



# Keban (Elazığ) simli kurşun yatağı Batı Fırat Sahası gümüşlü mangan cevherlerinin jeokimyası

*Geochemistry of silverbearing manganese ores of West - Euphrates Sector of lead - silver deposit Keban (Elazığ)*

Hüseyin ÇELEBİ Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23100 Elazığ

## Öz

Makalede Keban (Elazığ) dolayından derlenen cevher örneklerinin Ba ve buna bağlı olarak Pb, Sr, Mn ve Fe içerikleri jeokimyasal açıdan incelenmektedir. Cevherleşmelerdeki çok değişken barit oranı %28'e ulaşmaktadır. BaO derişimi MnO ve FeO derişimlerine oranla düşük, PbO'ya oranla yüksektir. Arazi ve mikroskopik araştırma sonuçları, oluşuklardaki Ba'un sadece barite bağlı olduğunu göstermektedir. Log - normal bir dağılım sunan Ba değerleri, S, Pb ve Sr değerleri ile uyumlu, Ca ve Mg ile de uyumsuz bir bağıntı göstermektedir. FeO ile BaO + MnO arasında uyumlu bir bağıntı bulunmaktadır. Bu bağıntıdan yeni oluşukların aranmasında yararlanılabilir. Baritin iri kristalli oluşu, sülfütlü cevherlerde de gözlenmesi, Mn ve Fe oksit /hidroksitleri ile beraber bulunması, yüksek Pb ile düşük S, Cu ve Zn derişimleri, Mn ve As arasındaki uyumlu bağıntı ve elementlerin log - normal dağılımı eksalatif sedimanter oluşum savını kuvvetlendirmektedir. Mn - Ba ve Fe/Mn - Ba derişimleri bakımından Keban gümüşlü mangan oluşukları En Kafala (Etyopya) ve Stromboli (Yunanistan) eksalatif sedimanter yataklarına benzemektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Keban, Jeokimya, Mangan ve Baryum.

## Abstract

*In this paper, Ba and related elements Pb, Sr, Mn and Fe contents of investigated ores samples are geochemically studied. The strongly variable barite values in ore reach up to 28%. MnO and FeO are dominant in comparison with BaO and PbO. Field and microscopic investigations indicate that barite is the only Ba - bearing phase. Ba values distribution is log - normal and correlates with S, Pb and Sr positive. The Ba correlation with Ca and Mg is negative. FeO correlate with BaO + MnO positively and can be used for prospection on new mineralizations. Coexistence of barite with Mn and Fe oxides I hydroxides, coarse crystalline barite, its occurrence in sulfide ores too, high Pb and low S, Cu and Zn values, the positive correlation between Mn and As and the log - normal distribution of elements support exhalative sedimentary origin thesis for the deposits. Mn - Ba and Fe/Mn - Ba variations show the similarity of Keban argentiferous MN ore deposit to the exhalative sedimentary deposits En Kafala (Ethiopia) and Stromboli (Greece).*

**Key Words:** Keban, Geochemistry, Manganese and Barium.

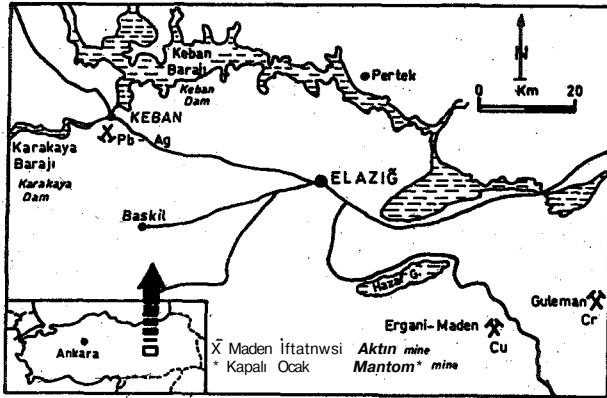
## GİRİŞ

Bitişğinde bulunduğu Keban İlçesinin adını taşıyan Keban Maden Yatağı, Elazığ'ın yaklaşık 45 km batısında, Fırat Nehri'nin doğu yakasında, nehir üzerinde 140 m yüksekliğindeki Keban Barajı'nın hemen güneyinde bulunmaktadır (Şekil 1). Derin, sarp ve çıplak yamaçlarla belirlenen Keban Maden Yatağı sahası yaklaşık 10 km<sup>2</sup>lik bir alanı kaplamaktadır.

Tarihi bir geçmişe sahip olan polimetallik Keban Maden Yatağı'ndaki ilk madencilik çalışmalarının İ.Ö. 2. bin yıllarına kadar gittiği ve Hititlere ait olduğu belirtilmektedir (Seeliger ve diğ., 1985). Radyometrik yaş tayini, eski galeri, pasa ve cürufur bu görüşü doğrulamaktadır. Yatak, aralıklarla Bizans ve Osmanlı döneminde de işletilmiştir. Örneğin 1727 yılında 12.8 t gümüşün İstanbul'a gönderildiği ve 1734'te de Keban'da gümüş sikkelerin basıldığı bilinmektedir (Ulutan, 1987). Bu tarihlerden sonra işletme daha mekanize edilerek geliştirilmiştir (Tızlak, 1991).

1940'ta kurulan Keban Simli Kurşun İşletmeleri, faaliyetinde olduğu 1983 yılına kadar Türkiye'nin önemli bir işletmesi durumundaydı. Ekonomik rezervlerin tükenmesi ve sürdürülen arama çalışmalarının da olumsuz sonuç vermesi üzerine işletme 1989'da kapatılmıştır. Tesisler 1993/94 öğretim yılından beri Fırat Üniversitesi'ne bağlı meslek yüksekokulu olarak kullanılmaktadır.

Keban ve çevresinde şimdiye kadar gerçekleştirilen çalışmaların büyük çoğunluğu yatağın Doğu Fırat kısmında yoğunlaşmıştır. Bunlar, çoğunlukla genel jeoloji, mineraloji, petrografi kapsamlı veya rezerv aramalarına yönelik çalışmalardır (Kumbasar, 1964; Ziserman, 1969; Kineş, 1969 ve Kipman, 1976). Jeokimyasal çalışmalar daha yeni ve yerel araştırmaları oluşturmaktadır (Köksoy, 1972; Hanelçi, 1991; Yılmaz ve diğ., 1992; Çelebi ve diğ., 1955; Çelebi ve Hanelçi, 1996). Doğu Fırat'ta rezervlerin tükenmesi ve işletmenin kapatılması, dikkatleri çok eskiden de işletildiği bilinen Batı Fırat kısmına çekmiştir.



Şekil 1. Yer bulduru haritası.

Figure 1. Location of the study area.

Maden yataklarındaki eser elementlerin incelenmesi, jeolojik, metalürjik ve ekonomik bakımdan büyük önem taşımaktadır. Bir litofil element olan Ba, öncelikle K ile birlikte feldspat ve mika minerallerinde derişir (Engelhard, 1936). Yüzeysel ayrışma, diyajenez ve hidrotermal işlevlerle serbestleşen Ba, sülfid (Pb, Zn), man-ganez ve karbonat yataklarında zenginleşir. Bu nedenle değişik tipte yatak oluşturur ve hidrotermal yataklarda yaygın gang minerali olarak bulunur (Petrascheck ve Petrascheck, 1992). Bunun en iyi örneği Kuroko tipi yataklardır (Shikazono, 1994). Ba'un en ekonomik minerali olan barit, en çok sondajcılık, inşaat, cam, seramik, boya, plastik, kağıt, kauçuk ve tipta kullanılır.

Bu çalışma ile Keban polimetalik maden yatağının Batı Fırat sahasındaki gümüşlü mangan cevherinin Ba derişimleri, jeokimyasal yönden incelenerek benzer yataklarla karşılaştırılacaktır. Bu amaçla Ba'un incelenen cevherlerin ana elementleri olan Mn ve Fe ile yan elementleri oluşturan K, Sr ve Pb arasındaki ilişkileri irdelenecektir. Sonuçlardan yatağın kökeni ile ekonomik potansiyeli hakkında yeni verilerin elde edilmesine çalışılacaktır.

## JEOLojİ

Jeolojik olarak Anadolu'nun Toros Tektonik Birli-ğİ'ne bağlı bulunan Keban Bölgesi'nin yakın çevresi Kipman (1976 ve 1982), Asutay (1988), Aktaş ve Robertson (1990), Yazgan ve Chessex (1991) ve Yılmaz (1993) tarafından ayrıntılı incelenmiştir. Yatağın geniş çevresi çeşitli kayaç birimlerinden meydana gelmektedir. Bunlar, metamorfitle (Permo - Karbonifer; mermerler ve kalkışist), Yüksekova karmaşığı, (Üst Kretase; granitoit, bazalt, dasit, sedimanter kayaçlar), Seske formasyonu (Paleosen; kireçtaşlan), Kırkgeçit formasyonu (Eosen; konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı), ile Alibonca formasyonu'dur. (Miyosen; konglomera, kumlu kireçtaşları, marn). Yatak sahasının önemli kayaç

birimleri, Permo - Karbonifer yaşlı Keban metamorfitle (mermerler, kalkışist ve klorit şistler), Üst Kretase - Paleosen yaşlı magmatitler (trakit - trakiandezit soku-lumları) ile Kuvaterner'in taraça ve alüvyonlarıdır (Şe-kil 2).

## Metamorfitle

Kipman'a (1976) göre Permo - Karbonifer yaşlı me-tamorfik birim, alttan üste doğru, kalkışist, gri, fosilsiz rekristalize kireçtaşlan ile serisit - klorit şistlerden meydana gelmektedir (Şekil 2). En yaşlı ve en yaygın kalkışistlerin kalınlıkları 1400 m'ye varmakta ve yatak bölgesinin her tarafında gözlenmektedir. Kuzeydoğu - güneybatı doğrultulu ve genelde güneydoğu dalımlı, üstüne uyumsuz gelen serisit - klorit şistlerle dokanağı kesin olmayan bu birim, esas cevherli zonlan içermektedir. Kısmen belirgin tabakalanma ve buna paralel şis-tozite sunan kalkışistlerde, yer yer kalınlıkları 20 m'ye, tabaka kalınlıkları da en çok 1 m'ye varan tabakalı rekristalize kireçtaşlarına rastlanmaktadır. Bunun yanında dolomitik ve masif rekristalize kireçtaşlan da yerel olarak önemli olabilmektedir (Hanelçi, 1991). Bant ve mercek şeklindeki bu alt birimler, birbiriyle yanal ve düşey geçişlidir. Gelişmiş çatlak ve kırık sistemleri ile tabaka düzlemlerine magmatik kayaçların dayk ve sil şeklinde yerleştiği ve dokanıklarda skarnlaşmaya neden olduğu sık sık gözlenmektedir (Akgül, 1993).

Lepidoblastik dokunun etkin olduğu kalkışistlerin mineralojik bileşimi esas olarak belirgin basınç ikizlen-meleri gösteren bol miktardaki kalsitten, daha az rastlan-an albit, epidot, klorit ve kuvarstan oluşmaktadır. Ar-tan serisit ve klorit oranı ile tedricen açık renkli kalkışistlerden koyu renklilere geçilmektedir (Hanelçi, 1991).

Rekristalize kireçtaşları (Mermerler) Doğu Fırat'ın güneyinde yaygın olarak bulunmaktadırlar. Masif ve mikritik bu kayaçlar, yer yer stilolit yapılan göstermek-tedir. Fırat'ın doğu kıyısı boyunca gri renkli, kalın taba-kalı, belirgin şistozite gösteren rekristalize dolomitik kireçtaşlan gözlenmektedir (Şekil 2). Kipman'a (1976) göre ender olarak bulunan *Glomospira* sp. ve *Ammodis-cus* fosilleri, bunların yaşının Permo - Karbonifer oldu-ğuna işaret etmektedir. Bu kayaçların çatlak ve yankla-nında nadiren bitüminlere de rastlanmaktadırlar.

Rekristalize kireçtaşlan ve bunların doğusunda yay-gın olan yeşilimsi serisit - klorit şistler, yer yer masif kireçtaşı olistolitleri ve metatürbiditler içerirler. Bu bi-rimin mineralojik bileşimini oluşturan serisit, klorit, kuvars ve demir mineralleri çoğunlukla yan öz veya şe-kilsizdir ve şistoziteye uyumlu dizilmişlerdir (Hanelçi, 1991).

## KEBAN (ELAZIĞ) SİMLİ KURŞUN YATAĞI

Saha gözlemleri ve mikroskop incelemeleri Keban yöresinin bir bölgesel, bir de kontakt başkalaşım geçirdiğini ortaya koymaktadırlar. Yeşil şist fasiyesinin kuvars - albit - muskovit subfasiyesindeki bölgesel başkalaşımın cevherleşmeyi de etkiliyere kıvrımlanmaya neden olduğu gözlenmiştir. Buna karşın kontakt başkalaşım siyenitlerin rekristalize kireçtaşlarına sokulumu sırasında bunlarla olan dokanak zonlarında Hornfels fasiyesinde gelişmiştir (Hanelçi, 1991 ve 1996).

### Magmatitler

Keban Maden Yatağı sahasının magmatik kayaçları çoğunlukla doğu Fuat kısmında yaygınlık göstermektedir (Şekil 2). Güney - kuzey doğrultulu bu kayaçlar, metamorfite kırık ve çatlak sistemlerine, tabaka ve şistozite düzlemlerine dayk ve sil şeklinde yerleşmişlerdir. Bu birim, Asutay (1988) tarafından trakit ve traki - andezit olarak tanımlanmakta ve Üst Kretase yaşlı kabul edilmektedir ( $72 \pm s$  my.). Pembe renkli ve porfirik dokulu bu kayaçların kalınlıkları bazı yerlerde birkaç 100 m'ye varmaktadır. Gevşek yapılı bu birim, kuvvetli bir hidrotermal alterasyona uğramıştır. Mineralojik bileşimi yaygın özşekilli K - feldspat (Sanidin ve Ortoklas), yarı özşekilli plajiyoklas ve hornblendlerden oluşmaktadır. Bunların yanında sıkça biyotit ve kuvars bulunmaktadır. Eser halde zirkon, apatit, titanit, pirit ve manyetit gözlenmektedirler.

Keban Maden Yatağı sahasının Kuvarterner bilimlari teras, alüvyon ve döküntü birikintileridir (Şekil 2). Teraslar Keban, Zeryan ve Karamağara derelerinin eski su seviyelerini yansıtmaktadırlar. Moloz ve 5 - 10 cm çapındaki bloklardan meydana gelen bu konglomeraların çimento maddesi kumtaşı, kil ve karbonatlardır. Alüvyonlar Fırat Nehri ve buna dökülen derelerin yataklarında görülmekte ve çevrede bulunan tüm kayaç ve cevher çeşitlerini içermektedirler.

Keban Maden Yatağı'nın içinde bulunduğu bölge kıvrımlanmanın etkin olduğu karışık bir tektonik yapı sunmaktadır (Şekil 2). Sahasının kayaç bilimlari genel olarak kuzeydoğu - güneybatı doğrultulu ve güney doğu dağılımlıdır (Kineş, 1969; Hanelçi, 1991 ve 1996). Kineş (1969) ve Hanelçi (1991) sahanın tektonik yapısını karakterize eden bu kıvrımlar için Hersinyen orojenik fazını kabul etmektedirler, daha genç fay ve kırık sistemlerini de Alpin orojen fazına bağlamaktadırlar. Hanelçi'ye (1996) göre bölgedeki tektonik yapının oluşumunda kuzeybatı - güneydoğu yönündeki çekme - gerilme ve kuzey - güney doğrultulu sıkışma kuvvetleri etkili olmuştur. Bu kuvvetlere bağlı olarak yatak bölgesinde doğu - batı yönünde kırılmalar ve kuzeydoğu - güneybatı yönünde de kıvrımlar meydana gelmiştir. Aynı zamanda sıkışma kuvvetlerinin etkisinde kalan kuzeydeki Keban Metamorfite, güneydeki Yüksekova

Karmaşığı ile Guleman Ofiyolitleri üzerine bindirmiştir (güneyde, harita alanının dışında). Son olarak yatak sahası bu kuvvetlerin etkisi ile kuzeyden güneye bir horst - graben şeklini almıştır.

### CEVHERLEŞMELER

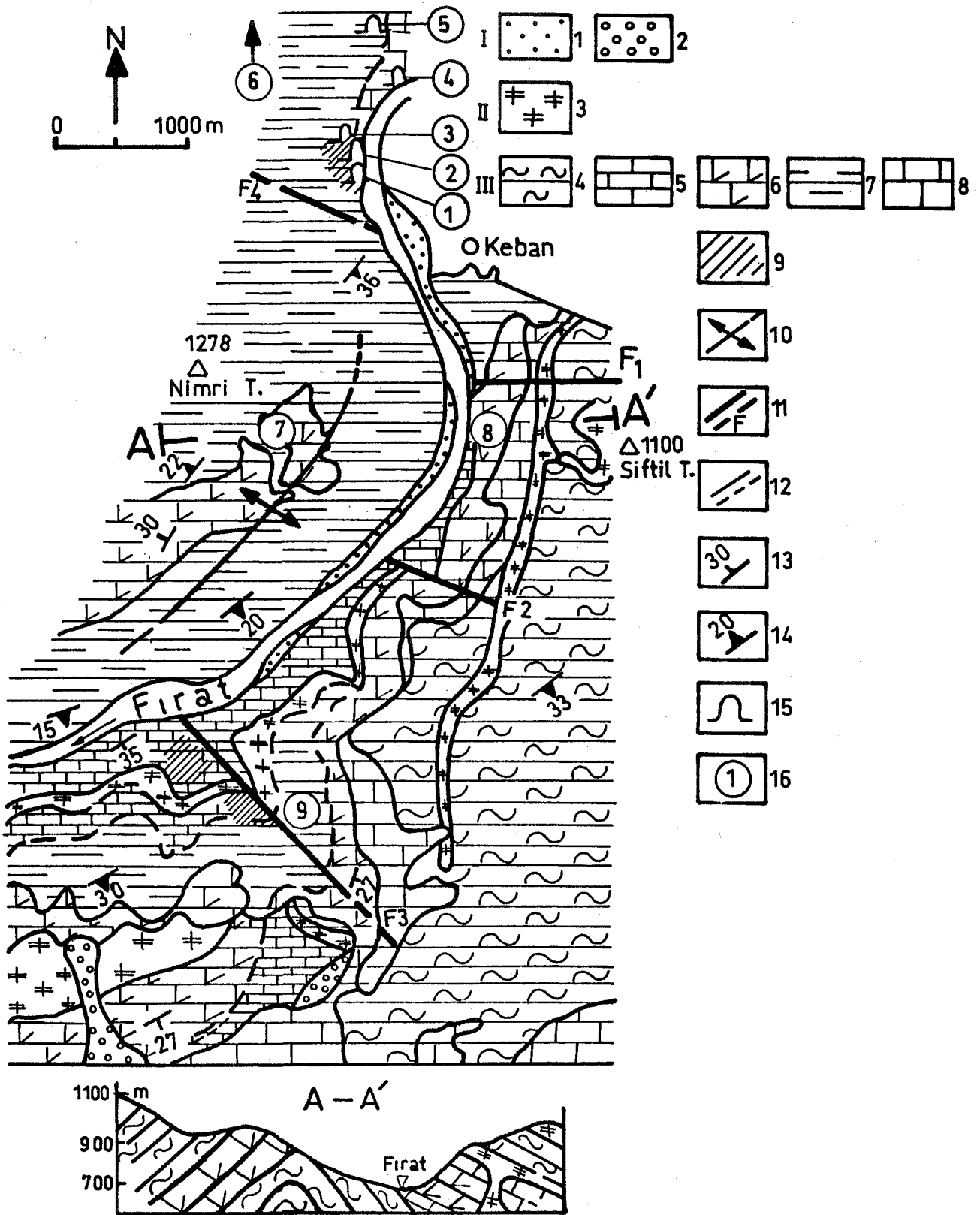
Keban Maden Yatağı'nda uzun süre ekonomik işlenen Ag içerikli Pb oluşukları yanında değişik miktar ve kalitede Cu, Zn, Mn, Fe, V, Mo ve F elementlerini içeren oluşuklar da bulunmaktadır (Şekil 2). Bu nedenle Keban sahası "polimetalik maden yatağı" olarak nitelendirilmektedir (Öztunalı, 1989). Bunların tümünün işletilmesi hem rezerv, hem de kalite bakımından şimdilik ekonomik görülmemektedir.

Keban Maden Yatağı sahasının birincil cevherleşmeleri kalkıştelerin ve rekristalize kireçtaşlarının tabakalarına uyumlu sülfat cevherleşmeleridir (Dirim ve diğ., 1985, Yiğit, 1989 ve Hanelçi, 1991 ve 1996). Bunun yanında Yiğit (1989) tarafından ikincil, Hanelçi (1991 ve 1996) tarafından da birincil cevherleşme olarak görülen Mn - Fe oksit ve hidroksit cevherleşmeleri geniş bir yayılım sunmaktadırlar. Sahada daha az oranda birincil sülfat (bait, jips) ve flüorit mineralizasyonları da gözlenmektedir.

Batı Fırat cevherleşmeleri, yüksek Mn ve Fe içerikleri ile Doğu Fırat cevherleşmelerinden ayrılmaktadır. Doğu Fırat'ın masif cevher mercekleri Batı Fırat'ta görülmemektedir. Buna karşın Batı Fırat'ın tabakaya uyumlu cevherleşmelerinin yanal uzanımları daha büyüktür. Keban Maden Yatağı sahasındaki tüm cevher tiplerinin burada ayrıntılı anlatılması konunun kapsamını aşacağından, aşağıda sadece Batı Fırat cevherleşmelerine değinilecektir.

Sondaj ve galeri çalışmalarından elde edilen verilere göre Batı Fırat'taki cevherli zonun kalınlığı yer yer 80 m'ye, yanal uzanımları da 400 m'ye varabilmektedir. Cevher zonu, altta kalınlığı yaklaşık 15 m olan birincil ve saçınımlı sülfat cevherleşmesi ile başlar (Yiğit, 1989). Bunun üstünde tabakaya uyumlu, kalkışt ve rekristalize kireçtaşları ile ardalanmış Mn - Fe oksit / hidroksit cevherleşmeleri yer alır (Dirim ve diğ., 1985). Bu iki cevherleşme zonuunun sınırı yaklaşık yeraltı su seviyesine tekabül etmektedir. Oksit / hidroksit cevherleşmelerinin alt kesimlerinde en çok 10 cm kalınlığında bait damarlarına ve üst kısımlarda da nadiren zayıf flüoritli seviyelere rastlanmaktadır (Yiğit, 1989).

Cevherli seviyeler, boyutları sık sık değişen, kalkışt ve rekristalize kireçtaşları ile ardalanmış tabaka ve mercek şeklinde bulunurlar. Batı Fırat'ta ardalanmış mangan sıvamlı (Yiğit, 1989) kalkışt ve rekristalize



## KEBAN (ELAZIĞ) SİMLİ KURŞUN YATAĞI

kireçtaşları ile birbirinden ayrılan ortalama 3 m kalınlığında 3 önemli cevher seviyesi saptanmıştır. Bu seviyeler sürülen galerilerle (Şekil 2), Gümüş Galeri (+730 m), Batı Fırat-1 (+765 m) ve Batı Fırat - 2 (+780 m) olarak ayrıntılı incelenmiştir (Dirim ve diğ., 1985 ve Yiğit, 1989). Bu incelemelere göre ardalanan kalkıştı ve rekristalize kireçtaşlarının kalınlıkları 10 m'ye ulaşırken, bunlarla ardalanan cevher tabakalarının kalınlıktan en çok 2 m olabilmektedir. Ek olarak açılan Batı Fırat - 3 ve Gazi galerilerinde önemli cevher düzeylerine rastlanmamıştır.

Aynı yapısal özelliklere sahip olan sülfür ve oksit / hidroksit cevherleşmeleri, mineralojik olarak farklılıklar sunmaktadır. Sülfür cevherleşmelerinde oksit / hidroksit minerallerine rastlanmamaktadır. Ancak oksit / hidroksit cevherleşmelerinde sülfürlü minerallerin oranı yer yer önemli olabilmektedir.

Öztunalı (1989) buradaki oksit / hidroksit cevherleşmelerini bir zengin ve bir fakir sınıfa ayırmaktadır: Zengin cevher tipi ortalama kalınlığı 2 m'yi geçmeyen, az yönelmiş ve ince tabakalı cevherden oluşan mercerler görünümündedir. Esas mineralojik bileşimini çoğunlukla ışınal pirolüsit, kollomorf veya kriptomkrista-

**Şekil 2.** Keban Maden Yatağı'nın jeoloji haritası (Hanelçi'den, 1991, sadeleştirilmiştir).

1- Alüvyon, 2- Yamaç molozu, 3» Trakit - Trakilatit, 4- Serisit - kloritist, 5- Tabakalı rekristalize kireçtaşı, 6- Dolomitik rekristalize kireçtaşı, 7- Kalkıştı, 8- Masif rekristalize kireçtaşı olistolitleri, 9- Cevher mostrası, 10- Kıvrım eksenini, 11- Fay (kesin, olası), 12- Jeolojik sınırlar (kesin, olası), 13- Tabaka doğrultu ve eğimi, 14- Folyasyon doğrultu ve eğimi, 15- Galeri grisi, 16- Önemli Oluşuklar: 1- Gümüş Galeri (GG), 2- Batı Fırat -1 (BF-1), 3- Batı Fırat - 2 (BF-2), 4- Batı Fırat - 3 (BF-3), 5- Batı Fırat - 4 (BF-4), 1-5: Mn-Fe-Pb-Ag, 6- Karamağara (kuzeyde, harita alanı dışında, F ve Mo), 7- Mistik Mağara (V), 8- Anaocak (Pb-Ag-Zn) ve 9- Zeryan Dere (Cu-Pb-Zn).

**Figure 2.** Geological map of the Keban Mining District (simplified after Hanelçi, 1991).

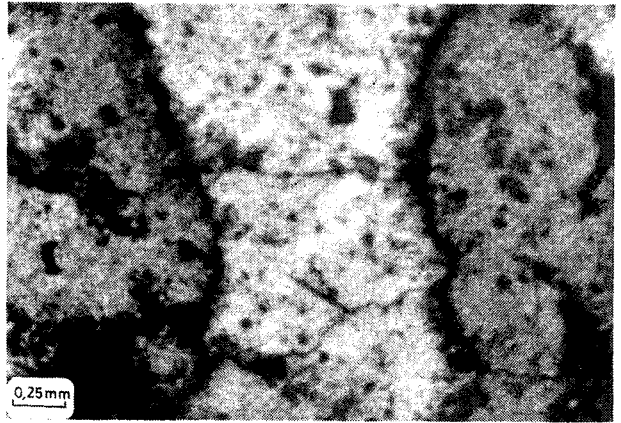
1- Alluvion, 2- Rubble, 3- Trachyte - Trachylatite, 4- Sericite - Chlorite - Schist, 5- Recrystallised staralimestone, 6- Dolomitic recrystallised limestone olistholite, 9- Ore outcrop, 10- Anticlinal axis, 11- Fault (observed, possible), 12- Geological border (observed, possible), 13- Strike and dip of Layer, 14- Strike and dip of Foliation, 15- Gallery and 16- Important ore mineralizations: 1- Gümüş Galeri (GG), 2- Batı Fırat -1 (BF-1), 3- Batı Fırat - 2 (BF-2), 4- Batı Fırat - 3 (BF-3), 5- Batı Fırat - 4 (BF-4), 1-5: Mn-Fe-Pb-Ag, 6- Karamağara (northern of the moping area, F und Mo), 7- Mistik Mağara (V), 8- Anaocak (Pb-Ag-Zn) and 9- Zeryan Dere (Cu-Pb-Zn).

lin psilomelan (Şekil 3), limonit ve siderit oluşturmaktadır. Fakir cevher tipi ise, rekristalize kireçtaşlarının kırık ve çatlak sistemlerini dolduran, az yayılım gösteren ağısı Mn ve Fe minerallerinin yerel zenginleşmelerinden oluşmaktadır. Başlıca gang mineralleri ankerit, barit, granat, markazit ve kalsittir.

Yiğit (1989) Batı Fırat cevherleşmelerini yapısal özelliklerine göre tabakaya uyumlu, ağısı, skarn, karstik ve sedimentasyon zonu tiplerine ayırmaktadır. Buna karşın Hanelçi (1996) bunları tabakaya uyumlu, kontakt metazomatik ve karstik cevherleşme gruplarına ayırmaktadır.

Tabakaya uyumlu cevherleşmeler yapısal olarak masif, bantlı, ağısı ve saçınıcı cevher tiplerine ayrılırlar. Masif ve tabakalı cevherleşmeler, kalınlıkları 15 m'yi geçmeyen bant ve küçük mercerler şeklinde, yoğun olarak cevherli zonların üst kısımlarında izlenirler. Saçınıcı cevhere, cevher zonunun her yerinde rastlanmasına karşın, düzensiz, ince çatlak ve kırık dolgusu halindeki ağısı cevher, sadece alt kısımlarda görülür.

Tabakaya uyumlu cevherleşmelerinin en yaygın cevher mineralleri pirolüsit, psilomelan, kriptomdan, manganit ve limonittir. Bu sulu mineraller kollomorf bir yapı sunarlar ve hep beraber bulunurlar (Hanelçi, 1991). Cevher içindeki oranları oldukça değişkendir ve yer yer Mn cevherlerini (%40 Mn) oluşturabilmektedir. Bu oksit / hidroksit mineralleri yanında çoğunlukla özşekilli ve kısmen galen bulunur. Daha az oranda kalkopirit, sfalerit, tetraedrit, pirañirit, arsenopirit, fahlerz ve enarjite rastlanmaktadır. İkincil mineral olarak smitsonit, anglezit, serüsit, rodokrozit, siderit, ankerit ve kalsit yaygınlık göstermektedir. En önemli gang mineralleri barit, kuvars, dolomit ve serisitir.



**Şekil 3.** Psilomelanı (koyu gri) kesen bir pirolüsit damarcığı (açık gri). Çapraz nikol.

**Figure 3.** A pyrolusite vein (light gray) through psilomelan (dark gray). Crossed nicols.

Metazornatik cevherleşmelere özellikle magmatitlerle rekristalize kireçtaşı dokanaklarında rastlanmaktadır (Hanelçi, 1996 ve Dirim ve diğ., 1985). Küçük boyutta (birkaç m) olan bu cevherleşmeler, doğrudan siyenit sokulumlarına bağlı bulunmaktadır. En yaygın mineralleri grasülar, andradit, biyotit ve flogopittir. Hanelçi (1996)ye göre bu cevherleşmelerde Keban'ın başka yerinde bulunmayan manyetit de gözlenmektedir. Sülfür minerallerinden sadece pirit ve kalkopirit yaygındır. Nadiren siderit ve ankerit içeren bu cevherleşmelerde kuvars oldukça azdır.

Karstik cevherler, kalkıştlerdeki tabakalı rekristalize kireçtaşlarının karst boşluklarını dolduran cevherlerdir (Hanelçi, 1996). Bu cevherleşmeler çeşitli oran ve tane boyunda kil, kum ve blok içeren otokton klastik malzemeden meydana gelirler. Bunlar yankayacı etkilemeyen dolgu maddesi halinde bulunurlar. En önemli cevher mineralleri pirit, markazit, galen, psilomelan, götit, ankerit ve limonittir (Hanelçi, 1991).

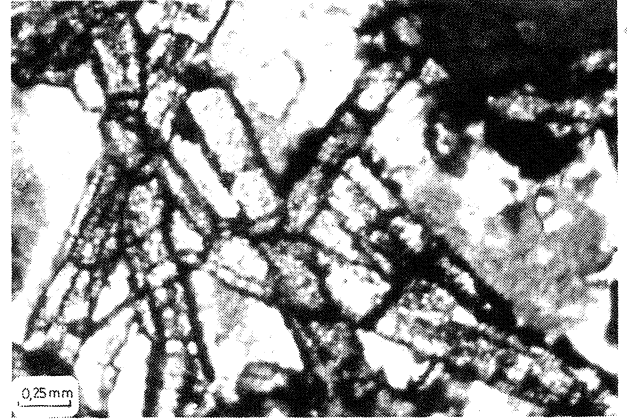
Burada araştırılan Batı Fırat sahasındaki baritler, gümüşlü mangan cevherleşmelerinin önemli bir gang minerali olarak değerlendirilmektedir (Yiğit, 1989 ve Hanelçi, 1991). Genellikle gümüşlü mangan cevherleşmelerinin altında, kalınlıkları 10 cm'yi geçmeyen tabakaya bağlı damarcık ve bantlar şeklinde izlenirler. Barit mineralizasyonu tabakaya uyumludur (stratabound) ve geniş yayılım sunarlar. Yer yer sülfür cevherleşmelerinde de gözlenirler.

Baritlerin arazideki görünüşleri süt beyazı renkte ve iri kristalidirler. Çoğunlukla mangan cevherleşmeleri ile iç içe, kuvars, siderit ve kalsit ile beraber bulunmaktadır. Mikroskop altında prizmatik, özşekilli veya yarı özşekilli barit kristalleri, bulanık gri rengi ve tabana paralel dilinimleriyle kolayca diğer minerallerden ayırılmaktadır (Şekil 4). Bazen de kuvars arasında ince taneli yağışlımlar şeklinde görülmektedir. Shikazono (1984) ince taneli baritin oluşumunu çabuk soğumaya bağlamaktadırlar.

Hanelçi'ye (1991) göre Keban Maden Yatağı sahasında yaklaşık 10 mil. t %1 Cu, %2 Pb ve 50 ppm Ag içerikli rezerv (kesin + muhtemel) bulunmaktadır.

#### Köken hakkındaki görüşler

Keban yatağının kökeni hakkında çok farklı görüşler bulunmaktadır. 1986'dan önceki görüşler (Kumbasar, 1964, Kineş, 1969, Ziserman, 1969 ve Kipman, 1976) magmatik ayrışmanın son safhalarını öne çıkarırken, daha sonraki araştırmacılar (Öztunalı, 1989 ve Hanelçi, 1991) volkanosedimanter kökeni savunmaktadırlar. Kumbasar (1964) yatağın oluşumunu hidrotermal - metazornatik ve pnömatolitik oluşumlara dayandırmaktadır. Buna karşın Ziserman (1969) Keban



Şekil 4. Kalsit malriksi içinde prizmatik gri barit kristalleri, kuvars (açık gri) ve cevher (siyah). Paralel nikol.

**Figure 4.** Prismatic, gray barite crystals in calcite matrix, quartz (light gray) and ore (dark). Parallel nicols.

oluşuklarını, sedimanter cevherleşmelerin kireçtaşlarına remobilizasyonu ile açıklamaktadır. Kineş (1969), yatağın Paleosen yaşlı siyenit sokulundan ile metasedimanlara metazornatik olarak yerleşmesi sonucu oluştuğu, Kipman (1976) ise yatağın Alpin orojenezi sonucu sübvulkanik gelişimlere bağlı olarak oluştuğu üzerinde durmaktadır.

Dirim ve diğ. (1985) ve Yiğit (1989) Batı Fırat cevherleşmelerini hidrotermal birincil sülfür cevherleşmelerinin oksidasyon ürünü ikincil cevherleşme olarak görmektedirler. Buna karşın Hanelçi (1991) bu oluşukların birincil cevherleşme olduğunu vurgulamaktadır.

Öztunalı (1989) ve Hanelçi (1991 ve 1996)ye göre Keban polimetalik maden yatağı, birincil "Kızıl Deniz Tipi" sedimanter kökenlidir. Bu çalışmalar, mevcut oluşukların, birincil cevherleşmelerin sübvulkanik işlevler ve meteorik sularla kireçtaşlarına metasomatik olarak yerleştiklerini ve "Kuroko Tipi" yatak oluşturduklarını vurgulamaktadırlar.

#### Örnek malzemesi ve araştırma yöntemleri

Jeokimyasal arama çalışmalarının temelini, Keban Maden Yatağı'nın Batı Fırat sahasında açılan Gümüş Galeride (Şekil 2, GG, +730 m) değişik yönlerde yapılmış 4 yer altı sondajının karotlarından alınan 21 gümüşlü mangan cevher örneği oluşturmaktadır. Örnek aralığının saptanması için hesaplanan Mn ve Pb varyogramları, optimal örnek aralığını 6 m olarak vermiştir (gösterilmemiş). Örnekler, %70 karot verimi dikkate alınarak (Yiğit, 1989) ve örneklerin birbirine bağımlılığını sağlamak amacıyla, yaklaşık 3 m aralıkla alınmıştır.

Elementlerin derişimi röntgenflöresans (X-RAY) analiz yöntemi ile Berlin Teknik Üniversitesi Maden Yatakları Enstitüsü laboratuvarlarında saptanmıştır.

## KEBAN (ELAZIĞ) SİMLİ KURŞUN YATAĞI

Burada 21 örneğin tümünde 31 ana ve eser elementin analizi yapılmıştır. Yöntem uygun olmadığından, Ag saptanamamıştır. Daha önceki çalışmalarda incelenen cevherlerin ortalama 150 ppm Ag içerdikleri belirtilmektedir (Hanelçi, 1991 ve Yiğit, 1989). Saptanabilen elementlerin analiz değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Analizi yapılan eser elementlerden Ga, Th ve Tl bulunamamıştır. Mo, Sn ve U sadece birkaç örnekte ve çok düşük oranda (<10 ppm) bulunmuştur. Bu nedenle bu elementler değerlendirmeye alınmamıştır.

Deneyimlere göre bu analiz yönteminin göreceli hata payı, elemente bağlı olarak,  $\pm$  %3 (Cr, Ni) ile  $\pm$  % 10 (Na, Mg) arasında değişmektedir. İncelenen verilerin bir küme (popülasyon) oluşturdukları ve istatistiksel incelenebilecekleri t-testi ile denetlenmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde derişim üçgenleri, sıklık dağılımı, bağıntı (korelasyon) ve bağıntı (regresyon) yöntemleri uygulanmıştır. Gerekteğinde, örneğin daha iyi görünüm elde etmek için, diyagramlarda uç değerler Dörfel'e (1962) göre, ortalama değer + 4x standart sapma olacak şekilde, düşürülmüştür. Hesaplama ve çizimler Fırat Üniversitesinde MS-Excel 5.0 programı ile yapılmıştır.

### ARAŞTIRMA SONUÇLARININ İRDELENMESİ

#### Elektron mikroskop analizleri

Batı Fırat mangan cevherleşmelerindeki baritlerin ayrıntılı incelenmesi için yapılan kimyasal analizlerine paralel olarak elektron mikroskop (microprobe) element dağılımları ve mineral ilişkileri de incelenmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre seçilen K-7 örneği (Çizelge 1) en iyi sonuçları vermiştir. Bu örnekte taranan yaklaşık 4 mm<sup>2</sup>lik bir alanda (Şekil 5) yapılan taramada elde edilen 15 elementin yarı kantitatif analiz sonuçları Şekil 6'da görülmektedir. Pb ve Ag dağılımları matris etkeni nedeniyle alınamamıştır.

Saptanan elementler, çokluk sırasına göre karbonat, oksit / hidroksit, sülfat (barit) ve silikat fazlarının bir arada bulunduğunu göstermektedir (Şekil 5). Mn - Fe oksit / hidroksit mineralleri içindeki barit kapanımları baritin daha önce oluştuğuna işaret etmektedir. Mn - Fe oksit / hidroksitleri silikatlarla da ornattıklarından, en son oluşmuşlardır. Ba ile S dağılımlarının çakışması, Ba'un baritte toplandığını göstermektedir (Şekil 5 ve 7).

Taranan alanda düzensiz C ve düzenli Cl dağılımları saptanmıştır (Şekil 5). C ve Cl ile ilgili bu bulgu, denizel ortama işaret etmekte ve bununla ilgili oluşum tezini (Hanelçi, 1991) pekiştirmektedir. Ayrıntılı olarak incelenen barit alanında, baritin önemli oranda Sr içerdiği görülmüştür (Şekil 7).

#### Analiz sonuçlarının jeokimyasal yorumlanması

Polimetallik Keban Maden Yatağı'nın incelenen Batı Fırat sahasındaki mangan cevherini oluşturan mineral-

ler çok çeşitlidir. Bunların en önemlileri, sıklık sırasına göre, pirolüsit, psilomelan, rodokrozit, lepidokrokit ve siderit ile ankerittir. Mangan minerallerinin bu grubunda Mn/O oranı büyük rol oynar (Rosier, 1979). Bunlar, %63 civarındaki teorik Mn oranı yanında, her zaman için değişik oranlarda Fe, Si, Ca, Ba ve K da içerirler.

Analizi yapılan mangan cevherleri ortalama olarak %7.49 MnO, % 10.32 FeO (toplam) ve %1.73 BaO içermektedirler (Çizelge 1). Yüksek MnO, FeO, MgO, CaO, BaO ve PbO içeriklerine karşın SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Cu ve Zn bileşenlerinin oranı düşüktür. Örneklerin düşük su içeriklerine karşın kızdırma kaybı oldukça yüksektir. Bu, ancak yüksek orandaki karbonatlı yankayaç (kalsit, dolomit, ankerit) mineral (rodokrozit, siderit, serüsit, smitsonit) ve kristal suyu ile açıklanabilir. Eser elementlerden özellikle As, Cl ve F değerleri yüksek ve değişkendir. Buna karşın daha az bulunan Co, Cr, Ni, V ve Zr gibi eser elementlerin değerleri düzenlidir.

Keban Maden Yatağı'nın Batı Fırat sahasının gümmüşlü mangan cevherleri kaşık bir jeokimyasal birliktelik sunmaktadır. Buranın ana elementleri siderofil Mn ve Fe ile kalkofil Pb, Zn ve Cu elementler olmakla beraber, yüksek oranda Ba ve Sr gibi litofil elementler de olabilmektedir.

Ba'un hemen hemen her hidrotermal yatakta Mn ile birlikte bulunduğu bir gerçektir (Maynard, 1983). Mikroskopik gözlemler ve BaO - SO<sub>3</sub> bağıntısı gibi jeokimyasal veriler Ba'un Batı Fırat'ta bağımsız bulunan barite bağlı olduğunu göstermektedir (Şekil 5 ve Çizelge 2). S, magmatik işlevlerin ilk aşamalarında kalkofil elementlerin kalkopirit, sfalerit ve galen gibi sülfat minerallerinde yoğunlaşmalarını sağlar ve bunu izleyen evrelerde yükseltgenerek bir sülfat olan baritin oluşumu bakımından da çok önemlidir.

BaO ile MnO ve FeO arasında geçerli bir ilişki gözlenmemektedir (Çizelge 2). Bu, Ba'un Mn ve Fe'yi takip etmediği ve iyi ayrışmadığı anlamına gelir. Buna karşın FeO ile MnO + BaO arasında çok belirgin bir uyum bulunmaktadır (Şekil 8a). Fasiyes değişikliğini gösteren bu bağıntıdan, Pb - Zn - Ba yataklarının aranmasında yararlanılmaktadır (Maynard, 1983). Burada Mn izsürücü element olarak kullanılır. Bunun yanında BaO'in PbO ile uyumlu olduğu görülmektedir (Çizelge 2 ve Şekil 8b). İyon yarıçaplarının yakınlığından dolayı Pb<sup>2+</sup> (0.133 nm, Shannon, 1976) Ba<sup>2+</sup>'nın (0.137 nm) yerine geçebilmekte ve uyumlu bağıntıyı sağlamaktadır.

İncelenen cevher örneklerinde MnO ile FeO arasında belirgin bir uyumluluk gözlenmektedir (Şekil 8c). Bu, jeolojik açıdan Mn ve Fe cevherlerinin beraber oluştuklarını ve iyi ayrıştıklarını göstermektedir.

Çizelge 1. İncelenen cevher örneklerinin analiz değerleri

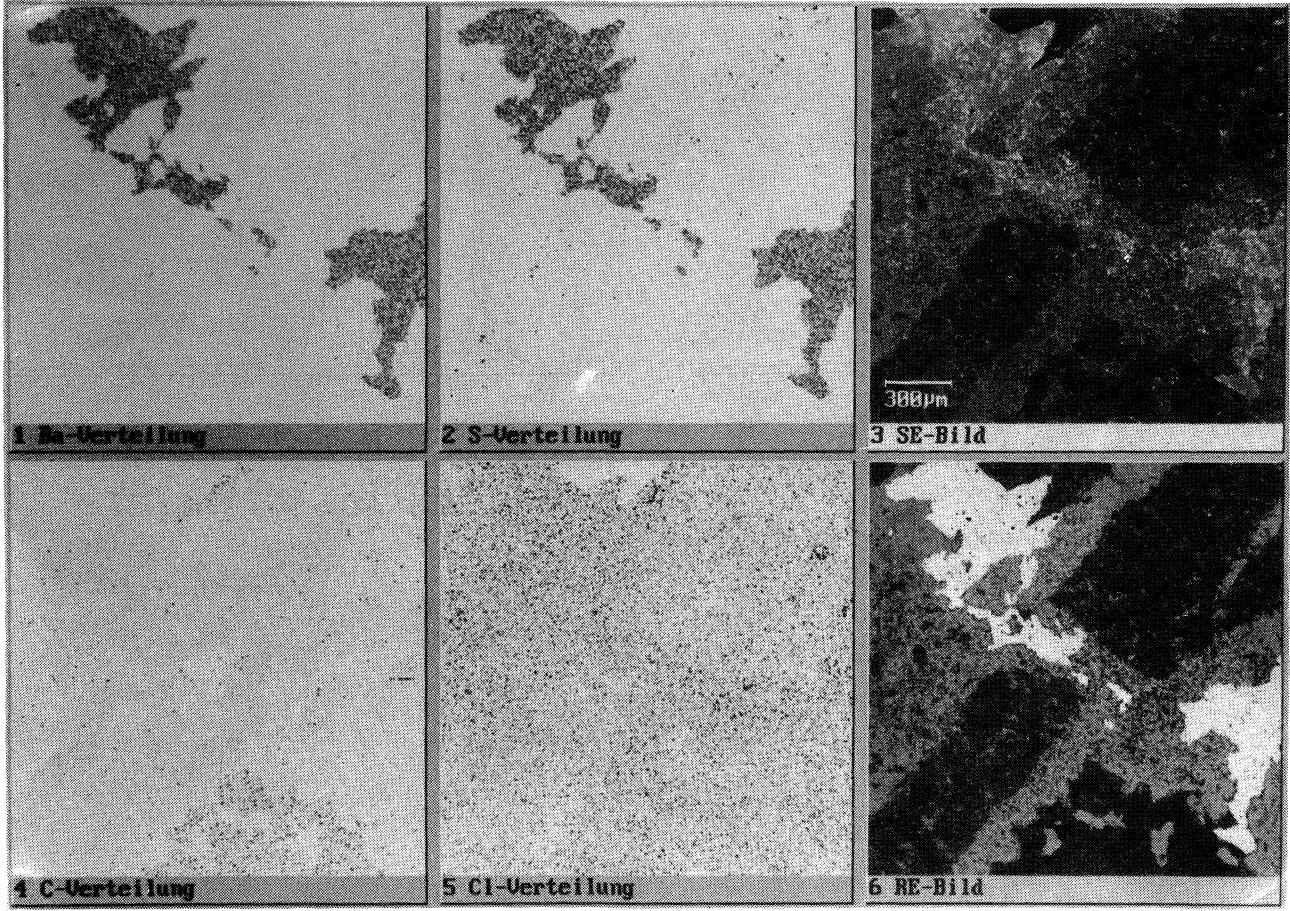
Table 1. Analysis values of investigated ore samples

Sondaj Örnek	GYS-8						Ortalama (K1-K8)	GYS-10						Ortalama (K7-K13)	GYS-18				Ortalama (K14-K17)	GYS-13				Ortalama (K18-K21)	Arltm. ort. (K1-K21)	Standarts. (K1-K21)	Geom. ort. (K1-K21)		
	K-1/2	K-2/3	K-3/7	K-4/18	K-5/20	K-8/22		K-7/10	K-7a/13	K-8/14	K-9/15	K-11/16	K-12/22		K-13/24	K-14/7	K-15/8	K-16/8		K-17/12	K-18/13	K-19/14	K-20/17					K-21/20	
<b>Oksitler (%)</b>																													
SiO <sub>2</sub>	2,64	3,08	3,02	3,38	4,42	4,15	3,55	2,93	3,16	3,82	4,73	1,85	4,08	2,52	3,30	13,58	2,35	2,86	3,30	5,47	2,78	3,08	4,78	2,90	3,39	3,80	2,38	3,45	
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,10	0,03	0,04	0,22	0,04	0,03	0,03	0,08	0,03	0,05	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,05	1,38	1,20	0,89	0,80	1,11	1,09	0,88	1,44	0,86	0,74	0,76	1,92	0,79	1,03	3,10	0,71	1,06	1,25	1,53	0,91	1,25	0,89	1,07	1,03	1,15	0,54	1,06	
FeO*	3,54	3,70	2,37	4,85	4,89	5,54	4,13	12,14	23,07	7,59	17,96	10,55	3,49	25,34	14,31	35,20	1,57	6,10	28,85	18,13	5,39	4,36	5,90	3,55	4,90	10,32	9,88	7,07	
MnO	2,39	2,39	1,66	2,42	2,09	4,35	2,55	11,82	17,71	5,31	14,13	8,40	2,85	16,30	10,87	17,86	1,88	4,05	27,25	12,71	4,18	3,14	5,20	2,43	3,74	7,49	7,14	5,10	
MgO	14,30	16,83	17,80	14,94	15,61	16,96	18,08	14,50	5,79	14,40	7,10	16,85	16,29	4,79	11,36	11,83	20,02	15,09	7,82	13,84	15,74	16,32	17,20	16,83	16,52	14,13	4,22	13,26	
CaO	27,46	31,40	30,49	23,31	28,14	26,55	27,56	15,78	8,55	24,31	10,00	28,75	28,55	4,91	17,28	16,43	29,11	28,85	10,20	21,10	25,95	26,45	25,83	28,92	26,79	22,75	8,16	20,83	
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,12	0,01	0,04	0,02	0,03	0,04	0,17	0,08	0,06	0,09	bm	0,02	0,12	0,09	bm	0,02	0,04	0,17	0,08	0,04	0,05	0,08	0,02	0,05	0,06	0,05	0,05	
K <sub>2</sub> O	0,24	0,34	0,38	0,20	0,15	0,28	0,27	0,85	0,28	0,23	0,12	0,14	0,48	0,12	0,29	0,84	0,25	0,23	0,19	0,33	0,17	0,27	0,22	0,23	0,22	0,28	0,15	0,25	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,09	0,01	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
BaO	2,02	0,39	0,25	3,01	0,36	0,34	1,06	17,71	0,16	0,21	1,13	0,06	0,86	5,98	3,73	0,16	0,12	0,06	0,29	0,16	0,57	1,24	0,92	0,55	0,82	1,73	3,91	0,53	
SiO	0,08	0,03	0,04	0,11	0,04	0,03	0,06	0,15	0,01	0,03	0,03	0,03	0,07	0,06	0,05	0,01	0,04	0,03	0,05	0,03	0,09	0,09	0,08	0,07	0,08	0,05	0,03	0,04	
PbO	0,28	0,28	0,17	0,18	0,22	0,32	0,24	2,40	1,50	0,11	0,46	0,09	0,27	0,88	0,81	0,02	0,16	0,28	0,02	0,12	0,15	0,08	0,24	0,12	0,15	0,39	0,57	0,21	
SO <sub>3</sub>	1,27	0,62	0,45	1,51	1,25	1,35	1,08	5,50	2,01	0,88	2,11	2,04	1,53	2,00	2,31	0,88	0,10	1,40	0,56	0,89	0,57	1,33	1,42	1,42	1,19	1,43	1,09	1,12	
H <sub>2</sub> O	öm	öm	0,04	öm	öm	0,03	0,04	0,36	öm	öm	öm	0,01	öm	öm	0,19	0,08	0,08	öm	2,27	0,81	öm	öm	0,08	öm	0,08	0,37	0,78	0,09	
Kızdırma Kaybı	öm	öm	42,03	öm	öm	36,95	39,49	14,6	öm	öm	öm	28,75	öm	öm	21,68	1,83	43,84	öm	15,14	20,27	öm	öm	35,72	öm	35,72	27,36	15,19	20,25	
<b>Toplam</b>	<b>55,37</b>	<b>61,35</b>	<b>99,98</b>	<b>55,11</b>	<b>55,85</b>	<b>98,05</b>		<b>99,25</b>	<b>63,83</b>	<b>57,88</b>	<b>58,85</b>	<b>98,14</b>	<b>60,36</b>	<b>63,83</b>		<b>101,34</b>	<b>100,30</b>	<b>59,71</b>	<b>98,22</b>		<b>56,59</b>	<b>57,75</b>	<b>98,59</b>	<b>58,18</b>					
<b>Eser elementler (ppm)</b>																													
As	133	127	31	219	192	330	172	771	730	164	200	156	111	314	349	55	97	571	578	325	388	374	340	368	368	296	214	224	
Cl	88	762	bm	232	105	400	317	677	572	917	646	354	310	434	559	410	53	375	bm	279	369	130	530	145	284	395	243	310	
Co	5	3	2	3	3	bm	3	5	13	8	5	4	2	11	7	19	3	4	13	10	2	3	5	4	4	6	5	5	
Cr	16	29	14	16	19	9	17	17	29	49	36	19	29	22	29	33	24	22	42	30	11	34	27	16	22	24	10	22	
Cu	bm	11	19	5	161	13	42	3	90	105	23	14	8	43	41	225	bm	32	101	119	3	10	7	bm	7	49	63	22	
F	710	540	850	605	510	415	605	310	bm	bm	bm	bm	550	bm	430	bm	1050	70	bm	560	350	780	bm	460	523	548	253	476	
Ni	11	11	7	9	15	10	11	1	32	24	42	13	10	28	21	83	6	19	30	30	17	12	12	7	12	18	14	13	
Rb	5	7	6	6	2	4	5	bm	bm	bm	5	bm	6	12	8	88	5	3	8	21	4	6	1	1	3	9	15	5	
V	bm	7	5	bm	3	5	5	bm	3	7	bm	12	bm	bm	7	41	6	8	9	16	bm	1	bm	4	3	9	10	6	
Zn	433	271	195	301	225	309	289	153	750	255	493	930	543	407	504	138	280	190	203	198	365	187	154	282	247	335	363	305	
Zr	37	26	26	42	22	19	29	103	33	17	21	15	45	38	39	53	21	23	19	29	32	36	26	31	31	33	19	29	

\*Toplam FeO           bm: Bulunamadı           öm: Ölçülmedi  
\*Total FeO            bm: Not dedected       öm: Not mesured



## KEBAN (ELAZIĞ) SİMLİ KURŞUN YATAĞI



**Şekil 5.** Elektron mikroskopla (micropobe) saptanan önemli elementlerin dağılımı (solda): 1- Ba dağılımı, 2- S dağılımı, 4- C dağılımı, 5- Cl dağılımı. Mineral fazlan (sağda): 3- İkincil ışın kaydı, 6- refleksiyon kaydı. Karbonat (koyu gri), Mn-Fe oksit / hidroksitleri (gri), sülfat (açık gri, barit) ve bitüminler (siyah).

MnO, eser elementlerden As ile de uyumlu ve geçerli bir bağıntıya sahip bulunmaktadır (Şekil 8d). Fe, Co, Ni ve As'in benzer jeokimyasal özellikleri gerektirdiğinden, As, Co ve Ni ile beraber Fe minerallerini tercih etmiştir ( Şekil 8c ve Çizelge 2). Nicholson (1992) MnO - As uyumlu bağıntısını eksalatif sedimanter yatakların bir özelliği olarak görmektedir.

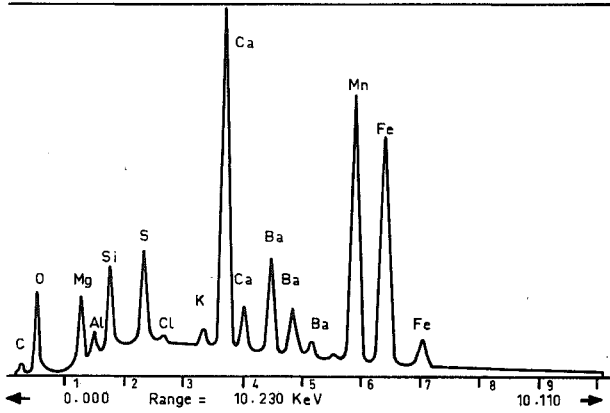
Yukarıda yapılan açıklamalar, saptanan jeokimyasal ilişkilerle Mn - Ba ve Fe/Mn - Ba bağıntılarına göre Keban Batı Fırat gümüşlü Mn oluşukları En Kafala (Etyopya) ve Thera (Yunanistan) eksalatif sedimanter yataklarına benzemektedir. Keban cevherleri, Ba ve Mn bakımından karşılaştırılan Thera ve Stramboli oluşuklarına göre daha zengindir. Ancak En Kafala yatağına göre Mn'ca daha fakirdir (Şekil 9a). Buna karşın Fe / Mn oranı Stromboli'ye oranla düşük, En Kafala'ya

**Figure 5.** Distribution of dedected important elements by electron microscope (microprobe, left): 1- Ba Distribution, 2- S Distribution, 4- C Distribution, 5- Cl Distribution. Mineral phases (right): 3- Secondary image, 6- reflection image, Carbonates (dark gray), Mn - Fe oxydes I hydroxides (gray), sulfate (light gray, barite) and bitumia (black).

oranla da yüksektir (Şekil 9b).

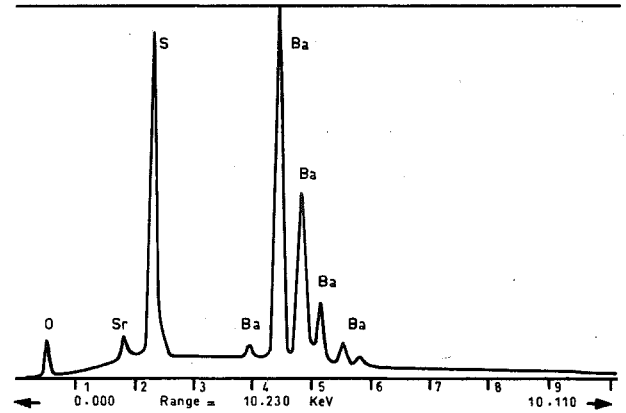
Engelhard'a (1936) göre Ba bakımından siyenitler en zengin, granitler ise, en fakir kayalardır. Buna göre Batı Fırat gümüşlü mangan oluşuklardaki Ba'un yatakları bölgesinde yaygın görülen siyenitik magmatitlerle ilişkili olması muhtemeldir. Bunun için siyenitlerin Ba içerikleri bu konuda ipucu verebilir. Ancak şimdiye kadar yapılmış kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır.

Ba, magmatik işlevler şuasında öncelikle Feldspat ve mikalarda K tarafından yakalanarak yoğunlaşır. Hidrotermal evrede daha çok yanal zonlanma gösterir. Keban'da Ba damarlarının sadece Mn cevherlerini takibetmemesi, örneğin sülfütlü cevherlerde de bulunması, deniz suyundan kaynaklanmadığını göstermektedir (Bonatti ve diğ., 1972). Maynard ve Okita (1991) Ba



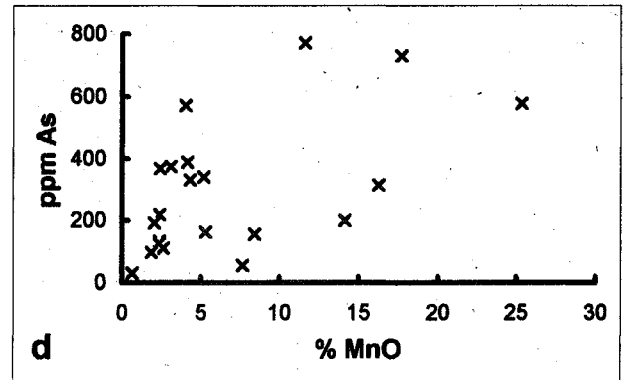
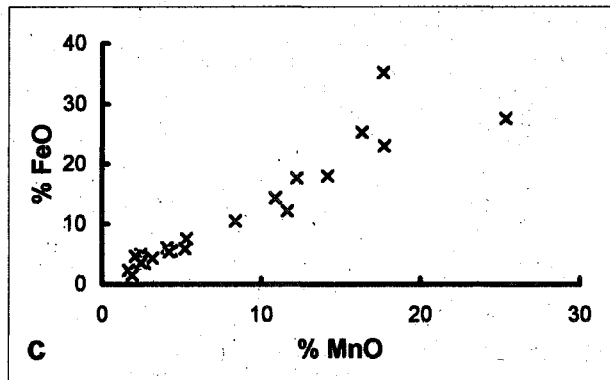
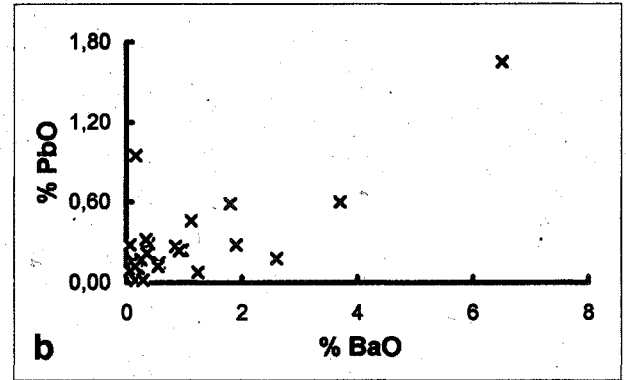
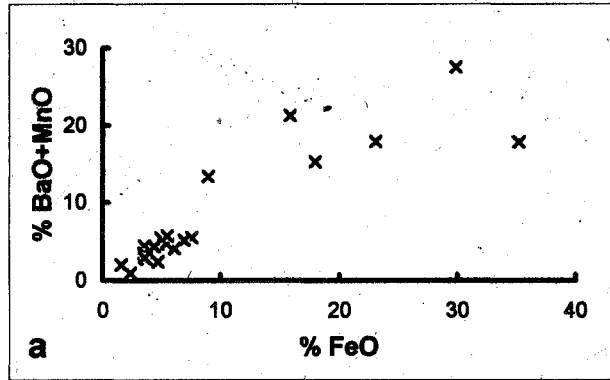
Şekil 6. Elektron mikroskopla (microprobe) saptanan elementlerin yarı kantitatif kimyasal analiz diyagramı.

Figure 6. Half quantitative analysis diagram of detected elements by electron microscope (microprobe).



Şekil 7. Baritte S ve Sr yarı kantitatif dağılımı diyagramı.

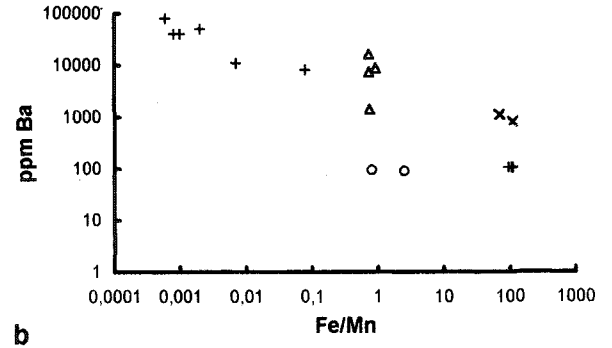
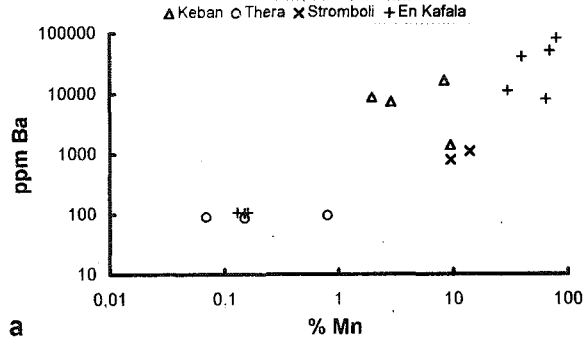
Figure 7. Diagram of half quantitative distribution of S and Sr in barite.



Şekil 8. BaO'in bazı önemli bileşenlerle ilişkisi. Ekstrem değerler Dörfel'e (1962) göre düşürülmüştür, d diyagramındaki saçınımların As'in sülfidlere bağlanmasından kaynaklanmaktadır.

Figure 8. Relation between BaO and some important components. Extrem values are reduced after Dörfel (1962). The scattering of values in plot d is influenced by the As fixing in sulphides.





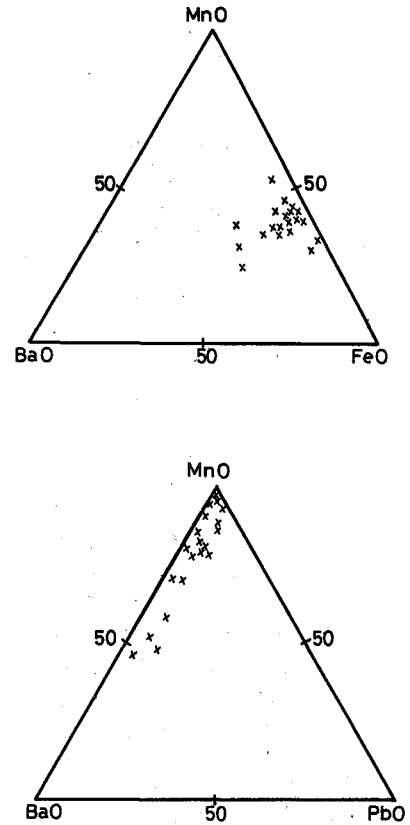
Şekil 9. İncelenen örneklerin 4 sondaj ortalamasının Ba-Mn ve Ba-Fe/Mn dağılımlarının benzer yataklardaki değerlerle (Bonatti ve diğ., 1972) karşılaştırılması.

Figure 9. Plot of Ba versus Mn and Fe / Mn. Average of investigated ore samples from 4 drill holes in comparison with similar deposits (Bonatti et al., 1972).

göstermektedir. Bu, CaO'in cevher minerallerinden farklı bir işlevin ürünü olduğunu göstermektedir. Dağılımların standart çan eğrisine göre yükseklikleri de aynı şekilde değişmektedir. BaO, MnO ve PbO standart çan eğrisinden daha yüksek bir dağılıma sahip olmalarına karşın (yükseklikler  $K > 0 = 0.7$  ile  $8.4$  arasında), CaO daha alçak bir dağılım göstermektedir ( $K < 0 = 0.5$ ). Element dağılımlarının asimetriği dinamik dengeye ve istatistiki olmayan bir dağılıma işaret etmektedir (Smirnov, 1963). Sıklık dağılımının standart çan eğrisinden yüksek olması, elementin bir mineralede yoğunlaşmasının belirtisi olarak açıklanmaktadır (Smirnov, 1963). Burada Ba'ın baritte, Mn'in pirolüzitte ve Pb'un da galende toplandığı sonucu çıkmaktadır. CaO dağılımının standart çan eğrisinden daha alçak (yassı) çıkması, kalsit yanında dolomitin de önemli olduğu anlamına gelmektedir.

Aynı değerlerin Şekil 1 lb, d, f ve h diyagramlarındaki logaritmaları, değerlerin ortalama değer etrafında yoğunlaşmaları ile, bir logaritmik (log - normal) dağılım sunmaktadır. Bileşenlerin normal dağıldıkları toplam değerlerin yaklaşık bir entegral işareti şeklindeki eğri ile de doğrulanmaktadır. Çok dar bir aralıkta yoğunlaşan CaO, burada da normal dağılmamaktadır. CaO'in BaO, MnO ve PbO'dan farklı bir sıklık dağılımına sahip olması kökensel nedenlere dayanır. Ahrens'e (1954) göre elementlerin log - normal dağılımları magmatik kayaç ve minerallere özgüdür. Bu sonuç ek-salatif sedimanter oluşum savını desteklemektedir (Dirim ve diğ., 1985; Yiğit, 1989 ve Hanelçi, 1991). CaO'in log - normal dağılım göstermemesi, diğer bileşenlerden farklı oluşması, örneğin kimyasal çökmesi, anlamına gelir.

Yüksek değerlerin düşük değerlerden farklı bir dağılım göstermeleri sonucu BaO ve MnO log - normal dağılımlarında 2 tepelikli durum ortaya çıkmaktadır



Şekil 10. Derişim üçgenlerinde BaO, MnO, FeO ve PbO oranlarının dağılımı ( $n = 21$ ). Ekstrem değerler Dörfel'e (1962) göre düşürülmüştür.

Figure 10. Variations of the BaO, MnO, FeO and PbO contents in concentration triangles ( $n = 21$ ). Extrem values are reduced after Dörfel (1962).

## KEBAN (ELAZIĞ) SİMLİ KURŞUN YATAĞI

(şekil lib ve f)- Bu nedenle bu dağılımların eğim ve yükseklik bakımından incelenmesi doğru sonuç verecektir. Ancak PbO dağılımının negatif eğimli ( $E = -1.6$ ) ve standart çan eğrisinden daha yüksek / dar ( $K = +1.5$ ) olduğu hesaplanmıştır. CaO'nun log - normal dağılım parametreleri mutlak değer dağılım parametrelerine benzerdir ( $E = -0.2$  ve  $K = -0.5$ )

### KORELASYON ANALİZİ

Korelasyon analizi birçok element çifti arasında geçerli bağlantıların bulunduğunu göstermektedir (Çizelge 2 ve Şekil 12).  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  ve  $K_2O$  arasındaki uyumlu bağlantı silikatlara, örneğin feldspat ve kil minerallerine, bağlandıklarını ifade etmektedir.  $K_2O$ 'ın bunların dışında hiçbir bileşenle uyumlu ve geçerli bir bağlantıya sahip olmaması bu kanıtı kuvvetlendirmektedir. CaO ve MgO kendi aralarında uyumlu, diğer tüm bileşenlerle de uyumsuz bağlantı sunmaktadırlar. Bu, jeolojik olarak kireçtaşları ile dolomitlerin silikat ve cevherlerden farklı bir ortamda geliştiklerini göstermektedir. FeO, MnO, Ni ve Co gibi siderofil elementler de kendi aralarında bir uyumluluk içinde görülmektedir. Sonuç olarak geliştiklerini göstermektedir. FeO, MnO, Ni ve Co gibi siderofil elementler de kendi aralarında bir uyumluluk içinde görülmektedir, sonuç olarak incelenen cevherlerde 3 mineral grubunun etkin olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunlar silikat, karbonat ve oksit / hidroksitlerdir. Bu sonuçlar elektron mikroskop bulgularına da uymaktadır.

Sülfür ve sülfatlar,  $SO_3$ 'ün korelasyon katsayılarından görüldüğü gibi (Çizelge 2), sadece BaO ve PbO ile ilişkili görülmektedir. Bunlarla büyük iyon yarıçaplı K arasındaki bağlantılar zayıftır ( $r = 0.31$  ve  $r = 0.39$ ). Ba ve Pb, K'u takip ederler (Engelhard, 1936). Ba, K ile beraber hollandit, psilomelan ve todorokit gibi önemli birçok Mn mineralinin yapısına da girebilmektedir (Rosier, 1979 ve Maynard, 1983). Bu zayıf korelasyona silikatların azlığı, örneğin mika ve feldspatlar, neden olabilir. MnO'nun, incelenen ana bileşenlerden sadece FeO ( $r = 0.81$ ),  $Na_2O$  ( $r = 0.69$ ) ile, eser elementlerden de sadece Co ( $r = 0.66$ ), As ve Ni (ikisi için de  $r = 0.55$ ) ile yakın ilişkisi bulunmamaktadır (Çizelge 2 ve Şekil 8d). Bu sayılan eser elementlerin psilomelan ve todorokit gibi Mn minerallerinde barındıklarını göstermektedir (Maynard, 1983). Eser elementlerden Ca, Ni ve Co arasında belirgin bir yakınlık gözlenmektedir.

BaO'nun SrO ile uyumlu bağlantısı, Sr'un baritte yoğunlaştığını göstermektedir (Şekil 12a). Litofil karakteri ve benzer iyon yarıçapı  $Sr^{2+}$  (0.132 nm) nedeniyle

$Ba^{2+}$ 'nın (0.137 nm) yerine geçebilmektedir. Bu bağlantı elektron mikroskop sonuçları ile uyum içindedir (Şekil 7). CaO'nun MnO ile uyumsuz bağlantısı (Şekil 12c), cevherlerin kireçtaşlarına sokulumunu doğrulamaktadır. Bu, cevherleşmelerin yankayaçla zıt geliştiklerini ve kireçtaşlarının metazomatizmasına neden olduklarını veya asimile ettiklerini ifade etmektedir. Buna karşın kireçtaşlarının dolomitik bileşimleri nedeniyle CaO ve MgO derişimleri uyumludur (Şekil 12e).

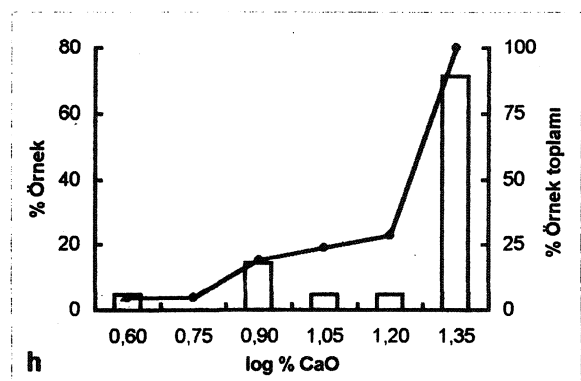
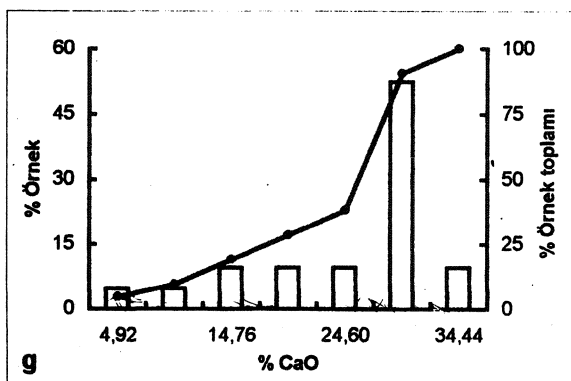
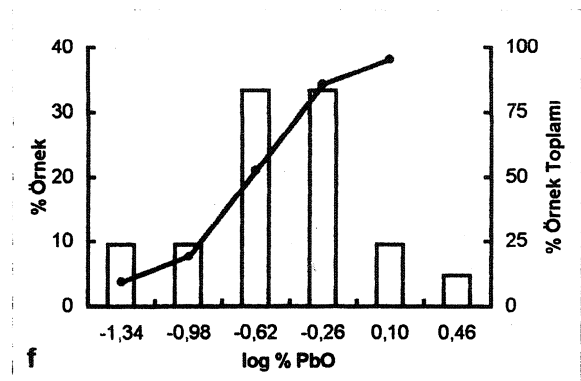
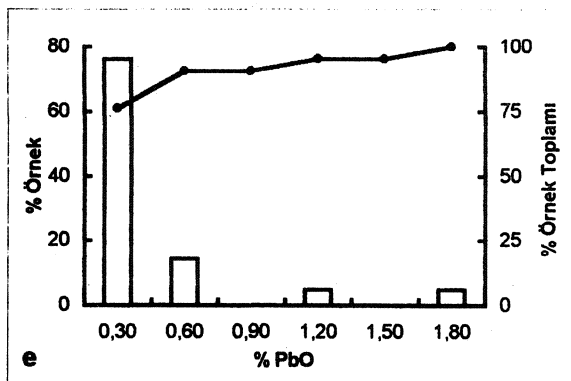
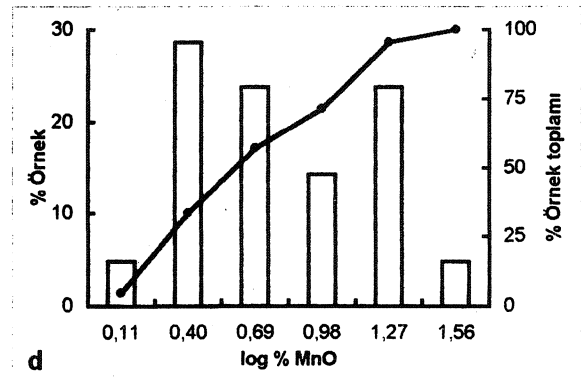
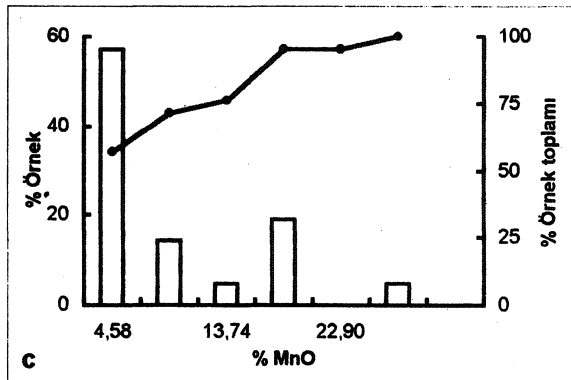
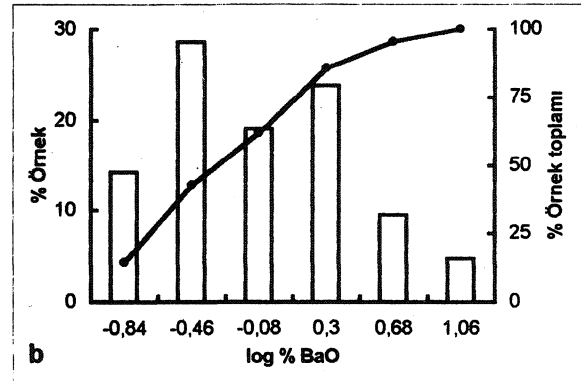
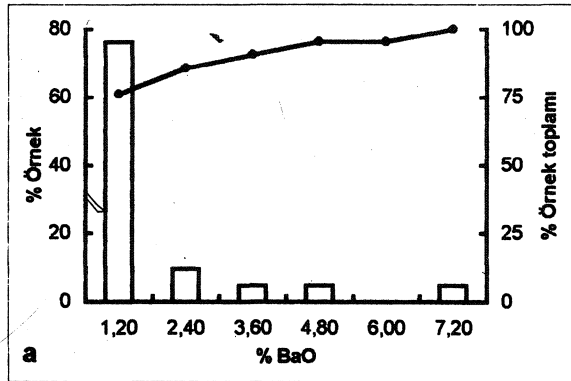
Elementler arasındaki bağlantılar yanında elementlerle bunların oranları da köken hakkında önemli ipuçları verebilir. BaO ile BaO / SrO arasındaki bağlantı katsayısı BaO ile SrO arasındaki bağlantı katsayısından daha iyidir (Şekil 12b). Bu bağlantı BaO'nun hidrotermal ayrışma sırasında katı fazı tercih ederek ayrışmanın sonuna doğru SrO'ye oranla daha hızlı azalması ile BaO / SrO oranının düşmesinden ileri gelmektedir (Rinwood, 1955 ve Howard, 1987). Benzer bir durum BaO ile  $K_2O$  arasında görülmektedir (Şekil 12d). İki bileşen arasındaki geçersiz bağlantıya karşın ( $r = 0.31$ ), BaO derişimi ile BaO /  $K_2O$  oranları arasında uyumlu ve geçerli bir bağlantı bulunmaktadır. Bu sonuç da hidrotermal sıvı pekiştirmektedir. Aynı saptama FeO - FeO / Zn için de geçerlidir (Şekil 12f).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonuçları Keban Batı Fırat sahasında ortalama %1.73 BaO içeren ve en çok %30'e ulaşan  $BaSO_4$  değerlerine göre ekonomik bir barit cevherleşmesi mevcut olmadığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, BaO'nun MnO ve FeO'ye oranla çok düşük olduğunu, PbO'ye oranla da yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Mn / Fe oranı 0.78 olan bu oluşukların "Demirli mangan cevherleşmeleri" yerine "manganlı demir cevherleşmeleri" olarak nitelendirilmesi daha uygun olacaktır. Cevherleşmeler yüksek oranda Pb, Sr ve As içermektedirler. Buna karşın K ve Na ana elementleri ile Zn, Cu, er, Ni ve Co eser element değerleri düşüktür. Ancak olası bir işletme sırasında masrafların bir kısmını karşılayabilecek barit de elde edilebilir.

Keban Batı Fırat gümüşlü mangan cevherlerindeki Ba ile esas elementler Mn ve Fe arasında belirgin bir ilişki gözlenmemektedir. Bu, Ba'nun Mn ve Fe'den iyi ayrılmadığına işaret etmektedir. Buna karşın Fe ile Ba + Mn arasında çok belirgin ve uyumlu bir bağlantı mevcuttur. Bu bağlantıdan yeni sülfür yataklarının aranmasında yararlanılabilir.

Şimdiye kadar Keban'da gerçekleştirilen jeolojik,



## KEBAN (ELAZIĞ) SİMLİ KURŞUN YATAĞI

maden yatakları ve jeokimyasal araştırma sonuçlarının sentezi eksalatif sedimanter oluşum tezini kuvvetlendirmektedir. İncelenen cevherlerin yüksek oranda PbO ve düşük oranda S, Zn ile Cu içermeleri bu tezin önemli kanıtlarıdır (Maynard ve Okita, 1991). BaO, FeO, MnO ve PbO analiz değerlerinin log - normal dağılımları (Ahrens, 1966), BaO - PbO, BaO - SrO, BaO = MnO + FeO, BaO - BaO / K<sub>2</sub>O, FeO - FeO / Zn (Ringwood, 1955) ve MnO - As arasındaki uyumlu ve geçerli bağınlarla düşük Mn/Fe (0.78) oranı (Nicholson, 1992) bu savı desteklemektedir. Cevherlerde C'un saptanması ve Cl'un homojen dağılımı ile anatas bulunması (Hanelçi, 1991) sığ deniz ortamına işaret etmektedir. Bu laboratuvar bulguları, eksalatif sedimanter yatakların özellikleri olan aşağıdaki jeolojik ve mikroskopik gözlemlerle doğrulanmaktadır:

- Oluşukların çok yakınında sülfid cevherleşmelerinin yer alması (Maynard, 1983),
- Tabanda ağsı cevherin bulunması (Petrascheck ve Petrascheck, 1992),
- Mn - Fe cevherleşmelerinin üst seviyelerde meydana gelmesi (Petrascheck ve Petrascheck, 1992),
- Baritin mangan ve demir oksit / hidroksit cevherlerine eşlik etmesi (Berger, 1969),
- Kolloidal doku ve fromboidal piritin yaygın olması (Hanelçi, 1991) ve
- Ba'un sülfid cevherlerinde de gözlenmesi (Hanelçi, 1991) ve iri kristalli olması (Shikazono, 1994).

Metallerin taşınması ve çökmesine ilişkin değişik görüşler bulunmaktadır. Petrascheck ve Petrascheck (1992) Ba'un BaCl<sub>2</sub> olarak taşındığını ve bunun asidik ortamda BaSO<sub>4</sub>'a indirgenerek çökeldiğini belirtmektedirler. Barnes (1975) bisülfid ve klorid komplekslerinin taşınmada önemli rol oynadığını savunmaktadır. Smirnov'a (1970) göre kükürt ve oksijen rejimleri hidrotermal işlevleri denetliyen en önemli etkenlerdir. Buna göre hidrotermal gelişim sırasında O<sub>2</sub>'nin artan kısmi basıncı S<sup>2-</sup> yi SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ye yükselterek sülfatların (barit ve jips) oluşmasını sağlamaktadır. Buna bağlı olarak değişen S/O<sub>2</sub> oranı nedeniyle Cu gibi S'e karşı büyük afinitelere sahip olan elementler, düşük O<sub>2</sub> derişimi sırasında sülfitleri oluşturarak çökeliyorlar. Keban Batı Fırat'ın oksit / -hidroksit cevherleşmelerinin alt kısımlardaki sülfidli cevherler büyük olasılıkla bu işlevin ürünüdür. Buna karşın O<sub>2</sub>'ye karşı büyük afiniteye sahip olan Fe ve Mn gibi elementler, yüksek O<sub>2</sub> derişimi sırasında oksitleri teşkil ederler. Ag ve Hg gibi iyon halinde hareket eden elementler ise, yüksek redoks potansiyelleri nedeniyle, en son çökeliyorlar ve eriyik kaynağına en uzakta derişiyorlar. Bu nedenle özellikle hidrotermal yataklarda birincil derinlik derişiyorlar. Bu nedenle özellikle hidrotermal yataklarda birincil derinlik farkı meydana gelir. Keban Batı Fırat Fe - Mn cevherleşmelerinde altta Fe, Mn ve Zn'nin, üstte Pb ve Ag'nin yoğun olduğu belirgin bir birincil derinlik farkı Çelebi ve Hanelçi (1996) tarafından saptanmıştır. Bu saptama yukarıda vurgulanan eksalatif sedimanter savını pekiştirmektedir. Bunları takip eden tektonik gelişme, magmatik aktivite ve aşınma, cevherleşmelerin bugünkü yerlerini almalarına ve birincil özelliklerini önemli ölçüde kaybetmelerine neden olmuştur.

**Şekil 11.** önemli elementlerin sıklık dağılımları. Mutlak dağılım (solda) ve logaritmik dağılım (sağda, n= 21). Ekstrem değerler Dörfel'e (1962) göre düşürülmüştür.

**Figure 11,** Distribution of the important elements. Absolute distribution (left) and log - distribution (right, n = 21). Extrem values are reduced after Dörfel (1962).

teye sahip olan elementler, düşük O<sub>2</sub> derişimi sırasında sülfitleri oluşturarak çökeliyorlar. Keban Batı Fırat'ın oksit / -hidroksit cevherleşmelerinin alt kısımlardaki sülfidli cevherler büyük olasılıkla bu işlevin ürünüdür. Buna karşın O<sub>2</sub>'ye karşı büyük afiniteye sahip olan Fe ve Mn gibi elementler, yüksek O<sub>2</sub> derişimi sırasında oksitleri teşkil ederler. Ag ve Hg gibi iyon halinde hareket eden elementler ise, yüksek redoks potansiyelleri nedeniyle, en son çökeliyorlar ve eriyik kaynağına en uzakta derişiyorlar. Bu nedenle özellikle hidrotermal yataklarda birincil derinlik derişiyorlar. Bu nedenle özellikle hidrotermal yataklarda birincil derinlik farkı meydana gelir. Keban Batı Fırat Fe - Mn cevherleşmelerinde altta Fe, Mn ve Zn'nin, üstte Pb ve Ag'nin yoğun olduğu belirgin bir birincil derinlik farkı Çelebi ve Hanelçi (1996) tarafından saptanmıştır. Bu saptama yukarıda vurgulanan eksalatif sedimanter savını pekiştirmektedir. Bunları takip eden tektonik gelişme, magmatik aktivite ve aşınma, cevherleşmelerin bugünkü yerlerini almalarına ve birincil özelliklerini önemli ölçüde kaybetmelerine neden olmuştur.

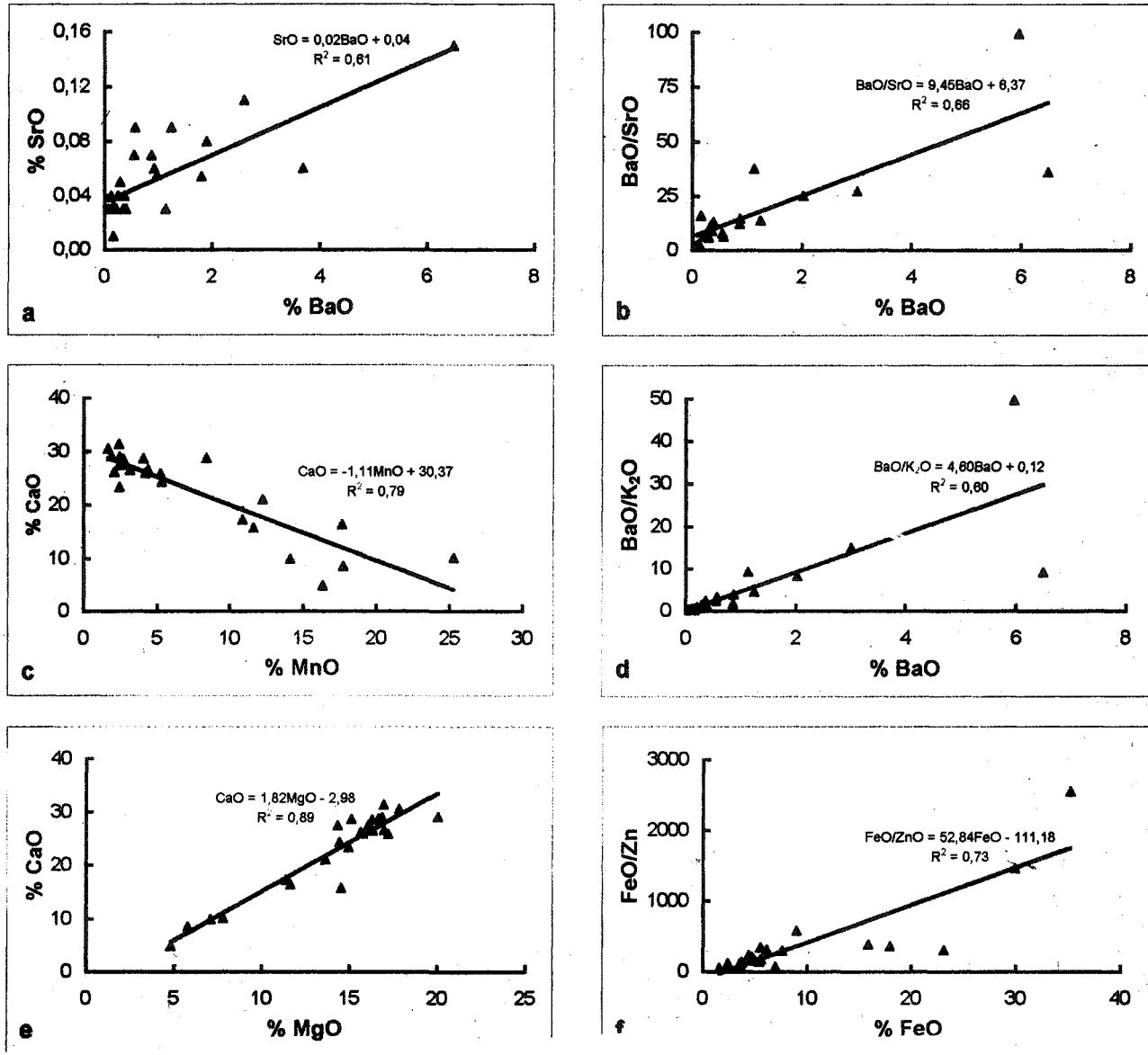
Sonuç olarak yukarıda belirtilen bulgular Keban Batı Fırat gümüşlü mangan oluşuklarının eşoluşumlu, eksalatif sedimanter oluşuklar olduğunu göstermektedir. Benzer yataklar, En Kafala (Etyopya), Thera ve Stramboli (Yunanistan) eksalatif sedimanter yataklardır. Oluşum ortamının ve çeşitli cevher tiplerinin ilişkilerinin saptanması için kapsamlı mikroskop, sıvı kapanımı ve izotop çalışmalarına gereksinim vardır.

### KATKI BELİRTME

Arazi çalışmaları sırasında büyük yardımını gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Ş. Hanelçi'ye (Keban MYO) ve analizlerin yapılması için bana olanak tanıyan Sayın Prof. Dr. -Ing. K. -H. Jacob'a (TU - Berlin) içten teşekkürlerimi sunarım. Yayın taslağını gözden geçiren Sayın Prof. Dr. A. Sağroğlu'na (FÜ) yararlı görüş ve önerileri için teşekkür ederim.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Ahrens, L.H., 1954, The lognormal distribution of the elements(1). Geochim. etCosmochim. Acta5,49-73.
- Ahrens, L.H., 1966, Elements distribution in specific igneous rocks-VIII. Geochim. etCosmochim. Acta30,109 - 122.
- Akgül, B., 1993, Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri. Doktora tezi (yayınlanmamış), FÜ, Elazığ, 128 s.



Şekil 12. Önemli bileşen çiftleri ve bileşen oranları ile bileşenler arasındaki bağıntılar. Ekstrem değerler Dörfel'e (1962) göre düşürülmüştür.

Figure 12. Correlation between important component pairs and component ratios with a component. Extrem values are reduced after Dörfel (1962)

Aktaş, G. ve Robertson, A.H.F., 1990, Tectonic evolution of the tethys suture zone in SE Turkey: Evidence from the petrology and geochemistry of late Cretaceous and Middle Eocene extrusives. MALPAS, E.M.. (ed.), 1990: Ophiolites oceanic crustal analogues, proceeding of the symp. Troodos 1987, Lefkoşe, 311-328.

Asutay, H.J., 1988, Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil Magmatitlerinin petrolojisi. MTA Der. 107, 25 - 34.

Barnes, H.L., 1975, Zoning of ore deposits: Type and causes. Trans. R. Soc. Edinburgh 69, 295-311.

Berger, A., 1969, Zur Geochemie und Lagerstättenkunde des Mangans. Erzmetall 20/3,131 -137.

Bonatti, E., Fisher, D.E., Joensuu, O., Rydell, H.S. and Beyth, M., 1972, Iron - manganese - barium deposit from the northern Afar Rift (Ethiopia). Econ. Geol. 67, 717-731.

Çelebi, H., Peker, I. ve Utlu, F., 1995, Die Spurenelemente Cd



## KEBAN (ELAZIĞ) SİMLİ KURŞUN YATAĞI

- und Sb der Mn - Fe - Erze aus der West - Euphrat - Haefte des Lagerstättendistriktes Keban, Provinz Elazığ / Osttürkei. *Chemie der Erde* 55, 119 -132.
- Çelebi, H. ve Hanelçi, Ş., 1996, Geochemische und geostatistische Untersuchungen an Mn - Erzen des Lagerstättendistriktes Keban, Provinz Elazığ / Türkei. *Geolog. Jahrb. (baskıda)*.
- Dirim, M.S., Koçak, N., Yiğit, L., Kaçın, N. ve Esen, K., 1985, Keban Fıratı Batı Yakası Mn - Ag - Pb - Zn - Au cevherleşmesi ve 1984 yılı arama çalışmaları. Etibank raporu, 1985 / 3 (yayınlanmamış), Ankara, 52 s.
- Dörfel, K., 1962, Beurteilung von Analysenverfahren und -ergebnissen. Welimer, F. -W. (ed.), 1989: Rechnen für Lagerstättenkundler 2. Clausthaler Hefte 26, Clausthaler - Zellerfeld, 460 s.
- Engelhard, W.V., 1936, Die Geochemie des Bariums. *Chemie der Erde* 10, 187 -245.
- Hanelçi, Ş., 1991, Zeryan Dere - Sirfil Tepe (Keban - Elazığ) Metallojenisinin incelenmesi. Doktora tezi (yayınlanmamış), İÜ, 200 s.
- Hanelçi, Ş., 1996, Mineralogie und die Genese der Cu - Vorkommen von Zeryan Dere des Lagerstättendistriktes Keban, Elazığ/ Osttürkei. *Geol. Jahrb. (baskıda)*.
- Howard, K.W. and Hanor, J.S., 1987, Compositional zoning in the Fancy Hill stratiform barite deposit, Ouachita Mountains, Arkansas, and evidence for the lack of associated massive sulfides. *Econ. Geol.* 82, 1377 - 1385.
- Kineş, T., 1969, The geology and ore mineralization of the Keban area, eastern Turkey. Doktora tezi (yayınlanmamış), Durham / İngiltere, 213 s.
- Kipman, E., 1976, Keban'ın jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi. Doktora tezi (yayınlanmamış), İÜ, 91 s.
- Kipman, E., 1982, Keban volkanitlerinin petrolojisi. İÜ Yerb. Derg. 3 - 4, 205 - 230.
- Köksoy, M., 1972, Keban madeni civarında cevherleşme ile ilgili elementlerin dağılımları. Etibank raporu 983 (yayınlanmamış), Ankara, 88 s.
- Kumbasar, L., 1964, Keban bölgesindeki cevherleşmelerin petrografik ve metalojenik etüdü. Doktora tezi (yayınlanmamış), İTÜ, 113 s.
- Lepeltier, C., 1969, A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Econ. Geol.* 64, 538 -550.
- Maynard, J.B., 1983, Geochemistry of sedimentary ore deposits. Springer Veri., New York - Heidelberg - Berlin, 305 s.
- Maynard, J.B. and Okita, P.M., 1991, Bedded barite deposits in the United States, Canada, Germany and China: Two major types based on tectonic setting. *Econ. Geol.* 86, 364 - 376.
- Nicholson, K., 1992, Contrasting Mineralogical - Geochemical Signiture of Manganese Oxide: Guides to Metallogenesis. *Econ. Geol.* 87, 1253 -1264.
- Öztunalı, Ö., 1989, Keban maden sahaları durum tespit raporları 1985 - 89 (yayınlanmamış). Etibank Maden Arama Müd., Ankara, 30 s.
- Petrasccheck, W. and Petrascheck, W.E., 1992, Lagerstaettenlehre. Schweizerbartsche, Stuttgart, 245 - 249.
- Ringwood, A.E., 1955, The principles governing trace element distribution during crystallization. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 7, 189 - 202.
- Rosier, H.J., 1979, Lehrbuch der Mineralogie. VEB deutscher Veri. für Grundstoffindustrie, Leipzig, 832 s.
- Seeliger, T.C., Pernicka, E., Wagner, G.A., Begeman, F., Schmitt - Strecker, S., Eibner, C., Öztunalı, Ö., Baranyi, I., 1985, Archaio - metallurgische Untersuchungen ni Nord- und Ostanatolien. 32. Jahrbuch des Römisch - Germanischen Zentralmuseums, Mainz, 597 - 659.
- Shannon, R.D., 1976, Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides. *Acta Crystallogr. A* 32, 751 - 767.
- Sikazono, N., 1994, Precipitation mechanisms of barite in sulfate - sulfide deposits in back - arc basins. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 58, 2203 - 2213.
- Smirkov, V.I., 1970, Geologie der Lagerstätten Mineralischer Rohstoffe. VEB Verl., Leipzig, 563 s.
- Smirkov, S.I., 1963, Statistical distribution of the concentrations of the elements in natural waters. Schroll, E., (ed.), 1975: Analytische Geochemie. Enke Verl., Bd. I, Stuttgart, 292 s.
- Stamatakis, M.G. and Hein, J.R., 1993, Origin of barite in Tertiary marine sedimentary rocks from Lefkas Island, Greece. *Econ. Geol.* 88, 91 -103.

Tızlak, E., 1991, Keban - Ergani yöresinde Madencilik (1780 - 1850). Doktora tezi (yayınlanmamış), FÜ, Elazığ, 402 s.

Ulutan, B., 1987, Etibank. Etibank Matbaası, Ankara, 96 - 98.

Yazgan, E. ve Chessex, R., 1991, Geology and tectonic evolution of the Southeastern Taurides in the Region of Malatya. TPJD - Bull. 3/1,1 - 42.

Yılmaz, A., Ünlü, T. ve Sayılı, S., 1992, Keban (Elazığ) kurşun - çinko cevherleşmelerinin kökenine bir yakla-

şım: Ön çalışma. MTADerg. 114,47 - 70.

Yılmaz, Y., 1993, New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolia orogen. Geol. Soc. Am. Bull. 105,251-171.

Yiğit, L., 1989, Keban Gümüşlü mangan cevherleşmesi. Etibank raporu (yayınlanmamış), Ankara, 68 s.

Ziserman, A., 1969, Geological and mining study of Keban Madeni, Elazığ / Turkey. Doktora tezi (yayınlanmamış), BRGM, Fransa, 123 s.

Makalenin geliş tarihi: 12.11.1994

Makalenin yayına kabul edildiği tarih: 17.11.1996

*Received November 12, 1994*

*Accepted November 17, 1996*