T.C. SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MURGUL BAKIR YATAĞINDA BULUNAN JİPS OLUŞUMLARININ KÖKENİ

Ali Sait Çol

Danışman Prof.Dr Nevzat Özgür

Yüksek Lisans Tezi Jeoloji Mühendisliği AnaBilim Dalı Isparta– 2015 © 2015 [ALİ SAİT ÇOL]

TEZ ONAYI

Ali Sait Çol tarafından hazırlanan "Murgul Bakır Yatağındaki Jips Oluşumlarının Kökeni" adlı tez çalışması aşağıdaki Jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Nevzat Özgür Süleyman Demirel Üniversitesi

Prof. Dr. Fuzuli Yağmurlu Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Erdal Koşun Akdeniz Üniversitesi

Enstitü Müdür V. Doç.Dr.Yasin TUNCER

ТААННÜТNAME

Bu Tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin refarans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim

Ali Sait Çol Ali Sahili

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanının Jeotektonik Konumu	1
1.2 Çalışmanın Amacı	6
2. KAÝNÁK ÖZETLERÍ	9
3 MATERVAL VE METOT	13
3.1 Materval	13
3.1.1 İnceleme alanının veri	13
3.1.2 Morfoloji	13
3.1.2. İklim ve bitki örtüsü	17
3.1.4 Verlesim merkezleri ve ulasım	1/
3.2 Metot	15
3.2.1 Örnekleme ve örneklerin hazırlanması	15
3.2.1. Offickletne ve offickletni hazirtaninasi	17
4 ARASTIRMA BIJI GULARI	18
4.1 Murgul Cu Vatağı ve Vakın Cevresinin Jeolojisi	18
4.1.1 Alt hazik seri	18
4.1.1.7 Alt dagitik seri	21
4.1.2.7 At dashtik soft	$\frac{21}{21}$
4.1.2.1.2 astuk tunor	$\frac{21}{22}$
4.1.2.2. Fur-Kumaşı-Kneçtaşi formasyonu	$\frac{22}{22}$
4.1.2.5. Kinnizi ve yeşir düsitler	$\frac{22}{23}$
4 1 3 1 Volkanik konglomera	$\frac{23}{23}$
4 1 3 2 Tüf-kirectası ardalanması	23
4 1 3 3 Andezit ve andezit konglomeraları	23
4.2 Alterasyon	23
4.3.Cevherlesme	25
4 3 1 Cevher mineralleri parajenezi	26
4.3.2. Cevherlesme tipleri	$\frac{-6}{28}$
4 3 2 1 Dissemine tini cevherlesme	$\frac{-0}{29}$
4.3.2.2. Stokvork tipi cevherlesme	30
4.3.2.3. Kücük cevher damarları seklindeki cevherlesme	30
5 δ^{34} S İZOTOPLARI IFOKİMYASI	32
5.1 Cevher Minerallerinde 34S Jeokimvası	32
5.2 Jins Minerallerinde İzoton Jeokimyası	34
6 TARTISMA ve SONUCLAR	38
7 KAYNAKLAR	50
8 ÖZGECMÍS	58
о. ододунцу	50

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MURGUL BAKIR YATAĞINDA BULUNAN JİPS OLUŞUMLARININ KÖKENİ

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nevzat Özgür

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan masif sülfit yatakları altere olmuş Senoniyen yaşlı 150-300 m kalınlık gösteren dasitik piroklastiklere bağlıdırlar. Metalojenik kuşağın doğusunda (Cu >> Pb + Zn) şeklinde Cu üstünlüğü bulunurken (Tip: Murgul) batıda (Pb + Zn >> Cu) şeklinde (Tip: Madenköy ve Lahanos) Pb + Zn daha çok olarak görülmektedir. Jenetik olarak doğuda bulunan Murgul ve benzeri yataklar ada yayına bağlı olarak kıtasal koşullarda oluşmuş olup subvolkanikhidrotermal oluşuğa işaret ederek daha çok Kuroko tipi yataklar ile Porfiri tipi yataklar arası bir geçişi temsil ederler.

Murgul Cu yatağında cevherleşme 300 m kalınlığa kadar ulaşan dasitik piroklastiklerle ilişkilidir. Bu piroklastikler araştırılan alanda 20-50 m kalınlıkta olan tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu ve 500 m kalınlığa kadar ulaşan cevhersiz dasit lavları tarafından örtülmektedir.

Murgul cevherleşmesinin içinde bulunduğu yaklaşık 300 m kalınlığa sahip olan dasitik piroklastik seviye hidrotermal çözeltiler ile ilk volkanik etkinliğin son safhasında şiddetli alterasyona maruz kalmış ve bunun sonucunda masif sülfit cevherleşmesi ortaya çıkmıştır. Burada alterasyon (i) ilk fazı oluşturan kaolenleşme ve serizitleşmeden oluşurken (ii) son faz baştan sona kadar devam eden silisleşme ürünü olmaktadır.

Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesinin oluşumunun, yörede bulunan atmosferik koşullar altında kısa zaman aralığında meydana gelen süperjen alterasyon ve erozyon olaylarından önce tamamlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca belirtilen bu kısa zaman aralığını lokal belirleyici (regional marker) olarak adlandırılan sedimantasyona uğramış piroklastikler ve sedimentler (Murgul Cu yatağında maksimum 10 m kalınlık) temsil etmektedir. Bunlar yörede hakim olmuş karasal ortam koşulları için önemli bir ögeyi oluşturmaktadır. Bu lokal belirleyici (marker bed) cevher içerikleriyle birlikte dasitik piroklastiklerin atmosferik koşullar altında yüzeysel olarak sedimantasyonu ve alterasyonu sonucu oluşumu olarak yorumlanmaktadır. Burada eskiden var olan Bognari yatağının üst seviyelerinde bulunan jips merceği atmosferik koşullar altında oluşmuş bir breşik cevherleşmeye işaret etmektedir. Burada jips oluşumları bazı araştırma sonuçlarının aksine atmosfer koşulları ile bağlantılı olan ortamda sülfit minerallerinin oksitlenmesiyle ilişkin olabilir.

Çakmakkaya yatağında altere olmuş dasitik piroklastikler içinde bulunan jips oluşumları yukarıda belirtilen oluşumlardan farklı olup jips minerallerinin kökeni altere olmuş volkanik kayaçlar içerisinde bulunan Fe-oksit ve/veya Fe-hidroksit fazlarının indirgenmesiyle deniz suyu sülfatının jipslerin oluşumuna neden olduğu ortaya çıkmaktadır. Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşme kütlelerinde dasitik piroklastikler içinde bulunan jips mineralleri cevherleşme ile herhangi bir parajenez ilişkisi olmayıp cevherleşme öncesi oluşmuştur. Daha sonra araştırılan alan tektonik olarak bir yükselmeye maruz kalmış ve akabinde karasal koşullar altında Murgul cevherleşmesi oluşmuştur.

Yoğun altere olmuş ve masif sülfit cevherleşmesini içeren dasitik piroklastik yan kayaçlar az altere olmuş cevhersiz dasit lavları tarafından örtülmektedir. Burada cevherleşme hiçbir yerde Yankayaç ile cevhersiz dasit lavları arasında yer alan kapanları (marker bed) geçmemektedir. Bu durum cevherleşmenin atmosferik koşullar altında meydana gelen süperjen alterasyon ve erozyon ile birlikte dasit lavlarının oluşumundan önce meydana geldiğini göstermektedir.

Cevherleşme yan kayaçları olan dasitik piroklastikler "ore-related breccias" kayaçları ile yapısal benzerlikler göstermektedir. Bu durum Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinde lokal yüzeysel breşleşme olabileceğini ve bunun da sisteme gerekli olan sıcaklığı sağlayan çok kez tekrarlanan volkanik etkinlikler ile oluşabileceğini göstermektedir, çünkü burada birkaç yüz metre mesafede bunu ıspatlayan aynı zamanda oluşmuş volkanik domlar bulunmaktadır. Porfiri Cu yatakları ile Murgul Cu yatağı konsantrik olan alterasyon ve mineralizasyon modeli bakımından bazı benzerlikler gösterse de her ikisi arasında bazı önemli farklılıklar görülmektedir: (i) Murgul Cu yatağında yüksek tenörlü cevher genellikle cevher kütlesinin merkezinde bulunmaktadır, (ii) Murgul Cu yatağı alterasyonu incelendiğinde potasik alterasyon zonu görülmemektedir ve (iii) Murgul'da cevherleşmenin yüzeye oldukça yakın bir lokasyonda meydana gelmiş olması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler : köken Artvin, Murgul , jips, δ^{34} S, bakır,

2015, 58 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ORIGIN OF GYPSUM FORMATION IN THE MURGUL COPPER DEPOSITS

Ali Sait Çol

Süleyman Demirel University Graduate School of Appliedand Natural Sciences Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Nevzat Özgür

The massive sulfide deposits in the East Pontic metallotect are assigned to 150-300 m thick dacitic pyroclastics in Senonian age. In the east of the metallotect, there is a ratio of (Cu >> Pb + Zn; type Murgul), there is a ratio of (Pb + Zn >> Cu; type Lahanos and Madenköy) in the west. Genetically, Cu deposit of Murgul and other massive sulfide deposits located in the east can be classified to the subvolcanic-hydrothermal type with a Senonian island arc volcanism under predominant terrestrial conditions and represent a transition between Kuroko type and copper porphyries.

The mineralization in the Cu deposit of Murgul is associated with dacitic pyroclastics with a thickness up to 300 m. In the study area, this proclastic sequence is overlain by 20-50 m tuff-sandstone-limestone formation and 500 m thick barren dacitic lava flows.

The dacitic pyroclastic sequence with a thickness up to 300 m in which Cu deposit of Murgul is located has been altered intensively in the last stage of the first volcanic activity. Massive sulfide desposits have been emerges as a result. Hyrothermal alteration may be classified as (i) advanced argillic and phyllic alteration as first phase and silicic alteration as last phase.

The formation of the Anayatak and Çakmakkaya orebodies forming the Cu deposit of Murgul must have been completed before supergene alteration and erosion occurring in short periods of time under atmospheric conditions in the area. Furthermore, pyroclastics and sediments (up to 10 m in the Cu deposit of Murgul) represent the short time interval as marker bed. These are an important element for the terrestrial conditions dominated in the area. The local identifier marker bed with ore under atmospheric conditions at the surface, sedimentation dacitic pyroclastics and alteration is interpreted as the result of the erosion events. Gypsum lens is located on the upper level of the formerly existing Bognari orebody refers to a brecciated bearing mineralization formed under atmospheric conditions. Here gypsum formations can indicate the environment by oxidation of sulphide minerals associated with atmospheric conditions, unlike some of the research results.

In Çakmakkaya orebody, gypsum minerals found in altered dacitic pyroclastics are different in genetical comparison to above described gypsum minerals. The origin of

gypsum minerals can be attributed to sea water sulfate reduced by Fe-oxide/hydroxide phases. Gysum minerals in pyroclastics of Anayatak and Çakmakkaya orebodies are not related to host rocks ore mineral assemblage and must have been formed prior to sulfide mineral assemblage. Later on, investigation area exposed to tectonic uplift and subsequent Cu deposit of Murgul formed under terrestrial conditions.

The intensively altered dacitic pyroclastic host rocks in Senonian age are overlain by less altered barren dacitic lava flows. There, the mineralization does not pass the marker bed between host rocks and barren dacitic lava flows. It shows that the mineralization has been completed before supergene alteration and erosion together with the formation of the barren dacitic lava flows.

Dacitic pyoclastics as host rocks show some similarities with "ore-related brecias". This indicate surficial brecciation in the Cu deposit of Murgul and environs which can be occur by repeated volcanic activities providing required temperatures in the system, because there are contemperanous formed volcanic domes in a few hundred meters distance which prove the above mentioned brecciation. Although Porphyry Cu deposits and Cu deposits of Murgul have some similarities in terms of the model of the hydrothermal alteration, there are some important differences: (i) high-grade ore is generally located in the center of ore body, (ii) when Murgul bed investigated the alteration does not appear potassic alteration zone and (iii) Murgul at a location fairly close to the surface mineralization is must have occurred.

Key Words: genesis, Artvin, Murgul, gypsum, δ^{34} S, copper,

2015, 58 pages

Teşekkür

Sunulan bu yüksek lisans tez çalışması Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 3680-YL2- 13 nolu araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Danışmanım Sayın Prof. Dr. Nevzat Özgür'e bu tezin gerçekleştirilmesine yönelik olarak verdiği bilimsel destek, teşvik ve yapıcı eleştirilerinden ötürü teşekkür borçluyum.

Saha çalışmalarında bize yardımcı olan Jeoloji Mühendisi Onur Aydın'a, Cengiz İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş, Murgul(Artvin) teşekkür ederim.

Aileme vermiş olduğu maddi ve manevi katkı ve destek için teşekkür ederim.

Ali Sait ÇOL ISPARTA 2015

ŞEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu	
Pontidlerin Permo-Triyasın günümüze kadar gelişimi	2
Şekil 1.2. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının jeolojik konumu ve	
yerbulduru haritası	3
Şekil 1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının basitleştirilmiş	
litostratigrafik istifi	4
Şekil 1.4. Birinci volkanik evreye ait Murgul spilitlerinin Becceluva ve diğ.,	
1979'a göre Ti/Cr-Ni diyagramında gösterilmesi	5
Şekil 3.1 Murgul Cu yatağı Çakmakkaya yatağında yer alan tüf-kumtaşı-	
kirçtaşı formasyonundan alınan jips minerali	15
Şekil 3.2. Jips minerali XRD yöntemi ile incelendiğinde saf jips minerali	
olarak ortaya çıkmaktadır	16
Şekil 4.1. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik	
kesiti	19
Şekil 4.2. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin jeoloji haritası	20
Şekil 4.3. Murgul Cu cevherleşmesi yan kayacı olan altere olmuş dasitik	
piroklastikler ve onları örten dasit lavları	21
Şekil 4.4. Çeşitli sondaj verilerine göre Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin	
cevherleşme yan kayaçlarını gösteren şematik sütun kesiti	22
Şekil 4.5. Murgul Cu yatağı ve çevresinde hidrotermal alterasyon zonları	26
Şekil 4.6 Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan ince taneli	
saçınımlıcevherleşme	29
Şekil 4.7. Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan stokvork tipi	
cevherleşme	30
Şekil 4.8. Murgul Cu yatağı Çakmakkaya açık ocağından alınan damar tipi	
zengin cevherleşme	31
Şekil 5.1. Murgul Cu yatağından alınan örneklerin δ^{34} S değerleri ve bunların	
jenetik olusumu ivi bilinen diğer vataklarla karsılastırılması	33
Sekil 6.1. Murgul cevherlesmesinin oluşumunu gösteren şematik diyagram	43
Sekil 6.2. Murgul Cu vatağında bulunan kuvars örneklerindeki sıvı	
kapanımında yapılan δ^{18} O ve δ D değerlerinin karşılaştırılmaşı	47
Sekil 6.3. Doğu Karadeniz Bölgesin metalojenik kuşağında bulunan Murgul.	
Madenköy ve Lahanos Cu yataklarının sematik olarak gösterilmesi	49
J	-

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Çeşitli cevher fazlarındaki cevher minerali parajenezleri	25
Çizelge 5.1. Murgul Cu yatağından alınan çeşitli mineral fazlarında bulunan	35
δ^{34} S değerleri	
Çizelge 5.2. Murgul Cu yatağı tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonundan alınan	
jips örneklerinde δ^{34} S değerleri	36
Çizelge 5.3. Murgul Cu yatağı tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonundan alınan	
jips örneklerinde δ^{34} S değerleri	37

1. GİRİŞ

1.1. Çalışma Alanının Jeotektonik Konumu

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu Pontidler Paleotetisin kapanması ve Neotetisin açılması, olgunlaşması ve kapanması gibi bölgesel ölçekte levha hareketlerine sahne olmuştur. Bu olaylar neticesinde Karbonifer'den günümüze kadar olan zaman içine volkanik hareketlerin meydana geldiği görülmektedir. Ercan ve Gedik (1983) Bu volkanik hareketler dönemsel olarak Ercan ve Gedik (1983) tarafından dokuz gruba ayrılmıştır. Bunlar Permo-Karbonifer, Triyas, Liyas, Dogger, Malm-Alt Kretase, Üst Kretase, Paleosen-Eosen, Miyosen ve Pliyo-Kuvaterner'dir. Bunlardan Liyas volkanizması tartışmaktadır ve güneyde Gondwana kıtasındaki Liyas'ta oluşmaya başlayan bir rift açılma evresi ile ilgili olduğu bazı yazarlar tarafından ifade edilmektedir (Şekil 1.1; Şengör vd., 1980). Bu riftleşmenin eski Paleotetis yitim zonu üzerinde bir kenar deniz açılması şeklinde olduğu düşünülmektedir.. Liyas'ta oluşmaya başlayan bu rift ile birlikte Liyas-Alt Kretase süresince Neotetis okyanusunun giderek genişlediği ve okyanusun kuzeyinde Atlantik tipte bir kıta kenarı ve yitim zonunun oluşmaya başladığı ileri sürülmektedir. Diğer taraftan Görür vd. (1983) Sinemuriyen (Liyas) başlangıcında Pontidlerin güneyinde ve Pontidleri geniş ölçüde etkileyen belirtmişlerdir. Bu volkaniklerin jeokimyasal özelliklerinin ada yayı karakteri sunduğu Neotetis okyanusunun kuzey kolunun açılması sonucu oluşan faylanma, riftleşme sonrası bağlantılı olarak horst-grabenlere karşılık gelen denizaltı tepeleri ve denizel çukurluklar oluştuğunu, denizaltı tepeler üzerinde ve yamaçlarda genellikle kondense seriler ve sığ karbonat çökelleri gelişirken çukurluklar içerisinde lav-tüf ara katkılı türbiditler geliştiğini ortaya konmasıyla genel olarak Pontid kuşağının Liyas'ta ada yayı konumunda olduğu ileri sürülmüştür (Şengör vd., 1980; Şengör ve Yılmaz 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997). Yine Ercan ve Gedik (1983) doğu Pontidlerde Üst Kretase volkaniklerinin altta yaygın dasit, riyodasit, latit türde lavlar, tüf-aglomeralardan oluştuğunu saptamışlar ve bunları Alt Dasitik Seri olarak tanımlamışlardır. Üstte yer alan daha genç spilitik bazalt ve trakiandezitleri ise Üst Bazik Seri olarak adlandırmışlardır. Hem Paleotetisin hem de Neotetis'in kapanması ve sonrasında Pontidler'de yaygın magmatik intrüzyonlar meydana gelmiştir (Boztuğ vd., 2004; Boztuğ vd., 2006)



Şekil 1.1. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu Pontidlerin Permo-Triyas ın günümüze kadar gelişimi (Özgür vd., 2008).

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında masif sülfit yatakları altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yan kayaç olan dasitik piroklastikler Üst Kretase yaşlıdır ve 150-300 kalınlığındadırlar. Metalojenik kuşağın doğusunda Cu egemenliği (Cu >> Pb + Zn) batısında Pb + Zn üstünlüğü (Pb + Zn >> Cu vardır. (Özgür, 1985; Kekelia vd., 2004). Batıda bulunan Madenköy gibi yataklar Pb + Zn egemenliği için çok iyi bir örnek oluştururken doğuda bulunan Murgul Cu yatağı da Cu üstünlüğünü gösteren çok güzel bir örnek arz etmektedir (Şekil 1.2 ve 1.3).



Şekil 1.2. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının jeolojik konumu ve yerbulduru haritası. 1: Murgul, 2: Madenköy, 3: Lahanos (Özgür, 1993a; Özgür vd., 2008).

Murgul Cu yatağı Liyas ve Miyosen zaman aralığında oluşmuştur. Bir ada yayını temsil eden Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının KD kısmında bulunmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı D-B yönünde 350 km uzunluğundadır ve K-G yönünde 60 km genişliğindedir. Genellikle Jura-Miyosen yaşlı tipik ada yayını temsil eden volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Bu Kuşakta bulunan volkanik kayaçlar 3000 metreye ulaşan bir kalınlığa sahiptir. İçlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayaç mercekleri bulundurmaktadırlar. Volkanizma Liyas ve Miosen zaman aralığında aşağıdaki gibi üç evre gelişmiş bulunmaktadır (Schneiderhöhn, 1955; Kahrer, 1958; Maucher vd., 1962, Kraeff, 1963; Tugal, 1969; Buser ve Cvetic, 1973; Akın, 1978; Çağatay ve Boyle 1980, Özgür 1985, Dieterle 1986):



Şekil 1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının basitleştirilmiş litostratigrafik istifi. ABS: Alt Bazik Seri, ADS: Alt Dasitik Seri, ÜBS: Üst Bazik Seri, Cu: Cu-Pb-Zn yatakları (Özgür, 1993a; Özgür vd., 2008).

(i) İlk volkanik evre Liyas ile Üst Kretase arasında gelişmiş ve kendini Alt Bazik Seri (ABS) ile Alt Dasitik Seri (ADS) ile belli etmektedir. Volkanizma Liyas zamanında bazik kökenli başlamış bulunmakta ve daha sonra magmatik farklılaşma ile Üst Kretase zamanında asidik kökenli olarak sona ermektedir. İlk volkanik evre bulunan ve Alt Bazik Seri içinde yer alan spilit ve spilitik tüfler

Ti/Cr ve Ni ilişkisinde tektonik olarak Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının volkanik ada yayı özelliğini belirlemektedir (Şekil 4; Özgür, 1985; Schneider vd., 1988).

(ii) Üst Bazik Seri (ÜBS) ile volkanizmanın ikinci evresi başlamaktadır. Volkanik ürünler Liyas ve Üst Kretase zaman aralığında oluşan kayaçları transgresif olarak örtmektedir. İkinci volkanik evre volkanik breşler, ince kalınlıktaki sedimanter mercekler ve andezitik-riyolitik lavlardan oluşmaktadır. Bu volkanik dönem Maastrihtiyen yaşlı kireçtaşları tarafından örtülmektedir.

Son volkanik evre Üst Dasitik Seri (ÜDS) ile temsil edilmektedir ve bazaltik ve andezitik lavlar tarafından örtülen Paleosen yaşlı denizel sedimentlerle başlamaktadır.



Şekil 1.4. Birinci volkanik evreye ait Murgul spilitlerinin Becceluva vd., 1979'a göre Ti/Cr-Ni diyagramında gösterilmesi. A: okyanus tabanı toleyitleri, B: ada yayı toleyitleri, C: CaO'ce zengin okyanus tabanı toleyitleri, D: pikritik lavlar, siyah daireler: Murgul spilitleri (Özgür, 1985; Özgür vd., 2008).

1.2. Çalışmanın Amacı

Araştırma alanı Doğu Karadeniz Bölgesi Cu, Pb , Zn , yataklarından oluşan metalojenik kuşakta bulunmaktadır. Murgul Cu yatağı birinci volkanik evrenin üst kısmında oluşmuştur ve Senoniyen yaşlı yaklaşık 250 m kalınlığı olan dasitik piroklastiklerle bağlantılıdır. Bu dasitik piroklastik seviyenin üst kısmında denizel sedimentlerden oluşan yaklaşık 10 kalınlığında yoğun alterasyona ve erezyona uğramış ince bir tabaka bulunmaktadır. Burada mineralizasyonlu dasitik piroklastikler 200 - 500 metre kalınlığında olan cevhersiz dasitik lavlar tarafından ortulmektedir. Dasit lavları hiçbir yerde mineralizasyon göstermemektedir. Bu yüzden altere olmuş yan kayaçlar ile cevhersiz dasit lavları arasında bir zaman aralığının olması gerekmektedir bu zaman aralığında özellikle erozyon ve alterasyonun hakim olmalıdır. Bognari klastik cevherleşmesi bu oluşumu AnaYatak cevher kütlesinin üst kısımlarından gelip orada tekrar oluşan malzemelerle kanıtlanmaktadır.

Murgul yatağındaki mineral parajenezi genel olarak pirit ve kalkopiritden oluşmaktadır. Ayrıca az miktarda bulunan sfalerit, fahlerz, galen, aikinit, hessit, klaustalit ve tridimit vardır. Murgul yatağından 8 km doğuda bulunan Akarşen Cu yatağında nabit Au mikroskopik olarak gözlenmiştir.Murgul Cu yatağı genel olarak 1985 verilerine göre (i) Cu tenörü % 0.2 ile 0.7 arasında değişen saçınımlı cevherleşme (tip 1), (ii) Cu tenörü % 1 ile 2.5 arasında stockwork tipi cevherleşmesi (tip 2) ve (iii) Cu tenörü % 5 ile 10 arasında değişen damar cevherleşmesinden (tip 3) oluşmaktadır. Günümüzde görünen rezerv Murgul yatağında % 0.5- 0.6 Cu tenörü ile 15 000 000 ton civarındadır.

Murgul yatağında cevherleşme iki evrede gelişen hidrotermal alterasyon ile sıkı ilişkilidir: (i) burada birinci evre serizitleşme ve kaolenleşmeden oluşmaktadır ve (ii) birinci devre başından beri var olan ikinci evre silisleşme ile karakterize etmektedir. Yörede volkanik etkinlikler tekrarladıkça hidrotermal çözeltiler daha önce oluşan saçınımlı cevherleşmedeki metalleri remobilizasyona uğrattı ve bunun sonucu olarak zengin Cu tenörlü stockwork ve damar cevherleşmeleri meydana gelmiştir. NTE incelemeleri Alterasyon zonlarında yapılmış ve iki alterasyon evresi arasındaki farkı göstermektedir. Yan kayaç alterasyonu ile NTE azalma değerleri arasındaki ilişkiyi belgelemektedir. Cevherleşme tipleri 1,2 ve 3 ile ilişkin olan sekonder birincil ve ikincil kuvars kristallerinde yapılan sıvı kapanım incelemeleri 150 ile 350 0 C arasında değişen cevherleşme homejenleşme sıcaklıkları (ortalama 225 0 C) ve % 1.0 ile 12.0 NaCl eşdeğeri (ortalama % 5.0 – 7.0 NaCl eşdeğeri) arasında değişen tuzluluk değerleri göstermektedir. Bu sıcaklıklar epitermal ile mesotermal arasında değişen bir alt hidroterman evre olarak adlandırılabilir.Cevherli yan kayaçlardan alınan kuvars kristallerinde bulunan sıvı kapanımlarında içinde ölçülen S¹⁸O ve Sd değerleri sıvı kapanımları içinde ölçülen anyon ve katyon analizleri ve sülfürlü cevher minerallerinde bulunan $\delta S^{34}S$ değerleri Murgul yatağının özellikle Kuroko tipi yataklardan ayrıldığını açıkca göstermektedir.Sonuç olarak Murgul Cu yatağı Hidrotermal çözeltilerin meteorik kökenli oalbileceğini gösteren S¹⁸O ve SD değerleri ve sıvı kapanımlarındaki anyon ve katyon analizleri $\delta S^{34}S$ değerleri ile dikkate alındığında bir jeotermal sistem ile ilişkilendirilebilir.

Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesinin oluşumunun, yörede bulunan atmosferik koşullar altında kısa zaman aralığında meydana gelen superjen alterasyon ve erozyon olaylarından önce tamamlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca belirtilen bu kısa zaman aralığını yerel belirleyici (regional marker) olarak adlandırılan sedimantasyona uğramış piroklastikler ve sedimentler (Murgul Cu yatağında maksimum 10 m kalınlık) temsil etmektedir. Bunlar yörede hakim olmuş karasal ortam koşulları için önemli bir öğeyi oluşturmaktadır. Bu lokal belirleyeci (marker bed) cevher içerikleriyle berlikte dasitik piroklastiklerin atmosferik koşullar altında yüzeysel olarak sedimentasyonu ve alterasyonu oluşumu olarak yorumlanmaktadır. (Özgür, 1985; Scheneider et al., 1988).Burada eskiden var olan Bogdari yatağının üst seviyelerinde bulunan jips merceği atmosferik koşullar altında oluşmuş bir breşik cevhereşmeye işaret etmektedir.Burada jips oluşumları Çağatay (1993) ve Çağatay ve Eastoe (1995) araştırma sonuçlarının aksine atmosfer koşulları ile bağlantılı olan ortamda sulfit minerallerinin oksitlenmesiyle ilişkin olabilir. Burada özellikle Çakmakkaya açık ocağında cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastikler ile dasit lavları arasında bulunan tüf- kumtaşı- kireçtaşı seviyesinde bulunan kaolenleşme ve burada oluşan jips formasyonlarının kökeni araştırıcıların yürüttüğü bu çalışma kapsamında detaylı olarak açıklanmaya çalışılacaktır

Murgul Cu yatağında cevherleşme yankayacı olan dasitik piroklastikleri örten tüfkumtaşı-kireçtaşı formasyonu içinde yeralan jips merceklerinde $\delta S^{34}S$ izotopundan giderek bu jips oluşumlarının denizel ortamda doğrudan hidrotermal alterasyon ile ilgili olduğu ileri sürülmektedir.Bu durum Murgul Cu yatağının jenezi ile ilgili araştırma bulgularına tezat teşkil etmektedir. Bu tezat durumun anlaşılabilmesi için tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonunda bulunan jips merceklerinin duraylı isotop ($\delta S^{34}S$) yöntemi ile incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Wijkerslooth (**1946**), Doğu Karadeniz cevher yataklarının çoğunun subvolkanik tipe dahil edilebileceğini belirtmiştir. Murgul yatağında üç cevherleşme safhası ayırt etmiştir.

Schneiderhöhn (1955), Murgul yöresinin jeolojik durumunu açıklamış ve Murgul yatağını subvolkanik yataklar grupuna dahil etmiştir.

Kahrer (1958), Murgul yöresinde ilk petrografik ve cevher mikroskopisi incelemelerini yapmış ve son üç araştırmasında yöredeki yatakların yan kayaçlarla eş zamanlı olarak, eksalatif sedimanter süreçlerle oluştuklarını ileri sürmüştür.

Schultze-Westrum (1961), Doğu Pontidler'in jeolojisi ve maden yatakları konusunda yaptığı bir incelemede, Pontidler'in yapısına katılmış kayaç gruplarının oranlarını % 30 denizel sedimentler, % 60 volkanitler, % 10 granitler olarak vermiştir. Cevherleşmeyle olan ilgileri nedeni ile Dasit I'in özel bir önem taşıdığını vurgulayan araştırmacı, Pontus silsilesinde ekonomik olabilecek bütün cevher zuhurlarının Dasit I'e bağlı olduğunu belirtmiştir.

Buser ve Cvetic (1973), Murgul yöresinde bulunan Çakmakkaya ve Damarköy bakır yataklarının çevresinin litostratigrafisi ve tektoniğini ayrıntılı bir şekilde incelemişler ve yatakların subvolkanik-hidrotermal yataklar olduğunu belirlemişlerdir.

Vujanovic (1974), Doğu Karadeniz Bölgesindeki çeşitli özellikteki sülfit yataklarının mineral içeriği, mineraller arasındaki parajenez ilişkileri, minerallerin oluşum sırası, her yatağın kökeni ve bölgenin metalojenezi konularını açıklamaya çalışmıştır.

Popovic (1975), bu çalışma ile Doğu Pontidler'in yapısal ve ekonomik jeolojisini konu alan çalışmalar yapmış olup bu bölgede yer alan sülfit yataklarının (Cu-Pb-Zn) yapısal, jeolojik, jeokimyasal, jenetik ve parajenetik özellikleri konusunda veriler elde etmiştir.

Çağatay ve Boyle (1977), bu çalışma ile Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında üç tip sülfit mineralizasyonu belirlenmiş olup bunlar (i) Zn-Cu-Pb masif sülfit yatakları (ii) Cu-pirit stokwork yatakları ve (iii) pirit-dissemine yataklardır. Bu yataklara ait önemli indikatör elementler olarak F, Pb, Zn, Cd, Cu, Ag, As ve Ba belirlenmiştir.

Pejatovic (1979), "Pontid tipi Masif Sülfit Yataklarının Metalojenisi" adlı incelemesinde, Doğu Pontidler'deki masif sülfit yataklarının, Kimmericiyen-Alpin metalojenik döneminde, kıta levhası üzerinde oluşmuş olan kompleks volkanik yayın evrimi ile ilişkili olarak oluştuklarını vurgulamakta, Kuroko tipi ile aynı ve belirli bir

jenetik tipi temsil ettiklerini savunmaktadır.

Özgür (1985), Özgür ve Schneider (1988), Schneider vd. (1988), Willgallis vd. (1990), Murgul (Artvin) yöresinde bulunan Anayatak ve Çakmakkaya bakır yataklarının oluşumu ve kökeni açısından bir dizi detaylı petrografi, eser element jeokimyası, alterasyon ve cevher mineralleri üzerinde kristal kimyası incelemeleri yapmışlar ve yöredeki yatakların saçınımlı, stokvork ve küçük merceksi tipte cevherleşmeler içerdiği, yan kayaçlarla fillik/ arjillik ve silisli zonlar olmak üzere iki farklı alterasyon zonunun geliştiği, alterasyon zonlarında Ti, Mn ve nadir toprak elementlerin azaldığı, F, Cu ve Au miktarlarının arttığı ve yatakların Üst Kretase yaşlı yay volkanizması ile ilişkili olarak, adacıklar üzerinde, yarı karasal koşullarda oluştuklarını belirtmişlerdir. Özgür ve Palacios (1990), volkanojenik kökenli Murgul Cu yatağında F, Ti, Mn, Cu, Au ve nadir toprak elementlerinin davranışları ile ilgili olarak yapılan jeokimyasal çalışmalar sonucu adı geçen elementlerden Ti, Mn ve nadir toprak elementlerinin yoğun hidrotermal alterasyona uğramış kayaçlarda önemli azalma değerleri belirlemişler buna karşın F, Cu ve Au cevherleşme alanında ise yüksek anomali değerlerinin bulunduğunu tespit etmişler. Buna bağlı olarak F, Ti ve Mn elementlerinin Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında örtülü cevher yatakları prospeksiyonunda önemli indikatör element olarak kullanılabileceğini önermişlerdir.

Özgür vd. (1991), Doğu Karadeniz metalojenik kuşağını oluşturan ana metal yataklarında yaygın olarak görülen saçınımlı cevherde ortalama Cu konsantrasyonun % 0.2 ile % 0.8 arasında, stokvork tipi cevherde çeşitli Cu konsantrasyonlarının ortalamasının % 1.0 ile % 3.0 arasında ve küçük cevher damarlarında görülen Cu konsantrasyonunun ise ortalama % 5.0 ile % 10.0 arasında olduğunu saptamışlardır.

Özgür (1993a), Bu çalışma ile bütün doğu pontid metalojenik kuşağında görülen hidrotermal alterasyonun iki aşamadan oluştuğunu ve ilk aşamayı fillik ve arjillik alterasyonun oluşturduğunu ikinci aşamayı ise silisik alterasyonun oluşturduğunu tespit etmiş olup mineralizasyonun ilk fazının (saçınmış cevher) alterasyonun ilk aşaması ile meydana geldiğini, mineralizasyonun ikinci ve üçüncü fazının (stokvork cevher ve küçük cevher damarı) ise hidrotermal alterasyonun ikinci aşaması ile oluştuğunu savunmuştur.

Özgür vd. (2008), Murgul Cu yatağı hidrotermal çözeltilerin meteorik kökenli olabileceğini gösteren δ^{18} O ve δ D değerleri ile sekonder birincil ve ikincil kuvarslardaki sıvı kapanımlarında ölçülen anyon ve katyon değerleri dikkate alındığında bir jeotermal sistem ürünü olarak adlandırılabileceğini ayrıca Doğu

Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında Murgul tipi yatak olarak Akarşen, Kilisetepe ve Tunca Cu yatakları jenetik olarak benzerlik göstermektedirler. Bu tür yataklar özellikle metalojenik kuşağın doğusunda Murgul yatağına ait tipik yatak parametreler dikkate alındığında büyük bir olasılıkla ortaya çıkarılabilir. Murgul Cu yatağının Üst Kretase'de ada yayı volkanizmasına bağlı olarak eksalif-sedimanter kökene değil daha çok kıtasal koşullar altında subvolkanik-hidrotermal kökene bağlı olarak oluşmuş olabileceği izlenimi ortaya çıkmakta olduğunu öne sürmüştür. Murgul Cu yatağı alanının bir kısa süre için bir yükselime maruz kaldığı ve böylece deniz seviyesi üzerinde kaldığını düşünmektedir Yörede volkanik yan kayaçlar içinde çok nadir olarak bulunan ve lokal olarak ortaya çıkan denizel kökenli sedimentler an azından cevherleşme gösteren birinci volkanik evrenin üst kısımları için sığ deniz ortamına işaret etmektedir. Çağatay (1993), Murgul yöresinde bulunan Çakmakkaya ve Damarköy bakır yatakları çevresinde, içten dışa doğru, silisleşme, illit-mika oluşumu ve kaolinleşme şeklinde farklı bileşimlerde alterasyon zonlarının gözlendiğini ve cevherleşmelerin ada yayı volkanizması ile ilgili olarak açılma evrelerinde oluştuklarını belirtmektedir. Çağatay ve Eastoe (1995), Doğu Karadeniz kuşağında bulunan volkanojenik masif sülfit yataklarındaki masif cevherlerin Japonyadaki Kuroko yataklarına benzer çok yaygın zonlanmalar gösterdiklerini ve Doğu Karadeniz kuşağında yer alan sekiz kuroko tip masif sülfit yatağında bulunan masif, stokvork ve saçınımlı cevherleri oluşturan felsik magmatik kayaçların içindeki δ^{34} S izotopu değerlerinin ortalama ‰ 0-‰ 7 arasında olduğunu belirtmektedirler. Popovic (2000), Kilise tepe (Murgul) yöresinde yaptığı çalışmalar sonucunda bu bölgede yaygın olarak riyolitik bileşimli volkanik ve volkano-sedimanter kayaç birimlerinin bulunduğunu saptamıştır. Aynı zamanda yatakta görülen cevherleşme tiplerini ve Cu konsantrasyonlarını belirlemek suretiyle Çakmakkaya-Anayatak (Murgul) Cu yatakları ile olan bağlantısını incelemiştir. Gökçe ve Spiro (2000), bu çalışma ile Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan masif sülfit yataklarında görülen cevherleşme tiplerine ve sülfit minerallerinin bünyelerinde ne kadar δ^{34} S izopu bulundurduklarına açıklık getirmeye çalışmışlardır. Gökçe (2001), Murgul Çakmakkaya ve Damarköy yatakları çevresinde yüzeyleyen kayaç türlerini ve bu yataklarda görülen cevher zonlarını belirlemiş ve bu yataklardan aldığı kuvars örnekleri üzerinde sıvı kapanõmõ çalışmaları yapmıştır. Sıvı kapanımı incelemeleri ile hidrotermal çözeltilerin bileşiminde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların hakim olduğunu, çözeltilerin tuzluluğunun cevherleşmelerin oluşumu sırasında daha yüksek olduğunu, son evrelere doğru kısmen azaldığını, cevherleşme sırasında çözeltilerin sıcaklıklarının 254°C ye kadar yükseldiğini, ancak son evrelere doğru 110,2 °C ye kadar düştüğünü belirlemiştir.

Abdioğlu vd. (2015), arazi gözlemleri ve mineralojik ve jeokimyasal inceleme dayanarak yankayaçlarda ve örtü kayaçlarında asidik hidrotermal alterasyon ilr gelişen ve faylar ve kırık sistemleri ile kontrol edilen kuvars-klorit-serizit-pirit, serizit-klorit-pirit, klorit-serisit-pirit ve klorit-karbonat-epidote- kuvars/albite-serizit alterasyon zonlerını belirlemiştir. Bu hidrotermal alterasyon olayı illit minerallerinde K-Ar yaş tayini yöntemi ölçümlerine göre Geç Kretase ve Erken Pliyosen (73-62 milyon yıl) arasında meydana gelmiştir. δ^{18} O ve δ^2 H izotopları sonuçları hidrotermal alterasyon prosesinin cevher yatağı merkezinden dışarıya doğru azalan bir şekilde illitler için 253 ile 332 °C arasında ve klorit için 136 °C sıcaklıklarda gelişmesi gerektiğini göstermektedir. Jipsler içindeki pozitif δ^{34} S değerleri (20,3-20,4 %₀) altere olmuş volkanik kayaçlar içerisinde Fe-oksit ve/veya Fe-hidroksit fazlarının indirgenmesiyle deniz suyu sülfatının jipslerin oluşumuna neden olduğunu ima etmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. İnceleme alanının yeri

Calisma Bölgesi Doğu Karadenizde alan Artvin ilinin Murgul ver İlçesindedir.Özellikle Çakmakkaya lokasyonunda araştırılmalar yapılmıştır. Çakmakkaya civarından örnekler alınmıştır. İnceleme alanı yaklaşık doğudan-batıya doğru uzanan 350 km'lik ve kuzeyden-güneye doğru uzanan 60 km'lik bir alandan daha büyük bir yüzey alanına sahip olup 38°00' ve 42°00' boylamı ve 40°30' ve 41°30' enlemi arasında uzanmaktadır (Şekil 1.2).

3.1.2. Morfoloji

Çalışma alanı genelde dağlık ve engebeli bir topoğrafyaya sahip olup irili ufaklı bir çok su kaynağını bünyesinde bulundurmaktadır. Doğu Karadeniz dağları Türkiye'nin karadeniz kıyılarına kuzeydoğusundadır ve asağı vukarı paralel olarak uzanmaktadırlar. Bu dağlar denizden güneye doğru yükselmekte ve sırtların en yüksek oldukları kesimde 3000 m'yi geçmektedir. Doğu Pontid Metalojenik Kuşağında bulunan önemli yükseltiler; Şavval Tepe (3348 m), Büyükyurt Dağı (2750 m), Karyoldağı (2750 m), Kaçkar Tepeleri (3000 m), Akdağ (3030 m), Haho Dağı (3000 m), Gülübağdat Dağı (2900 m), Güngörmez Dağı (3531 m), Kaçkar Dağı (3977 m), Haros Dağı (2611 m), Mescit Dağı (3255 m), Cimil Dağı (3170 m), Şeytan Dağı (3000 m), Verçinin Tepe (3711 m), Kırklar Dağı (3359 m), Karakafur Dağı (2800 m), Gölyayla Dağı (2900 m), Haldizen Dağı (3000 m), Soğanlıdağları (2500 m), Kemer Dağı (2856 m), Karakaban Dağı (2550 m), Sis Dağı (2161 m), Çakırgöl Dağı (2464 m), Akılbaba Tepe (2814 m), Kotsan Dağı (2500 m)'dır.

Çalışma alanında bulunan en önemli su kaynağını Çoruh nehri oluşturmaktadır. Çoruh nehrinin en büyük kollarından birini Murgul deresi oluşturmaktadır. Çoruh nehri bölgede bulunan Hatila Dere, Hodıçınar Dere, Sataçor Dere, Çamlık Dere, Çençül Dere, Çakmas Dere, Engücük Dere ve Dörtkilise Dere gibi irili ufaklı birçok dere tarafından beslenmektedir ve Karadeniz'e dökülmektedir. Bunların dışında çalışma alanında bulunan diğer önemli dereleri; Aksu Deresi, Ulucak Deresi, Gelevere Deresi, Eşgüne Deresi, Güdül Deresi, Aslanyurdu Deresi, Hoyran Deresi, Boğarsık Deresi, Harşit Deresi, Çanakçı Deresi, Büyükgöre Deresi, Deviskel Deresi, Sivri Deresi, Piskala Deresi, Kaçkar Deresi, Hala Deresi, Pazar Deresi, Maki Deresi, Manahos Deresi, Koştul Deresi, İskefiye Deresi, Mirkemenil Deresi, Bogaç Deresi, Erikbeli Deresi, Harşit Deresi, Soyran Deresi, Kalyon Deresi, Değirmen Deresi, Gümüşhane Deresi, Vihik Deresi ve Kaleninta Deresi oluştur

3.1.3. İklim ve bitki örtüsü

Murgul'da Karadeniz iklimi gözükmektedir. Karadeniz üzerinden gelen nemli hava, Kuzey Anadolu dağlarının denize bakan yamaçlarında yükselerek yoğunlaşmakta ve kıyılarda yaz mevsiminde de yağış bırakmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'ne hakim olan bu iklim, bölgenin büyük bölümünde ortalama 2000 mm civarında yağış görülmektedir. Bu ikliminin en önemli özelliği, Türkiye'de en çok yağışların görüldüğü iklim olması ve yağışların her mevsimde yaşanmasıdır. Kışlar ılıman yazlar ise serin geçmektedir. Çalışma bölgesinde kışlar Karadeniz sahiline göre daha sert yaşanmaktadır ve kışları iç bölgelere göre daha çok kar yağışı gözükmektedir.

Murgul Maden yatağı Çakmakkaya civarında Rododendron fundalıkları, yayla ve alpin otlaklar çalışma alanında hakim durumdadır. Ayrıca çalışma alanında Artvin ili boyunca hakim ağaç türleri ladin, göknar, sarıçam, kayın, meşe, Kestane, kızılağaç,olup ıhlamur, gürgen, akçaağaç, dişbudak, ceviz, üvez, kavak, söğüt, akasya kayacık, karaağaç, huş, ardıç, şimşir, Duglas, fıstıçamı porsuk gibi 20'nin üzerinde ağaç türü mevcuttur.

3.1.4. Yerleşim merkezleri ve ulaşım

Bölgedeki önemli yerleşim alanları başta Trabzon olmak üzere Giresun, Rize ve Artvin il merkezleridir. Bu illere bağlı çok sayıda köy, kasaba ve ilçe merkezleri bulunmaktadır. Bütün yerleşim birimleri birbirlerine asfalt ve stabilize yollarla bağlıdır ve her mevsim ulaşım sağlanır. Bölgeye Trabzon'a kadar uçakla ve Trabzon havalimanından bir araba kiralayarak kara yoluyla ulaşmak mümkündür. Karadeniz Sahil yolu otobandır. Şu an deniz ulaşımı kullanılmamaktadır. Ayrıca Gürcistan Batum havalimanından da bölgeye karayolu ile transit geçiş mümkündür.

3.2. Metot

3.2.1. Örnekleme ve örneklerin hazırlanması

Murgul bakır yatağı ve çevresinde jeokimyasal ve izotop jeokimyası amaçlı olarak Özgür (1985), Özgür, Çağatay ve Eastoe (1995) Özgür vd. (2008) ve Abdioğlu vd. (2015) taraından geniş kapsamlı araştırma yapılmıştır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan jips mineralleri ile ilgili olarak cevherleşme yan kayaç içinde farkli kökendeki jips mineralleri aranmış ve cevherleşme ile ilgili ilişkisi araştırılmış ve daha sonra belirlenen lokasyondan – Çakmakkaya yatağından cevherleşme yan kayacı olan altere olmuş dasitik piroklastikler içinden - jips örnekleri alınmıştır (Şekil 3.1). Bu örnekler daha sonra XRD yöntemi ile jips minerali olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.2). Böylece 4 adet örnek alınmıştır.



Şekil 3.1. Murgul Cu yatağı Çakmakkaya yatağında cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastikler içinden alınan jips minerali.



. Şekil 3.2. Jips minerali XRD yöntemi ile incelenmiş ve saf jips minerali olarak belirlenmiştir.

3.2.2. δ^{34} S izotop analizleri

 δ^{34} S izotop analizleri için öngörülen 4 adet jips örneği wolfram korbit değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen örneklerde ABD' de Isotechs İzotop labratuvarlarında (Illionis, ABD) δ^{34} S izotop analizleri gerçekleştirilmiştir. Burada kütle spektrometresi kullanılmıştır

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Murgul Cu Yatağı ve Yakın Çevresinin Jeolojisi

Çalışma alanı Türkiye tektonik birliklerinden Pontidlerin doğusunda bulunmaktadır ve Juradan Miyosen yaşına kadar uzanmakta olan bir volkanik ada yayı sistemini temsil etmektedir (Şekil 1.4; Becceluva vd., 1979).

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı D-B yönünde 350 km uzunluğa ve K-G yönünde 60 km genişliğe sahip olup genelikle Jura-Miyosen yaşlı tipik ada yayını temsil eden volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Kuşakta bulunan volkanik kayaçlar 3000 metreye ulaşan bir kalınlığa sahip olup içlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayaç mercekleri bulundurmaktadır. Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında meydana gelen volkanizma Liyas ve Miosen zaman aralığında üç evrede gelişmiştir (Şekil 1.3 ve 4.1; Ozgur 1993a; Maucher vd., 1962; Akın, 1979).

4.1.1.Alt bazik seri

Bu seri spilit, spilitik tüfler, kuvars keratofir ve kuvars keratofir tüflerinden oluşmuş bulunmakta ve Liyas'dan Turoniyen'e kadar devam etmekte olup bölgedeki ilk volkanik birimi oluşturmaktadır (Şekil 1.3). Bu kayaçların kalınlıkları 100 ile 250m arasında değişmekte (Özgür ve Palacios, 1990) olup bunlar daha çok Murgul Dere'de mostra vermektedirler. Spilitler ve spilitik tüfler mikroskop altında incelendiklerinde albit, kuvars ve kloritten oluştukları gözlenmektedir. Ayrıca kalsit, klorit ve kuvars gibi sekonder mineraller kayaç bileşimine katılırlar. Aksesuar mineral olarak titanit ve pirit bu kayaçlar içinde bulunmaktadır.

Kuvarskeratofir ve kuvarskeratofir tüfleri Cu yatağının hemen yakınında bulunurlar ve spilit ve spilitik tüfleri örterler. Bu kayaçların 200-500 m civarında kalınlıkları bulunmaktadır (Buser ve Cvetic, 1973). Bu kayaçların albit, kuvars, serizit ve kloritten oluştukları mikroskop altında gözlenmektedir. Bunların yanında kayaç içeriğinde Buser ve Cvetic (1973) oligoklas ve K-feldspat izlediklerini belirtmektedirler. Kayaç içindeki albitler hidrotermal alterasyon sonucu kaolin ve serizit minerallerine dönüşmüş olarak bulunmaktadır. Kayaç içinde aksesuar mineral olarak apatit, titatit ve pirit gözlenmektedir (Özgür, 1985).

FORMASYON	LİTOLOJİ	KAYAÇLAR	KALINLIK	CEVHERLEŞME	SERILER	VOLKANİK EVRELER
1	+ ++ ++	Mikrogranit		Steril	1	
NERSIYER EOSEN Baleosen		Andezit Dasitik ve andeziti tüf Filiş-benzeri sedimentler	? 100-500 m —	کی Başköy Alacalı Cevher Yatağı ب	– Dasitik – Seri	III
Maastrihtiyen		Kireçtaşı-marn Riyolit-riyodasit ve				
		andezit Tüf-kireçtaşı arakatkılı volkanik breş		Steril	Seri	II
Üst Kretase Senoniyen		Dasit lavları Tüf-kumtaşı- kireçtaşı formasyonu III Alterasyon Dasitik piroklastikler Dasit lavları Kuvars- Kerotofir	150-300 m 20-50 /200-500 m	Steril	Dasitik Seri	Ι
Jura- Alt Kretase		Kuvars- Keratofir tüf Spilit spilitik tüf	- 100-250 m	Steril	Seri	
PALEOZOYİK		Gümüşhane granodiyoriti kıvrımlanmış metamorfik seriler	700-800 m —		Temel	

Şekil 4.1. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgür, 1985; Özgür vd., 2008).



Şekil 4.2. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin jeoloji haritası. 1: Üst Kretase ve daha genç yaşlı andezitik lavlar, 2: Dasit lavları, 3: Piroklastik yan kayaçlar, 4: Faylar, 5: Açık ocak sınırları (2006).(Özgür vd., 2008; Schneider vd., 1988).

4.1.2. Alt dasitik seri

Bu seri bazik kökenli volkanizma ile başlayıp Üst Kretase sonuna kadar devam etmekte ve bu zaman içinde asidik ve ortaç kökenli kayaçlarla sona ermektedir (Şekil 4.1). Bu kayaçlar dasit serisi veya alt dasitik seri olarak tanınırlar ve bakır, kurşun, çinko minerali içerirler (Maucher, 1960). Alt dasitik seri dasitik tüfler ile başlayıp dasitik sünger tüfleri ile sona ermektedir. Bu formasyonun en önemli özelliği pirit kristallerini bünyesinde bulundurmasıdır (Mado, 1972). Alt dasitik serinin kayaçları Murgul Cu yatağı ve çevresini örterler. Bu kayaçlar özellikle maden yatağı ve çevresinde iyi gelişmişlerdir. Bu alt dasitik seri stratigrafik olarak aşağıdaki gibi gruplandırılır.

4.1.2.1. Dasitik tüfler

Dasitik tüfler petrografik olarak sünger tüfler ve kumlu tüfler olarak adlandırılırlar. Buna karşın (Buser ve Cvetic, 1973) bu kayaçları ve içerisinde bulundurdukları kuvars fenokristalleri dolayısıyla kuvars porfir ve kuvars porfir tüfü olarak adlandırmışlardır. Burada dasitik tüf kavramının kullanılmasının petrografik olarak daha doğru olacağı düşünülmekte çünkü bu sünger tüflerin içine dasit kütleleri girmiş bulunmaktadır (Özgür, 1985; Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Murgul Cu cevherleşmesi yan kayacı olan altere olmuş dasitik piroklastikler ve onları örten dasit lavları.

4.1.2.2.Tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu

Bu kayaçlar sünger tüfleri ile onların üzerinde bulunan dasitik lavlar arasına girmiş bulunmaktadırlar. Bu kayaçların kalınlıkları özellikle Anayatak ve Çakmakkaya açık ocak işletmelerinde 2-3 m'ye kadar düşmektedir (Şekil 4.3 ve 4.4). Buna karşın bunların ortalama kalınlıkları Mado 1972'ye göre 20-50 m arasında değişmektedir. Bu kayaçlar içinde kırmızı kahverengi marn, çört, kireçtaşı, büyük taneli kuvarslar, kumtaşları ve konglomeralar bulunmaktadır ve bu kayaçlar içindeki fosil içerikleri dolayısıyla Senoniyen yaşına dahil edilirler.



Şekil 4.4. Çeşitli sondaj verilerine göre Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin cevherleşme yan kayaçlarını gösteren şematik sütun kesiti (Özgür, 1985).

4.1.2.3. Dasitik lavlar

Dasitik sünger tüfler ve tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonundaki çalışma alanında kırmızı ve yeşil dasit tarafından örtülmektedir (Şekil 4.3 ve 4.4). Bu dasit 200 ile 500 m arasında bir kalınlığa sahiptir ve bu dasitin yaşı Maestrihtiyen kadar ulaşmaktadır. Dasitin rengi daha çok kırmızı çok az yeşildir. Burada kırmızı renk yeşil dasitin hematitleşmesi ile olabileceği düşünülmektedir. İnce kesitlerde dasitlerin matriksi mikro ve kriptokristalindir. Kayaç matriksin önemli bir kısmı ince taneli kuvarstır. Bu kuvarsdan sonra plajioklas, ortoklas, amfibol, piroksen tüm kayacın komposizyonunu oluşturmaktadır. Kayaç lokal olarak altere olmuş olup burada feldispatlar, kaolinit, serisit ve kalsit tarafından ornatılmış bulunmaktadır. Aksesuar mineral olarak burada apatit ve zirkon bulunmaktadır (Özgür, 1985).

4.1.3. Üst bazik seri

Üst bazik seri volkanik konglomeralar ile başlayıp tüflü kireçtaşları, kalkerler ve dasitik tüflerden meydana gelen formasyonla devam ederken andezit ve aglomeralardan meydana gelen formasyonla son bulmaktadır (Mado, 1972). Paleosen'den Oligosen zamanına kadar devam etmektedir (Şekil 4.1)

4.1.3.1. Volkanik konglomera

Volkanik konglomeralar Bognari yatağının kuzey batısında ve Murgul Dere'nin batısında ortaya çıkmaktadır. Bunlar Mado 1972'ye göre pirit, kalkopirit gibi dissemine cevher içeren silisleşmiş kayaçların çakıllarıdırlar. Bu aglomeralar 2 ile 5 m arasında değişen bir kalınlık gösterirler.

4.1.3.2. Tüf-kireçtaşı ardalanması

Tüf-kireçtaşı ardalanması bir sedimanter kayaç serisi olup kireçtaşlı seviye içerisinde bulunmaktadır. Bu sedimanter kayaç serisinin tabanında dasitik karakter taşıyan tüfler bulunmaktadır. Bunlar aynı şekilde Anayatak ve Çakmakkaya yatağı açıklarında mostra verirler. Bu sedimanter kayaç serisinin alt dasitik serinin tekrar sedimantasyonu dolayısıyla meydana geldiği söylenir. Toplam sedimanter kayaç sinsilesinin kalınlığı 5-10 m arasında değişir (Şekil 4.3).

4.1.3.3. Andezit ve andezit konglomeraları

Bu kayaçlarda volkanizmanın aglomera ve andezitik lav şeklinde ortaya çıktığı görülür. Aglomeralar andezitik lavların tabanını oluşturur. Bu lavlar Mado 1972'ye göre üst bazik serinin sona erdiğini göstermektedir. Burada andezitlerin matriksi

özellikle ince kesitlerde ince taneli ve çoğunlukla camdan oluşmaktadır. Fenokristaller olarak zonlu yapı ve ikizlenme lamelleri gösteren feldispatlar bu kayaçlar içinde bulunurlar. Bu feldispatlar çok az altere olmuşlardır. İnce kesitlerde özellikle matriskte çok kez kalsit görülür. Bu daha sonraki bir mineralizasyona işaret eder. Aksesuar mineral olarak apatit ve titanit bulunmaktadır. (Özgür 2005)

4.2.Hidrotermal Alterasyon

Murgul Cu yatağı hidrotermal alterasyon ile sıkı ilişkili olup burada cevher kütlesi etrafını çeviren birinci evreyi oluşturan filllik ve arjilllik alterayon ile merkezde ikinci ve son evreyi oluşturan silisik alterasyon görülmektedir (Özgür, 1985; Schneider vd., 1988). Murgul Cu yatağı ilk alterasyon evresi olan dissemine pirit ve kalkopirit cevherleşmesi ile doğrudan ilişkilidir. Schneider vd., (1988) göre birinci alterasyon evresi, piroklastiklerin bozulması ve ana kayacın kuvars ve yağlı görünümlü soluk serisit ile yer değiştirmesine yol açmıştır ve saçılmış pirit ve kalkopiritin zayıf mineralleşmesini ortaya koymuştur. Yatağın, bu bölgedeki hidrotermal faliyetin en geç evresi, volkanik ana kayacın kuvarsla yer değiştirmesidir. Bu evrenin sülfit mineralleşmesi önemli ekonomik cevherleri içermektedir ve ekonomik önemi olan "stokvork" ve "küçük cevher damarları" şeklindeki cevherleşmeler ile ilişkilidir. Çevresini kuşatan yöre kayaçları ise, kuvars, montmorillonit, illit, dikit ve sadece pirit içeren alterasyon topluluğu ile karakterize edilen yaygın killeşme göstermektedirler (Çizelge 4.5; Özgür ve Palacios, 1990).

4.3. Cevherleşme

Cevherleşme	Silisleşme	Stokvork	Zengin	Sementasyon
fazları	Ve	cevheri	Cevherleşme	Oksidasyon
Cevher	Dissemine			
minerali	Cevher			
Pirit				
Kalkopirit				
Çinkoblend	МММ		- M M M	
Galen	МММ		- M M M	
Fahlerz	МММ	МММ	МММ	
Altın				МММ
Kovellin				

Çizelge 4.1. Çeşitli cevher fazlarındaki cevher minerali parajenezleri (Özgür, 1985).
— Ana mineral fazı; - - - Yan mineral fazı; MMM: Mikroskopta görülebilir).



Şekil 4.5. Murgul Cu yatağı ve çevresinde hidrotermal alterasyon zonları (Özgür vd., 2008).

4.3.1. Cevher mineralleri parajenezi

Murgul Cu yatağında makroskobik ve mikroskobik olarak yukarıda belirlenen cevher mineralleri bulunmaktadır (Çizelge 1).

Pirit Murgul Cu yatağında cevher içinde en fazla bulunan mineraldir. İlk pirit jenerasyonu olarak meydana gelen pirit silisleşme ile oluşmaktadır. Bu piritlerin yanında bir miktar da küçük kristaller halinde dissemine olarak bulunan kalkopirit mineralleri bulunmaktadır. Bu piritin daha genç jenerasyonu stokvork cevherleşmesi içinde bulunmakta olup yine kalkopirit ile beraber bulunmaktadır. Bu stokvork

cevher içinde ağ şeklinde sülfürlü mineraller bulunmakta olup bunlar kuvars, pirit ve kalkopiritten oluşmaktadır. En genç cevherleşme fazında ise kuvarslar cevher gangları olarak bulunurken piritler milimetre büyüklüğünde kristaller şeklinde görülmektedir. Bu durum az olarak görülürken maden yatağının özellikle killeşmiş en üst kısımlarında idiyomorf pirit kristallerine rastlanılmaktadır (Özgür, 1985).

Kalkopirit, Murgul Cu yatağında ekonomik olarak kazanılan bir Cul minerali ve bütün cevherleşme tiplerinde bulunmaktadır. Özşekilli kalkopirit kristalleri daha çok zengin cevherleşme tipinde gözlenmektedir. Bu zengin cevherleşme içinde kalkopirit damarları dm kalınlığında olup bazen metrelerce devam etmektedir. Bu kalkopirit damarları özellikle açık ocak işletmelerinin üst kısımlarında oksidasyon renkleri ile kendini göstermektedir. Bu kalkopiritli cevherleşmeler her iki yatağın bazı kesimlerinde kovelline geçiş göstermektedir.

Mikroskobik olarak kalkopirit silisleşmiş dasitik piroklastik yan kayaçlarda saçınımlı olarak özşekilsiz bir halde bulunur ve burada piriti özellikle çatlaklarda ornatmakatadır. Kalkopirit mikroskop altında ikizlenme lamelleri göstermekte ve parajenezinde kubanit, valleriit ve pirotin gibi yüksek sıcaklık mineralleri bulunmamaktadır. Burada bu yüzden cevher mikroskobik kriterler dikkate alındığında Murgul cevher yatağı için 300-350 °C altında bir cevherleşme sıcaklığı kalkopirit için söz konusu olabilir. (Özgür vd., 2008).

Çinkoblend Murgul bakır cevherleşmesinde oldukça az miktarda bulunmaktadır. Anayatak yatağının üst kısımlarında galen ile birlikte bulunurken Çakmakkaya'da bulunmamaktadır. Ortalama Zn analizleri Anayatak'ta % 0,3 altında ifade edilirken bu Çakmakkaya açık ocağında ppm civarındadır. Bu mineral silisleşmiş yan kayaçlarda ve stockwork içinde yalnız başına bulunduğu gibi kalporirit ile de birlikte bulunmaktadır. Buna karşın zengin cevherleşme içinde oldukça nadir çinkoblende gözlenmekte ve bunlar daha çok kalkopirit ile birlikte izlenmektedir. Bu çinkoblend minerali parlak kesitlerde kalkopirit içinde damla ve çubuk şekilli görünüm vermektedir. Çinkoblend mikroskop altında oldukça az iç yansımalar arz etmektedir. Bu yağ immersiyonu içinde daha bariz olmaktadır. Ayrıca mikroskop altında yeşile kaçan çizgiler veren beyaz renk oldukça ilgi çekici olmaktadır. Bu çinkoblend mineralinin çok az demir ve buna karşın göreceli olarak yüksek Ga içerdiğini göstermektedir (Özgür, 1985).

Galen yalnız Anayatak yatağında çinkoblend ile birlikte bulunmaktadır. Bunlar stockwork cevherleşmesinde pirit-kalkopirit mineral parajenezine bağlı

görünmektedir. Galen çok nadir olarak zengin cevherleşme tipi içinde görülmektedir ve kristal şekli özşekilsizdir.

Fahlerz daha çok stockwork ve zengin cevherleşme tiplerinde gözlenirken çok nadir olarak silisleşmiş cevherleşme tiplerinde bulunur. Bu çok kez küçük kristal olarak çinkoblend, galen ve kalkopirit ile birlikte bulunmakta ve çinkoblend ve kalkopiriti ornatmaktadır. Bu mineralin rengi krem beyazı ile grimsi mavi arasında değişmekte olup bu grimsi mavi renk CuAs-fahlerz olan tennantite işaret etmektedir. Ayrıca bu fahlerz mineral fazında bulunan krem beyazı rengi de bu mineral içinde bulunan yüksek Se değerlerine işaret etmektedir. Bu değerler Özgür (1985) tarafından en yüksek 490 ppm olarak belirlenmiş olup hakit adlı mineral fazına işaret etmektedir.

4.3.2. Cevherleşme tipleri

Murgul Cu yatağında cevherleşme hidrotermal alterasyona bağlı olarak 3 türdür. Saçınımlı cevherleşme (tip 1) her iki yatakta bulunmaktadır ve burada Cu değerleri % 0,2 ile 0,7 arasında değişmektedir. Bu cevherleşme tipi en eski primer cevherleşme tipi olup diğer cevherleşme tipleri tarafından kesilmektedir. Burada cevher mineralleri genellikle ince taneli (tane yarıçapı 1-2mm) olup kuvars, serizit ve kil mineralleri ile birlikte büyüme göstermektedir (Şekil 4.6; Özgür, 1985). Bunlar lokal olarak ince jasper mineralleri merceği kombinasyonunda sedimanter yapı göstermektedirler. Bu cevherleşme tipinde saçınımlı primer pirit cevheri dokusu önemli bir problem oluşturmaktadır. Burada pirit framboidlerinin bulunması Murgul Cu yatağı oluşumuna bir tezat oluşturmaktadır. Bu framboidlerin oluşumu daha önce 100 °C) oluşan düşük sıcaklık ortamlarında (yaklaşık ürünler olarak yorumlanmaktadır (Scneiderhöhn, 1923; Love, 1964; Love and Amstutz, 1969). Burada cevherleşmenin bu duruma karşın sıvı kapanımı çalışmalarının gösterdiği gibi piroklastik seviye içinde volkanik aktivitenin son safhasında hidrotermal olarak 280 °C üzerinde meydana gelmiş olması gerekir (Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988). Ayrıca hidrotermal alterasyonun erken safhasını oluşturan serizitleşme ve (kaolenleşme) zonlarında bulunan pirit framboidlerinin saçınımlı cevherleşme fazı öncesi oluşan oluşumlar olarak değerlendirmek mümkün olabilir. Bu konunun bir başka çalışma çerçevesinde daha deteyli olarak incelenmesi gerekir.

4.3.2.1. Dissemine tipi cevherleşme

Dissemine cevherleşme (tip 1) her iki yatakta bulunmaktadır ve burada Cu değerleri % 0,2 ile 0,7 arasında değişmektedir. Bu cevherleşme tipi en eski primer cevherleşme tipi olup diğer cevherleşme tipleri tarafından kesilmektedir. Burada cevher mineralleri genellikle ince taneli (tane yarıçapı 1-2mm) olup kuvars, serizit ve kil mineralleri ile birlikte büyüme göstermektedir Bunlar lokal olarak ince jasper mineralleri merceği kombinasyonunda sedimanter yapı göstermektedirler. Bu cevherleşme tipinde saçınımlı primer pirit cevheri dokusu önemli bir problem oluşturmaktadır. Burada pirit framboidlerinin bulunması Murgul Cu yatağı oluşumuna bir tezat oluşturmaktadır. Bu framboidlerin oluşumu daha önce düşük sıcaklık ortamlarında (yaklaşık 100 °C) oluşan ürünler olarak yorumlanmaktadır (Scneiderhöhn, 1923; Love, 1964; Love and Amstutz, 1969). Burada cevherleşmenin bu duruma karşın sıvı kapanımı çalışmalarının gösterdiği gibi piroklastik seviye içinde volkanik aktivitenin son safhasında hidrotermal olarak 280 °C üzerinde meydana gelmiş olması gerekir (Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988). Ayrıca hidrotermal alterasyonun erken safhasını oluşturan serizitleşme ve (kaolenleşme) zonlarında bulunan pirit framboidlerinin saçınımlı cevherleşme fazı öncesi oluşan oluşumlar olarak değerlendirmek mümkün olabilir. Bu konunun bir başka çalışma çerçevesinde daha deteylı olarak incelenmesi gerekir.



Şekil 4.6. Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan ince taneli saçınımlı cevherleşme (cevherleşme tipi 1). Burada kuvars (beyaz), serizit ve kil mineralleri (gri) bulunmaktadır (Özgür, 1985; Özgür vd., 2008).

4.3.2.2. Stokvork tipi cevherleşme

Stockwork tipi cevherleşme (tip 2) Stockwork tipi cevherleşme %1 ile 2.5 arasında Cu içermekte olup piroklastik kayaçların volkano-tektonik olayların etkisi altında kalması esnasında oluşan hidrotermal remobilizasyonun genç fazını meydana getirmektedir. Bu cevherleşme saçınımlı cevherleşme ve altere yan kayaçları özellikle ağsal yapılar göstererek kesmektedir (Şekil 4.7; Özgür, 1985). Burada cevher mineralleri taneleri 2-3 mm yarıçapından fazladır. Cevher mineralleri olarak egemen olan pirit ve kalkopirit yanında sfalerit ve galen mevcuttur.



Şekil 4.7. Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan stokvork tipi cevherleşme (cevherleşme tipi 2). Burada açık renkli olan kısım yan kayaçtır (Özgür, 1985; Özgür vd., 2008).

4.3.2.3. Küçük cevher damarları şeklindeki cevherleşme

Damar tipi cevherleşme (tip 3) % 5.0 ile 10.0 arasında Cu içermekte ve Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarındaki mineralizasyonun son fazını oluşturur (Şekil 4.8; Özgür, 1985). Bu tür cevherleşme çok kez ince merceklerde yer alıp daha çok her iki açık ocak işletmesinin orta kısımlarında bulunmaktadır. Burada öz şekilli pirit ve kalkopirit kristalleri 10 mm üzerinde bir yarıçapa sahip olup bunlara kuvars ve sekonder oluşan kovellin mineralleri eşlik ederler. Bu faz en son cevherleşme fazı olarak adlandırılır. Breşik cevherleşme olarak Anayatak açık ocağının doğrudan KB kesiminde Bognari açık ocağı bulunmaktaydı (Özgür, 1985). Burada açık ocağın daha derin kısımlarında stockwork cevherleşmesi üzerinde Anayatak açık ocağı üst kısımlarından buraya taşınan cevherli parçaların tekrar çökelmesiyle breşik cevherleşme meydana gelmiştir. Bu tür atmosferik koşullar ile ilişkide oluşmuş bir formasyona aynı yatak üzerinde yapılan sondajla ortaya çıkarılan kalın jips seviyeleri kanıt olarak gösterilebilir (Özgür, 1985).



Şekil 4.8. Murgul Cu yatağı Çakmakkaya açık ocağından alınan damar tipi zengin cevherleşme (cevherleşme tipi 3). Burada özşekilli pirit kristalleri, kalkopirit, kovellin ve kuvars (beyaz) bulunmaktadır (Özgür, 1985; Özgür vd., 2008).

5. δ^{34} S İZOTOPLARI JEOKİMYASI

5.1. Cevher Minerallerinde δ³⁴S Jeokimyası

Özgür vd., (2008) çalışması için alınan 17 (onyedi) adet sülfit cevheri örneğinde ve 4 (dört) adet jips örneğinde δ^{34} S analizi gerçekleştirilmiştir. Kükürt izotopları analizi için önce farklı mineral fazları cevherli dasitik piroklastiklerden makroskobik olarak ayrılmış ve bunlar daha sonra öğütülerek bir kuru elemeye tabi tutulmuş ve aseton ile yıkanmışlardır. Buradan tane boyu 0,1-0,2 mm arasında kalan örnekler binokular mikroskop altında farklı mineral fazları olarak ayıklanmıştır. Murgul Cu yatağı cevherleşmesinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit, kovellin ve barit örneklerinde δ^{34} S analizleri Federal Almanya Cumhuriyeti GSF-Institut für Hidrologie (Neuherberg) laboratuarlarında gerçekleştirilmiş olup bunlar Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Lahanos, Madenköy ile Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan Kıbrıs tipi yatak olan Küre Cu yataklarıyla karşılaştırılmış bulunmaktadır. Bu izotoplar ayrıca farklı veriler ile detaylı bir şekilde karşılaştırmaya tabi tutulmuştur (Şekil 5.1; Çizelge 5.1).



Şekil 5.1. Murgul Cu yatağından alınan örneklerin δ³⁴S değerleri ve bunların jenetik oluşumu iyi bilinen diğer yataklarla karşılaştırılması.(Özgür vd., 2008, 2015).

5.2. Jips Minerallerinde İzotop Jeokimyası

Murgul Cu yatağı esas olarak Anayatak, Çakmakkaya ve Bognari cevherleşme alanlarına sahip bulunmsktsydı. Bu cevher kütlelerinden Bognari ve Anayatak cevherleri tenör azlığı nedeniyle terk edilmiş olup şu an sadece Çakmakkaya cevher kütlesi işletilmektedir (Şekil 4.3). Çakmakkaya yatağında cevherler oldukça yoğun altere olmuş (silisleşme, serizitleşme) Senoniyen yaşlı dasitik piroklastikler içinde bulunmaktadır. Bu altere dasitik piroklastikler ile cevhersiz örtü dasitleri arasında kaolinleşmiş ve geçirgen olmayan tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyon içinde jips örnekleri bulmak mümkün olmamıştır. Bir başka deyimle özellikle atmosferik koşullar altında oluşmuş jips mineral fazları bulunduran Bognari cevherleşme kütlesi yörede bulunan maden işletmesi tarafından işletilerek ortadan kaldırılmıştır. Bunun yerine Çakmakkaya cevherleşme kütlesinde bulunan yoğun altere olmuş dasitik piroklastikler çinden alınan jips örnekleri bu çalışma kapsamında 18,6 ile 18,8 %0 arasında değişen δ^{34} S değerleri vermektedir (Çizelge 5,2 ve 5.3). Bu değerler Çağatay ve Eastoe (1995) çalışmalarına göre 20,0 ile 20,8 %0 arasında değişmektedir. Abdioğlu vd. (2015) sonuçlarına göre bu değerler 20,3 ile 20,4 %0 arasında değişmektedir. Bu değerler modern deniz suyu sülfatı değerleri (‰ 20,0-21,0) ile uyuşmaktadır. Abdioğlu vd., (2015) sonuçlarına göre bu değerler 20,3 ile 20,4 %0 arasında değişmekte olup tam olarak uyarlılık göstermektedir.

Her iki araştırmacı grubu araştırılılan jips minerallerinin kökenini altere olmuş volkanik kayaçlar içerisinde bulunan Fe-oksit ve/veya Fe-hidroksit fazlarının indirgenmesiyle deniz suyu sülfatının jipslerin oluşumuna neden olduğu açıklamasıyla ilişkilendirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu yorumu doğrulamaktadır.

Sıra No	Örnek No	Örnek Tanımı	δ^{34} S	Standart	Sıra No	Örnek No	Örnek Tanımı	δ^{34} S	Standart Sapma
				Sapma					
1	MP-1	Kalkopirit	4,24	0,15	18	MP-52	Kalkopirit	1,41	0,00
2	MP-2	Kalkopirit	1,29	0,11	19	MP-53	Pirit	1,60	0,11
3	MP-10	Pirit	4,56	0,09	20	MP-54	Kalkopirit	0,48	0,03
4	MP-18	Kalkopirit	3,35	0,11	21	MP-56	Kovellin	1,07	0,15
5	MP-19	Kalkopirit	3,00	0,03	22	MP-56	Pirit	1,30	0,13
6	MP-21	Kalkopirit	3,15	0,38	23	MP-57	Kalkopirit	1,04	0,02
7	MP-23	Pirit	3,74	0,03	24	MP-58	Pirit	1,86	0,04
8	MP-26	Pirit	4,77	0,01	25	MP-58	Barit	2,81	0,19
9	MP-28	Pirit	3,76	0,04	26	MP-59	Sfalerit+Galen	4,26	0,21
10	MP-35	Kalkopirit	3,85	0,04	27	MP-60	Kalkopirit	2,85	0,16
11	MP-41	Pirit	4,97	0,06	28	MP-62	Kalkopirit	3,07	0,11
12	MP-45	Kalkopirit	1,87	0,03	29	MP-63	Kalkopirit	2,42	0,04
13	MP-46	Kalkopirit	2,33	0,07	30	MP-67	Kalkopirit	3,08	0,08
14	MP-47	Kalkopirit	2,43	0,07	31	MP-68	Kalkopirit	3,15	0,08
15	MP-49	Kalkopirit	3,83	0,07	32	MP-72	Kalkopirit	2,32	0,08
16	MP-50	Sfalerit+Galen	3,38	0,10	33	MP-73	Kalkopirit	3,94	0,00
17	MP-51	Sfalerit+Galen	2,41	0,14	34	MP-74	Pirit	6,42	0,02

Çizelge 5.1. Murgul Cu yatağından alınan çeşitli mineral fazlarında bulunan δ^{34} S değerleri.

Sıra No	Örnek	Lokasyon	δ^{34} S (% _{0) Değeri}	Çalışma
1	Jips -2	Çakmakkaya	18.8	Bu Çalışma
2	Jips-3	Çakmakkaya	18.6	
3	Jips-4	Çakmakkaya	18.6	
4	1	Murgul	20.3	Abdioğlu vd. (2015)
5	2	Murgul	20.4	
6	1	Murgul	20.0	Çağatay ve Eastoe (1995)
7	2	Murgul	20.8	
8	1	Porphyry type	-2,1	Gabriel Graf (2008)
9	2	Prophyry type	-5,1	
10		Mississipi tipi	12.2	M. Bouabdellah vd.(1999)
11		Mississipi tipi	14.6	Mississipi-valley type deposit
12		Porphyry type	9,3	Carillo- Rojua vd.(2014)
13	1	Cyprus type	22.3	Blanc-Valeron (1998)
14	2	Cyprus type	22.7	Cyprus type deposit
15		New Caledonia type	16.49	Padwojewski – Arnould (1994)
16		New Caledonia type	20.79	New Caledonia Type

Çizelge 5.2. Murgul Cu yatağı tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonundan alınan jips örneklerinde δ^{34} S değerleri

-10	-5	0	5	10	15	20	25	
								Bu çalışma
					<u> </u>			
								$A_{1} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$
								Abdiogiu ve dig. (2015)
								Çağatay ve Eastoe (1995)
								Bouabdellah ve diğ.(1999)
								Blanc ve Valeron (1998)
								Carillo-Rojua ve diğ.(2014)
								Graf (2008)
								PadwojewskiArnould (1994)

Çizelge 5.3. Murgul Cu yatağı tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonundan alınan jips örneklerinde δ^{34} S değerleri

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Doğu Karadeniz metalojenik kuşağı D-B yönünde yaklaşık 350 km uzunluğa ve K-G yönünde yaklaşık 60 m genişliğe sahip olup genel olarak Liyas-Miyosen yaşlı tipik ada yayını temsil eden volkanik kayaçlardan oluşmaktadır (Akın, 1978; Özgür, 1985). Murgul Cu yatağı bu metalojenik kuşağın KD kesiminde bulunmaktadır. Bu kuşakta bulunan kayaçlar yaklaşık 3000 m kalınlığa sahip olup içlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayaçlar bulundurmaktadır. Metalojenik kuşakta volkanizma Liyas ve Miyosen zaman aralığında üç evrede gelişmiş bulunmaktadır (Maucher, 1960; Maucher vd., 1962; Sawa ve Sawamura, 1971; Mado, 1972; Akın, 1978):

(İ) İlk volkanik evre Liyas ile Üst Kretase arasında gelişmiş ve kendini Alt Bazik Seri (LBS) ile Alt Dasitik Seri (LDS) ile belli etmektedir. Volkanizma Liyas zamanında bazik kökenli başlamış bulunmakta ve daha sonra magmatik farklılaşma ile Üst Kretase zamanında asidik kökenli olarak sona ermektedir. İlk volkanik evrede bulunan ve Alt Bazik Seri içinde yer alan spilit ve spilitik tüfler Ti/Cr ve Ni ilişkisinde tektonik olarak Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının volkanik ada yayı özelliğini belirlemektedir (Şekil1,4; Özgür, 1985; Schneider vd., 1988).

(İİ) Üst Bazik Seri (UBS) ile volkanizmanın ikinci evresi başlamakta olup volkanik ürünler Liyas ve Üst Kretase zaman aralığında oluşan kayaçları transgresif olarak örtmektedir. İkinci volkanik evre volkanik breşler, ince kalınlıktaki sedimanter mercekler ve andezitik-riyolitik lavlardan oluşmaktadır. Bu volkanik evre Maastrihtiyen yaşlı kireçtaşları tarafından örtülmektedir.

(İİİ) Son volkanik evre Üst Dasitik Seri (UDS) ile temsil edilmektedir ve bazaltik ve andezitik lavlar tarafından örtülen Paleosen yaşlı denizel sedimentlerle başlamaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında masif sülfit yatakları altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yan kayaç olan dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa sahip olup Üst Kretase yaşlıdırlar. Metalojenik kuşağın doğusunda Cu egemenliği (Cu \gg Pb + Zn) batısında Pb + Zn üstünlüğü (Pb + Zn \gg Cu) bulunmaktadır (Özgür, 1985). Batıda bulunan Madenköy yataklar Pb + Zn egemenliği için çok iyi bir örnek oluştururken doğuda bulunan Murgul Cu yatağı da Cu üstünlüğü için mükemmel bir örnek arz etmektedir.

Murgul Cu cevherleşmesi Doğu Karadeniz bölgesi Metalojenik Kuşağında bulunan diğer yataklar gibi (örneğin Madenköy ve Lahanos) altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yankayaç olan bu dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa sahip olup Senoniyen yaşlıdırlar (Buser ve Cvetic, 1973; Mado, 1972). Özellikle Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesi açık ocaklarında çok yoğun kayaç alterasyonu dolayısıyla yan kayaçlarda primer mineral içeren yan kayaç bulunmamaktadır. Bulunması oldukça güç olan az altere olmuş yan kayaç örneklerinde kayaç hamurunun fenokristaller (plajioklas – An_{28–35} ve kuvars) ve plajioklas mikrolitleri (An₁₂₋₃₀), hornblend ve biyotit kalıntıları, kuvars ve aksesuar oranda bulunan apatit, sfen ve hematitten oluştuğu görülmektedir (Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988; Schneider vd., 1988; Özgür, 1993a,b).

Murgul bakır yatağının jenetik olarak yorumu son 70 yılın en önemli tartışmalarından birini oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında alınan sonuçlar burada bu tartışmanın canlılığını koruduğunu ortaya koymaktadır. Bu tartışma ili ilgili olarak Murgul Cu yatağı jeolojik, jeokimyasal ve izotop jeokimyasal çalışmalar sıvı kapanımı incelemeleri ile birlikte dikkate alındığında Üst Kretase ada yayı volkanizması ile kıtasal koşullar altında oluşan subvolkanik-hidrotermal sisteme dahil edilmektedir. Murgul Cu yatağının subvolkanik özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

1. Yörede volkanik yan kayaçlar içinde çok nadir olarak bulunan ve lokal olarak ortaya çıkan denizel kökenli sedimentler an azından cevherleşme gösteren birinci volkanik evrenin üst kısımları için sığ deniz ortamına işaret etmektedir. Burada meydana gelen kuvvetli volkanik etkinlik Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında D-B yönünde yaklaşık 160 km uzunluk boyunca çeşitli kayaçlarla kendini göstermekte ve bir zincir şeklinde ortaya çıkmaktadır. Murgul Cu yatağında hem dasitik piroklastikler içinde bulunan sedimanter merceklerde ve hem de yatak çevresinde bulunan aynı yaştaki dasitik piroklastikler içinde stratiform cevherleşme bulunmamaktadır. Buna uygun olarak cevherleşmenin, volkanizmanın gelişimine bağlı olarak endojen kökenli olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Buna karşın özellikle metalojenik kuşağın batısında paleocoğrafik özellikler değişmekte ve burada sinsedimanter cevherleşme ile birlikte denizel kökenli tüfler yer almaktadır (Maucher, 1960; Maucher vd., 1962; Dieterle, 1986).

2. Murgul cevherleşmesinin içinde bulunduğu yaklaşık 300 m kalınlığa sahip olan dasitik piroklastik seviye hidrotermal çözeltiler ile ilk volkanik etkinliğin son safhasında şiddetli alterasyona maruz kalmış (Hedenquist ve Lowenstern, 1994) ve bunun sonucunda masif sülfit cevherleşmesi ortaya çıkmıştır. Burada alterasyon (i)

39

ilk fazı oluşturan kaolenleşme ve serizitleşmeden oluşurken (ii) son faz baştan sona kadar devam eden silisleşme ürünü olmaktadır.

3. Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesinin oluşumunun, yörede bulunan atmosferik koşullar altında kısa zaman aralığında meydana gelen süperjen alterasyon ve erozyon olaylarından önce tamamlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca belirtilen bu kısa zaman aralığını lokal belirleyici (regional marker) olarak adlandırılan sedimantasyona uğramış piroklastikler ve sedimentler (Murgul Cu yatağında maksimum 10 m kalınlık) temsil etmektedir. Bunlar yörede hakim olmuş karasal ortam koşulları için önemli bir ögeyi oluşturmaktadır. Bu lokal belirleyici (marker bed) cevher içerikleriyle birlikte dasitik piroklastiklerin atmosferik koşullar altında yüzeysel olarak sedimantasyonu ve alterasyonu sonucu oluşumu olarak yorumlanmaktadır (Özgür, 1985; Schneider et al., 1988). Burada eskiden var olan Bognari yatağının üst seviyelerinde bulunan jips merceği atmosferik koşullar altında oluşmuş bir breşik cevherleşmeye işaret etmektedir. Burada jips oluşumları Çağatay (1993) ve Çağatay ve Eastoe (1995) araştırma sonuçlarının aksine atmosfer koşulları ile bağlantılı olan ortamda sülfit minerallerinin oksitlenmesiyle ilişkin olabilir. Çağatay (1993) ve Çağatay ve Eastoe (1995) tarafından özellikle Çakmakkaya yatağında altere olmuş dasitik piroklastikler içinde bulunan jips oluşumları yukarıda belirtilen oluşumlardan farklı olup jips minerallerinin kökeni altere olmuş volkanik kayaçlar içerisinde bulunan Fe-oksit ve/veya Fe-hidroksit fazlarının indirgenmesiyle deniz suyu sülfatının jipslerin oluşumuna neden olduğu ortaya çıkmaktadır. Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşme kütlelerinde dasitik piroklastikler içinde bulunan jips mineralleri cevherleşme ile herhangi bir parajenez ilişkisi olmayıp cevherleşme öncesi oluşmuştur. Daha sonra araştırılan alan tektonik olarak bir yükselmeye maruz kalmış ve akabinde karasal koşullar altında Murgul cevherleşmesi oluşmuştur.

4. Yoğun altere olmuş ve masif sülfit cevherleşmesini içeren dasitik piroklastik yan kayaçlar az altere olmuş cevhersiz dasit lavları tarafından örtülmektedir. Burada cevherleşme hiçbir yerde Yankayaç ile cevhersiz dasit lavları arasında yer alan kapanları (marker bed) geçmemektedir. Bu durum cevherleşmenin atmosferik koşullar altında meydana gelen süperjen alterasyon ve erozyon ile birlikte dasit lavlarının oluşumundan önce meydana geldiğini göstermektedir.

5. Cevherleşme yan kayaçları olan dasitik piroklastikler Silliote (1985) ve (Rowins, 2000) tarafından tanımlanan "ore-related breccias" kayaçları ile yapısal benzerlikler

göstermektedir. Bu durum Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinde lokal yüzeysel breşleşme olabileceğini ve bunun da sisteme gerekli olan sıcaklığı sağlayan çok kez tekrarlanan volkanik etkinlikler ile oluşabileceğini göstermektedir, çünkü burada birkaç yüz metre mesafede bunu ıspatlayan aynı zamanda oluşmuş volkanik domlar bulunmaktadır. Lowell ve Guilbert (1970) tarafından tanımlanan porfiri Cu yatakları ile Murgul Cu yatağı ile konsantrik olan alterasyon ve mineralizasyon modeli bakımından bazı benzerlikler gösterse de her ikisi arasında bazı önemli farklılıklar görülmektedir (Şekil 6.2 ve 5.1; Özgür ve Schneider, 1988; Schneider vd., 1988): (i) Murgul Cu yatağında yüksek tenörlü cevher genellikle cevher kütlesinin merkezinde bulunmaktadır, (ii) Murgul Cu yatağı alterasyonu incelendiğinde potasik alterasyon zonu görülmemektedir ve (iii) Murgul'da cevherleşmenin yüzeye oldukça yakın bir lokasyonda meydana gelmiş olması gerekmektedir.

Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları cevherleşmeleri (i) serizitleşme ve kaolenleşmeden oluşan ilk faz alterasyon ile (ii) başlangıçtan bu yana var olan silisleşmeden olan son faz alterasyon zonlarından ibarettir. Birinci fazı temsil eden serizitleşme ve kaolenleşme tipik mineral parajenezleri ile daha çok cevherleşme alanları kenarlarında yer alırken ikinci ve son fazı teşkil eden silisleşme alterasyon zonu cevherleşme alanlarının merkezinde bulunmaktadır. Bu bulguları cevherleşme alanlarından Yankayaç örneklerinde yapılan nadir toprak elementlerinin iki farklı aşamadaki alterasyon dolayısıyla olan azalma değerleri desteklemektedir. Ayrıca bu NTE verileri hidrotermal alterasyon şiddetinin artmasına bağlı olarak nadir toprak elementlerinin cevherleşme yan kayacından ayrıldığını açıkça göstermektedir (Schneider vd., 1988). Bu NTE azalma değerleri silisleşme zonunda en fazla miktara ulaşır ve buna uygun olarak da cevherlesme bu zonda maksimum değere ulasmaktadır. Murgul Cu yatağında ortaya çıkarılan mineral parajenezleri hidrotermal çözeltilerin pH-f_{S2} koşularının değişimini yansıtmaktadır (Beane, 1982; Schneider vd., 1988). Burada düşük pH ve ortaç kükürt fugasitesi altında serizitleşme ve onu çalışma alanında çevreleyen birinci alterasyon fazı oluşurken var olan fizikokimyasal koşullar düşük pH ve yüksek kükürt fugasitesi koşullarına geçiş gösteriyor ve burada silisleşme alterasyonu kendisini ortaya çıkarımaktadır.

Murgul cevherleşmesi yukarıda belirtildiği gibi devamlı artan cevher konsantrasyonu ile üç farklı evrede meydana gelmiştir (Şekil 6.1). Burada dasitik piroklastik kayaçların yerleşmesinden sonra birbirine bağlı olarak devam eden volkanik etkinlik

bu kayaçların fiziksel ve kimyasal olarak bozuşmasına ve dolayısıyla belirli bir geçirgenlik kazanmalarına neden olmuştur. Bundan sonra cevherli hidrotermal çözeltiler yan kayaçlar içinde özellikle gözeneklerde cevherleşmenin birinci fazı olan saçınımlı cevherleşmeyi oluşturmuştur (Tip 1). Yan kayaçlarda devam eden alterasyona bağlı olarak devam eden hidrotermal etkinlik daha sonra stockwork ve damar cevherleşmesi olmak üzere iki genç cevherleşmeyi meydana getirmiştir (Tip 2 ve 3). Bunlar daha çok yüzeye oldukça yakın bir yerde meydana gelmiş bulunmaktadır.



Şekil 6.1. Murgul cevherleşmesinin oluşumunu gösteren şematik diyagram.(Schneider vd., 1988).

Murgul Cu yatağı alanının bir kısa süre için bir yükselime maruz kaldığı ve böylece deniz seviyesi üzerinde kaldığı izlenimi doğmaktadır (Şekil 6.1). Bu zaman içinde daha önce oluşan Anayatak cevher yatağının üst kısımları süperjen alterasyona uğrayıp erozyonla taşınmış olması gerekmektedir. Bu taşınan cevherli malzemeler

daha sonra yatağın 50-100 m KB kesiminde bulunan yerde tekrar depolandı ve orada mineral parajenezi Anayatak açık ocağı cevherleşmesine benzer olan ve şimdi cevheri tamamen alınmış olan Bognari klastik cevherleşmesini meydana getirmiştir. Fümerol etkinlikler sırasında hidrotermal çözeltilerin süperjen alterasyon kısa zaman zarfında daha da yoğunlaşmış bulunmaktadır. En sonunda bu tür jeolojik olaylar izole olmuş bir şekilde seviye belirleyici olarak ortaya çıkan kapanlar şeklinde transgresif, psammitik ve kaolenleşmiş seviyelerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu durum cevherleşme ile onu örten dasitik lavlar arasında bir zaman aralığının bulunduğuna işaret etmektedir. Ayrıca Murgul cevherleşmesini ayrıca örten ve önemli kapan olan kaolenleşmiş seviye burada cevherleşmenin sona erdiğine işaret etmektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının doğusunda bulunan Murgul Cu yatağında bulunan (i) saçınımlı, (ii) stockwork ve damar tipi cevherleşmeler doğrudan formasyona bağlı (strata-bound) olarak doğrudan altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Bunun yanında altere olmuş dasitik piroklastiklerde gözlenen framboidal piritler ve konsantrik şekilli piritlerin ayrıntılı cevher mikroskobiği incelemelerine göre (Özgür, 1985; Dieterle, 1986; Schneider vd., 1988) yukarıdaki üç tipi temsil eden esas Murgul Cu cevherleşmesinden çok daha önce oluştuğu tahmin edilmektedir. Burada altere olmuş dasitik piroklastikler içinde bulunan konsantrik yuvarlak piritler daire şekilli dizilmiş kalkopirit inklüzyonları ve gang mineralleri içermektedir. Buna karşın metalojenik kuşağında bulunan Lahanos ve Madenköy gibi önemli yataklarda cevherleşme altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlı ve daha çok "stratiform" bir görünüm kazanarak (Çağatay, 1988; Çagatay ve Eastoe, 1995) Murgul cevherleşmesinden farklılık göstermektedir.

Bu Yankayaç alterasyonu ve cevherleşme ilişkisi birbirine bağlı olarak incelendiğinde sıvı kapanımı ölçümleri cevherleşme sıcaklığı olarak 150-350 °C (ortalama 225 °C) ve hidrotermal çözelti tuzluluğu olarak % 1-12 (% NaCl eşdeğeri: ortalama % 5-7 NaCl eşdeğeri) değerler vermiş bulunmaktadır (Özgür vd., 2008). Burada cevherleşme sıcaklıklarının 350 °C değerine ulaştığı ve sonra 150 °C değerine

kadar düştüğü anlaşılmaktadır. Bu değerler Gökçe (2001) ile yaklaşık olarak uyuşmaktadır. Buna karşın tuzluluk değerleri Gökçe (2001) ile karşılaştırıldığında ikisi arasında önemli bir fark görülmektedir. Araştırıcı sözünü ettiği hidrotermal çözeltilerin kökeninin meteorik ve metallerin yan kayaçlardan yıkanma yoluyla gelebileceğini belirtmesine karşın sıvı kapanımı ölçümlerinde % 18,7 NaCl eşdeğerine kadar ulaşan değerler sunmuştur. Bu burada bir çelişki olarak belirtilebilir. Buna karşın bu çalışmada yer alan ve ortalama %5-7 NaCl eşdeğerinde bulunan tuzluluk değerleri hidrotermal çözeltilerin daha çok meteorik kökenli olduğu izlenimini bırakmaktadır. Bu görüşü Murgul Cu yatağı cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastikler içinde bulunan sekonder birincil ve ikincil cevherleşme kuvarsları sıvı kapanımlarında ölçülen oldukça düşük olan anyon ve katyon değerleri (Şekil 6.2; Özgür vd., 2008) destekler görünmektedir. Buna bağlı olarak cevherleşme yan kayacında gang minerali olarak incelenen sekonder birincil ve ikincil kuvarslarda bulunan sıvı kapanımlarında yapılan δ^{18} O ve δ D analizleri burada söz konusu olan hidrotermal çözeltilerin bu duraylı izotoplarca konumunun daha çok meteorik su ve magmatik kayaç etkileşim eğrisi ile uyuştuğunu göstermektedir. Ayrıca Murgul Cu yatağından alınan dasitik piroklastikler içinde bulunan kuvarslardaki sıvı kapanımı içindeki katyon ve anyon değerleri modern deniz suyu değerleri (Holland 1978; Damm 1990) ile karşılaştırıldıklarında modern deniz suyu ve deniz suyundan oluşan sıvı kapanımlarından (de Ronde, 1998) farklılık göstermektedirler. Bu durum Murgul Cu yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin daha çok meteorik kökenli bir eğilimde olduğunu ve deniz suyu karışımının oldukça az olduğuna işaret etmektedir. Bu izlenimi sıvı kapanımlarında bulunan ve ölçülebilir değerlerin altında bulunan Br- değerleri ayrıca desteklemektedir (Şekil 6.2) Burada farklı kuvars jenerasyonları sıvı kapanımları içinde bulunan anyon ve katyon değerleri itibariyle farklılık göstermemektedirler. Bu farklı kuvars jenerasyonlarının farklı tip ve nitelikte çözeltilerden mi oluştuğu veya çözeltilerin farklı kuvars jenerasyonlarını oluştururken kimyasal olarak ne tür bir değişim gösterdiği mevcut olan analiz sayısının azlığından dolayı kesin olarak ortaya konulamamıştır. Bunun yanında bu izlenimi araştırıcılar proje kapsamı dışında daha fazla analizlerle destekleyerek ileride bir başka çalışma kapsamında açıklamaya çalışacaklardır. Elde edilen sıvı kapanımları içinde bulunan anyon ve katyon değerleri Murgul Cu yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin daha çok Na-Ca-(SO₄)-HCO₃ tipi sular (?) olarak adlandırılabileceği izlenimini bırakmaktadır (Özgür vd., 2008).

Murgul Cu yatağında sülfit minerallerinde yapılan δ^{34} S analizleri sıfıra yakın pozitif değerler olup bu durum yatağı oluşturan sülfit minerali fazlarının aynı kükürt kaynağından beslendiğini göstermektedir (Gökçe, 2000). Ayrıca aynı araştırıcı dasitik piroklastikler içinde bulunan piritlerin izole saçınımlar şeklinde bulunması ve bunların çok yakın δ^{34} S değerlerine sahip olmasından dolayı kükürdün kaynağının magmatik olabileceğini ileri sürmektedir. Burada kükürt özellikle Murgul cevherleşmesi alanında mağmatik volatil olarak (SO₂, H₂S, vb.) yan kayaç olan dasitik piroklastiklere ulaşıp ve daha sonra özellikle jeotermal sistemlerde sülfit veya sülfat mineralleri olarak çökelebilir (Arnorsson vd., 1983; Iwasaki ve Ozawa, 1960; Saki ve Matsubaya, 1977; Özgür vd., 2004). Batı Anadolu Bölgesinde Menderes Masifinde bulunan Hg, Sb ve arsenopritli Au yataklarının çözeltileri meteorik kökenli olup burada söz konusu olan kükürdün kaynağı daha çok mağmatik kökenli olarak belirlenmiştir (Özgür vd., 2004).

Yukarıda belirtilen özelliklerin ve şimdiye değin yapılan yorumların ışığı altında Murgul Cu yatağının Üst Kretase'de ada yayı volkanizmasına bağlı olarak eksalifsedimanter kökene değil daha çok kıtasal koşullar altında subvolkanik-hidrotermal kökene bağlı olarak oluşmuş olabileceği izlenimi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6.2. Murgul Cu yatağında bulunan kuvars örneklerindeki sıvı kapanımında yapılan δ^{18} O ve δ D değerlerinin karşılaştırılması (Özgür vd., 2008).

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı batısında bulunan Madenköy ve Lahanos yatakları volkano-sedimanter ortamlarda submarin-hidrotermal aktivite ile iliskili olarak olusmus olup daha cok Kuroko tipi yataklarla karşılaştırılabilir (Sekil 6,3; Ohmoto, 1996). Buna karşın Murgul Cu yatağı daha çok kendi tipi olan Murgul tipini temsil eder ve Kuroko tipi yataklar ile porfiri tipi yataklar arasında bir geçişi göstermektedir. Bu durum ayrıca (i) Murgul Cu yatağının porfiri tipi Cu yataklarına benzer alterasyon geometrisi (potasik alterasyon zonu bulunmamakta), (ii) mineral parajenezi farklılığı, (iii) sıvı kapanımı araştırmalarının verdiği parametre değerleri, (iv) sıvı kapanımlarında ölçülen δ^{18} O ve δ^{D} değerleri sonuçları ve (v) δ^{34} S değerleri yorumları ile ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, Murgul Cu yatağı hidrotermal çözeltilerin meteorik kökenli olabileceğini gösteren δ^{18} O ve δ D değerleri ile sekonder birincil ve ikincil kuvarslardaki sıvı kapanımlarında ölçülen anyon ve değerleri dikkate alındığında bir jeotermal sistem ürünü olarak katyon adlandırılabilir. Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında Murgul tipi yatak olarak Akarşen, Kilisetepe ve Tunca Cu yatakları jenetik olarak benzerlik göstermektedirler. Bu tür yataklar özellikle metalojenik kuşağın doğusunda Murgul yatağına ait tipik yatak parametreler dikkate alındığında büyük bir olasılıkla ortaya çıkarılabilir.



Şekil 6.3. Doğu Karadeniz Bölgesin metalojenik kuşağında bulunan Murgul, Madenköy ve Lahanos Cu yataklarının şematik olarak gösterilmesi(Özgür vd., 2008)

7. KAYNAKLAR

- Abdioğlu, E., Arslan, M., Kadir, S. ve Temizel, İ., 2015. Alteration mineralogy, lithochemistry and stable isotope geochemistry of the Murgul (Artvin, Ne Turkey) volcanic hosted massive sulfide deposit: Implications for the alteration age and ore forming fluids. Ore Geology Reviews, 66, 219-242.
- Akın, H., 1978. Geologie, Magmatismus und Lagerstättenbildung im Ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geol. Rundschau., 68, 53-283.
- Akıncı, Ö., Barbieri, M., Calderoni, G., Ferini, V., Masi, U., Nocoletti, M., Petruciani, C. ve Tolomeo L., 1991. The geochemistry of hydrothermally altered rocks of the lower volcanic cycle from the eastern Pontids (Trabzon, NE Turkey). Chem. Erde, 51, 173-186.
- Alderton, D. H. M., Pearce J. A. ve Potts P. J., 1980. Rare earth element mobility during granite alteration. Earth Planet Sci. Letters., 49, 149-165.
- Arman, B. ve Altun, Y., 1983. Die Untersuchungen über Se-und Te-haltige Minerale in Anayatak von Murgul (Artvin). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Bull., 99/100, 84-90.
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E. ve Svavardsson, H., 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland. II. mineral equilibria and independent variables controlling water composition. Geochim. Cosmochim. Acta, 47, 547-566.
- Bachmann, H. G., 1976, Pontus-Studien zur Geschichte einer Metallprovinz, Der ausschnitt 1,14-24, Essen.
- Beane, R. E., 1982. Hydrothermaql alteration in silicate rocks: in: Spencer, R. T. (ed.), Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern North America, Tuscon, Arizona. Univ. Arizona Press, 117-137.
- Becceluva, L., Ohnenstetter, D. ve Ohnenstetter, M., 1979, Geochemical dirimination between ocean-floor and island-arc tholeiites: application to some ophiolites. Can. J. Earth Sci., 16, 1874-1882.
- Bodnar, R. J., Reynolds, T. J. ve Kuehn, C.A., 1985. Fluid inclusion systematics in epithermal systems. Rev. Econ Geol., 2, 79-83.
- Bodnar, R.J., 1993, Reequilibration of fluid inclusions: in: Samson, I., Anderson, A. and Marshall, D., Fluid inclusions: Analysis and interpretation, Shorth Course 32, 213-231.
- Boynton, W. W., 1984, Cosmochemistry of the rare earth elements: in: Henderson, P. (ed.), Rare earth element geochemistry, Amsterdam, Elsevier, 63-114.

- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G. A. ve Yeğingil Z., 2004, Slow Senonian and fast Palaoecene-Early Eocene uplift of granitoids in the central Pontides, Turkey, apatite fission-track results. Tectonophysics, 382, 213-238.
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.
- Bouabdellah, M., 1999. Zoned sulphur isotope signatures at the Mississippi Valleytype Touissit - Bou Beker - El Abed District (Morocco-Algeria) - Evidence for Thermochemical sulphate reduction and mixing of sulphur sources: In: C.J. Stanley et al. (eds. 1999), Mineral deposits: processes to processing, Balkema, Amsterdam, 821-824 (1999)
- Brown, P. E., 1989. FLINCOR: a microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data. American Mineralogist, 74, 1390-1393.
- Buser, S. ve Cvetic S., 1973. Murgul bakır yataklarının çevresinin jeolojisi. MTA Dergisi 81, 22-45.
- Campbell, I. H., Lesher, C. M., Coad, P., Franklin, J. M., Gorton, M. P. ve Thurston, P.C., 1984, Rare earth element mobility in alteration pipes below massive Cu-Zn sulfide deposits. Chem. Geol., 45, 181-202.
- Carillo-Rojus, J., Boyce, A. J., Morales-Ruano, S., Morata, D., Roberts, S., Munizaga, F. ve Morena-Rodrigez, V., 2014. Extremely negative and inhomogeneous sulphur isotope signatures in Creatuceous Chiliean Mant Type Cu – (AG) deposits Coastal Range of Central Chile. Ore Geology Reviews, 56, 13-24.
- Çağatay, M.N., ve Boyle D.R., 1980. Geology, geochemistry and hydrothermal alteration of the Madenköy massive-sulphide deposit, Eastern Black Sea Region, Turkey. Proc. 5th Quadrennial IAGOD Symp., 653-677.
- Çağatay, M. N., 1993. Hydrothermal alteration associated with volcanogenic massive sulfide deposits: examples from Turkey. Econ. Geol., 88, 606-621.
- Çağatay, M. N. ve Eastoe C. J., 1995. A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulfide deposits of the Eastern Black Sea province, Turkey. Mineral. Deposita, 30, 55-66.
- De Ronde, C. E. J., 1998. Chemistry of 3.2 Ga seafloor hydrothermal vent fluids: in: Arehart, G. B. and Hulston, J. R. (eds.): Proc. 9th Internat. Symp. on Water-Rock Interaction – Taupo, New Zealand, 19-24.
- Dieterle, M., 1986. Zur Geochemie und Genese der schichtgebundenen Buntmetall-Vorkommen in der Ostpontischen Metallprovinz/NE-Türkei. Ph.D. Thesis, Freie Universitat Berlin, 112 p.

- Ercan, T. ve Gedik A., 1983. Pontid'lerdeki volkanizma. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 18, 3-22.
- Faure, G., Principles of isotope geology, Wiley, 589 p.
- Fleet, A.J., 1980. Aqueous and sedimentary geochmistry of the rare earth elements: in: Henderson, P. (editor): Rare Earth Element Geochemistry: p. 343-369.
- Gökçe, A., 2000. Sulfur isotope characteristics of the volcanogenic Cu-Zn-Pb deposits of the Eastern Pontide Region, Northeastern Turkey. Internat. Geol. Rev., 42, 565-576.
- Gökçe, A., 2001. Çakmakkaya ve Damarköy (Murgul-Artvin) bakır yataklarında sıvı kapanımı, oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası incelemeleri ve yatakların oluşumu açısından düşündürdükleri., Türkiye Jeoloji Bülteni 44, 1-37.
- Görür, N., A.M.C. Şengör, R. Akkök, and Y. Yılmaz, 1983, Sedimentological data regarding the opening of the northern branch of the Neo-Tethys (in Turkish): Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni. 26, 11-19.
- Graf, J.L., 1977. Rare earth elements as hydrothermal tracers during the formation of massive sulfide deposits in volcanic rocks., Econ. Geol. 72, 527-548.
- Graf, J.G., 2008. Mineralogical and Geochemical Changes Associated with Sulfide and Silicate Weathering in Natural Alteration Scars. Taos County, New Mexico, 93-120
- Hedenquist, J.W. ve Lowenstern J.B., 1994. The role of magmas in the formations of hydrothermal ore deposits. Nature, 370, 519-527.
- Henderson, P., 1984. General geochemical properties and abundance of the rare earth elements: in: Henderson, P. (ed.): Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, 1-29.
- Holland, A. D., 1978. The chemistry of the atmosphere and oceans. Wiley, New York, 351 S.
- Hoefs, J., 1987. Stable isotope geochemistry. Springer, 241 S.
- Humpries, S. E., 1984. The mobility of the rare eart elments in the crust: in: Henderson, P. (ed.): Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, 317-340.
- Iwasaki, I. ve Ozawa, T., 1960. Genesis of sulfate in acid hot springs. Bull. Chem. Soc. Japan 33, 1018-1019.
- Lowell, J.D. ve Guilbert J.M.,1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. Econ. Geol. 65, 373-408.

- Kahrer, C., 1958. Die Kupferlagerstaette Murgul in der nordöstlichen Türkei. Ph.D. thesis, Universität-Bonn, 119 S.
- Kalliokoski 1969. J., The synthesis of framboidal pyrite. Econ. Geol., 64, 393.
- Kaplan, E., 1977. Murgul madenindeki Anayatak kökenli eski devirlere ait bir buluntu. MTA Bull., 89, 90-94.
- Kekelia A. S., Kekelia, M., Otkhmezuri Z., Özgür, N. ve Moon, C., 2004. Küçük Kafkaslar ve Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında bulunan demir içermeyen metal yatakları ve bunların volkanojenik sedimanter ardalanmalarında cevher oluşum sistemleri. MTA Dergisi, 129, 1-15.
- Kraeff A., 1963. Geology and Mineral Deposits of the Hopa-Murgul Region Western Part of the Province of Artvin, NE Turkey, MTA Bull., 60, 45-60.
- Leybourne, M. I., Goodfellow W. D., Boyle D. ve Hall G. M., 2000. Rapid development of negative Ce anomalies in surface waters and contrasting REE patterns in groundwaters associated with Pb-Zn massive sulphide deposits. Applied Geochemistry, 15, 695-723.
- Lıgang, Z., Jingxiu, L., Huanbo, Z. Ve Zhensheng, C.,1989. Oxygen isotope fractionation in the quartz-water-salt system. Econ. Geol., 84, 1643-1650.
- Love L. G., 1964. Early diegenetic pyrite in fine-grained sediments and the genesis of sulfide ores. Sedimentology and Ore Genessis, 2, 11-17.
- Love G.L. ve Amstutz G.C.,1969. Framboidal pyrite in two andesites. N. Jb. Miner. Mh., H. 3, 97-108.
- Mado H., 1972. Kuzeydoğu Türkiye'de bulunan Murgul madenindeki bakır cevheri yataklarının jeolojisi ve mineralizasyonu. Yayınlanmamış MTA raporu, No. 1103, 1-27.
- Madeleine, M., Blanc, V., Rouchy, J.-M, Pierre, C., Badaut-Trauth, D. ve Schuler, M., 1998. Evidence OF Messinian Nonmarine Deposition at site 968 (Cyprus Lower Slop): in: Robertson, A.H.F., Emeis, K.-C., Richter, C., and Camerlenghi, A. (Eds.): Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 160, 437-445.
- Maucher, A., 1960. Die Kieserze von Keltaş. Ein Beispiel submariner Gleitfaden in exhalativ-sedimentären Erzlagerstätten, Neues Jahr f. Min. Abh. Bb. 94 (Ramdohr-Festband), 495-5005.
- Maucher, A., 1962. Schultze- Westrum, H. ve Zankl, H., Geologish lagerstätten kundliche Unter-suchungen im Ostpontischen Gebirge. Beyerische Akad. Wiss., Mathematik-Naturw. Kl., 107, 97 S.
- Ohmoto, H. ve Rye, R.O., 1974. Hydrogen and oxygen isotopic compositions of fluid inclusions in the Kuroko deposits. Japan, Econ. Geol., 69, 947-953.

- Ohmoto, H. ve Rye R.O., 1979. Isotopes of sulfur and carbon: in: Barnes, H.L. (ed.), Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 506-567, Wiley.
- Ohmoto H.,1986. Stable isotope geochemistry of ore deposits: in: Valley, J. W., Taylor, H. P. Jr. ve O'Neil, J. R. (eds.). Stable isotopes in high temperature geological processes: Rev. Minearlogy 16, 491-559.
- Ohmoto H., 1969. Formation of volcanogenic massive sulfide deposits: the Kuroko perspective, Ore Geol. Rev 10, 135-177.
- Okay, A. ve Şahintürk, Ö., 1997.Geology of the Pontdes. Am. Assoc. Petrol. Geologists Memoris 68, 291-311.
- Özgür, N., 1985. Zur Geochemie und Genese der Kupferlagerstätte Murgul, E-Pontiden. Türkei, Ph.D. thesis, Freie Universität Berlin, 139.
- Özgür, N. ve Schneider, H.J., 1988. New metallogenetic aspects concerning the copper deposit of Murgul. NE Turkey, Soc. Geology Applied to Mineral Deposits, Spec. Pub. 6, 229-239.
- Özgür, N. ve Palacios, C.,M., 1990. Doğu Karadeniz Metalajonik Kuşağında BulunanVolkanojenik Kökenli Murgul Bakır Yatağının Jeokimyasal Önemli İndikatör Elementleri. MTA Dergisi, 111, 119-132.
- Özgür, N., 1991. Gold contents of the Akarşen copper deposit, E-Pontides/Turkey: in: Ladeira, E. A. (ed.), Proc. 5th Internat. Conference (Brazil Gold 91). Belo horizonte, Minas Gerais, Brazil. 477-480.
- Özgür, N., 1993a. Volcanogenic massive sulfide deposits in the East Pontic metallotect. NE Turkey, Resource Geology Special 17. 180-185.
- Özgür, N., 1993b Geochemical pathfinder elements of the Murgul copper deposit, Resource Geology Special 16. 163-168.
- Özgür, N., Graf, W., Stichler, W., and Wolf, M., 2004.Origin of the high sulfate contents in thermal waters of Kizildere and environs. Western Anatolia, Turkey: Internat. Symp. on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 14-20 April, 2004, 3, 1306-1309.
- Özgür, N., Elitok, Ö. ve Zerener, M., 2008. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul masif sülfit yatağının Hidrotermal çözeltileri ve gelişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Tübitak Araştırma Raporu, 141 S.
- Podwojewskia, P., Arnold, M. 1994. The origin of gypsum in Vertisols in New Caledonia determined by isotopic characteristics of sulphur Geoderma. 63 179-195.
- Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth Planetary Science Letters, 19, 290-300.

- Pearce, J. A., and Norry, M. J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contributions to. Mineralogy and Petrology, 69(1), 33-47.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (Ed.) Andesites, Wiley, Newyork. p. 525-548.
- Pejatovic, S., 1979. Pondit tipi masif sülfit yataklarının metalojenisi. MTA yayınlarıi 177, 98
- Pisuta-Arnond, V. ve Ohmoto H.,1983. Thermal history, and chemical isotopic compositions of the ore-forming fluids responsible for the Kuroko massive sulfide deposits in the Hokuroku district of Japan. Econ. Geol. Mon. 5, 523-558.
- Passchier, C.W. ve Trouw R.A.J., 1996. Microtectonics, Springer, 289.
- Popovic, R., 1975. Some of the structural and genetic characteristics and the zonal distribution of nonferrous metals deposits in Eastern Pontides. MTA Dergisi, 1-16.
- Potter, I.I., 1977. Pressure correlations for fluid-inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system NaCl-H2O. USGS J. Res. 5, 603-607.
- Ramdohr, P., 1975. Die Erzmineralien und ihre Verwahsungen. Akademie Verlag Berlin, xx.
- Rezvan-Dezfouli, D., 1993. Geochemische Untersuchung von Pyriten mit oktaedrischer und pentagondodekaedrischer Tracht der Cu-Lagerstaette Murgul. NE-Türkei, ein Beitrag zur Genese der Lagerstaette. Freie Universitaet Berlin, M. Sc. Thesis, 92.
- Roaldset, E., 1973. Rare earth elements in Quaternary clays of the Numedal area. southern Norway. Lithos 6, 349-372.
- Roaldset, E., 1975. Rare earth element distributions in some Cambrian rocks and their phyllosilicates. Numedal, Norway, Geochim. Cosmochim. Acta 39, 455-469.
- Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. Rev. Min., 12, 644.
- Rowins, S. M., 2000. Reduced porphyry copper-gold deposits. a new variation on an theme. Geology, v. 28, No: 6, 491-494.
- Rye, R. O. ve Ohmoto, H., 1974. Sulfur and carbon isotopes and ore genesis: a review, Econ. Geol. 69, 826-842.
- Saki, H. ve Matsubaya, O., 1977. Stable isotopic studies of japanese geothermal systems. Geothermics 5, 97-124.

- Sawa, T. ve Sawamura, K., 1971. Murgul madeni ve civarındaki Cu yatakları hakkında rapor. Yayılanmamış Etibank Raporu, No:24/300,
- Schneiderhöhn, H., 1923. Vorläufige Mitteilung über pyrometamorphe Paragenesen in den Siegerländer Spateisengängen. Z. Krist. 58, 309-329.
- Schneiderhöhn, H., 1955. Die Kupferlagerstaette Murgul im Schwarzmeer-Küstengebiet.Provinz Çoruh, Nordost-Türkei, Erzmetall, Bd. 8, H. 10, 468-478.
- Schneider, H.-J.; Özgür, N. ve Palacios, C.M., 1988. Relationship between alteration, rare earth element distribution, and mineralization of the Murgul copper deposit. northeastem Turkey, Econ. Geol. 83, 1238-1246.
- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Giresun civarındaki Aksu deresinin jeolojik profili, kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus cevher ve mineral bölgesinin jeolojisi ve maden yatakları ile ilgili mütalaalar. MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Shervais, J. W., 1982. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, Earth and Planetary Science Letters, 59(1), 101-118.
- Shervais, J. W., 2001 Birth, death, and resurrection: the life cycle of suprasubduction zone ophiolite. Geochemistry Gephysics Geosystems, 2.
- Sillitoe, R.H., 1985 Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs. Econ. Geol. 80, 1467-1514.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y.ve Ketin, İ., 1980. Remnants of a pre-late Jurassic ocean in northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys. Geological Society of America Bulletin, 91, 559-609.
- Şengör, A.M.C.ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey, A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-24.
- Taylor, H. P. T. ve Sheppard, S. M. F., 1986. Igneous rocks: I. Processes of isotopic fractionation and isotope systematics: in: Valley. J. W., Taylor, H. P. Jr. ve O'Neil, J. R. (eds.), Rev. Mineralogy 16, 227-271.
- Tugal, H.T., 1969. Pyritic sulphide deposits of the Lahanos mine area. Eastern Black Sea Region Turkey, Ph.D. thesis, Durham University, England, 182 S.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, lithogeochemistry and genesis of the Murgul massive sulfide deposit, NE-Turkey, Chem. Erde 60, 231-250.
- Urabe, T. ve Sato, T., 1978. Kuroko deposits of the Kosaka mine, northeast Honshu, Japan-products of submarine hot springs on miocene sea flor, Econ. Geol. 73, 161-179.
- Von Damm, K. L., 1990. Seafloor hydrothermal activity: black smoker chemistry and chimney. Ann. Reviews Earth Planet. Sci. 18, 173-204.

- Vujanovic, V., 1974. Doğu Karadeniz bölgesi kıyı kesiminde bulunan sülfit maden yataklarının mineraloji parajenez ve köken özellikleri. MTA dergisi, sayı: 82, 21-36.
- Wijkerslooth., P. De, 1946. Einiges über die Erzprovinz des östlichen Schwarzmeer – Küstengebietes. insbesondere über die Kupferlagerstaette von Kuvarshane (Vil. Çoruh - Türkei), M.T.A. Mecmuası, 1/35.
- Willagallis, A., Özgür, N. ve Siegmann, E., 1990. Se- and Te-bearing sulphides in copper ore deposits of Murgul. NE Turkey, Eur. J. Mineral. 2, 145-148.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. ve Şengör A. M. C., 1997. Geology and tectonic evolution of the Pontides. Am. Assoc. Petrol. Geologists, Memoirs 68, 183-226.
- Zenggian H., Zaw K., Xiaoming Q., Qingtong Y., Jinjie Y., Mingji X., Deming F. ve Xianke Y., 2001. Origin of the gacun volcanic-hosted massive süflide deposit in Sichuanm, China, Fluid inclusions and Oxygen 1sotope evidence. Econ. Geol. 96, 1491-1512.
- Zerrener, M.,2005. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul masif sülfid yatağının hidrotermal çözeltileri ve gelişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66.

8. Özgeçmiş

Adı Soyadı	: Ali Sait Çol
Doğum Yeri ve Yılı	: Üsküdar 1983
Medeni Hali	: Bekar
Yabancı Dili	: İngilizce, Almanca, Rusça, Kırgızca
E-posta	: alisaitcol@windowslive.com
Eğitim Durumu	
Lise	: Ordu Anadolu Lisesi, 2001

Lisans	: SDU, Mühendislik Mimarlık Fa	ukultesi 2010