



ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

ARAPUÇAN (YENİCE-ÇANAKKALE) Pb-Zn-Cu-Ag YATAĞININ JEOLJİK, MİNERALÖJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ Ali Haydar GÜLTEKİN¹, Yüksel ÖRGÜN¹

ÖZ

Arapuçan Pb-Zn-Cu-Ag yatağı, bir kalk-alkalin magmatik sokulumun yakınında, altere olmuş metakumtaşları ve diyabazlar içinde hidrotermal damarlar halinde oluşmuştur. Bölgede jeoloji esas olarak Paleozoik yaşlı metamorfik bir temel, Triyas yaşlı karbonat blokları içeren kumtaşları, Tersiyer granitoid ve Neojen volkaniklerden oluşmuştur. Yatağın mineral birliği galen, kuvars, kalsit, sfalerit, kalkopirit ve pirit gibi mineraller yanında az miktarda bismutinit, tetradrit, pirolusit, hematit, şelit, malakit, magnetit ve rutil gibi mineraller içerir. Yatakta erken hidrotermal aktivite, büyüklük sırası ile silisleşme, serisizleşme ve killeşme şeklinde 3 tip hipojen alterasyona yol açmıştır. Cevher damarları, en az iki hipojen cevherleşme evresine ait veriler içerir.

Arapuçan'da cevher, ana metalik bileşenleri oluşturan Pb, Zn, Cu ve Ag'e ilave olarak, önemli miktarda Au, W, Bi, Sb ve Te içerir. Ortalama galen ve pirit $\delta^{34}\text{S}$ değerleri -3.95 ve -2.24% arasında kalır. Bu değerler ve kimyasal analiz sonuçları gerek sülfür, gerekse de metaller için bir magmatik kaynak işaret eder. Ancak, jeolojik ve jeokimyasal veriler, bir kısım metalin metakumtaşı ve diyabazlardan söküldüğünü göstermektedir. Sfaleritte yapılan sınırlı sıvı kapanım çalışmaları $229 - 328$ °C aralığında değişen bir oluşum sıcaklığını işaret etmektedir.

Anahtar sözcükler: Arapuçan, Hidrotermal Pb-Zn-Cu yatağı, Jeoloji, Mineraloji, Jeokimya, Sıvı kapanım

GEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE ARAPUÇAN Pb-Zn-Cu-Ag DEPOSIT, YENICE, ÇANAKKALE, TURKEY

ABSTRACT

The Arapuçan Pb-Zn-Cu-Ag deposit occurs as hydrothermal veins in diabase and altered Triassic metasandstones adjacent to calc-alkaline intrusive igneous rocks. The geology of the area features a Palaeozoic metamorphic basement, Triassic sedimentary rocks including the carbonate blocks, early Tertiary granitoids and Neogene volcanics. The mineral assemblage includes galena, quartz, calcite, sphalerite, chalcopryrite and pyrite as well as minor bismuthinite, tetradrite, pyrolusite, hematite, scheelite, malachite, magnetite and rutile. Early hydrothermal activity was responsible for formation of three hypogene alteration types of decreasing intensity: silicification, sericitization and argillic alteration. The ore veins contain evidence of at least two periods of hypogene mineralization.

At Arapuçan, in addition to the major metallic constituents of Pb, Zn, Cu and Ag the ores contain substantial quantities of Au, W, Bi, Sb and Te. Average $\delta^{34}\text{S}$ values for galena and pyrite are -3.95 and -2.24% , respectively, suggesting an igneous source for both the sulphur and metals. However, geologic and geochemical interpretations suggest that at least some of metals are leached from the metasandstones and diabases. Fluid inclusion data for sphalerite show a depositional temperature of 229 to 384 °C.

Key words: Arapuçan, Hydrothermal Pb-Zn-Cu deposit, Geology, Mineralogy, Geochemistry, Fluid inclusion

¹ İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı, Maslak, İstanbul e-posta: gultekin@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

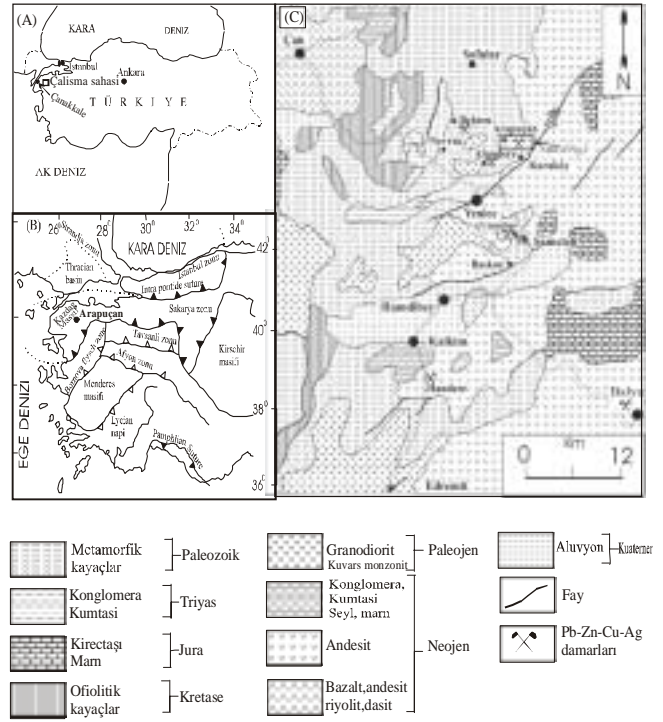
Arapuçan Pb-Zn-Cu-Ag cevherleşmesi, Batı Anadolu'nun tektonik evrimi ve magmatik faaliyetleri ile ilgili bir çok veriyi bir arada bulunduran Kazdağ Masifinin merkezinde yer alır. Bölgede izlenen irili ufaklı birçok damar tipi sülfür cevherleşmesinden biri olan Arapuçan yatağı, Yenice (Çanakale) ilçesinin yaklaşık 12 km kuzeydoğusunda, Karaköy ile Bekten köyleri arasında bulunur (Şekil 1A, B ve C). Arapuçan cevherleşmesi, uzun yıllar önemli bir kurşun ve gümüş kaynağı olarak Fransızlar tarafından işletilmiş Balya simli kurşun yatağı (Ağdemir vd., 1994) ile aynı provens içindedir.

Arapuçan cevherleşmesinin madencilik tarihi, Balya'ya benzer şekilde antik çağlara kadar gider (Kovenko, 1940). Bölgede hakimiyet kurmuş olan ilk uygarlıklar kurşun ve gümüş ihtiyaçlarını, Balya ile birlikte muhtemelen buradan da sağlamışlardır. Modern anlamda arama ve işletme faaliyetleri ise ilk olarak MTA tarafından yapılmıştır. 1970'li yıllardan başlayarak 1980'lerin sonlarına kadar sürdürülmüş olan çalışmalar sonucunda toplam 12 sondaj yapılmış, % 16.6 Pb, % 12.1 Zn ve % 2.13 Cu içerikli yaklaşık 4.0 milyon ton toplam rezerv ortaya konmuştur. Daha yakın zamanlarda yapılan ayrıntılı çalışmalar, yatağın yalnızca bir kurşun, çinko cevherleşmesi olmadığını, önemli oranda gümüş (ortalama 260 gr/t) ve altın da (ortalama 4 gr/t) içerdiğini göstermiştir (Gültekin vd., 2003).

Günümüze kadar Arapuçan sahasının jeoloji, stratigrafi ve mineralojisi pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Gjelsvik, 1962; Gümüş, 1964; Aslaner, 1965; Brinkman, 1966; Bingöl, 1968; Yücelay, 1971; Krushensky vd., 1971; Atılğan, 1975; Bingöl, 1976; Aydın ve Öztunalı, 1981). Araştırmacılar sahanın mineral potansiyeline yönelik bir çok rapor yayınlamış, magmatik işlemlere dayalı çeşitli jenetik modeller sunmuşlardır. Yatak 1980'lerin başlarından bu yana ülke ekonomik koşullarının seyrine bağlı olarak, az çok süreklilik gösteren bir işletme faaliyetine sahne olmuştur. Bu çalışma kapsamında, inceleme alanındaki kaya birimleri ile cevherleşmeye ait örneklerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelenmesi yapılarak, Arapuçan yatağının oluşum şekli ve cevherleşmeyi denetleyen koşullar ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ

Arapuçan sülfür yatağı ve ilişkili kayaçlar, bölgesel ölçekte Batı Anadolu'da KD-GB doğrultulu Tersiyer öncesi tektonik zonlardan biri olan Sakarya zonu içinde yer alır (Şekil 1). Paleo-Tetis aktif kenar birimli kıtasal bir parça olan Sakarya zonu, granitik ve metamorfik kayaçlardan (felsik gnaýsalar, bantlı amfibolit ve mermer ara katkılı kuvars-feldspatik mika şist) oluşan Paleozoik yaşlı bir kıtasal temel ile Karakaya kompleksi olarak adlandırılan ve temel kayaları üzerleyen bir Permo-Triyasik volkanik yay ve ilişkili Paleo-Tetis yığılma karmaşığından yapıldır (Okay, 1990).



Şekil 1. (A) Çalışma sahası yer bulduru haritası, (B) Batı Anadolu'nun tektonik haritası, (C) Arapuçan yatağının genel jeoloji haritası (Erentöz, 1961).

Karakaya kompleksi, esas olarak Permo-Triyasik okyanus içi yay önu çökellerinden oluşan bir alt birim ve bol egzotik kireçtaşı bloklulu Paleozoik-Triyasik yaşlı klastiklerden oluşan bir üst birim olmak üzere iki tektonostratigrafik birim içermektedir. Alt birim, tektonik bir kontakla Sakarya zonu Paleozoik kıtasal temelin üzerinde uzanmaktadır ve büyük çoğunlukla karbonat ve şeyl bantları ara tabakalı bazik kayaçlar, piroklastik kayaçlar ve yastık lavlardan oluşur. Bu birim, yüksek sıcaklık yeşil şist fasiyesi metamorfizmasına maruz kalmıştır. Üst birim esas olarak önemli oranda tahrip olmuş birkaç km kalınlığına sahip, Triyas yaşlı yığılma kompleksi ile simgelenen bir türbidik klastik istifdir. Bu klastik istif bir bütün olarak, Biga Yarımadası'nda gözlenen bir çok hidrotermal cevherleşmeye ev sahipliği yapmaktadır. Genel olarak, Karakaya kompleksi içinde biri kıtasal granitik kaynaklı kuvars-feldspatik kumtaşı-şeyl diğeri ise grovak-şeyl istifi olmak üzere iki temel klastik istif ayırt edilir. Bunlardan kuvars feldspatik klastik istifi, İzmir-Ankara kenedine yakın bölgelerde, bir grovak matriks içinde egzotik üst Permiyen kireçtaşı blokları içeren yaygın geç Triyasik moloz akıntularına geçer. Yenice civarında geniş alanlar kaplayan Triyas yaşlı klastik kayaçlar Karakaya klastikleri ile benzerdir ve grovak, bazik dayklı arkoz ve egzotik bloklulu Permiyen kireçtaşı olistolitleri içeren kumtaşı ve şeyllerden oluşmuştur (Okay, 1990).

Batı Anadolu'da, Sakarya zonu içinde erken Kretase ile Eosen arasında bir çökeltme boşluğu bulunmaktadır. Erken Oligosende ise, tüm Kuzeybatı Anadolu yaygın bir kalk-alkali volkanizmaya sahne olmuştur. Geç Oligosen-Erken Miyosende bir sıkışma

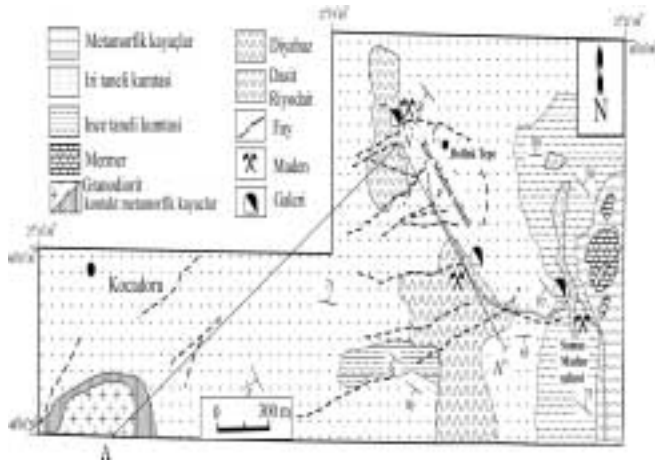
rejimi içinde başlayan volkanik aktivite yaygın bir andezitik ve dasitik kalk-alkali kayaç birliği üretmiştir. Ancak orta Miyosende K-G sıkışmasının ani olarak K-G gerilmesine dönüşmesi alkali volkanizmaya yol açmış, bunun sonucunda alkali kayaç birliği gelişmiştir (Ercan vd., 1985; Yılmaz, 1990).

3. YEREL JEOLJİK YAPI

Arapuçan Pb-Zn-Cu-Ag damarları, yer yer genç granitoidlerce kesilmiş Karakaya kompleksine ait metakumtaşları ile diyabazlar içinde yer alır. Muhtemelen Triyas yaşlı metakumtaşları bugünkü yerine alloktan bir birim olarak yerleşmiş, bunu takiben gelişen farklı tektonik fazlarda kıvrılmış ve faylanmış ve faylanmış. Saha gözlemleri, sülfür cevherleşmelerinin birkaç yüz metre genişlikte ve 1.0 km kadar uzunluktaki nispetten dar bir zon içinde, farklı seviyelerde birbirine kısmen paralel damarlar halinde olduğunu göstermektedir.

Cevher sahası, bir çok fay sistemi ile kesilmiştir, ancak bunların cevherleşme açısından en önemli olanları kuzeydoğu-güneybatı ve doğu-batı yönlü olanlardır. Granitoid yerleşmesiyle ilişkili konsantrik fayların cevher yerleşimindeki rolü zayıftır. Bu faylar ve diğer kırık sistemleri, kurşun, çinko ve bakırın yanı sıra gümüş ve altın içeren cevher damarlarına da ev sahipliği yapmış, cevherli çözeltilerin yüzeye doğru hareketlerine imkan sağlayıcı geçiş kanalları olmuştur.

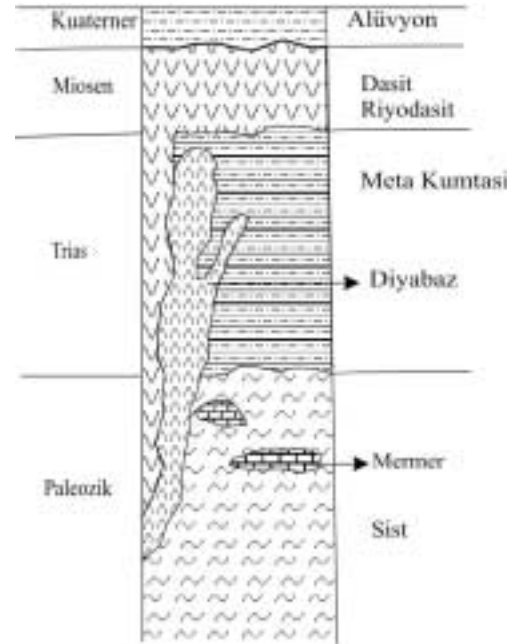
Arapuçan sahası ve yakın çevresindeki kayaçlar yaşça Paleozoikten Tersiyere kadar sıralanır. Başlıca kayaçlar, Paleozoik yaşlı şistler, Triyas yaşlı konglomera ve kısmen metamorfizma geçirmiş, karbonat blokları içeren kumtaşları, Jura yaşlı kireçtaşı ve marn, muhtemelen Paleojen yaşlı kalk-alkali granodioritler ve Neojene ait konglomera, kumtaşı, şeyl, marn ve volkaniklerden yapıldır (Şekil 1 ve 2). Arapuçan sahasına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Arapuçan sahasının ayrıntılı jeolojik haritası (Anıl (1979)'dan faydalanılmıştır).

Çalışılan sahanın temelini oluşturan Paleozoik metamorfik kayaçlar, kuvars-mika şist, fillit ve fillitik

şistlerden meydana gelir. Çalışma sahasının doğusunda dar bir alanda izlenen bu kayaçlar mikroskobik olarak ince - orta taneli ince bantlı, masif gri renkli kayaçlardır. Kuvars-mika şistler çoğunlukla kuvars-serizit-klorit şist ve daha az yayımlı kuvars-albit-muskovit şist litolojilerinden oluşur. Bu kayaçlar yer yer mercek şekilli mermer blokları da içerirler. Sahada gri, sarımsı gri ve kahverenginin tonlarında gözlenen kuvars-mika şistler bazı alanlarda önemli oranda limonitleşmiş ya da kaolinleşmiştir. Birimin üst seviyeleri dereceli olarak kuvarsitlere geçişlidir. Yapraklanma belirgin olup tektonik hareketler sonucu yer yer ondülasyonlar kazanmışlardır. Metamorfik seri içinde fillitler yaygın litolojiyi oluşturmakta, bazı noktalarda yüksek organik içeriği ile dikkat çekicidirler. Fillitlerin mineralojik bileşimi nispeten basittir. Ana bileşenler kuvars, mika ve plajiyoklazlardan oluşur. Temeli oluşturan tüm bu birimler uyumsuz bir şekilde kuvars, albit, siyah ve beyaz mika, piroksen ve az miktarda volkanik ve metamorfik kayaç parçaları içeren metakumtaşlarınca üzerlenir. Bu klastik kayaçlar esas olarak metaarkoz ve metagrovak bileşiminde olup, Karakaya Formasyonu üst birimlerinin eşleneği olarak kabul edilirler. Metakumtaşlarında, kuvars ve feldspatlar orta-iri taneli, köşeli birbirlerine killi bir çimento ile bağlanmışlardır. Tane boyu 0.05–2.0 mm arasına değişir. Plajiyoklazlar ayrılmıştır. Kuvarslar dalgalı yanma sönmeye gösterir. Muskovitler kuvars yada feldspat tanelerinin etrafını çevreler şekilde izlenir.



Şekil 3. Arapuçan sahasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

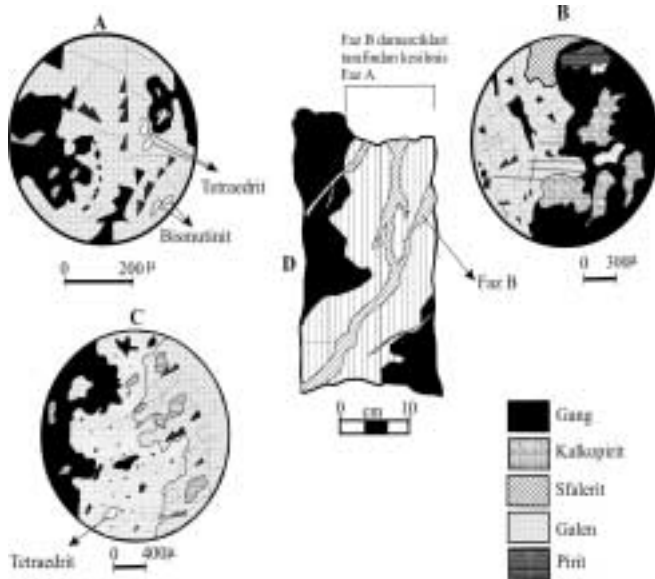
Diyabazlar çalışılan alanın orta ve güneydoğusunda metamorfik seriler içinde masif görümlü, yer yer 80 m'lik kalınlıklara ulaşan kayaçlardır. Bazı alanlarda şistozite özelliği kazanmış olan bu kayaçlar, muhtemelen metamorfik serilerin ilksel malzemeleri içine siller şeklinde sokulmuş bazik volkaniklerdir. Tanınmaları esas olarak mikroskobik çalışmalara dayalıdır. Bazı noktalarda önemli oranda silisleşmişlerdir. Biyotit, piroksen gibi Fe-Mg silikatlar izlerinden tanımlanmaktadır.

dir. Opak içeriği yüksektir. Plajyoklazlar büyük çoğunlukla tamamen altere olmuştur. Arazide gri, yeşilimsi, mavimsi gri renklerde, bazen de limonitleşme nedeniyle kahverengi, kırmızımsı renk kazanmışlardır. Faylanmaya maruz kaldıkları alanlarda breşleşmişlerdir. Tali olarak rutil içeriği dikkat çekicidir.

Yenice civarında, gerek temeli oluşturan metamorfikler gerekse metakumtaşları kalk-alkali magma ürünleri olan granodioritlerce kesilmiştir. Çalışılan alandaki volkanik kayalar esas olarak dasitlerle temsil edilir. Daha az oranda riyodasitlerin varlığı saptanmıştır. Sınırlı bir yayılımla izlenen bu kayalar Batı Anadolu'da geniş sahalar kaplayan kalk-alkali andezit-dasit-riyolit birliğinin bir üyesidir, ancak Arapuçan cevherleşmesiyle doğrudan bir ilişki yansıtmazlar. Kayalar mineralojik olarak kuvars, plajyoklaz, biyotit ve opaklardan oluşur. Plajyoklazlar en yaygın gözlenen mineraldir (%12 Ag). Özşekilli kristaller halinde, çoğunlukla aynı minerallerin oluşturduğu ince taneli bir matris içinde saçılmış taneler halinde gözlenirler. Zonlu yapılarda sunan plajyoklazlar önemi oranda altere olmuşlardır. Tane boyları 0.08- 2.0 mm arasında kalır. Az oranda gözlenen amfiboller parçalanmış, biyotitler ise kloritleşmiştir.

4. CEVHER MİNERALOGİSİ

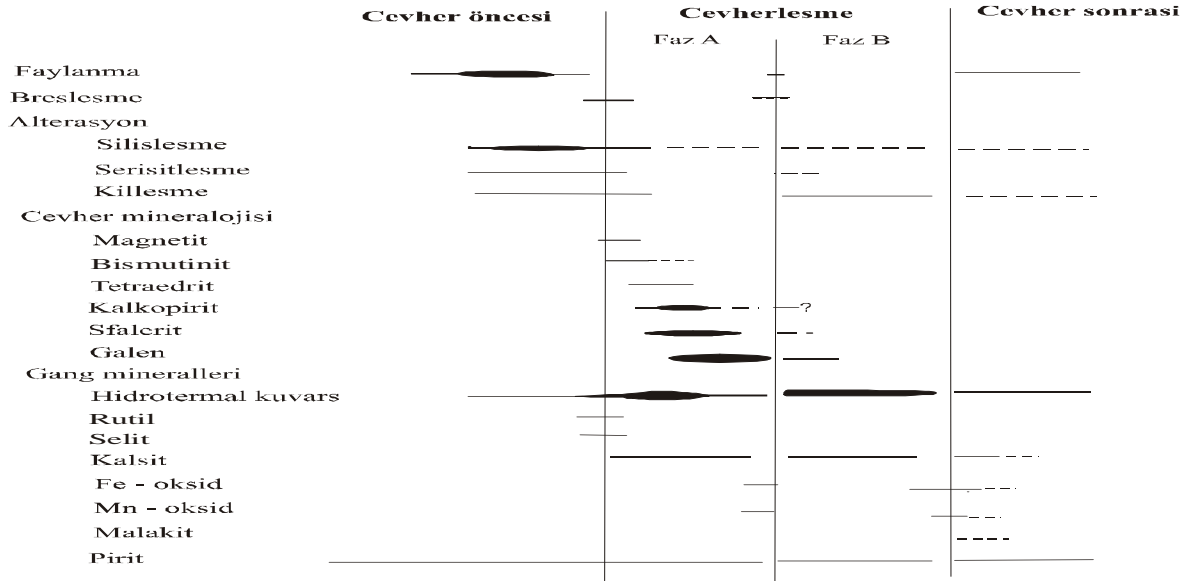
Arapuçan sahası, mineralojik ve cevher dokusu yönüyle benzer özellikler gösteren iki ayrı cevher alanı içerir. Kuzeydeki saha Kor Madencilik, güneydeki saha ise Somaş Madencilik tarafından işletilmiştir. Her iki saha da, cevher ekonomik nitelikli sülfür damarları şeklindedir. Yatak Triyas yaşlı metakumtaşları ile bunları kesen büyük ölçekli bir diyabaz daykı içinde yer alır.



Şekil 4. Cevher dokusu ve mineraloji. A. Tetraedrit ve Bismutinit kapanımları içeren iri taneli galen kristali. Örnek Galen hakim masif sülfür cevherinden alınmıştır. B. Sfalerit-galen-kalkopirit masif sülfür cevheri C. Tetraedrit kapanımları içeren iri taneli kalkopirit ve galen. D. Cevherleşmeyle ilgili damar dokusu ve fazlar.

Mineralojik olarak, Arapuçan cevherleşmesi büyük çoğunlukla galen, sfalerit, pirit ve kalkopiritten yapıldır (Şekil 4A, B ve C). Bu mineraller her iki sahada da sülfür mineralleşmesinin %90' dan fazlasını teşkil etmektedir. Kuvars, kalsit, hematit, pirolusit, tetraedrit, bismutinit, malakit, magnetit, şelit ve rutil mineral birliğinin diğer üyelerini oluşturmaktadır. Galen, en yaygın cevher mineralidir ve çoğunlukla özşekilsiz ya da yarı yuvarlak, parçalanmış taneler halinde, nadiren kübik veya oktahedral taneler şeklinde izlenir. Belirgin bir özellik olarak galen, diğer sülfür minerallerinden daha iri kristalleşmiştir ve yer yer bol oranda bismutinit ve tetraedrit inklüzyonları içerir. Diğer önemli bir cevher minerali olan sfalerit ise çoğunlukla özşekilsiz olup hemen daima galen kristalleri ile birlikte gözlenir. Bazı yerlerde iri taneli sülfürler içinde, masif çatlak dolguları şeklinde ya da kalsit gangi içinde izole olmuş taneler halinde görülür. Kalkopirit çoğunlukla yüksek sülfür içerikli damarlarda galen ve sfaleritle birlikte özşekilsiz taneler halindedir. Bolluk yönüyle en az bulunan sülfür minerali tetraedrittir. Bu mineral kalkopiritçe zengin damarlarda daha belirgindir. Tüm bu cevher minerallerine miktarı %1-20 arasında değişen pirit eşlik etmektedir. Pirit çoğunlukla ince tanelidir, nadiren özşekilli olup, iri taneli olanları galen, sfalerit ve kalkopirit inklüzyonları içerir. Ters durumlar da mevcuttur. Örneğin iri galen kristalleri içinde pirit inklüzyonları da gözlenmiştir. Kuvars ve kalsit en yaygın gang mineralleridir. Kuvars, bazı yerlerde vuggy silis ve masif silis gövdeleri içinde pirit kristalleri ile bir arada oluşmuştur.

Arapuçan sülfür damarları, birbirinden bir kırılma periyodu ile ayrılmış en az iki hipojen mineralizasyon evresini içerir (Şekil 4 D ve 5). Erken fay sistemleri ve buna bağlı olarak gelişen çatlaklar ilksel cevher taşıyıcı sıvıların girişine imkan tanımış, bunun sonucunda çoğunlukla galen, sfalerit ve kalkopiritçe simgelenen bir cevherleşme gelişmiştir (Faz A). Bu evrede az miktarda magnetit, bismutinit, tetraedrit ve şelit de oluşmuştur. Faz A sıvıları kısmen cevher evreli olmakla birlikte zayıfça gelişen hidrotermal alterasyondan da sorumludur. Faz A' yı takiben cevher damarlarında büyük ölçekli bir faylanma gelişmemiştir. Ancak zayıf bir şekilde gelişen lokal zayıf faylanma faz B sıvılarının gelişine imkan tanımış, bunun sonucunda da ilksel mineralizasyonları kesen ince sülfür damarları gelişmiştir. Bu evre esas olarak galen, sfalerit ve kalkopiritçe simgelenir. Mineralizasyonu takiben gelişen normal faylanma cevher gövdelerinin kısmen bloklara ayrılmasına yol açmış, oluşan kırıklar kalsit ya da kuvars tarafından doldurulmuştur.



Şekil 5. Arapuçan cevher damarlarının basitleştirilmiş mineraloji ve parajenezi.

5. CEVHERLEŞME TİPİ

Çalışma sahasında, hakim mineral türüne bağlı olarak 3 tip cevher ayırt edilmiştir: (1) galen hakim masif sülfür cevheri, (2) Masif sfalerit+galen+kalkopirit cevheri, (3) Dissemine kalkopirit+pirit cevheri. Buna ek olarak, her bir tip diğer sülfür minerallerini de değişen oranda içermektedir. Genel olarak masif oluşum en yaygın cevher tipini teşkil eder.

Galen hakim masif sülfür cevheri çoğunlukla merceksele gövdeler halindedir. Lokal olarak kalınlığı 5 m ye kadar yükselir. Cevher-ana kaya sınırı keskindir. Mineral birliği modal olarak %33-65 oranında galen, %2.3-4.1 oranında sfalerit ve % 1.5-2.7 oranında da kalkopirit içerir. Pirit içeriği ortalama %3 civarında kalır. Bu tür cevher sülfür damarlarının yaklaşık %65 'ini teşkil eder.

Masif sfalerit+galen+kalkopirit cevheri daha belirgin olarak sahanın güney kesimlerinde gözlenir. Bu tip cevherin damarlardaki miktarı değişkendir. Diğer mineralizasyon tipleri ile iç içe olmakla birlikte esas olarak merceksele bir yapı gösterir. Doğal olarak en yaygın mineralini sfalerit oluşturur. Sfalerit miktarı, sfaleritce zengin zonlarda yer yer %55' ere kadar yükselir ancak çoğunlukla daha düşük içeriğe sahiptir. Mercıkların boyutları küçüktür. Nadiren birkaç 10 metreye kadar çıkarlar. Kalınlıkları ise birkaç 10 cm kadardır.

Dissemine kalkopirit ve pirit cevheri diğer tür cevher tipleri içinde ince mercıklar halinde gözlenir ve diğerlerinden daha yüksek kalkopirit içeriğiyle ayırt edilir. Bununla birlikte galen ve kalkopirit gibi cevher mineralleri de bulunur. Bu tip cevher damarlarının uzunlukları birkaç metre, kalınlıkları ise birkaç cm kadardır.

6. ALTERASYON VE KONTAKT METAMORFİZMA

Arapuçan'da hidrotermal çözeltiler içinde do-laştıkları metakumtaşları, dasitler ve diyabazlarda silisleşme, serizitleşme ve killeşme olmak üzere 3 tip alterasyona neden olmuştur. Genel olarak alterasyon diyabaz ve dasitik kayalarda daha yoğun izlenir ve kabaca 1.5 km² lik bir alanı etkilemiştir. Dış kesimlerde killeşme daha belirgin olacak şekilde zayıf bir zonlanma da gösterir. Metakumtaşlarında alterasyon belirtileri, gerek depolanma sırasında, gerekse de maruz kaldıkları metamorfizma ve izleyen atmosferik ayrışma sonucunda kısmen örtülmüştür. Sahada silisleşme mikrokristalin kuvars içeren ve amorf silisten itibaren gelişmiş masif yada vuggy silis gövdeleriyle belirginlik kazanır. Dış zona doğru serisitleşmeyle bir arada gelişmiştir. Arapuçan'da serisitleşme başta serizit olmak üzere kuvars, klorit ve pirit minerallerince belirginlik kazanır. Masif cevherden birkaç 10 metre kadar mesafelerde gözlenir ve dış doğru kil içeriğinde artış gösterir. Killeşme esas olarak kaolen ve montmorillonit alterasyonu olarak görülür. Kayaçta bulunan plajyoklazlar alterasyon sonucu kil minerallerine dönüşmüştür. Her bir alterasyon zonunun mineralojisi ve mineral bolluğu Tablo 1 de verilmiştir.

Granodioritlerin şeyl ara tabakaları ve karbonat blokları içeren metakumtaşlarıyla olan kontaklarında yoğun, sert ve çoğunlukla sarımsı yeşil renkler sunan hornfelsler gelişmiştir (Şekil 2). Bu kayaçlar aktinolit-tremolit, epidot, klorit ve daha az olmak üzere de vol-lastonitten yapıldır. Bununla birlikte kontakt metamorfik kayaçlar Arapuçan sahasında yaygınca izlenen kayaçlar değildir. Sahanın batısı ile Yenice'nin güneyinde bu tür kayaçlar daha yaygındır ve lokal olarak da düşük ekonomik içerikli kurşun çinko cevherlerine ev sahipliği yaparlar (Yeniğün, 1978; Yeniğün 1980)

Tablo 1. Arapuçan alterasyon tipleri ve mineralojisi.

Alterasyon	Mineraller	Mineral Bolluğu			Belirteçler
		Yaygın	Orta	Düşük	
Silisik	Kuars	+			Metakumtaşları ve diyabazlarda yaygın alterasyon tipi, çoğunlukla massif ya da vuggy silis gövdeleri halinde. Boşluk ve vuggy silis gövdelerinde özşekilli, piritle dokusal ilişkili kuvars taneleri. Yer yer amorf silikadan itibaren yeniden kristalleşmiş kuvarslar
	Pirit	+			
	Serizit		+		
	klorit		+		
	Biyotit			+	
	Rutil			+	
Serisitlesme	Serizit	+			Sülfür damarlarını çevreleyen düşük ya da orta derecede yoğunlukta alterasyon halleri şeklinde. Bir kısım serizit cevher evreleriyle ilişkili, ilerleyen alterasyonla birlikte plajyoklazlar hafifce sarı-kırmızı renkler kazanmış ve serizit oluşumları gelişmiştir.
	Klorit		+		
	Pirit		+		
	Kaolinit			+	
Killeşme	Kaolinit	+			Sılıssık ve serizitik sonu çevreleyen düşük yoğunluklu alterasyonlar halinde, Ancak lokal olarak bu zonlarla çakışır. Çoğunlukla en dış alterasyon zonu olarak gözlenir. En dış zonda kil içeriği belirgin şekilde daha fazladır.
	Montmorillonit	+			
	Kuars		+		
	Pirit		+		
	Kalsit		+		
	Serizit			+	

7. İZ ELEMENT JEOKİMYASI

Jeokimyasal örnekleme çalışmaları anakayanın yüzeylenmiş taze kesimlerinde, alterasyon zonlarında ve cevher damarlarında sürdürülmüş, bu amaçla toplam 152 numeni alınmıştır. Petrografik ve mikroskobik çalışmaları takiben 57 temsili kaya ve cevher örneği agat havanda 200 mesh boyutuna kadar inceltirilerek kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Analizler, G-3 ve C13 standartlarının kullanıldığı Kanada-ACME Analitik laboratuvarlarında ICP-ES metoduyla yapılmıştır.

Tablo 2-4 de temsili kaya ve sülfür damarlarından alınan örneklere ait iz element analiz sonuçları topluca verilmiştir. Sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde cevher yankayasını oluşturan metakumtaşları ile diyabazların yüksek Pb, Zn, ve Ag içeriklerine sahip olduğu görülmektedir. Bu elementlerin en yüksek değerleri diyabazlardan alınan örneklerde tespit edilmiştir. Dastilerin iz element jeokimyası ise, genel olarak Batı Anadolu kalk-alkalin volkanik kayaç birliğine ait dastilerle benzerlik gösterir (Ercan vd., 1985). Diğer bir ifadeyle analiz sonuçları beklenen sınırlar içinde kalmakta ve belirgin bir zenginleşme ya da tüketilme göstermemektedir. Buna karşın, bölgesel ölçekte magmatik kayaçlarla bir karşılaştırma yapıldığında, granodioritlerin daha yüksek Pb, Zn ve Cu içeriğine sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Arapuçan cevher damarları, ekonomik değerleri olan Pb, Zn, Cu, ve Ag gibi elementler yanında Au, W, Bi, Sb ve Te yönüyle de önemli oranda bir zenginleşme gösterir. Bu tür bir element birliği hidrotermal sülfür damarları için belirgin bir özelliktir. Analiz sonuçları, damarların uzun eksenleri boyunca zayıf gelişmiş bir jeokimyasal zonlanmanın olduğunu da ortaya koyar. Genel bir davranış olarak Pb, Ag ve Bi sahanın kuzeyine doğru bir artış eğilimi gösterirken, Cu, Au,

Zn ve Te değerleri damarların güney kesimlerinde daha yüksektir. Sahanın güney ucuna doğru Sb ve W çok daha fazla tüketilmiştir. Arapuçan da minerallerin element içerikleri göz önüne alındığında, gümüşün esas olarak galen ve kalkopirit içinde inklüzyonlar halinde bulunan tetraedritin yapısında olduğu anlaşılmıştır. Her ne kadar gerek makroskobik gerekse, mikroskobik serbest altın taneleri gözlenmemişse de, cevher örnek analizleri Arapuçan'daki damarların yer yer önemli miktarda altın içerdiğini ortaya koymaktadır. Altın dağılımı son derecede düzensizdir. Buna karşın gümüş varlığı oldukça uniform olup tüm cevher örneklerinde gümüş değerlerine değişken oranlarda rastlanılmıştır. Kor maden sahasından alınan bir örnekte (K-15) 8 ppm altın ve 1419 ppm gümüş gibi oldukça yüksek değerler bulunmuştur. Genel olarak, Pb içeriği yaklaşık %4–20 arasında, Zn içeriği %0.2–15 arasında, bakır içeriği ise %0.5–14 arasında değişir. Ancak yüksek Zn ve Cu içerikleri sadece birkaç örnekle sınırlıdır.

Arapuçan cevher mineralleri ve diğer bazı minerallerin elektron mikroskop sonuçları Tablo 4'de topluca verilmiştir. 7 analiz sonucuna göre tetraedritin $(Cu_{6.01} Ag_{3.17} Pb_{0.18}) (Sb_{2.58} As_{0.93} Te_{0.06}) S_{13}$ şeklinde bir kimyasal bileşime sahip olduğu hesaplanmıştır. Tetraedritin kafes yapısında Cu baskın elementtir, ancak Pb ise hemen hemen tüm örneklerde kafes yapısında yer alır. Pb içeriği %0.52 ile 1.62 arasında kalır. Demir içeriği % 8.9-16 arasında, Cu içeriğiyle ters bir ilişki yansıtacak şekilde değişim gösterir. Ag içeriği % 10.3 ile 15.73 arasında bir değişim gösterirken Zn içeriği ihmal edilebilir düzeydedir. Tetraedrit yapısındaki S içeriği %31.93-35.44 arasında nispetten dar bir aralıkta kalır. Galen, sfalerit ve kalkopirit kristallerinin kimyasal kompozisyonları, teorik bileşimlerinden beklenen oranda element içeriğine sahiptir. Bununla birlikte, bazı galen ve kalkopirit örnekleri yüksek altın içerikleriyle dikkat çekicidir.

Tablo 2. Çeşitli kayaçların iz element analiz sonuçları. 1 ve 3 metakumtaşı, 4-6 diyabaz, 7 ve 8 dasit, 9-12 granodiorit.

Element (ppm)	A9 1	A28/2 2	A56 3	D3/3 4	D17 5	D33 6	DA35 7	DA41 8	G12 9	G15 10	G37 11	G49 12
Cu	7	62	18	82	24	424	11	8	118	14	45	17
Pb	56	209	1472	632	39	2526	26	35	68	80	45	110
Zn	21	107	18	1303	52	86	38	15	141	82	136	110
Ag	5	13	21	18	24	50	25	18	7	16	34	18
Au	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
W	2	2	3	3	5	5	2	5	2	2	1	2
As	5	4	5	10	13	10	7	9	13	15	10	23
V	22	24	55	98	109	65	294	286	113	93	112	210
Sb	30	25	48	121	43	72	34	32	60	95	15	60
Te	2	3	2	1	2	2	3	5	3	2	4	2
Bi	-	-	26	2	-	39	38	-	-	10	-	-
Mn	450	320	410	670	550	700	818	650	930	815	1035	965

Tablo 3. Kor Maden ve Somaş Maden sahası sülfür damarlarından alınmış bazı örneklerin kimyasal analiz sonuçları (%Cu, %Pb, ve %Zn; diğerleri ise ppm olarak verilmiştir, parantez içindeki rakamlar ise analiz edilmiş örnek sayısını gösterir).

Örnek no.	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	Ni	Co	W	As	V	Sb	Te	Bi	Mn
Kor Maden sahası (27)														
K-05/2 ^a	2.6	18.9	6.3	416	1.7	68	49	20	43	94	75	45	597	767
K-15 ^b	13.7	5.2	0.2	1419	8.0	46	253	1016	430	437	268	187	190	6153
K-16 ^a	6.5	15.5	4.5	360	4.0	14	95	1822	37	111	1330	80	2790	1022
K-22 ^c	0.7	6.8	12.4	168	0.8	3	88	15	23	21	43	30	67	4420
K-25 ^a	6.4	16.8	5.3	1342	2.0	11	113	1795	1690	105	62	13	1536	987
K-27/4 ^a	2.7	14.8	1.1	568	3.2	40	217	865	66	90	70	33	379	1102
Somaş Maden sahası (18)														
S-9/2 ^a	3.7	10.41	1.81	463	0.4	10	20	70	69	102	77	30	1326	2160
S-10 ^b	11.08	3.90	0.8	567	2.6	39	36	40	105	83	310	105	20	549
S-13/1 ^a	2.8	16.02	5.4	163	3.0	11	52	363	145	64	75	22	187	2502
S-17 ^a	1.5	9.49	6.8	337	1.0	16	123	18	90	113	58	10	647	573
S-33 ^c	0.5	4.97	14.5	260	0.7	16	107	20	45	39	43	11	58	491

^a Galen hakim masif sülfür cevheri

^b Kalkopirit-pirit hakim dissemine cevher

^c Sflerit-galen-kalkopirit masif sülfür cevheri

Tablo 4. Arapuçan cevher damarlarından alınmış bazı minerallerin elektron mikroskop sonuçları (% içerik olarak). Parantez içindeki sayılar analiz edilmiş nokta sayısını gösterir.

	1 (4)	2 (3)	3 (4)	4 (2)	5 (1)	6 (5)	7 (3)	8 (3)	9 (4)	10 (6)	11 (4)
As	2.30	2.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.20
Ag	14.01	15.73	0.35	0.58	0.00	0.00	0.40	0.75	1.56	1.10	0.01
Au	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.10	0.00
Ni	0.00	0.00	0.009	0.037	0.01	0.00	0.014	0.014	0.00	0.019	0.00
Co	0.00	0.00	0.038	0.061	0.043	0.01	0.052	0.00	0.041	0.035	0.00
Sb	7.40	6.92	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te	1.40	0.95	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.36	0.00	0.15
Bi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.12	0.15	0.50	1.65	0.90	0.00
Pb	0.95	0.67	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	75.40	79.70	82.19	0.00
Cu	26.05	26.98	27.24	31.67	31.89	1.46	0.14	0.00	0.00	0.00	0.17
Zn	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.32	0.00	0.26	65.83
Fe	14.40	10.35	32.20	28.38	30.38	0.00	43.00	0.00	0.00	0.42	0.00
S	33.49	35.44	38.36	38.26	37.73	24.39	56.12	21.13	16.73	15.13	33.64

1. Kalkopirit içinde tetraedrit inklüzyonu

2. Galen içinde tetraedrit inklüzyonu

3. Kalkopirit, Kor Maden sahası

4. Kalkopirit, Somaş Maden sahası

5. Kalkopirit, Kor Maden sahası

6. Galen içinde bismutinit inklüzyonu

7. Pirit, Kor Maden sahası

8. Galen, Kor Maden sahası

9. Galen, Kor Maden sahası

10. Galen, Somaş Maden sahası

11. Sflerit, Kor Maden sahası

8. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Arapuçan'da, cevherleşmeye neden olan hidrotermal sıvıların özellikleri ve minerallerin oluşum sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla sıvı kapanımlardan yararlanma yoluna gidilmiş, bu amaçla her iki yüzü parlatılmış toplam 32 kesit hazırlanmıştır. Ancak mikrotermometrik ölçümler için hazırlanmış bu tür kesitlerin yarısından fazlası ya kapanımların oldukça küçük boyutlu olması ya da çatlamış/parçalanmış yapıları nedeniyle sıcaklık ve tuzluluk ölçümlerinde kullanılamamıştır. Genel olarak Arapuçan'da uygun kapanım olmaması sıvı kapanım çalışmalarında güçlükler doğurmuş, incelemeler homojenleşme sıcaklıklarının ölçülmesiyle sınırlı kalmıştır. Sıvı kapanım çalışmaları cevher mineralleriyle eş zamanlı hidrotermal kuvars ve sfalerit kristallerindeki kapanımlarda yapılmıştır.

Roedder (1972 ve 1984)'in çalışmaları dikkate alındığında, mikrotermometrik ölçümlerin yapıldığı tüm kapanımlar birincil olarak yorumlanmış, iki fazlı, sıvı-gaz kapanımlar oldukları tespit edilmiştir. Kapanımların tane boyutu 30 µm den daha küçüktür ve çoğunlukla negatif kristal şekillerine sahiptirler. Kaynama verilerine ulaşılammıştır. Sfalerit kapanımları ya büyüme düzlemleri boyunca sıralanmış, ya da izole olmuş tek kapanımlar halinde gözlenmiştir. Bu tip kapanımlar, düzensiz şekiller ya da yuvarlak görünüm-ler sunarlar. Çok zayıf olmakla birlikte aynı örnekte sıvı ve gazca zengin kapanımlar da tespit edilmiştir. Genel olarak, kuvars ve sfalerit minerallerinde yer alan kapanımların ortalama homojenleşme sıcaklığı sırasıyla 303 °C (değişim aralığı 242-438 °C arası) ve 295 °C (değişim aralığı 229-384 °C arası) olarak saptanmıştır. Sonuçlar özellikle kuvarslarda homojenleşme sıcaklıklarının geniş bir aralıkta değiştiğini göstermektedir.

9. SÜLFÜR İZOTOPIK BİLEŞİMİ

Kükürt izotop sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. Kükürt izotoplarından ^{32}S ve ^{34}S oranı ($^{34}\text{S} / ^{32}\text{S}$) yurtdışı olanakları kullanılarak saptanmıştır. Cevher minerallerinden galen ve piritin yapısında yer alan sülfür önce SO_2 dönüştürülmüş daha sonrada Colorado (ABD)-School of Mine Laboratuvarlarında bulunan Kütle Spektrometresinde analiz edilmiştir. Sonuçlar kükürt izotop çalışmalarında uluslararası standart olarak kabul gören Canon Diablo meteoritindeki Troilitin (CDT) $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ değerinden ‰ sapma ($\delta^{34}\text{S}$) olarak sunulmuştur. Ölçümlerdeki hata payı $\pm 0.2\%$ yada bundan daha azdır. 8 galen ve 5 pirit örneğinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri -5.2 ile -1.2 arasında kalacak şekilde negatif değerler gösterir. Galen hakim masif sülfür cevherleşmesinden alınmış 8 adet galen örneği ortalama -3.95% gibi bir değer verirken, kalkopirit-pirit hakim dissemine sülfür cevherinde ortalama -2.28% değeri elde edilmiştir. Toplam 13 örneğin sonuçları, kükürt izotop sonuçlarının benzer olduğunu, dar bir aralıkta değişim gösterdiğini, cevherleşme tipi yönüyle önemli bir farklılaşmanın bulunmadığını ortaya koyar. Bu sonuçlara göre cevherleşmeye neden olan hidrotermal

çözeltiler benzer kükürt kaynağına sahiptir ve kaynak muhtemelen magmatiktir (Ohmoto ve Rye, 1979).

Tablo 5. Sülfür izotop verileri.

No	Mineral	Örnek yeri	$\delta^{34}\text{S}$ ‰	No	Mineral	Örnek yeri	$\delta^{34}\text{S}$ ‰
1	Galen	Galen hakim masif cevher	-4.3	8	Galen	Galen hakim masif cevher	-2.4
2	Galen	"	-3.6	9	Pirit	Dissemine kalkopirit-pirit cevheri	-1.9
3	Galen	"	-4.2	10	Pirit	"	-2.2
4	Galen	"	-3.0	11	Pirit	"	-2.5
5	Galen	"	-5.2	12	Pirit	"	-3.4
6	Galen	"	-5.1	13	Pirit	"	-1.2
7	Galen	"	-3.8				

10. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

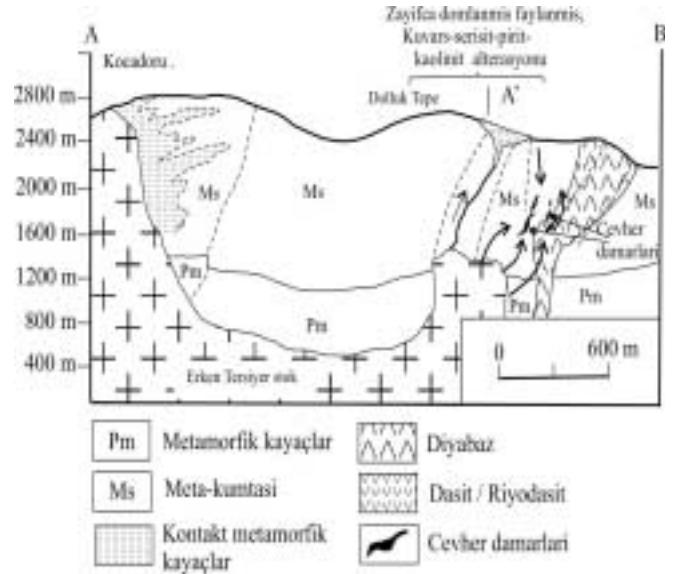
Arapuçan Pb-Zn yataklanması, esas olarak mercer şekilli, fay zonlarını doldurmuş, morfolojisi ve parajenezi belli yapısal faktörleri yansıtan bir cevherleşmedir. Mineralojik olarak tüm damarlar benzer ve eş zamanlıdır. Mineralizasyonun doğası cevherleşmeye neden olan çözeltilerin esas olarak bölgesel ölçekli kırıkları tercih ettiğini göstermektedir. Gerek parajenik istif, gerekse de diğer tanımsal veriler, yatakta iki ayrı kırık takımının birbirini takip eden hareketlenme sonucu sıvıların akışına imkan tanıdığını, cevher çökeliminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Kırık sistemleri esas olarak cevherleşme öncesidir ve cevherleşmenin dağılımını ve lokasyonunu da büyük ölçüde kontrol etmiştir. Cevherleşme sahasında izlenen ve sokulumların yerleşmesiyle ilgili olduğu anlaşılan radyal faylar hem daha küçük boyutlu hem de daha dardır. Düşük yoğunluklu cevher içermeleri nedeniyle bu tür fayların yataklanmadaki etkisi ihmal edilebilir.

Tüm sülfür damarları, büyük hacimli bir diyabaz daykı ve metakumtaşları içinde epijenetik türde oluşmuştur. Cevher damarları, mineralojik ve dokusal olarak birbirlerine benzerlikler sunarlar. Bu dokusal ve parajenetik benzerlik, cevherleşmenin tek bir yataklanma periyodu içinde gelişip sona erdiğini göstermektedir. Damarlar kısmen birbirine paralel bir çok seviyede, değişken kalınlıklarda ve boyutlarda oluşmuştur. Yatakdaki ekonomik değeri olan başlıca mineraller galen, sfalerit ve kalkopirittir. Cevherleşme dissemine yada masif şekilde gelişmiştir ancak birinden diğerine geçişler de mümkündür. Arapuçan yatağının yüksek gümüş içeriği, cevherin ekonomik değerini yükseltmektedir.

Arapuçan'da alterasyonun yayılımı, türü ve cevher minerallerinin masif silis gövdeleri boşluklarında kristalleşmiş olması, hidrotermal alterasyonun açık bir şekilde cevherleşme öncesi çözeltilerle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, cevher mineralleriyle eş zamanlı gelişmiş az miktarda serisit oluşumları alterasyonun en azından bir kısmının cevherleşme sırasında geliştiğini ya da yataklanma evresinde hidro-

termal alterasyonun devam ettiğini göstermektedir. Arapuçan'da alterasyon mineral birliği hidrotermal sıvıların evrimleşmesi sırasındaki sıcaklıklar hakkında bazı veriler sunmaktadır. Yataktaki hidrotermal alterasyon birliği serisit, klorit, kaolinit ve az miktarda illit içerir. Bir jeotermal sistemde klorit ve serisit (illit) 200 ile 300 °C arasında oluştuğu, ortalama oluşum sıcaklığının 250 °C civarında olduğu düşünüldüğünde (Ruggieri vd., 1997), Arapuçan'da yataklanma sıcaklığının 200 °C nin üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Genel olarak bu sıcaklık aralığı, sıvı kapanım çalışmalarında ölçülmüş olan sıcaklıklarla uyumluluk gösterir. Yatakta kaolinit oluşumu dikkate alındığında, alterasyon sürecinde hidrotermal sıvılardaki pH alt sınırının 2 civarında olduğu, kayacda gelişen reaksiyonlar sonucunda pH'nın yavaş yavaş yükseldiği ve ana cevher minerallerinin yataklanması sırasında ise bunun 5 değerine kadar çıktığı anlaşılmaktadır (Ruggieri vd., 1997).

Jeokimyasal veriler metal kaynağı hakkında bazı bilgiler sunmaktadır. Arapuçan sülfür damarları Pb, Zn, Cu, ve Ag'çe zengin olmasına karşın Au bakımından fakirdir. Kükürt izotopik bileşimi, bu elementin muhtemelen bir granitik magma kaynaklı olduğunu gösterir. Sahada mevcut bazı kayalarda yapılan iz element çalışmaları granodioritlerdeki Pb, Zn, Cu ve Ag konsantrasyonunun nispeten yüksek olduğunu göstermiştir. Bu elementlerin en yüksek değerlerine damarların yankayaçlarını oluşturan metakumtaşları ile diyabazlar içinde saptanmıştır. Kimyasal analiz sonuçları dikkate alındığında cevher damarlarının içinde bulunduğu yan kayaçların önemli oranda Pb-Zn-Cu-Ag içerdiğini, bu halleriyle de önemli bir kaynak olabilecekleri, bununla beraber bu tür elementlerce zenginleşmiş bir primer magmanın da cevherleşmede önemli rol oynadığı anlaşılmaktadır. Yüksek homojenleşme sıcaklıkları, kükürt izotop sonuçları, granodioritik kayaçlar ile sülfür damarları arasındaki iz element benzerlikleri, granodiorite yakın fay zonları boyunca yataklanma, volkanik kayaçlar içinde cevher damarlarına rastlanılmaması, Arapuçan hidrotermal sisteminin esas olarak bir kalk-alkalin sokulumla ilişkili olduğunu, sokulumun hemen yakın çevresinde metakumtaşları ve diyabazlar içinde geliştiğini göstermektedir (Şekil 6). Yataklanma derinliği 1 km yada biraz daha fazladır. Bölgede magma kaynaklı belli bir oranda cevher oluşturan elementler de içeren bir hidrotermal çözelti basıncın daha az olduğu üst seviyelere doğru hareket ederek yan kayalardan metal çözülmüş, Pb, Zn, Cu ve Ag'çe zenginleşmiş, sıcaklığın ve pH'nın bir fonksiyonu olarak fay zonları içinde metal yükünü bırakmıştır. Yeterli veri bulunmamakla birlikte, cevherleşmeden sorumlu çözeltiler büyük bir magmatik-meteorik hidrotermal sistemin parçası olarak da düşünülebilir. Gerçekte benzer pek çok yatakta bu tür veriler gözlenmiş (Ruggieri vd., 1997), magmatik sular sığ seviyelere kadar yükselerek meteorik sularla karışmış, cevherleşmenin son evresinde meteorik sular baskın hale gelmiştir. Arapuçan da belirli seviyelerdeki ani sıcaklık düşüşleri meteorik su karışımının bir sonucu olabilir.



Şekil 6. Kocadoru-Dolluk tepe-Somaş Maden sahası hattı (A-B kesiti, Şekil 2) boyunca cevher oluşumu ve ilişkili kayaçları gösterir dikme kesit. Damarlar Dolluk tepe altında hafifçe domlaşmaya neden olan bir kupola ile ilişkilidir. Magma kaynaklı hidrotermal çözeltiler, yankayaçlardan metal çözümlenerek cevher elementlerince zenginleşmiş, daha üst seviyelerde yüklerini bırakarak mineralizasyona neden olmuşlardır.

Genel olarak cevher minerallerinin çökelişi bismutinit, tetraedritten galene doğru gelişmiştir. Yataklanma orta-yüksek sıcaklık ortamında (250-350 °C) oluşmuştur. Tüm veriler bir arada değerlendirildiğinde, Arapuçan'da yataklanmanın aşağıda belirtilen 3 evreyi kapsadığı söylenebilir;

1. Cevherleşme öncesi evre: Bu evre esas olarak hidrotermal alterasyon evresidir. Kısmen gelişmiş silisik breş çimentolanması da bu evreye aittir.
2. Ana cevher evresi: Cevher mineralleri esas olarak bu evrede yataklanmıştır. Mineralizasyon iki farklı fazda gelişmişse de son faz ince sülfür damarlarıyla sınırlı kalmıştır.
3. Cevherleşme sonrası evre: Fe- Mn oksit çökelişiyle belirginleşir. Diğer tüm mineral fazlarını kesen ince kuvars ve kalsit damarları bu evreyle ilişkilidir. Topografya kontrollü süperjen alterasyon fazla belirgin değildir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma birinci yazarın yönetiminde yürütülen İ.T.Ü. Araştırma Fonu projesinin bir bölümünü kapsamaktadır. Yazarlar, İ.T.Ü. Rektörlüğüne ve makaleyi titizlikle inceleyen ve yararlı önerilerde bulunan dergi editör ve hakemlerine teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Ağdemir, N., Kırıkoglu, M.S., Lehmann, B. ve Tietze, J. (1994) Petrology and alteration geochemistry of the epithermal Balya Pb-Zn-Ag deposits NW Turkey. *Mineralium Deposita* 29(366-371).

- Anıl, M. (1979). Etude geologique et metallogenique du secteur serpen-trional de Yenice (Presqu'île de Biga-Turquie), Doktora Tezi, 135 Sayfa.
- Aslaner, M. (1965). Etude geologique petrographique de la region d'Edremit-Havran (Turquie). MTA yayını, No:119.
- Aydın, E. ve Öztunalı, Ö. (1981). Biga Yarımadasındaki Pb-Zn cevherleşmelerinin oluşum koşulları. *İst. Yerbilimleri*, 1-2 91-95
- Atılğan İ. (1975). Çanakkale ili Yenice ilçesi kuzeyi Sofular-Bektaş-Nevruz-Çakar köyleri yöresinin jeolojisi. M.T.A. Rapor No:169
- Bingöl, E. (1976). Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi. *MTA Dergisi*, 86, 14-34
- Bingöl, E. (1968). Contributions a l'etude geologique de la partie centrale et Sud-East du massif de Kazdağ (Tuequie), Doktora tezi, Univ. Nancy, 191 p.
- Brinkman, R. (1966). Geotektonische gliderung von West Anatolian. *MTA Dergisi*, 66, 61-74
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A. ve Çevikbaş, A. (1985). Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal izotopik ve radyometrik verilerin yorumu. *TJK Bülteni*, 28 (2), 121-136
- Erentöz, C. (1961). 1/500 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji haritası, MTA yayını, Ankara.
- Gjelsvik, T. (1962) Kuzeybatı Anadolu Kurşun-Çinko zuhurlarında yapılan araştırmalar *MTA Dergisi*, 59, 60-68
- Gültekin, A.H., Örgün, Y., Budakoğlu, M. ve Balcı, N. Ç. (2003). Yenice-Ayvalık Bölgesi Pb-Zn cevherleşmelerinin jeolojik, mineralojik, jeokimyasal özellikleri ve oluşum koşullarının incelenmesi, I.T.Ü. Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 1500.
- Gümüş, A. (1964). Contribution a l' Etude geologique du secteur septentrional de Kalabak köy-Eymir köy (region d' Edremit), Turquie, MTA yayını No:117.
- Kovenko, V. (1940). Balya kurşun madenleri. *M.T.A Mecmuası* 4 (21).
- Krushensky, R.D., Akçay, Y. ve Karaege, E. (1971). Geology of an area east of Edremit, Biga Peninsula, NW Turkey. U.S. Geol. Surv Prof. Paper. Tu-25, 132 p.
- Roedder, E. (1972). Composition of fluid inclusion: U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 440-JJ, Chap. JJ., 164 p.
- Roedder, E. (1984). *Fluid inclusions* (Reviews in mineralogy 12). Mineral Society of America, Washington DC.
- Ruggieri, G., Lattanzi, P., luxoro, S.S., Dessi, R., Benvenuti ve M., Tannelli, G. (1997). Geology, mineralogy and fluid inclusion data of the Furtei High-sulfidation gold deposit, Sardinia, Italy. *Economic Geology*. 92, 1-14
- Ohmoto, H. ve Rye, R.D. (1979). Isotopes of sulfur and Carbon. Geochemistry of hydrothermal ore deposits (ed. H.L, Barnes), ss. 506-567, Wiley, New York.
- Okay, A., (1990). Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi *TPJD Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Yücelay M.A. (1971). Çanakkale ili, Yenice ilçesi Karaköy Arapuçandere civarındaki kurşun-çinko-bakır cevherleşmesine ait jeolojik etüdü. M.T.A Rapor No: 435.
- Yenigün K. (1978). Çanakkale ili, Yenice ilçesi, Çakır köyü Alandere Pb-Zn-Cu cevherleşmesine ait jeolojik rapor. M.T.A. Rapor No:317.
- Yenigün K. (1980). Çanakkale ili Yenice ilçesi Namazgah-Gündoğdu Sameteli-Başkoz-Umurlar-Gümüşler köyleri çevresi bakır-kurşun-çinko cevherleşmeleri etüd raporu. M.T.A. Rapor No:232.
- Yılmaz, Y. (1990). Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia formed under a compressional regime: A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44 (69-87).



Ali Haydar Gültekin, 1956 yılında Tunceli'de doğdu. İlk ve orta öğretimini bu ilde tamamladı. 1982 yılında Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesinden mezun oldu. 1984 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Yüksek Lisans ve Doktorasını aynı Fakültenin Jeoloji Bölümünde tamamladı. Halen İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeoloji Bölümü Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.



Yüksel Örgün, 1983'de İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1984 yılında Maden Fakültesi, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Yüksek

Lisans ve Doktora'sını İstanbul Teknik Üniversitesi'nde tamamladı. 1996'dan beri Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalında Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır.