

Gümüşler (Niğde) yöresi $Sb \pm Hg \pm W$ cevherleşmelerinin jeolojik, mineralojik ve altın potansiyeli yönünden incelenmesi

*Geological and mineralogical investigation of the Gümüşler (Niğde) $Sb \pm Hg \pm W$
occurrences and implications on their gold potential*

Miğraç AKÇAY Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Öz

Gümüşler yöresinde iki tip cevherleşme ayırdedilir: 1) $Sb \pm Hg \pm W$ damarları ve onlara eşlik eden ornatma şeklindeki Ba-Sb cevherleşmeleri, 2) breşik zonlarda saçınım ve damarcıklar halinde görülen $Hg \pm Sb$ oluşukları. Damar tipi cevherleşmeler genellikle D-B doğrultulu ve kuzeye eğimli faylar boyunca mermerler ve gnayslar içinde ve nadiren de mermer-gnays dokanaklarında bulunurlar. Damarlara eşlik eden ornatma zonları, kırık zonları ve KD ya eğimli faylar boyunca mermerler içinde ve mermer-gnays dokanaklarında gelişirler. Bu zonlar yapısal olarak $Sb \pm Hg \pm W$ damarlarının üzerinde bulunur.

Gümüşler yöresi cevherleşmeleri, şelit, barit, antimonu, zinober, Sb-sülfotuzlar ve altından oluşan kompleks bir mineralojik bileşime sahiptir. Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe cevherleşmesinde 37.3 ppm e kadar ulaşan altın, zinober oluşum safhasına eşlik eder ve yerel olarak yüzeye yakın zonlarda oluşur. Altınca zengin zonlar, bu zonların boyutlarının küçüklüğü nedeniyle ekonomik değildirlir. Gümüşler yöresi cevherleşmelerinde en yaygın alterasyon tipi silisleşme olup, dolomitleşme, kaolinleşme, serizitleşme, kloritleşme, turmalinleşme ve epidotlaşma buna eşlik eder.

Rasih-Ihsan zuhuru, bazıları altere olmuş ve $Sb \pm Hg \pm W$ damarlarınca kesilmiş olan Senomaniyen yaşlı aplit-mikropegmatit daykalarıyla yakın bir ilişki gösterir. Buna göre cevherleşmenin yaşı Senomaniyen sonrasıdır. Bu yakın ilişki Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zuhurunda da görülür. Bu zuhurda yüksek altın değerleri, breşleşmiş felsik daykların bulunduğu zonlardan elde edilmiştir, iki zuhurda da izlenen cevherleşmeyle dayklar arasındaki bu yakın ilişki, Gümüşler yöresindeki cevherleşmelerin genetik olarak mağmatizma sonrası sınırlara bağlı olduğunu gösterebilir.

Anahtar Sözcükleri: Gümüşler (Niğde), $Sb \pm Hg \pm W$ cevherleşmeleri, jeoloji, mineraloji, altın potansiyeli.

Abstract

Two types of deposits can be differentiated in the Gümüşler area: 1) veins of $Sb \pm Hg \pm W$ and associated replacement type Ba-Sb mineralization, 2) disseminations and vein lets of $Hg \pm Sb$ in brecciated zones. The vein deposits are localised along E-W trending and N-dipping faults mainly in marbles, and along marble-gneiss contacts. Replacement type Ba-Sb mineralization occurs in fractures and along NE-dipping faults in marble and marble-gneiss contacts, and are structurally above the associated $Sb \pm Hg \pm W$ veins.

The Gümüşler deposits have a diverse mineralogy including scheelite, barite, stibnite, cinnabar, Sb-sulphosalts and gold. Gold is associated with cinnabar deposition stage, and is locally enriched in near surface zones with concentrations as high as 37.3 ppm at the Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe prospect, but is not economically viable. Silicification is the dominant wall rock alteration at the mineralized locations of the Gümüşler area but dolomitisation, kaolinisation, sericitisation, chloritisation, tourmalinisation and epidotisation also occur at the periphery of the mineralization.

There is a spatial relationship between the Rasih-Ihsan deposit and the felsic dykes of Cenomanian age some of which are hydrothermally altered and cut by the $Sb \pm Hg \pm W$ veins. This indicates a post-Senomaniyen age for mineralization in the Gümüşler area. A similar relationship is also observed at the Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe prospect. In this prospect, high gold concentrations are spatially associated with brecciated felsic dykes. This close relationship between mineralization and felsic dykes present in both occurrences may indicate that mineralization in the Gümüşler area is genetically related to post-magmatic fluids associated with the granitic magmatism.

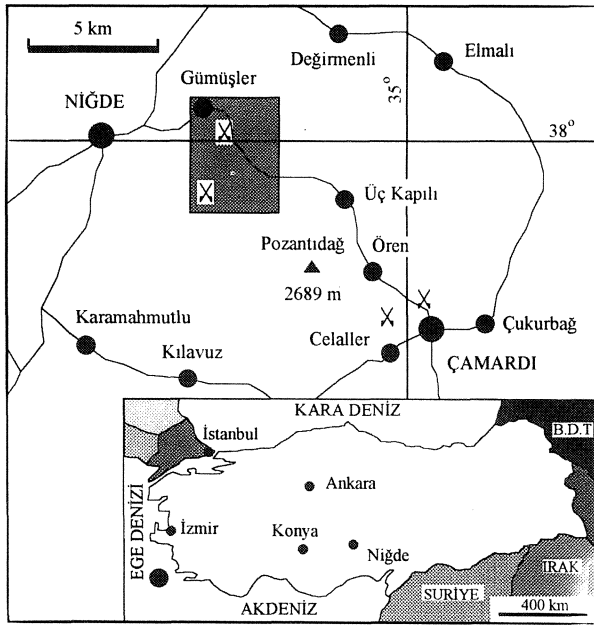
Key Words: Gümüşler (Niğde) $Sb \pm Hg \pm W$ occurrences, gology, mineralogy, gold potential.

GİRİŞ

Niğde ilinin yaklaşık 5 km doğusunda bulunan Gümüşler yöresi (Şekil 1) içerdiği antimonit cevherleşmeleri nedeniyle Türk madenciliğinde önemli bir yere sahiptir. Yörede geçmişte işletilmiş olan çok sayıda $Sb \pm Hg$, $Sb + Hg$, $Sb \pm Hg \pm W$ ve $Hg \pm Sb$ cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi Rasih-Ihsan $Sb + Hg \pm W$ zuhuru, Armutlar Tepe ve Sivrisi Tepe $Sb \pm Hg$ zuhurları, Ekinlik Tepe ve Mehmetler Yurdu

Sivrisi Tepe $Hg \pm Sb$ cevherleşmeleridir (Şekil 2). 1970'li yıllara kadar galeri ve yarmalarla işletilmiş olan bu cevherleşmeler içerisinde en fazla cevher üretimi Rasih-Ihsan zuhurunda yapılmıştır (Dennis, 1970 ve Yıldız, 1978).

Şu anda cevher üretimi yapılmayan bu zuhurlar altın bakımından bir potansiyel olarak jeolojik önemini günümüze kadar sürdürmüştür. Niu Gini madencilik şirketi 1989-1992 yılları arasında cevherleşmeler çevre-



Şekil 1. Çalışma sahasının yer buldum haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

sinde faaliyet göstermiş, yarma ve sondaj çalışmalarıyla sahada altın aramaları yapmıştır (Akçay, 1994a). Arama faaliyetleri, daha çok Melimetler Yurdu Sivrisi Tepe zuhuru (Şekil 2) çevresinde yoğunlaştırılmış ve iki sondaj yapılmıştır. Sondajlar, yörede bulunan gossan özellikleri taşıyan breşik kütleleri dik olarak kesecek biçimde, yaklaşık güneye doğru 45°'lik eğimle yapılmıştır. Sondaj sonuçları beklenen derecede olmadığından, şirket sahadaki arama çalışmalarından vazgeçmiştir.

Bu çalışmada Gümüşler yöresi antimon, civa ve şelit cevherleşmelerinin jeolojik ve mineralojik özellikleri açıklanmakta ve detaylı çalışmalar sonucunda varlığı tesbit edilmiş olan yeni bir minarelden bahsedilmektedir. Ayrıca, Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe Hg±Sb zuhuru çevresinde açılan yarma ve sondajlardan toplanan örneklerden yapılan kimyasal analizlerin sonuçları verilerek, hem yüzeyde ve hem de derinliğe bağlı olarak element dağılımı profilleri sunulmaktadır.

STRATİGRAFI

Gümüşler yöresi, amfibol itiasiyesinde metamorfizmaya uğramış birimlerin yer aldığı Niğde masifi içerisinde bulunmaktadır (Kleyn, 1970; Özgüneyli, 1978; Göncüoğlu, 1981; Oygür ve diğerleri, 1984 ve Gizaw 1992). Masifin tabanında, amfibolü, kuvarsit ve mermer bantları içeren gnaysların hakim olduğu Gümüşler formasyonu bulunmakta olup, bu formasyon az miktarda gnays, kuvarsit ve amfibolit bantları içeren mermerlerin baskın olduğu Kaleboynu formasyonu tarafından üstlen-

mektedir. Mermerlerin yaygın olarak bulunduğu Aşığediği formasyonu uyumsuz olarak bu formasyonların üzerinde bulunmaktadır (Şekil 2; Göncüoğlu, 1981).

Bu metamorfik taban kayaları, en iyi yüzeylenciyi çalışma sahası dışında veren Üç Kapılı graniloidi (Göncüoğlu, 1986) tarafından kesilmiştir. Bu graniloid ait, çapları 50 m'yi geçmeyen granitik kütleler çalışma sahasında da görülmektedir (Şekil 2). Granitik mağmazmanın son ürünleri, çalışma sahasında ve özellikle cevherleşmeler çevresinde yaygın olarak bulunan aplitik, mikro-pegmatitik ve granitik dayklardır. Bu dayklar, genellikle 50-100 m boyunda ve 5-10 m genişliğinde olmakla birlikte, genişlikleri 1 m'den küçük ve 50 m'den büyük olanları da bulunmaktadır. Tüm kayalar üzerinde yapılan Rb/Sr radyometrik yaş tayinlerine göre Üç Kapılı granitoidi Scnomaniyen yaşlıdır (95±11 milyon yıl; Göncüoğlu, 1986). Granitlerin metamorfizma geçirmemiş olmaları ve tabanda bulunan metamorfikleri (Niğde masifi) kesmiş olmaları nedeniyle, masifin yaşı Scnomaniyen öncesi olarak verilebilir.

Yapılan tüm kayaç K/Ar radyometrik yaş tayinlerine göre Geç Miyosen-Erken Pliosen yaşlı (4.9-5.5±0.2 milyon yıl; Ercan, 1986) oldukları tesbit edilen ignimbirit ve riyolilik tüfler çalışılan saha ve yakın çevresinde görülen en genç volkanik birimlerdir.

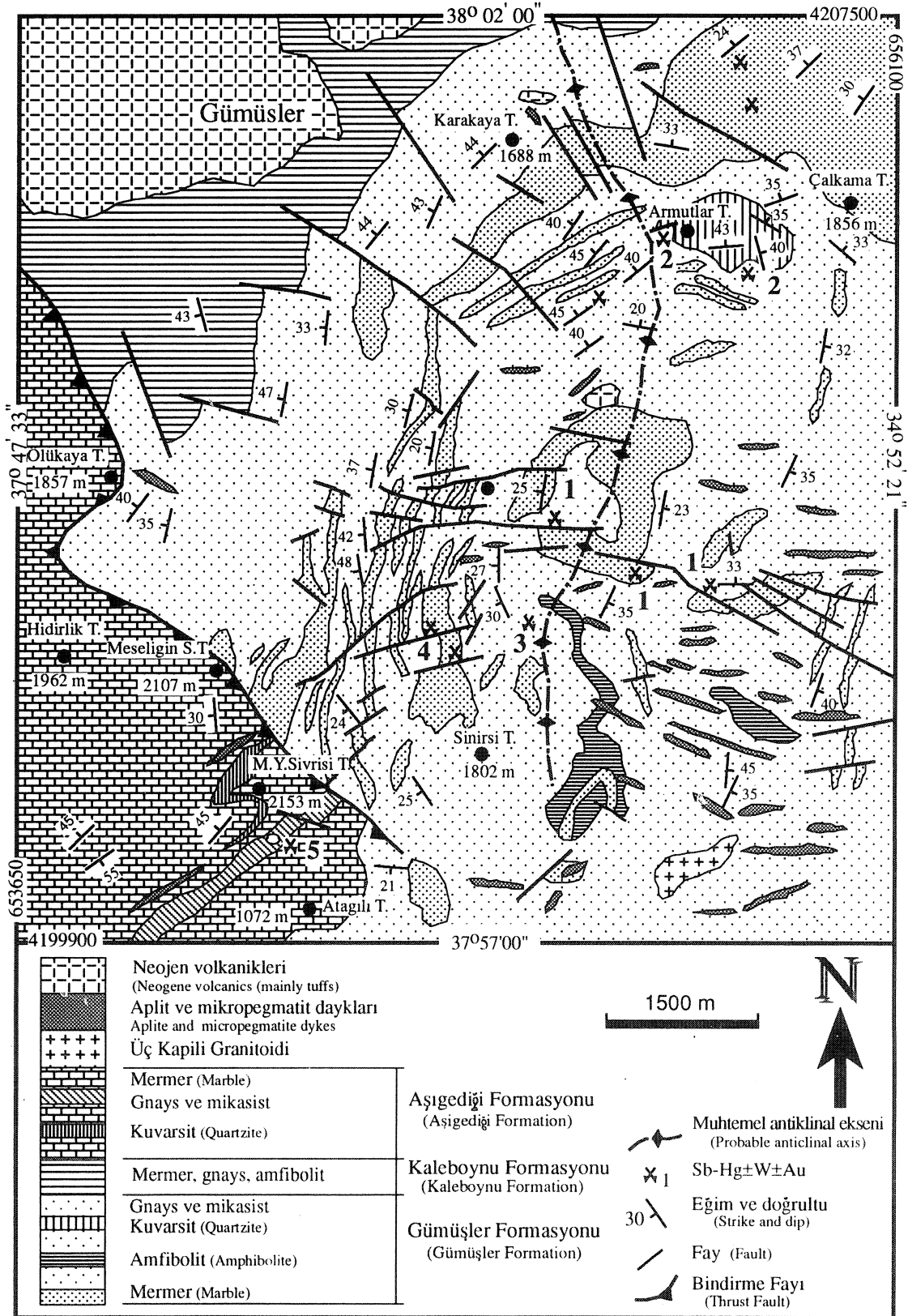
Breşik Zonlar

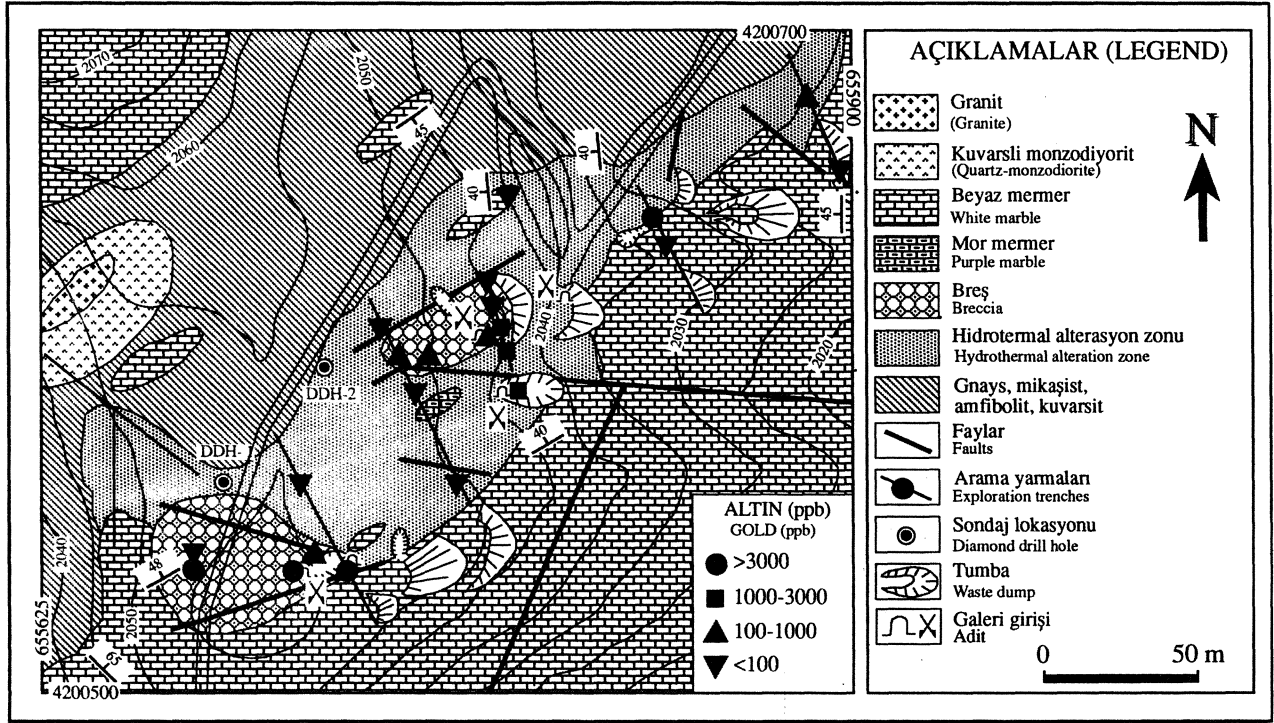
Bazı bölgelerde cevherleşme yakınlarında breşik zonlar bulunur. Bunlardan en belirgin Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zinober cevherleşmesi etrafında görülen breşik zonlardır. Bu civa oluşumu ve çevresinde çok fazla sayıda küçük ölçekli fayın bulunması nedeniyle, özellikle mermer ve gnays dokanakları (çoğunlukla güney dokanak) boyunca gelişmiş olan breşik zonların faylanmaya bağlı olabileceği düşünülmektedir. Yaklaşık D-B doğrultulu ve kuzeye doğru 45-55°'lik eğimi olan breşik zonların gerçek kalınlığı yapılan sondajlar sonucu yaklaşık 25 m olarak tesbit edilmiştir. Yer yer 10 cm'e ulaşan fakat genellikle 5 cm'den küçük aşırı olarak silisleşmiş ve köşeli karakter gösteren mermer ve gnays-mikaşisli parçacıkları breşlerin ana bileşenle-

Şekil 2. İnceleme alanının Yıldız (1978) ve Gizaw (1992) dan değiştirilerek hazırlanmış jeolojik haritası. 1: Rasih-ihsan Sb-Hg±W zuhuru, 2: Armutlar Tepe Sb±Hg zuhuru, 3: Sinirsi Tepe Sb±Hg zuhuru, 4: Ekinlik Tepe Hg±Sb zuhuru, 5: Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe Hg±Sb zuhuru.

Figure 2. Geological map of the study area (modified after Yıldız, 1978 and Gizaw, 1992). 1: Rasih-ihsan Sb-Hg±W occurrence, 2: Armutlar Tepe Sb±Hg occurrence, 3: Sinirsi Tepe Sb±Hg occurrence, 4: Ekinlik Tepe Hg±Sb occurrence, 5: Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe Hg±Sb occurrence.

GÜMÜŞLER YÖRESİ Sb ± Hg ± W CEVHERLEŞMELERİ





Şekil 3. Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zuhurunun jeolojik haritası ve bu zuhur çevresindeki altın değerleri.

Figure 3. Geological map of (he Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe occurrence and gold concentrations in the vicinity of this occurrence.

rini oluşturur. Breşin, kontak zonunda gelişmesi de bunun bir göstergesidir. Çevrede bulunan gnayslar-mikaşistler içerisinde, genişlikleri 10 cm'den küçük, aşın silisleşmiş (ve mineralojik olarak çevrede bolca bulunan aplitik ve mikropegmatitik dayklara benzeyen) felsik dayklar görülmüş ve bu dayklar sondaj karotlarının incelenmesi sırasında, breşik zonların yakınında da gözlenmiştir (Şekil 3). Bu durum, aplitik-mikropegmatitik (felsik) daykların da breşleşme ile yakından ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Bazı daykların breşleşmiş olması, breşleşmenin dayk sokulumundan sonra geliştiğini gösterir.

Sb ± Hg ± W CEVHERLEŞMELERİ

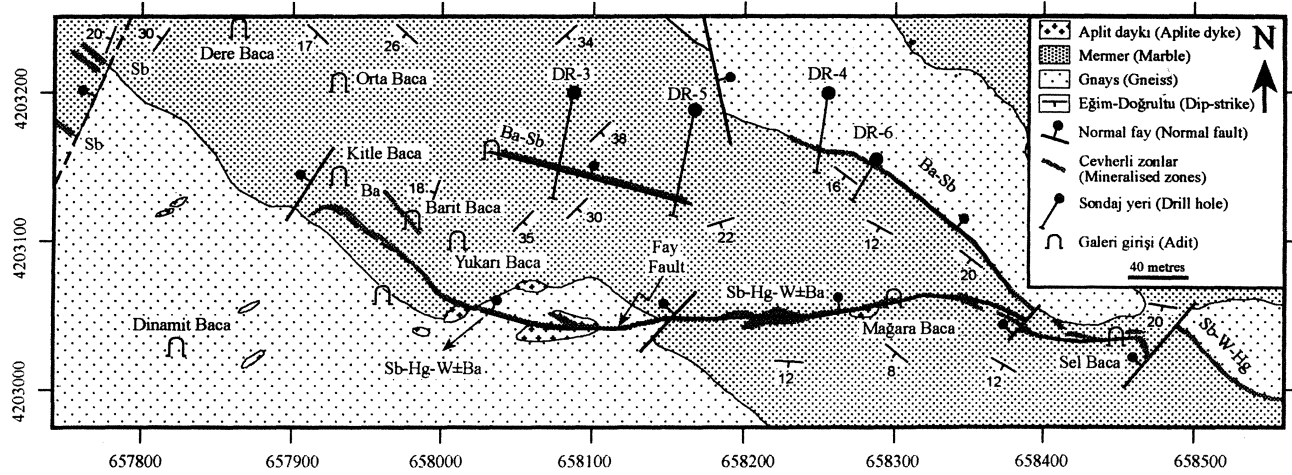
Gümüşler yöresinde değişik mineral grupları içeren birçok Sb±Hg±W cevherleşmeleri bulunmasına rağmen, bu çalışmada cevherleşmelerin en önemlileri olan Rasih-Ihsan ve Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe cevherleşmeleri ele alınacaktır.

Rasih-Ihsan zuhuru, Gümüşler Formasyonu içerisinde ve Gümüşler domunun merkezinde yer alır. Bu zuhur doğrultu boyunca yaklaşık 900 m uzunluğunda ve 25-10cm kalınlığında olan bir Sb-Hg-W±Ba damarı ve ona eşlik eden çok daha küçük boyutlu Ba-Sb ve Sb damarlarından oluşmaktadır (Şekil 4). Asıl cevherli zon yaklaşık D-B uzanımlı ve 25-60° kuzeye dalımlı

bir fay zonunda bulunur. Bu fay zonu, cevherli zonu dış kısımlarına doğru doğuya dalımlı bir eğim kazanır. Bu fay zonu dışında, gnayslar içinde 10 cm'den ince Sb damarcıkları da bulunur. Rasih-Ihsan cevherleşmesi yaklaşık D-B uzanımlı olan aplitik ve mikropegmatitik dayklarla yakın bir ilişki gösterir. Dayklardan bazıları Sb-Hg-W±Ba damarı tarafından kesilmiş (Şekil 4), hatta silisleşme ve kaolinleşmeye uğramıştır. Dennis (1970) daykların cevherleşme içerdiği yerlerden de bahsetmektedir. Rasih-Ihsan zuhurunu oluşturan asıl damar ve diğer damarcıklar genellikle mermer içinde, bazen mermer-gnays dokanıkları boyunca ve bazen de gnays içerisinde bulunur.

Ba-Sb damarları Sb-Hg-W±Ba damarının kuzeyinde yer alır (Şekil 4). Sondaj karotlarının ayrıntılı incelenmesi sonucunda, bu Ba-Sb damarlarının çok yaygın ve değişken boyutlarda olduğu ve yapısal olarak Sb-Hg-W±Ba damarının üzerinde yer aldığı görülmüştür. Ba-Sb damarlarının üç ayrı oluşum şekli vardır: 1) mermer içerisinde gelişmiş bulunan devamsız kırık hatları boyunca, 2) kuzey-doğuya eğimli faylar boyunca, 3) mermer-gnays dokanıkları boyunca. Bu üç tür oluşumda da barit, mermerden oluşan yan kayacı ornatmış durumdadır. Ba ve Sb zengin zonların doğrultu boyunca uzunlukları 25 m den az olup, kalınlıktan ise kırık zonlarının genişliğine bağlı olarak yaklaşık 10

GÜMÜŞLER YÖRESİ Sb ± Hg ± W CEVHERLEŞMELERİ



Şekil 4. Rasih-İhsan zuhuru ve yakın çevresinin jeolojik haritası.

Figure 4. Geological map of the Rasih-İhsan occurrence and its immediate vicinity.

cm den 80 cm ye kadar değişir.

İçerisinde birden fazla sayıda cevherli damar bulunan Rasih-İhsan cevherleşmesi bolluk derecesine göre antimonit, Sb-sülfotuzları, barit, zinober, selit, pirit, orpiment, realgar, galen, kalkopirit, sfalerit ve nabit altın içerir. Cevherleşmede ayrıca ikincil olarak gelişmiş Sb-oksitler, Zn-oksitler ve karbonatlar da mevcuttur.

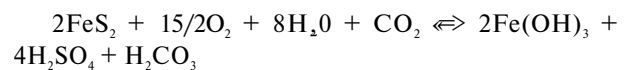
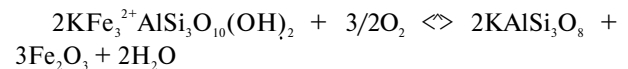
Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zinober cevherleşmesi, Aşığediği formasyonu içerisinde görülen tek önemli cevherleşme olması ile Gümüşler formasyonu içerisinde bulunan diğerlerinden ayrılır (Şekil 2). Bu cevherleşme, özellikleri yukarıda verilen breşleşmiş zon (Şekil 3) içerisinde gelişmiş olan ince ve düzensiz damarcıklardan oluşur (Yıldız ve Bailey, 1974). Damarcıkların uzanımı yaklaşık D-B olup eğimleri çok değişkendir. Cevherleşme basit bir mineralojik bileşim gösterip, zinober, pirit, markasit ve çok az miktarda antimonit ve nabit altın içerir (Akçay, 1994a).

Hidrotermal alterasyon

İncelenen cevherleşmelerde gelişmiş olan hidrotermal alterasyon şekilleri birbirlerine benzer özellikler taşır. Silisleşme, dolomitleşme, kaolinleşme, serizilleşme, kloritleşme, turmalinleşme ve epidotlaşma cevherleşme çevresinde görülen başlıca alterasyon çeşitleridir. En iyi geliştiği yerde alterasyon zonunun genişliği 75 m yi geçmez (Şekil 3). Silisleşme bu alterasyon çeşitleri içinde en yaygın olanıdır ve cevherleşmeye eşlik eder. Silisleşme, cevherli zondan dışa doğru kaolinleşme ve yüzeysel oksidasyona geçiş gösterir. Alterasyon zonunun en dış kısmında ise dolomitleşme yer alır. Ancak Rasih-İhsan zuhuruna ait sondaj karotlarının incelenmesi sırasında, dolomitleşmenin cevherleşmeye eşlik ettiği de gözlenmiştir. Serizitleşme, kloritleşme, turmalinleşme ve epidotlaşma cevher-

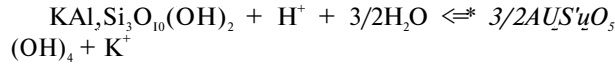
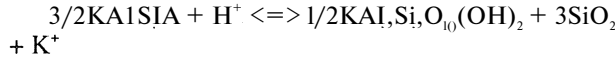
li zonların çevresinde bulunan gnays ve şistlerde oluşur. Turmalinleşme ayrıca cevherleşmeler çevresinde bulunan granitik kayalar içerisinde de segregasyonlar halinde bulunmaktadır (Akçay, 1994b). Turmalin ve kuvars üzerinde yapılan sıvı kapanım çalışmaları, hidrotermal sıvıların homojenleşme ısısının turmalinleşme esnasında 213-254°C ve antimonit oluşumuna eşlik eden silisleşme esnasında ise 137-168°C olduğunu göstermiştir (Akçay,* 1994a ve Akçay ve diğ., 1995). Bu sıvı kapanım çalışmaları, hidrotermal sıvıların (NaCl eşdeğeri) tuzluluk değerlerinin, turmalinleşme esnasında 8 ± 2.5 , antimonit oluşumuna eşlik eden silisleşme esnasında ise 4 ± 0.7 olduğunu belirtmiştir.

Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zinober zuhurunda görülen breşik zonlar ve çevreleri, hidrotermal alterasyonun en iyi geliştiği yerlerdir. Silisleşme, serizitleşme ve kaolinleşmenin çok yaygın olduğu bu breşik zonlar, aşırı biçimde okside olmuştur ve bir gossan karakteri taşır. Çevrede bulunan breşler ve gnayslar içerisinde saçınımlar halinde gözlenen piritlerin yer yer limonit/hematite dönüşmüş olması, piritlerin oksidasyonunun gossanlaşmaya katkıda bulunduğunun bir göstergesidir. Ayrıca, mikroskobik olarak gözlenememekle birlikte, Rose ve Burt (1979) tarafından ayrıntıları verildiği gibi, gnayslar içinde yaygın olan demirce zengin biyotitlerin yüzeysel bozuluşu da gossanlaşmanın oluşmasında rol oynamış olabilir. Bu gossanlaşma reaksiyonları aşağıdaki gibi verilebilir:



Gnayslar içerisinde bulunan ortoklazın aşın olarak serizitleşmiş ve kaolinleşmiş olması, bu alterasyon

ürünlerinin, gnayslarda bulunan K-feldspat ve muskovitlerin hidrolizi ile geliştiğini göstermektedir.



Yörede bulunan granitik kütlelerin sokulumu sonucu, Mchmctler Yurdu Sivrisi Tepe ve güneyinde mermerler içinde 3 cm den dar manyetit damarcıkları oluşmuştur. Fakat cevherleşme çevresinde bu damarcıklara rastlanmamıştır.

Mineraloji

Gümüşler yöresi $Sb \pm Hg \pm W$ cevherleşmelerine ait mineral parajenezi, yörede bulunan bütün önemli cevherleşmelerden alınan örneklerin cevher mikroskobu, elektron mikroskobu ve mikroprob çalışmaları sonucunda oluşturulmuştur (Şekil 5). Yapılan sıvı kapanım çalışmalarıyla da desteklendiği gibi, mineral parajenezi yüksek sıcaklık minerallerinden (şelit+kuvars) düşük sıcaklık minerallerine (antimonit+zinober) doğru bir değişim gösterir (Akçay, 1994a).

Şelit sadece Rasih-lhsan cevherleşmesinde bulunur; saçınımlar (Şekil 6), ince ve devamsız damarcıklar halinde cevher damarının mermeri kestiği yerlerde kuvars ve pirit ile birlikte görülür. Genellikle mikron ölçeğinde olan şelit taneleri, birarada bulduklarında 2-3 cm büyüklüğe erişebilir. Şelit tanelerinin, $Sb-Hg-W \pm Ba$ damarının tavan blokunda mermer içinde kalsitin ornatıl-

M İ N E R A L L E R (M I N E R A L S)	CEVHER ÖNCESİ (PRE-ORE STAGE)	CEVHERLEŞME SAFHALARI (ORE STAGES)			SÜPERJEN ALTERASYON (SUPERGENE ALTERATION)
		ŞELİT (SCHEELITE)	ANTİMONİT (STIBNITE)	ZİNOBER (CINNABAR)	
CEVHERLİ ZONLAR (MINERALISED ZONES)					
Şelit (Scheelite)		██████████			
Antimonit (Stibnite)			██████████		
Realgar/orpiment				██████████	
Zinober (Cinnabar)				██████████	
Sb-sülfotuzlar (Sb-sulphosalts)				██████████	
Pirit (Pyrite)			██████████		
Markasit (Marcasite)			██████████		
Kalkopirit, sfalerit ve galen (Chalcopyrite, sphalerite and galena)			██████████		
Nabit altın (Native gold)				██████████	
Sb-oksitler (Sb-oxides)				██████████	
Zn-oksit ve karbonat (Zn-oxide and carbonate)				██████████	
YAN KAYAÇ VE GANG (WALL ROCKS AND GANGUE)					
Manyetit (Magnetite)	██████████				
Barit (Barite)		██████████			
Kuvars (Quartz)		██████████			
Ti-silikat (Ti-silicate)		██████████			
Hematt / Limonit			██████████		
Kalsit (Calcite)		██████████			
Dolomit (Dolomite)		██████████			
Siderit (Siderite)		██████████			
Serizit / Muskovit		██████████			
Kaolen (Kaolinite)		██████████			
Epidot (Epidote)		██████████			
Turmalin (Tourmaline)		██████████			
Klorit (Chlorite)		██████████			
Garnet		██████████			

Şekil 5. Gümüşler yöresi antimon, zinober ve şelit cevherleşmelerinin mineral parajenezi.

Figure 5. Mineral paragenesis of the antimony, cinnabar and scheelite occurrences of the Gümüşler area.

masıyla oluştuğu da gözlenmiştir. Şelit içinde gelişen kırıkların ve çevresindeki boşlukların bir kısmının, yer yer oksitlenmiş olan antimonitçe doldurulması, şelitin antimonitten önce oluştuğunu kanıtlar.

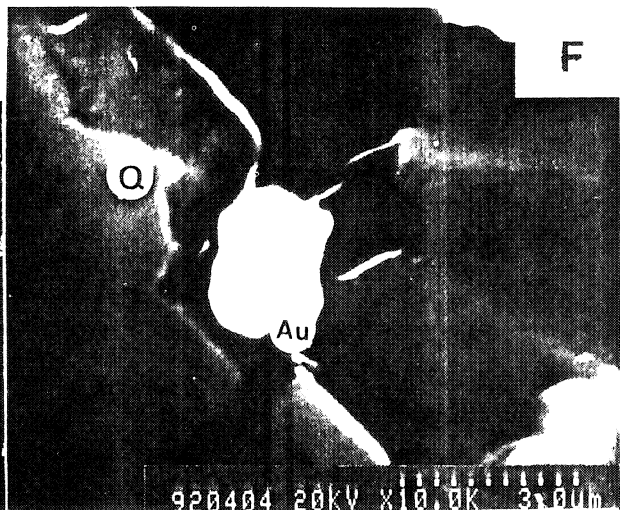
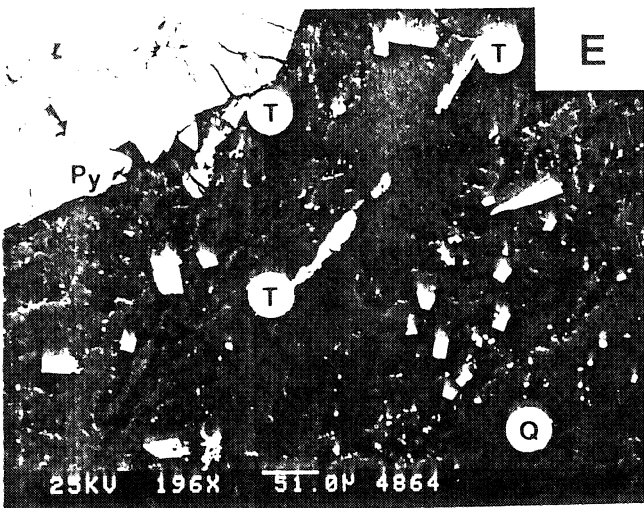
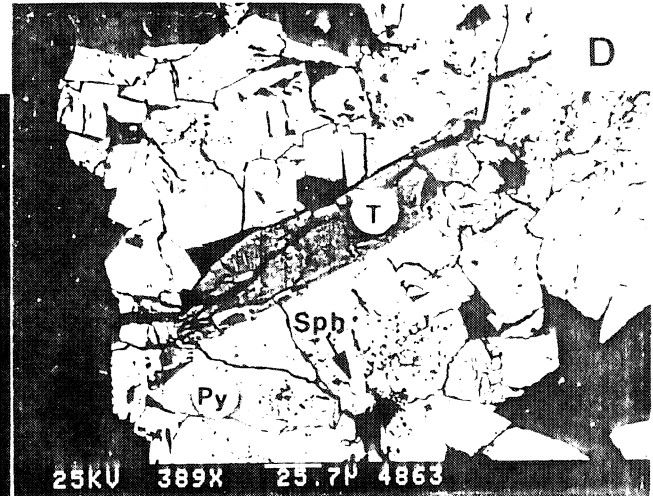
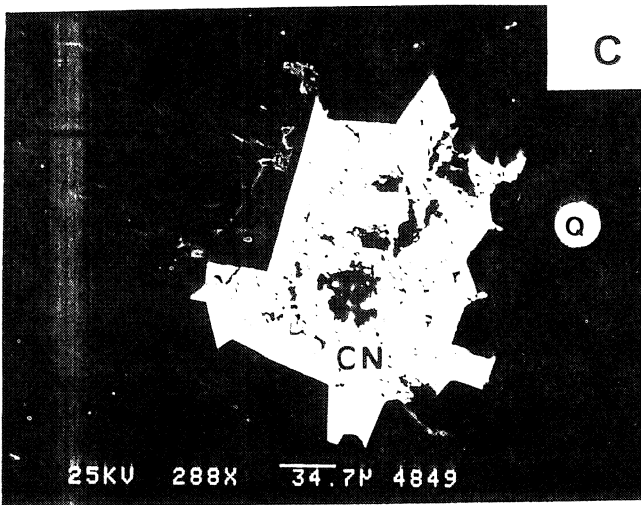
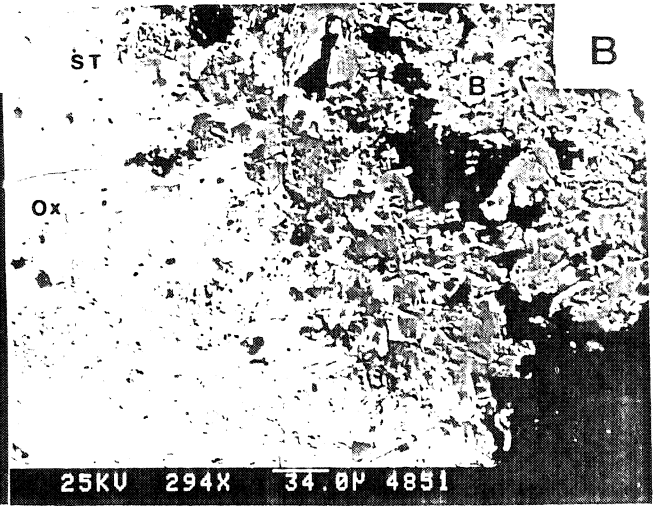
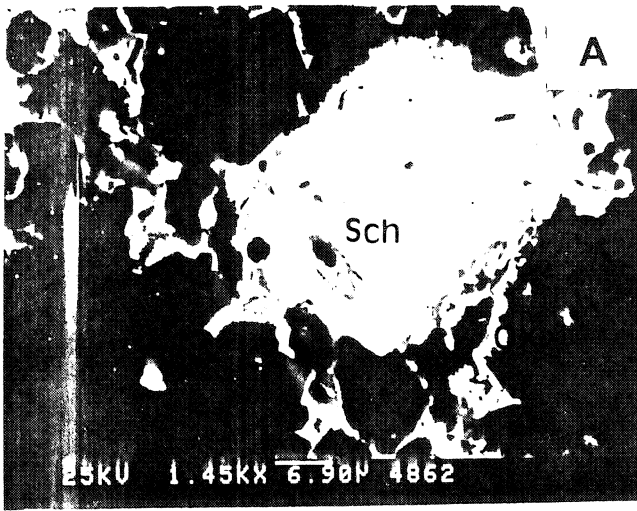
Bari t de sadece Rasih-lhsan cevherleşmesinde görülür. $Sb-Hg-W \pm Ba$ damarı içinde gang minerali olarak oluşan bari t, ayrıca kırık zonları ve kuzey-doğuya dalımlı faylar boyunca mermerler içerisinde ve mermer-gnays dokanaklarında da bulunur. Bari t içeren bu zonlarda, baritin yersel olarak mermerden oluşan yan kayacı tamamen ornattığı gözlenir. $Sb-Hg-W \pm Ba$ damarının bari t baca girişinde (Şekil 4) tamamen baritten oluşan bir gangın olması da bunun bir göstergesidir. Ba-Sb ce zengin bazı zonkırda ise mermer görünümündeki kayacın baritece zengin oluşu kimyasal analizler sonucunda anlaşılmıştır, ince kesitte latalar halinde görülen barit, şelite eşlik eden kuvarsı kesmiş ve antimonit tarafından da ornatılmıştır (Şekil 6B).

Antimonit yöredeki en yaygın cevher mineralidir ve dört değişik şekilde gözlenir: a) $Sb-Hg-W \pm Ba$ damarı boyunca 2 cm den ince damarcıklar halinde, b) mm ölçeğinden 10 cm ye kadar değişen kalınlıklarda kuvars-antimonit damarları şeklinde, c) $Sb-Hg-W \pm Ba$ damarının ve yöredeki diğer cevherleşmelerin silisleşmiş-breşleşmiş zonlarında ve Ba-Sb cevherleşmelerinde saçınımlar halinde, d) Ba-Sb cevherleşmelerinde kırık zonlarını dolduran kümeler şeklinde (Şekil 6B). Damarlarda gözlenen antimonit genellikle liilmsi veya iri

Şekil 6. Gümüşler yöresi cevherleşmelerinin mineralojik özelliklerini gösteren elektron mikroskobu fotoğrafları. A: Şelitin (Sch) çevresindeki boşlukları dolduran oksitlenmiş antimonit (Ox); B: Ba-Sb damarı içinde antimonit (ST) oksitlenmesi (Ox) ve bariti (B) ornatması; C: Boşluk dolgu şeklinde oluşmuş zinober (C) minerali; D: Yeni Ti mineralinin (T) pirit (PY) ile birlikte bulunması; E: Şistozite düzlemlerine paralel olarak gelişen yeni Ti minerali (T) ve ona eşlik eden değişen boyutlarda pirit (PY) taneleri; F: Çok ince kristalli kuvars (Q) tanelerinin arasını dolduran nabit altın (Au)?

figure 6. Electron microscope pictures showing the mineralogical features of the Gümüşler occurrences. A: Oxidation of stibnite (Ox) filling the gaps around scheelite (Sch); B: Oxidation of stibnite (ST) and its replacement of barite (B) in the Ba-Sb veins; C: Interstitial cinnabar (C) grain; D: Co-occurrence of the new Ti-mineral (T) with pyrite (PY); E: New Ti mineral (T) occurring along schistosity planes and pyrite (PY) grains of different sizes associated with this Ti-mineral; F: Native gold (Au) filling the gaps among the microcrystalline quartz (Q) grains.

GÜMÜŞLER YÖRESİ $Sb \pm Hg \pm W$ CEVHERLEŞMELERİ



çubuksu kristaller şeklinde olup, yer yer basınç lamelleri ve kink bantları içerir. Kuvars-antimonit damarlarında çatlak dolgusu olarak gelişmiş büyüme yapıları görülür. Bu yapıların merkezinde antimonit kenarlarında ise merkeze doğru büyüme gösteren kuvars bulunur.

Realgar ve orpiment çok az oranda Rasih-lhsan cevherleşmesinde (<200 mikron) saçınımlar şeklinde görülür. Antimoniti ornattığı gözlenen bu mineraller zinober tarafından kesilmiştir. Genellikle ince damarcıklar halinde görülen zinober, cevherli damarlar ve breşik zonlar içinde bazen saçınım, bazen cepler şeklinde ve bazen de kuvars kristalleri arasında boşluk dolgusu olarak bulunur (Şekil 6 C).

Pirit ve markasit iki şekilde gözlenir: yönlenme gösteren uzunlamasına gelişmiş taneler ve saçınımlar. Bunlardan ilki Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zuhurunda mika-şistten oluşan yan kayaç içerisinde, şistozite düzlemlerine paralel olarak gelişmiştir (Şekil 6D ve 6E). Bu özellik Kuşçu ve Erler (1992) tarafından Çamardı bölgesi antimon yataklarında antimonit için de gözlenmiştir. İkinci grup ise öz şekilli ve yarı öz şekilli taneler halinde hem cevher minerali içeren zonlarda ve hem de alterasyon zonlarında görülür. Yalnızca bulunuş yerlerine ve şekillerine bakılarak, şistozite düzlemlerine paralel olarak gelişen pirit ve markasitin cevherleşme öncesi ve şistozite ile eş zamanlı olduğu söylenemez. Bu minerallerin sadece cevherli zonlar çevresinde bulunması ve yakın çevrelerinde cevherleşme bulunmayan mika-şistlerin pirit ve markasit içermemesi nedeniyle, şistozite düzlemlerine paralel olarak çökelmenin, bu düzlemlerin sağladığı göreceli olarak daha yüksek geçirgenlik ve poroziteye bağlı olduğu düşünülebilir.

Mineralojik açıdan bu çalışmanın en önemli noktalarından biri, varlığı tesbit edilen yeni bir titan mineralidir. Mineral, alttan aydınlatmalı mikroskopta koyu kırmızı ve kahverengi renkli ve opak görünümlüdür. Üstten aydınlatmalı mikroskopta ise hematite benzer özellikler gösterir. Gri renkli olan ve az oranda anizotropi gösteren bu mineral, pirit ile çok yakın bir ilişki gösterir ve iğnemsî şekillerde şistoziteye paralel olarak piritli şistlerde görülür (Şekil 6D ve 6E). Akçay (1995), mikroprob analizlerine göre kimyasal bileşimi yaklaşık olarak %65 TiO₂, %18 SiO₂, %4 Al₂O₃, %5 FeO, %2 V₂O₃, ~%0.7 Cr₂O₃ ve ~%6 H₂O olarak bulunan bu yeni Ti mineralinin, mika-şistler içerisinde bulunan sfenlerin bozuşması ile oluşan sulu bir Ti-silikat olduğunu düşünmektedir. Bu mineral hakkında ayrıntılı bilgi Akçay (1995) de bulunabilir.

Gümüşler yöresi cevherleşmelerinde yersel olarak önemli değerlere ulaşan altın, en yaygın olarak Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zinober zuhurunda gözlenil* ve zuhurun bir altın oluşuğu olarak düşünülmesini sağ-

lar. 2-3 mikron büyüklüğündeki mikroskobik altın taneleri Fe-oksitler içerisinde saçınımlar halinde ve bu Fe-oksitleri kesen çok ince kristalli kuvars damarcıkları içerisinde, kuvars tanecikleri arasındaki boşluklarda gözlenir (Şekil 6F). Altının kökeni konusunda yorum yapmak çok zordur. Altın, çevrede yaygın olan mika-şistlerin içerdiği piritlerden kaynaklanmış olabilir. Altın taneciklerinin yer yer Fe-oksitler içerisinde bulunması, altının, cevherleşmenin son fazlarına doğru piritlerin bozuşması esnasında, piritlerin kafes yapısından hidrotermal sıvıya alınarak, termodinamik şartların uygun olduğu yerlerde yeniden çöktüldüğünün bir göstergesi olabilir. Bu olayda absorbant (emici) özellikleri yüksek olan Fe-oksitlerin oluşması, altının çökelmesi için uygun şartları sağlamış olabilir. Mika-şistlerde bulunan pirit tanelerinin %0.01-%0.08 (100-800 ppm; mikroprobda altının dedeksiyon limiti 100 ppm dir) arasında değişen değerlerde altın içermesi, altının kökeninin pirit olabileceği savını desteklemektedir.

Mikroprob çalışmaları sonucunda, altın taneciklerinin %3 den az gümüş içerdiği görülmüştür (Akçay, 1994a). Bu durum, yukarıdaki yoruma bağlı olarak, altının piritin bünyesinde sökülüp yeniden çöktürülmesinin bir sonucu olabilir. Zira, çeşitli yataklardan elde edilen birincil ve ikincil altın minerallerinin detaylı mikroprob çalışmaları sonucunda, birincil altının gümüş içeriğinin yüksek olduğu (genellikle %3-%11) belirlenmiştir (Vasconcelos ve Kyle, 1991; Butt ve Zee-gers, 1992 and Thornber and Taylor, 1992).

Mikroprob analizleri, altın taneleri içinde değişken oranlarda FeO ve SiO₂ bulunduğunu da göstermiş olup, bu tamamen çok küçük taneli olan altının etrafında bulunan kuvars ve Fe-oksitlerin matriks etkisinden kaynaklanmaktadır (Boyle, 1979).

ALTIN POTANSİYELİ

Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zinober cevherleşmesinin altın potansiyeli, önceki bölümlerde açıklanan breşik zonların ve onlara eşlik eden hidrotermal alterasyon zonunun uzanımlarına dik olarak açılan yedi yarımadan toplanan örneklerle incelenmiştir. Yarımaların uzunlukları 20-60 m genişlikleri ise 0.5-3 m dir. Yarıma örnekleri 10 m aralıklarla toplanmış olup, ayrıca açık bulunan galeriler ve breşik zonların okside kısımlarından da rastgele 13 örnek toplanmıştır. Niu Gini madencilik şirketi tarafından yapılmış olan iki sondaj da örneklenerek düşey yöndeki element değişimleri incelenmiştir. İlk sondaj 110 m derinliğe kadar örneklenmiş ve örnekler ilk 25 m lik zonda her metrede bir, daha derinlerden ise değişik karaktere sahip her birimi temsil edecek şekilde (genellikle 5 m de bir) toplanmıştır. Örneklemeye esnasında sondaj devam ettiğinden, ikinci sondaj 28 m derinliğe kadar her birim temsil edilecek şekilde örneklenmiştir. Toplanan örnekler Caleb

GÜMÜŞLER YÖRESİ $Sb \pm Hg \pm W$ CEVHERLEŞMELERİ

Brett şirketi tarafından kupclasyonla konsantre hale getirilerek grafiti fırın içeren atomik absorpsiyon aleti ile analiz edilmiştir. Bu yöntemde deteksiyon limiti 10 ppb dir.

Yüzeysel element dağılımı

Altın ve ona eşlik eden bazı elementlerin analiz sonuçlarından elde edilen istatistiki veriler Çizelge 1 de verilmiştir. Örneklerin altın konsantrasyonları 10 ppb ile 37.3 arasında değişmekte olup ortalama değer 2.7 ppm olarak bulunmuştur. Analiz sonuçları, altın zenginleşmesinin alterasyon zonu içinde ve özellikle breşik zonlarda geliştiğini göstermiştir (Şekil 3). Altının görüldüğü bu zonlar yaygın olarak silisleşmiş ve serizitleşmiştir. Serizitleşme ve altın arasındaki bu yakın ilişki, altın ile potasyum arasındaki korelasyondan da ($r=0.5$) görülebilir.

Antimon konsantrasyonunun düşük olması bu cevherleşme içinde antimonit mineralinin çok az olduğunu desteklemektedir. Bu düşük değerlere rağmen, altınla antimon arasında görülen korelasyon ($r=0.44$), antimonun epitermal yataklarda altınla olan ilişkisinin güzel bir delilidir.

Düşeyse element dağılımı

Birinci sondajın ilk 16 m lik zonu boyunca altın değerleri 1.5 ppm ile 5 ppm arasında değişir (Çizelge 1). Bu yüksek değerler breşik zondan elde edilmiştir. Bu zonun hemen altında, altın değerlerinde önemli bir düşüş görülür ve bu düşük değerler sondaj boyunca 92 m derinliğe kadar devam eder. Bu seviyede 580 ppb ye yükselen altın içeriği, örneklenen noktanın hemen yakınında bulunan breşleşmiş felsik daykla yakın bir ilişki gösterir (Şekil 7). Gümüş, antimon ve alüminyum değerlerinde de izlenen bu artışlar, cevherleşmenin felsik daykiann sokulumu esnasında ve sonrasında, dayklara eşlik eden mağmatizma sonrası sivilara bağlı olarak ge-

lişmiş olabileceğini düşündürür (Akçay 1994a ve b).

İkinci sondajın breşik zonu kesmemesi nedeniyle sondajın yüzeye yakın kısımlarından alınan örneklerde altın zenginleşmesi görülmez. Sondaj yaklaşık 8 m derinlikte oksitlenmiş, kaolinleşmiş ve silisleşmiş bir mika-şist seviyesi ve 11.5 m de de zinober ve pirit saçınımları içeren amfibolü seviyesi kesmiştir. Bu seviyelerden alınan örneklerde altın konsantrasyonlarında 4.6 ppm e kadar ulaşan bir yükselme görülür. Altının yüksek değerlere sahip olduğu bu zonlar, -8.5 m derinlikte, 5 cm den az kalınlığı olan bir felsik dayk (aplit?) tarafından kesilmiştir. Sondaj boyunca 12 m de 10 ppb gibi çok düşük seviyelere inen altın konsantrasyonu, 21 m de yeniden bir sıçrama yaparak anomali oluşturur (Şekil 7). Bu son seviyede de yine breşik karakter kazanmış olan bir felsik daykın bulunuşu dikkat çeken bir özelliktir. Bu granitik dayklar yukarıda da değinildiği gibi cevherleşmenin jenetik olarak (ısı kaynağı görevi yapan) dayk sokulumuna bağlı olduğunun bir göstergesi olabilir.

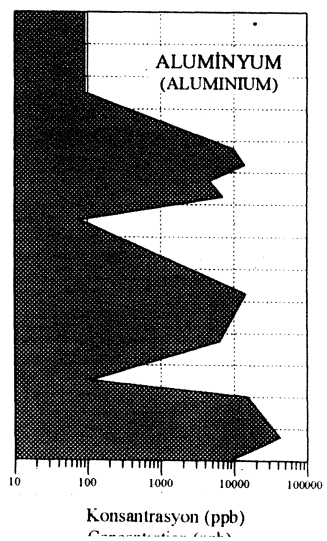
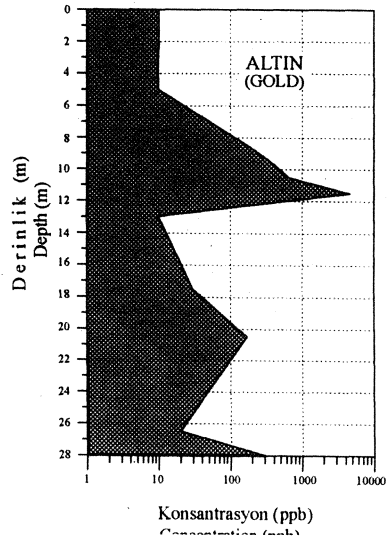
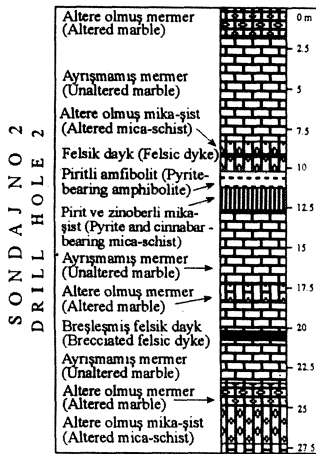
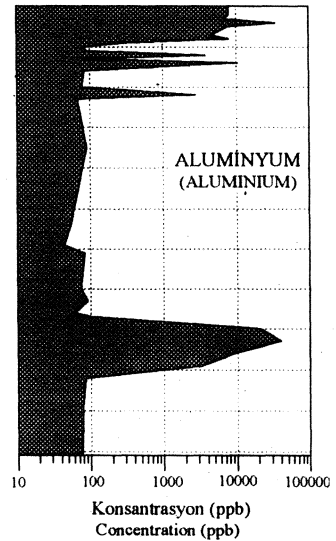
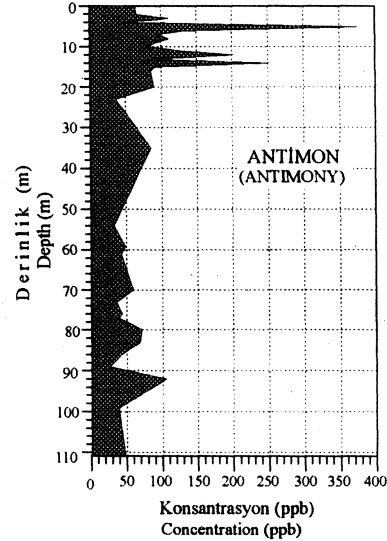
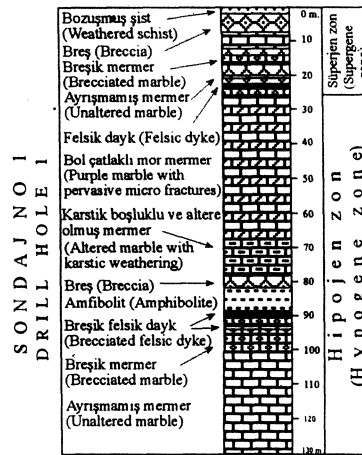
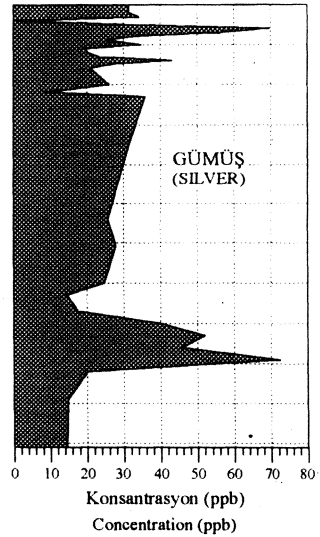
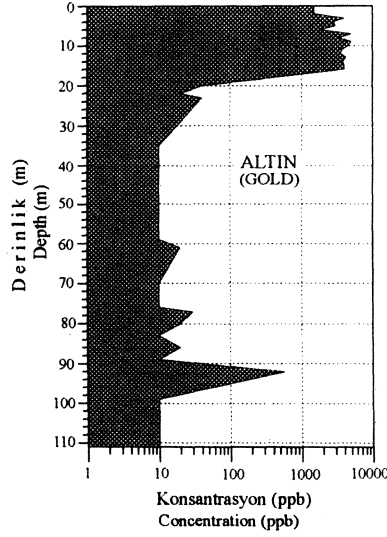
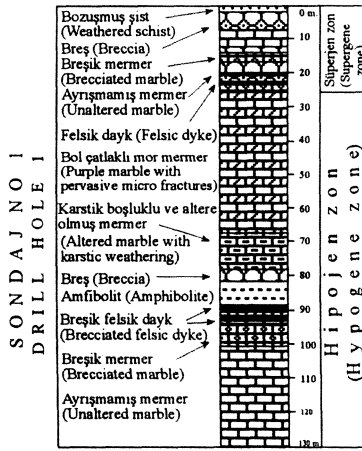
SONUÇLAR

Rasih-İhsan zuhuru, doğrultu boyunca yaklaşık 900 m uzunluğu olan bir $Sb-Hg-W \pm Ba$ damarı ve çok küçük boyutlarda Sb damarları ve $Ba-Sb$ zenginleşmeleri içerir. Genellikle mermer nadir olarak da gnaystan oluşan yan kayaç içinde görülen asıl damar, yer yer fay kontrollü olup 25-60°lik eğimle kuzeye dalımlı fay zonunda bulunur. Damarlar, fay dışında yan kayacın kırık zonlarında ve mermer-gnays dokanaklarında da gelişir. $Ba-Sb$ zenginleşmeleri ise mermerler içindeki kırık zonları boyunca, mermer-gnays dokanaklarında ve kuzeydoğuya dalımlı faylar boyunca mermer yan kayacın ornatılmasıyla oluşur. Maden zuhuru çevresinde yaygın olan Senomaniyen yaşlı felsik dayklardan bazıları silisleşmiş ve kaolinleşmiş ve $Sb-Hg-W \pm Ba$ damarı tarafından kesilmiştir. Hatta bu daykiann yer yer cevher-

Çizelge 1. Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zuhurunda alınan yüzey ve sondaj örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel olarak gösterimi.

Table 1. Statistics of *t* lie results of the chemical analyses of the samples from the surface- ami drill cores at the Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe prosper i.

YÜZEY ÖRNEKLERİ (SURFACE SAMPLES)					I. SONDAJ ÖRNEKLERİ (SAMPLES FROM DRILL HOLE 1)			
Element (Element)	Ortalama (Mean)	Medyan (Median)	Standart sapma (St. Deviation)	Değişim aralığı (Range)	Ortalama (Mean)	Medyan (Median)	Standart sapma (St. Deviation)	Değişim aralığı (Range)
Au	2745	300	8075	10 - 37300	1664	310	1896	10 - 5000
Ag	27	28	17	5 - 78	28	26	14	1 - 72
As	984	504	1511	82 - 5664	478	156	909	58 - 5107
Sb	88	61	76	24 - 341	77	53	63	26 - 375
Fe	23485	18626	28617	137 - 95518	7709	739	13568	57 - 49844
Al	5636	4723	4326	86 - 13151	3621	92	8110	25 - 39409
K	2105	1621	1894	360 - 7524	1565	407	2409	148 - 12260
Ti	2789	861	3118	4 - 9372	1382	11	2329	1 - 7752



GÜMÜŞLER YÖRESİ $Sb \pm Hg \pm W$ CEVHERLEŞMELERİ

leşme içerdiği de görülmüştür (Dennis, 1970). Antimonu, barit, zinober, pirit, selit, orpiment-realgar en yaygın görülen mineraller olup, galen, sfalerit, Sb-sülfotuzlar ve nabit altın da az olarak bulunur. Bu mineral içeriği, mezotermalden epitermale doğru değişen bir oluşumun göstergesidir. Damar tipi ve ornatıma bağlı cevherleşmelerin bulunduğu Rasih-lhsan zuhurunun, hem bulunuş şekli ve hem de mineralojik olarak, Çin'de bulunan bazı mezotermal damar tipi W yataklarına (Liu ve Ma, 1993) ve Ba içeren mezotermal-epitermal Sb-Au yataklarına (Wu, 1993) benzer özellikler taşıması bu sonucu desteklemektedir.

Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe $Hg \pm Sb$ cevherleşmesi, mermer ve şist dokanağı boyunca faylanma ve küçük ölçekli felsik daykların bu kırıklı zonlara sokulumu sonucu oluşan breşik zonlar içerisinde bulunmakta, ve D-B uzanımlı ve değişken eğimlere sahip ince damarcıklardan oluşmaktadır. Ayrıca breş içinde ve breşin yakınında bulunan şistler içerisinde de saçınım halinde gelişmiş cevher mineralleri görülür. Zinober ve piritin yaygın olduğu bu zuhurda az oranda da antimonit bulunur.

Cevherleşme çevresinde gelişen hidrotermal alterasyon, silisleşme, dolomitleşme, kaolinleşme, serizitleşme, kloritleşme, turmalinleşme ve epidotlaşma şeklindedir. Yüzeysel oksidasyon çok yaygın olup yaklaşık 25 m derinliğe kadar devam eder. Cevherleşmeye eşlik eden hidrotermal alterasyon, %50-70 arasında değişen oranlarda TiO_2 ve %15-%25 arasında değişen oranlarda SiO_2 içeren ve pirit ile birlikte görülen yeni bir Ti minerali oluşturmuştur.

Mehmeler Yurdu Sivrisi Tepe cevherleşmesinde bulunan breşik zonlar altın bakımından önemli olup 37.3 ppm'e kadar varan altın değerleri içerirler. Bu yüksek altın değerleri, birinci sondaj boyunca, breşik zon içinde oksitleşme ve silisleşmenin yoğun olduğu 16 m derinliğe kadar gözlenir. Altın mineralojik olarak Fe-oksitler içinde ve bu oksitleri kesen ikincil kuvars damarcıklarındaki çok ince kuvars tanecikleri arasında bulunan boşluklarda gözlenir.

Yüksek altın konsantrasyonlarının elde edildiği zonların yakınında, ince damarlar şeklinde sokulum yapmış breşleşmiş felsik daykların bulunuşu ve Rasih-İhsan zuhurunda bu dayklardan bazılarının cevherleşme tarafından kesilmesi, cevherleşmenin dayklardan sonra ve dayk sokulumuna eşlik eden mağmatizma son-

Şekil 7. Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe zuhurunda yapılan 1. ve 2. sondajlar boyunca altın, gümüş, antimon ve alüminyumun derinliğe bağlı olarak değişimi.

Figure 7. Variation of gold, silver, antimony and aluminium along drill holes 1 and 2 at the Mehmetler Yurdu Sivrisi Tepe occurrence.

rası sıvılardan oluşmuş olabileceğini düşündürmektedir. Granit-cevherleşme arasında benzer jenetik ilişkiler İngiltere'de Moore (1975) tarafından, Kanada'da Scratch ve diğerleri (1984) ve Seal ve diğerleri (1988) tarafından gözlenmiştir.

KATKI BELİRLEME

Bu çalışmanın yapılması için finansal destek sağlayan Milli Eğitim Bakanlığının tüm görevlilerine müteşekkirim. Bu makaleyi inceleyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Necati Tüysüz, Leicester Üniversitesi öğretim üyelerinden sayın Dr. Charlie J. Moon, Sayın Dr. Barry C. Scott ve Sayın Dr. Jeremy Richards'a şükranlarını sunarım. Ayrıca, bu çalışma esnasında yapılan sayısız tartışmalarda fikirlerinden istifade ettiğim, çok talihsiz şekilde hayatını kaybeden yakın arkadaşım Sayın H. Mustafa Özkan'ı da saygıyla anıyorum.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçay, M., 1994a, Genesis of the Stibnite-Cinnabar-Scheelite Deposits of the Gümüşler Area, Niğde, Central Turkey and Implications on Their Gold Potential: Doktora tezi (yayımlanmamış), Leicester Üniversitesi, İngiltere.
- Akçay, M., 1994b, Mineral Chemistry of Tourmalines from the Gümüşler Sb-Hg-W Deposits (Niğde Massif, Central Turkey): Geosound, 24, 151-161.
- Akçay, M., 1995, Mineral Chemistry of a Newly Discovered Ti-Silicate: Turkish Journal of Earth Sciences, incelemede.
- Akçay, M., Moon, C.J., ve Scott, B.C., 1995, Fluid Inclusions and Chemistry of Tourmalines from the Gümüşler Sb-Hg±W Deposits Of The Niğde Massif (Central Turkey): Chemie Der Erde. Baskıda.
- Boyle, R.W., 1979, The Geochemistry of Gold and Its Deposits: Geological Survey of Canada Bulletin 280, Ottawa, Canada.
- Butt, C.R.M., Zeegers, H., 1992, Regolith Exploration Geochemistry in Tropical and Subtropical Terrains: Handbook of Exploration Geochemistry, 4, Elsevier, Amsterdam.
- Dennis, R.A., 1970, The Mineralization at the Hg-Sb-W Mine near Niğde, South-Central Turkey: Master tezi, Swansea University.
- Ercan, T., 1986, Orta Anadoludaki Senozoyik volkanizması: MTA Dergisi, 105-106, 119-136.
- Gizaw, A.T., 1992, Geology and Mineralisation of Gümüşler Area (Niğde, Turkey): Master tezi, ODTÜ, Ankara, Turkey.
- Göncüoğlu, M.C., 1986, Geochronological data from the southern part (Niğde area) of the Central Anatolian Massif: Bulletin of the Mineral Research and Explorati-

- on Institute of Turkey, 105-106, 83-96.
- Göncüoğlu, M.C., 1981, Niğde masifinin jeolojisi: iç Anadolu'nun Sempozyumu, 16-19, Ankara.
- Kleyn, V.D., 1970, Recommendation of Exploration for Mineralization in the Southwestern Part of Niğde-Çamardı Massif: MTA Raporu, Ankara (yayınlanmamış).
- Kuşçu, L, Erler, A., 1992, Geology and Mineralogy of the Madsan Antimony Deposit (Çamardı-Niğde). *Geosound*, 21, 163-177.
- Liu, Y. and Ma, D., 1993, Vein-type tungsten deposits of China and adjoining regions: *Ore Geology Reviews*, 8, 233-246.
- Moore, J.M., 1975, A mechanical interpretation of the vein and dyke systems of the southwest England orefield: *Mineralogical Deposits*, 10, 374-388.
- Oygiir, V., Erkale, H.E., Erkan, N., Karabalık, N., 1984, Niğde Masifi Demir Cevherleşmeleri Maden Jeolojisi Raporu: MTA Raporu, 7521, Ankara.
- Özgüneyli, A., 1978, Niğde-Çamardı kristalin masifi genel prospeksiyon çalışması ve demir-baz metal wolfram ve altın cevherleşmeleri hakkında çalışma raporu: MTA Raporu, 6851.
- Rose, A.W., Burt, D.M., 1979, Hydrothermal alteration: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits* (Ed.: H.L. Barnes), 2nd cd., 173-227, John Wiley & Sons, New York.
- Scratch, R.B., Watson, G.R, Kerrich, R., Hutchinson, R.W., 1984, Fracture-controlled antimony-quartz mineralization, Lake George deposit. New Brunswick: mineralogy, geochemistry, alteration, and hydrothermal regimes: *Economic Geology*, 79, 1159-1186.
- Seal, R.R., Clark, A.H., and Morrissy, C.J., 1988, Lake George, southwestern New Brunswick: a Silurian, multi-stage, polymetallic (Sb-W-Mo-Au-base metal) hydrothermal centre: Recent Advances in the Geology of Granite-Related Mineral Deposits (Ed.: R.P. Taylor, D.F. Strong), Special volume 39, CIMM, 252-264.
- Thornber, M.R., Taylor, G.J.F., 1992, The mechanism of sulphide oxidation and gossan formation: *Regolith Exploration Geochemistry in Tropical and Subtropical Terrains* (Ed.: C.R. Butt, H. Zeegers), *Handbook of Exploration Geochemistry*, 4, 155-138, Elsevier, Amsterdam.
- Vasconcelos, P., Kyle, R., 1991, Supergene geochemistry and crystal morphology of gold in a semiarid weathering environment: application to gold exploration: *J. Geochem. Explor.*, 40, 115-132.
- Wu, J. 1993, Antimony vein deposits of China: *Ore Geology Reviews*, 8, 213-232.
- Yıldız, M., 1978, Türkiye'de Bazı Civa Yataklarının Oluşum ve Mukayesesi: MTA Yayın No: 173, Ankara.