

KURŞUNLU (Koyulhisar - SİVAS) DAMAR TİPİ Pb-Zn-Cu YATAKLARINDA MİNERAL OLUŞTURUCU HİDROTERMAL ÇÖZELTİLERİN KARARLI İZOTOPLAR (O, H ve C) JEOKİMYASI VE KÖKENİ

*Stable Isotope (O, H and C) Geochemistry and Origine of The Mineralizing Fluid in
Kurşunlu (Koyulhisar - Sivas) Vein Type Pb-Zn-Cu Deposits*

Ahmet GÖKÇE

Cumhuriyet Üniv. Jeoloji Müh. Bölümü, SİVAS

Baruch SPIRO Nere Isotope Geoseiences Lab. Key worth - Nottingham NG12 5GG, İNGİLTERE

Milke F. MILLER Nerc Isotope Geoseiences Lab. Key worth - Nottingham NG12 5GG, İNGİLTERE

ÖZ: Kurşunlu Yöresindeki damar tipi Pb-Zn-Cu yatakları Üst Kretase yaşlı volkanik ve volkanosedimanter kayalar içinde bulunmakta olup, K50-80 B/75-85 KD konumundurlar. Cevher minerali olarak galenit, sfalerit, pirit, kalkopirit, kalkosin ve hematit, gang minerali olarak ise kuvars, kalsit ve az miktarda barit içermektedirler.

daha önce yapılan kükürt izotopları incelemelerinden sülfürlü minerallerin bileşimindeki kükürtün magmatik kökenli olduğu ve volkanik yan kayalardan yıkanmış olabileceği, sıvı kapanım incelemelerinden ise sıvı kapanımlandaki sıvıların tuzluluğunun genellikle düşük olduğu ve hakim tuz olarak NaCl (\pm KCl) içerdikleri dolayısıyla hidrotermal çözeltilerdeki suyun büyük olasılıkla meteorik kökenli olabileceği sonuçları çıkarılmıştır.

Oksijen ve hidrojen izotoptan analiz sonuçları ($8^{18}O = -5.4$ ile -1.4 ‰ arasında, $8D = -31.4$ ile -70.4 ‰ arasında) yöredeki yatakları oluşturan hidrotermal çözeltilerdeki suların derinlere indikçe ısınmış, ve yöredeki magmatik kayalarla (olasılıkla volkanik) izotopsal etkileşime uğramış yüzeysel kökenli meteorik sular olduklarını göstermektedir. Sıvı kapanımları içindeki CO_2 'nin karbon izotopları bileşimi ise bu çözeltilerin özellikle karasal veya denizel ortamlarda oluşmuş karbonatlı seviyelerden geçmiş olabileceğine işaret etmektedir.

Bu ana kadar yapılan tüm saha ve laboratuvar incelemelerin^ dayanılarak yöredeki damar tipi Pb-Zn-Cu yatakları volkanik yan kayalardaki malzemelerin (kükürt ve olasılıkla metal iyonları) derinlere inerek ısınmış meteorik kökenli sularla çözülüp, faylar boyunca yeniden çöktürmeleri şeklinde oluştuğu söylenebilir.

ABSTRACT: The vein type Pb-Zn-Cu deposits in Kurşunlu area are hosted by the Upper Cretaceous volcanic and volcanosedimentary units with an average attitude of N50°W / 75 - 85°NE. They contain galena, sphalerite, chalcocopyrite, pyrite, chalcocite and hematite as ore minerals and accompanied quartz, calcite and locally barite as gangue minerals.

Previous sulfur isotope and fluid inclusion studies showed that the sulfur in sulfide minerals is magmatic origine and might have been leached from the surrounding volcanic rocks and mineralising fluid has a character of low salinity and dominantly contains NaCl (\pm KCl, CaCl, MgCl) indicating that the water may be meteoric origine.

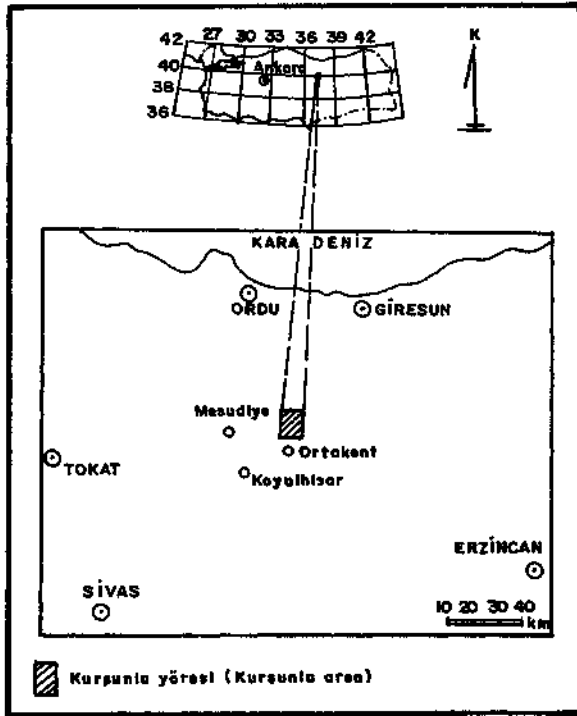
Oxygen and hydrogen isotope studies ($8^{18}O =$ in the range of -3.4 ile $+0.6$ ‰, $8D =$ in the range of -31.4 ile -70.4 ‰) show that the water in mineralising fluid is the deepcirculated meteoric water in mineralising fluid is the deepcirculated meteoric water with some ^{18}O enrichment as a result of isotopic exchange reaction with the surrounding volcanic rocks. Carbon isotopic composition of CO_2 in inclusion fluid indicate that the mineralising fluid might have penetrated through the marine or terrestrial carbonate unites.

According to the results of all field and laboratory investigations held on the mineralization; it may be said that the vein type Pb-Zn-Cu deposits in the area were formed by the deep - circulated meteoric water leaching the sulfur and possibly metal ions from the surrounding volcanic rocks and depositing along the fault zones.

GİRİŞ

Kurşunlu Pb-Zn-Cu yatakları Doğu Karadeniz Bölgesinde Pontidler tektonik birliğinin kuzey bölümü olarak bilinen kuşağın güney ve batı kesimlerinde yaygın olarak gözlenen damar tipi yatakların tipik örneklerinden birisidir (Şekil 1).

Yöredeki kayaç türlerinin petrografik özellikleri, litostratigrafik dizilimleri, cevher damarlarının konumları, iç yapıları, mineralojik bileşimleri Gökçe ve Özgüneylioğlu (1988) tarafından detaylı bir şekilde incelenmiş ve yatakların oluşum ve kökenleri konusunda yaklaşımlarda bulunulmuştur.



Şekil 1. Kurşunlu Pb-Zn-Cu yataklarının bulduru haritası

Figure 1. Location map of the Kurşunlu Pb-Zn-Cu Deposits

Ayrıca yazar tarafından yataklarla ilgili olarak sıvı kapanım ve jeotermometre incelemeleri (Gökçe, 1990a) ile sfalerit, galenit, pirit ve kalkopirit mineral ayımları (mineral fraksiyonları) üzerinde gerçekleştirilen kükürt izotopları jeokimyası incelemeleri (Gökçe, 1990b) de yapılmıştır.

Bu çalışmada ise yöredeki yatakların oluşturan hidrotermal çözeltilerdeki suyun kökenini araştırmak amacıyla yapılmış kararlı izotoplar (hidrojen, oksijen ve karbon) jeokimyası incelemelerinin sonuçları tartışılmaktadır.

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE YATAKLARIN TEMEL JEOLJİK, MİKROSKOPİK, SIVI KAPANIM ÖZELLİKLERİ İLE KÜKÜRT İZOTOPLARI BİLEŞİMİ

Kurşunlu yöresinin ve cevherleşmelerin temel özellikleri Gökçe ve Özgüneylioğlu'ndan (1988) yararlanılarak aşağıdaki biçimde özetlenebilir;

Yataklar çevresinde, Doğu Karadeniz Bölgesinin hakim kayaç türleri olan Üst Kretase - Eosen yaşlı değişik zamanlarda oluşmuş volkanik ve volkano - tortul kayaçlar ve yer yer bunları keserek yerleşmiş plutonik kayaçlar yüzelemektedir. Bu kayaç türlerinden Üst Kretase yaşlı olan Kurşunludere otobreş andeziti, Geyiktepe dasiti ve tüfü, Eskiköy andezit aglomerası, Evliyatepe andeziti, ve Menekşeli çökelleri şeklinde 6 birime ayrılmıştır. Bu birimleri kesen granitoid kütleleri Seğgüneytepe granitoidi şeklinde adlanmış ve Eosen öncesi (Paleosen?) yaşlı olarak kabul edilmiştir, tüm bu birimleri uyumsuz olarak örten Eosen yaşlı bazaltlar Leykün bazaltı olarak adlanmıştır. Bölgede yamaç döküntüleri ve alüvyon örtüleri de yaygındır.

Yörede cevher damadın Kurşunlu köyü ile Melet çayı arasında, Aksu köyü yakınlarında, Taşhane sırtında ve Acıdere köyü kuzeyinde gözlenmektedir. Bu cevher damadın yukarıdaki kayaç türlerinden Üst Kretase yaşlı volkanik ve volkanotortul birimleri (özellikle

KURŞUNLU Pb - Zn - Cu YATAKLARI

Kurşunlu otobreş andezitini) kesen faylar boyunca oluşmuş, genellikle K50 - 80 B/75 - 85 KD konumlu damarlar şeklindedirler. Doğrultu ve eğim yönlerinde kalınlık, konum ve içerik bakımından çok sık değişiklikler gözlenmektedir. Yer yer damarlar çatallanmakta, yer yer ise farklı damarlar birbirleri ile kesişmekte veya birleşmektedirler. Kalın cevher damarlarının doğrultulan boyunca devamlılıkları 200 -1000 m arasında, kalınlıkları ise 10 cm ile 2.5 m arasında değişmektedir.

Cevher damarlarının iç yapıları genellikle benzer özelliklerdedir. Damarın iki kenarında yan kayaçla sınırında yumuşak killi bir malzeme bulunmaktadır. Damar içinde değişik büyüklükte yan kayaç kırıntıları yaygın olup aralan cevher ve gang minerallerince doldurulmuştur. Alınan cevher örneklerinde cevher mineralleri olarak galenit, sfalerit, pirit, kalkopirit, kalkosin ve hematit, gang mineralleri olarak ise kuvars, kalsit ve az miktarda barit izlenmiştir. Tanımlanan sülfürlü mineraller genellikle özşekilli, yer yer yan özşekilli kristaller şeklindedirler. Kalkosinler kalkopiritler üzerinde gelişmiş öz şekilsiz dönüşüm ürünleri şeklindedirler. Sfalerit, galenit ve kalkopirit üçlüsü genellikle eş büyüklükte kristaller şeklinde olup taneseli doku özelliği göstermektedirler. Bazı sfalerit kristallerinde noktalar şeklinde kalkopirit ayrımları bulunmaktadır. Sfalerit yer yer ilk oluşan sülfürlü mineral olarak gözükmeyle birlikte büyük çoğunluğu galenit ve kısmen kalkopirit ile eş zamanlı olarak oluşmuştur. Ayrıca daha sonradan oluşmuş kristallerine de rastlanabilmektedir. İncelemeler sırasında bu mineralin diğerlerine göre daha uzun bir zaman aralığında ve birden fazla evrede oluştuğu her zaman göz önünde bulundurulmuştur. Hematitler ve kalkosinler en son evrenin ürünleri olup, hematitler ince uzun çubuksu kristaller (spekularit) şeklindedirler.

Cevherleşmenin yaşı ve granitoid kütlesi ile ilişkisi konusunda ise; Eosen yaşlı Leykün bazaltını ve Seğgüneytepe granitiodini kesen fayların cevhersiz oluşu nedeniyle cevherleşmenin bu kayaçları etkileyen yapısal süreçlerden daha önce varolduğu, granitoid kütlesi yakınlarındaki kuvars damarlarında, cevher minerallerinin bulunmaması ve cevher damarlarında granitoid kütlesine yaklaştıkça herhangi bir tenor artışının

gözlenmesi nedeniyle cevher oluşumu ile bu granitoid kütlesinin yerleşimi arasında doğrudan bir ilişkinin bulunmadığı düşünülmektedir.

Sıvı kapanım ve jeotermometre incelemelerinde (Gökçe, 1990a) kuvars ve sfalerit kristallerinde birincil ve ikincil olarak oluşmuş, küçük boyutlu, düzgün olmayan şekilli, sıvı ve gaz içerikli olmak üzere iki fazlı kapanımların bulunduğu gözlenmiştir. Bu kapanımlarda yapılan ilk ergime sıcaklığı ve son buz ergime sıcaklığı ölçümlerinde kuvars kristalleri içindeki kapanımlarda tuzluluklarının genellikle düşük ve NaCl içerikli olduğu, sfalerit kristalleri içindeki kapanımlarda ise tuzluluğun yüksek ve Ca²⁺ ve MgCl₂ gibi tuzların da bulunduğu saptanmış olup, hidrotermal çözeltilerin tuzluluğunun genelde düşük ve NaCl içerikli olduğu, özellikle sülfürlü minerallerin çökelişi sırasında tuzluluğun arttığı sonucuna varılmıştır. Diğer yandan homojenleşme sıcaklığı ölçümlerinden ve kükürt izotoplama jeotermometresinden yararlanılarak cevher damarlarının evriminin; erken kuvars evresi (460 - 310 °C arası), ana sülfid evresi (344 - 300 °C arası), geç kuvars evresi (280 - 200 °C arası), geç sülfid evresi (163 - 140 °C arası) ve hematit evresi (130 - 124 °C arası) şeklinde geliştiği saptanmıştır.

Kükürt izotopu incelemelerinde (Gökçe, 1990b) cevher damarlarından alınmış örneklerden % 100 ve / veya çok yakın saflıkta ayrılmış galenit, sfalerit, pirit ve kalkopiritlerin yapısında bulunan kükürtün izotopsal bileşimleri incelenmiş olup, genel olarak -3.7 ile -8.4 ‰ arasında değişen negatif işaretli S³⁴ CDT değerleri şeklinde oldukları gözlenmiştir (Şekil 2). Bu değerlere göre yöredeki cevher damarlarında bulunan kükürtün kökenini kesin olarak magmatik, denizel veya biyolojik olarak tanımlamak mümkün değildir. Yapılan yorum ve yaklaşımlarla bu izotopsal bileşimde bir kükürtün; yöredeki volkanik ve volkanotortul kayaçlardan hidrotermal çözeltilerle çözülmüş ⁸³⁴S değeri sıfıra çok yakın magmatik kökenli kükürtün barit gibi ağır izotopsal bileşimde kükürt kullanan sülfat mineralleri ile daha hafif izotopsal bileşimde kükürt kullanan sülfat mineralleri ile daha hafif izotopsal bileşimde kükürt kullanan sülfürlü mineraller arasında izotopsal farklılaşma sürecine uygun olarak paylaşılması şeklinde geliştiği sonucuna varılmıştır. Belirtilen sülfürlü minerallerden

yalnızca sfalerit ve galenit arasında olasılıkla sınırlı bir izotopsal dengenin varlığı düşünülmüş ve kükürt izotopları aynınlanma jeotermometresine göre yapılan hesaplamalar ile ortalama oluşum sıcaklığı 327°C olarak saptanmıştır.

KARARLI İZOTOPLAR (OKSİJEN, HİDROJEN VE KARBON) JEOKİMYASI

Yöntem

İncelemelerde daha önce sıvı kapanım ve jeotermometre incelemeleri yapılmış örneklerden (Gökçe, 1990a ve 1990b) ayrılmış saf kuvars ayrımları kullanılmış olup, mineral ayırma işlemleri ağır sıvı ve stereo mikroskop yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Hidrojen izotop incelemelerinde taneler şeklindeki kuvars kristalleri içindeki sıvı kapanımlar ısıtılarak parçalanmış ve kapanım içinden serbestleşen su buharı Hg gazına dönüştürülerek D/H oranı analiz edilmiştir.

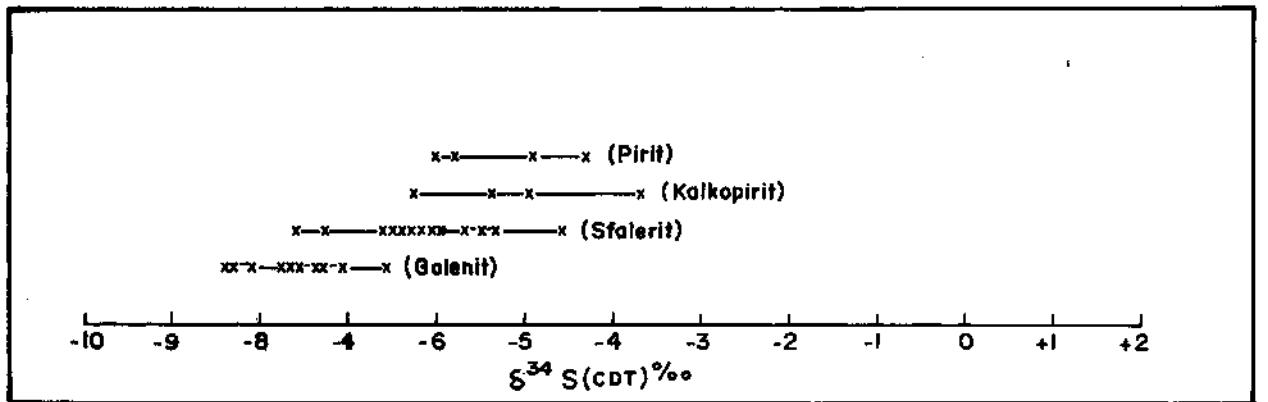
Karbon izotop analizleri hidrojen izotoplan incelemesi sırasında parçalanmış sıvı kapanımlardan serbestleşen CO₂ gazının ¹³C/¹²C oranı analiz edilerek yapılmıştır.

Oksijen izotop analizleri toz haline getirilmiş kuvars mineral ayrımları Clayton ve Mayeda (1963) tarafından geliştirilen ve florlu atak (florination)

yöntemiyle kuvarslardaki oksijenin serbestleştirilmesi, daha sonra grafit ile CO₂ gazına dönüştürülmesi esasına dayanan yöntemle yapılmış ve CO₂ gazı içinde ¹⁸O/¹⁶O oranı analiz edilmiştir.

Hidrotermal çözeltileri oluşturan suyun oksijen izotopları bileşimi kuvars kristallerine ait 5 ¹⁸O değerlerinden yararlanılarak kuvars ile denge halindeki suyun izotopsal aynınlanma faktörünü belirleyen (1000 ln) değerler ortalama oluşum sıcaklığı 181 °C kabul edilerek (jeotermometrik incelemelerde ölçülen sıcaklık değerlerinden hesaplanmıştır) çeşitli araştırmacılarca (Clayton ve diğ., 1972; diyagram Hugh ve Taylor, 1979'dan alınmıştır ve Friedman ve O'Neil, 1977 gibi) geliştirilmiş diyagramlardan yararlanılarak hesaplanmıştır.

izotop analizleri İngiltere'de Nere İzotop Jeokimyası Laboratuvarında (NIGL / Nere Isotope Geosciences Laboratory) yapılmıştır, analizlerde VG SIRA 10 model, izotop oran tipi kütle spektrometresi kullanılmıştır. Hidrojen ve oksijen izotop analizlerinde standart olarak okyanus suyu (SMOW / Standart Mean of Oceanic Water), karbon izotop analizinde ise Pee Dee Belemniti (PDB) kullanılmış olup analiz sonuçları 5 DSMOW, S ¹⁸OSMOW ve 8 ¹³cpD şeklinde ifade edilmiştir, oksijen ve hidrojen izotop analizlerinde hata payı ± 0.2 %, karbon izotoplarında ise ± 0.1 %'den daha azdır.



Şekil 2. Kurşunlu Pb-Zn-Cu yataklarında sülfürlü minerallerin kükürt izotop bileşimleri (Gökçe, 1990b'den hazırlanmıştır).

Figure 2. Sulfur isotopic composition of sulfide minerals in Kurşunlu Pb-Zn-Cu deposits (Prepared after; Gökçe, 1990b).

Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

incelemeler sırasında saptanan oksijen, hidrojen ve karbon izotoplarına ait analiz sonuçları çizelge 1'de toplu halde görülmektedir.

Kuvarslara ait 8^{18}O değerleri + 9.8 ile + 13.8 ‰ arasında değişmekte olup jeolojik bakımından önemli değişik kökenli örneklerle karşılaştırıldıklarında granitik ve bazaltik kayalara özgü değerlerle (Hoefs, 1987 ve Gökçe 1993) benzerlik gösterdiği ve yöredeki bu tür kayalardan çözülmüş oldukları söylenebilir.

Oksijen ve hidrojen izotoptan analiz sonuçları yörede mineral oluşturucu hidrotermal sıvıların kökeni açısından değerlendirildiklerinde; 5^{18}O değerlerinin - 5.4 ile -1.4 ‰ arasında, SD değerlerinin ise -31.4 ile - 70.4 ‰ arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 3).

Bu izotopsal bileşimdeki su çeşitli araştırmalarda ısınma derecesine bağlı olarak magmatik ve metamorfik kayalarla izotopsal etkileşime uğrayarak 8^{18}O değeri

yükselmiş meteorik kökenli su olarak değerlendirilen alana (Sheppard, 1986) düşmektedir. Bu nedenle yöredeki yatakları oluşturan hidrotermal suların derinlere indikçe ısınmış, ve yöredeki magmatik kayalarla (olasılıkla volkanitlerle) izotopsal etkileşime uğramış yüzeysel kökenli meteorik kökenli sular oldukları söylenebilir.

Karbon izotopları bileşiminde saptanan ve iki değer dışında sıfıra çok yakın negatif işaretli 5^{13}C değerleri kapalımlar içindeki CO_2 gazının özellikle denizel ve tatlı su karbonatlarından (Hoefs, 1987) kaynaklandığını ve hidrotermal çözeltilerinin bu tür birimler içinden geçmiş olabileceğini düşündürmektedir. -22.1 ‰ şeklindeki yalnızca bir adet çok farklı değer organizmalara ve sedimanter organik malzemelere ait değerlere benzemekle birlikte yöredeki volkano tortul birimler içinde organik maddece zengin seviyelerin varlığından söz etmek mümkün gözükmemektedir.

Çizelge 1 : Kurşunlu Pb-Zn-Cu yataklarında kuvars ve sıvı kapalımlarındaki suyun O, H ve C izotopları analiz sonuçları.

Table 1 : Analytic results of O, H and C isotopes belongs to the quartz and inclusion water in Kurşunlu Pb-Zn-Cu deposits.

Örnek No:	Kuvarslarda $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ Değerleri	Kuvarslarla denge halindeki su için hesaplanmış $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ Değerleri (Ort. T=181°C için $1000 \ln \alpha = 15.2$)	Sıvı kapalımları içindeki suyun $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ‰ değerleri	Sıvı kapalımları içindeki CO_2 'nin $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ‰ değerleri
KS-13c	12.1	- 3.1	- 70.4	- 22.1
KS-31	10.7	- 4.5	- 45.1	- 4.0
KS-36	13.8	- 1.4	- 39.6	- 1.6
KS-39	10.9	- 4.3	- 31.4	- 2.8
KS-45	10.5	- 4.7	- 45.5	- 4.3
KS-52	10.6	- 4.6	- 50.7	- 10.7
KS-56	10.0	- 5.2	(-)	- 1.6
KS-58	9.8	- 5.4	(-)	- 4.8

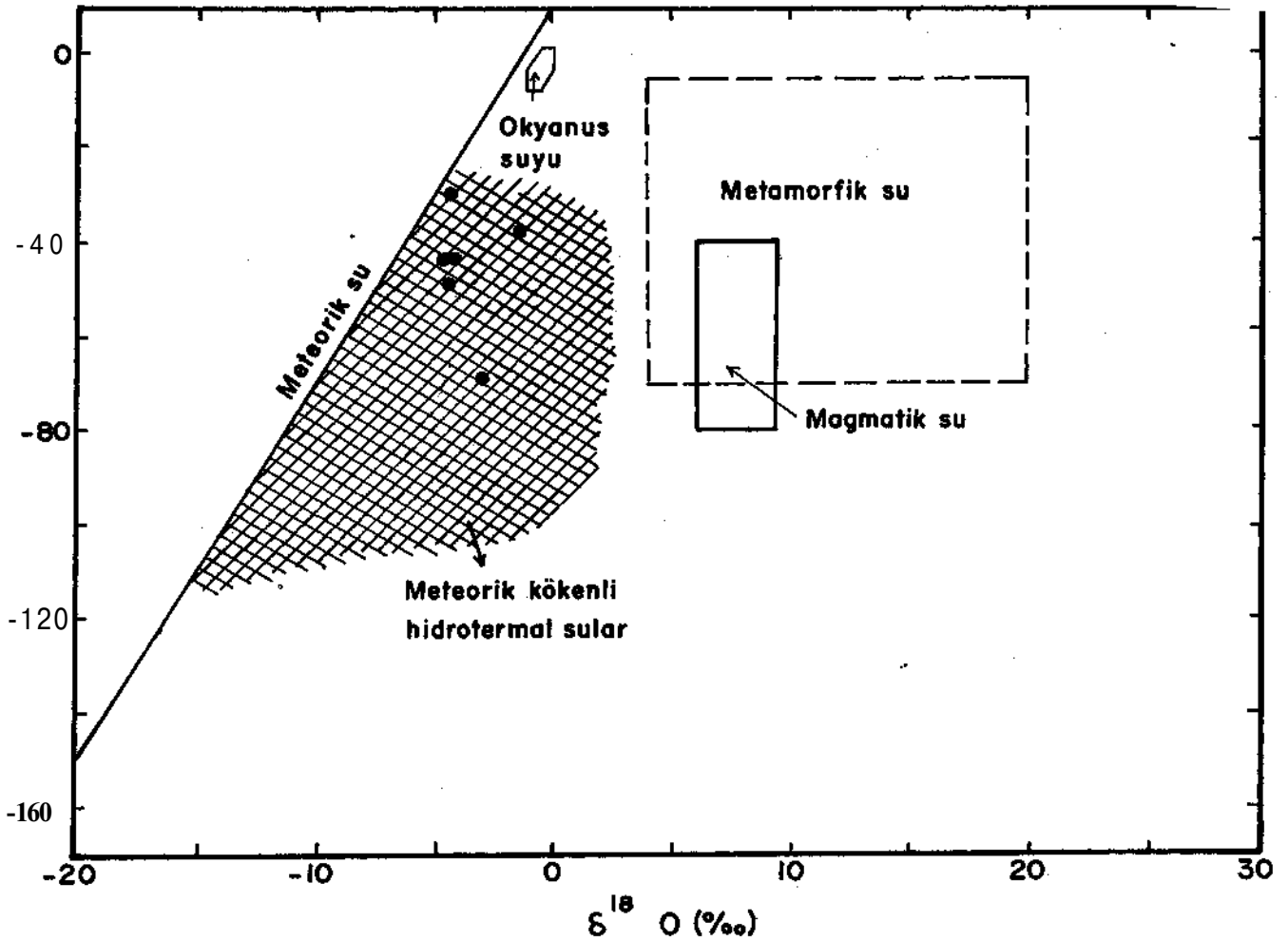
(-) : Analiz edilebilecek miktarda su elde edilememiştir.

TARTIŞMA VE YÖREDEKİ YATAKLARIN OLUŞUMUNA YAKLAŞIM

Gökçe ve Özgüneylioğlu (1988) ayrıntıları daha önce özetlenen saha gözlemleri ve laboratuvar sonuçlarını gözönünde bulundurarak yöredeki yatakların oluşum ve kökenleri için "Pb, Zn ve Cu elementlerinin yöredeki anılan ve bu elementlerce zengin, Üst Kretase - Eosen yaşlı yöredeki volkanik ve volkano - tortul kayalardan derinlere sızmış ve ısınmış yüzey kökenli sularca çözülüp, kırık ve faylar boyunca yukarı yükselirken yeniden çöktürmeleri şeklinde oluştuğu" şeklinde bir model önermişlerdir. Cevher oluşturu

çözeltilerin Seğgüneytepe granitoidinin artçı hidrotermal çözeltileri olamayacağı, ancak bu kültenin yerleşiminin yöredeki kırık hatlarının oluşmasında ve derine sızan yüzey kökenli suların ısınmasında etkili olabileceğini düşünmektedirler.

Sıvı kapanım ve kükürt izotop jeokimyası incelemeleri de Gökçe ve Özgüneylioğlu (1988) tarafından önerilen ve yukarıda anlatılan cevher damarlarındaki gelişimin hidrotermal sularca (olasılıkla derinlere indikçe ısınmış yüzeysel kökenli sularca) yöredeki volkanik yan kayalardan metallerin çözülerek kırık ve faylar boyunca yeniden çöktürülmesi şeklindeki oluşum mo-



Şekil 3. Çeşitli suların $\delta D - \delta^{18}O$ diyagramındaki konumları (Sheppard, 1986) ve Kurşunlu Pb-Zn-Cu yataklarındaki mineral oluşturu hidrotermal sıvılara ait değerlerin dağılımı (.)

Figure 3. Isotopic compositions and fields of various water on the $\delta D - \delta^{18}O$ diagram (Sheppard, 1986) and plotting of the values (.) belong to the mineralizing hydrothermal water in Kurşunlu Pb-Zn-Cu deposits.

delini destekler biçimindedir. Özellikle sülfürlü minerallerin bileşimindeki kükürtün magmatik kökenli oluşu cevher damarlarındaki malzemenin volkanik yan kayaçlardan yıkanma olasılığını mümkün kılmakta, sıvı kapanımlarında tuzluluğun genellikle düşük oluşu ve tuz cinsi olarak yalnızca NaCl (\pm KCl) içermeleri ise hidrotermal çözeltilerdeki suyun yüzeysel kökenli olabileceği şeklindeki düşüncüyü özgülneştirmektedir.

Belirlenen oksijen ve hidrojen izotopları bileşiminin meteorik kökenli hidrotermal sulara işaret etmesi de yukarıdaki oluşum modelini doğrudan desteklemektedir.

Sıvı kapanım incelemeleri sırasında tuzluluk ve içerilen tuzun bileşimi açısından iki farklı özellikte suyun etkili olduğu (karışmış sıvılar) ihtimal olarak düşünülmüş ve bunlardan tuzluluğu yüksek olan suyun deniz suyu kökenli hidrotermal su olabileceğine işaret edilmiş de (Gökçe, 1990a), 8 D değerlerinin deniz suyundan çok uzak negatif değerler vermesi bu olasılığı ortadan kaldırmaktadır.

Sonuç olarak saha gözlemlerine, mikroskopik incelemelere, sıvı kapanım çalışmalarına, kükürt izotopları bileşimine ve son olarak ta hidrotermal çözeltilerdeki suyun izotopsal bileşimine bakılarak yöredeki yatakların meteorik kökenli ve derinlere indikçe ısınmış hidrotermal sıvılarca bölgedeki volkanik yan kayaçlardan çözülen kükürt ve olasılıkla metal iyonlarının fay zonları boyunca yeniden çöktürmeleri şeklindeki bir oluşum modeli ağırlık kazanmaktadır.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

2. ve 3. yazarlar A.G.'nin NERC Isotope Geosciences Laboratuvarı'ndaki araştırmaları sırasında izotop analizlerinin yapımı için laboratuvar olanağını sağlamışlardır. Yazarlar izotop analizlerinin yapılmasına ve sonuçların yayınlanmasına müsaade eden NERC Isotope Geosciences Laboratuvarı Direktörlüğüne (İngiltere) teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

Clayton, R.N. ve Mayeda, T.K., 1963. The use of bromine pentafluoride in the extraction of oxygen

from oxides and silicates for isotope analysis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 27,43 - 52.

Clayton, R.N., (Weil, J.R. ve Mayeda T., 1972. Oxygen isotope exchange between quartz and water. *J. Geophys. Res.*, 77. 3057 - 3067.

Friedman, I. ve O'Neil, J.R., 1977. Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest; *Data of Geochemistry, Geological Survey prof. paper*, 440 - KK, 12 p.

Gökçe, A., 1990a. Kurşunlu (Ortakent - Koyulhisar - SİVAS) Pb-Zn-Cu yataklarında sıvı kapanım ve jeotermometre incelemeleri. *Türkiye Jeoloji Bül.*, 33,31-37.

Gökçe, A., 1990b. Kurşunlu (Ortakent - Koyulhisar - SİVAS) Pb-Zn-Cu yataklarında kükürt izotopları incelemesi *M.T.A. Dergisi*, 111, 111 - 118.

Gökçe, A., 1993. Hidrotermal maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılmasında kararlı izotoplar jeokimyası incelemeleri ve Türkiye'den örnekler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Sayı 42 (baskıda).

Gökçe, A. ve Özgüneylioğlu, A., 1988. Kurşunlu (ortakent - Koyulhisar - Sivas) Pb-Zn-Cu yataklarının jeolojisi, oluşumu ve kökeni. *Cumhuriyet Univ., Müh. Fak., Yerbilimleri Dergisi*, 5/1,23 - 36.

Hoefs, J., 1987. *Stable isotope geochemistry*. Springer Verlag, 241p.

Hugh, P. ve Taylor, J.R., 1979. Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits. Barnes, H.L. (edt.); *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, p. 236 - 277, Wiley, Newyork.

Sheppard, M.F., 1986. Characterization and isotopic variations in natural waters (In; Valley et all. (Edts.); *Stable isotopes in high temperature geological processes, Reviews in mineralogy*, V: 16,165 -183).

