



Avcıpınarı (Yıldızeli - Sivas) sülfid cevherleşmesinin jeolojisi ve kökeni

Geology and genesis of the Avcıpınarı sulfide mineralization (Yıldızeli - Sivas)

Osman KOPTAGEL Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas
Ahmet EFE Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

Öz

Avcıpınarı sülfid cevherleşmesi Eosen yaşlı bazaltik andezitlerden ve tüflerden oluşan volkanitler içerisinde yer almaktadır. Breş dolgusu şeklinde yapısal özellik gösteren cevherleşmenin yankayacım yoğun killeşmenin geliştiği tüfler oluşturmaktadır. Cevherleşmenin parajenezinde pirit (pirit I, II ve III), markazit, bravoit, kalkopirit, sfalerit, galenit, fahlerz (tennantit ve goldfeldit)-kovellin - bornit, malahit - azurit, barit, jips ve jel silis oluşumları yer almakta olup egemen mineralleri bravoitlerle kimyasal zonlanma oluşturan özşekilli piritler (pirit I) ile kolloform ve konsantrik dokunun çok tipik örneklerinin izlendiği melnikovit - piritler (pirit III) oluşturmaktadır.

Avcıpınarı sülfid cevherleşmesinin çevre ve yankayaçları, mineral parajenezi, yapı doku özellikleri ve kimyasal analiz sonuçları, cevherleşmenin hidrotermal süreçlerin en düşük sıcaklık değerlerinde oluştuğunu, bravoitlerdeki Co - Ni elementlerinin olasılıkla derinlerdeki ultramafik kayalardan kaynaklandığını göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Avcıpınarı (Yıldızeli - Sivas), Sülfid cevherleşmesi, Pirit, Hidrotermal süreç.

Abstract

Avcıpınarı sulfide mineralization occurs in the Eocene volcanics which include the basaltic andesites and tuffs. The mineralization shows breccia-filling structure and the wall rock is altered tuffs. Mineral paragenesis of this mineralization is pyrite (Pyrite I, II and III), marcasite, bravoite, chalcopyrite, sphalerite, galena, fahlore (tennantite and goldfieldite), covellite - bornite, malachite - azurite, barite, gypsum and gel-silica. The predominant minerals are idiomorphic pyrite (Pyrite I) forming chemical zoning with bravoite and melnikovite - pyrite (Pyrite III) which shows typical colloform and concentric textures.

The wall-rocks, mineral paragenesis, structure-texture features and chemical analysis of the mineralization imply that the mineralization occurred at the lowest temperature conditions of the hydrothermal process and Ni-Co content in bravoites is derived from the ultramafic rocks.

Key Words: Avcıpınarı (Yıldızeli - Sivas). Sulfide mineralization, Pyrite, Hydrothermal process.

GİRİŞ

Avcıpınarı sülfid cevherleşmesi Sivas iline bağlı Yıldızeli ilçesinin yaklaşık 9 km batısında (Şekil 1). Avcıpınarı Köyü'nün 2 km kadar güneyinde yer almaktadır. Gerek cevherleşme önü pasa yığınlarının büyüklüğünden gerekse de cevherleşme yakınlarında gözlenen cürüflardan eski madencilik faaliyetlerinin bir dönem sürdürüldüğü anlaşılan bu cevherleşmeye ilişkin yazılı literatürde bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

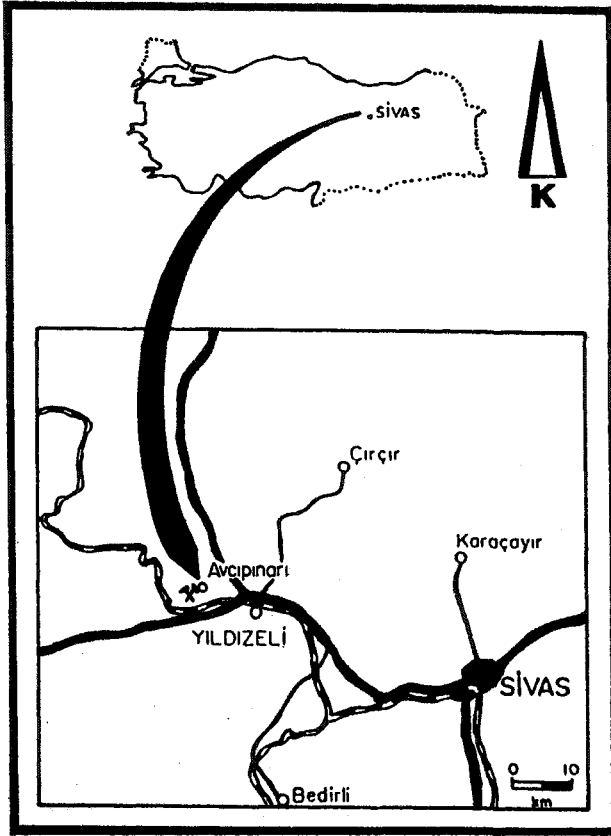
Bu çalışmada, cevher - yankayaç ilişkisinden, yankayaçların kimyasal özelliklerinden, cevher mikroskopisi gözlemlerinden ve piritlerin eser element içeriklerinden yararlanılarak bulgular tartışılmaya çalışmıştır.

LİTOLOJİ

Avcıpınarı sülfid cevherleşmesinin yakın çevresinde gözlenen litolojik birimler metamorfitten, sedimanter kayalardan ve volkanitlerden oluşmaktadır (Şekil 2).

Esas olarak mermer ve mikaşitlerle temsil edilen metamorfitten, Avcıpınarı Köyü yakınlarında yüzlek vermektedirler. Bu birimin, bölgesel bazda temeli oluşturan ve Paleozoyik yaşlı olduğu kabul edilen Akdağ masifine ait metamorfitten doğu uzantısı olduğu düşünülmektedir (Tatar, 1983). Sedimanter birimler cevherleşmenin kuzey kesiminde Avcıpınarı Köyü'nün çevresinde metamorfitten üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadırlar. Yörenin kuzey ve doğu kesimlerinde daha geniş yayılımlar ve tipik özellikler sunan bu birim Tatar (1983) tarafından Paleojen yaşlı çökeller olarak ele alınmış olup iliş, fosilsiz kumtaşı ve fosilli kireçtaşı olarak alt bölümlere ayrılmıştır.

Avcıpınarı Köyü'nün güneyinde oldukça geniş yayılıma sahip olan ve Eosen veya daha genç yaşta olduğu düşünülen (Tatar, 1983) volkanitler, cevherleşmenin çevre ve yan kayacı konumundadırlar. Arazi genelinde çoğunlukla gaz boşluksuz ve bol kırıklı - çatlaklı olan volkanitler siyahımsı - gri renk tonlarına sahip olup lav

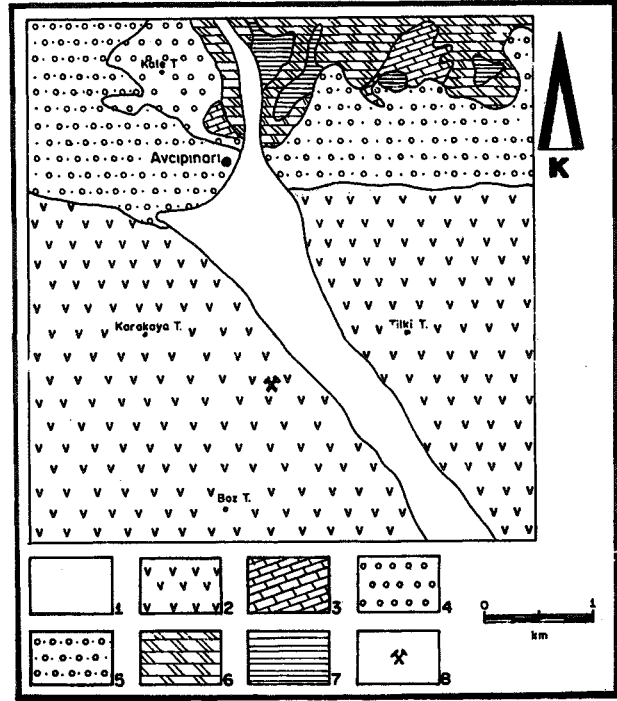


Şekil 1. Avcıpınarı sülfid cevherleşmesinin yer buldum haritası.

Figure 1. Location map of the Avcıpınarı sulfide mineralization.

akıntıları ve aglomeralar ile kirli sarı - beyazı renkli tüflerle temsil edilmektedirler. Tüfler, inceleme alanında, cevherleşme etrafında ve yakın dolaylarında dere içlerinde birkaç yerde yüzlek vermektedirler. Saha incelemeleri sırasında tüflerin volkanitler içerisinde bir ara seviye olarak konumlandıkları gözlenmiştir. Volkanitlerin mikroskopik incelemeleri sonucunda, kayalarda çoğunlukla camsı bir hamur içinde plajiyoklaz + olivin (yer yer serpantinleşmiş) + piroksen (ojit), plajiyoklaz + piroksen ± olivin ve plajiyoklaz + piroksen parajenezinin yaygın olduğu gözlenmiştir. Modal mineralojik özelliklere göre bazalt olarak adlandırılabilen volkanitler mineral parajenezleri ele alındığında bir aynınlanma sunuyor gibi gözlenmelerine karşın arazi ölçeğinde bu aynınlanmayı biçimlendirmek olanaklı olamamıştır. İleri derecede alterasyona uğramış olan tüflerde killeşme son derece yaygın olup yer yer silisleşmeler de gözlenebilmektedir.

Araziden derlenen ve modal mineralojik özelliklerine göre bazalt olarak adlandırılan örneklerde daha ayrıntılı isimlendirme yapabilmek amacıyla, alterasyon



Şekil 2. Cevherleşme yakın çevresinin jeoloji haritası (Tatar, 1983'den yararlanılarak).

(1. Alüvyon, 2. Volkanit, 3. Fosilli kireçtaşı, 4. Fosilsiz kumtaşı, 5. Fliş, 6. Mermer, 7. Mikaşist, 8. Cevherleşme).

Figure 2. Geological map of the mineralization area and surroundings (slightly modified from Tatar, 1983).

(1. Alluvium, 2. Volcanics, 3. Fossiliferous limestone, 4. Unfossiliferous sandstone, 5. Flysch, 6. Marble, 7. Micaschist, 8. Mineralization).

göstermeyen 10 örnekte XRF yöntemi ile tüm kayaç ana ve bazı eser element analizleri yapılmış olup (Çizelge 1), analiz sonuçları çeşitli diyagramlarda kullanılmışlardır. Le Maitre ve diğ. (1989) tarafından geliştirilen diyagrama göre örnekler bazalt (1 örnek), bazaltik andezit, andezit ve trakiandezit olarak adlandırılacak özelliktedirler (Şekil 3). Winchester ve Floyd (1977) tarafından geliştirilen ve eser elementlerin esas alındığı diyagramda ise örnekler subalkalibazalt, andezitik bazalt ve andezit alanında yer almaktadırlar (Şekil 4). Bu diyagramlar ve analizi yapılan örneklerin SiO₂ içerikleri göz önüne alındığında bunların doğrudan bazalt olarak adlandırılmalarının yerine bazaltik - andezit tanımlamasının daha uygun olacağı görülmektedir. Bu durum, elde ileri petrolojik verilerin olmamasına karşın, volkanitleri oluşturan magmanın yeryüzüne çıkış süreci boyunca, olası olarak, kabuksal bir kirlenmeye uğradığı şeklinde yorumlanabilir.

AVCIPINARI SÜLFİD CEVHERLEŞMESİ

Çizelge 1. Mafik volkanit örneklerinin tüm kayaç major oksit (%) ve eser element (ppm) içerikleri. (*: toplam demir, ak: ateşte kayıp, nd: ölçüm yapılamadı).

Table 1. Whole - rock major (%) and trace elements (ppm) contents of the mafic volcanic rocks. (*: total iron, ak: loss on ignition, nd: not determined).

Örnek	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ak	Toplam
A-1a	51.84	18.95	1.15	7.22	0.27	3.30	9.49	3.97	1.33	0.27	0.97	98.76
A-1b	56.15	20.11	0.87	5.37	0.08	2.02	10.31	3.64	0.98	0.25	0.34	100.12
A-4	55.63	17.77	0.65	4.92	0.07	1.66	8.37	3.63	3.51	0.31	2.33	98.85
A-5	52.68	17.33	1.00	7.00	0.14	3.63	10.68	3.61	0.96	0.21	0.79	98.03
A-6	60.55	20.50	0.85	4.18	0.07	1.46	8.33	4.42	1.74	0.28	0.30	102.68
A-7	57.35	19.20	0.72	5.89	0.06	2.47	6.91	4.35	2.19	0.35	0.96	100.45
A-8	62.26	19.40	0.70	3.30	0.09	0.98	8.20	4.31	1.87	0.31	1.36	102.78
A-9	50.87	19.78	0.91	6.57	0.11	2.79	12.13	3.14	0.58	0.20	1.54	98.62
A-10	53.69	20.53	0.88	5.28	0.10	1.88	10.00	3.92	1.24	0.22	1.02	98.76
A-11	59.91	17.24	0.85	4.90	0.11	1.63	5.54	3.67	2.35	0.21	2.17	98.58

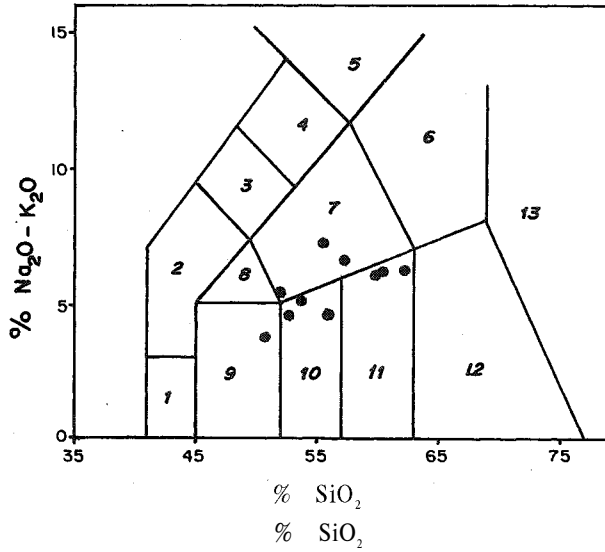
Örnek	Cr	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	Rb	Sr	Ga	Th	Nb	Zr
A-1a	16	nd	19	27	6	65	38	374	17	1	7	116
A-1b	24	nd	20	17	3	54	26	382	17	5	6	96
A-4	15	nd	16	24	7	63	81	403	17	8	9	135
A-5	85	42	23	50	19	67	34	352	16	nd	6	98
A-6	14	nd	32	59	17	102	56	474	18	8	11	141
A-7	13	nd	18	24	4	52	48	444	19	10	10	143
A-8	12	nd	31	35	4	74	52	482	19	6	10	156
A-9	20	6	23	44	20	70	32	387	17	5	6	93
A-10	16	2	23	56	28	71	10	405	19	7	7	123
A-11	20	nd	26	29	12	75	92	308	19	21	14	217

MADENJEOLJİSİ

İncelemenin konusunun oluşturan cevherleşme Avcipınarı Köyü'nün yaklaşık 2 km güneyinde yer almaktadır (Şekil 2). Cevherleşmenin yan kayacı konumundaki tüflerde alterasyon (killeşme) yoğun olarak izlenmektedir. Yaklaşık olarak 35 x 20 m lik kesimi doğrudan gözlenebilen cevherleşme megaskopik boyutta kütle tipi oluşum izlenimi vermektedir (Şekil 5). Ancak, cevherleşmede el örneği düzeyinde breş dolgusu yapısı sözkonusudur.

Cevherleşmedeki en yaygın mineral pirittir. Piritlerin yanısıra cevherleşmede ve yankayaç konumundaki tüfler içerisinde makroskopik olarak doğrudan gözlenebilen ve parajenezde piritte eşlik eden diğer mineraller ise bolluk oranlarına göre barit, jips, malahit, azurit, kovelin, sfalerit ve galenit şeklinde sıralanabilir. Cevherleşmenin egemen minerali olan piritler kolloform ve özşekilli kristaller halinde izlenmektedirler. Kolloform pirit oluşumunun son derece yaygın olmasına karşın özşekilli pirit kristalleri el örneği düzeyinde daha az iz-

lenebilmektedir. Siyaha yakın gri renkli jel silis birikimleri ile iç içe gelişmiş olan kolloform piritlerde piritli seviyelerin kalınlığı 2 mm'ye kadar çıkabilmektedir. Cevherleşmenin kazı sınırının kuzey yamacında yer alan tüflerin içerisinde malahit ve azurit oluşumları ile dış kısımları mavimsi renkleri ile belirginleşen kovelinler tarafından satılmış özşekilli sfaleritler yer almaktadır. Bu minerallerden malahitler yaygın olarak, azurit ve sfaleritler ise daha nadiren izlenmektedirler. Tüflerin içerisinde çubuğumsu jips (stain - spar) oluşumları da son derece yaygındır. Bu jipslerin küçük kristallilerinde malahit ve azurit kapamaları son derece yaygın iken iri kristallilerde böylesi kapanımlar gözlenmemiştir. Barit oluşumları cevherleşmenin özellikle doğu kesiminde, tüflerin ocak bazındaki taban seviyelerine karşılık gelen bölgede, özşekilli olarak gözlenmektedirler. Bunun yanısıra kazı alanının GD sınırında yer alan deredeki cevher yığımları içerisinde ise büyüklüğü değişken parçalar şeklinde ve masif görümlü baritler yer almaktadır.



Şekil 3. Bazik volkanitlerin Le Maitre ve diğ. (1989) diyagramındaki konumları.

(1. Pikrobazalt, 2. Bazanit, 3. Fonotefrit, 4. Tefrofonolit, 5. Fonolit, 6. Trakit, 7. Traki - Andezit, 8. Trakitik Bazalt, 9. Bazalt, 10. Bazaltik Andezit, 11. Andezit, 12. Dasit, 13. Riyolit).

Figure 3. Plot of the basic volcanics according to Le Maitre et al (1989) diagram.

(1. Picro - Basalt, 2. Basanite, 3. Phono - Tephrite, 4. Tephro - Phonolite, 5. Phonolite, 6. Trachyte, 7. Trachyandesite, 8. Trachy - Basalt, 9. Basalt, 10. Basaltic Andesite, 11. Andesite, 12. Dacite, 13. Rhyolite).

CEVHER MİKROSKOPİSİ

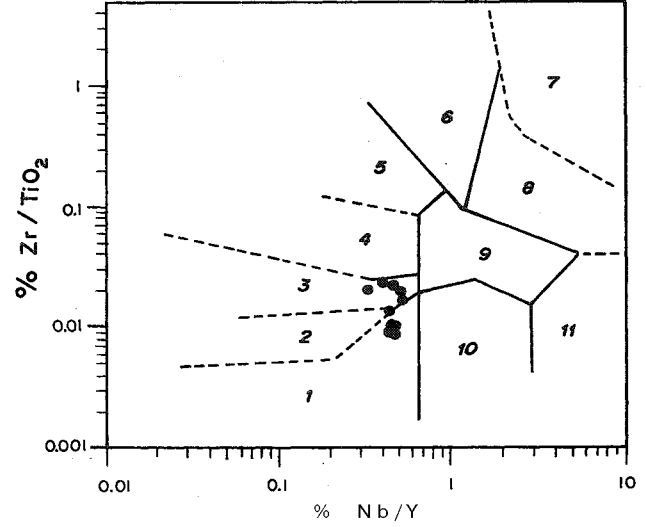
Cevherleşmenin mineralojik bileşimini, mikro yapı - doku özelliklerini ve mineraller arası ilişkileri saptamak ve kökene ilişkin yaklaşımlarda bulunabilmek amacıyla cevher - yankayaç örneklerinden hazırlanan partalma örneklerinde (35 adet) cevher mikroskopisi incelemeleri yapılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucu cevherleşmenin parajenezinde pirit, markazit, bravoyit, kalkopirit, sfalerit, galenit, fahlerz (tennantit ve goldfieldit), kovellin - bornit, malahit - azurit, barit, jips ve jel silis oluşumlarının yer aldığı gözlenmiştir.

Bu minerallere ati bireysel ve karşılaştırmalı özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir

Pirit (FeS_2): Gerek makroskopik gerekse de mikroskopik incelemelerdeki gözlemlere göre cevherleşme yer alan piritlerin çeşitli özellikleri gözönüne alındığında, üç ayrı başlık altında incelenmelerinin uygun olacağı düşünülmüştür.

Pirit I: Genellikle özşekli olup, klasik teknikle zor parlatılabilen, izotrop bir mineraldir. Karakteristik ışık



Şekil 4. Bazik volkanitlerin Winchester ve Floyd (1977) diyagramındaki konumları.

(1. Subalkali bazalt, 2. Andezitikbazalt, 3. Andezit, 4. Riyodasit /dasit, 5. Riyolit, 6. Komendit/Pantellerit, 7. Fonolit, 8. Trakit, 9. Trakiandezit, 10. Alkali - Bazalt, 11. Basanit/Nefelinite).

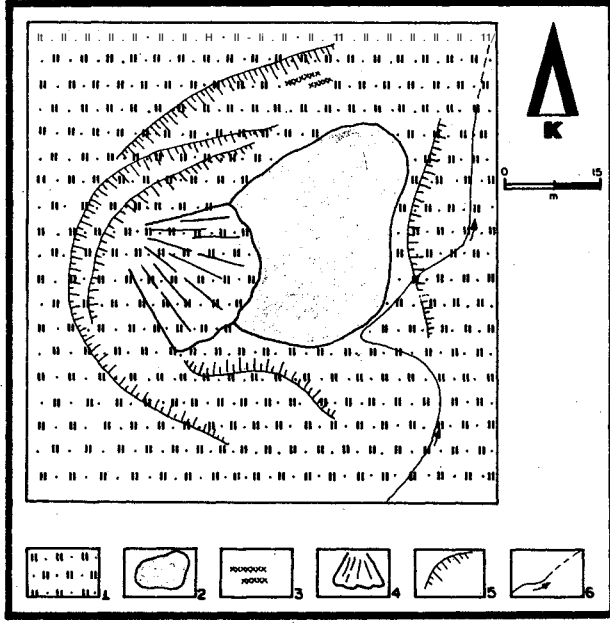
Figure 4. Plot of the basic volcanics according to Winchester and Floyd (1977) diagram.

(1. Subalkaline Basalt, 2. Andesite i Basalt, 3. Andesite, 4. Rhyodacite I Dacite, 5. Rhyolite, 6. Commendite I Pantellerit e, 7. Phonolite, 8. Trachyte, 9. Trachy i Andesite, 10. Alk - Basalt, 11. Basanite INephelinite).

şansı rengi ve yüksek sertliği nedeniyle oluşan rölyefi sayesinde diğer süit ürlü minerallerden kolaylıkla ayrılabilir. İncelenen parlatma bloklarında, bu piritlerin, yaygın olarak zonlu dokuya sahip oldukları gözlenmiştir. Zonlanmalar hem kimyasal hem de mineralojik olarak gelişmiştir. Kimyasal zonlanma, piritlerin kristal yapısına uyumlu çok ince seviyeler şeklinde tekrarlanmalar sunan bravoit oluşumlarından kaynaklanmaktadır (Levha I, Foto 1-2). Mineralojik zonlanmalar ise, çok küçük taneler halinde oldukları için kesim tanımlaması yapılamayan kapanımların piritlerin kristal yapısına uygun dizilmeleri ile oluşmuştur (Levha I, Foto 3).

Pirit II: Büyüklükleri 5-70 mikron arasında değişen, dairemsi kesitli, kimi çalışmalarda sözü edilen bakteriyel pirit oluşumları ile karıştırılabilecek piritlerdir (Levha I, Foto 4). Işık şansı bir renge ve orta derecede yansıtıma sahiptirler. Bu piritler, cevherleşmenin breş dolgusu yapısında yer alan silisleşmiş kayaç parçacıklarında izlenmekte ve olasılıkla ultramafit kökenli demirce zengin opak minerallerden itibaren (?) bir dönüşüm ürünü olarak değerlendirilebilecek oluşumlardır (A. Çağatay, 1996, sözlü görüşme).

AVCIPINARI SÜLFİD CEVHERLEŞMESİ



Şekil 5. Avcıpınarı cevherleşmesinin detay maden jeolojisi haritası.

(1. Tüf, 2. Cevherleşme, 3. Malahit - azurit oluşumları, 4. Heyelan, 5. İşletme sınırı, 6. Dere).

Figure 5. Detailed ore geology map of the Avcıpınarı minaralization.

(1. Tuff, 2. Mineralization, 3. Malachite - azurite occurrences, 4. Landslide, Mining area, 6. Stream).

Pirit III: Pirit I ve illere göre daha düşük yansıtma sahip, kolay parlayabilen, ışık sarısının kahvemsi renk tonuna sahip ritmik kolloform ve konsantrik dokulu piritlerdir (Levha I, Foto 5-6). Kolloform ve konsantrik dokulu bu piritler melnikovit - pirit olarak tanımlanmaktadır (Ramdohr, 1980). Melnikovit - piritler, ritmik kolloform dokuyu j el silis ve markazitler ile birlikte oluşturmaktadırlar. Ancak, kolloform dokuyu oluşturan seviyelerin bazı kesimlerinde yer yer kalkopirit oluşumları da gözlenmektedir (Levha I, Foto 7). Kolloform dokunun kimi kesimlerinde, merkezi kısımda yer alan konsantrik büyümeli melnikovit piritlerle birlikte gelişmiş, sfaleritler de izlenmektedir. Ramdohr (1980), konsantrik doku içinde yer alan bu tür sfalerit oluşumlarını botroidal sfalerit (sehalenblende) olarak adlandırmaktadır. Melnikovit - pirit, markazit ve jel silisin oluşturduğu bu ritmik kolloform doku yer yer merkezdeki özşekilli Pirit ilerin çevresinde, yer yer ise konsantrik büyümeli melnikovit - pirit çevresinde gelişmiştir.

Bravoyit ((Fe, Ni, Co)S₂): Sarımsı - kahve ve kahvemsi - pembe renk tonlarında izlenen, pirit Herde kimyasal zonlanmayı meydana getiren oluşumlardır (Levha

I, Foto 1-2 ve 8). Bravoyit oluşumları pirit II ve III lerde izlenmemiştir.

Markazit (FeS₂): İncelenen parlatma örneklerinde, piritlere göre daha kolay parlamış olması, güçlü yansıtması, yeşilimsi - mavimsi sarı renk tonu, şiddetli yansıma pleokroyizması ve anizotropisi ile piritlerden kolayca ayrılabilir (Levha II, Foto 1). Markazitler, melnikovit piritler ile birlikte ritmik biçimli kolloform dokuyu oluşturan bir mineral olarak gözlenmelerinin yanı sıra pirit iler arasında özşekilli ve kaba ikiz lamellerine sahip kristaller halinde de izlenmektedirler.

Kalkopirit (CuFeS₂): Özşekilsiz kristaller halinde, yeşilimsi - sarı renk tonlarında ve hava ortamında zayıf anizotropiye, piritten daha düşük yansıtma sahip bir mineraldir. Kalkopiritler özşekilli pirit ileri (Levha II, Foto 2) ve özşekilli sfalerit kristallerini sınırları boyunca kuşatmaktadır. Sfaleritleri kuşatan kalkopiritlerin bornit ve kovelline dönüştükleri gözlenmiştir. Ayrıca, daha yaygın olarak melnikovit - pirit ve markazitler ile ritmik oluşumlu kolloform doku içinde değişik seviyelerde ve melnikovit piritlerin oluşturduğu konsantrik dokunun merkezi kesimlerinde melnikovit piritler ile iç içe ışımsal büyümeler halinde de gözlenmektedirler (Levha II, Foto 3). Kalkopiritler, parajenezde yer alan fahlerzler tarafından yer yer anlatılmışlardır.

Sfalerit (ZnS): Gri renk tonlarında, kırmızımsı iç yansımaları sahip mineraller olan sfaleritler çoğunlukla özşekilli - yarı özşekilli (Levha II, Foto 4), konsantrik dokulu melnikovit - piritler (pirit III) içerisinde ise özşekilsiz oluşumlar halindedirler. Yarı özşekilli ve özşekilli sfaleritler yankayacı oluşturan altere tüller içerisinde ve barit yığışmalarında gözlenmektedirler. Tüfler içerisinde gözlenen sfalerit kristalleri pirit ileri kapamalar halinde içerirken, galenit ve kalkopiritler tarafından kapanlanmışlardır.

Galenit (PbS): Özşekilli sfaleritler ile birlikte ve sfaleritlerin çevresini kuşatır durumda gözlenen galenitler, beyaz renkleri, yüksek yansıtmaları ve karakteristik üçgen şekilli dilinim kırıkları ile belirgindirler (Levha II, Foto 5). Galenitler, fahlerzler ve kovellinler tarafından ornatılmaktadırlar.

Fahlerz (Cu₁₂(As,Sb)₄S₁₃) (tennantit - goldfieldit): Özşekilsiz kristaller halinde ve değişik renklerde izlenmektedirler. Bunlardan yeşilimsi - gri renk tonlarında ve izotrop olanları tennantit, tennantitler ile iç içe ve yanyana büyümüş koyu kahve, pembemsi - kahve, kahvemsi - eflatun renk tonlarına sahip olan ve belirgin yansıma pleokroyizmaya ve güçlü anizotropiye sahip olanlar ise goldfieldit olarak tanımlanmıştır. Fahlerzler kalkopiritleri, sfaleritleri ve yer yer de galenitleri ornatır durumda izlenmektedirler (Levha II, Foto 6).

LEVHA I /PLATE I

Foto 1-2. Pirit ilerdeki (Py) bravoyit (B) oluşumları ve kimyasal zonlanma (parlatma, yağ ortamı, tek nikol).

Photo 1-2. Braoite (B) occurrences in pyrite I (Py) and chemical zoning (polished surface, oil, single nicol).

Foto 3. Pirit ilerdeki mineralojik zonlanma (parlatma, hava ortamı, tek nikol).

Photo 3. Mineralogical zoning in pyrite I (polished surface, air, single nicol).

Foto 4. Pirit illerden bir görünüm (parlatma, hava ortamı, tek nikol).

Photo 4. A view of the pyrite II (polished surface, air, single nicol).

Foto 5-6. Kolloform ve konsantrik dokulu pirit IIIer (parlatma, hava ortamı, tek nikol).

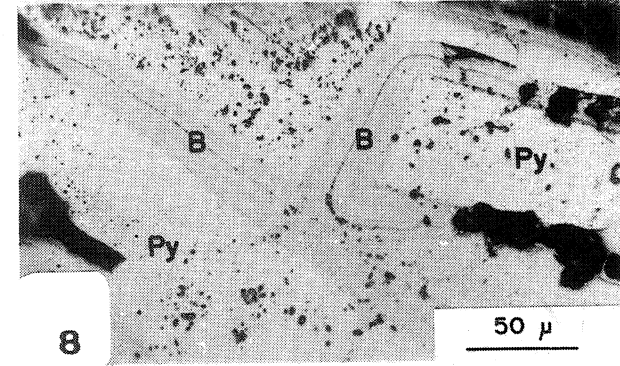
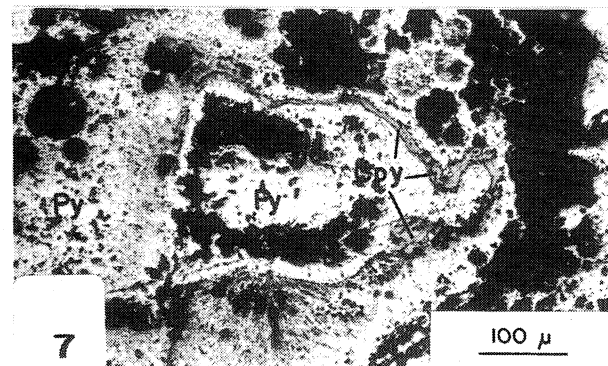
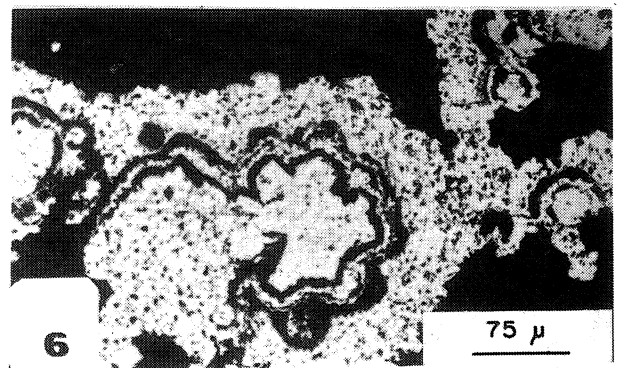
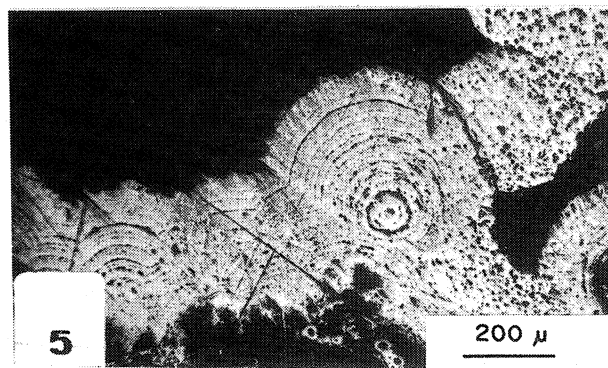
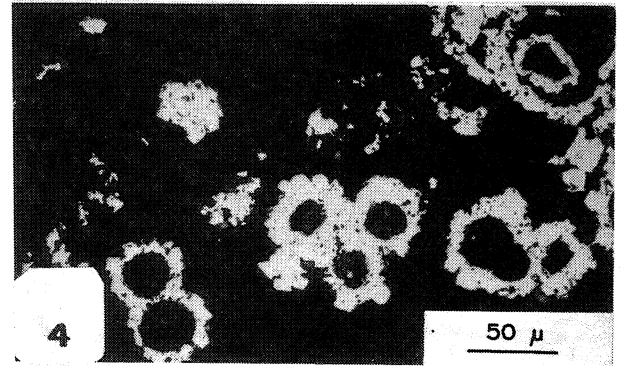
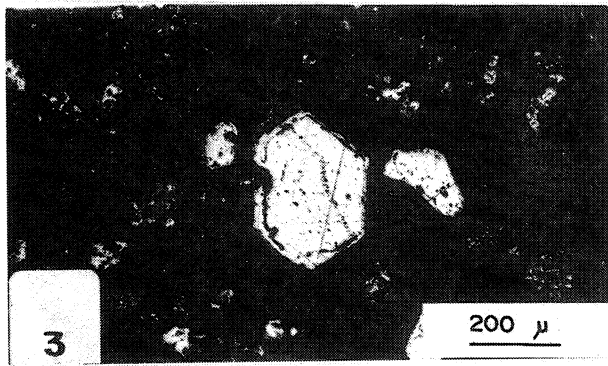
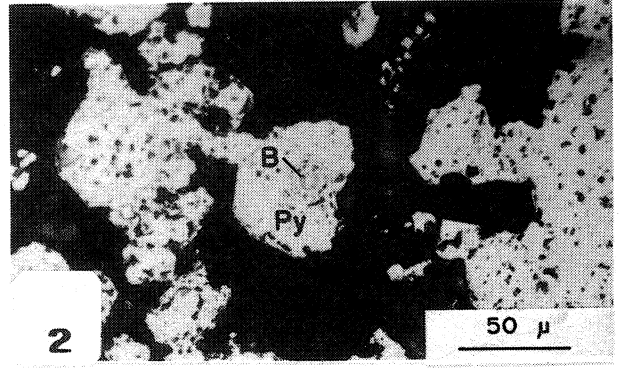
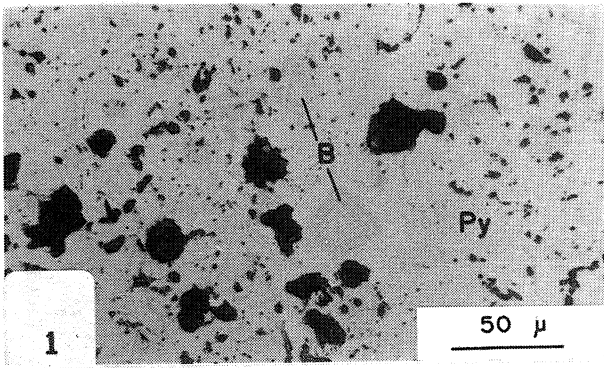
Photo 5-6. Colloform and concentric textures of the pyrites III (polished surface, air, single nicol).

Foto 7. Pirit inlerle (Py) eşzamanlı olarak gelişmiş kalkopirit (Cpy) oluşumları (parlatma, hava ortamı, tek nikol).

Photo 7. Coprecipitation pyrite III (Py) and chalcopyrite (Cpy) (polished surface, air, single nicol).

Foto 8. Pirit I(Py llerdeki bravoyit (B) oluşumları (parlatma, yağ ortamı, tek nikol).

Photo 8. Bravoite (B) occurrences in pyrite I (Py) (polished surface, air, single nicol).



LEVHA IIIPLA TEII

Foto 1. Pirit IH'ler (Py) içindeki markazit (M) oluşumları (parlatma, hava ortamı, tek nikel).

Photo 1. Marcasite (M) occurrences in pyrite III (Py) (polished surface, air, single nicol).

Foto 3. Pirit III'lerle (Py) ışınsal büyümeler halinde gözlenen kalkopirit (Cpy) oluşumları (parlatma, hava ortamı, tek nikel).

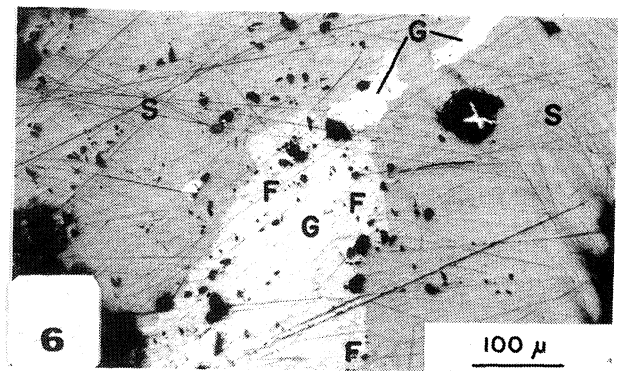
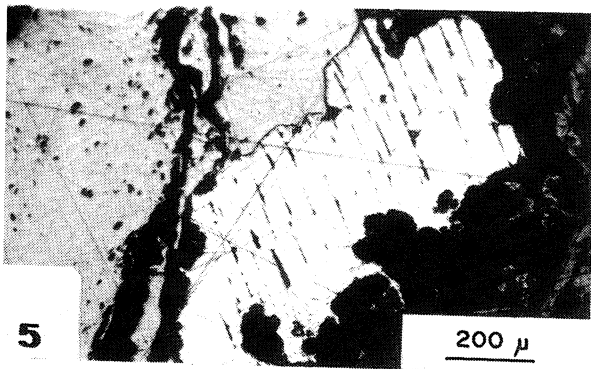
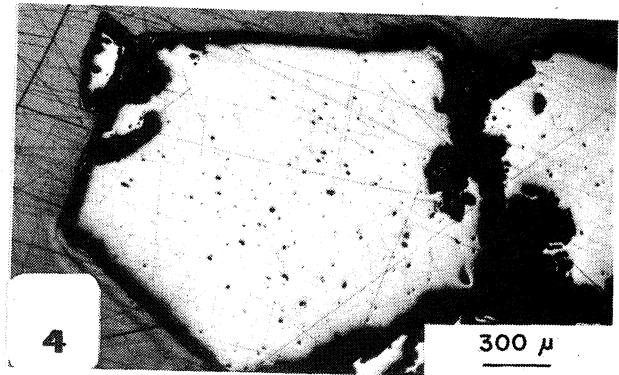
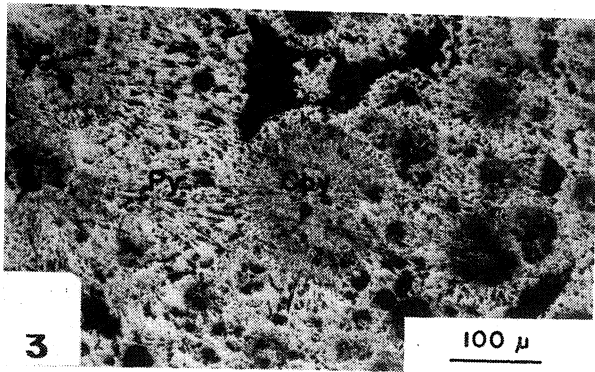
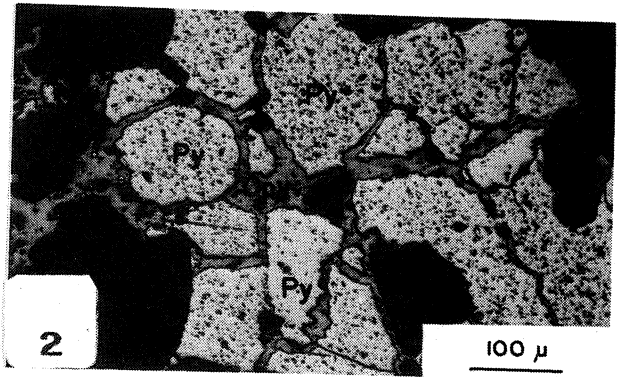
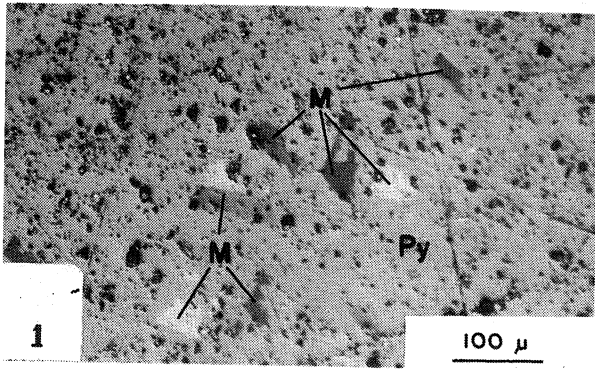
Photo 3. Radial growth of pyrite III (Py) with chalcopyrite (Cpy) (polished surface, air, single nicol).

Foto 4. Yarı özşekilli sfalerit kristali (parlatma, hava ortamı, tek nikel).

Photo 4. Subhedral sphalerite crystal (polished surface, air, single nicol).

Foto 5. Üçgen şekilli dilinim kırıkları içeren galenit kristalli (parlatma, hava ortamı, tek nikel).

Photo 5. Triangular shaped cleavage cracks in galena (polished surface, air, single nicol).



Çizelge 2. Avcıpınarı cevherleşmesinin olası parajenezi.**Table 2.** Possible paragenesis of the Avcıpınarı mineralization.

Mineral Adı	Birincil Mineraller			İkincil Mineraller
	1. evre	2. evre	3. evre	
Pirit I	_____			
Pirit II		-----		
Pirit III			-----	
Bravoit	_____			
Markazit		-----		
Kalkopirit			-----	
Fahlers			-----	
Sfalerit		-----		
Galenit		-----		
Bornit				_____
Kovellin				_____
Malahit				_____
Azurit				_____
Barit			-----	
Jel silis		_____		
Jips			-----	

Bornit (Cu_5FeS_4) - Kovellin (CuS): Özşekilli sfalerit kristallerini kuşatan kalkopiritlerden itibaren ikincil süreçlerle oluşmuş dönüşüm ürünü minerallerdir. Bornitler kahve rengi ve izotrop oluşları ile, kovellinler ise mavi renk tonları ve kuvvetli anizotropi özellikleri ile belirgindirler.

Malahit ($Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3$) - Azurit ($Cu(OH)_2 \cdot 2CuCO_3$): Cevherleşmenin yankayacını oluşturan tüller içerisindeki çatlak zonlarında malahitler tipik yeşil, azuritler ise mavi renkleri ile oldukça belirgin olarak izlenirler. Parajenezdeki diğer minerallerden barit ve jel silis oluşumları cevherleşmede yaygın iken, jips oluşumları tüller içerisinde gelişmişlerdir. Cevher mikroskopisi incelemeleri sonucunda cevherleşmenin parajenezinde yer alan minerallerin oluşum sırası Çizelge 2'de olduğu gibi belirlenmiştir.

PİRİTLERDE KİMYASAL İNCELEMELER

Avcıpınarı cevherleşmesinde pirit I ve pirit III olarak tanımlanan ve dokusal özelliklerinin yanısıra mikroskopik farklılıklar da sunan oluşumların olası kimyasal farklılıklarını incelemek amacıyla, olabildiğince zenginleştirilen piritlerden, bazı eser elementler AAS yöntemiyle analiz edilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'de pirit I olarak tanımlanan özşekilli piritlerin Co ve Ni içeriklerinin pirit III olarak tanımlanan melnikovit - piritlerin Co ve Ni içeriklerine göre farklılaştığı izlenmektedir. Ancak, 3 ve 4 numaralı örneklerin Ni içeriklerinin genel gruplanmayı bozar görünmesine karşın aynı örneklerin Co içeriklerinin gruplarıyla

Çizelge 3. Avcıpınarı sülfid cevherleşmesindeki piritlerin (pirit I (1, 2, 3) ve pirit III (4, 5, 6) bazı eser element içerikleri (ppm).**Table 3.** Some trace element contents of pyrites (pyrite I (1, 2, 3) and pyrite III (4, 5, 6) of the Avcıpınarı sulfide mineralization.

Örnek	Zn	Pb	Cu	Co	Ni
1	110	255	1083	952	70
2	153	371	1959	445	70
3	642	255	140	717	47
4	896	348	8248	321	93
5	790	185	16937	396	46
6	1844	324	6628	371	47

uyumlu olduğu gözlenmektedir. Bu durum, cevher mikroskopisi incelemelerinde de gözlenen ve bravoit oluşumları olarak tanımlanan pirit Herdeki renk farklılaşması ile karakteristik kimyasal zonlanmanın Co (\pm Ni) yoğunlaşmasından kaynaklandığının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bunun yanısıra, Avcıpınarı cevherleşmesindeki piritler Ni'e göre çok daha yüksek oranlarda Co içermektedirler. Loftus - Hills ve Solomon (1967) ile Güleç ve Erler (1983)'e göre piritlerin Ni'e göre daha yüksek oranlarda Co içermesi, bu piritlerin hidrotermal koşullar ile oluştuğunun işareti olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, yer kabuğunda Ni'in Co'a göre daha yüksek oranlarda bulunmasına karşın, hidrotermal piritlerde Co: Ni oranlarının birin üzerinde olması, Co'nun Ni'e göre daha kolaylıkla yankayaçlardan yıkanıp çözeltiye alınmasına ve daha sonra yataklarda derişmesine bağlıdır (Güleç ve Erler, 1983). Bu durum, Avcıpınarı cevherleşmenin hidrotermal süreçler ile oluştuğunun (cevher - yankayaç özelliklerine ek olarak) önemli bir diğer göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Ayrıca, Çizelge 3'deki değerlere bakıldığında pirit I ve inler arasında Pb bakımından belirgin bir farklılaşma gözlenememiş olmasına karşın örneklerde Cu ve Zn bakımından belirgin bir farklılaşma söz konusudur. Bu durum, cevher mikroskopisi incelemelerinde kolloform doku içinde tanımlanan ve pirit I'ler ile birlikte gelişen kalkopirit ve botroidal sfalerit oluşumlarından kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir.

BULGULAR

-Avcıpınarı sülfid cevherleşmesinin yakın çevresinde bazaltik - andezit karakterli volkanitler yüzeylemekte

AVCIPINARI SÜLFİD CEVHERLEŞMESİ

ve cevherleşmenin yankayacını yoğun killeşmenin gerçekleştiği tüller oluşturmaktadır.

- Cevherleşmenin megaskopik boyutta kütle tipi bir oluşum gibi görünmesine karşın, el örneği düzeyinde breş dolgusu yapısına sahip olduğu görülmüştür.

- Cevherleşmede parajenezin oldukça zengin olması ve parajenezde pirit (I, II ve III tipi), markazit, bravoyit, kalkopirit, sfalerit, galenit, fahlerz (tennatit ve goldfeldit), bornit - kovellin, malahit - azurit, barit, jips ve jel silis gibi oluşumların yer almasına karşın cevherleşmedeki egemen mineralleri, kimyasal zonlanma gösteren özşekilli piritler (pirit I) ile kolloform ve konsantrik dokulu melnikovit piritler (pirit III) oluşturmaktadır.

- Ritmik oluşumlu kolloform ve konsantrik doku melnikovit pirit, markazit ve jel silis ile melnikovit pirit, kalkopirit, botroidal sfalerit (schalenblende) ve jel silis tarafından oluşturulmaktadır.

- Kimyasal zonlanma gösteren özşekilli piritlerde, pirit ve bravoyit şeklinde bir zonlanma izlenmektedir. Bu piritlerdeki kimyasal analiz sonuçları Co'nin Ni'e göre daha yüksek değerlerde olduğunu, dolayısıyla da bu zonlanmadaki bravoyitlerin Ni'e göre Co açısından daha zengin olduğunu göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Aral (1990) tarafından İç Anadolu Bölgesindeki Red - Bed tipi sedimanter bakır yatakları kapsamında isim olarak değinilen Avcıpınarı cevherleşmesinin çevre ve yankayaç özellikleri, breş dolgusu şeklindeki yapısal özelliği, mineral parajenezi ve piritlerin Co - Ni içerikleri cevherleşmenin hidrotermal süreçler altında oluşmasının en önemli verileridir.

Bilindiği gibi hidrotermal süreçlerde cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin kökeni, sıcaklıkları ve çözeltilerdeki bileşenlerin kaynağı yanıtlanması gereken problemlerin en önemlilerindedirler. Bu çalışmada, ilgili cevherleşmede etkin olan çözeltilerin kökenini belirlemek teknik olanaksızlıklar nedeni ile (oksijen ve hidrojen izotop analizleri yapılamadığından) mümkün olmamıştır. Ancak bulgular değerlendirilerek cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarına ve pirit I lerde kimyasal zonlu dokuyu oluşturan bravoyitlerde Co ve Ni'in kökenine yaklaşımlarda bulunulmaya çalışılacaktır.

Gerek magmatik gerekse de yüzeysel ortam koşullarının hemen hemen her evresinde gözlenebilen bir mineral olan piritler maden yataklarının oluşum koşulları ve köken çalışmalarında çoğunlukla ihmal edilmektedirler. Ancak, Avcıpınarı cevherleşmesindeki pirit lirlerin kolloform ve konsantrik dokuları, cevherleşme-

nin breş dolgusu yapısında yer alan silisleşmiş kayaç parçacıklarında izlenen ve demirce zengin opak minerallerden itibaren bir dönüşüm ürünü olarak değerlendirilen pirit lirlerin yanısıra, pirit I ve pirit lirlerin Co ve Ni içerikleri, cevherleşmenin oluşum sürecine ve malzemelerin köken problemlerine ışık tutabilecek önemli bulgulardandır. Önceki bölümlerde de değinildiği gibi, Avcıpınarı sülfid cevherleşmesinde kolloform ve konsantrik dokular son derece yaygın olarak izlenmektedirler. Kolloidal dokular altında ele alınan kolloform ve konsantrik dokular sedimanter oluşumlar ile sınırlı olarak öngörülmesine karşın, Ramdohr (1980)'a göre, düşük dereceli sıcak su çıkış alanlarında gerçekleşen çökelimlere benzeyen, bu tür dokusal özellikli hidrotermal evrenin en düşük sıcaklık değerlerinde de gelişmektedir. Araştırmacı, en düşük sıcaklık değerinin oda sıcaklığı değerine kadar inebileceğini belirtmektedir (Ramdohr, 1980). Bravoyit zonlanmaları içeren pirit I lerin parajenezde kolloidal dokuya sahip pirit III lerden daha önce yer aldığı ya da cevherleşmede pirit III lerin soft evre oluşumları oldukları düşünüldüğünde, cevherleşmede özellikle melnikovit - piritlerin oluşum aşamasında yörede çok düşük sıcaklığa sahip hidrotermal çözeltilerin etkinliğinden söz etmek olasıdır.

Pirit lilerdeki Co (\pm Ni) yoğunlaşmasının bir ürünü olan bravoyit oluşumları cevherleşmenin ilk evrelerinde sözkonusu olan sıcak sulu çözeltilerde yoğun sayılabilecek bir Co (\pm Ni) konsantrasyonunu gündeme getirmektedir. Yörede bu elementler için köken oluşturabilecek malzemelerden volkanüerde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre (Çizelge 1) Co 16 - 32 ppm arasında, Ni ise, bir örnek hariç (A - 5), deteksiyon limitinin (2 ppm) altındadır.

Bazaltik volkanüerin ortalama 48 ppm (Siegel, 1974; Krauskopf, 1979; Rose ve diğ., 1979), andezitik kayaçların 24 - 28 ppm (Baker, 1982), ultramafik kayaçların 110 ppm (Rose ve diğ., 1979) ve 200 ppm (Smirnov, 1983) Co içerdikleri, bunun yanısıra bazaltik kayaçların ortalama 130 ppm (Siegel, 1974) ile 150 ppm (Krauskopf, 1979) arasında, andezitik volkanitlerin genel anlamda 20 - 27 ppm arasında (Baker, 1982) ve ultramafik kayaçların ise 2000 ppm (Krauskopf, 1979) Ni içerdikleri gözönüne alındığında yöredeki volkanitlerin Co ve Ni için kaynak kayaç olma olasılıkları son derece düşüktür. Bu durumda cevherleşmenin yakın çevresinde yüzlek vermemesine karşın yörede yaygın olarak yer alan ve Avcıpınarı cevherleşmesinin 6 - 7 km kuzeyinde çok geniş alanlarda yüzlek veren ve olasılıkla derinlerde hidrotermal çözeltilerin temasta buldukları ultramafik kayaçlar pirit lilerdeki bravoyit zonlarının oluşumunda kullanılan Co ve Ni için en uygun kaynak malzeme konumundadırlar.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, kimyasal analizleri titizlikle yapan MİPJAL (C.Ü.Min. - Pet ve Jeok. Laboratuvarı) uzmanlarına, volkanitlerle ilgili yorumlanılardaki katkı için Yrd. Doç. Dr. Musa Alpaslan'a ve Dr.

Ahmet Çağatay'a teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aral, H., 1990, Orta Anadolu'da Delice - Yerköy arasında yer alan sedimanter bakır (gümüş - uranyum) yalıkları nın statigrafisi, sedimantolojik özellikleri ve oluşu mu. M.T.A. Dergisi, Sayı: 110. s. 55 - 76.
- Baker, R.E., 1982, Evolution and Classification of Orogenic Volcanic Rocks; Andestites, Ed. by R.S. Thorpe; John Wiley and Sons Inc., p. 11 - 23.
- Güleç, N. ve Erler, A., 1983, Masif Sülfid yalıklarındaki pirit lerin karakteristik iz elemanı içerikleri. T.J.K. Bül., C. 26, S. 2, 145 - 156.
- Kraufskopf, K.B., 1979, Introduction to Geochemistry (2nd ed.) McGraw - Hill Comp., 617 p.
- Le Maitre, R.W., Bateinan, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.j., Sabine, P.A., Scimid, R., Sorensen,

H., Srečkeisen, A., Wooley, A.R. and Zanettin, B., 1989. A classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recom. of The Int. Union of Geol. Sci. Subcom. of The Sys. of Igneous Rocks. Blackwell Sci. Publ., 193 p.

- Romdohr, P., 1980, The Ore Minerals and Their Intergrowths. 2nd ed.. In two volumes, Pergamon Press, 1207 p.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E. and Webb, J.J., 1979, Geochemistry in mineral exploration. Academic Press Inc., London, 635 p.
- Siegel, F.R., 1974, Applied Geochemistry. John Wiley and Sons Inc., New York, 353 p.
- Smirnov, V.I., 1983, Studies of Mineral Deposits. Mir Publishers, Moscow, 288 p.
- Tatar, Y., 1983, Yıldızeli Subaşı Köyü yöresinde tektonik incelemeler. T.J.K. Bül., Sayı: 4, s. 3 - 15.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977, Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobile Elements. Chem. Geol., Vol: 20, p. 325 - 343.

Makalenin geliş tarihi: 23.5.1996
Makalenin yayına kabul tarihi: 30.9.1996
Received May 23, 1996
Accepted September 30, 1996