



Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



DUTLUCA (BURHANİYE-BALIKESİR) VOLKANİTLERİNİN OPAK MİNERAL İÇERİĞİ: BU MİNERALLER ÜZERİNDE HİDROTERMAL ALTERASYONUN ETKİSİ

OPAQUE MINERAL CONTENT OF DUTLUCA VOLCANICS (BURHANİYE - BALIKESİR): THE EFFECT OF HYDROTHERMAL ALTERATION ON THESE MINERALS

Şükrü KOÇ^a ve Nihal ÇEVİK^{a*}

^a Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100, Tandoğan, Ankara

Araştırma Makalesi

Anahtar Sözcükler:
Hidrotermal
alterasyon, pirit,
enarjit, yüksek sülfidasyon,
maden mikroskopisi

Geliş Tarihi: 28.02.2015
Kabul Tarihi: 23.03.2015

ÖZ

İnceleme alanında bölgesel ölçekte Hallaçlar formasyonu (Kurshensky, 1976) olarak bilinen, Dutluca volkanitleri hidrotermal alterasyona uğramış andezitten ve bazaltik andezitten oluşur. Bu kayalarda opak mineral olarak pirit, enarjit ve kalkosin gibi sülfütlü; manyetit, hematit ve götit gibi oksit ve hidroksitli mineraller belirlenmiştir. Opak mineral parajenezinde enarjit bulunması, opak minerallerin ve silikat minerallerinin yapı ve dokularında görülen değişimler, incelenen volkanitlerin yüksek sülfidasyonlu hidrotermal çözeltiler tarafından altere edildiğini göstermektedir. En az iki evreyi işaret eden hidrotermal alterasyon sürecinde; ilk aşamada, H₂S'ce zengin indirgen koşullarda yaygın bir piritleşme ve bu tip süreçlerde iz sürücü mineral olarak bilinen enarjit oluşmuştur. Daha sonra yükseltgen şartlarda yoğun martitleşmeler gelişmiştir.

ABSTRACT

Dutluca volcanics, which are known as Hallaçlar Formation in regional scale in the study area (Kurshensky, 1976), are composed of hydrothermally altered andesite and basaltic andesite. In these rocks, sulfidic minerals such as pyrite, enargite and chalcocite, and oxide and hydroxide minerals such as magnetite, hematite and goethite were detected as opaque minerals. The presence of enargite in opaque mineral paragenesis, and the changes observed in structures and textures of opaque and silicate minerals indicate that examined volcanics have been altered by highly sulfidic hydrothermal solutions. During the hydrothermal alteration process, which indicates at least in two phases, a diffuse pyritization rich in H₂S in reducing conditions and enargite mineral, which is known as pathfinder minerals in such processes, formed in the first phase. Later on; the extensive martitization developed in oxidizing conditions.

Keywords:
Hydrothermal alteration,
pyrite, enargite,
high sulfidation, ore
microscopy

1. Giriş

İnceleme alanında yer alan Tersiyer volkanitleri bölgesel olarak Hallaçlar formasyonu (Kurshensky, 1976) olarak bilinmektedir. Andezitlerden oluşan bu formasyon düşük ve yüksek sülfidasyonlu hidrotermal çözeltilerden etkilenmiştir. Örneğin Küçükdere (Havran-

Balikesir) (Çolakoğlu, 2000 ve Çolakoğlu ve Kuru, 2001) altın yatağı çevresindeki volkanitlerde düşük sülfidasyonu (Hedenquist, 1985 Simmons vd., 2005) işaret eden kuvars±kalsit±adularya±illit parajenezi belirlenmiştir. Kirazlı ve Ağrı cevherleşme alanında (Yiğit, 2012) ise, kuvars±alunit±profilit±dikit±kaolinit parajenezli yüksek sülfidasyon alterasyonu görülmektedir.

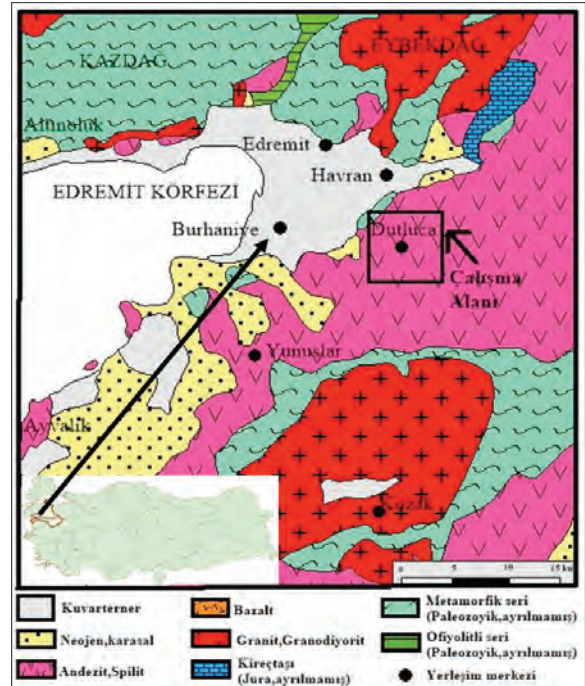
Bu çalışmanın amacı Dutluca çevresinde alterasyondan etkilenen volkanitlerin opak mineral bileşeni, hidrotermal çözeltilerin opak mineraller ve demirli silikat mineralleri üzerindeki etkileri (opaklaşması), bu etkileri meydana getiren çözeltilerin türü hakkında veriler elde etmektedir. Bu amaca ulaşmak için uygulanabilecek pek çok yöntem vardır. Burada sadece maden mikroskobisi yöntemiyle elde edilecek sonuçların diğer yöntemlere katkı koyması amaçlanmaktadır. Andezitler başlıca plajiyoklaz (oligoklaz, andezin, bazen labrodor), daha az oranda hornblend, biyotit, piroksen gibi mafik mineralleri içerir. Tali mineral olarak manyetit, ilmenit, apatit görülür. Bu kayaların hornblend ve biyotitleri hidratlaşma ile klorit, kalsit, sfen ve demiroksite dönüşür. Plajiyoklazlar epidot, serisit, kaolen ve kuvarsa dönüşürler. Andezitlerde ayrıca silisleşme, albitleşme, kaolinitleşme ve sossoritleşme vb. alterasyonlar görülebilir.

Andezitlerin içerdiği birincil opak ve demirli silikat mineraller (mafik) alterasyonla bazı yeni opak minerallerin oluşmasını sağlayabilirler. Örneğin birçok epitermal sistemde pirit oluşumları gözlenir. Sülfür içeren çözeltiler önce bir bölgeye gelip yerleşirler ve kayaç içindeki demir ile reaksiyona girerek bol miktarda pirit oluştururlar. Sonradan gelen metallerde yeni sülfür minerallerini oluşturabilirler (Krauskopf, 1987). Orta ve kuvvetli yükseltgen ortamlarda demirin duraylı minerali olan hematit volkanik kayaçlarda sıkça bulunur. Bu soğuma olayları sırasındaki oksidasyondan dolayı meydana gelir ve ekseriya martit lamelleri halinde görülür. Volkanik hidrotermal oluşumlarda piritin hematite dönüşümü de seyrek değildir (Ramdohr, 1969).

Volkanitlerin içerdiği opak mineraller, bunların mafik silikat mineralleri ile ilişkileri, birlikte bulunan ve dönüşen minerallerin belirlenmesi alterasyonlar hakkında bazı verilere ulaşılmasını sağlayabilir. Bu amaçla inceleme alanından derlenen çok sayıda volkanik kayaçtan parlatma yapılarak maden mikroskobunda incelenmiş, volkanitlerin opak mineral bileşenleri ve dönüşüm yapı/dokuları belirlenmiştir. Sonuç olarak bu makalede, alterasyona neden olan hidrotermal çözeltilerin bileşimini ve gelişen alterasyonun tipini tanımlayabilecek mineralojik sonuçlar tartışılmıştır. Hidrotermal alterasyonların türü, alterasyona neden olan çözeltilerin tipi bu tip sahalardaki maden aramalarına kılavuzluk edebilmektedir.

2. Jeolojik Konum

İnceleme alanını da içine alan bölge Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaç türlerini içermektedir (Şekil 1). Bölgedeki en eski kayaç topluluğu Kazdağ Grubu olarak adlandırılmış olup, Permian öncesi yaşlı metadümit, metagabro, piroksenit, amfibolit, gnays ve mermerden oluşur (Bingöl vd., 1973). Bu kayalar Kozak plütununun çevresinde görülür (Şekil 1). Üst Kretase'den sonra plütönizma etkin olmuş ve Eybek ve Kozak plütönik masifleri yerleşmiştir. Her iki masif de gerek kimyasal ve mineralojik bakımdan ve gerekse de konum ve yaş bakımından büyük benzerlik göstermektedir (Ercan vd., 1984). Ercan ve diğerleri (1984, 1990) geniş yayımlı olan Tersiyer yaşlı kaya birimleri üzerinde yaptıkları çalışmada, Miyosen yaşlı lavları çoğunlukla andezitik, yer yer dasitik, nadiren riyodasitik, Pliyosen yaşlı lavları ise, bazaltik türde olduklarını belirlemiştir. Aynı araştırmacılar ayrıca Miyosen yaşlı lavların tamamen kalkalkalen nitelikte olup kabuksal köken özelliği taşıdıklarını saptamışlardır. Pliyosen yaşlı Dededağ bazaltı bölgede küçük yüzlekler halinde izlenmektedir. Bu kayalar, Tersiyer yaşlı birimleri kesmiş ve üzerlerine akmıştır (Akyürek ve Soysal, 1978). Bölgede geniş yayılım gösteren, Pliyosen-Orta Miyosen yaşlı akarsu ve göl çökelleri Neojen oluşumları olarak izlenir. Alüvyonlar, çevredeki yaşlı kayaçların erozyona uğrayarak taşınmaları sonucu gelen malzemelerle oluşmuştur (Akyürek ve Soysal, 1978).



Şekil 1- Bölgenin jeolojik haritası (Çolakoğlu, 2002).

Biga Yarımadası'ndaki magmatik kayalar kabuk kökenlidir ve yer yer üst manto kökenli bir magmanın etkileri görülmektedir. Olasılıkla Alt Eosen'den itibaren Pontid'lerle Anatolidlerin çarpışmasından sonra (Şengör ve Yılmaz, 1981) giderek kalınlaşan kıta kabuğunun alttan itibaren kısmi ergimelere başlaması ile oluşmuşlardır. Bu kalınlaşan kıta kabuğunda, derinlerde kısmi ergimeler başlamış ve bölgede metamorfizma etkili olmuştur. Kozak ve Eybek granodiyoritik plütonları ve Hallaçlar-Dede-tepe-Yuntdağ volkanitleri aynı kalkalkalin magmanın ürünleri olabilirler ve kısa zaman farkı ile oluşmuşlardır. Ancak Yuntdağ volkanitleri, son evrelerine doğru, yükselen üst manto gerecinin kabuk içine sokularak hibrit bir magma meydana getirmesiyle melezleşmiş ve kısmen şoşonitik bir nitelik kazanmıştır. Daha sonra manto etkileri artmış ve bol silisli melez Alibey ve Dededağ bazaltları oluşmuştur. Esasen, zaman geçtikçe, giderek manto etkisinin artması ve ergiyen kabuksal gerecin tükenmesiyle, Üst Pliyosen'den itibaren Batı Anadolu'da tamamen ilksel magma ürünü alkali bazaltik (Kula örneği) volkanizmanın oluşması da bunu göstermektedir (Ercan 1982; Ercan vd., 1983).

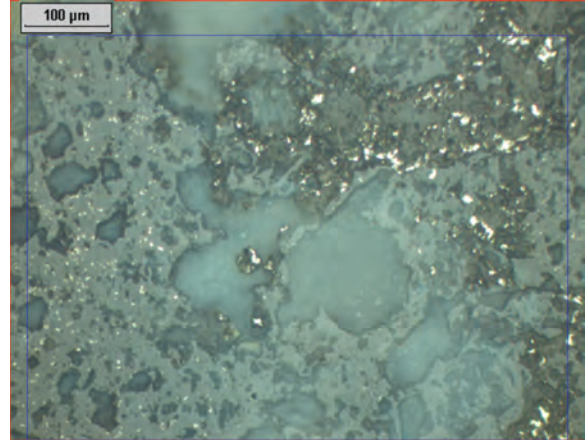
Dutluca köyü KD'sunda yüzeyleyen (Şekil 1) volkanitler, andezit ve bazaltik andezitlerden oluşmaktadır. Bu kayalar çalışma alanının hemen kuzeyinde Kurshensky (1976) tarafından Hallaçlar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kayalar genel olarak hipokristalin ve porfirik dokulu olup, plajiyoklaz, piroksen, biyotit, amfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır. Örneklerdeki plajiyoklaz mineralleri zonlu yapı veya polisentetik ikizlenme göstermektedir. Hamuru altere olmamış bazı örneklerde plajiyoklaz mikrolitlerine de rastlamak mümkündür. Genellikle kenarlarından itibaren opasitleşme gösteren biyotit, amfibol veya piroksen fenokristallerinin tamamen opaklaşanları da bulunmaktadır. Kayalarda yaygın olarak killeşme ve karbonatlaşma gözükürken, aynı zamandan kloritleşme, serisitileşme, epidotlaşma da gözükmektedir. Hallaçlar formasyonuna ait andezitlerdeki biyotitler kullanılarak, K/Ar yöntemiyle yaşlandırma da yapılmış ve andezitlerin yaşı Erken Neojen (23.6 ± 0.6 my, Orta Miyosen) olarak belirtilmiştir (Kurshensky, 1976). MTA tarafından yapılan başka bir araştırmada ise, andezit bileşimli tüm kayalar örneğinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaşlandırmada 26.5 ± 1.1 milyon yıllık yaş bulunmuştur. Dolayısıyla volkanizma Geç Oligosen'de etkin olmaya başlamış, Erken Miyosen'e kadar etkinliğini sürdürmüştür (Yüzer ve Tunay, 2012).

3. Volkanitlerin Opak Mineral İçerikleri

Arazi çalışmaları sırasında derlenen yüzey ve sondaj örneklerinde, makroskopik olarak farklı görülenlerden çok sayıda parlatma yapılarak, maden mikroskopunda incelenmiştir. Böylece hidrotermal çözeltilerden etkilenmiş Dutluca volkanitlerinde pirit, enarjit ve kalkosin gibi sülfütlü; manyetit, hematit ve götit gibi oksit ve hidroksitli mineraller belirlenmiştir.

Pirit (FeS)

Volkanitlerde birbirinden farklı olduğu görülen iki pirit oluşumu tespit edilmiştir. Bunlar kayalar içerisinde dağılmış (saçılmış) olarak bulunan piritler (Şekil 2) ve amfibol, biyotit gibi demirli silikat minerallerinin dönüşüm ürünü olan piritlerdir (Şekil 3).

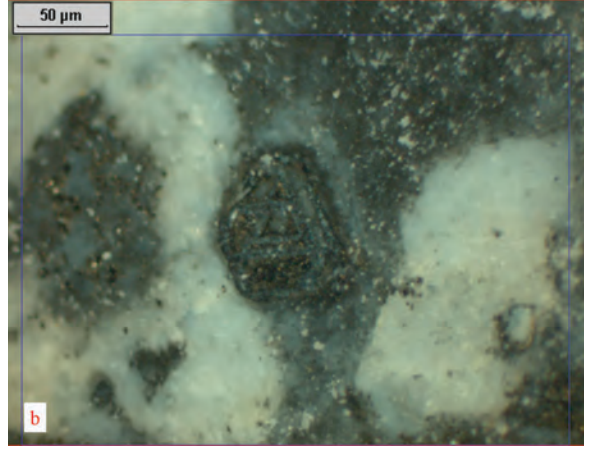
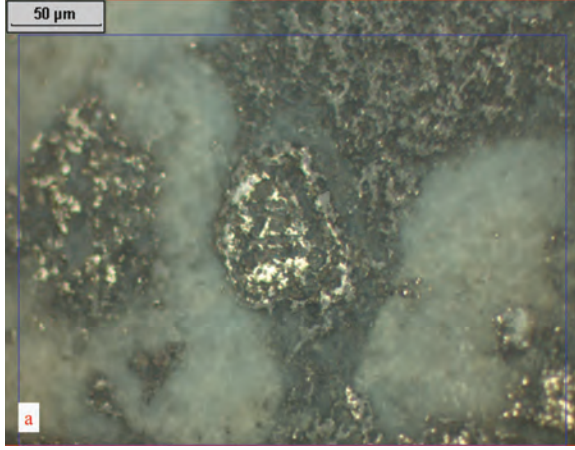


Şekil 2- Kayaç içinde dağılmış halde piritler. Sol taraftaki açık gri renkli gang içindekiler daha küçük taneli. Gri ve siyahlar gang.

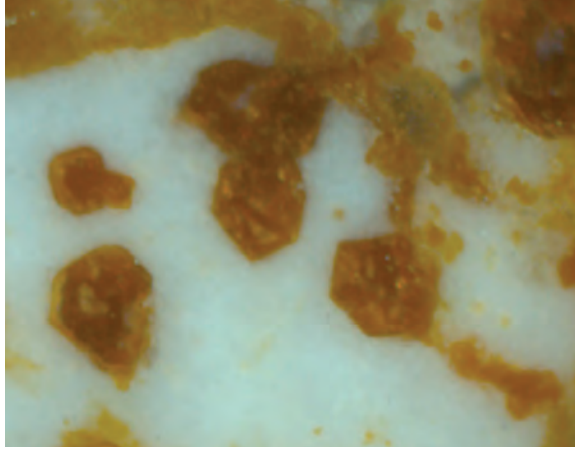
1. Kayaç içerisinde dağılmış olarak yer alan piritler de iki tiptir. Bunlar, içinde buldukları gang, ve tane boyutunun farklı olması bakımından Pirit 1 ve Pirit 2 olarak adlandırılmışlardır.

Pirit 1: Küçük taneli, açık gri renkli bir gang içinde bulunan piritler olup kayacın hemen hemen her tarafına saçılmış durumdadırlar (Şekil 2). Bazı örneklerde tamamen götitledilmiş pirit psödomorflarına rastlanmıştır (Şekil 4).

Pirit 2: Öncekinden nispeten daha iri taneli, koyu gri gang içine saçılmış olan ve daha bol miktarda bulunan piritlerdir. Koyu gri gang, açık gri renkli gangın etrafını sarmakta ve yer yer onu içine almaktadır (Şekil 5). Bu durum ve iri taneli pirit içerikli koyu gri gangın, Pirit 1 içerikli açık gri renkli gang arasına sokulum yapması (Şekil 6) önce Pirit 1'in, daha sonra da Pirit 2'nin oluştuğunu gösterir.



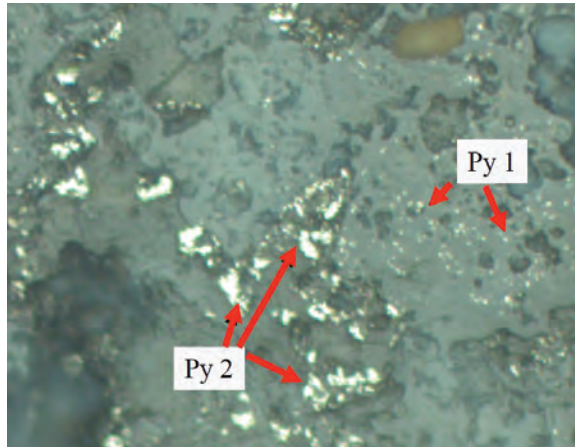
Şekil 3- Kenarlarından ve kristallografik doğrultularından itibaren piritleşmiş amfibol (a). Orta kısımda zonlu bir yapı oluşturan üçgen şekilli pirit ve etrafındaki silikat görülmektedir (b:+N).



Şekil 4- Tamamen götütlemiş özşekilli (psöydomorf) ve yarıözşekilli piritler (+N).



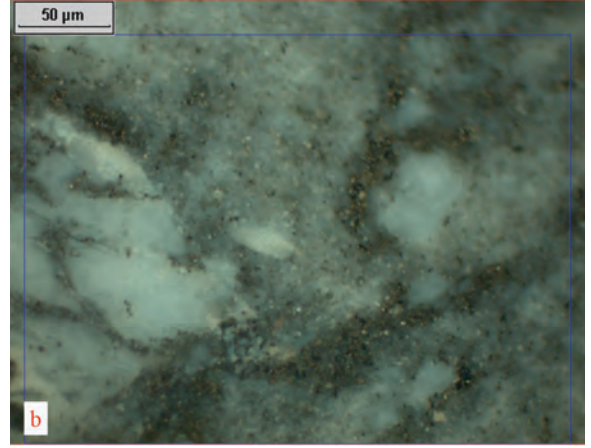
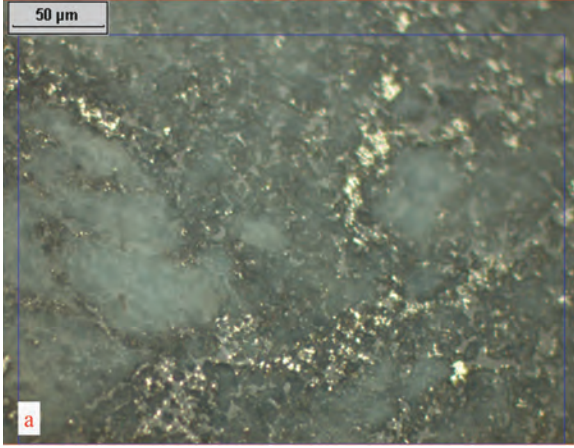
Şekil 5- İki farklı gang, iki farklı pirit. Açık gri renkli gang içindeki küçük taneli "Pirit 1" ve koyu gri renkli gang içindeki Pirit 1'den daha iri ve bol "Pirit 2". Pirit 2'li gang diğerini çepeçevre sarıyor.



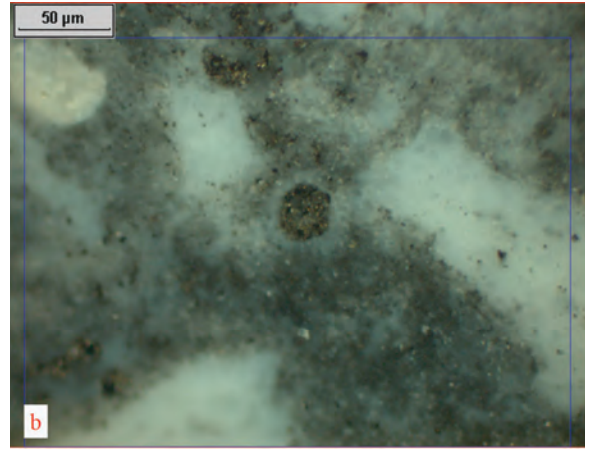
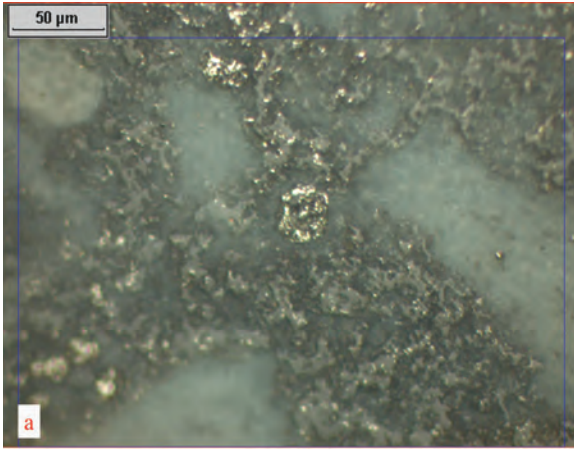
Şekil 6- Orta kısımda; iri taneli Pirit 2 içerikli koyu gri gang, Pirit 1 içerikli açık gri renkli gang içerisine sokulum yapıyor.

2. Demirli silikat minerallerinin dönüşüm ürünü piritler

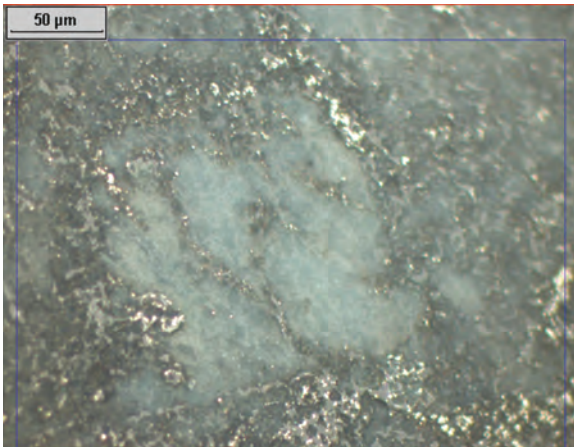
Amfibol, biyotit gibi silikatların alterasyonuna bağlı olarak piritler oluşmuştur. Oluşumları silikatlara bağlı olan bu piritler (Pirit 3) değişik yapı-doku özellikleri göstermektedir. Bu gruba giren piritlerin bazıları demirli silikat minerallerinin iç kısımlarında, kenarlarında kısmen ve tamamen taneleri kuşatır biçimde (Şekil 7) bazen de kristallografik doğrultularında yerleşmiş olarak yer almaktadır (Şekil 8). Silikatların bu tip dönüşümlerinin zonlu yapılar neden oldukları görülmektedir (Şekil 3). Bir kısım piritler ise, silikat minerallerinin sınırlarına uygun sıralanmalar şeklinde (Şekil 7) yer almaktadır. Ayrıca bu oluşumlara yakın kırık ve çatlaklara yerleşmiş ikincil piritler de bulunmaktadır (Şekil 7, 9).



Şekil 7- Mavimsi gri renkli gang mineralinin kenarlarına "S" şeklinde uyumlu olarak yerleşen, ayrıca bir hat boyunca gangin çatlağına yerleşmiş piritler.



Şekil 8a,b- Piritleşen amfibol (b:+N).



Şekil 9- Gang kenarlarına ve çatlaklara yerleşmiş piritler.

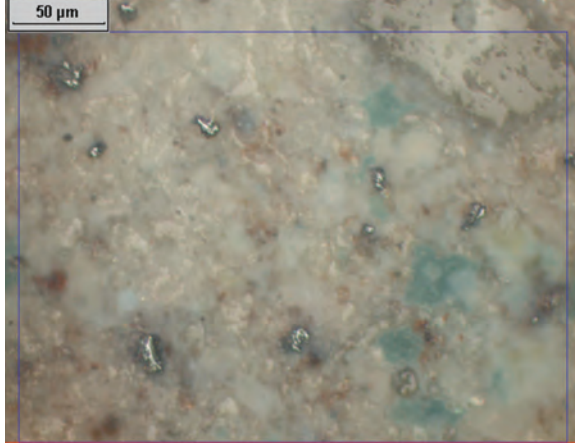
Enarjit (Cu_3AsS_4)

İncelenen örneklerde enarjit hafif pembemsi, kahverengi, gri renkte olup, kuvvetli anizotropi göstermektedir. Anizotropi renkleri sarımsı, kahverengimsi, turuncumsu, yeşilimsi gri tonlarındadır. Enarjit grubunda olan luzonit ve stibiyoluzonit ile karıştırılabilirse de bu ikisinin çok kuvvetli ikiz lamelleri ve daha fazla turuncu renkleri vardır.

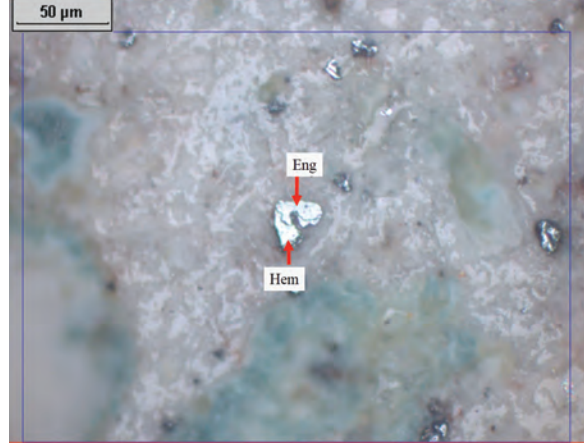
Piritlerde olduğu gibi enarjitin de esas olarak iki farklı oluşumu belirlenmiştir. Enarjit 1 olarak adlandırılanlar altere volkanik kayaç içinde saçılmış şekilde görülmektedir. Bunlar çok küçük taneler halindedir (Şekil 10). Enarjit 2 olarak adlandırılanlar ise amfibol, biyotit gibi demirli silikat minerallerinin dönüşüm ürünleridir. Bu şekilde silikatlardan oluşan

enarjitlere hematitlerle birlikte rastlanmaktadır. (Şekil 11, 12, 13, 14). Şekil 13'te amfibolün dış kısımlarında hematit, iç kısımlarında ise enarjit oluşumları görülmektedir. Alterasyon etkisiyle kırık ve çatlaklara yerleşmiş enarjitler de belirlenmiştir, ki bunlar da silikatlarla ilgilidir. Örneğin şekil 15'te bir boşluğun kenarına çökelmiş enarjitler yer

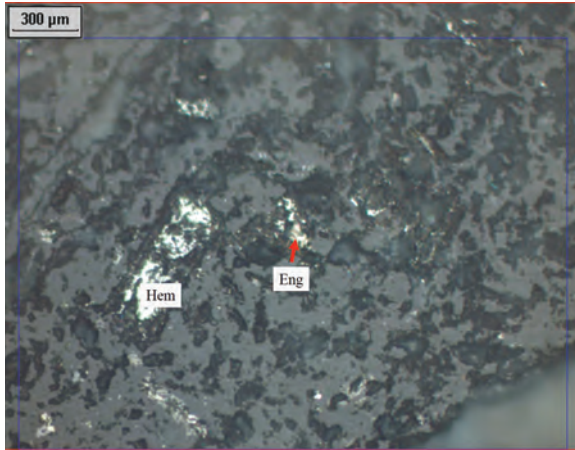
almaktadır. Bu enarjitin kenarlarından itibaren de sarı renkli izotrop olan başka bir sülfid mineraline dönüştüğü görülmektedir. Bu mineral muhtemelen pirittir. Enarjitin kalkosin, pirit, kalkopirit, kovellin, galenit gibi çeşitli sülfid minerallerine dönüşebildiği bilinmektedir (Ramdohr, 1969)



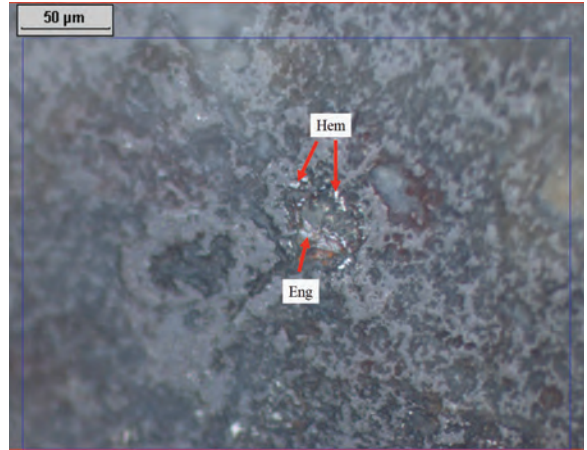
Şekil 10- Kayaç içinde dağılmış olarak çok küçük enarjit taneleri.



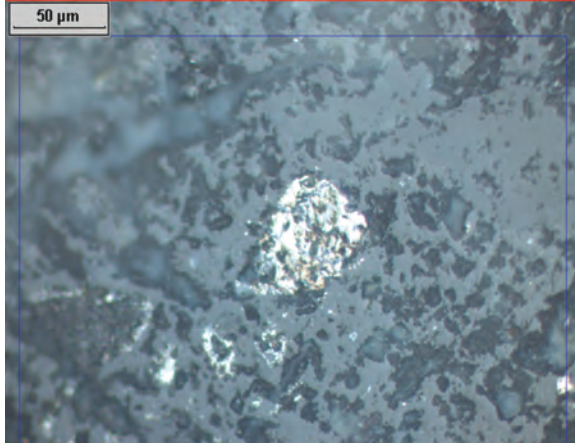
Şekil 11- Hematit ve enarjit



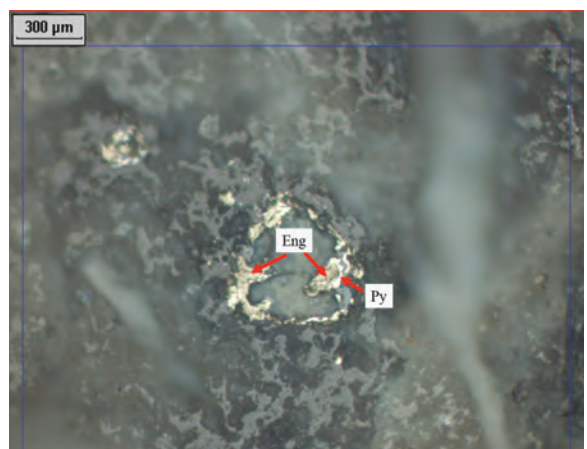
Şekil 12- Hematit ve enarjit.



Şekil 13- İleri derecede altere olmuş amfibolün kenarlarında hematit, iç kısmında ise enarjit oluşumları.



Şekil 14- Enarjit.



Şekil 15- Bir boşluğun kenarlarına çökelmiş enarjit. Enarjit kenarlarından itibaren başka bir sülfid mineraline dönüşmüş. Boşluk daha sonra gangla dolmuş.

Kalkosin (CuS)

İnceleme alanındaki bütün parlatmalardan sadece birinde görülen kalkosin (Şekil 16) enarjit gibi hematitlerle birlikte görülmektedir. Bu kalkosin anizotropi göstermekte olup, buna göre ikincildir. Muhtemelen enarjitin dönüşüm ürünüdür.

Manyetit (FeOFe_2O_3)

Örneklerde kayaç içinde dağılmış olarak piritten daha az miktarda yarı özşekilli manyetitler (Şekil 17, 18) yer almaktadır. Bu manyetitlerde çeşitli derecelerde martitleşmelere (hematitleşme) rastlanmaktadır (Şekil 19). Manyetitler çoğunlukla kenarların itibaren hematitleşmiştir (Şekil 19a,b). Ayrıca manyetitin kristalografik doğrultularında gelişmiş çubuksu (Şekil 19a) hematitleşmeler seyrek değildir. Şekil 20'de özşekilli bir manyetitin hematitleşmesi görülmektedir. Manyetitin hematitleştiği ve bu hematitlerin götitlediği örneklerde bu üç mineral bir arada bulunmaktadır.

Hematit (Fe_2O_3)

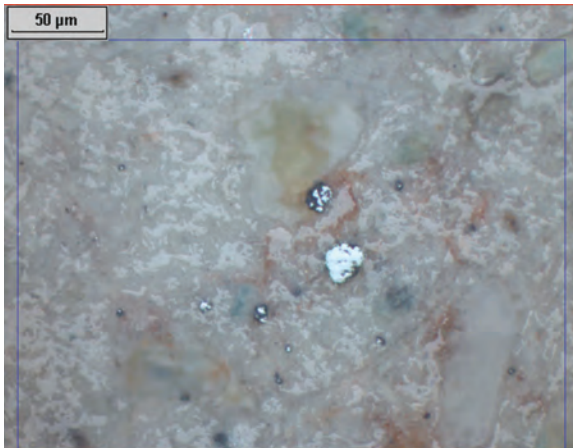
Piritten sonra en bol bulunan opak mineral hematit olup, ikincil kökenlidir. Hematitlerin bir kısmı opak minerallerin dönüşüm ürünüdür. Örneklerde birçok amfibol tanesi alterasyon etkisiyle çeşitli şekillerde hematitleşmiştir. Horblendlerin dilinimlerinin izlenebildiği bir dönüşüm şekil 21'de görülmektedir. Amfibolün kenarlarından ve iç kısmından itibaren hematitleştiği (Şekil 22) sıkça görülmektedir.

Amfibolün dönüşüm ürünü olarak hematit, enarjit birlikteliği de görülür (Şekil 12, 13). Ayrıca öz şekilli amfibolün tamamen hematitleştiği psödomorforlar da belirlenmiştir (Şekil 23). Demirli silikat minerallerinden biyotitlerde de kenarlarından itibaren hematitleşmeler bulunmaktadır (Şekil 24).

Volkanitlerin alterasyonu sırasında mafik minerallerden çözünen demir, hematit şeklinde karbonatların yerini almıştır (Şekil 25). İkincil hematit oluşumlarının önemli bir kısmı da bazı opak minerallerle ilişkilidir. Kayaç içinde özşekilli, özşekilsiz olarak dağılmış halde görülen psödomorf hematitler (Şekil 26) birincil kökenli opak minerallere bağlıdır. Üçgen, dörtgen şeklindeki hematitler örnek verilebilir (Şekil 27). Özşekilli bir manyetitin hematitleşmesi ise şekil 20'de görülmektedir. İkincil hematitlerin kısmen (Şekil 28) veya tamamen (Şekil 29) götitlediği sıkça görülen bir durumdur.

Götit (FeOOH)

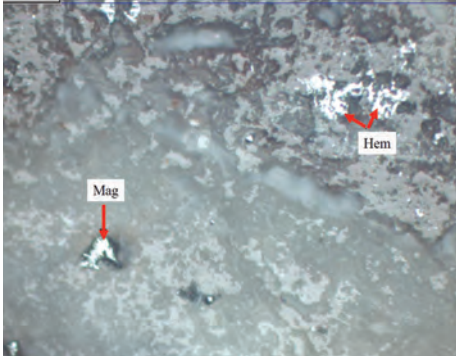
Çok sayıda parlatmada; opak minerallerin, ya da demirli silikat minerallerinin dönüşüm ürünü olarak götite rastlanmıştır. Opak minerallerden oluşan manyetit, hematit, götüt (Şekil 22) veya hematit, götüt (Şekil 29) birlikteliği görülmektedir. Demirli silikatlardan oluşan götütler ise, yalnızca hematit ile beraber bulunmaktadır (Şekil 30, 31) örneklerden ayrıca çatlak dolgusu şeklinde güncel limonit oluşumları ve demir boyamalarına rastlanmaktadır (Şekil 4).



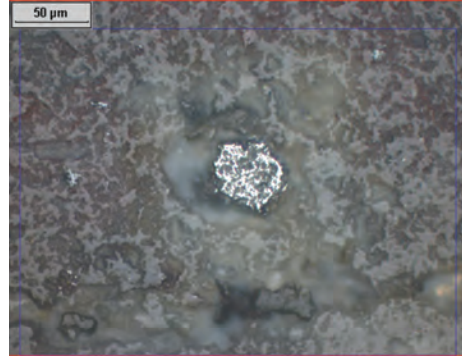
Şekil 16- Kalkosin(iri beyazımsı gri) ve hematit (grimsi beyaz).



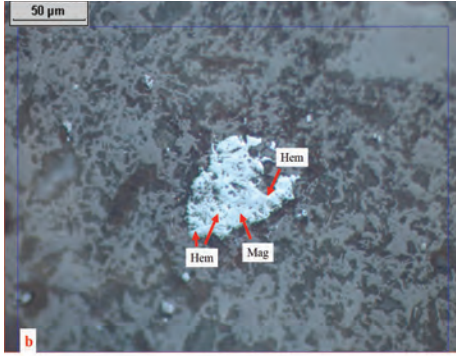
Şekil 17- Orta kısımda yarı özşekilli bir manyetit.



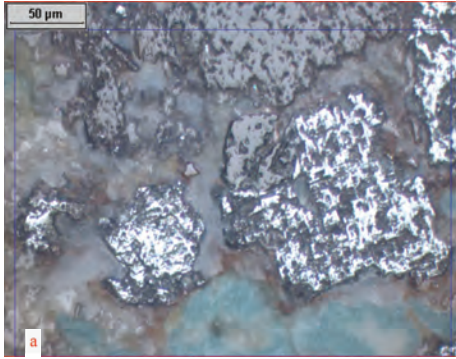
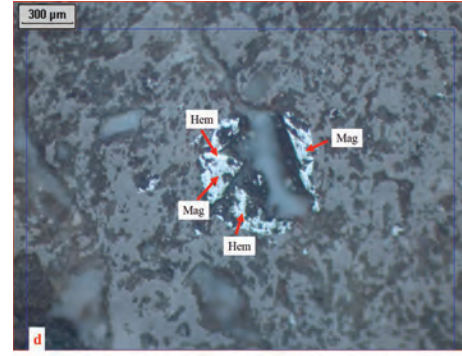
Şekil 18- Özşekilli (üçgen) ve yarı özşekilli manyetit ve sağ üstte hematitler. Her iki mineral de gang tarafından ornatılmış.



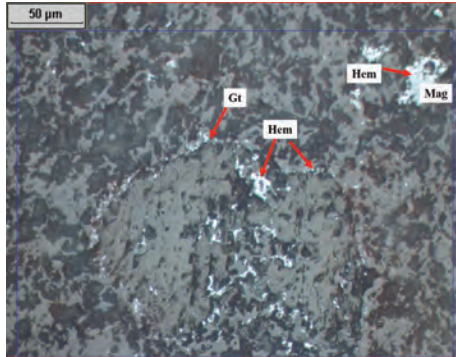
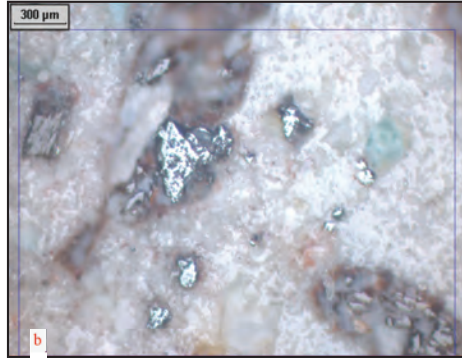
Şekil 20- Özşekilli bir manyetitin hematitleşmesi.



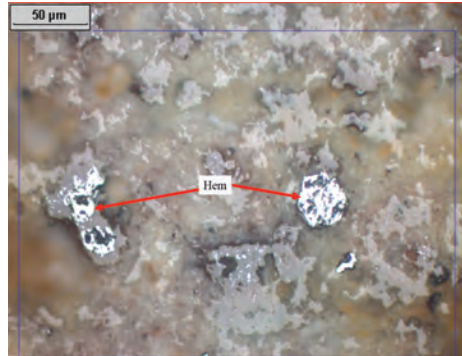
Şekil 19- Hematitleşmiş (martitleşmiş) ve gang tarafından ileri derecede ornatılmış manyetit (a,b).



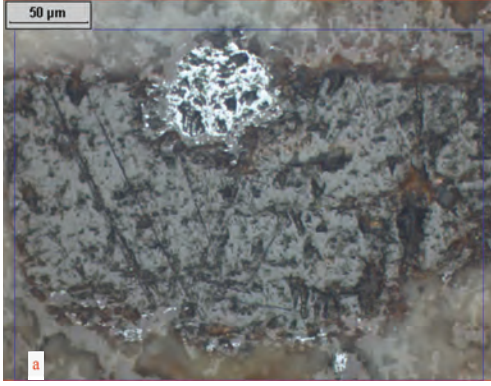
Şekil 21- Hornblendden oluşan hematit (beyaz).Hornblendin tipik dilinim izleri izlenebiliyor (a,b).



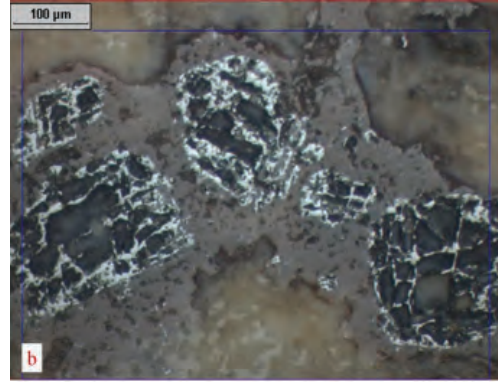
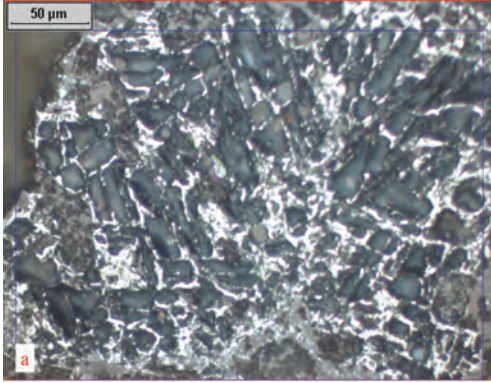
Şekil 22- Hematit, manyetit ve götit : Sağ üstte kısmen hematitleşmiş bir manyetit, orta kısımda iri bir amfibolün kenarlarında götit ve çok küçük taneli hematitlerden oluşan bir kuşak ve amfibolün iç kısımlarında hematit görülmektedir.



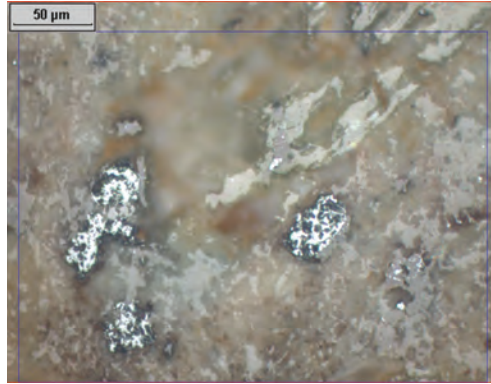
Şekil 23- Özşekilli bir demirli silikat mineralinin (amfibol) tamamen hematitleşmesi (psödomorföz).



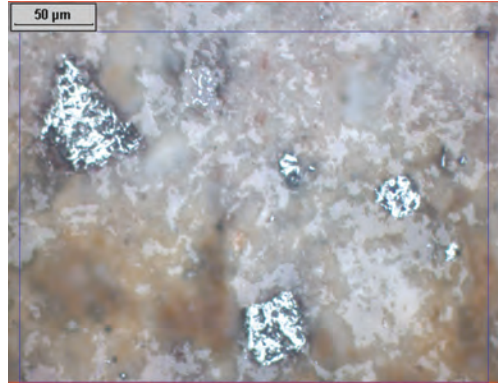
Şekil 24- Öz şekilli biyotit tanesinin kenarlarından itibaren başlayan hematitleşme (a,b).



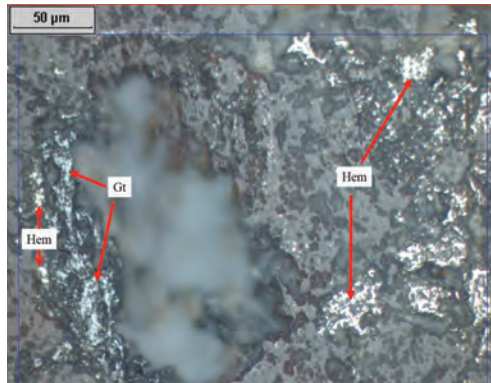
Şekil 25- Karbonatların yerini alan hematitler. Karbonatların tipik özelliği olan 75 derecelik dilinimleri boyunca oluşan hematitleşmeler hücre tekstürü göstermektedir (a,b)



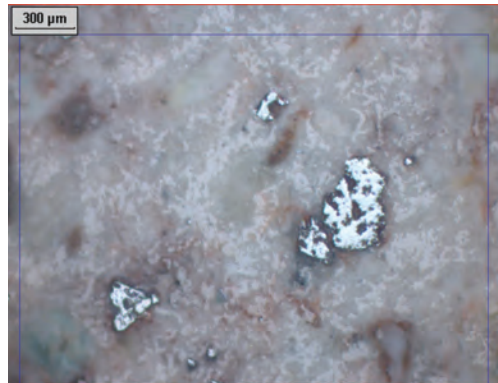
Şekil 26- Kayaç içinde özşekilsiz hematitler.



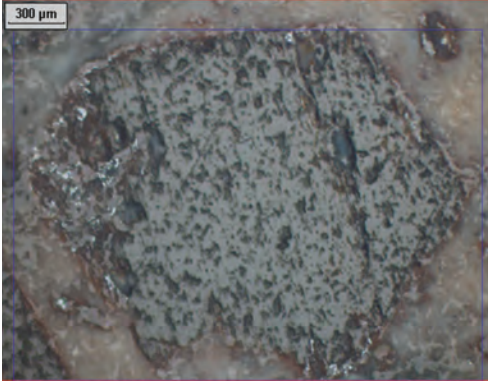
Şekil 27- Kayaç içinde dağılmış olarak çeşitli şekillerde (üçgen,dörtgen ve şekilsiz) ve büyüklüklerde hematitler.



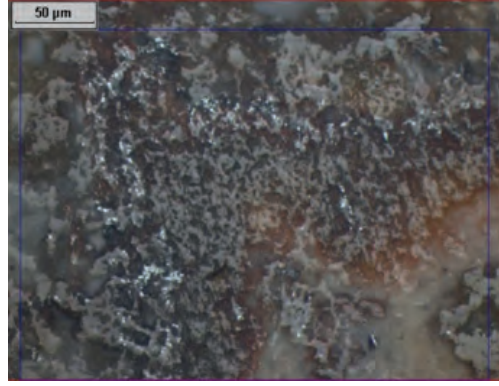
Şekil 28- Hematit ve götüt. Sol tarafta hematitlerin götütleştiği görülüyor.



Şekil 29- Tamamen götütleşmiş hematit.



Şekil 30- Opaklaşan bir amfibol tanesinin kenarlarında görülen hematit (beyaz) ve götit (gri) oluşumları.



Şekil 31- İleri derecede opaklaşmış amfibol; hematit (beyaz), götit(gri).

4. Tartışma ve Sonuçlar

Dutluca volkanitleri sülfürlü minerallerden pirit, enarjit ve kalkosin; oksitli minerallerden manyetit, hematit ve götit içermektedir. Bunlardan manyetit birincil oluşumlu, diğerleri ise ikincil süreçlerle ilişkilidir.

Örneklerde en bol olan opak mineral pirit olup, bunu götit, hematit, manyetit ve enarjit takip etmektedir. Sülfür içeren çözeltiler, içinde bulunduğu kayacın bileşiminde bulunan demirle reaksiyona girerek bol miktarlarda pirit oluştururlar. Sonradan gelen cevher metalleri de demirli mineralleri ornatarak yeni sülfür minerallerini oluşturabilirler (Krauskopf, 1987). Metaller ve kükürt aşırı doygun çözeltiler içinde düşük sıcaklıklara kadar kalabilirler ve kayaç ile etkileşime devam edebilirler. İncelenen volkanitlerdeki piritleşmenin farklı biçimleri bunu onaylamaktadır. Pirit 1 ve Pirit 2 en az iki evrede, H_2S 'li çözeltilerin piritleşmeye sebep olduğunu gösterir. Pirit 3 amfibol ve biyotit gibi mafik minerallerin hidrotermal alterasyonu sonucu oluşmuştur. Mafik minerallerden çözünen bir kısım demirin sülfür zengin çözeltilerle reaksiyonu neticesinde kırık ve çatlak dolgusu olan piritler oluşmuştur. Bu dönüşümler Pirit 1, Pirit 2 ya da daha genç bir evrede gerçekleşmiş olabilir. Mikroskopta bu ilişki belirlenmemiştir.

Volkanitlerdeki enarjitin oluşum biçimi piritle paraleldir. Enarjit parajenezin önemli bir mineralidir. Çünkü enarjit minerali yüksek sülfürasyonu işaret eder. Yüksek kükürlü veya asit sülfat tip olarak tanımlanan ve alünit + kaolinit±profilit şeklinde

tipik alterasyon gösteren cevherleşmeler parajenezde hemen her zaman enarjit bulundurur ve bu özelliğiyle adularya-serisit (düşük kükürlü) tip cevherleşmeden ayrılırlar (Silberman,1982; Giles ve Nelson,1983).

Örneklerde çok az miktarda anizotrop kalkosinin bulunuşu ikincil sülfür minerallerinin oluştuğunu göstermektedir. Volkanitlerde manyetit bulunması olağandır. Ramdohr (1969) birçok bazalt, andezit ve diyabazlarda manyetit oluştuğunu bildirmektedir. İncelenen örneklerde piritten daha az miktarda olmak üzere yarı özşekilli manyetitler bulunmaktadır. Bu manyetitlerin çoğunda çeşitli derecelerde martitleşmeler oluşmuştur. İhtimal dahilinde olmasına rağmen biyotit, hornblend gibi minerallerin alterasyonu ile oluşan manyetite rastlanmamıştır. Piritten sonra örneklerde en bol bulunan mineral hematittir. Hematitler opak ve demirli silikat minerallerin alterasyonuna bağlı ikincil ürünlerdir.

Hematit orta ve yükseltgen ortamlarda demirin duraylı mineralidir. İndirgen ortamlarda ise sülfür ve karbonatın çözeltideki konsantrasyonuna bağlı olarak pirit, siderit veya manyetit duraylı olur. Minerallerin yükseltgenme ile birbirlerine dönüşümü bazik çözeltiler yardımı ile olur (Krauskopf,1987). Manyetitlerin çeşitli derecede martitleşmesi yükseltgen şartları göstermekte, silikatlardan hidrotermal alterasyon ile manyetit oluşmaması da bunu desteklemektedir. Çözeltinin düşük sülfür içermesi halinde, hematit sülfür birlikteliği görülmez. İncelenen örneklerde hematit ile enarjitin birlikte görülmesi sülfür konsantrasyonunun yüksek olduğunu gösterir (Krauskopf, 1987).

Sonuç olarak opak mineral parajenezi (parajenezde enarjit bulunması), opak ve opaklaşma gösteren silikat minerallerinin dönüşümünü yansıtan yapı ve dokuları, incelenen volkanitlerin yüksek sülfidasyonlu hidrotermal çözeltiler tarafından altere edildiğini göstermektedir. Hidrotermal alterasyon süreci en az iki evrede gelişmiştir. Primer manyetit içerikli volkanitler öncelikle H₂S'ce zengin indirgen şartlarda yaygın bir piritleşmeye ve bu tip süreçlerde iz sürücü mineral olarak bilinen enarjit oluşumuna sebep olmuştur. Daha sonra ortamda oksijen çoğalmış ve yükseltgen şartlarda yoğun martitleşmeler gelişmiştir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından desteklenen 13B4343012 numaralı proje kapsamında yapılmıştır. BAP yöneticilerine ve Sondaj örneklerinin temininde yardımcı olan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Değinilen Belgeler

- Akyürek, B., Soysal, Y. 1978. Kırkağaç - Soma (Manisa), Savaştepe - Korucu - Ayvalık (Balıkesir). Bergama (İzmir) civarının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor no. 6432*, Ankara (yayımlanmamış).
- Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B. 1973. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. *Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri Kitabı*, 70-76, ANKARA
- Çolakoğlu, A.R. 2000. Küçükdere (Havran-Balıkesir) epitermal altın damarlarının özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, c. 43, sayı 2, s. 99-110.
- Çolakoğlu, A.R., Sezerer Kuru, G. 2001. Küçükdere (Havran-Balıkesir) epitermal altın damarlarında sıvı kapanım çalışmaları. *Yerbilimleri Dergisi*, 24, s. 1-11
- Ercan, T. 1982. Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması. Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli, *TJK Yayını*, 5-14.
- Ercan, T., Günay, E., Savaşın, M. Y. 1983. Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 97\98, 86-101

- Ercan, T., Günay, E., Türkecan, A. 1984. Edremit-Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer Stratigrafisi magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, C. 27, s. 21-30
- Ercan, T., Ergül, E., Akçören, F., Çetin, A., Granit, S., Asutay, J. 1990. Balıkesir-Bandırma arasının Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, s. 113-130.
- Giles, D. L., Nelson, C. E. 1983. Principal features of epithermal lode gold deposits of the circum-pacific rim: circum pacific. Energy Mineral Resource Conference, 3rd, Honolulu, Hawaii, August 22-28, Trans., p.273-278
- Hedengui, J.W. 1985. Hydrothermal eruptions in the Waitapu geothermal system, New Zealand: origin, breccia deposits and effects on precious metal mineralization. *Economic Geology*, 80,1640-1666.
- Krauskopf, K. B. 1987. Introduction to Geochemistry. *McGraw-Hill Book Company*, p.667
- Krushensky, R.D. 1976. Neogene calcalkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, north-west Anatolia. *Bull. Volcan.*, 40, 336-360.
- Ramdohr, P. 1969. The Ore Minerals and Their Intergrowths. *Pergamon Press*, p.1174
- Silberman, M.L. 1982. Hot-spring type, large tonnage, low grade gold deposit. U.S. Geol. Survey Open File Rept. 82-795, p.131-143
- Simmons, S.F., White, N.C., John, D.A. 2005. Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. *Economic Geology, 100th Anniversary Volume*, 485-522.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, v. 75, p. 181-241.
- Yiğit, Ö. 2012. A prospective sector in the Tethyan Metallogenic Belt: Geology and geochronology of mineral deposits in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Ore Geology Reviews*, p. 118-148
- Yüzer, E., Tunay, G. 2012. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi. Pozitif Matbaacılık Ltd. Şti, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel yayını serisi* 28.,ss. 326, Ankara.

