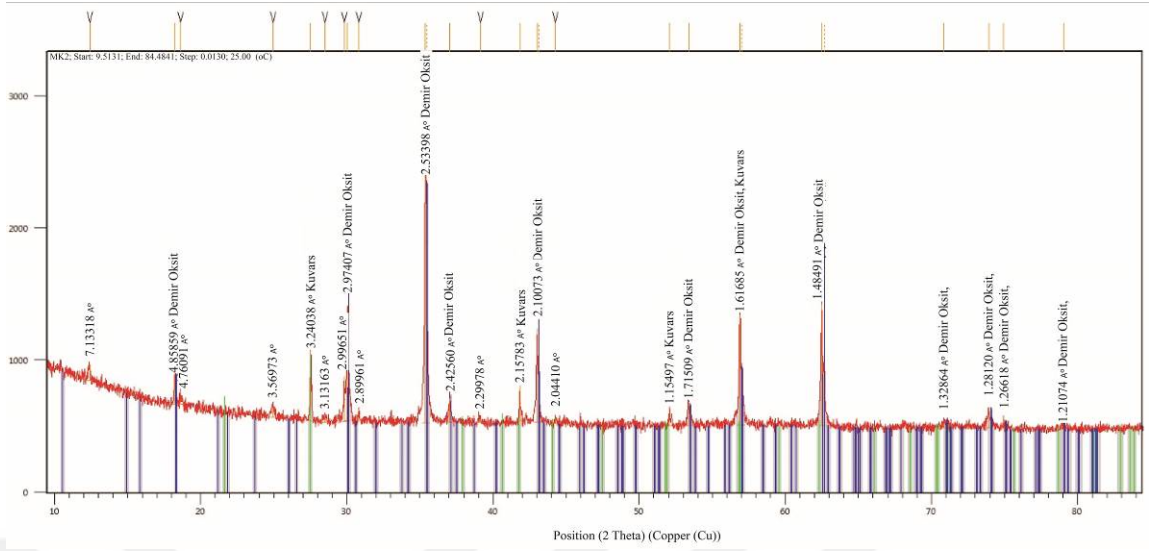
piritli damarlarla kesilir hem de bazı bölgelerde saçınımlı olarak manyetit içinde gözlenmektedir. Bunun yanında piritin, özellikle ekzoskarn alanlarında kuvars ve kalsiti takip ederek oluştuğu düşünülmektedir. Bu zon aynı zamanda rekristalize kireçtaşı ile ekzoskarn oluşumunun arasındadır. Rekristalize zonda alterasyon zonları oldukça belirgindir. Epidotlaşma, kalsitleşme, silisleşme yoğun olarak gözlenmektedir (Kuşçu vd., 2001). Bu zon içinde ikincil olarak oluştuğu düşünülen malahit ve azurit zenginleşmeleri de gözlenmiştir.

6.1 XRD İncelemeleri

Çalışma alanında cevher parajenezini belirlemek üzere 25 adet cevher örneğinde parlak kesit yapılmıştır. Bu kesitler üstten aydınlatmalı cevher mikroskobunda incelenmiş ve mineral parajenezi belirlenmiştir. Bunun yanında bu veriler XRD ve SEM-EDX analizleri ile de desteklenmiştir. XRD çalışmalarında ana mineral olarak demir oksitler gözlenmiş, bunun yanında pirit, kalkopirit gibi sülfür mineralleri de belirlenmiştir (Şekil 6.2, 6.3).



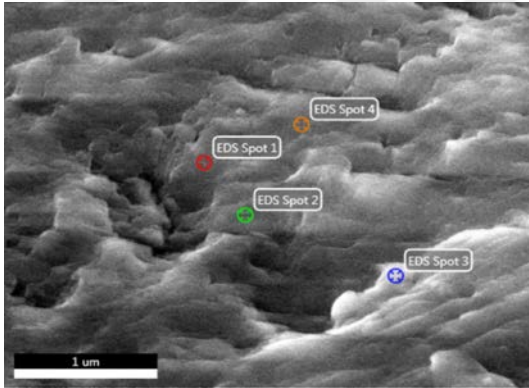
Şekil 6.2 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin XRD difraktogramı



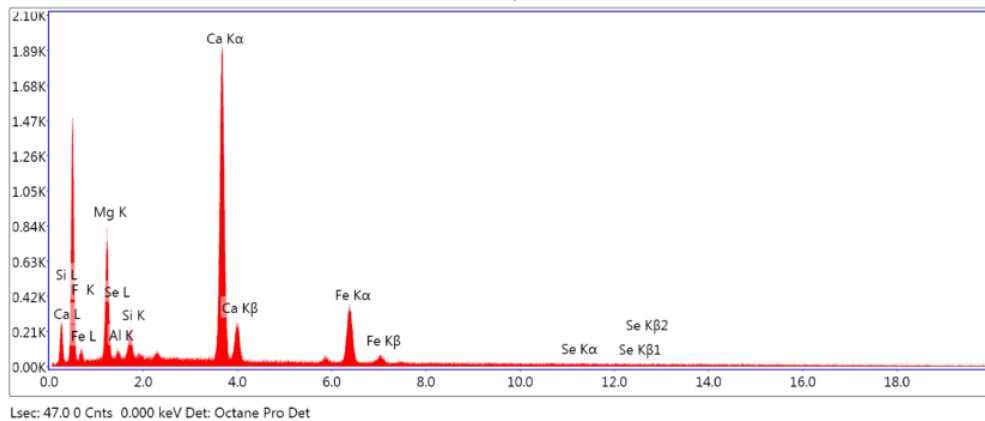
Şekil 6.3 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin XRD difraktogramı

6.2 SEM-EDX İncelemeleri

Çalışma alanındaki cevher minerallerine ait SEM görüntüleri çekilmiş, gerekli görülen yerlerden bazı elementlerin nokta analizleri yapılmıştır (Şekil 6.4).



EDS Spot 1



Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %
F K	0.01	0.02	0.02	12.35
MgK	26.57	38.14	251.6	9.11
AlK	2.42	3.13	20.01	42.95
SiK	4.96	6.16	59.38	17.83
CaK	46.84	40.78	890.7	2.69
FeK	17.91	11.19	197.55	4.44
SeK	1.28	0.57	4.11	58.06

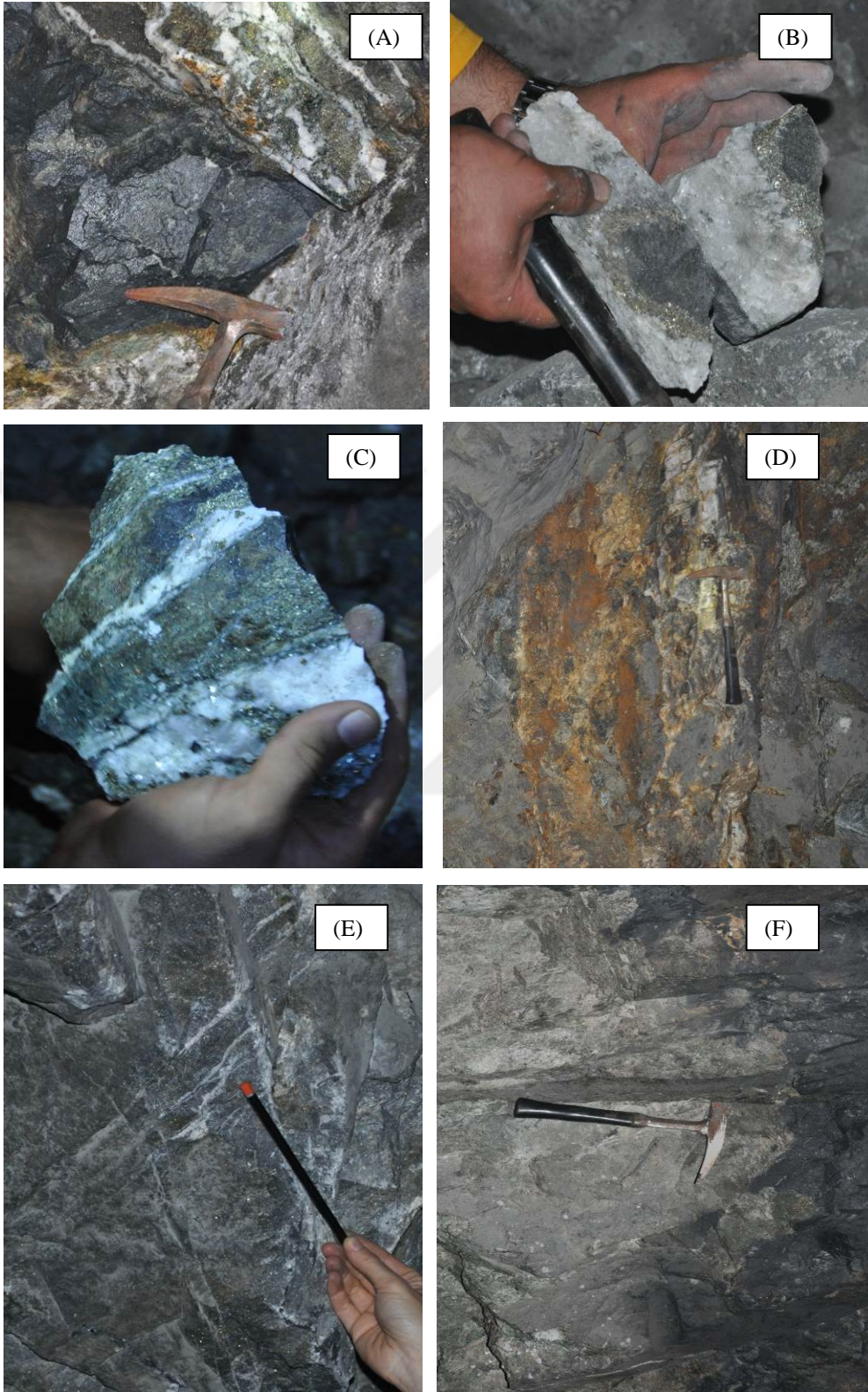
Şekil 6.4 Cevher örneğine ait SEM-EDX analizi görüntü ve sonuçları

6.3 Skarnlaşma Evreleri ve Arazi Gözlemleri

Skarnlaşma evreleri ve skarn minerallerinin ayrışması ile ilgili olarak Kuşçu vd. 2001'nin çalışmasından yararlanılmıştır. Bu çalışmada ise daha çok cevher minerallerinin parajenezi, dokusal ve arazi gözlemleri de dikkate alınarak skarn evreleri ayır edilmeye çalışılmıştır. Buna göre Karamadazı skarn yatağında gözlenen skarn oluşumunun üç ana evrenin ürünü olduğu düşünülmektedir. Bu evreler ardışık olarak gelişen prograd (ilerleyen) ve retrograd (gerileyen) evrelerdir. Her evrenin ürünleri ve mineral parajenezi ayrıdır, ancak prograd evre ürünleri retrograd evre ürünleri tarafından ornatılır, maskelenir ya da tamamen silinir. Bu evrelerle oluşan skarn zonları arasında yakın ilişki bulunur (Kuşçu vd., 2001). Endoskarn ve ekzoskarn zonu içinde yer alan piroksen ve granatça zengin zonlar, prograd evrenin ürünleri iken epidot, aktinolit ve özellikle kalsit, kuvars ve pirit retrograd evre ürünleridir (Kuşçu vd., 2001). Retrograd evre sonucunda tüm mineraller daha düşük basınç ve sıcaklık koşullarında duraylı olan minerallere dönüşmüş ve onlar tarafından ornatılmıştır. Granatların epidot ve kalsite dönüşmesi, piroksenlerin önce aktinolite daha sonra tremolit, klorit ve kalsite dönüşmesi retrograd evrede olan önemli olaylardandır (Kuşçu vd., 2001). Bu evrelerle skarnlaşmaya sebep olan asidik plütonun kireçtaşı içine yerleşmesi, kristallenme ve soğuma evreleri ile yakından ilişkilidir. Karamadazı granitinin sokulum yapması ile sıcaklığın artışı söz konusu olurken, metasomatik olayların gelişmesinin de ana kaynağı olmuştur. Bununla birlikte kireçtaşlarının da rekrystalize olması yine sokulum yapan granite bağlı olarak gelişmiştir. Sokulum sonucunda plüton çeperlerinde, daha sonra da plütonun soğuma

çatlakları boyunca daha iç kesimlerde metasomatizma başlamıştır. Bu olay sonucunda plüton önce epidotlaşmış (hornfels) daha sonra kalsilikatlar (piroksen ve granat) oluşmuştur (Kuşçu vd., 2001). Giderek hacmi artan ve uçucularla zenginleşen magmanın termal genişmesi ve giderek yükselmesi plütonun hem sığ derinliklere doğru ilerlemesini hem de sokulum yaptığı kayaçta kırılmaya yol açmış ve rekristalize kireçtaşları içinde serbestçe dolaşmaya başlayan magmatik akışkanlar, rekristalize kireçtaşlarının metasomatizmasıyla önce granatça zengin, daha sonra da piroksence zengin mineral topluluklarını oluşturmuştur (Kuşçu vd., 2001). Bir başka deyişle, kireçtaşları magmadan salgılanan asidik, silika, demir ve klorca zengin akışkanlar tarafından başkalaşım geçirmiştir. Bu evre prograd evre olup tamamen plütonun yerleşme ve kristallenme süreçlerini kapsamaktadır (Kuşçu vd., 2001). Bu evrede skarn topluluklarına eşlik eden manyetit saçınımları özellikle piroksenlerle birlikte gelişmiştir. Plütonun tamamen yerleşmesi ve kristallenmesini takiben soğuma başlar, bununla birlikte göreceli olarak daha soğuk ve yer yer meteorik akışkanların etkisinde kalan magmatik hidrotermal çözeltiler, daha önce oluşan granat ve piroksen gibi yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında oluşan minerallerle temsil edilen prograd toplulukların alterasyona uğramasını ve bir yandan da piroksenlerin epidot ve aktinolite dönüşmesini sağlar (Kuşçu vd., 2001). Bu reaksiyonlarla kimyasal parametrelerinde (T, P, pH gibi) değişiklik olan çözeltilerin bünyelerinde taşıdığı demiri de manyetit ve yer yer hematit olarak ekzoskanlar içinde oluşturmuştur (Kuşçu vd., 2001). Kireçtaşlarının içinde demir zenginleşmeleri veya saçınımları olmadığından, çalışma alanında gözlenen demirin, magmatik kökenli olabileceği ve çözeltilerden geç evrede değişik reaksiyonların bir sonucu olarak skarn zonları içine bırakıldığı düşünülmektedir (Kuşçu vd., 2001). Aktinolit ve epidotların oluşumunu takip eden bir diğer evre de alterasyon evresidir. Bu evrede göreceli olarak daha düşük sıcaklıklardaki çözeltilerin oluşturduğu skarn toplulukları ve cevherleşme alterasyona uğrar (Kuşçu vd., 2001). Özellikle artan alterasyon nedeniyle granat ve piroksen gibi kalsilikatlarda yaygın bir karbonatlaşma ve bu alterasyonun açığa çıkardığı kuvarsla birlikte silisleşme başlamış ve bunlar hem ekzoskanları hem de cevherleşmeleri kesen piritli kalsit ve kuvars damarları olarak bölgeye yerleşmiştir (Şekil 6.5 A). Bu evrede, daha önceden oluşan manyetit cevherleşmeleri pirit saçınımları ve cepleri tarafından da ornatılmaya başlanmıştır.

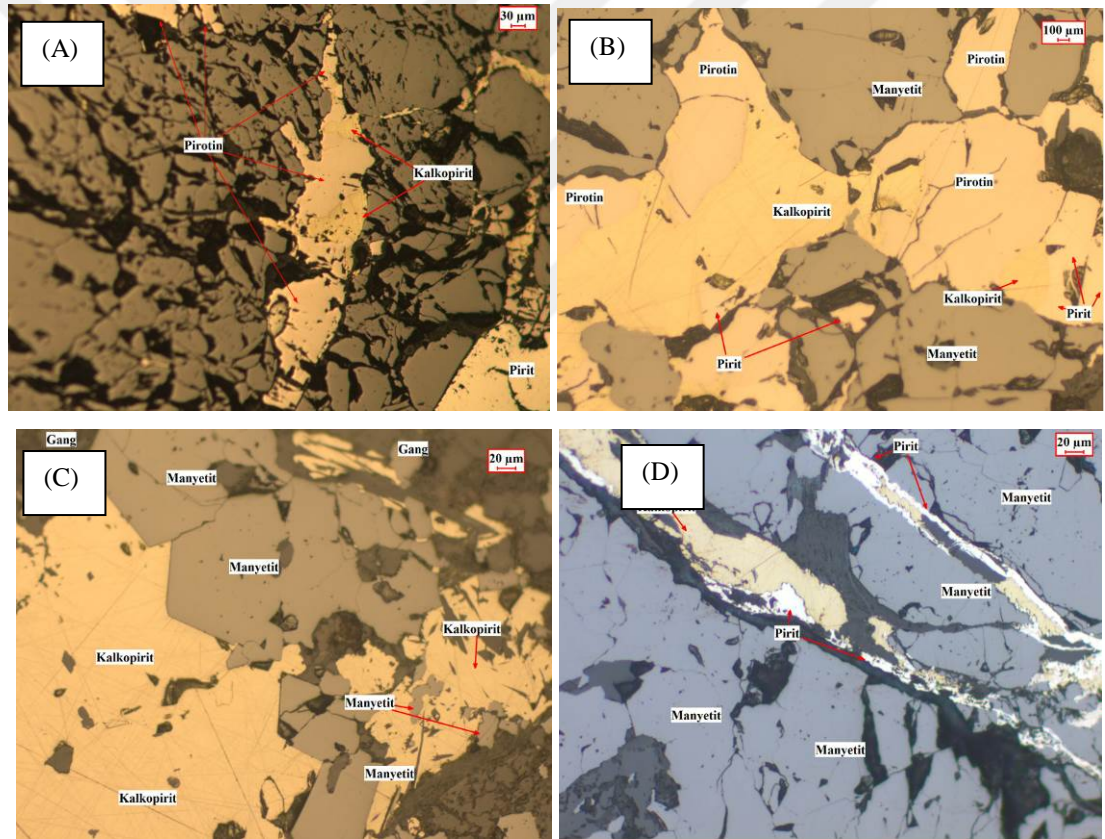
Şekil 6.5 B’de manyetiti saran pirit gözlenmektedir. Yine ekzoskarn oluşumunda gözlenen manyetit, masif yapıdadır. Kalsit içerisinde, belirgin damarlar, bantlar şeklinde gözlenen manyetit ve pirit oluşumlarına da çalışma alanında oldukça sık rastlanmaktadır (Şekil 6.5 C). Cevherleşmeyi oluşturan granit sokulumunun kontağında gözlenen ve pişme ürünü olan hornfelsler de Şekil 6.5 D’de gözlenmektedir. Bölgede gözlenen en belirgin parajenezden biri olan pirit, masif manyetitler içinde saçınımlı olarak da gözlenmektedir (Şekil 6.5 E). Aynı manyetitlerle birlikte yer yer kalsit damarları da dikkat çekmektedir. Endoskarn oluşumunu temsil eden ve sokulum yapan kayaç tarafından bant ve damarlar şeklinde gözlenen manyetitler de çalışma alanında yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 6.5 F).



Şekil 6.5 (A) Masif manyetit. (B) Manyetiti saran pirit zarfı. (C) Kalsit içerisinde gözlenen manyetit-pirit bantları (ekzoskarn) (D) Kontakt zonda gözlenen hornfels (E) Masif manyetit içindeki dissemine pirit (F) Plütona doğru gelişmiş manyetit damarları ve masif manyetit (endoskarn)

6. 4 Maden Mikroskobik İncelemeler

Çalışma alanına ait cevherleşme üç farklı evrede oluşmuştur (Kuşçu vd., 2001). Birinci evre, granitin içerisinde gelişen ve endoskarn olarak adlandırılan granat ile aynı anda oluştuğu düşünülen piroksence zengin ve esas olarak manyetit, kalkopirit daha az olarak da pirotin içeren endoskarn'dır (Şekil 6.6 A, B, C). İkinci evre ise yine kireçtaşlarının içinde ve aktinolit eşliğinde gelişen manyetit cevherleşmesidir. Son evre ise baskın olarak manyetit cevherleşmesinin gözlendiği bunun yanında da skarn zonlarını kesen kalsit ve kuvarşca zengin pirit, kalkopirit içeren evredir (Şekil 6.6 D).



Şekil 6.6 (A), (B), (C); Granitin içinde gelişen birincil manyetit, pirotin ve kalkopirit endoskarnı, (D) Manyetiti kesen ikincil pirit, kalkopirit oluşumu

6.4.1 Manyetit (Fe_3O_4)

Çalışma alanında belirlenen manyetitlerin tamamı ilk nikolde sütlü kahve, krem rengi ikinci nikolde ise genelde izotropur ya da çok hafif anizotropi göstermektedir. Son evrede az miktarda hematitleşmeler gözlenmektedir.

Manyetit, üç evrede oluştuğu belirlenen skarn demir yatağının her evresinde de ana mineral olarak gözlenmiştir. Birinci evrede granitlerin içinde endoskarn oluşumlarında gözlenmişken (Şekil 6.5 F ve 6.6 B, C) ikinci evrede ekzoskarn cevherleşmesi olarak gözlenir ve endoskarn'da oluşan manyetitler ile sinjenetik olarak oluştuğu düşünülmektedir. Son evrede gözlenen manyetitlerde ise içlerinde ikincil olarak geliştiği düşünülen pirit oluşumları söz konusudur (Şekil 6.5 A, B, C ve 6.6 D). Pirit, manyetit içinde oluşan kırık çatlak ve boşlukları doldurur tarzda ya da ağsal yapıda ornatır şekilde gözlenmiştir (Şekil 6.5 A, C, 6.6 D, ve 6.7 A, B, C, D). Kireçtaşı içinde gelişen ekzoskarn oluşumunda manyetitler ve ağsal yapıda oluşmuş piritler gözlenmiştir (Şekil 6.7 C, D). Yine ekzoskarn bölgelerinde manyetitler piriti ornatmıştır (Şekil 6.7 E, F). Bunun yanında piritin içinde manyetitlerin kalıntı olarak kaldığı görüntülere de rastlanmıştır (Şekil 6.7 G).

6.4.2 Pirotin (FeS)

Pirotin, çalışma alanında birinci evre olarak düşünülen ve granitlerin içerisinde oluşan endoskarn evresinde gözlenmektedir. İlk nikolde pembemsi kahverengi gözlenen pirotinin parlatma çizikleri oldukça belirgindir (Şekil 6.6 A, B). İkinci nikolde ise kuvvetli denebilecek sarımsı kahverengi anizotropi sunmaktadır. Pirotinin oluşumu kalkopirit içinde ve onları ornatır şekildedir (Şekil 6.6 A, B). Hafif miknatıslanma özelliği göstermektedir.

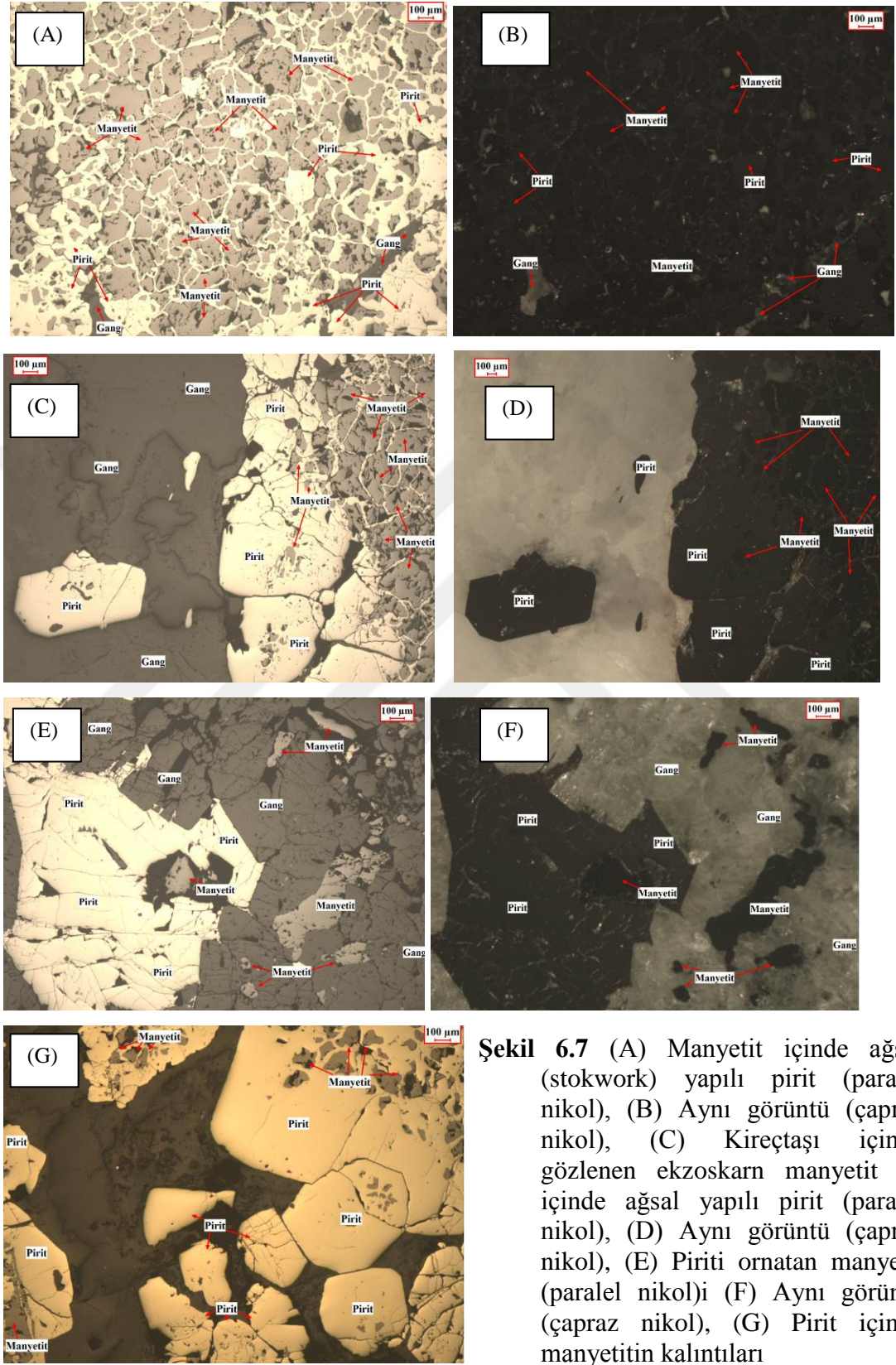
6.4.3 Kalkopirit (CuFeS₂)

Parlak kesit incelemeleri sonucunda kalkopirit, ilk nikolde oldukça belirgin sarı renkte, ikinci nikolde ise hafif anizotropi göstermektedir. Parlatma çizikleri oldukça belirgindir. İnceleme alanında kalkopirit hem birinci hem de son evrede gözlenmektedir. Birinci evrede endoskarn olarak ve manyetitlerle birlikte, ikinci evrede manyetiti kesen ikincil oluşumlar şeklinde gözlenir (Şekil 6.6 D). Son evrede ise pirotinle birlikte, ekzoskarn ürünü olarak gözlenir (Şekil 6.6 A, B, C).

6.4.4 Pirit (FeS_2)

Optik engebesi yüksek ilk nikolde belirgin sarı renkte ikinci nikolde ise izotrop gözlenen pirit, çalışma alanında üç farklı şekilde gözlenmektedir. Birinci tip pirit, kırık ve çatlakları doldurur şekilde gelişen damar tipindedir (Şekil 6.5 A ve C). İkinci tip olarak gözlenen pirit ise, manyetiti saran zarf şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.5 B). Üçüncü tip ise manyetitlerin içinde onları ornatır şekilde bazen saçınımlı (Şekil 6.5 E) bazen de yoğun olarak ağsal yapıları olarak gözlenmektedir (Şekil 6.7 A, B, C, D). Her üç oluşumun da kireçtaşının içinde, ekzoskarn olarak ve cevherleşmenin son evresinde oluştuğu düşünülmektedir.



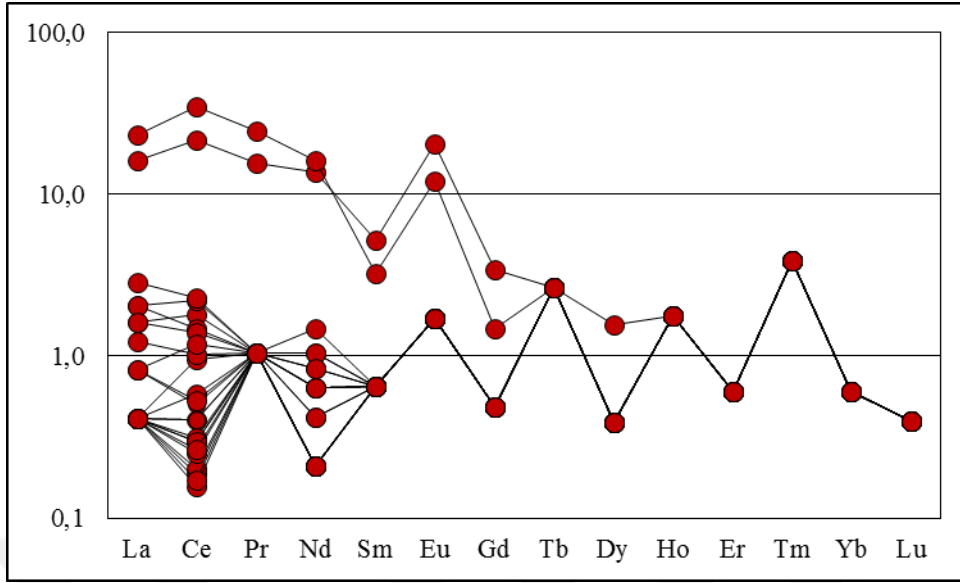


7. JEOKİMYA

Tez çalışması kapsamında araziden 45 adet cevher ve 40 adet de yan kayaç olmak üzere toplam 85 adet örnek alınmıştır. Bu örneklerden 14 adet cevher örneği ve 10 adet saflaştırılmış manyetit örneği; eser element, ana oksit ve NTE analizleri için 100 meşh öğütülerek hazırlanmış ve hazırlanan bu örneklerden ICP-MS, ICP-ES ve XRD analizleri yapılmıştır. Cevher örneklerinin ana oksit içerikleri Tablo 7.1’de, saflaştırılmış manyetitler için Tablo 7.2’de, cevher örneklerinin eser element içerikleri Tablo 7.3’de, saflaştırılmış manyetitler için Tablo 7.4’te, son olarak cevher örneklerinin NTE verileri Tablo 7.5’te ve saflaştırılmış manyetitler için NTE verileri ise Tablo 7.6’da verilmiştir. Bunun yanında çalışma alanına ait cevher örneklerinin bazı ana oksitlerle yapılan korelasyon diyagramı Tablo 7.7’de ve saflaştırılmış manyetit örneklerinin korelasyon diyagramı ise Tablo 7.8’de verilmiştir.

Çalışma alanına ait cevher örneklerinin Fe_2O_3 içerikleri %85.78-12.34 ve ortalama %73.83’dir. Al_2O_3 içerikleri %1.08-0.15, ortalama %0.52’dir. CaO içerikleri ise %22.90-0.74 ve ortalama %6.14 olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Saflaştırılmış manyetit örneklerinin Fe_2O_3 içerikleri %99.15-96.11, ortalama %98.84’tür. Al_2O_3 içerikleri %0.36-0.09, ortalama %0.22’dir. CaO içerikleri ise %0.35-0.11 ve ortalama %0.18’dir (Tablo 7.2).

Çalışma alanına ait cevher örnekleri kondrite göre normalize edilmiş ve spider diyagramı çizilmiştir. Çizilen spider diyagramda örneklerin tamamı pozitif Eu anomalisi gösterirken, hem pozitif hem de negatif Ce anomalisi göstermektedir (Şekil 7.1). Pozitif Ce anomalisi hidrojenetik yataklarda gözlenirken negatif Ce anomalisi ise hidrotermal bir kökene işaret etmektedir (Hein et al. 1997; Ghaderi et al. 2006). Pozitif Eu anomalisi ise hidrotermal bir kökene işaret ederken, aynı zamanda hidrotermal çözeltiye deniz suyu karışımının da olduğunu ifade eder.



Şekil 7.1 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin kondrite göre normaliz edilerek çizilmiş spider diyagramı

Tablo 7.1 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin ana element içerikleri

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
	%	%	%	%	%	%	%	%
MK-1	4.25	0.53	85.78	2.72	2.64	0.03	0.02	0.03
MK-2	4.58	0.4	85.78	3.52	3.65	0.03	0.02	0.02
MK-3	7.79	0.77	77.89	4.74	5.72	0.04	0.02	0.03
MK-6	39.84	1.08	30.84	4.29	18.86	0.03	0.04	0.02
MK-7	14.74	0.53	70.74	3.75	8.16	0.03	0.02	0.03
MK-9	4.06	0.36	85.78	5.95	0.74	0.01	0.07	0.03
MK-12	9.17	0.15	74.17	4.89	6.56	0.01	0.02	0.03
MK-16	6.33	0.42	85.78	1.33	4.09	0.01	0.02	0.02
MK-17	5.28	0.53	85.78	3.48	1.82	0.03	0.05	0.03
MK-17b	43.88	0.23	12.34	15.65	22.86	0.00	0.02	0.02
MK-18	7.23	0.74	85.78	2.34	1.67	0.03	0.19	0.02
MK-19	6.50	0.42	81.42	3.91	4.67	0.03	0.02	0.03
MK-20	3.70	0.57	85.78	3.27	1.53	0.03	0.1	0.02
MK-21	3.75	0.49	85.78	2.85	3.02	0.04	0.05	0.02
Min	3.70	0.15	12.34	1.33	0.74	0.00	0.02	0.02
Max	43.88	1.08	85.78	15.70	22.90	0.04	0.19	0.03
ort.	11.51	0.52	73.83	4.48	6.14	0.03	0.05	0.03

Tablo 7.2 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin ana element içerikleri

	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
	%	%	%	%	%	%	%
MMK-1	0.25	97.47	0.32	0.11	0.01	0.02	0.03
MMK-2	0.17	98.03	0.32	0.18	0.01	0.02	0.02
MMK-3	0.36	98.28	0.36	0.35	0.03	0.02	0.03
MMK-7	0.25	99.15	0.20	0.21	0.01	0.02	0.03
MMK-9	0.15	98.96	2.34	0.13	0.01	0.02	0.03
MMK-12	0.09	96.71	0.20	0.24	0.01	0.02	0.03
MMK-18	0.28	97.24	0.38	0.13	0.03	0.02	0.02
MMK-19	0.19	96.11	0.18	0.14	0.01	0.02	0.02
MMK-20	0.17	97.27	0.78	0.13	0.01	0.02	0.02
MMK-21	0.26	98.18	0.40	0.21	0.03	0.02	0.02
Min	0.09	96.11	0.18	0.11	0.01	0.02	0.02
Max	0.36	99.15	2.34	0.35	0.03	0.02	0.03
ort.	0.22	98.84	0.55	0.18	0.02	0.02	0.03

Tablo 7.3 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin eser element içerikleri

	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	La
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MK-1	0.16	437.11	0.90	28.90	139.00	38.40	73.00	824.00	3.80	1.10	0.20	3.00	0.04	0.29	0.20	30.00	0.20
MK-2	0.05	1.33	0.67	34.50	38.00	8.30	41.30	903.00	3.30	0.40	0.20	7.00	0.05	0.19	0.04	24.00	0.40
MK-3	0.05	1.20	0.77	35.00	30.00	18.10	29.20	905.00	2.40	0.50	0.20	8.00	0.02	0.19	0.04	55.00	0.50
MK-6	0.13	10.89	4.20	31.40	42.00	7.30	12.70	3267.00	20.30	7.30	0.40	92.00	0.02	0.67	2.67	23.00	4.00
MK-7	0.05	20.96	0.54	27.70	82.00	40.90	18.10	1023.00	6.40	8.20	0.40	15.00	0.02	0.14	0.11	40.00	5.70
MK-9	0.05	0.73	0.70	92.40	61.00	6.50	46.30	1426.00	8.30	0.90	0.20	7.00	0.02	0.71	0.05	28.00	0.10
MK-12	0.21	90.96	0.43	20.00	66.00	10.90	12.80	684.00	2.80	0.30	0.20	4.00	0.05	0.18	0.04	42.00	0.50
MK-16	0.05	78.03	6.07	59.10	128.00	2.60	38.40	1522.00	14.00	0.30	0.10	44.00	0.09	0.28	1.84	17.00	0.10
MK-17	0.05	25.27	0.63	36.90	44.00	16.90	43.10	884.00	3.90	1.60	0.30	6.00	0.05	0.19	0.07	25.00	0.10
MK-17b	3.59	527.19	8.92	6.70	668.00	5.90	179.50	2739.00	83.20	3.90	0.30	129.00	0.02	0.63	5.87	24.00	0.70
MK-18	0.05	5.21	0.69	52.40	62.00	15.30	42.70	1022.00	3.20	0.60	0.20	4.00	0.03	0.09	0.25	34.00	0.10
MK-19	0.63	3.98	0.64	34.60	53.00	12.50	32.20	841.00	1.40	0.70	0.10	5.00	0.07	0.12	0.18	38.00	0.30
MK-20	0.05	87.72	1.12	48.20	64.00	18.70	48.70	1038.00	5.30	0.50	0.20	6.00	0.04	0.30	0.24	27.00	0.10
MK-21	0.05	3.07	0.68	39.80	32.00	10.00	38.90	1002.00	3.30	0.80	0.30	5.00	0.02	0.15	0.04	23.00	0.40
Min	0.05	0.73	0.43	6.70	30.00	2.60	12.70	684.00	1.40	0.30	0.10	3.00	0.02	0.09	0.04	17.00	0.10
Max	3.59	527.19	8.92	92.40	668.00	40.90	179.50	3267.00	83.20	8.20	0.40	129.00	0.09	0.71	5.87	55.00	5.70
ort.	0.37	92.40	1.93	39.11	107.79	15.16	46.92	1291.43	11.54	1.94	0.24	23.93	0.04	0.30	0.83	30.71	0.94

Tablo 7.3 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin eser element içerikleri (devamı)

	Cr	Ba	W	Zr	Sn	Sc	Pr	Nd	Li	Rb	Ta	Cs	Ga	In	Re	Se	Te	Tl
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MK-1	23.00	2.00	11.60	2.10	0.70	0.30	0.10	0.30	0.30	0.90	0.10	0.10	13.41	0.04	0.00	2.70	0.15	0.05
MK-2	4.00	1.00	23.90	1.00	0.30	0.20	0.10	0.50	1.30	1.70	0.10	0.20	11.06	0.08	0.01	0.30	0.05	0.05
MK-3	16.00	3.00	16.20	2.10	0.80	0.20	0.10	0.30	1.50	1.60	0.10	0.10	12.72	0.07	0.00	0.30	0.30	0.05
MK-6	6.00	1.00	117.20	2.70	9.40	0.20	1.50	6.50	2.20	13.20	0.10	1.80	7.30	1.01	0.00	0.30	1.75	0.21
MK-7	7.00	2.00	62.60	3.40	3.20	0.10	2.40	7.70	1.30	1.20	0.10	0.10	14.08	0.56	0.00	0.30	0.37	0.05
MK-9	15.00	3.00	10.90	2.80	1.40	0.40	0.10	0.10	3.40	7.20	0.10	0.70	10.91	0.18	0.00	0.60	0.05	0.05
MK-12	17.00	1.00	22.70	1.50	0.40	0.10	0.10	0.40	0.10	0.50	0.10	0.10	11.64	0.11	0.01	0.30	0.63	0.05
MK-16	2.00	2.00	28.10	0.70	3.50	0.20	0.10	0.20	1.60	1.30	0.10	0.20	11.11	0.11	0.01	0.30	0.09	0.05
MK-17	14.00	2.00	29.20	5.30	2.40	0.10	0.10	0.30	2.00	3.80	0.10	0.30	13.40	0.06	0.00	0.30	0.05	0.05
MK-17b	5.00	2.00	15.40	1.80	0.30	0.10	0.10	0.70	2.00	0.70	0.10	0.10	0.53	0.06	0.03	2.90	5.42	0.05
MK-18	9.00	16.00	22.10	1.40	0.40	0.10	0.10	0.10	0.40	12.10	0.10	0.60	13.53	0.01	0.00	0.30	0.05	0.06
MK-19	16.00	2.00	20.80	2.20	1.10	0.10	0.10	0.30	1.00	0.90	0.10	0.10	10.19	0.08	0.01	0.30	0.05	0.05
MK-20	4.00	5.00	20.90	1.60	0.50	0.10	0.10	0.20	0.70	7.40	0.10	0.40	10.32	0.07	0.00	0.40	0.05	0.05
MK-21	5.00	4.00	41.00	2.10	0.60	0.20	0.10	0.50	1.10	3.90	0.10	0.20	12.34	0.01	0.00	0.30	0.05	0.05
min	2.00	1.00	10.90	0.70	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.10	0.10	0.53	0.01	0.00	0.30	0.05	0.05
max	23.00	16.00	117.20	5.30	9.40	0.40	2.40	7.70	3.40	13.20	0.10	1.80	14.08	1.01	0.03	2.90	5.42	0.21
ort.	10.21	3.29	31.61	2.19	1.79	0.17	0.36	1.29	1.35	4.03	0.10	0.36	10.90	0.18	0.01	0.69	0.65	0.06

Tablo 7.4 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin eser element içerikleri

	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	La
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MMK-1	0.05	26.92	0.57	33.00	57.00	20.30	40.00	837.00	3.30	0.70	0.10	3.00	0.02	0.03	0.06	35.00	0.10
MMK-2	0.05	1.51	0.66	42.20	33.00	10.60	47.30	913.00	4.00	0.30	0.10	3.00	0.04	0.06	0.04	28.00	0.10
MMK-3	0.05	1.58	0.87	41.20	41.00	26.90	33.20	858.00	7.00	0.30	0.10	6.00	0.03	0.02	0.04	71.00	0.10
MMK-7	0.05	1.95	0.62	26.70	59.00	59.70	24.30	802.00	3.90	0.50	0.10	5.00	0.04	0.14	0.04	42.00	0.20
MMK-9	0.05	1.75	0.76	89.30	40.00	6.90	51.60	1393.00	5.30	0.70	0.10	3.00	0.04	0.20	0.04	30.00	0.10
MMK-12	0.05	5.56	0.58	20.30	42.00	13.00	10.50	503.00	4.80	0.20	0.10	2.00	0.02	0.06	0.04	55.00	0.10
MMK-18	0.05	4.29	0.85	50.20	37.00	16.00	42.80	948.00	3.40	0.40	0.10	3.00	0.02	0.04	0.04	35.00	0.10
MMK-19	0.05	3.93	0.57	33.60	32.00	12.40	30.50	776.00	2.50	0.40	0.10	2.00	0.06	0.02	0.04	44.00	0.10
MMK-20	0.05	11.72	0.87	47.90	36.00	10.70	39.50	1007.00	3.50	0.30	0.10	3.00	0.02	0.08	0.11	29.00	0.10
MMK-21	0.05	2.74	0.77	39.70	29.00	10.80	42.60	906.00	6.60	0.70	0.20	3.00	0.08	0.08	0.04	26.00	0.20
Min	0.05	1.51	0.57	20.30	29.00	6.90	10.50	503.00	2.50	0.20	0.10	2.00	0.02	0.02	0.04	26.00	0.10
Max	0.05	26.92	0.87	89.30	59.00	59.70	51.60	1393.00	7.00	0.70	0.20	6.00	0.08	0.20	0.11	71.00	0.20
ort.	0.05	6.20	0.71	42.41	40.60	18.73	36.23	894.30	4.43	0.45	0.11	3.30	0.04	0.07	0.05	39.50	0.12

Tablo 74 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin eser element içerikleri (devamı)

	Cr	Mg	Ba	W	Zr	Sn	Sc	Pr	Nd	Li	Rb	Ta	Cs	Ga	In	Re	Se	Te	Tl
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MMK-1	23.00	0.19	5.00	2.30	0.50	0.30	0.10	0.10	0.10	0.40	0.80	0.10	0.10	14.82	0.01	0.00	1.30	0.05	0.05
MMK-2	3.00	0.19	2.00	4.70	0.40	0.30	0.10	0.10	0.10	0.50	0.80	0.10	0.10	12.02	0.01	0.00	0.30	0.05	0.05
MMK-3	17.00	0.22	4.00	3.00	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10	1.10	0.90	0.10	0.10	16.35	0.01	0.00	0.30	0.05	0.05
MMK-7	8.00	0.12	2.00	3.80	0.50	0.30	0.10	0.10	0.40	1.00	0.90	0.10	0.10	16.35	0.03	0.01	0.30	0.05	0.05
MMK-9	17.00	1.41	2.00	2.10	1.50	1.10	0.10	0.10	0.10	0.70	1.00	0.10	0.10	9.87	0.10	0.00	0.30	0.05	0.05
MMK-12	21.00	0.12	2.00	5.00	0.50	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40	0.10	0.10	14.52	0.01	0.01	0.30	0.05	0.05
MMK-18	9.00	0.23	5.00	5.40	0.80	0.40	0.10	0.10	0.10	1.50	1.90	0.10	0.10	12.49	0.02	0.00	0.30	0.05	0.05
MMK-19	15.00	0.11	2.00	2.70	0.30	0.40	0.10	0.10	0.10	1.40	0.50	0.10	0.10	12.16	0.01	0.01	0.90	0.05	0.05
MMK-20	4.00	0.47	2.00	3.90	0.60	0.50	0.10	0.10	0.10	0.80	0.60	0.10	0.10	9.63	0.03	0.01	0.60	0.08	0.05
MMK-21	7.00	0.24	4.00	10.60	1.00	0.60	0.10	0.10	0.10	1.50	1.20	0.10	0.10	14.09	0.02	0.00	0.30	0.05	0.05
min	3.00	0.11	2.00	2.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40	0.10	0.10	9.63	0.01	0.00	0.30	0.05	0.05
max	23.00	1.41	5.00	10.60	1.50	1.10	0.10	0.10	0.40	1.50	1.90	0.10	0.10	16.35	0.10	0.01	1.30	0.08	0.05
ort.	12.40	0.33	3.00	4.35	0.64	0.44	0.10	0.10	0.13	0.90	0.90	0.10	0.10	13.23	0.03	0.00	0.49	0.05	0.05

Tablo 7.5 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin NTE içerikleri

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
Örnek No	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MK-1	0.20	0.32	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
MK-2	0.40	1.16	0.10	0.50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
MK-3	0.50	0.94	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
MK-6	4.00	13.93	1.50	6.50	0.80	1.20	0.70	0.10	0.40	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	1.50
MK-7	5.70	22.23	2.40	7.70	0.50	0.70	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.30
MK-9	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MK-12	0.50	1.41	0.10	0.40	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40
MK-16	0.10	0.37	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
MK-17	0.10	0.61	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.30
MK-17b	0.70	1.47	0.10	0.70	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.60
MK-18	0.10	0.19	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MK-19	0.30	0.65	0.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
MK-20	0.10	0.26	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MK-21	0.40	0.90	0.10	0.50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20

Tablo 7.6 Çalışma alanına saflaştırılmış manyetit örneklerinin NTE içerikleri

Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
MMK-1	0.10	0.26	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-2	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-3	0.10	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-7	0.20	0.76	0.10	0.40	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-9	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-12	0.10	0.16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-18	0.10	0.19	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-19	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-20	0.10	0.17	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MMK-21	0.20	0.34	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Çalışma alanındaki cevher örneklerinin bazı ana oksitlerinin korelasyon diyagramı çizilmiştir (Tablo 7.7). Buna göre Fe_2O_3 ile SiO_2 ve Al_2O_3 arasında çok kuvvetli negatif korelasyon gözlenmektedir. Bu durum cevherleşmenin silis gelimine bağlı olmadan karbonat kayaçlarla ilişkili olduğunun kanıtıdır. Ayrıca Al_2O_3 ile gözlenen negatif korelasyon da cevherleşmede özellikle mafik kökenli karasal bir katkının olmadığını göstermektedir. Yine TiO_2 ile Fe_2O_3 arasında gözlenen negatif korelasyon da bunun diğer bir göstergesidir. Bunun yanında MgO ve SiO_2 arasında kuvvetli pozitif korelasyon gözlenirken Fe_2O_3 arasında ise kuvvetli negatif korelasyon gözlenmektedir. CaO ile SiO_2 arasında çok yüksek pozitif korelasyon, MgO arasında ise yüksek pozitif korelasyon göstermektedir. Bununla birlikte CaO ile Fe_2O_3 arasında ise çok yüksek negatif korelasyon gözlenmektedir. Son olarak Na_2O ile Al_2O_3 arasında pozitif korelasyon gözlenmektedir.

Saflaştırılmış manyetit örneklerinde ise Na_2O ile Al_2O_3 arasında ve yine Na_2O ile Fe_2O_3 arasında pozitif korelasyon gösterirken TiO_2 ile Fe_2O_3 arasında ise negatif korelasyon gözlenmiştir.

Tablo 7.7 Çalışma alanına ait cevher örneklerinin korelasyon diyagramı

	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>MgO</i>	<i>CaO</i>	<i>Na₂O</i>	<i>K₂O</i>	<i>TiO₂</i>
<i>SiO₂</i>	1.00	0.21	-0.99	0.71	0.98	-0.37	-0.19	-0.32
<i>Al₂O₃</i>		1.00	-0.99	-0.36	0.12	0.62	0.31	-0.20
<i>Fe₂O₃</i>			1.00	-0.79	-0.99	0.42	0.24	0.29
<i>MgO</i>				1.00	0.73	-0.59	-0.22	-0.08
<i>CaO</i>					1.00	-0.38	-0.33	-0.28
<i>Na₂O</i>						1.00	0.16	0.06
<i>K₂O</i>							1.00	-0.34
<i>TiO₂</i>								1.00

Tablo 7.8 Çalışma alanına ait saflaştırılmış manyetit örneklerinin korelasyon diyagramı

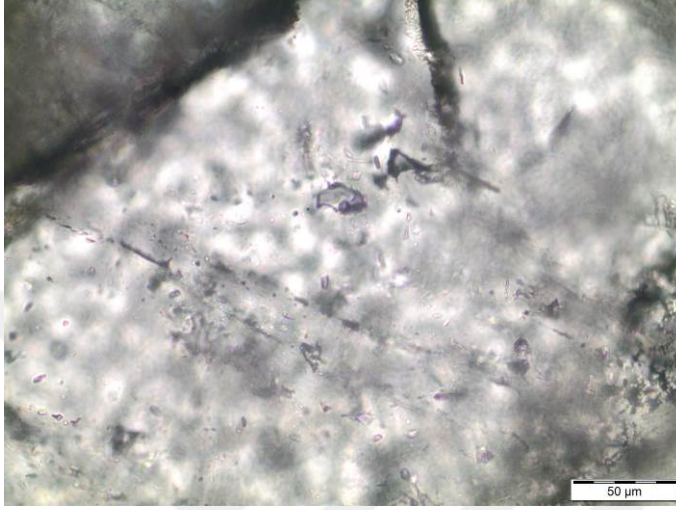
	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>MgO</i>	<i>CaO</i>	<i>Na₂O</i>	<i>TiO₂</i>
<i>Al₂O₃</i>	1.00	0.24	-0.28	0.40	0.74	0.04
<i>Fe₂O₃</i>		1.00	-0.54	0.08	0.61	-0.69
<i>MgO</i>			1.00	-0.30	-0.18	0.22
<i>CaO</i>				1.00	0.44	0.36
<i>Na₂O</i>					1.00	-0.22
<i>TiO₂</i>						1.00

7.1 Sıvı kapanım incelemeleri

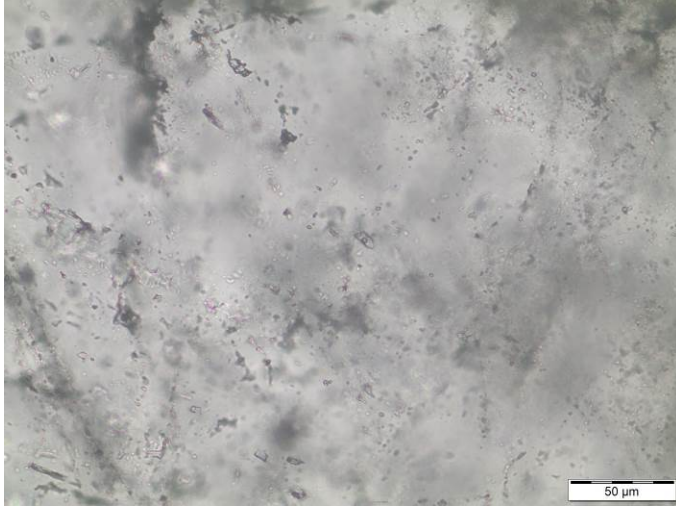
Sıvı kapanım kesitlerinin mikrotermometrik incelemeleri Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım ve Cevher Mikroskopisi Laboratuvarındaki Olympus Labophot-Pol tipi polarizan araştırma mikroskobuna monte edilmiş LINKAM THMS-600 ve TMS 92 tipi soğutma ve ısıtma sistemleri ile yapılmıştır. Örneklerde ilk erime (T_{FM}), son erime (T_{MICE}) ve homojenleşme (T_H) sıcaklığı ölçümleri belirlenmiş olup, her üç ölçümde de hata payı ± 0.5 °C'den daha azdır (Tablo 7. 9).

Hazırlanan kesitlerdeki kalsit kristallerinde çok sayıda ve değişik boyutlarda sıvı kapanımları gözlenmiştir. Kalsit kristalleri içindeki sıvı kapanımları birincil ve ikincil kapanımlar şeklinde ayrılmış olup, birincil kapanımlar 5-40 mikron arasında değişen boyutlarda ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar şeklindedir (Şekil 7.2 ve 7.3). İkincil kapanımlar içindeki sıvı kapanımları oldukça küçük boyutlu olup, büyük

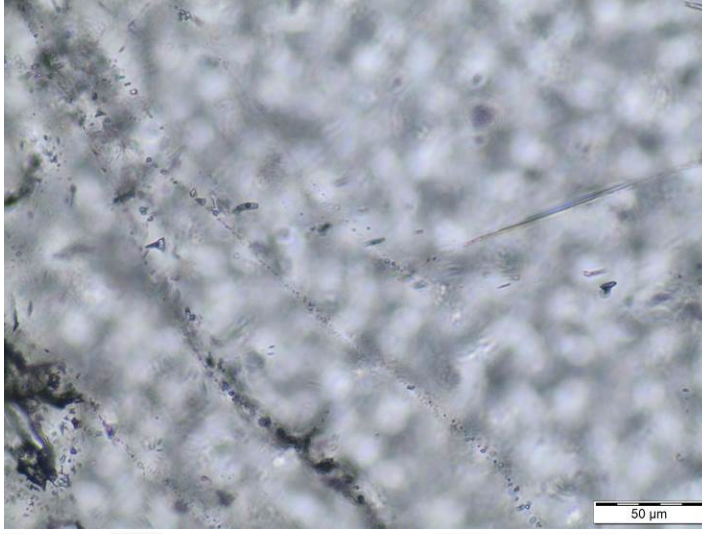
çoğunluğu tek fazlı (sıvı) kapanımlardır. Bunun yanında iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da gözlenmektedir (Şekil 7.2 ve 7.3). Şekil 7.4 ve 7.5’de ise kalsit kristalleri içinde gözlenen ikincil kapanım dizilimleri gözlenmektedir.



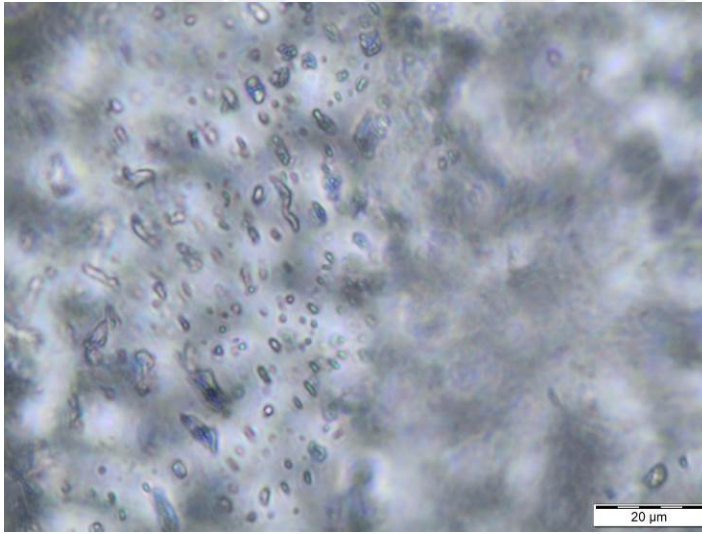
Şekil 7.2 Kalsit kristalleri içinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar



Şekil 7.3 Kalsit kristalleri içinde gözlenen iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar



Şekil 7.4. Kalsit kristalleri içinde gözlenen ikincil kapanım dizilimleri



Şekil 7.5. Kalsit kristalleri içinde gözlenen tek fazlı (sıvıca zengin) kapanımlar

7.1.1 İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})

Kalsit kristallerinde ölçülen ilk buz ergime değerleri ortalama $-55.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ T_{FM} olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu sıcaklık değeri, çeşitli su-tuz sistemlerinin öteklik sıcaklıkları ile karşılaştırıldıklarında, çözelti içinde NaCl, CaCl_2 ve MgCl_2 gibi tuzların bulunduğu işaret etmektedir .

7.1.2 Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{mICE})

T_{mICE} değerleri, kalsit kristalleri içindeki birincil kapanımlarda -3°C ile $-0,5^{\circ}\text{C}$ arasında iken, ikincil kapanımlarda $-5,4^{\circ}\text{C}$ ile $-4,9^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Elde edilen son buz ergime sıcaklığı değerlerinden Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş :

$$\text{Tuzluluk \% NaCl} : (-1.78 \times T_m) - (0.0442 \times (T_m)^2) - (0.000557 \times (T_m)^3)$$

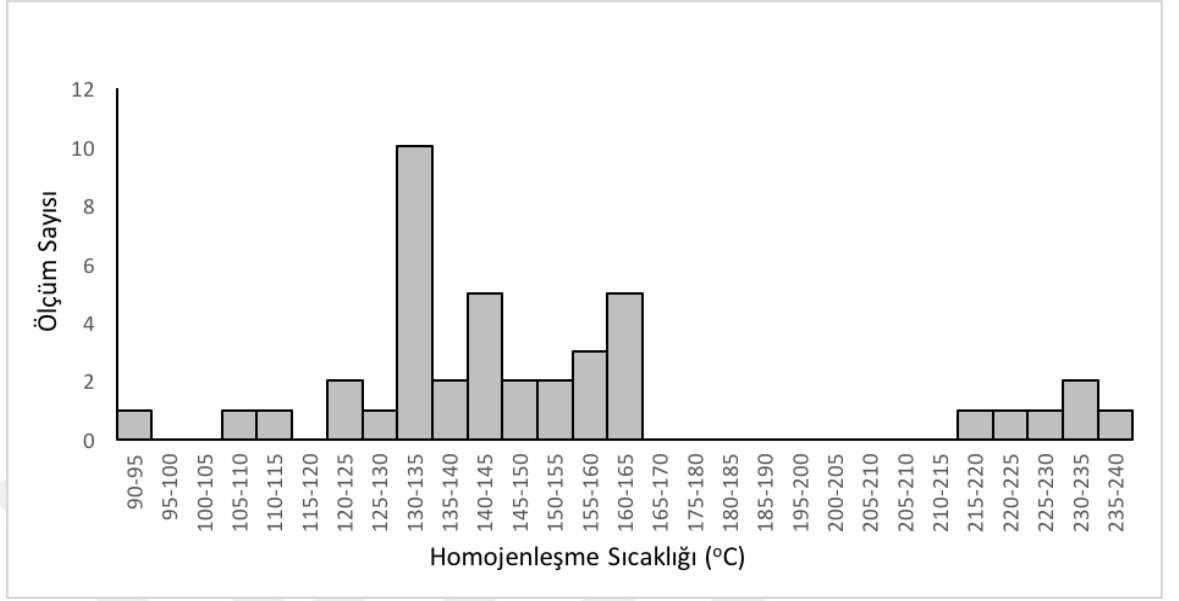
eşitliği yardımıyla belirtilen sınır değerleri için tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerleri hesaplanmış olup kalsit kristalleri içerisindeki birincil kapanımlarda tuzluluğun % 5 ile 0,8 aralığında ($n=6$, Ort. = % 3), ikincil kapanımlarda ise; % 8,4 ile 7,7 aralığında ($n=7$, Ort = % 8) değiştiği belirlenmiştir (Şekil 7.6).



Şekil 7.6 Kalsitlerdeki birincil ve ikincil kapanımlardaki son buz ergime sıcaklığı (T_{mice}) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

7.1.3 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)

Kalsitler içerisindeki birincil kapanımlarda; 75°C ile 160°C arasında ($n=30$, ort = 136°C) değişen T_H değerleri ölçülürken, ikincil kapanımlarda; 215°C ile 240°C arasında ($n=6$ ort = 228°C) değişen T_H değerleri ölçülmüş olup, ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinin frekans dağılımı Şekil 7.7’de görülmektedir.



Şekil 7.7 Kalsitlerdeki birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

Tablo 7.9. Manyetit cevherleşmelerindeki kalsit kristallerindeki kapanımlara ait çeşitli ölçüm değerleri

Kalsit					
Birincil kapanımlar			İkincil kapanımlar		
T _{FM}	T _{ICE}	T _H (°C)	T _{FM}	T _{ICE}	T _H (°C)
-55		130	-55	-5,4	215
-55		94	-55	-5	240
-55	-2,7	159	-55	-4,9	235
-55		135	-55	-4,9	230
-55		148	-55	-4,7	220
-55	-1,5	148	-55	-5	225
-55		130	-55	-5	
-55		133	-55		
-55		128	-55		
-55	-2,6	160	-55		
-55		160	-55		
-55		135	-55		
-55		142	-55		
-55		138	-55		
-55		140	-55		
-55		142	-55		
-55		155	-55		
-55		75			
-55	-3	160			
-55		140			
-55	-0,5	120			
-55		120			
-55		120			
-55	-0,9	150			
-55		132			
-55		132			
-55		155			
-55		150			
-55		110			
-55		144			
-55		130			

8. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışma alanı, Kayseri iline bağlı Yahyalı ilçesinin yaklaşık 20 km kuzey batısında yer alan Karamadazı demir yatağıdır. Bölgede gözlenen demir yatağı, Karamadazı Graniti ile Yahyalı istifinde yer alan Akbaş Formasyonunun kireçtaşları dokanağı boyunca gelişmiş bir skarn oluşumudur. Cevherleşmenin arazi gözlemleri, ince kesit ve parlak kesit incelemelerine dayanarak üç farklı evrede oluştuğu düşünülmektedir. Birinci evre, granitin içerisinde gelişen endoskarn olarak da adlandırılan ve granat ile aynı anda oluştuğu düşünülen piroksence zengin ve esas olarak manyetit, daha az olarak da pirotin içeren endoskarndır. İkinci evre ise kireçtaşlarının içinde ekzoskarn olarak değerlendirilen ve aktinolit içeren manyetit yatağıdır. Son evre ise baskın olarak manyetit içeren bunun yanında skarn zonlarını kesen kalsit ve kuvarsça zengin daha çok pirit, kalkopirit gibi sülfid minerallerince zengin evredir.

Cevherleşmelerde hem endoskarn hem de ekzoskarn oluşumundan bahsedilir. Ekzoskarnlar, çoğunlukla kalsik skarn bileşimindedir ve cevherleşme yoğun olarak kireçtaşının içinde gözlenir (Şekil 6.1 A, B). Bununla birlikte arazi gözlemleri ve mikroskobik çalışmalara dayanarak Karamadazı skarn zonunun tek bir zondan oluşmadığı, granitten kireçtaşı dokanağına doğru, granit-endoskarn-ekzoskarn-kireçtaşı şeklinde bir zonlanma gözlemlendiği belirlenmiştir. Endoskarn; granit içerisinde kireçtaşına doğru epidot ve epidot-granat skarn şeklinde bir zonlanma göstermektedir. Ekzoskarn ise kireçtaşı içinde granat, piroksen ve epidot ile aktinolit, kalsit, kuvars, epidot, pirit birlikteliği sunan bir zonlanma göstermektedir. Zonlanmada granite daha yakın tarafta granatlar gözlenirken, kireçtaşına yakın bölgelerde ise piroksenlerin gözlemlendiği dikkat çekmektedir. Endoskarnlar ise granitin içerisinde belirgin bir hat boyunca gözlenmiştir.

Cevher Mikroskobisi çalışmalarında ise üç evrede de ana mineral olarak gözlenen manyetit, birinci evrede granitlerin içinde endoskarn oluşumlarında gözlenmişken (Şekil 6.5 F ve 6.6 B, C) ikinci evrede ekzoskarn cevherleşmesi olarak gözlenir ve endoskarn'da oluşan manyetitler ile sinjenetik olarak oluştuğu düşünülmektedir. Son evrede gözlenen manyetitlerde ise içlerinde ikincil olarak geliştiği düşünülen pirit oluşumları söz konusudur (Şekil 6.5 B, C ve 6.6 D). Pirit, manyetit içinde oluşan

kırık çatlak ve boşlukları doldurur tarzda ya da ağsal yapıda ornatır şekilde gözlenmiştir (Şekil 6.5 A, C, 6.6 D, ve 6.7 A, B, C, D). Kireçtaşı içinde gelişen ekzoskarn oluşumunda manyetitler ve ağsal yapıda oluşmuş piritler gözlenmiştir (Şekil 6.7 C, D). Yine ekzoskarn bölgelerinde manyetitler piriti ornatmıştır (Şekil 6.5 E, F). Bunun yanında piritin içinde manyetitlerin kalıntı olarak kaldığı görüntülere de rastlanmıştır (Şekil 6.7 G). Daha az oranda gözlenen pirotin, cevherleşmede birinci evre olarak düşünülmekte ve granitlerin içerisinde oluşan endoskarn evresinde gözlenmektedir. Kalkopirit ise inceleme alanında hem birinci hem de son evrede gözlenmektedir. Birinci evrede endoskarn olarak ve manyetitlerle birlikte, ikinci evrede ise manyetiti kesen ikincil oluşumlar şeklinde gözlenir (Şekil 6.6 D). Son evrede ise pirotinle birlikte, ekzoskarn ürünü olarak gözlenir (Şekil 6.6 A, B, C).

Çalışma alanına ait cevher örneklerinin Fe_2O_3 içerikleri %85.78-12.34 ve ortalama %73.83'dir. Al_2O_3 içerikleri %1.08-0.15, ortalama %0.52'dir. CaO içerikleri ise %22.90-0.74 ve ortalama %6.14 olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Saflaştırılmış manyetit örneklerinin Fe_2O_3 içerikleri %99.15-96.11, ortalama %98.84'tür. Al_2O_3 içerikleri %0.36-0.09, ortalama %0.22'dir. CaO içerikleri ise %0.35-0.11 ve ortalama %0.18'dir (Tablo 7.2).

Çalışma alanına ait cevher örnekleri kondrite göre normalize edilmiş ve spider diyagramı çizilmiştir. Çizilen spider diyagramda örneklerin tamamı pozitif Eu anomalisi gösterirken, hem pozitif hem de negatif Ce anomalisi göstermektedir (Şekil 7.1). Pozitif Ce anomalisi hidrojenetik yataklarda gözlenirken negatif Ce anomalisi ise hidrotermal bir kökene işaret etmektedir (Hein et al. 1997; Ghaderi et al. 2006). Pozitif Eu anomalisi ise hidrotermal bir kökene işaret ederken, aynı zamanda hidrotermal çözeltiliye deniz suyu karışımının da olduğunu ifade eder .

Çalışma alanındaki cevher örneklerinin bazı ana oksitlerinin korelasyon diyagramına göre Fe_2O_3 ile SiO_2 ve Al_2O_3 arasında çok kuvvetli negatif korelasyon gözlenmektedir. Bu durum cevherleşmenin silis gelimine bağlı olmadan karbonat kayalarla ilişkili olduğunun kanıtıdır. Ayrıca Al_2O_3 ile gözlenen negatif korelasyon da cevherleşmede özellikle mafik kökenli karasal bir katkının olmadığını

göstermektedir. Yine TiO_2 ile Fe_2O_3 arasında gözlenen negatif korelasyon da bunun diğer bir göstergesidir. Bunun yanında MgO ve SiO_2 arasında kuvvetli pozitif korelasyon gözlenirken Fe_2O_3 arasında ise kuvvetli negatif korelasyon gözlenmektedir. CaO ile SiO_2 arasında çok yüksek pozitif korelasyon, MgO arasında ise yüksek pozitif korelasyon göstermektedir. Bununla birlikte CaO ile Fe_2O_3 arasında ise çok yüksek negatif korelasyon gözlenmektedir. Son olarak Na_2O ile Al_2O_3 arasında pozitif korelasyon gözlenmektedir.

Sıvı kapanım çalışmalarında ise kalsit kristallerinde çok sayıda ve değişik boyutlarda sıvı kapanımları gözlenmiştir. Kalsit kristalleri içindeki sıvı kapanımları birincil ve ikincil kapanımlar şeklinde ayrılmış olup, birincil kapanımlar 5-40 mikron arasında değişen boyutlarda ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar şeklindedir (Şekil 7.2 ve 7.3). İkincil kapanımlar içindeki sıvı kapanımları oldukça küçük boyutlu olup, büyük çoğunluğu tek fazlı (sıvı) kapanımlardır. Bunun yanında iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da gözlenmektedir (Şekil 7.2 ve 7.3). Şekil 7.4 ve 7.5’de ise kalsit kristalleri içinde gözlenen ikincil kapanım dizilimleri gözlenmektedir. Sıvı kapanımı çalışmaları sonucunda cevherleşmeye ait ilk erime sıcaklıkları, son buz erime sıcaklığı ve homojenleşme sıcaklığı ölçülmüştür. Buna göre kalsit içerisindeki birincil kapanımlarda; $75^{\circ}C$ ile $160^{\circ}C$ arasında ($n = 30$, $ort = 136^{\circ}C$) değişen homojenleşme sıcaklıkları ölçülürken, ikincil kapanımlarda ise $215^{\circ}C$ ile $240^{\circ}C$ aralığında bir homojenleşme sıcaklığı ölçülmüştür (Şekil 7.7). Buna göre cevherleşmenin kısmen teletermal, daha çok epitermal ve mezotermal bir sıcaklıkta geliştiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Ayhan, A. Aladağ Yöresi Karbonatlı Pb-Zn Yataklarının Kökeni. TJK Bülteni, 26(2); 103-116., 1983.
2. Blumenthal, M., Niğde ve Adana vilayetleri dahilindeki Torosların jeolojisine umumi bir bakış. MTA Yayınları Seri B. No.6, 48 s., 1941.
3. Blumenthal, M., Kayseri-Malatya arasındaki Toros bölümünün Permokarbonifer arazisi. MTA Dergisi, 1/31, 105-118, 1944.
4. Bodnar R. J., Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* (57): 683-684 1993.
5. Bonatti, E., Kraemer, T. and Rydel, H. Classification and genesis of submarine iron-manganese deposits. In Horn, D., ed., *Ferromanganese deposits on the ocean floor*: Washington, D. C., Natl. Sci. Found p. 149-166, 1972.
6. Bonatti, E., Zerbi, M., Kay, R. and Rydell, H., Metalliferous deposits from the Apennine ophiolites: Mesozoic equivalents of modern deposits from oceanic spreading centers. *Geological Society of America Bulletin*, 87, 83-94, 1976 .
7. Choi, J.H., and Hariya, Y., Geochemistry and Depositional Environment of Mn Oxide deposits in the Tokoro Belt. Northeastern Hokkaido, Japan: *Economic Geology*. 87:1265-1274, 1992.
8. Crerar, D.A., Cormick, R.K. and Barnes, H.L. Geochemistry of manganese: An overview, in Varentsov, I. M. and Grasely, G., eds. *Geology and geochemistry of manganese*. Budapest, Hungarian Acad. Sci. V. 1, p., 293-334, 1980.
9. Çolakoğlu, A. R. ve Kuru S. G. Attepe Demir Yatagında Jeotermometrik Ölçüm Çalışmaları; MTA Dergisi, 125, 1-11, Ankara, 2002.
10. Çürük A. R., Farklı jeolojik ortamlarda oluşan piritlerin Jeokimyasal incelemesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 50 s., Adana (yayınlanmamış), 2006.
11. Dayan, S., Adana-Mansurlu Attepe civarındaki demir yataklarının Jeolojik, petrografik ve yapısal özelliklerinin incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
12. Dayan, S., Ünlü, T. ve Sayılı, İ.S., Adana- Mansurlu Attepe Demir Yatağı'nın Maden Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32 (2), 1-44, 2008.

13. Fitzgerald, C.E. and Gillis, K.M., Hydrothermal manganese oxide deposits from Baby Bare seamount in the Northeast Pacific Ocean. *Marine Geology* 225, pp. 145– 156, 2006.
14. Ghaderi, M., Palin, M., Sylvester, P. ve Campbell, I., Composition and source of hydrothermal fluids in gold deposits of the Kalgoorlie-Norseman region of Western Australia inferred from rare earth element systematics in scheelite. Research School of Earth Sciences, The Australian National University, Canberra, ACT 0200, Australia, 2006.
15. Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor, No. 2909, 140s, 1991.
16. Göncüoğlu, M.C., Erler, A., Toprak, V., Yalınız, K., Olgun, E., ve Rojay, B., Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi Bölüm 2: Orta Kesim. TPAO Rapor.No. 3155, 76 s, 1992.
17. Hein, J.R., Kochinsky, A., Halbach, P., Manheim, F.T., Bau, M., Kang, J.-K., Lubick, N., Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific. In: Nicholson, K., Hein, J.R., Buhn, B., Dasgupta, S. (Eds.), *Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits*, Geological Society. Lond. Spec. Publ., 119, 123–138, 1997.
18. Hem, J.D., Chemical factors that influence that influence the availability of iron and manganese in aqueous systems. *Geol Soc Am Bull.* 83:443-450, 1972.
19. Kuşçu, İ., Gençlioğlu Kuşçu, G., Göncüoğlu M. C., Karamadazı Demir Yatağında Skarn Zonlanması ve Mineralojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 44, Sayı 3, Ayhan Erler Özel Sayısı*, 2001.
20. Küpeli, Ş., Attepe (Mansurlu-Feke) Yöresinin Demir Yatakları. Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, 111 s., Konya (yayınlanmamış), 1986.
21. Küpeli, Ş., Ayhan, A., Karadağ, M. M., Arık, F., Döyen, A. ve Zedef, V., Attepe (Feke-Adana) Demir Yataklarındaki Siderit Mineralizasyonunun C, O, S ve Sr İsootop Çalışmaları ve Jenetik Bulgular. *JMO 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, 143-144, Ankara, 2006.
22. Oygür, V., Yurt, M.Z., Yurt, F. ve Sarı, L., Kayseri-Yahyalı-Karamadazı ve Kovalı yöresi demir madenleri jeoloji raporu. MTA Rapor No. 6609, 1978.
23. Oygür, V., Karamadazı (Yahyalı-Kayseri) kontakt metasomatik manyetit yatağının jeolojisi ve oluşumu. *Jeoloji Müh.*, 27, 1-9, 1986.
24. Rona, P., Criteria for recognition of hydrothermal mineral deposits in oceanic crust. *Economic Geology*, v., 73, p., 135-160, 1978.

25. Tekeli, O., Toroslarda Aladağların Yapısal Evrimi; TJK Bülteni, 23, 11-14.
Aksay, A., Evren-Ertan, F., Işık, A. ve Ürgün, B.M., 1981. Toros offiyolit projeleri Aladağ projesi raporu: MTA Gen, Md., Rapor No 6976 (yayımlanmamış), 1980.
26. Tiringa, D., Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat Demir Yatağının Maden Jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009a.
27. Tiringa, D., Ünlü, T., ve Sayılı, İ. S., Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat Demir Yatağının Maden Jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 33 (1), 1-43, 2009b.
28. Toth, J.R., Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron. Geological Society America Bul., Pt. L. 91:44-54, 1980.
29. Ulakoğlu, S., Karamadazı graniti ve çevresinin jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği, 17, 69-78, 1983.
30. Ünlü, T., Yıldırım, M., Öztürk, M., Dağlıoğlu, C., Kırıkoğlu, G. ve Hasarı, M., Feka-Mansurlu Yöresi Demir Yataklarının Oluşum Modeli Hakkında Bir Yaklaşım. MTA Maden Etüt Demir İzleme Destek 50225/1104, 3s., Ankara (yayımlanmamış), 1984.
31. Ünlü, T. ve Stendal, H., Divriği Bölgesi Demir Yataklarının Element Korelasyonu ve Jeokimyası (Orta Anadolu-Türkiye). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Dergisi, 28; 5-19, 1986.
32. Ünlü, T. ve Stendal, H., Divriği Bölgesi Demir Cevheri Yatakları'nın Nadir Toprak Element (NTE) Jeokimyası (Orta Anadolu-Türkiye). Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 32; 21-37, 1989.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Uşak'ta doğan Mehmet KESKİN, ilköğrenimini Çivril Lisesinde tamamlamıştır. Lisans eğitimini Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde 2007 yılında başarıyla bitirmiştir.

2011 yılında Yüksek Lisans Eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında başlamıştır. Doç. Dr. Nursel ÖKSÜZ danışmanlığında hazırladığı “**Karamadazı (Kayseri) Skarn Demir Yatağının Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi**” başlıklı teziyle 2018 yılında mezun olmuştur.

2009 yılından itibaren MTA Ege Bölge Müdürlüğü İzmir'de çalışmaktadır. Evli ve 1 çocuk babasıdır.

İletişim Bilgileri

Adres: MTA Ege Bölge Müdürlüğü Lojmanları Bornova66100
İZMİR

Telefon: (531) 384 28 48

E-posta: jeomekes@gmail.com