

Çanakkale-Altınoluk Kurşun-Çinko Cevher Oluşumlarının Maden Jeolojisi

Mining Geology of the Lead-Zinc Ore Mineralizations of Altınoluk, Çanakkale

Yıldız İLBARS¹, Taner ÜNLÜ² ve İ. Sönmez SAYILI²

¹ ZETAŞ (Zemin Teknolojisi A.Ş.), Alemdar Merkez Mah., Seyit Demir Cad., No: 69/A, Ümraniye, İSTANBUL

² Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR06100, ANKARA

ÖZ

Çanakkale, Altınoluk (Papazlık) Pb-Zn cevherleşmesi, Fındıklı formasyonuna özgü amfibol gnays ve mermerler içerisinde, genelde yan kayaçlar ile uyumlu, yer yer de fay zonlarında yan kayaçları kesen konumlarda izlenir.

Cevher mineralleri; galenit, pirit, kalkopirit, sfalerit, pirotin, altın, hematit, rutil, ilmenit ve ornatma ürünlerinden oluşmaktadır.

Cevher örnekleri; 89->10000 ppm Pb, 129->10000 ppm Zn, 24-4136 ppm Cu, 0,31-6,79 % Fe, 71-2479 ppm Mn, 189-51430 ppb Ag ve 0,6-76513 ppb Au içermektedir.

Cevher ve yan kayaç örneklerinde yapılan jeostatistik çalışmalarda, bazik kayaçlara ve karbonatlara karşılık gelen; Ti, Cr, Mg, Ca, Sr, Al, olası geç hidrotermal evreye karşılık gelen; Na, K, Rb, Ba ve cevherleşmeye karşılık gelen; Pb, Cu, Ag, Fe, Co, ±Mn, ±Ni, ±Zn ve ±Au element birliktelikleri saptanmıştır.

Cevher ve yan kayaçlar da saptanmış bulunan kısmen yüksek oranlardaki; Cr, Ti, Ni ve Co element içerikleri, metamorfizma öncesi istifin olası volkanosedimanter özelliğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada cevherleşmenin birincil kaynağının, SEDEX (Eksalatif Sedimanter Tip) türdeki bir zenginleşmeyi anımsattığına ait veriler elde edilmiş ve daha sonraki metamorfizma ve deformasyonların, cevherin bugünkü konumunu almasında etkin olabileceği savı özgünleşmiştir. Ayrıca, bölgede yüzeyleyen granitik kayalara özgü geç hidrotermal evre element gelişlerinin olası etkilerinin, cevherleşmede kısıtlı oranlarda dahi olsa izler taşıdığı vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çanakkale, Altınoluk, Fındıklı Formasyonu, Pb-Zn, SEDEX, Maden Jeolojisi.

ABSTRACT

Çanakkale Altınoluk (Papazlık) Pb-Zn mineralization is observed in amphibole-gneiss and marbles of Fındıklı Formation, generally concordant with the host rocks and in fault zones which intersect the host rocks.

Ore minerals composed of galena, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, pyrrhothite, gold, hematite, rutil, ilmenite and other ores of replacement products.

Ore samples include; 89 - >10000 ppm Pb, 129 - >10000 ppm Zn, 24 - 4136 ppm Cu, 0.31 - 6.79 % Fe, 71 - 2479 ppm Mn, 189 - 514.30 ppb Ag and 0.6 - 76513 ppb Au.

From the geostatistical studies performed on ore and host rock samples; element assemblages of Ti, Cr, Mg, Ca, Sr, Al represent the basic rocks and carbonates, Na, K, Rb, Ba represent the possible late hydrothermal stage, and Pb, Cu, Ag, Fe, \pm Mn, \pm Ni, \pm Zn, \pm Au represent the mineralization.

High ratio of Cr, Ti, Ni and Co element contents which are determined in the ore and host rocks indicate the probable volcano-sedimentary characteristic of pre-metamorphism succession.

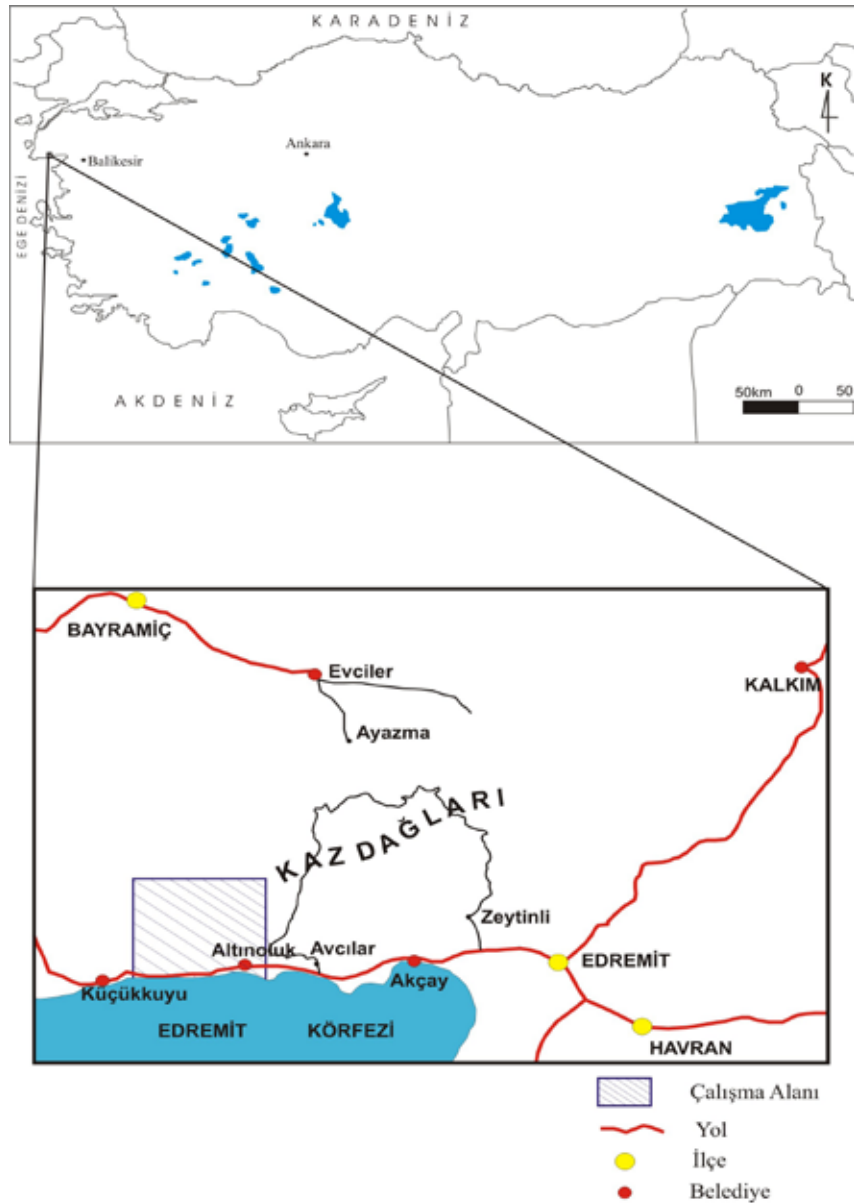
In this study, the obtained data point out the primary source of the mineralization can be supposed to SEDEX type (Exhalative Sedimentary Type) enrichments. Further metamorphism and deformations may lead to the present position of mineralizations. In addition, the effects of late hydrothermal stage elements derived from granitic rocks exposed around the region, can carry traces though in limited ratios on mineralizations.

Key Words: Çanakkale, Altınoluk, Fındıklı Formation, Pb-Zn, SEDEX, Mining Geology.

GİRİŞ

Çalışma alanı Biga Yarımadası'nın güney kesiminde Çanakkale ilinin Altınoluk (Papazlık) ilçesinin 2 km KB'sında ve 1/25.000 ölçekli Altınoluk İ17-d3 paftasında yer almaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmada Çanakkale-Altınoluk (Papazlık) ilçesinde yer alan amfibolit ve mermerleri kesen Pb-Zn cevherleşmesinin; jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal yöntemler kullanılarak, kökeninin araştırılması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

GENEL JEOLJİ

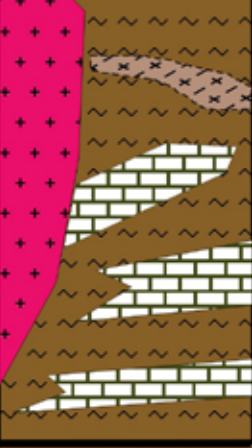

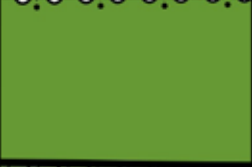


Çalışma alanı Ketin, 1966'nın Pontitler olarak tanımladığı tektonik birlik içerisinde yer almaktadır.

Çalışma sahasının da içinde yer aldığı Kazdağ masifini oluşturan yüksek dereceli metamorfik kayalar KB Anadolu'da Karakaya kompleksi altında bir tektonik pencere olarak yüzeyler. Kazdağ masifinin yapısı, kıvrım eksenini KD-GB doğrultulu ve her iki yöne dalımlı bir antiklinoryum şeklindedir. Amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Kazdağ grubu metamorfikleri alttan üste doğru; Fındıklı ve Tozlu formasyonları, Sarıkız mermeri ve Sütüven formasyonu olarak ayırt edilmiştir. Masifin güney kesiminde yüzeyleyen amfibol gnays, mermer ve yer yer amfibolit ardalımasından oluşan Fındıklı formasyonu içerisinde Altınoluk ve Babadağ mermer üyeleri tanımlanmıştır. Masifin orta kesimlerinde yer alan metadunit ve ortoamfibolitleri kapsayan metaofiyolitik kayalar Tozlu formasyonu, ofiyolitler üzerinde yer alan mermer seviyesi ise Sarıkız mermeri olarak ayırt edilmiştir. Kazdağ metamorfiklerinin en üst seviyelerinde bulunan sillimanit gnays, biyotit gnays, granitik gnays ve yer yer migmatit içerikli seviyeler Sütüven formasyonunu oluşturur. Sütüven formasyonu içerisinde ayrıca ince mermer ile amfibolit seviye ve mercikleri de vardır. Metamorfizma öncesi evrede muhtemelen tektonostratigrafik olarak istiflenmiş olan bu formasyonlar beraberce metamorfizma geçirmiş ve birlikte foliasyon kazanmıştır. Kazdağ metamorfikleri, çevresinde mostra veren Permian-Miyosen yaşta kayalarla tektonik dokanaklar oluşturmakta ve Oligo-Miyosen yaşta granitler tarafından kesilmektedir. Kazdağ metamorfikleri üzerinde stratigrafik dokanakla yer alan en yaşlı birim Pliyosen yaşlı sedimanter birimlerdir. Kazdağ metamorfiklerinin

stratigrafik yaşının saptanmasında yeterli veri bulunamamıştır. Kazdağ masifini Miyosen sonrasında gelişen sıyrıma ve yanal atımlı faylarla bir metamorfik çekirdek kompleks olarak dom şeklinde yükselerek bugünkü konumunu kazanmıştır (Duru ve diğ., 2004).

Duru ve diğ., 2004 Kazdağ metamorfikleri ile Permian-Miyosen kayaların tektonik dokanaklı, Pliyosen yaşlı sedimanter birimlerin ise diskordan konumlu olduğunu belirtmiştir. Kazdağ metamorfikleriyle eğim atımlı normal fay dokanaklı Miyosen yaşlı Küçükkuş formasyonu içerisinde metamorfik çakıllarına rastlanılmaması, sadece Pliyosen yaşlı Bayramiç formasyonunda Kazdağ masifin çakıllarının bulunması nedeniyle masifin yükseliminin Miyosen sonrası olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca masifin etrafında aktif fayların sayesinde masifin hala yükselmeye devam ettiğini ifade etmektedirler. Fındıklı formasyonu, Tozlu formasyonu, Sarıkız mermeri ve Sütüven formasyonunun son metamorfizma öncesi tektonostratigrafik olarak istiflenmesi, son metamorfizmayı hepsinin birlikte geçirmesi ve bu birimler arası geçişlerde keskin dokanak olması, ayrıca Sütüven formasyonu ve Fındıklı formasyonlarının inceleme alanının kuzey bölgesinde Tozlu formasyonu ve Sarıkız mermeri olmadan direkt yan yana gelmesi gibi özelliklerinden yararlanarak, bunların son metamorfizma öncesi yan yana gelmiş naplar olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Çalışma alanının içinde yer aldığı Kazdağ masifinin stratigrafisine yönelik çalışmalar; Bingöl, 1968; 1969; Bingöl ve diğ.; 1973; Gözler ve diğ., 1984 ve Duru ve diğ., 2004 tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada stratigrafik birim adlamaları; Duru ve diğ., 2004; Şentürk, 2005 ve Şentürk ve Ünlü, 2009'a göre yapılmıştır (Şekil 2-3).

FORM	ÜYE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SÜTÜVEN FORM:			Ortognays Sillimanitli paragnays Migmatitler, amfibolit ve mermer mercekleri
SARIKIZ FORM.			Mermer
TOZLU FORM.			Metaofiyolit
FINDIKLI FORMASYONU	BABADAĞ MERMER		İri taneli kristalize mermer
	ALTINOLUK MERMER		Amfibol gnays mermer ve kalsilikatik gnays

Şekil 3. Kazdağ masifinin stratigrafik kolon kesiti (Duru ve diğ., 2004).

Figure 3. Stratigraphic columnar section of Kazdağ Massive (after Duru et al. 2004).

Kazdağ masifinin güney kesimlerinde yüzlek veren Fındıklı formasyonunun litoloji özelliklerinin en iyi izlendiği, Arıtaşı köyünün doğusundaki Fındıklı Dere, tip yeri olarak seçilmiş ve bu formasyon adlanması ilk defa Duru ve diğ., 2004 tarafından yapılmıştır. Fındıklı formasyonu amfibol gnays, mermer ve yer yer amfibolit ardalanmasından oluşmuş ve içerisinde Altınoluk ve Babadağ mermer üyeleri tanımlanmıştır. Yapısal olarak en üst mermer seviyesi metaofiyolitlerin altına gelen Babadağ mermer üyesidir. Diğer mermerler ise Altınoluk mermer üyesi olarak ayırtlanmış ve haritalanmıştır. Altınoluk mermerleri Kazdağ masifinin güney-güneybatısında, Babadağ üyesi ise özellikle Kazdağları'nın zirvesinde ve güneydoğusunda yer almaktadır (Şentürk, 2004).

Fındıklı formasyonu Bingöl ve diğ., 1973 tarafından Kozburun formasyonu olarak Tozlu formasyonu içerisinde incelenmiş olup, Tozlu formasyonunu oluşturan üyelerin tek bir magmanın farklılaşmasından meydana geldiğini belirtmişlerdir. Duru ve diğ., 2004 ise arazi ve petrografik gözlemlerine dayanarak Fındıklı formasyonunu Tozlu formasyonundan farklı bir birim olarak ayırtlamışlar ve bu formasyonun volkanosedimanter bir istifin metamorfizması sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

Fındıklı formasyonunun üstüne tektonik olarak metaofiyolitlerden oluşan Tozlu formasyonu gelmektedir.

Kazdağ masifinin orta kesimlerinde yer alan metadunit ve ortoamfibolit kapsayan metaofiyolitik kayalar Tozlu formasyonu olarak ayırt edilmiştir. Metaofiyolitik kayalardan oluşan bu formasyon ilk defa Bingöl ve diğ., 1973 tarafından tanımlanmıştır. Kazdağ'ın zirvesinde yüzeyler ve tip lokalitesi Tozlu yayladır. Genelde amfibolit, metadunit ve metaperidotitlerden oluşmaktadır ve bu kayalar birbirleri ile girift

haldedir. Formasyonun alt ve üst seviyelerinde amfibolitler, merkezinde ise metadunitler çoğunlukta bulunmaktadır. Kazdağ'ın zirvesinde amfibolit ve metadunit iç içe bulunmaktadır ve bir melanaj görünümündedir. Geniş yayılımları olan amfibolit ve metadunitler foliasyonlu yapı ve izoklinal kıvrımlara sahiptirler. Amfibolitler; koyu siyah, siyah, koyu yeşil, yeşil renkte olup, iri taneli, bantlı yapılı, leopar desenli (Tozluyayla mevkii), masif görünümlü olmak üzere birkaç değişik şekilde gözlenmektedir (Şentürk, 2004).

Eski çalışmalarda metaofiyolitler Kazdağ'ın temeli olarak görülmüştür, fakat yapılan harita çalışmaları sonucunda metaofiyolitlerin Fındıklı formasyonunun Babadağ mermer üyesi üstüne tektonik olarak geldiği ve metaofiyolitlerin de üzerine Sarıkız mermerinin ince bir seviye olarak geldiği gözlenmiştir (Duru ve diğ., 2004).

Yaygın olarak metakarbonatlardan oluşan Sarıkız mermeri ilk kez Bingöl ve diğ., 1973 tarafından adlandırılmıştır. Tip lokalitesi Sarıkız tepedir. Sarıkız mermeri, Tozlu formasyonuna ait metaofiyolitlerin üzerine ince bir gnays seviyesiyle başlar. Mermerler, gri, beyaz renkli, küçük-orta taneli ve orta iri bantlıdır. Karbonatlar 3-5cm uzunluğunda silika nodülleri içerirler ve yer yer akma yapıları gösterirler. Sarıkız mermeri genel yapıya (antiklinoryum yapısı) uygun bir konumda, inceleme alanının doğusundan başlayarak kuzeye ve batıya doğru bir yay şeklindedir ve Sütüven formasyonu ile olan üst dokanağı keskindir (Duru ve diğ., 2004).

Kazdağ grubunun en üst kesimlerindeki gnayslar Sütüven formasyonunu oluşturur. İlk kez Duru ve diğ., 2004 tarafından adlandırılmıştır. Bu formasyon Bingöl, 1968 ve 1969 silika alüminli seri ya da Bingöl ve diğ., 1973 Bozağaç Tepe formasyonu adı altında incelemiştir. Kazdağ masifinin en

üst birimini oluşturan bu formasyon Sarıkız formasyonu ve Fındıklı formasyonu üzerine keskin bir dokanakla gelir. Formasyonun üst sınırı Permiyen-Miyosen aralığındaki kayaçlarla faylı dokanağa sahiptir ve Oligo-Miyosen yaşlı granodiyoritler tarafından kesilmiştir.

Birim içerisindeki litolojilerin en iyi gözleendiği, Zeytinli köyünün kuzeyindeki Sütüven şelalesi tip yeri olarak seçilmiştir. Bu formasyon koyu gri, gri, kahve rengi, iyi foliasyonlu kuvarsofeldispatik gnayslardan oluşmaktadır. Hakim litolojiyi oluşturan bu gnayslar içerisinde ince mermer, amfibolit ve granitik gnays bantları ve mercikleri yer almaktadır. Gnayslar yer yer anateksiye uğramıştır (Duru ve diğ., 2004).

Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanını da içine alan daha geniş bir bölgeyi inceleyen Duru ve ekibinin ayrıntılı jeoloji çalışmaları esas alınarak, cevherleşmenin içinde bulunduğu inceleme alanının jeolojisi (Şekil 4) aşağıda sunulmaktadır.

Fındıklı Formasyonu

İnceleme alanında bulunan ve Kazdağ antiklinoryumunun çekirdeğinde yer alan Fındıklı formasyonu genel olarak mermer, gnays aralanmasından oluşmuş ve içerisinde, kalınlıkları 10-75 m arasında değişen 6-7 adet mermer seviyeleri ayrılmıştır. İstif içerisindeki mermerler arasında 10-150 m kalınlığında gnays bantları bulunmaktadır. Mermerler kendi içerisinde küçük dalgalanmalar şeklinde eğim değişimleri göstermektedir.

Formasyon içerisindeki mermerler, yapısal ve dokusal özelliklerindeki farklılıklar ve haritalama kolaylığı açısından değerlendirilerek Altınoluk (Pzfa) ve Babadağ (Pzfb) üyelerine ayrılmıştır. Yapısal olarak en üst mermer seviyesi metaofiyolitlerin altına gelen Babadağ mermer üyesidir. Diğer

mermerler ise Altınoluk mermer üyesi olarak ayrılmış ve haritalanmıştır. Altınoluk üyesi genel olarak beyaz, pembe renkli, orta-ince taneli ve şeker dokulu görünümündedir ve cevherleşme alanında Altınoluk mermerleri yer almaktadır. Babadağ üyesi beyaz, kirli beyaz, gri renkli, diğer mermerlere göre iri kristalli ve kalın bir mermer seviyesi olarak arazide görülmektedir. Özellikle Kazdağları'nın zirvesinde ve güneydoğusunda yer almaktadır (Duru ve diğ., 2004).

Mermerler arasında kalın bantlar oluşturan gnayslar mavimsi yeşil, fıstık yeşili, yeşil renkte, iyi foliasyonlu, altta ve üstte mermerlerle geçişlidir. Fındıklı formasyonu mermerleri haricindeki litolojilerin arazi ve petrografik incelemelerde çoğunlukla gnays, kalsilikatik gnays, şist ve amfibolit litojilerinden oluştuğu saptanmakla birlikte, gnayslar hakim litolojiyi oluşturmaktadır. Arazide Sütüven formasyonu gnayslarından daha koyu renge sahip olan Fındıklı formasyonu gnayslarının daha yoğun olarak amfibol minerali içermesi nedeniyle amfibol gnays olarak adlandırılmıştır. Formasyonun alt kesimlerinde amfibol miktarının arttığı, kayacın içine epidot ve granat girdilerinin olduğu görülmektedir. Gnays ve mermerler aynı eğim ve doğrultuya sahiptirler.

Biga Yarımadası Granitoidleri

Biga Yarımadasında Oligosen yaşlı volkanizmaya da köken oluşturmuş olan genellikle granodiyoritik bileşimli sığ sokulumlar Oligosen-Miyosen aralığında bölgeye yerleşmişlerdir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan radyometrik yaşlandırmalardan birimin yaşının Oligosen-Alt Miyosen olduğu saptanmıştır. Bölgede tesbit edilmiş yaşlar şöyledir; Eybek granitoidi; 23-31 milyon yıl, Kestanbol granitoidi; 28 milyon yıl ve Ilıca-Şamlı granitoidi; 20-23 milyon yıl (Dönmez ve diğ., 2004).

Küçükkuş Formasyonu

Edremit Körfezi'nin çevresinde yüzeylenen Miyosen yaşlı görsel kırıntılı çökeller Saka, 1979 tarafından Küçükkuş formasyonu olarak tanımlanmıştır. Doyran volkanitleri üzerinde çakıltaşları ile başlayan Küçükkuş formasyonu, bitümlü şeyl, tuf, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Alterasyon rengi sarımsı kahve, kayacın orijinal rengi kıltaşı seviyelerinde yeşilimsi gri, killi kireçtaşının olduğu kesimlerde siyahımsı gri, kumtaşının olduğu yerde kahverengimsi yeşil olup, katman aralarında fosilleşmiş bitki parçacıkları görülmüştür. Çökeller içinde düzlemsel paralel katmanlanma, akıntı ripilları, normal derecelenme, yük çökme ve slump yapıları yaygın olarak yer alır. Bouma dizilimine ait sedimanter yapıların yaygın olduğu Küçükkuş formasyonu görsel bir çökelleme alanında türbidit akıntılarına bağlı olarak gelişmiştir. Küçükkuş formasyonu Edremit Körfezi civarında Küçükkuş, Adatepe ve Yeşilyurt yörelerinde gözlenir. Formasyonun yaşlı şeyllerden alınmış spor örneklerine göre Erken Miyosen olarak saptanmıştır (İnci, 1984).

Küçükkuş formasyonu Kazdağ masifiyle tektonik dokanaklıdır. Küçükkuş formasyonu içinde volkanik birimlerden malzemeler vardır. Bu volkanitler Doyran volkanitlerine özgü olup, Küçükkuş formasyonu ile eş yaşlıdır. Ancak bu formasyon içinde Kazdağ masifine ait parçalar yoktur, çünkü Küçükkuş formasyonu Miyosen'de çökelerken, Kazdağ formasyonu gömülü durumda ve çökelişten sonra bir faylanmayla yükselmiş konumdadır. Okay ve diğ., 2009'a göre, masif iki evreli bir yapısal evrim geçirmiştir. Geç Oligosen–Erken Miyosen'deki birinci evrede, Kazdağ masifi düşük açılı sıyrılma fayları ile hızlı bir biçimde yükselmiş ve buna bağlı olarak epiklastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan

oluşan, sıyrılma-fayı üzeri havza çökelleri (Küçükkuş Formasyonu) gelişmiştir. Pliyo–Kuvaterner'deki ikinci evrede ise, Kuzey Anadolu Fay sistemine ait doğrultu atımlı faylar gelişmiş ve Ege genişlemeli rejimine bağlı normal faylar meydana gelmiştir.

MİNERALOJİ ve PETROGRAFI

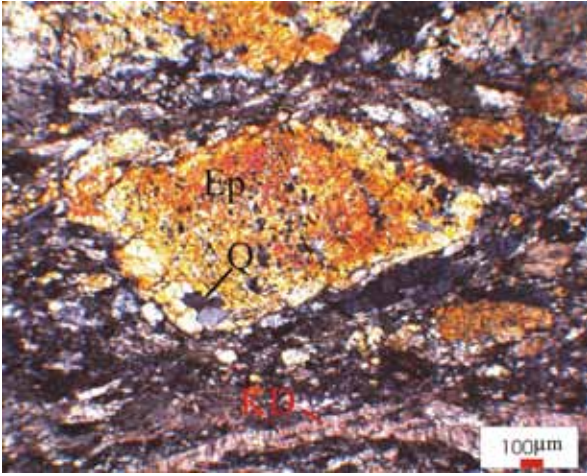
İnceleme alanında yüzeyleyen litolojik birimlerin petrografik tanımlamaları, sahadan derlenen örneklere ait 90 adet ince kesitin, mikroskop altında incelenerek, mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikleri gözönüne alınarak yapılmıştır.

Fındıklı Formasyonu

İnceleme alanında mineralojik açıdan gnays, şist ve mermer ayırtlanmıştır.

Gnays

Çalışma sahasında yoğun bir biçimde amfibol gnayslar yüzeyler. Örnekler genelde; hornblend, ortoklaz, plajyoklaz, kuvars, kalsit, klorit, epidot, disten, biyotit, klorit, granat ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 5). Feldispatlarda killeşme, kloritleşme, serizitleşme ve dışardan gelen çözeltilerin etkisi ile oluşmuş karbonatlaşma meydana gelmiştir. Mineraller genelde orta taneli olup, feldispatların bir kısmı diğerlerine göre daha iri tanelidir. Granatlar özşekilli olup, küçük taneler şeklinde gözlenmektedir. Hornblendler özşekilli, yarı özşekilli taneler şeklindedir. Yönlenme belirgindir. Kayaç, amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfoze olmuş olasılıkla metabazik bir kayadır.

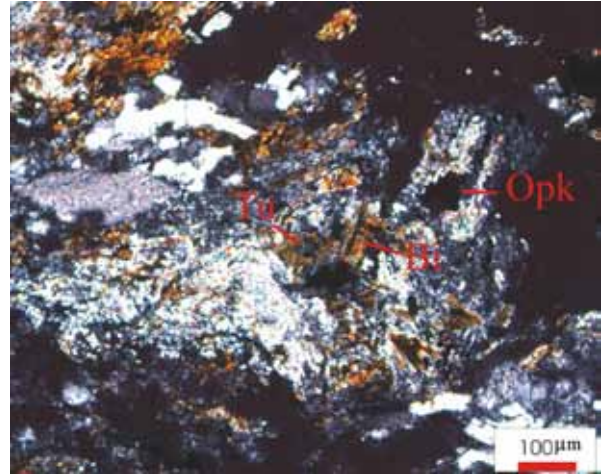


Şekil 5. İçinde kuvars (Q) kapanımları olan epidot (Ep) porfiroblastı ve karbonat damarı (KD) içeren epidot amfibol gnays. ÇN.

Figure 5. Quartz (Q) inclusions bearing epidote (Ep) porphyroblast and carbonate vein (KD) in epidote-amphibole gneiss. (crossed nicols).

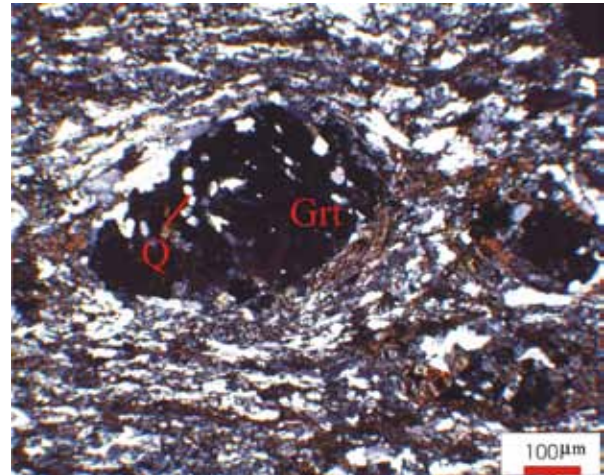
Şist

Çalışma sahasında dar alanlarda, haritalanamayacak boyutlarda izlenir. İnceleme alanında mineraloji çalışmalarına göre şistler; kuvars, ortoklaz, albit, kalsit, biyotit (kloritleşmiş), klorit, epidot (klinozoit), granat, turmalin (öz şekilli), zirkon ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 6). Ortoklazlarda killeşme gözlenmektedir. Özşekilsiz, birbirleriyle grift sınırlara sahip minerallerden oluşmaktadır. Bazı kuvars ve kalsitler diğer minerallerden daha iri tanelidir. Granatların içerisinde kuvars, kalsit, biyotit kapanımları gözlenmektedir (Şekil 7). Yönlenme belirgindir. Olasılıkla yüksek dereceli metamorfizmanın etkisinde metamorfe olmuştur.



Şekil 6. Merkezde turmalin (Tu), etrafında biyotitler (Bi) ve opak mineraller (Opk) içeren granat biyotit kuvars şist. ÇN.

Figure 6. Turmaline (Tu) in the center, biotite (Bi) and opaque (Opk) minerals around it in garnet-biotite-quartz schist. (crossed nicols).

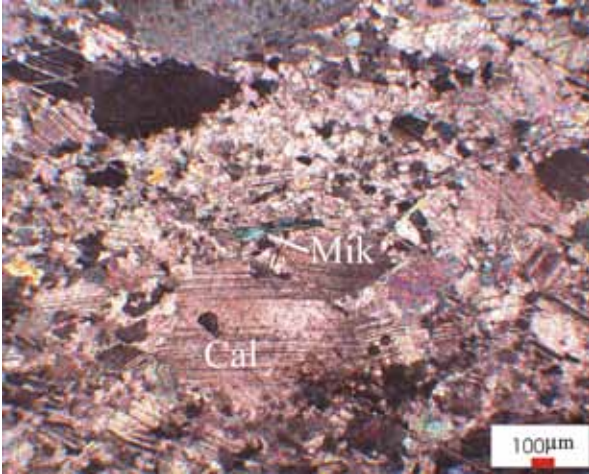


Şekil 7. Kuvars (Q) kapanımları içeren granat (Grt) biyotit kuvars şist. ÇN.

Figure 7. Quartz (Q) inclusion bearing garnet (Grt)-biotite-quartz schist. (crossed nicols).

Mermer

İnceleme alanında mineralojik açıdan mermerler nematogranoblastik dokulu olup; kuvars, kalsit, serizit, muskovit, klorit ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 8). Örneklerde kalsitler iri taneli granoblastik dokuda gelişmiştir. Diğer mineraller kalsite nazaran daha ince taneli, özşekilli- yarıözşekilli, bazıları özşekilsiz taneler halindedir. Genel olarak yönlenme gözlenmektedir. Kalsitler ve diğer mineraller bantlar şeklinde yer almaktadır. Olasılıkla amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.

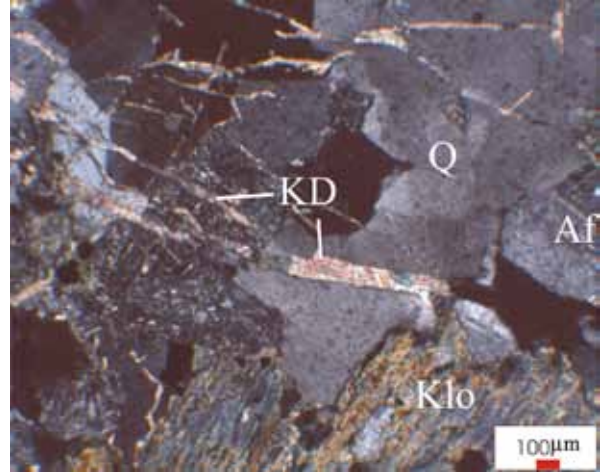


Şekil 8. Ortada mika (Mik) minerali, etrafında basınç ikizleri bulunan kalsitlerin (Cal) bulunduğu mermer. ÇN.

Figure 8. Mica (Mik) minerals in the center surrounded by calcite minerals with pressure twinnings in marble. (crossed nicols).

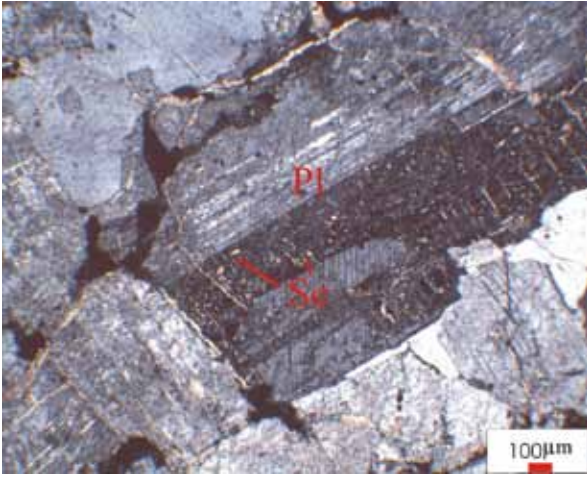
Biga Yarımadası Granitoidleri

Çalışma alanındaki granitler holokristalin doku göstermekte ve mineralojik bileşimlerinde; kuvars, ortoklaz, oligoklaz, biyotit (neredeyse tamamen kloritleşmiş), apatit, amfibol (epidotlaşmış ve kloritleşmiş) ve opak mineraller bulunmaktadır. Feldispatlar iri-orta taneli olup öz ve yarı öz şeklindedir. Kuvars ve biyotitler ise özşekilsizdir. Oligoklazlarda bol miktarda serisitleşme, killeşme ve kayacın kırık ve çatlakları boyunca karbonatça zengin çözeltilerin kayacın içine nüfus etmesiyle oluşmuş ikincil karbonatlaşma gözlenirken, ortoklazlarda killeşme ve serizitleşme, biyotitlerde kloritleşme ve opaklaşma gözlenmiştir (Şekil 9-10).



Şekil 9. Biyotitlerde kloritleşme (Klo), karbonat damarları (KD), kuvars (Q) ve alkali feldispat (AF) içeren granit. ÇN.

Figure 9. Chloritization (Klo) of biotites, carbonate veins (KD), quartz (Q) and K-feldspar (AF) in granite. (crossed nicols).

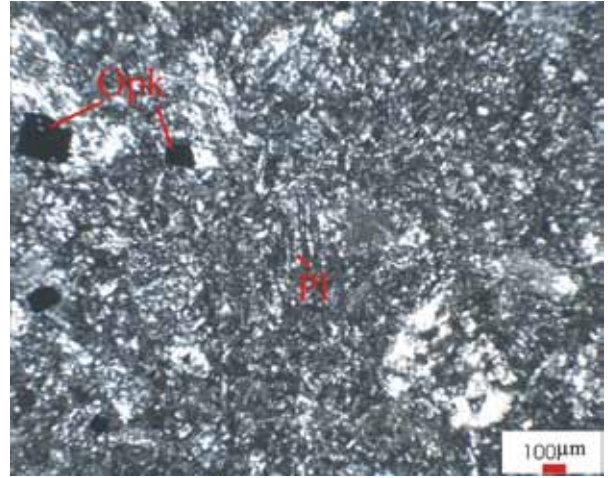


Şekil 10. Granodiyorit porfir içinde iri taneli serizitleşmiş (Se) plajiolazlar (Pl). ÇN.

Figure 10. Coarse grained plagioclases (Pl) are sericitized (Se) in granodiorite porphyry. (crossed nicols).

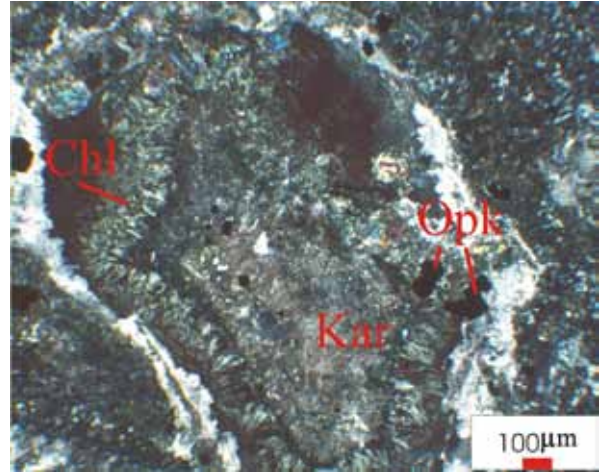
Küçükkuyu Formasyonu

Daha önce de bahsedildiği gibi Küçükkuyu formasyonu içinde Doyran volkanitleri yer almaktadır. Bunlar andezit bileşiminde olup, hipokristalin porfirik doku göstermektedirler. Mineral parajenezi olarak; plajiolaz, ortoklaz, biyotit ve opak mineraller izlenmektedir. İkincil mineral olarak; kalsit, klorit ve epidot görülmektedir. Kayaçta genel olarak karbonatlaşma ve kloritleşme yaygın olarak bulunmaktadır. Plajiolazlarda bol miktarda ikincil karbonatlaşma, killeşme ve serizitleşme meydana gelmiştir. Biyotitlerde bol miktarda kenarlarından itibaren opaklaşma meydana gelmiştir. Kayacın hamuru killeşmiş volkan camı, ikincil mineraller ve plajiolaz mikrolitlerinden oluşmaktadır. Plajiolazlarda polisentetik ikizlenme ve bazılarında zonlanma gözlenmektedir (Şekil 11-12).



Şekil 11. Volkanik kayç içinde polisentetik ikizlenmeli plajiolazlar (Pl) ve opak mineraller (Opk). ÇN.

Figure 11. Albite twinnings in plagioclases (Pl) and opaque minerals (Opk) in volcanic rock. (crossed nicols).



Şekil 12. Karbonat (Kar) ve kloritlerle (Chl) dolmuş gaz boşluğu ve opak mineral (Opk) içeren andezit. ÇN.

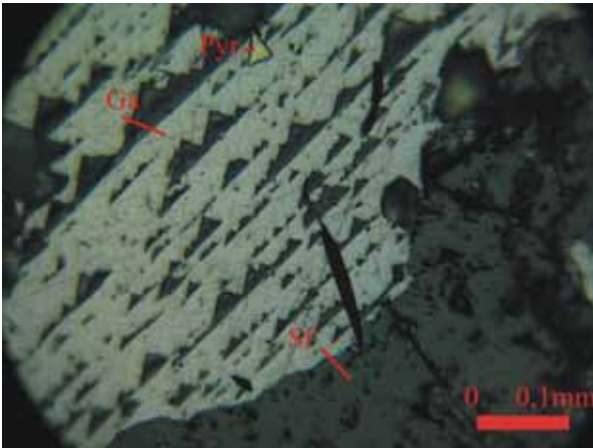
Figure 12. Vesicule filled by carbonate (Kar) and chlorite (Chl) and opaque minerals (Opk) in andesite. (crossed nicols).

Cevher Mikroskobisi Çalışmaları

İnceleme alanından alınan örneklerden 25 tanesinde cevher mikroskobisi çalışmaları yapılmıştır. Aşağıda cevher mineralleri ve özellikleri sunulmuştur.

Galenit: Cevherli örneklerde izlenen en yaygın minerallerden biridir. Bazı yerlerde ince taneli olup, pirit ve kalkopiritin etrafını sarmış olarak tespit edilirken, bazı yerlerde piritlerin boşluğuna girmiştir. Genellikle kenarlarından itibaren seruzite dönüşmüş olan galenitlerin birçoğu tamamen serusitlemiştir. Sfaleritlerin çatlaklarında veya serbest taneler halinde izlenen galenitler pirit, kalkopirit ve sfalerit kapanımları da içermektedir. Bazı galenitlerin üçgen dilinimlerinde basınç etkisiyle uzamalar da gözlenmiştir (Şekil 13).

Pirit: Cevherli örneklerde yaygın olarak gözlenen diğer bir mineraldir. Piritler öz - yarı öz şekilli ve öz şekilsiz taneler olarak izlenmiştir. Tane boyları 3-450 μ arasındadır. Genellikle piritlerin bazıları az oranda, bazıları ise tamamen limonitleşmiştir.



Şekil 13. Galenitte (Ga) üçgen dilinimleri, sfalerit (Sf) ve pirit (Pyr).

Figure 13. Triangular cleavages in galenite (Ga), sphalerite (Sf) and pyrite (Pyr).

Kalkopirit: Genellikle sfaleritle kenetli olan kalkopiritler 4-90 μ arasında değişen boyutlara sahiptir. Bazen piritle kenetli bazen de piritin etrafını sarmış olarak izlenen kalkopiritlerin bazıları kenarlarından itibaren kovelline dönüşüm göstermiştir. Yer yer kenarları boyunca limonite dönüşmüş kalkopiritler de izlenmiştir (Şekil 14).

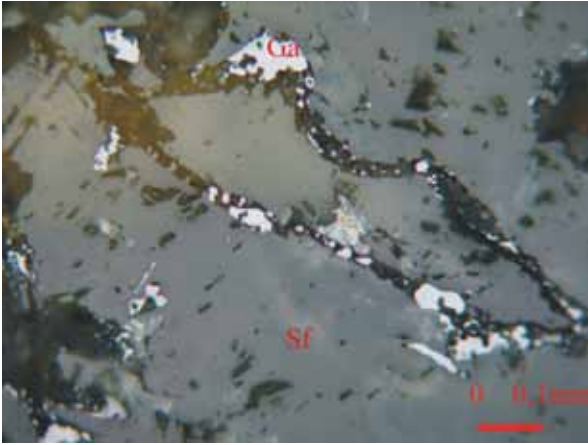


Şekil 14. Limonitleşmiş kalkopirit (Kpy).

Figure 14. Limonitized chalcopyrite (Kyp).

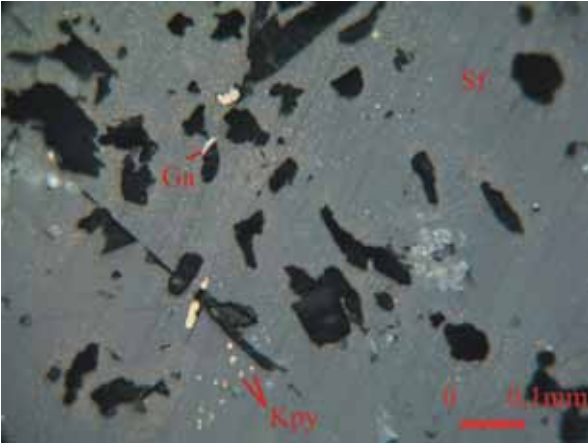
Sfalerit: Sfaleritler genelde galenit tarafından ornatılıp çatlakları ve araları doldurulmuş olup, genellikle çok ince kalkopirit ayrımları içermektedirler. Bazen gang içerisinde kalkopiritle kenetli olarak da belirlenmişlerdir. Galenit tarafından ornatılmış olan sfaleritlerde galenitler genellikle sfaleritin etrafını sarmış, çatlak boşluklarını doldurmuştur (Şekil 15-16).

Limonit: 1,5-2 mm ye ulaşan öz - yarı öz şekilli limonit taneleri izlenmiş olup, içlerinde pirit, kalkopirit reliktleri gözlenmiştir. Limonitlerin çoğunluğu piritten, az bir kısmı kalkopiritten dönüşmüştür. Limonitler yer yer de çatlaklarda ve boyamalar şeklinde gözlenmiştir.



Şekil 15. Sfalerit (Sf) çatlaklarında yer alan galenit (Ga).

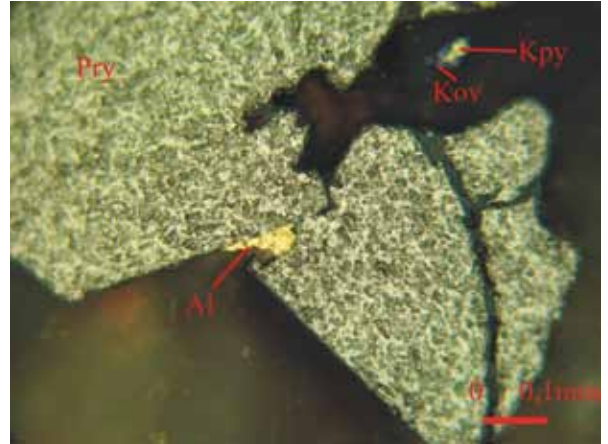
Figure 15. Galenite (Ga) filling the cracks of sphalerite (Sf).



Şekil 16. Sfalerit (Sf) içinde kalkopirit (Kpy) ve galenit (Ga) ayrılımları.

Figure 16. Chalcopyrite (Kpy) and galenite (Ga) exsolution in sphalerite (Sf).

Altın: Altın minerali 6 ile 90 μ arasındaki boyutlarda izlenmiş olup, kuvars içerisinde, kalkopiritten dönüşmüş limonit içinde, limonitle kenetli gang içerisinde ve pirit çatlığında limonit içerisinde gözlenmiştir (Şekil 17-18-19).



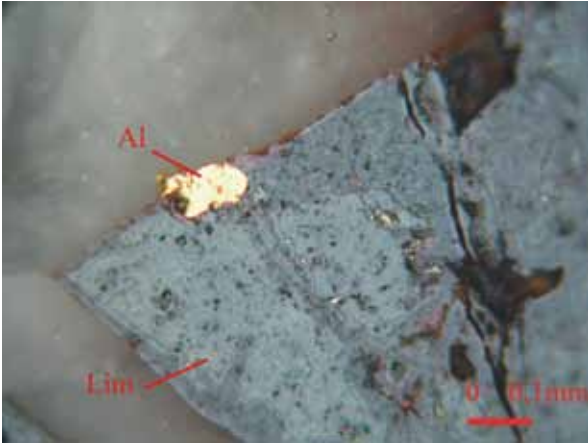
Şekil 17. Ortada altın (Al), kenarlarından itibaren kovelline (Kov) dönüşmüş kalkopirit (Kpy), çatlaklarında limonit olan pirit (Pyr).

Figure 17. Gold (Al) in the center. Chalcopyrite (Kpy) replaced by covellite (Kov) at the rims. Pyrite (pyr) with limonite at the cracks.



Şekil 18. Limonitleşmiş (Lim) pirit ve gang içinde altın (Al).

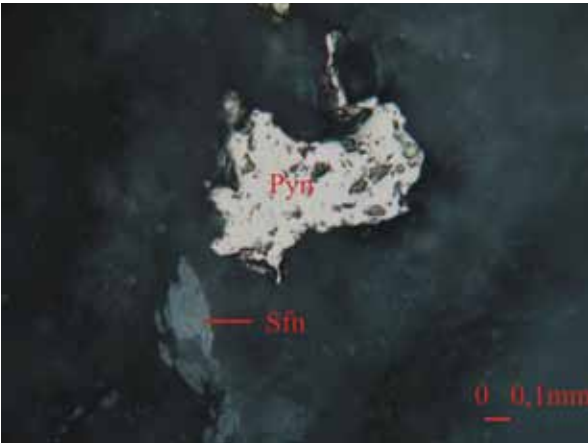
Figure 18. Gold (Al) in limonitized (Lim) pyrite and gangue minerals.



Şekil 19. Limonitleşmiş (Lim) pirit içinde altın (Al).

Figure 19. Gold (Al) in limonitized (Lim) pyrite.

Pirotin: 4-145 μ arasında değişen tane boylarına sahip pirotinler genellikle öz şekilsiz taneler halindedir (Şekil 20). Bazen kalkopiritle bazen de piritle kenetlidir (Şekil 21). Bazıları kenar ve dilinimleri boyunca limonite dönüşüm göstermektedir.



Şekil 20. Pirotin (Pyn) ve yanında sfen (Sfn).

Figure 20. Pyrotite (Pyn) and titanite (Sfn)



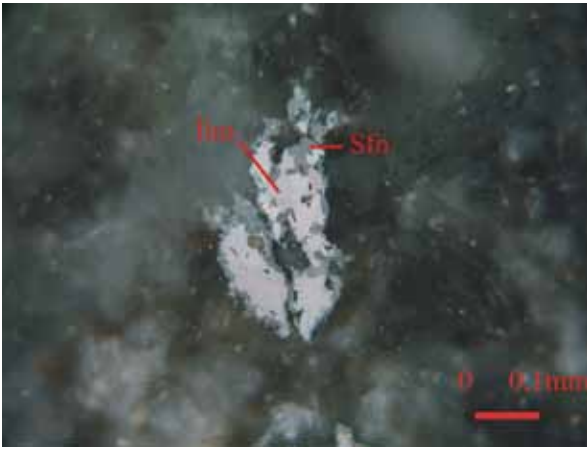
Şekil 21. Pirit (Pyr) ve pirotin (Pyn) ile birlikte ilmenit (İlm) relikti (çevresinde rutil (Rut) ve onun çevresinde de sfen (Sfn)).

Figure 21. Ilmenite relict (İlm) together with pyrite (Pyr) and Pyrotite (Pyn). Rutile (Rut) and titanite (Sfn) around ilmenite.

Malahit: Kayaç içerisindeki boşluklarda ve çatlak dolgusu şeklinde bulunurlar. Primer minerali belirlenememiştir, fakat kalkopirit veya kalkopiritin dönüşüm ürünü olan kovellinden dönüşmüş olabileceği düşünülmektedir.

Rutil: 9-180 μ geçmeyen boyutlarda, öz şekilli, bazen de öz şekilsiz ince taneler halinde izlenmiştir. Bir hat boyunca dizilim de gösteren rutiler bazen mafik gang mineralinin içinde, bazen de diğer gang minerallerinin içerisinde saptanmıştır.

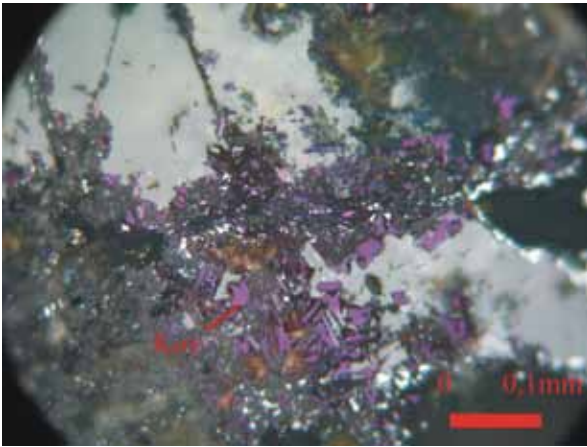
İlmenit: Genellikle kenarlarından itibaren sfene dönüşüm göstermektedir (Şekil 22).



Şekil 22. İlmenit (İlm) ve çevresinde sfen (Sfn).

Figure 22. Ilmenite (Ilm) and titanite (Sfn) around it.

Kovellin: Genellikle galenitle kenetli olup, çok ince taneler halinde olan kovellinlerin kakopiritlerin dönüşüm ürünü olabileceği düşünülmüştür (Şekil 23). Limonitle kenetli kovellinler de izlenmiştir.



Şekil 23. İnce taneler halinde kovellin (Kov).

Figure 23. Fine grained covellite (Kov).

Hematit: Çok ince taneli ve çubuk şekilli (öz şekilli) oluşumlar şeklinde gang mineralinin pseudomorfu içinde dağılmış olarak, ya da gruplar oluşturmuş biçimde saptanmıştır (Şekil 24).

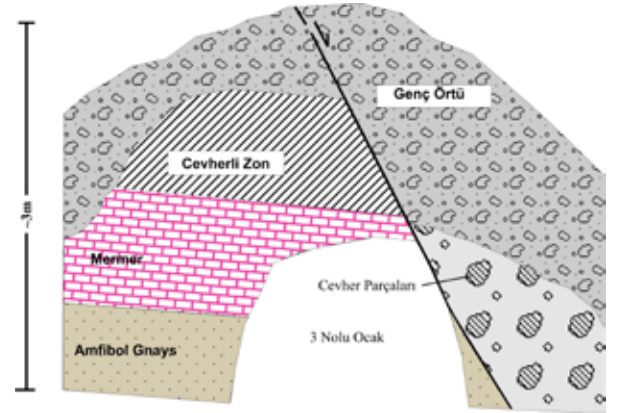
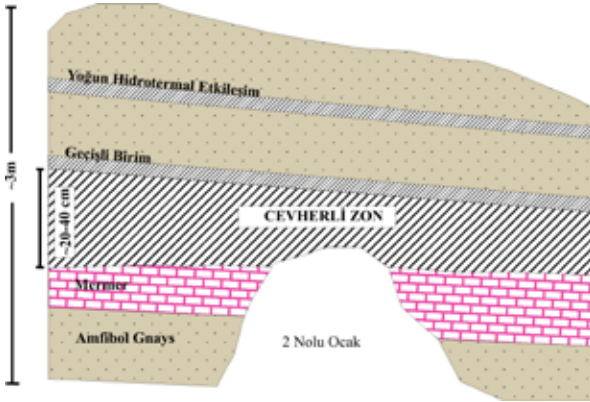


Şekil 24. İnce taneli hematitler (Hem).

Figure 24. Fine grained hematites (Hem).

CEVHERLEŞME

Çalışma konusunu oluşturan cevherleşmeler Fındıklı formasyonunun amfibol gnays ve mermer ardalanmalı bölümleri içerisinde yer almaktadır. Cevherli zon genelde yan kayaçlar ile uyumlu (Şekil 25 ve 26), yer yer de fay zonlarında yan kayaçları kesen konumlarda izlenir.



Şekil 25. 2 nolu ocakta cevherli zonun görünümü ve kesiti.

Figure 25. Mineralized zone in the field and crossed section at Adit 2.

Şekil 26. 3 nolu ocakta cevherli zonun görünümü ve kesiti.

Figure 26. Mineralized zone in the field and cross section at Adit 3.

JEOKİMYA

Yapılan arazi, petrografi ve cevher mikroskopisi çalışmalarının ortaya çıkardığı veriler ışığında, çalışma sahasından 20 adet yüzey örneği, jeokimyasal analiz için seçilmiştir. Bunlardan 4 tanesi mermer zonuna, 4 tanesi amfibol gnays zonuna ve 12 tanesi cevherli zona aittir. Tüm örneklerde ana ve eser elementler arası ilişkilerin ve cevherleşmenin elementler üzerindeki etkilerinin anlaşılması amaçlanmıştır.

Bütün örneklerin ana ve eser element analizleri önce MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılmıştır. Elde edilen verilerin daha detaylı bir biçimde değerlendirilmesi için aynı örnekler ayrıca Acme laboratuvarlarında (Kanada) analiz edilmiştir.

Analiz Yöntemleri

Örnekler önce çekiç ile birkaç parçaya ayrılmış ve AÜMF laboratuvarlarında çeneli kırıcı ile birer santimetrelik parçalar haline getirilmiştir. Kırılan parçalar Fritsch marka öğütücüde 200 mesh'in altına öğütülmüş, 30 gram civarında naylon torbalarda örnekler paketlenmiştir.

İlk olarak MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında analizleri yapılan örnekler, daha detaylı bir değerlendirme için ikinci defa Kanada Acme laboratuvarlarına gönderilmiştir. Bu laboratuvardan alınan bilgilere göre, örneklerden 0,2 gramlık bir miktar alınmış ve LiBO ile eritiş yapılmış, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, P, Mn, Cr, Ni ve Sc elementleri için tüm kayaç ICP-ES yöntemi ile analiz edilmiştir. Ayrıca eser element analizleri için 0,5 gram örnek 95°C'de bir saat boyunca 3 ml 2-2-2 HCl, HNO₃, HSO₄ asitleri ile çözülmüştür. 10 ml'ye çözülen örneklerde Au, Ag, Pd, Pt, Hg ve Re ppb cinsinden As, Ba, Bi, Cd, Co, Cs, Ga, Hf, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Ta,

Th, Tl, U, V, W, Zn, Zr, Cr, B, Sc, S, Se, Te, Cs, Ge, Y, In, Be, Li ise ppm cinsinden olmak üzere ICP-MS yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Alt limitler Au için 0,1 ppm olmak üzere As, Be, Sn, ve Zn için 1 ppm, Ba, Co, Hf, Nb, Rb, Se, Sr, Zr için 0,5 ppm'dir. Bi, Cd, Cs, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Ta, Th, Tl, U, W ve Y için ise 0,1 ppm'dir. Diğerleri 0,1 ppm'den azdır.

MTA analiz sonuçları İlbars, 2006'da, Acme laboratuvarlarının analiz sonuçları ise Çizelge 1-3'de verilmiştir.

Analizlerin Değerlendirilmesi

Çalışma sahasından alınan 4 adet mermer, 4 adet amfibol gnays ve 12 adet cevher örneğinden oluşan toplam 20 adet yüzey örneğinin Acme laboratuvarlarında yapılan jeokimya analiz sonuçlarına dayanarak; minimum-maksimum ve ortalama değerleri ile standart sapmaları hesaplanmış (Çizelge 1-3), aşağıda da bunların yorumlaması yapılmıştır.

Çalışma sahasından alınan 4 adet mermer örneğinin jeokimya analiz sonuçlarına genel olarak bakılacak olursa, bu örneklerde Pb içerikleri minimum 5,28 ppm ve maksimum 4126,92 ppm arasında olup, ortalama içeriğin 1052,31ppm olduğu görülmektedir. Bu değerlendirme Zn için yapılacak olursa, minimum 5,7 ppm ve maksimum 166,9 ppm arasında olup, ortalama içerik 62,68 ppm olarak bulunmaktadır. Cu miktarı 2,42 ppm ve 171,7 ppm arasında olup, ortalama içerik 49,98 ppm'dir. Fe miktarı yine minimum %0,01, maksimum %0,35 olup, ortalama %0,19 çıkmıştır. Ag'nin minimum içeriği mermerlerde 15 ppb iken maksimum içeriği 1774 ppb çıkmış ve ortalama içeriği 496,5 ppb hesaplanmıştır. Au'nun minimum miktarı 0,2 ppb, maksimum miktarı ise 24,9 ppb olup, ortalama içeriği 7,1 ppb çıkmıştır (Çizelge 1).

Bu değerlendirmenin aynısı, sırası ile 4 adet amfibol gnays ve 12 adet cevher örneği için de yapılmıştır. Amfibol gnays örneklerine bakıldığında bu örneklerde Pb'nin minimum miktarı 7,36 ppm iken, maksimum miktarı 1160,39 ppm olup, ortalama içeriği 401,1 ppm çıkmıştır. Zn miktarı minimum ve maksimum içerikleri sırası ile 37,4–3819 ppm olup, ortalama içeriği 1026,8 ppm'dir. Cu'nun amfibolitlerde minimum ve maksimum değer aralığı 8,73–223,88 ppm olup, ortalama içeriği 77,65 ppm bulunmuştur. Fe miktarı minimum %1,25 iken, maksimum miktarı %3,61 olup, ortalama içeriği %2,36 hesaplanmıştır. Ag'nin minimum ve maksimum içerikleri sırasıyla 7–237 ppb ve ortalaması 159,75 ppb'dir. Au miktarı için minimum içerik 0,5 ppb iken, maksimum içerik 14,03 ppb'ye çıkmış ve ortalaması 7,15 ppb çıkmıştır (Çizelge 2).

Cevherli olan 12 adet yüzey örneğindeki minimum ve maksimum Pb miktarları sıra ile 88,62–10000 ppm olup, ortalaması 6177,8 ppm'dir. Zn'nin minimum-maksimum içerikleri 129,1–10000 ppm olup, ortalaması 3580,29 ppm; Cu'nun cevherli örneklerdeki minimum-maksimum içerikleri 23,51–4135,86 ppm olup, ortalaması 1455,08 ppm; Fe'nin %0,31-%6,79 olup, ortalaması %2,57 olarak hesaplanmış, Ag'nin minimum içeriği 189 ppb, maksimum içeriği 51430 ppb ve ortalaması 19453,83 ppb çıkmıştır. Au miktarı ise minimum 0,6 ppb, maksimum 7651,3 ppb olup, ortalama 2019,76 ppb olarak bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 1. Acme laboratuvarlarında (Kanada) analizleri yapılan, mermer örneklerinin jeokimya sonuçlarına göre minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri.

Table 1. Minimum, maximum, standart deviation and arithmetic mean values of marble samples according to geochemical analyses carried out at Acme Laboratories (Canada).

ELEMENTLER	İÇERİK	MERMER							
		YL-7	YL-19	YL-79	YL-76	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma	Ortalama Değer
Fe	%	0,25	0,14	0,35	0,01	0,01	0,35	0,15	0,19
Ca	%	35,29	36,91	32,02	40	32,02	40	3,32	36,06
Mg	%	0,27	0,29	0,38	0,3	0,27	0,38	0,05	0,31
Al	%	0,02	0,02	0,13	0,01	0,01	0,13	0,06	0,05
Na	%	0,001	0,001	0,004	0,002	0,001	0,004	0	0
K	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01
P	%	0,01	0,009	0,017	0,007	0,007	0,017	0	0,01
Ti	%	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0	0
S	%	0,11	0,28	0,21	0,59	0,11	0,59	0,21	0,3
Mo	ppm	0,32	0,15	0,2	0,01	0,01	0,32	0,13	0,17
Cu	ppm	171,7	12,21	13,6	2,42	2,42	171,7	81,3	49,98
Pb	ppm	4126,92	64,5	12,52	5,28	5,28	4126,92	2049,91	1052,31
Zn	ppm	166,9	61,2	16,9	5,7	5,7	166,9	73,5	62,68
Ni	ppm	0,1	0,1	2,7	0,1	0,1	2,7	1,3	0,75
Co	ppm	0,9	0,3	3,9	0,2	0,2	3,9	1,74	1,33
Mn	ppm	485	281	505	29	29	505	221,77	325
As	ppm	7,6	5,5	2,6	0,1	0,1	7,6	3,28	3,95
U	ppm	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,4	0,15	0,18
Th	ppm	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,05	0,13
Sr	ppm	140	185,2	289,3	214,1	140	289,3	62,68	207,15
Cd	ppm	7,64	2,7	0,4	0,52	0,4	7,64	3,39	2,82
Sb	ppm	1,33	0,1	0,02	0,02	0,02	1,33	0,64	0,37
Bi	ppm	0,1	0,02	0,05	0,02	0,02	0,1	0,04	0,05
V	ppm	21	15	27	23	15	27	5	21,5
La	ppm	1,2	1,1	4,6	0,6	0,6	4,6	1,84	1,88
Cr	ppm	2,8	0,5	5,7	1,4	0,5	5,7	2,27	2,6
Ba	ppm	55,6	23,2	14,8	22,4	14,8	55,6	18,13	29
B	ppm	1	1	8	148	1	148	72,41	39,5
W	ppm	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	0,24	0,25
Sc	ppm	1,4	1,2	2,3	1,1	1,1	2,3	0,55	1,5
Tl	ppm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,02
Se	ppm	1,4	1	1,3	1,1	1	1,4	0,18	1,2
Te	ppm	0,08	0,05	0,14	0,09	0,05	0,14	0,04	0,09
Ga	ppm	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,5	0,2	0,2
Cs	ppm	0,44	0,34	0,34	0,03	0,03	0,44	0,18	0,29
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Hf	ppm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,02
Nb	ppm	0,13	0,07	0,07	0,05	0,05	0,13	0,03	0,08
Rb	ppm	0,6	0,5	0,8	0,2	0,2	0,8	0,25	0,53
Sn	ppm	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,06	0,15
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05
Zr	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Y	ppm	3,94	1,63	6,06	2,05	1,63	6,06	2,03	3,42
Ce	ppm	1,5	1,6	5,1	0,4	0,4	5,1	2,04	2,15
In	ppm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,02
Be	ppm	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	0,4	0,13	0,28
Li	ppm	0,2	0,1	2,1	0,1	0,1	2,1	0,98	0,63
Pd	ppb	10	10	10	10	10	10	0	10
Pt	ppb	2	2	2	2	2	2	0	2
Hg	ppb	16	5	47	5	5	47	19,86	18,25
Re	ppb	1	1	1	1	1	1	0	1
Ag	ppb	1774	73	124	15	15	1774	852,83	496,5
Au	ppb	24,9	2	1,3	0,2	0,2	24,9	11,89	7,1

Çizelge 2. Acme laboratuvarlarında (Kanada) analizleri yapılan, amfibol gnays örneklerinin jeokimya sonuçlarına göre minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri.

Table 2. Minimum, maximum, standart deviation and arithmetic mean values of amphibole gneiss according to geochemical analyses carried out at Acme Laboratories (Canada).

ELEMENTLER	İÇERİK	AMFİBOL GNAYS							
		YL-18/3	YL-14	YL-55	YL-82	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma	Ortalama Değer
Fe	%	2,49	3,61	1,25	2,07	1,25	3,61	0,98	2,36
Ca	%	3,16	0,66	5,35	0,88	0,66	5,35	2,2	2,51
Mg	%	1,3	1,3	0,43	0,45	0,43	1,3	0,5	0,87
Al	%	2,12	1,96	0,48	0,53	0,48	2,12	0,89	1,27
Na	%	0,089	0,004	0,006	0,014	0,004	0,089	0,04	0,03
K	%	0,17	0,32	0,01	0,02	0,01	0,32	0,15	0,13
P	%	0,01	0,081	0,006	0,017	0,006	0,081	0,04	0,03
Ti	%	0,062	0,074	0,025	0,001	0,001	0,074	0,03	0,04
S	%	0,54	0,34	0,18	0,17	0,17	0,54	0,17	0,31
Mo	ppm	0,01	0,13	0,01	0,16	0,01	0,16	0,08	0,08
Cu	ppm	36,69	223,88	8,73	41,31	8,73	223,88	98,54	77,65
Pb	ppm	64,37	1160,39	7,36	372,15	7,36	1160,39	530,97	401,07
Zn	ppm	161,4	3819	89,4	37,4	37,4	3819	1862,16	1026,8
Ni	ppm	12,3	44,7	0,1	2,6	0,1	44,7	20,54	14,93
Co	ppm	15,1	21,4	3,9	5,2	3,9	21,4	8,33	11,4
Mn	ppm	511	625	218	247	218	625	199,57	400,25
As	ppm	0,1	7,9	0,1	0,2	0,1	7,9	3,88	2,08
U	ppm	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,05	0,13
Th	ppm	0,1	7,3	2,8	3,6	0,1	7,3	2,97	3,45
Sr	ppm	39,3	5,2	31,7	10,8	5,2	39,3	16,34	21,75
Cd	ppm	5,7	10,68	0,19	0,21	0,19	10,68	5,04	4,2
Sb	ppm	0,1	1,03	0,08	0,33	0,08	1,03	0,44	0,39
Bi	ppm	0,05	0,44	0,05	0,29	0,05	0,44	0,19	0,21
V	ppm	68	124	16	22	16	124	50,05	57,5
La	ppm	0,5	16,4	1,7	10,2	0,5	16,4	7,5	7,2
Cr	ppm	16,4	98,6	0,5	2,6	0,5	98,6	46,59	29,53
Ba	ppm	113,2	84,7	14,7	151,2	14,7	151,2	57,67	90,95
B	ppm	103	149	114	144	103	149	22,49	127,5
W	ppm	0,1	3	0,1	0,1	0,1	3	1,45	0,83
Sc	ppm	6,2	12,5	2,1	2,3	2,1	12,5	4,86	5,78
Tl	ppm	0,04	0,14	0,02	0,02	0,02	0,14	0,06	0,06
Se	ppm	1,5	0,1	0,9	1,1	0,1	1,5	0,59	0,9
Te	ppm	0,16	0,13	0,07	0,02	0,02	0,16	0,06	0,1
Ga	ppm	4,9	9,7	2,9	3,1	2,9	9,7	3,16	5,15
Cs	ppm	2,61	6,84	0,06	0,23	0,06	6,84	3,16	2,44
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Hf	ppm	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,03	0,03
Nb	ppm	0,02	0,03	0,2	0,15	0,02	0,2	0,09	0,1
Rb	ppm	7,6	16,5	0,5	0,6	0,5	16,5	7,57	6,3
Sn	ppm	0,2	1	0,5	0,2	0,2	1	0,38	0,48
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,11	0,05	0,11	0,03	0,07
Zr	ppm	0,8	0,1	0,2	0,1	0,1	0,8	0,34	0,3
Y	ppm	2,46	9,76	4,81	5,9	2,46	9,76	3,04	5,73
Ce	ppm	1,4	45,4	4,1	20,5	1,4	45,4	20,21	17,85
In	ppm	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	0,03
Be	ppm	0,1	1,9	0,1	0,3	0,1	1,9	0,87	0,6
Li	ppm	14,9	10,9	4,6	5,2	4,6	14,9	4,91	8,9
Hg	ppb	34	95	9	21	9	95	38,22	39,75
Re	ppb	1	1	1	1	1	1	0	1
Ag	ppb	166	237	7	229	7	237	106,67	159,75
Au	ppb	2,5	14,3	0,5	11,3	0,5	14,3	6,69	7,15

Çizelge 3. Acme laboratuvarlarında (Kanada) analizleri yapılan, cevherli örneklerin jeokimya sonuçlarına göre minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri.

Table 3. Minimum, maximum, standart deviation and arithmetic mean values of ore samples according to geochemical analyses carried out at Acme Laboratories (Canada).

ELEMENTLER	İÇERİK	CEVHER							
		YL-45	YL-21.b	YL-53	YL-35	YL-24	YL-54	YL-10	YL-36
Fe	%	5,45	2,08	2,83	1,06	2,99	0,31	3,45	6,79
Ca	%	3,81	0,2	1,31	0,05	0,16	33,01	0,38	0,34
Mg	%	3,72	0,01	0,7	0,01	0,01	1,07	0,02	0,1
Al	%	3,2	0,05	1,1	0,03	0,02	0,2	0,04	0,09
Na	%	0,01	0,002	0,064	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001
K	%	0,06	0,02	0,14	0,02	0,01	0,06	0,03	0,01
P	%	0,058	0,076	0,068	0,009	0,031	0,018	0,07	0,035
Ti	%	0,065	0,001	0,087	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002
S	%	1,16	0,26	0,34	5,45	0,09	0,36	0,61	2,92
Mo	ppm	0,33	1,09	0,88	2,39	1,09	0,49	14,87	2,59
Cu	ppm	145,88	4135,86	134,51	2538,73	1929,6	48,85	2187,24	1544,35
Pb	ppm	562,72	10000	338,67	10000	10000	821,07	10000	10000
Zn	ppm	1129,8	6471,1	201,5	10000	202,8	1756,6	807,3	1496,1
Ni	ppm	57,4	9,2	110,4	2,9	5,3	0,7	18,6	19,5
Co	ppm	35,3	7,8	16,7	5	13,5	1,3	20,7	32,2
Mn	ppm	2479	110	519	71	75	199	86	124
As	ppm	62,8	14,9	4,2	4,2	44,6	0,8	23,7	117,3
U	ppm	0,1	0,5	0,1	1,2	0,2	0,3	0,5	1,3
Th	ppm	1,5	1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,5	0,1
Sr	ppm	144	17,9	20,4	1,6	3,6	539,8	6,5	22,1
Cd	ppm	1,9	17,13	1,57	1878,54	0,29	17,23	9,3	14,8
Sb	ppm	0,9	11,4	0,23	17,78	7,38	0,21	4,64	27,77
Bi	ppm	0,4	17,71	0,53	0,15	22,53	0,04	64,43	53,08
V	ppm	139	2	44	2	10	11	4	3
La	ppm	9,9	0,5	0,7	0,5	0,5	5,8	0,5	0,5
Cr	ppm	215,5	3	107,1	0,5	4,5	2,9	5	12,4
Ba	ppm	88,5	12,5	18,9	1,8	7	3,7	1,9	10,9
B	ppm	12	17	12	1	1	1	15	2
W	ppm	0,2	0,7	0,1	1,1	1,8	0,1	0,9	2,6
Sc	ppm	13,2	0,4	1,8	0,1	0,4	2	0,8	0,9
Tl	ppm	0,11	0,04	0,1	0,09	0,03	0,02	0,02	0,03
Ga	ppm	7,7	0,4	5	1,8	0,3	0,7	0,4	0,4
Cs	ppm	2,86	0,26	0,92	0,59	0,05	0,42	0,64	0,25
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
Hf	ppm	0,19	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nb	ppm	0,04	0,48	0,14	0,61	0,47	0,13	0,42	0,33
Rb	ppm	3,3	1,3	13,2	1,9	0,2	2,9	1,4	0,4
Sn	ppm	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zr	ppm	4,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Y	ppm	10,67	0,87	1,97	0,02	1,46	9,11	0,59	1,85
Ce	ppm	18,6	0,2	1,9	0,1	0,1	5,2	0,3	0,6
In	ppm	0,02	0,03	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,07
Be	ppm	0,8	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,3	0,4
Li	ppm	115,2	0,1	13,7	0,1	0,1	5,6	1	3,3
Se	ppm	0,5	2,2	1,3	0,1	1,2	1,1	0,7	3
Te	ppm	1,26	0,02	0,03	0,02	0,02	0,06	0,02	0,02
Hg	ppb	38	255	21	2933	47	24	131	107
Re	ppb	1	1	1	4	1	1	1	1
Ag	ppb	458	32125	1287	38003	21791	419	37387	51430
Au	ppb	0,6	2326,9	49,1	2571,4	2559,2	11,9	6221,9	7651,3

Çizelge 3. devam

Table 3. continues

ELEMENTLER	İÇERİK	CEVHER							
		YL-28	YL-66	YL-32	İL-2	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma	Ortalama Değer
Fe	%	1,03	1,15	1,91	1,75	0,31	6,79	1,91	2,57
Ca	%	0,11	1,1	0,12	4,06	0,05	33,01	9,33	3,72
Mg	%	0,05	0,58	0,01	0,06	0,01	3,72	1,07	0,53
Al	%	0,1	0,61	0,04	0,05	0,02	3,2	0,92	0,46
Na	%	0,001	0,045	0,003	0,001	0	0,06	0,02	0,01
K	%	0,04	0,06	0,01	0,01	0,01	0,14	0,04	0,04
P	%	0,028	0,035	0,049	0,038	0,01	0,08	0,02	0,04
Ti	%	0,001	0,102	0,001	0,001	0	0,1	0,04	0,02
S	%	0,33	0,1	0,6	0,16	0,09	5,45	1,6	1,03
Mo	ppm	0,77	0,09	1,29	5,75	0,09	14,87	4,15	2,64
Cu	ppm	1078,24	23,51	1197,61	2496,56	23,51	4135,86	1275,93	1455,08
Pb	ppm	10000	88,62	10000	2322,5	88,62	10000	4753,23	6177,8
Zn	ppm	10000	129,1	10000	769,2	129,1	10000	4221,11	3580,29
Ni	ppm	3,2	31,4	10,2	5,2	0,7	110,4	31,91	22,83
Co	ppm	5,3	8	10,5	4,2	1,3	35,3	11,01	13,38
Mn	ppm	244	118	91	128	71	2479	680,72	353,67
As	ppm	24,3	1,8	30,3	16,5	0,8	117,3	33,51	28,78
U	ppm	0,3	0,1	0,4	0,3	0,1	1,3	0,4	0,44
Th	ppm	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	1,5	0,43	0,41
Sr	ppm	9,2	12,4	3,8	15,1	1,6	539,8	154,05	66,37
Cd	ppm	148,62	0,86	274,24	24,15	0,29	1878,54	535,32	199,05
Sb	ppm	6,36	0,07	9,41	3,55	0,07	27,77	8,34	7,48
Bi	ppm	0,95	0,03	0,1	5,87	0,03	64,43	22,43	13,82
V	ppm	8	34	353	7	2	353	102,54	51,42
La	ppm	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	9,9	2,97	1,78
Cr	ppm	7,1	61,5	33	4,7	0,5	215,5	64,42	38,1
Ba	ppm	35	24	6,1	0,5	0,5	88,5	24,62	17,57
B	ppm	1	1	1	1	1	17	6,47	5,42
W	ppm	1,9	0,1	1,6	1	0,1	2,6	0,83	1,01
Sc	ppm	1,2	2,1	1,1	0,4	0,1	13,2	3,58	2,03
Tl	ppm	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,11	0,03	0,05
Ga	ppm	1,3	2,5	0,7	0,4	0,3	7,7	2,3	1,8
Cs	ppm	1,3	0,71	0,39	0,39	0,05	2,86	0,75	0,73
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,09	0,13
Hf	ppm	0,02	0,07	0,02	0,02	0,02	0,19	0,05	0,04
Nb	ppm	0,15	0,02	0,36	0,46	0,02	0,61	0,2	0,3
Rb	ppm	2,5	4,2	0,9	0,7	0,2	13,2	3,52	2,74
Sn	ppm	0,6	0,4	0,4	0,2	0,1	0,6	0,15	0,29
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05
Zr	ppm	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	4,5	1,26	0,53
Y	ppm	1,35	3,17	1,42	1,01	0,02	10,67	3,42	2,79
Ce	ppm	1,1	1	0,2	0,5	0,1	18,6	5,27	2,48
In	ppm	0,02	0,02	0,09	0,02	0,02	0,09	0,02	0,03
Be	ppm	0,5	0,1	0,9	0,1	0,1	0,9	0,26	0,36
Li	ppm	0,3	10,3	0,1	1,3	0,1	115,2	32,62	12,59
Se	ppm	3	0,9	0,7	0,9	0,1	3	0,94	1,3
Te	ppm	0,02	0,04	0,08	0,06	0,02	1,26	0,35	0,14
Hg	ppb	1361	5	460	52	5	2933	869	452,83
Re	ppb	1	1	1	1	1	4	0,87	1,25
Ag	ppb	22642	189	18568	9147	189	51430	17569,81	19453,83
Au	ppb	231,7	8,2	1002,9	1602	0,6	7651,3	2531,72	2019,76

Jeostatistik

Örnek sayısının ve analiz verilerinin fazla olması nedeniyle, bu bölümde korelasyon analizleri yöntemi denenmiştir. Korelasyon analizlerinde bazı değerlerin verilen rakamlardan büyük (>) biçiminde laboratuvarlar tarafından gösterilmesi nedeniyle, o rakamlar gerçek rakam biçiminde değerlendirilmeye sokulmuştur. Örneğin, Pb'nin >10000 şeklindeki laboratuvar sonucu, jeostatistik yorumda Pb=10000 biçiminde alınarak, jeostatistik yaklaşımlar sağlanmaya çalışılmıştır.

Korelasyon analizlerinde önce cevher örnekleri kendi içlerinde, daha sonra cevher-mermer örnekleri birlikte, sonra cevher-amfibolit örnekleri ve en sonunda cevher-mermer-amfibolit örnekleri beraber değerlendirmeye alınmıştır.

12 adet cevher örneğine özgü korelasyon katsayısı değerleri ve korelasyonda kullanılan element içerikleri, 12 adet cevher ile 4 adet mermer örneğine özgü korelasyon katsayıları ve element içerikleri, 12 adet cevher ile 4 adet amfibol gnays örneğine özgü korelasyon katsayıları ve element içerikleri ve 12 adet cevher, 4 adet mermer ile 4 adet amfibol gnays örneğinin korelasyon katsayıları ve element içerikleri İlbars, 2006'da sunulmuştur.

Korelasyon katsayısının çok sayıda olması ve nokta dağılımlarının anlamlı bir biçimde sergilenmesi amacıyla, korelasyon katsayısı yüksek olan çiftlere özgü grafiksel dağılımlar İlbars, 2006'da ayrıca verilmiştir. Aynı grafiksel dağılımlarda bazı elementlerin çok dar aralıklarda değişim göstermesi nedeniyle, aynı örneklerin log dağılımları da aynı çalışmada değerlendirmeye sokulmuştur. Şekil 27'de bu grafiksel dağılımlardan seçilen birkaç örnek sunulmaktadır.

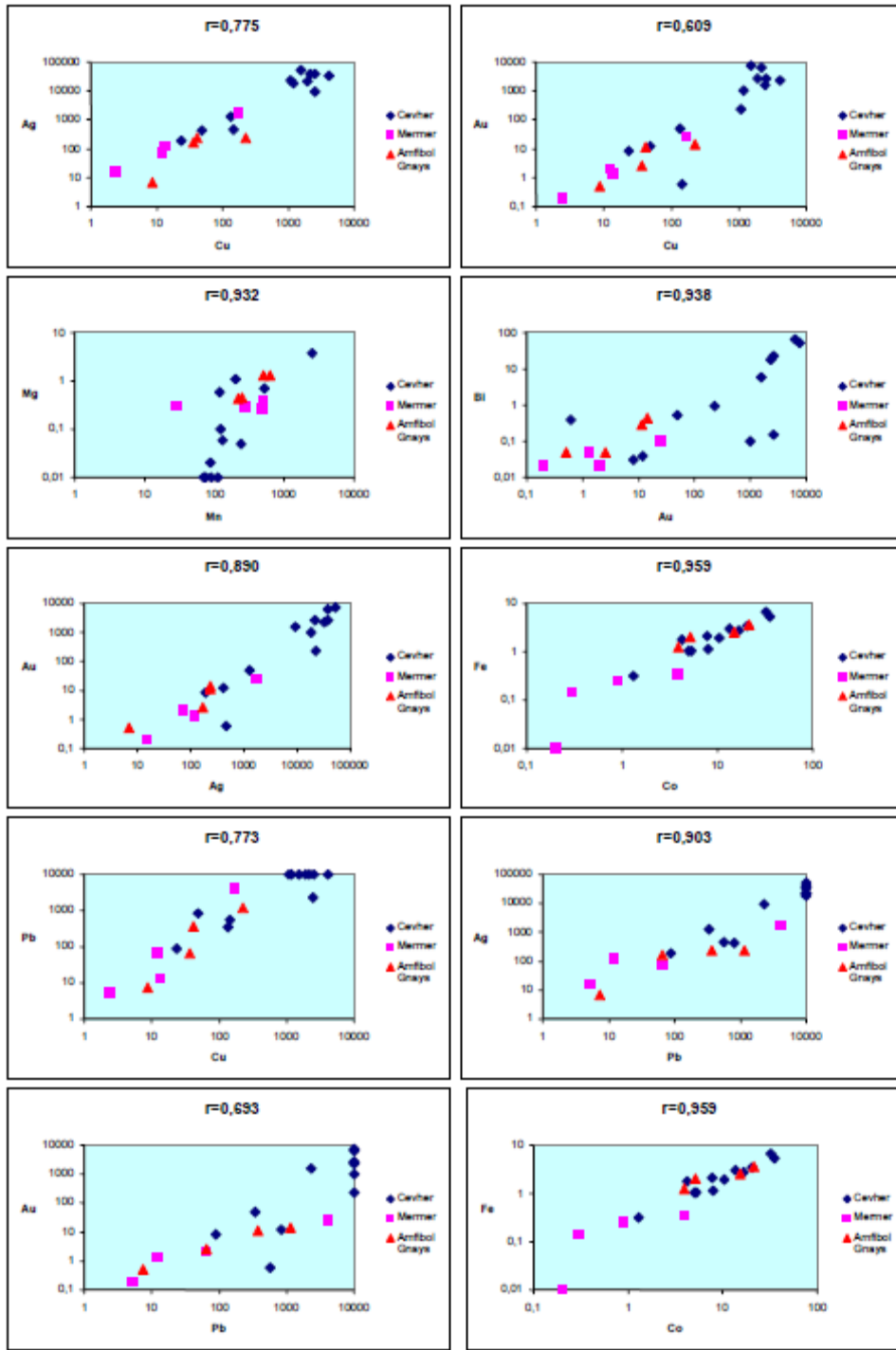
Cevher, mermer ve amfibol gnays örneklerine özgü element çiftlerine ait korelasyon katsayı değerleri incelendiğinde (İlbars, 2006), bir çok element çiftine ait korelasyon katsayısının olduğu görülmektedir. Tüm bu çiftlere ait korelasyon katsayıları içerisinde yüksek korelasyon katsayılı değerler (bu çalışmada $r > \sim +0,500$ ve $r < \sim -0,500$ değerleri herhangi bir istatistik yorumlama yapılmaksızın yüksek değerler olarak kabul edilmiştir) değerlendirilmeye çalışılacaktır.

Değerlendirmeyi daha da anlaşılır kılabilmek için, anlatımda element grup sıralamasında herhangi bir jenetik yorum yapılmaksızın istatistiksel programlar tarafından yapılan değerlendirmelere doğrudan bağlı kalınarak, aşağıdaki sıra tercih edilmiştir:

- Pb, Zn, Cu
- Au, Ag
- Fe, Mn, Ni, Co, Ti, Cr
- Ca, Mg, Ba
- K, Na, Al, Rb

Pb elementi; Zn, Ag, Au, Bi, Sb, Hg, W, Nb, In, U elementleri ile pozitif korelasyon gösterirken, Ti ve Y ile negatif korelasyon göstermiştir. Zn elementi; Sb, Cd, S, Hg, Nb, W ve U ile pozitif ilişkilidir. Cu elementi; Zn, Pb, Au, Ag, Bi, Sb, Nb, U elementleri ile pozitif ilişkilirken, Ca, Mg, Ba ve Y elementleri ile negatif korelasyon göstermiştir.

Au elementi; Bi, Sb, S, Ge, Nb, W ile pozitif, Y elementi ile negatif korelasyon sergilemiştir. Ag ise; Au, Bi, Sb, Fe, S, Hg, Ge, Nb, In, W ve U elementleri ile artan bir ilişki gösterirken, Ca, Mg, Ba, Ti ve Y elementleri ile azalan bir ilişki göstermiştir.



Şekil 27. Cevher, mermer ve amfibol gnays örneklerinin artan ilişkili element çiftlerinin log dağılımları.

Figure 27. Log distributions of positive relationships showing element pair at ore, marble and amphibole gneiss samples.

Fe elementi; Au, Al, As, Sb, Bi, P, Cr, Ga, Ge, Hf, Zr, In, Sc, W, Li elementleri ile pozitif, Ca ve Sr ile negatif korelasyon, Mn elementi; Al, Mg, Ti, Fe, Cr, Bi, Ga, Te, Tl, Sc, Zr, Ce, Cs, Hf, Y, Li ile pozitif, Ca ile negatif korelasyon sergilemiştir. Ni elementi; Fe, Mn, Ca, Cr, Mg, Ti, P, Na, K, Al, Rb, Ga, Tl, Sc, Li ile artan bir ilişki göstermiştir. Co elementi; Fe, Mn, Cr, P, Mg, Au, Bi, As, Al, Ga, Te, Tl, Sc, Cs, Zr, Be, Li, Hf, Ge ile pozitif, Ca ile negatif korelasyon göstermiştir. Ti elementi; K, Na, Al, Ga, Rb, Hf, Cs, Sc, Tl, Sn, Li ile artan bir ilişki içerisindeyken, Nb ile azalan bir ilişki sergilemiştir. Cr elementi; K, Al, Ti, Mg, Ga, Rb, Hf, Cs, Ce, Te, Tl, Y, Zr, Sn, Be, Li, Sc ile pozitif korelasyon göstermiştir.

Ca elementi; P, Nb, W ve Sn ile negatif korelasyon gösterirken, Mg elementi; Al, Ti, Ba, Ga, Te, Tl, Sc, Cs, Hf, Y, Zr, Se, Li ile pozitif, Nb ile negatif korelasyon göstermiştir. Ba elementi ise; K, Al, Ga, Be, Sc, Cs, Ta, Y, Ce ile pozitif, Nb ile negatif ilişki sergilemiştir.

K elementi; Rb, Ba, Y, Ga, Tl, Sc, Cs, Ce, Sn ile pozitif, Nb ile negatif, Na elementi; Rb, K ve Ga ile pozitif, Al elementi; Na, K, Rb, Zr, Y, Ce, Sc, Li, Be, Hf, Cs, Ga, Te, Tl, Sn ile pozitif, Nb ile negatif, Rb ise; Be, Sn ve Ce elementleri ile pozitif korelasyon göstermiştir.

Tüm örnekler için (cevher, mermer ve amfibol gnays) yukarıda anlatılmış olan element çiftlerine özgü korelasyon katsayıları değerlerinin yorumlanmasında ortaya çıkan sonuç, konunun daha anlaşılır ve daha düzenli sunulabilmesi düşüncesinde, Çizelge 4'de tablosal bir anlatım bütününde öz bir biçimde sunulmaya çalışılmıştır. Bu çizelgede, istatistik programları ile buluna bazı ilişkiler genetik açıdan değerlendirilerek bazı elementler çıkartılmıştır.

Korelasyon analizlerinde değerlendirmeye sokulmuş bulunan element çiftlerine özgü bazı elementlerin minimum, maksimum, ortalama

değer ve standart sapmalarının çok küçük aralıklar içerisinde değiştiği düşünüldüğünde, buraya kadar yapılan jeokimya-jeostatistik çalışmalarına göre özgünleşen yoğun element dağılımları göz önüne alınarak, kökensel yoruma daha anlamlı ulaşabilmek için, ön planda olan ve genetik anlam taşıyan elementlerin değerlendirilmesinin pratikte daha anlamlı olacağı düşünülmüştür. Bunun için tüm sonuçlar aşağıdaki biçimde bir kez daha yorumlanmıştır. Bu yorumlama olası kökensel anlamlar da göz önüne alınarak, Çizelge 5'da toplu biçimde sunulmuştur.

Tüm örnekler için yapılan korelasyon analizleri yorumlamaları yalnızca cevher örnekleri için yapıldığında (İlbars, 2006'da görüldüğü gibi) çok genel anlamda; Na, K, Mg, Cr, Ti elementlerinin bir grubu oluşturduğu, Cu, Pb, Ag'nin bir diğer grubu oluşturduğu görüşü ön plana çıkmaktadır. Cevher ve mermer örneklerine ait korelasyon tablosu değerlendirildiğinde (İlbars, 2006); Ca, Mg, Sr'un bir grubu oluştururken, Fe, Cu, Pb, Ag, Co elementlerinin bir diğer grupta yoğunlaştığı görülmüştür. Cevher ve amfibol gnays örneklerinin korelasyon katsayıları değerlendirildiğinde (İlbars, 2006); Na, Al, Ba, Mg, Ti elementleri bir grupta yoğunlaşırken, Cu, Pb, Ag elementlerinin diğer bir grupta yoğunlaştığı gözlenmiştir. Tüm örneklere (cevher, mermer ve amfibol gnays) özgü korelasyon katsayıları değerlendirildiğinde ise (İlbars, 2006), çok genel anlamda; Mg, Ca, Sr, Ti, Ba elementleri bir grubu oluştururken, Pb, Cu, Fe, Co elementleri diğer grubu oluşturmaktadır (Çizelge 5).

Çanakale-Altınoluk (Papazlık) mevki Pb-Zn cevher yatağına özgü tüm jeokimyasal ve jeostatistiksel veriler sonucu ortaya çıkmış bulunan element grupları, jeokimya-jeostatistik bölümünün son cümlesi olarak aşağıdaki biçimde özetlenmiştir:

1. GRUP- Pb, Cu, Ag, Fe, Co, (Mn)*, (Ni), (Zn), (Au); [cevher],
2. GRUP- Ti, Cr, Mg, Ca, Sr, Al; [bazık kayaç+karbonat],
3. GRUP- Na, K, Rb, Ba; [muhtemel hidrotermal etki].

*() içindeki elementlerin grup içindeki birbirleriyle olan ilişkileri çok kuvvetli değildir.

Çizelge 4. Tüm örneklerin (cevher, mermer ve amfibol gnays) analizlerine özgü element çiftlerinin birbiriyle olan ilişkileri ve olası anlamları.

Table 4. Relationships of element pairs and their probable meanings due to the whole (ore, marble and amphibole gneiss) sample analyses.

CEVHER	Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Co, Ag, Au Bi, Cd, Sb, Hg, As, P, Ba, S	* Ca, Sr, (Mg, Ti, Al)	Ba, Nb
	Ge, Ga, Sc, Ce, Te, Tl, In, W, U, Nb, Y, Zr, Hf	BAZİK BİLEŞİM + KARBONAT	HİDROTERMAL ETKİ(?)
BAZİK BİLEŞİM + MUHTEMEL HİDROTERMAL ETKİ	(Mg, Ti, Cr, Al, Na, K, Rb)		

() içindeki elementler her iki grupta da yer alabilirler.

*Çift çizginin sağ ve solundaki elementler kendi grupları içinde pozitif korelasyon (artan ilişkili dağılım), karşı gruplar arasında ise negatif korelasyon (eksilen ilişkili dağılım) sergilerler.

Çizelge 5. Cevher, cevher+mermer, cevher+amfibolit, cevher+mermer+amfibol gnays örneklerine özgü belli başlı elementlere ait jeostatistik birliktelikler.

Table 5. Geostatistical assemblages of some given elements at ore, ore+marble, ore+amphibole gneiss and ore+marble+amphibole gneiss associations.

CEVHER			
Na	Muhtemel hidrotermal etki	*	Cevher
K			
Ti	Bazik Bileşim	Pb	
Cr		Cu	
Mg		Ag	
CEVHER + MERMER			
Ca	Karbonat	*	Cevher
Mg		Pb	
Sr		Cu	
		Ag	
	Fe		
		Co	
CEVHER + AMFİBOL GNAYS			
Mg	Bazik bileşim	*	Cevher
Ti			
Al			
Na	Muhtemel hidrotermal etki	Pb	
Ba		Cu	
		Ag	
CEVHER + AMFİBOL GNAYS			
Mg	Bazik bileşim + karbonat	*	Cevher
Ca			
Sr			
Ti			
Ba	Muhtemel hidrotermal etki	Pb	
		Cu	
		Fe	
		Co	

*Çift çizginin sağ ve solundaki elementler kendi grupları içinde pozitif korelasyon (artan ilişkili dağılım), karşı gruplar arasında ise negatif korelasyon (eksilen ilişkili dağılım) sergilerler.

TARTIŞMA

Çanakkale-Altınoluk (Papazlık) mevki Pb-Zn cevherleşmelerinin köken tartışmasına girebilmek için, MVT (Mississippi Vadisi Tipi) yatakları ile SEDEX tip yataklarının genel özelliklerinin literatür çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmış kısa bir derlemesi olan Ayhan ve diğ., 1992'nin yayını esas alınarak, bu bölümde verilmesinde yarar görülmüştür.

MVT yataklar yakın çevrelerinde magmatik kayaların gözlenmediği, yanal olarak km² lere varan yaygın yayımlı, 10 m'den daha az kalınlıklı, basit mineralojili oluşumlardır. Özellikle düşük gümüş içerikli galenit, düşük demir içerikli sfalerit, flüorit ve barit, nadir pirit ve markasit mineralleri önemli bileşenleridir. Genelde cevherleşmeler damar şekilli olup, kıvrımlanmalarla ilişkili eklem dolguları ve çözelti-collapse (çöküntü) breş dolguları önemli yataklanma tiplerini oluşturmasına karşın, çoğunlukla dolomit ve dolomitleşmiş kireçtaşlarından oluşan sedimanter ana kayalarla katmanlanmış stratabound ornatma uyumsuzlukları biçiminde gelişim gösterirler. Çözelti aktiviteleri çok yaygındır. Bazı cevherleşmeler kesinlikle ornatma kökenliken, çoğu cevherleşmeler çözelti breşleri içinde boşluk dolguları biçiminde konumlanırlar. Çok büyük sedimanter havzaların kenarlarında, sığ derinliklerde ve yapısal açıdan pasif, orojenik olmayan alanlarda yer alırlar. Kökensel kriterleri açısından sinjenetik, diyajenetik ve epijenetik tipler olarak tartışılmalarına karşın (Ohle, 1959; Snyder, 1967; Anderson, 1975; Roedder, 1976; Vaughan ve Craig, 1978; Giordano ve Barner, 1981; Sverjensky, 1984; Guibert ve Park, 1986; Pratt, 1990), genelde Snyder, 1967'nin kriterlerine göre, epijenetik tip ve "şüpheli magmatik ilişkili yataklar" grubuna dahil olurlar.

SEDEX tip yataklar ise çoğunlukla Prekambriyen ve Paleozoyik yaşlı sedimanter ana kayaçlı litolojiler içerisinde yer alırlar. Galenit ve sfalerit minerallerinin çok yaygın olduğu, pirit ve pirotinlere sıkça rastlanıldığı mineralojileri tipiktir. Gümüş ve demir içerikleri yüksektir. Mineral zonlanmaları özgün özelliklerindedir. Derin deniz sedimanları içerisinde yataklanabilecekleri gibi sığ sedimanlar içinde de yer alabilirler. Karbonat ve şeyl ana kayaçlar içerisinde yer alan sinjenetik ve diyajenetik Pb-Zn cevherleşmeleri fazlaca incelenmiş örneklerindedir. Yatakların volkanizmayla doğrudan ilişkileri bulunmamasına rağmen, pek çok yatak bazı bölgesel volkanik aktiviteler ile aynı yaşlı veya stratigrafik dizilimindeki alt kesimlerinde önemli miktarlarda volkanik malzemenin yer aldığı havzalarda oluşurlar. Sediman anakayaçlı stratiform Cu,Pb-Zn yatakları volkanojenik masif sülfid yataklarından eşlik olundukları volkanizmanın bulunmaması ile MVT yataklarından ise sedimanların depolanmalarına göre erken mineralizasyon zamanı, ana sedimanlar ile daha büyük uyumluluk, daha yüksek demir sülfid ve Ag oran ve içerikleri ile ayrılırlar (Gustafson ve Williams, 1981; Large, 1981; Lydon, 1983; Edwards ve Atikson, 1986), (Çizelge 6).

Çizelge 6. MVT ve SEDEX tip yataklara özgü önemli parametreler (Pratt, 1990'dan genelleştirilmiştir).

Table 6. Some important parameters of MVT SEDEX type ore deposits (generalized from Pratt, 1990).

PARAMETRELER	MVT	SEDEX
Sıcaklık	~100-150 °C	~100-300 °C
Tuzluluk	1-3 m	0,5-3 m
pH	4-7	3,5-6
eS	10 ⁻³ -10 ⁻² m	10 ⁻³ -10 ⁻² m
fO ₂	10 ⁻⁵⁸ -10 ⁻⁴⁶	10 ⁻⁵⁰ -10 ⁻³⁸
Metaller	<u>Zn</u> , <u>Pb</u> , Fe, Cu, Ba	<u>Zn</u> , <u>Fe</u> , <u>Pb</u> , Cu, Ba, Ag
Rezerv	<10 ⁻⁶ ->10 ⁶ t	>10 ⁷ t
Tenör	4-6 % Zn+Pb	10-15 % Zn+Pb

Çok genel anlamda SEDEX ve MVT yataklar arasında kökensel kritik, sinjenetik ve epijenetik oluşum biçimlerinin tartışmasını bünyesinde barındırır. Cevherli eriyiklerin (metallerin ve/veya sülfidlerin) içinde yer aldıkları kayaçların birincil minerallerinin oluşumu esnasında mı, yoksa oluşumundan sonra mı ortama geldikleri tartışması, köken irdelemelerindeki problemin odağını teşkil eder. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, sinjenetik oluşumları (SEDEX) besleyen kanalların, epijenetik oluşumları (MVT) karakterize ettikleri konusunda iki oluşum tarzının birbiriyle ilişkili, oluşum mekanizmaları ve karakteristikleri açısından bir sürekliliğin devamlılığı oldukları biçiminde, birleştirilmiş modeller şeklinde modern bulgular da sunulmaktadır (Gustafson ve Williams, 1981; Pratt, 1990).

Çanakale-Altınoluk (Papazlık) Pb-Zn cevherleşmelerinde Pb-Zn-Cu-Au içerikleri, gerek mermer, gerek amfibol gnays, gerekse cevher örnekleri göz önüne alınarak yapılan Çizelge 7 aşağıda verilmiştir. Bu çizelgedeki

analizlerin tamamı MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu tablo dikkatli biçimde incelendiğinde, mermerler ve amfibol gnayslar içerisinde Pb, Zn, Cu ve Au elementlerinin bazı örneklerde yüksek içerikler sergiledikleri gözlenmektedir. Özellikle granit dokanağından uzak, aynı zamanda cevher ocağına da uzak olan mermer örneklerinde bu içeriklerin yüksek çıkması (hiçbir hidrotermal kirlenme olmadığı düşünüldüğünde), düşündürücüdür. Aynı şekilde cevher ocağına uzak amfibol gnays örneklerinde de Pb ve Zn değerlerinin yüksek çıkmasının anlamının anlaşılması bir gereklilik gibi gözükmemektedir.

Bu verilerin test edilebilmesi amacıyla bu defa Kanada Acme laboratuvarlarında aynı örnekler yeniden analiz edilmiş ve Pb, Zn, Cu ve Au içerikleri bu defa Çizelge 8'de sunulmuştur. Bu tabloda cevher ocağına uzak, ancak granit dokanağına yakın ve uzak konumda olan mermer örneklerin Pb-Zn-Cu içeriklerinin 5-20 ppm arasında değiştiği, ancak granitik etkiden kaynaklanan herhangi bir zenginleşmenin olmadığı gözlenmektedir.

Amfibol gnays örneklerinde ise, cevhere uzak amfibol gnayslarda Pb içerikleri 7-372 ppm, Zn içerikleri 37-89 ppm, Cu içerikleri ise 9-42 ppm arasında değişmektedir.

Bu koşullarda cevherin içerisinde yer aldığı mermer-amfibol gnays ardalımalı Fındıklı formasyonuna özgü litolojilerin, volkanosedimanter bir istifin metamorfizması sonucu oluştuğu düşünüldüğünde (Duru ve diğ., 2004), yukarıdaki sonuç anlam taşımaktadır. Kanada Acme laboratuvarlarında yapılan analizlerde (Çizelge 1-3), örneklerde Cr elementinin 215 ppm kadar, Co elementinin 35 ppm'e kadar, Ni elementinin 110 ppm'e kadar ve Ti elementinin 1020 ppm'lere kadar çıkabilmesi, volkanosedimanter istifin volkanitlerinin bazik volkanik kökenli olabileceğini ve istifin bazik volkanik+karbonat litolojilerinin ardalımalı çökmesinin bir sonucu olduğu doğrultusunda Duru ve diğ., 2004'ün düşüncelerine paralellik gösterdiğine, az örnekle yapılan analizlerde dahi olsa işaret edilebilmektedir.

Çizelge 7. MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılan bazı cevher elementlerine ait analiz sonuçları.

Table 7. Analytical results of some ore elements made in MTA General Directorate laboratories.

Örnek No		Pb	Zn	Cu	Au	
		ppm	ppm	ppm	ppb	
MERMER	YL-7	Cevher ocağına yakın mermer	760	300	142	<40
	YL-19	Cevher ocağına yakın mermer	47100	680	<5	<40
	YL-79	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağına yakın)	290	30	<5	<40
	YL-76	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağından uzak)	47100	300	<5	<40
AMFİBOLİT	YL-18/3	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	40800	200	<5	<40
	YL-14	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	754	3400	182	<40
	YL-55	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	28000	200	<5	<40
	YL-82	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	47100	1080	<5	40
CEVHER	YL-45	Galenitce fakir cevher	47100	800	95	40
	YL-21.b	Galenitce zengin cevher	88	5200	3880	2030
	YL-53	Sfaleritce fakir cevher	320	200	82	<40
	YL-35	Sfaleritce zengin cevher	2200	64200	2600	2200
	YL-24	Kalkopiritce zengin cevher	3540	2600	1860	1920
	YL-54	Kalkopiritce fakir cevher	64	1600	8	80
	YL-10	Altın minerali içeren cevher	16	800	125	7100
	YL-36	Altın minerali içeren cevher	18	1600	1692	6000
	YL-28	Altın minerali içeren cevher	102	47600	1108	210
	YL-66	Rutilce zengin cevher	1260	200	<5	<40
	YL-32	Rutilce fakir cevher	42	29200	1200	1900
	İL-2	Altın minerali içeren cevher	310	600	24	2300

Bu koşullarda amfibol gnays ve mermer örneklerinin metamorfizma öncesindeki bünyelerinde bulunabilecek çok düşük ppm mertebelerindeki Pb, Zn, Cu element konsantrasyonları, metamorfizma ve deformasyonun etkisi ile yapıyı kateden kırık sistemlerinde daha zengin cevher kütlelerine neden olabilirler. Bununla birlikte, metamorfizma öncesindeki olası element zenginleşmelerinin MVT ve SEDEX oluşumlar bağlamında değerlendirilmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Gerek MVT, gerekse SEDEX tip element zenginleşmelerinin, mermerlerin metamorfizma öncesi eşleniği olan karbonatlar içerisinde veya amfibol gnaysların metamorfizma öncesi eşleniği olan bazik volkaniklerin içinde aranması doğal bir süreçtir. Ancak daha sonradan oluşmuş kırık zonlarındaki mobilizasyonların (\pm granitik kayaç etkileri ve granitik sıvılar), bugünkü cevherin şekillenmesinde etkin olabileceği gerçeği de gözden kaçırılmamalıdır.

Çizelge 8. Kanada ACME laboratuvarlarında yapılan bazı cevher elementlerine ait analiz sonuçları.

Table 8. Analytical results of some ore elements made in Acme Laboratories, Canada.

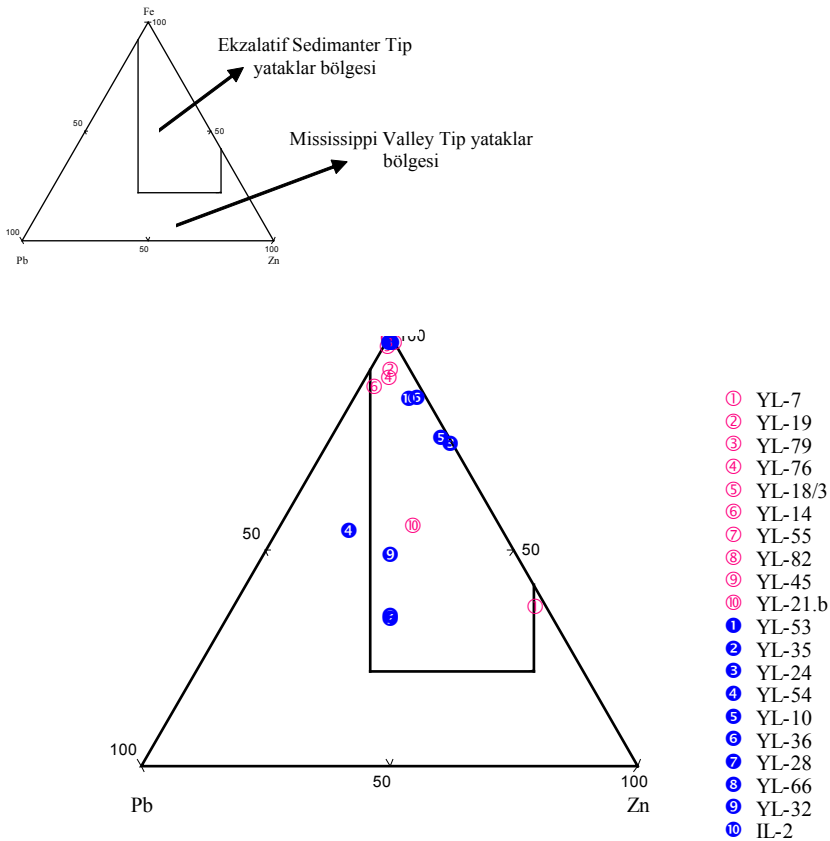
Örnek No			Pb	Zn	Cu	Au
			ppm	ppm	ppm	ppb
MERMER	YL-7	Cevher ocağına yakın mermer	4126.92	166.9	171.70	24.9
	YL-19	Cevher ocağına yakın mermer	64.50	61.2	12.21	2.0
	YL-79	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağına yakın)	12.52	16.9	13.60	1.3
	YL-76	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağından uzak)	5.28	5.7	2.42	<0.2
AMFİBOLİT	YL-18/3	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	64.37	161.4	36.69	2.5
	YL-14	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	1160.39	3819.0	223.88	14.3
	YL-55	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	7.36	89.4	8.73	0.5
	YL-82	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	372.15	37.4	41.31	11.3
CEVHER	YL-45	Galenitce fakir cevher	562.72	1129.8	145.88	0.6
	YL-21.b	Galenitce zengin cevher	>10000	6471.1	4135.86	2326.9
	YL-53	Sfaleritce fakir cevher	338.67	201.5	134.51	49.1
	YL-35	Sfaleritce zengin cevher	>10000	>10000	2538.73	2571.4
	YL-24	Kalkopiritce zengin cevher	>10000	202.8	1929.60	2559.2
	YL-54	Kalkopiritce fakir cevher	821.07	1756.6	48.85	11.9
	YL-10	Altın minerali içeren cevher	>10000	807.3	2187.24	6221.9
	YL-36	Altın minerali içeren cevher	>10000	1496.1	1544.35	7651.3
	YL-28	Altın minerali içeren cevher	>10000	>10000	1078.24	231.7
	YL-66	Rutilce zengin cevher	88.62	129.1	23.51	8.2
	YL-32	Rutilce fakir cevher	>10000	>10000	1197.61	1002.9
	İL-2	Altın minerali içeren cevher	2322.50	769.2	2496.56	1602.0

YORUM

Kimyasal analiz sonuçları Şekil 28’de görülen Fe, Pb ve Zn üçgen diyagramı üzerine taşındığında, gerek yankayaçlar, gerekse cevher örneklerinin tamamı ekzalatif sedimanter tipe özgü alan içinde yer almaktadır. Aynı sonuçlar Şekil 29’da gösterilen Cu, Ag $\times 10^3$ ve Pb+Zn üçgen diyagramı üzerine taşındığında ise, yine örneklerin tamamına yakın bir kısmı ekzalatif sedimanter tipe (SEDEX’e) yakın alanda yoğunlaşmaktadır.

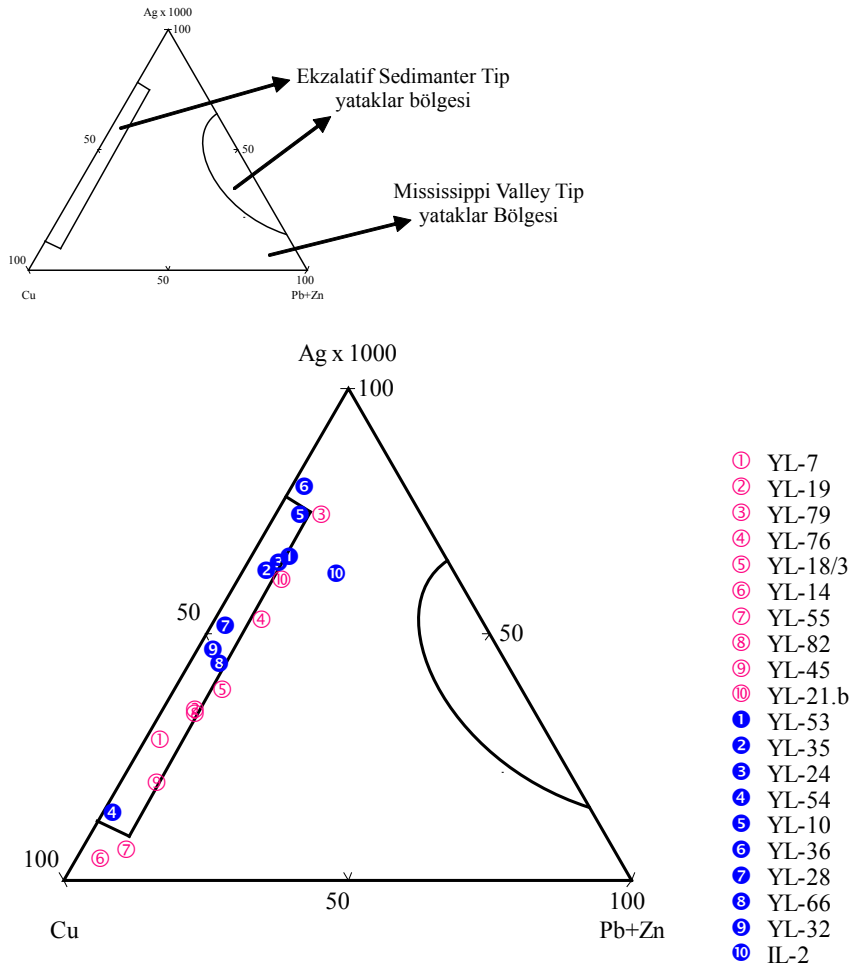
Bukoşullardacevherleşmeye metal sağlayan elementlerin kaynağının, metamorfizma öncesi SEDEX tipe yakın olabileceği (karbonatlar içerisinde olabilecek MVT tip zenginlikleri

de göz ardı etmemek koşuluyla), ancak daha sonraki metamorfizma ve deformasyon etkisi ile bu element konsantrasyonlarının kırıklar boyunca daha da zenginleşeceği düşünülmektedir. Buradaki kritik nokta yukarıda sunulmuş modelde sistemi etkileyen eriyik ve sıvıların metamorfik+meteorik sular ağırlıklı sıvılardan oluştuğu gerçeğidir. Ancak bölgede (harita alanı içerisinde) granitik kayalara rastlanılmış olması ile, zenginleşmeye özgü hidrotermal döngü içerisinde magmatik sıvıların da sisteme dahil olabileceği gerçeğinden uzak kalınmamalıdır. Konvektif sistemler içerisinde tüm bu sıvıların birlikte hareket edebileceği karışık sıvılar da, aynı modelde öncülük edebilirler.



Şekil 28. Pb- Zn-Fe üçgen diyagramı (Gustafson ve Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 ve Pratt, 1990’dan alınmıştır).

Figure 28. Pb-Zn-Fe triangle diagramme (after Gustafson and Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 and Pratt, 1990).



Şekil 29. Cu- $Ag \times 10^3$ - Pb+Zn üçgen diyagramı (Gustafson ve Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 ve Pratt, 1990'dan alınmıştır).

Figure 29. Cu- $Ag \times 10^3$ - Pb+Zn triangle diagramme (after Gustafson and Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 and Pratt, 1990).

Bu çalışma bir yüksek lisans tez çalışması kapsamında elde edilebilen veriler ışığında oluşturulmuştur. Cevherleşmenin kökensel anlamda daha iyi anlaşılabilmesi, ileride çok sayıda örnekle yapılacak; sıvı kapanım, tuzluluk ve izotop çalışmaları ile mümkün olabilecektir.

Bu çalışma ile metamorfizma öncesi SEDEX ağırlıklı element zenginleşmelerinin, metamorfizma sırasında ve sonrasındaki etkileşimlerle (\pm granitik etkiler ?), bugünkü konumlarını alabileceği varsayımına işaret edilmektedir.

SONUÇLAR

1. Çalışmada Çanakkale-Altınoluk (Papazlık) ilçesi çevresinde yüzeyleyen Fındıklı formasyonuna özgü, amfibol gnays ve mermerler içerisinde, yer yer yan kayaçlar ile uyumlu, yer yer de yan kayaçları kateden, Pb-Zn cevherleşmesinin köken araştırmaları amaçlanmıştır.

2. Çalışma sahasında jeolojik ve mineralojik çalışmalarla; Fındıklı formasyonuna ait muhtemel amfibolit fasiyesinde metamorfize olmuş farklı kimyalardaki amfibol gnayslar ile şist ve mermerler ile Biga Yarımadası granitoidlerine özgü granitik kayaçlar ve Küçükkuyu formasyonuna ait volkanik kayaçlar tanımlanmıştır.

3. Cevherli seviyeler içerisindeki cevher mineralleri; galenit, pirit, kalkopirit, sfalerit, pirotin, altın, hematit, rutil, ilmenit ve ornatım ürünleri olarak; limonit, malahit ve kovellinden oluşmaktadır.

4. Jeokimya çalışmalarına göre, mermer örneklerinde ortalama içerikler; Pb için 1052 ppm, Zn için 63 ppm, Cu için 50 ppm, Fe için %0,19, Ag için 497 ppb ve Au için 7 ppb biçiminde değişmektedir. Amfibolit örneklerinde ortalama içerikler; Pb için 401 ppm, Zn için 1027 ppm, Cu için 78 ppm, Fe için %2,36, Ag için 16 ppb ve Au için 7 ppb şeklindedir. Cevher örneklerinde ise ortalama içerikler; Pb için 6178 ppm, Zn için 3580 ppm, Cu için 1455 ppm, Fe için %2,57, Ag için 19453 ppb ve Au için 2020 ppb'dir.

5. Jeostatistik çalışmalar sonucunda, 3 grup element birlikteliği saptanmıştır. Bunlardan 1. grup cevherli zona ait olup; Pb, Cu, Ag, Fe, Co, \pm Mn, \pm Ni, \pm Zn ve \pm Au elementleri ile karakterize edilmektedir. 2. grup bazik kayaçlar ve karbonatları karakterize etmekte olup; Ti, Cr, Mg, Ca, Sr ve Al beraberliği ile şekillenir. 3. ve son grup ise; Na, K, Rb

ve Ba element birlikteliğinden oluşmakta olup, olasılıkla hidrotermal etkilere işaret etmektedir.

6. Cevher, mermer ve amfibolit örneklerinde karşılaşılmış bulunan kısmen yüksek Cr, Ni, Co ve Ti element içerikleri, Fındıklı formasyonuna ait litolojilerin metamorfizma öncesi eşleniklerinin, bazik volkanik ve karbonat litolojilerinin ardalımalı çökelişi olabileceği biçimindeki Duru ve diğ., 2004'ün düşünceleriyle örtüşmektedir. Anılan istifin metamorfizma öncesi MVT ve SEDEX tip element zenginleşmelerini bünyesinde barındırabileceği ve daha sonraki metamorfizma ve deformasyonların etkileri ve de olası granitik kayaç ve granitik sıvı etkileri ile bugünkü cevherin şekillenmesine etkin olabileceği yönünde bir model de gözden uzak tutulmamalıdır.

7. Bu çalışma çatısı altında; Fe, Pb, Zn, Cu, Pb+Zn ve $Ag \times 10^3$ üçgen diyagramlarında ortaya konulan metamorfizma öncesi SEDEX ağırlıklı element zenginleşmelerinin, metamorfizma sırasında ve sonrasındaki etkileşimlerle (\pm granitik etkiler ?) bugünkü konumlarını alabileceği varsayımına ulaşılmış bulunmaktadır.

TEŐEKKÜR

Bu alışma, 1. yazarın 2. ve 3. yazarların denetiminde Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlamış olduğu Yüksek Lisans çalışmasının bir özetidir. Yazarlar makaleyi okuyarak değerli kritikleri yapan ve tez çalışmasının çeşitli aşamalarında katkıları bulunan; Cem SARAÇ (H.Ü.) ve Y. Kaan KADIOĐLU'na (A.Ü.) müteşekkirdir. Ayrıca saha çalışmalarındaki katkıları nedeniyle; Mehmet DURU (MTA) ve Yalçın ŞENTÜRK'e (DSİ) teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Anderson, G.M. 1975. Precipitation of Mississippi Valley type ores. *Econ. Geol.*, 70; 937-942.
- Ayhan, Y., Ünlü, T. ve Sayılı, S. 1992. Keban (Elazığ) kurşun-çinko cevherleşmelerinin kökenine bir yaklaşım: Ön çalışma. *M.T.A. Dergisi* 114, s. 47-70, Ankara.
- Bingöl, E. 1968. Contribution a l' etude geologique de laportie centrale et sud. Est du Masif de Kazdağ (Turquie). These Fac. Sci. Univ., 189 p., Nancy (Fransa).
- Bingöl, E. 1969. Kazdağ Masifi'nin merkezi ve güneydoğu kısmının jeolojisi. *M.T.A. Enst. Dergisi*, Sayı 72, s. 110-123, Ankara.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. 1973. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, M.T.A., s. 70-77, Ankara.
- Birgi, Ş.E. 1943. Avcılar ve Altınoluk (Papazlık) kurşun madenleri hakkında iptidai rapor. *M.T.A. Rapor No: 1455* (yayınlanmamış).
- Çetinkaya, N., Karul, B., Yenigün, K. ve Önal, R. 1983. Türk-Alman projesi Biga Yarımadası metalik madenler (Pb-Zn-Cu) arama projesi raporu. *M.T.A. Rapor No: 7745* (yayınlanmamış).
- Dönmez, M., Aksoy, E.A., Genç, Ş.C., Ilgar-Atıcı, Y., Eyüpoğlu, M., Acar, Ş. ve Yavaş, F. 2005. Biga Yarımadası'nda Eosen yaşlı denizel ignimbitlerin varlığı. 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı, bildiri özleri kitapçığı, s. 278.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F. and Kar, H. 2004. New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in northwest Turkey. *Turkish journal of Earth Sciences' A special issue commemorating, Okan Tekeli'*, pp. 177-186.
- Edwards, R. and Atkinson, K. 1986. Ore deposit geology and its influence on mineral exploration. Chapman and Hall, 466 p., London-New York.
- Giordano, T.H. and Barnes, H.L., 1981. Lead transport in Mississippi Valley type ore solutions. *Econ. Geol.*, 76; 2200-2211.
- Göksu, E. 1955. Edremit-Kalabak köyü bölgesinde yapılan detay jeoloji ve prospeksiyon etüdüleri hakkında rapor. *M.T.A. Rapor No: 2267* (yayınlanmamış).
- Gözler, M.Z., Ergül, E., Akçaören, F., Genç, Ş., Akat, U. ve Acar, Ş. 1984. Çanakkale Boğazı doğusu Marmara Denizi güneyi Bandırma- Balıkesir- Edremit ve Ege Denizi arasındaki alanın jeolojisi ve komplikasyonu. *M.T.A. Rapor No: 7430* (yayınlanmamış).
- Guilbert, J.M. and Park, C.F. 1986. The geology of ore deposits. W.H. Freeman and Company, 985 p., New York.
- Gustafson, L.B. and Williams, N. 1981. Sediment-hosted stratiform deposits of copper, lead and zinc. Skinner, B.J.(ed.). *Econ. Geol.* 75. anniversary volume, 139-178, Amsterdam.