

HASANÇELEBİ (MALATYA) DEMİR OKSİT YATAKLARININ OLUŞUM KOŞULLARI; MİKROTERMOMETRİK BİR YAKLAŞIM

Gülay SEZERER KURU*, İlkay KUŞÇU**, Bilge ŞALİŞ***, Erkan YILMAZER****, ve Gökhan DEMİRELA*****

ÖZ.- Bu çalışmada Hasançelebi demiroksit yataklarında cevherleşmeyi barındıran metazomatik zonlardaki skapolit, flogopit, fluorit, kalsit, ve barit gibi minerallerde mikrotermometrik incelemeler yapılarak, bu minerallerin oluşum koşullarının belirlenmesi amacıyla homojenleşme sıcaklıkları ve %'de NaCl eş değeri olarak tuzlulukları hesaplanmıştır. Bu iki parametrenin kullanılmasıyla, hidrotermal sistemde etkili olan akışkanların yoğunluğu hakkında yaklaşımlar yapılmış ve bu mineralleri oluşturan akışkanlarla, bilinen sistemlerdeki akışkanlar karşılaştırılmıştır. Mikrotermometrik incelemeler, homojenleşme ve tuzluluk değerlerinin (%'de NaCl-eş değeri olarak) minerallere göre; skapolit (310-390°C, 10-21), flogopit (>700°C, 25), barit (190-380°C ile 80-170°C, 4,7-13), fluorit (150-380°C, 4,7-13) ve kalsit (80-320°C) arasında değiştiğini göstermiştir. Bu değerlere göre orta ve yüksek tuzluluğa sahip ve homojenleşme sıcaklıkları düşük olan sıvı kapanımlarının yoğunluklarının dah düşük olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Hasançelebi, Malatya, sıvı kapanımlar, demiroksit, skapolit, flogopit, fluorit, barit, demiroksit-Cu-Au yatakları.

GİRİŞ

Cevher mineralleri ile ilişkili saydam-yarı saydam gang minerallerindeki birincil ya da yalancı ikincil kapanımların cevher taşıyan çözeltilerin özelliklerini taşıdığı kabul edilir. Farklı yatak türlerinde oluşan sıvı kapanımlarının özelliklerini genellemek zor olmasına rağmen, cevherleşme sistemi içindeki bir sıvı kapanımın çalışılmasının en etkili yolu, sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklıkları ve %'de NaCl eş değeri olarak tuzluluk değerleri gibi parametrelerini ele almaktır. Öte yandan, bu parametreler doğrudan cevherleşme sisteminin sıcaklığı ya da tuzluluğunun bir fonksiyonu da değildir. Esas cevherleşme sisteminin sıcaklığı ve tuzluluk değerleri ancak cevher mineralinin kendisinden elde edilmelidir. Ancak, bu iki parametre arasındaki genel ilişki ve doğal değişkenlik, onları hidrotermal sistemlerin karşılaştırılmasında çok faydalı kılmaktadır.

Çalışma alanı Malatya ili kuzeybatısındaki Hasançelebi yerleşim alanı ve çevresini kapsamakta olup Malatya-Kangal yoluyla kolaylıkla ulaşılmaktadır (Şekil 1). Hasançelebi (Hekimhan-Malatya) bölgesi düşük tenörlü ancak büyük rezervli demiroksit cevherleşmelerinin bulunduğu bir provens olarak bilinmektedir. Bu provens içinde yer alan demir yatakları ve bu yatakların jeolojisi ve ekonomik özellikleri MTA başta olmak üzere çok sayıda çalışmaya (Stendal ve diğerleri, 1990, 1995; Yılmaz, 1991; Yılmaz ve diğerleri, 1993) konu olmuştur. Tüm bu çalışmalar bölgenin jeolojisi cevherleşmelerin ve demirin kökeni ile ilgilidir. Güncel bazı çalışmalar ise Hasançelebi bölgesi cevherleşmelerinin Demiroksit - Bakır - Altın (DOBA) tipi bir cevherleşme olduğunu öne sürmektedir (Kuşçu, 2003; Kuşçu ve diğerleri, 2003; Yılmaz ve diğerleri, 2004; Kuşçu ve diğerleri, 2005 a; 2005 b; Gökçe, 2005). Ancak cevherleşmeleri ve yan kayaç alterasyonunu oluşturan

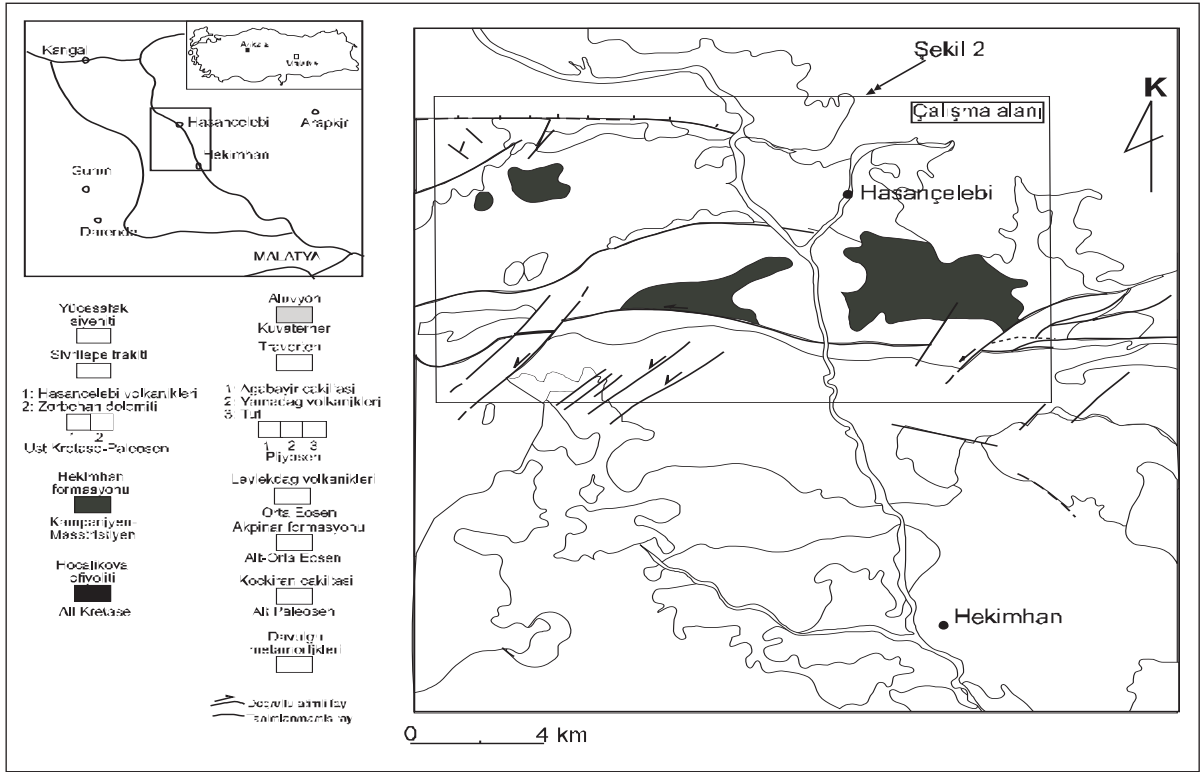
* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Daire Başkanlığı, 06658, Ankara

** Mineral Deposit Research Unit, Dept. of Earth and Ocean Sciences, University of British Columbia, Vancouver, V6T 1Z4, Kanada

*** TPAO Genel Müdürlüğü, Söğütözü, Ankara

**** ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara

***** Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, Ankara



Şekil 1- Çalışmanın yer bulduğu, bölgesel jeoloji haritası (Gürer, 1992 ve Kuşçu ve diğerleri 2005 a'dan düzenlenmiştir).

ran çözeltilerin veya cevherleşme ve alterasyonların oluşum koşulları henüz ortaya konamamıştır. Bu açıdan yatağın oluşumunda etkili olan çözeltilerin sıcaklığı, tuzluluğu ve kaynağı ortaya konmalıdır. Bu çalışma da bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmış ve Hasańcelebi demir yataklarında, cevherleşmeyi barındıran metazomatik zonlar içindeki skapolit, flogopit, fluorit, kalsit ve barit gibi mineraller üzerinde miktotermometrik analizler yapılarak alterasyon ve cevherleşmenin oluşum koşulları belirlenmiştir.

Çalışma sırasında herhangi bir haritalama yapılmamıştır. Ancak örneklerin alınacağı zonların belirlenmesi amacıyla Gökçe (2005) ve Kuşçu ve diğerleri, (2005 a) tarafından hazırlanmış olan harita kullanılmıştır. Her zonu temsil eden 2 veya 3 örnek olmak üzere toplam 25 adet sıvı kapama amaçlı örnek alınmıştır.

ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanı, Dođu Toros Tektonik birliği içinde tanımlanmış olan Hekimhan Havzası olarak da bilinen bir havza içinde yer almaktadır (Şekil 1). Geç Kretase - Eosen zaman aralığında açılmış olan bu havza, platform tipi karbonatlar ve ofiyolitik kayalarla temsil edilen bir temel üzerinde yer almaktadır (Gürer, 1992). Yüksekova-Baskil yayının kuzeyinde yer alan Hekimhan havzasının temelini Geç Kampaniyen'de kuzeyden güneye aktarılan Mesozoyik yaşlı Hocalıkova Ofiyoliti oluşturmaktadır (Gürer, 1992). Havzada hem temele ait birimleri hem de havza oluşumu sırasında oluşan sedimentler, volkanik, plütonik ve plato bazaltları gözlenmektedir (Şekil 1,2). Havza, karasal istiflerle başlayıp derin denize ait birimlerle temsil edilir. Temele ait birimler üzerinde Kampaniyen sonrasında açılan hav-

olarak tanımlanmış, bölgedeki deformasyon yapıları belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen sıvı kapanım çalışmaları, bölgede yüzeyleyen syenitik ve trakitik kayalar üzerinde birbirinden mineralojik olarak ayrılabilen meta-zomatik zonlardan alınmış örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu örnekler, yaygın bir sodik alterasyon etkisiyle oluşmuş sodyumlu mineraller (skapolit, albit), bunları ileri evrelerde ornatılan potasyumlu mineraller (filogopit ve K-feldispat) ve geç evre de manyetit, serizit, fluorit, kalsit ve barit-kuars minerallerini içeren syenitik ve trakitik kayalardaki metasomatik zonlardan alınmıştır.

Granat, piroksen, skapolit, flogopit ve manyetit daha çok syenitik kayalarda daha baskın toplulukları, filogopit, aktinolit, kuvars, kalsit, serizit, barit ise trakitik kayalarda gözlenmektedir. Bu örneklerden, 90-120 µm a kalınlığında ve 3x5 cm ebatlarında, her iki yüzeyi parlatılmış sıvı kapanım kesitleri hazırlanmıştır. Mikrotermometrik analizlerin evrelerini oluşturan ısıtma ve soğutma deneyleri, 0 (sıfır) nokta, negatif nokta ve pozitif noktada olmak üzere üç noktada sentetik sıvı kapanımlar ile kalibre edilmiş olan Reynolds Tablasında yapılmıştır. Bu tablanın kalibrasyonunda standart olarak hazırlanan doğal veya doğal olmayan sıvı kapanımlar kullanılmıştır (Shepherd ve diğerleri, 1985).

Sıvı kapanım petrografisi Reynold tablasının yerleştirildiği "long working distance" objektifler kullanılarak yapılmıştır. Mikrotermometrik analizlerden ısıtma deneyi düşük sıcaklıklarda 0-500°C' ye kadar, yüksek sıcaklıklarda ise 500 - 700°C' ye kadar olan sıcaklıklarda olmak üzere iki ayrı sıcaklık evresinde gerçekleştirilmiştir. Isıtma deneyleri ile sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları elde edilmiştir (Roedder, 1977). Soğutma deneyinde son buz ergime sıcaklıkları ölçülmüştür. Elde edilen bu sıcaklık değerleri Bodnar eşitliğinde yerine konarak sıvı kapanımların tuzluluk değerleri %'de NaCl eş değeri olarak hesaplanmıştır (Bodnar, 1983; 1995).

SKAPOLİTLER

Sıvı kapanım petrografisi

Skapolit, bölgedeki syenitik ve trakitik kayaların ornatılmasıyla oluşmuş olan ve diğer tüm minerallerin ornatıldığı ve sodyum metazomatizması ile temsil edilen ilk fazın ürünüdür ve çoğunlukla titanit ve apatit ile birlikte bulunmaktadır.

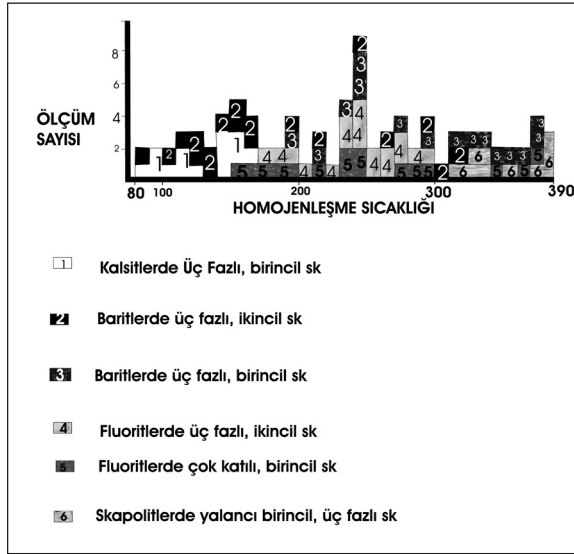
Toplanan örneklerdeki skapolitlerde çok fazla sıvı kapanım tespit edilememiştir. Gözlenen sıvı kapanımlar ise daha çok skapolitlerin alterasyonuna uğradığı serizitleşen zonlarda bulunmaktadır. Skapolitlerdeki sıvı kapanımlara bu serizitleşmiş zonlarda rastlanmaktadır. Skapolitlerde oldukça az miktarlarda ve küçük boyutlarda (5-25 µm), düzensiz şekiller sunan üç fazlı (sıvı, gaz, katı) yalancı birincil sıvı kapanımlara rastlanmıştır.

Mikrotermometrik analizler

Skapolitlerdeki yalancı birincil kökenli, üç fazlı (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlardan yapılan ısıtma deneyleri sonucu 310-390°C arasında değişen homojenleşme sıcaklık değerleri ölçülmüştür (Şekil 3). Bu sıvı kapanımlardan soğutma deneyleri sonucu tuzluluk değerleri % 10-21 (NaCl eş değeri olarak) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu tuzluluk değerleri göz önüne alındığında serizitleşmeye neden olan çözeltilerin tuzluluğunun yüksek olduğu görülmektedir.

FLOGOPİTLER

Çalışma alanındaki flogopitler genellikle manyetit cevherleşmesine eşlik ettiği ve skapolitli zonları cepler veya damarlar şeklinde ornattığı gözlenmiştir. Petrografik analizlerde flogopitlerin skapolitleri maskeleyip onları üzerlemesi veya mikro damarcıklar boyunca skapolitleri kesmesi, oluşumlarını skapolitlerden sonra tamamladığını göstermektedir (Kuşçu ve diğerleri, 2005 a, 2005 b). Flogopitlerin miktar olarak arttığı yerler manyetit oluşumunun artış gösterdiği yerlere karşılık gelmektedir (Kuşçu ve diğerleri, 2005 b).



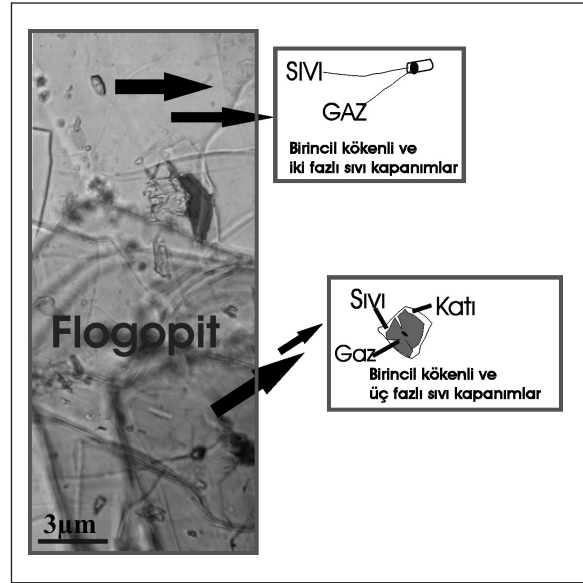
Şekil 3- Skapolit, fluorit, barit ve kalsitlerdeki sıvı kapanımlara ait homojenleşme sıcaklık değerleri.

Sıvı kapanım petrografisi

Flogopitlerin tabaka silikatler olmaları, sıvı kapanımların flogopit tabakları arasında korunamamasına neden olmuştur. Bu nedenle bu mineral içinde oldukça az miktarlarda sıvı kapanımlara rastlanmıştır. Flogopitlerde iki fazlı (sıvı, gaz), üç fazlı (sıvı, gaz, katı) (Şekil.4) ve tek fazlı (sıvı) birincil kapanımlar ile iki ve üç fazlı ikincil sıvı kapanımlara rastlanmıştır. Genellikle birincil ve ikincil kökenli sıvı kapanımların boyutları oldukça küçük olup düzensiz ve tüp şekilli ve morfolojiler sunmaktadırlar. Birincil kökenli sıvı kapanımlar 1,5-6 µm arası, ikincil kökenli sıvı kapanımlar ise 2-<2 µm boyutları arasında değişim göstermektedir. Birincil kökenli ve üç fazlı sıvı kapanımlardaki bazı daughter minerallerin (içelti minerallerinin), (Yaman, 1981) kırılma indisleri yardımıyla flogopit oldukları gözlenmiştir (Şekil 4).

Mikrotermometrik analizler

Flogopitlerde yapılan ısıtma deneylerinde, birincil ve üç fazlı sıvı kapanımlarda 13 tane> 700°C ve birincil ve iki fazlı sıvı kapanımlarda ise



Şekil 4- Flogopitlerdeki iki fazlı (sıvı, gaz) ve üç fazlı(sıvı, gaz, katı) birincil sıvı kapanımlar.

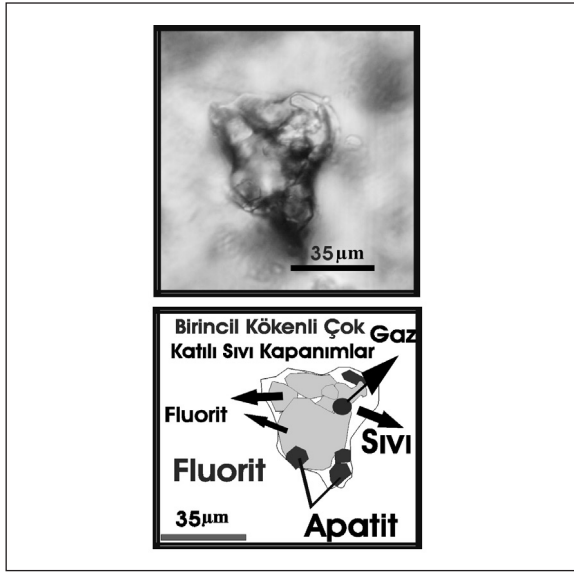
6 tane >700°C homojenleşme sıcaklığı ölçülmüştür. Birincil kökenli ve üç fazlı sıvı kapanımlarda yapılan soğutma deneyleri sonucu tuzluluk değerlerinin ortalama %'de 25 (NaCl eş değeri olarak) olduğu belirlenmiştir.

FLUORİTLER

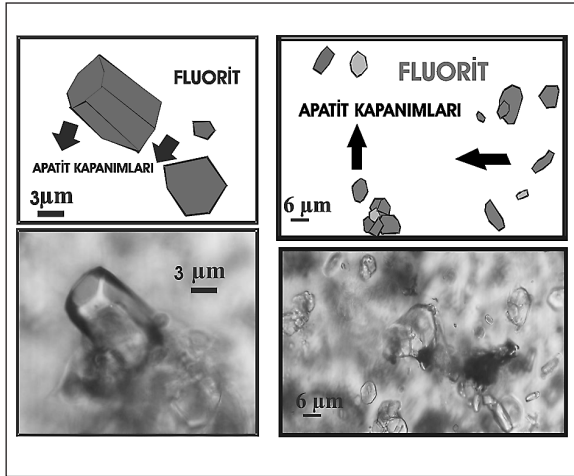
Fluoritler koyu mor renkli, genellikle geç alterasyon evresinde, manyetit cevherleşmesini ortan damarlar veya cepler halinde bulunmaktadır. Özellikle Kuluncak bölgesinde yaygın olarak gözlenmektedir.

Sıvı kapanım petrografisi

Fluoritlerde üç fazlı (sıvı, gaz, katı) çok katlı birincil ve ikincil sıvı kapanımlar ile apatit kapanımları tespit edilmiştir. Üç fazlı çok katlı birincil sıvı kapanımlar genellikle gelişigüzel şekilli ve 10-35µm arasında oldukça büyük boyutlara sahiptirler. Bu sıvı kapanımların içerdikleri daughter minerallerinin (içelti minerali) özşekilli apatitler ve yarı öz şekilli fluoritlerden oluşmaktadır (Şekil 5, 6).



Şekil 5- Fluoritlerdeki üç fazlı, çok katlı birincil sıvı kapanımları.



Şekil 6- Fluoritlerdeki apatit kapanımı.

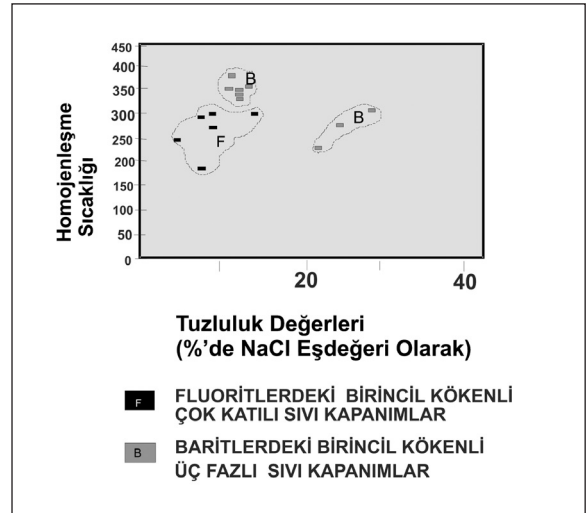
Mikrotermometrik analizler

Fluoritlerdeki üç fazlı çok katlı birincil sıvı kapanımlarda yapılan ısıtma deneyleri sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları 150-380°C arasında değişmektedir. Üç fazlı çok katlı ikincil sıvı kapanımlarda yapılan ısıtma deneyleri sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ise 170-

300°C arasında yer almaktadır (Şekil 3). Fluoritlerdeki Üç fazlı çok katlı birincil sıvı kapanımlarda yapılan soğutma deneyleri sonucu son buz ergime sıcaklıklarına göre ortamın tuzluluk değerlerinin %4,7-13 (NaCl eşdeğeri olarak).

Fluoritlerin homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri arasındaki ilişkide ise düşük homojenleşme sıcaklıklarına sahip olan sıvı kapanımların tuzluluklarının daha yüksek sıcaklıklara göre düşük olduğu ve daha yüksek sıcaklıklardaki sıvı kapanımların düşük homojenleşme sıcaklığına sahip sıvı kapanımlara göre tuzluluk dağılımlarının daha homojen olduğu gözlenmiştir (Şekil 7).

Tüm bu verilere göre fluoritlerin orta-yüksek tuzluluğa sahip bir ortamda yaklaşık 380°C'de kristallenmeye başladığı ve kristallenmenin 150°C' ye kadar devam ettiği düşünülmektedir.



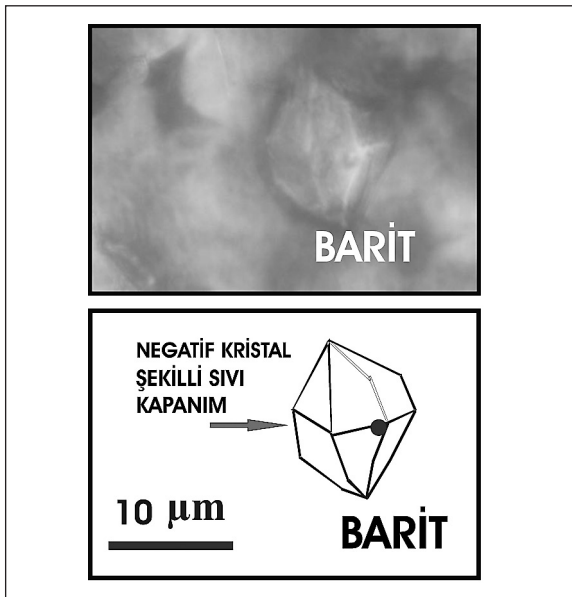
Şekil 7- Fluoritler ve Baritlerden elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ile tuzluluk değerleri arasındaki ilişki.

BARİTLER

Baritler çalışma alanında genellikle sistemin daha geç evrelerinde kalsit ile birlikte damarlar halinde kristallenen ve sıg ortamları işaret eden mineraldir.

Sıvı kapanım petrografisi

Baritlerde tek fazlı (sıvı), negatif şekilli ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) birincil sıvı kapanımlar ile bunların yanı sıra üç fazlı ikincil (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlara rastlanmıştır (Şekil 8,9,10,11). Genellikle geliş güzel şekillerde gözlenen üç fazlı birincil (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlar 10-38 μm , üç fazlı (sıvı, gaz, katı) ikincil kapanımlar 3-11 μm arasında yer almaktadır.

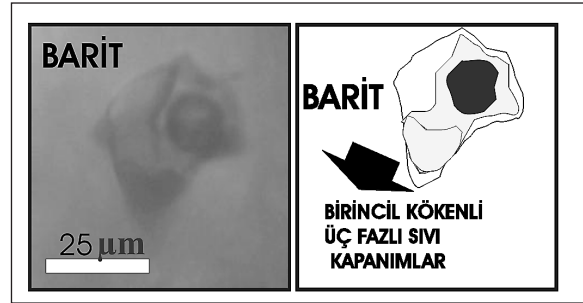


Şekil 8- Baritlerdeki negatif kristal şekilli birincil sıvı kapanımlar.

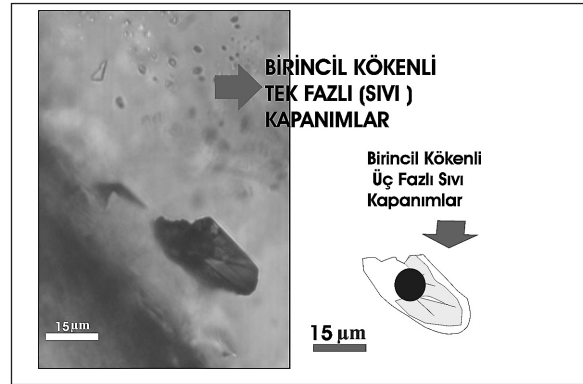
Mikrotermometrik analizler

Baritlerde üç fazlı (sıvı, gaz, katı) birincil kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları 190-380°C sıcaklıklar arasında (Şekil 3).

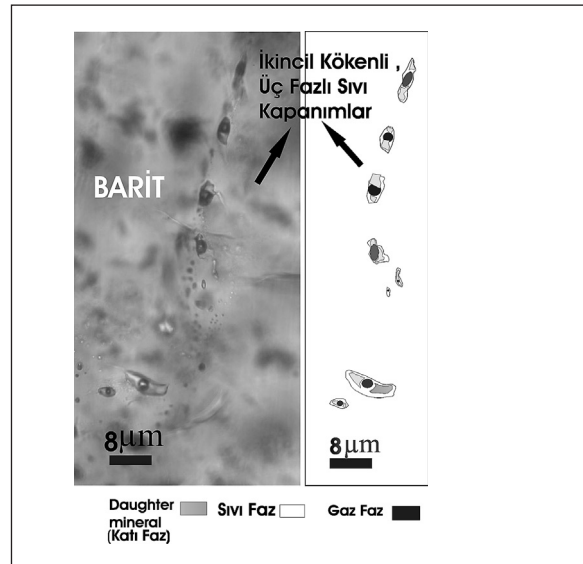
Baritlerde bu sıvı kapanımlardan elde edilen tuzluluk değerleri %'de 12-31 arasında (NaCl eş değeri olarak) değişmektedir. Baritlerden elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ile tuzluluk değerleri karşılaştırıldığında düşük sıcaklığa sahip olan sıvı kapanımların tuzluluğunun daha yüksek sıcaklığa sahip olan (300-380°C) sıvı kapanımlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Kristallen-



Şekil 9- Baritlerdeki üç fazlı (sıvı, gaz, katı) birincil şekilli sıvı kapanımlar.



Şekil 10- Baritlerdeki üç fazlı (sıvı, gaz, katı) ve tek fazlı birincil sıvı kapanımlar.



Şekil 11- Baritlerdeki üç fazlı, ikincil kökenli sıvı kapanımlar.

menin ilk evrelerinde gözlenen bu tuzluluk değerlerindeki düşüslere kaynama olayının neden olduğu söylenebilir (Şekil 7).

Ötektik sıcaklık değerleri göz önüne alındığında ise ortamda "H₂O-NaCl-Na₂SO₄" çözeltisinin baskın olduğu, ve baritlerin tuzlu ve H₂O-NaCl-Na₂SO₄ çözelti sisteminin hakim olduğu bir ortamda 380°C-190°C arasında kristallendiği söylenebilir.

Üç fazlı (sıvı, gaz, katı) ikincil kapanımlar elde edilen homojenleşme sıcaklıkları 80-170°C sıcaklıklar arasında değişmektedir (Şekil 3).

Baritler açık sistemlerde yani basınç etkisinin olmadığı ortamlarda kaynama olayının meydana geldiği ortamlarda oluşmuşlardır. Kaynama olayı artık çözeltinin homojenleşme sıcaklığında artışa tuzluluk değerlerinde de azalmalara neden olmaktadır. Kapalı sistemlerde yani litostatik ve hidrostatik basıncın etkili olmadığı ortamlarda elde edilen homojenleşme sıcaklığına bu basınçlardan kaynaklanan düzeltme değerinin eklenmesi ile oluşum sıcaklığı elde edilmektedir. Bu nedenlerden dolayı açık sistemde oluşmuş olan baritlerin homojenleşme sıcaklıklarının oluşum sıcaklıklarına eşit olduğu kabul edilmektedir.

KALSİTLER

Çalışma alanında gözlenen kalsitler daha çok manyetit-hematit cevherleşmelerini ve tüm sistemi ornatan ve cevherleşme/alterasyon sisteminin en son fazını temsil eden serizit-karbonat-kuvars damar zonlarından alınmıştır. Kalsitler ile birlikte gözlenen mineraller pirit ve kalkopirit veya malahit-azurit gibi superjen minerallerdir.

Sıvı kapanım petrografisi

Kalsitler içinde oldukça az miktarlarda üç fazlı (sıvı, gaz, katı) birincil kapanımlara rastlanmıştır. Bu sıvı kapanımlar genellikle düzensiz şekilli ve dikdörtgen şekilli, 5-40 µm arasında boyutlara

sahiptir. Bunların bolluklarının sınırlı sayıda olması nedeniyle az ölçüm yapılabilmektedir.

Mikrotermometrik analizler

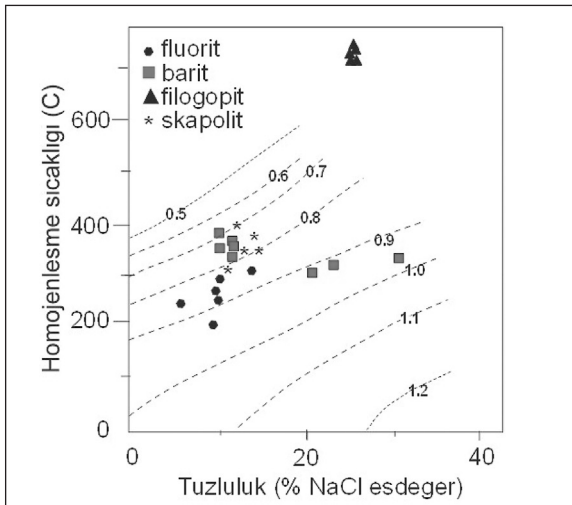
Üç fazlı (sıvı, gaz, katı) birincil kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları 80-320°C gibi oldukça geniş bir aralıkta dağılmaktadır (Şekil 3). Ancak değerlerin büyük bir kısmının (%50'den fazlasının) 80-180°C arasında yer aldığı az bir kısmının (<%10) ise daha yüksek sıcaklıklarda oluştuğu görülmektedir. Bu nedenle kalsitlerin birden fazla farklı evrelerde oluştuğu söylenebilir.

Kalsitlerin litostatik basıncın etkisi altında bulunmayan açık sistemlerde oluştuğu düşünülerek elde edilen homojenleşme sıcaklıkları oluşum sıcaklıkları olarak kabul edilmiştir. Buna göre kalsitlerin oluşumlarının 320°C ile 80°C arasında gerçekleştiği söylenebilir. Ancak, sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının çok geniş bir aralık sunması nedeniyle oluşumun tek bir kaynağa bağlı sıcaklık düşüşü olmadığı, kalsitleri oluşturan çözeltilerin farklı evrelerde oluştuğu öne sürülebilir.

SIVI YOĞUNLUĞU

Homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri yardımıyla belirlenen sıvı kapanımı oluşturan sıvıların sahip olduğu farklı sıvı yoğunlukları sıvıların akış mekanizması üzerinde oldukça etkilidir ve her hangi bir sistemde sıvının yoğunluğunun ortamsal değişimlerin değerlendirilmesi akış süreçlerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Sabit sıvı yoğunluklarının konturlandığı, homojenleşme sıcaklıklarının (Th) tuzluluk değerlerine karşı çizilen diyagram kullanılarak diyagramlar kullanılarak, çalışılan ortama ait sıvı yoğunlukları bulunabilmektedir (Bodnar, 1983; Wilkinson, 2001), (Şekil 12). Elde edilen mikrotermometrik analiz çalışmaları sonuçları bu diyagrama aktarıldığında sıvının yoğunluk değişimleri hakkında fikir elde edilmiştir. Bu diyagrama göre çalışma kapsamında ale alınan mineralleri oluşturan

akışkanların yoğunlukları 0.5-1.0 g/cm³ arasında yer almaktadır. Buna göre en az yoğunluğa sahip akışkanların filogopitlerle ilişkili olduğu, en yoğun akışkanların ise düşük sıcaklıkta oluşan baritlerle ilişkili olduğu görülmektedir. Fluoritlerin büyük bir kısmının da baritlerle aynı yoğunluk konturu civarında olması, bunları oluşturan akışkanların benzer ya da en azından aynı derinliklerde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle baritlerin iki farklı yoğunluk konturu üzerinde yoğunlaşması, baritleri oluşturan akışkanların iki farklı kökene sahip olabileceğini veya en azından yoğunluk değişimine neden olan bir karışımın etkili olabileceğini göstermektedir (Şekil 12) .



Şekil 12-Suya doygun NaCl -H₂O sisteminde yoğunlukları (g/cm³) gösteren sıcaklık-tuzluluk diyagramı (Bodnar, 1983 ve Wilkinson, 2001).

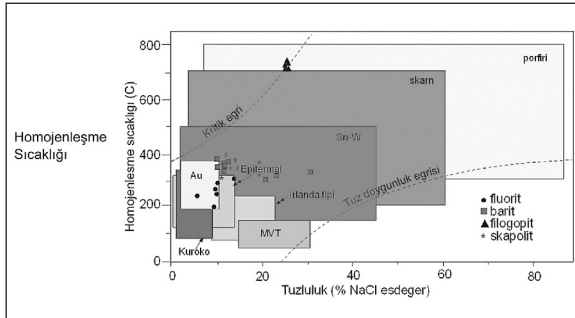
TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Skapolitlerde etkili olan alterasyon olayları sırasında birincil minerallerdeki sıvı kapanımlar korunmamıştır. Sıvı kapanımlarının tespit edildiği skapolitler yaygın olarak serizitleşmiş, yer yer arjilik alterasyona uğramıştır. Dolayısıyla, tespit edilen homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri skapolitlerin gerçek değerleri olmamalıdır. Bu değerler, alterasyon sırasında skapolitler ve varolan çözelti arasındaki denge reaksiyonuyla

oluşan yeni alterasyon mineralindeki sıvı kapanıma karşılık gelen değerlerdir. Buna göre skapolitlerin alterasyon minerallerine dönüşümlerinin yaklaşık 310-390°C arasında ve tuzlu bir ortamda gerçekleştiğinden bahsedilebilir. Skapolitlerin filogopitlerden önce oluştuğu (Kuşçu ve diğerleri, 2005 a; Gökçe, 2005) ve filogopitlerin 700°C'nin üzerinde sıcaklık ve çok yüksek tuzluluktaki çözeltiler tarafından oluşturulduğu düşünülürse, skapolitlerin en azından filogopitlerden daha yüksek sıcaklığa sahip çözeltiler tarafından oluşturulması gerekmektedir. Barton ve Johnson (1996)' a göre %20 ve daha yüksek tuzluluk değerlerinin bu tür sistemlerde magmatik olamayacağını, sedimenter-evaporitik yada denizel kökenli olabileceğini belirtmektedir. Dolayısıyla, altere skapolitlerden elde edilen yüksek tuzluluk değerleri, skapolitlerin serizitleşmesinin magmatik olmayan bir çözelti tarafından oluşturulabileceğini göstermektedir. Benzer olaylar Barton ve Johnson (1996)'da da vurgulanmaktadır. Ancak bu görüş, skapolitleri oluşturan çözeltilerin de sedimenter-evaporitik, ya da denizel olduğu anlamına gelmemektedir. Ayrıca, skapolitlere ait sıvı kapanımların Th-tuzluluk diyagramlarındaki dağılımları ile yüksek yoğunluk ve yüksek sıcaklıkta oluşmuş baritlerdeki dağılımlar arasında benzerlikler görülmektedir. Bu da manyetitleri ornatan barit-kalsit, barit-kuvars damarlarının oluşumunun skapolitlerin serizitleşmeye başlamasıyla eş zamanlı olduğunu göstermekte, ve bu damar sistemleriyle birlikte bulunan pirit-kalkopirit cevherleşmelerinin de bu olay sırasında ve yaklaşık bu sıcaklık ve tuzluluk değerlerine yakın oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Filogopitler üzerinde yapılan mikrotermometrik analizler, bunların yüksek tuzluluğa sahip bir ortamda ve 700°C' den daha yüksek sıcaklıklarda oluşumlarını tamamladığını göstermektedir. Bu sıcaklık ve tuzluluk değerleri şekil 13'e aktarıldığında (Roedder, 1984) filogopitleri oluşturan çözeltilerin kritik eğrinin üst kesimlerinde kısmen skarn ve porfiri tip sistemlerini oluşturan çözeltilerin bulunduğu bir alanda yoğunlaştığı gözlenmektedir. Bölgedeki metazomatik zonlarda

porfiri tip cevherleşmeler gözlenmediği gibi tipik skarn parajenezleri de bulunmamaktadır. Bu bakımdan, filogopitlerin her iki sistemin de bazı ortak özelliklerini taşıyan demiroksit- bakır-altın (DOBA) sistemlerinde oluşması gerektiği öne sürülmekte ve Kuşçu (2003) tarafından ileri sürülen DOBA modeli desteklenmektedir. Fluoritler üzerinde yapılan mikrotermometrik analizler sonucunda tespit edilen sıcaklık aralıkları (150-380°C ve 190-280°C) ve bunların tuzluluk değerleriyle karşılaştırılması (Şekil 13) fluoritleri oluşturan sistemin düşük sıcaklık değerlerine sahip Au-sistemleri ve epitermal sistemlere benzer sıvı kapanımlar oluşturduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, fluoritlere ait mikrotermometrik analizlerin,



Şekil 13-Farklı yatak tiplerinde sıvı kapanımların karakteristikleri için sıcaklık - tuzluluk değerleri (Roedder, 1984 ve Wilkinson, 2001'den düzenlenmiştir).

bölgedeki Au potansiyelini desteklediği söylemek mümkündür. Her ne kadar klasik epitermal yatak tanımlarında, bu tür yatakların oluşum sıcaklıkları için 100-250 °C aralığı kabul edilse de güncel çalışmalar (Hedenquist ve diğerleri, 2000; Sillitoe ve Hedenquist, 2003), epitermal yatakların (yüksek ya da düşük sulfidasyonlu) 250-400°C aralığında oluşabildiğini belirtmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen sıcaklıklar bu anlamda değerlendirilmelidir. Analizler sonucu elde edilen tuzluluk değerlerine göre (%'de NaCl eş değeri olarak; 4.7-13), fluoritleri oluşturan çözeltiler için saf magmatik ya da saf sedimenter-evaporitik kökenden söz edilemeyeceğini göstermektedir. Öte yandan tuzluluk değerlerinin düşüklüğü, çözelti-

lerin daha çok düşük tuzluluğa sahip başka (olasılı meteorik) çözeltiler tarafından seyreltildiği şeklinde yorumlanabilir. Yukarıdaki verilere göre fluoritler yaklaşık 380°C' de kristallenmeye başlamış ve bu kristallenme ortamına başka kökenli çözeltilerin giderek daha fazla karışmasıyla yaklaşık 150° C' ye kadar devam etmiş olabilir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın arazi çalışmaları, TÜBİTAK-CAYDAG tarafından desteklenen 103Y023 kodlu proje ile gerçekleştirilmiş olup sıvı kapanım çalışmaları MTA laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar ayrıca, makaleyi okuyup değerlendiren ve yapıcı eleştirileriyle makalenin gelişmesine katkıda bulunan Prof.Dr. Taner Ünlü, Prof. Dr. Ahmet Gökçe ve Yrd. Doç. Dr. Yurdal Genç'e teşekkür ederler.

Yayına verildiği tarih, 7 Şubat 2006

DEĞİNİLEN BELGELER

- Barton, M. D. ve Johnson, D. A., 1996, Evaporitic-source model for igneous-related Fe oxide-(REE-Cu-Au-U) mineralization. *Geology* (Boulder), 24, 259-262.
- Bodnar, R.J., 1983, A method of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and P-V-T-X properties on inclusion fluids. *Econ. Geol.* 78, 535-542.
- _____, 1995. Fluid-inclusion evidence for a magmatic source for metals in porphyry copper deposits. In: Thompson, J.F.H. Ed. , *Magmas, Fluids, and Ore Deposits*. Mineral. Assoc. Can., Short Course Series, 23, 139-152.
- Gökçe, H., 2005. Hekimhan-Hasançelebi Demir Yatağının Jeolojisi ve Skapolitlerin Mineralojisi ve Jeokimyası. Niğde Üniversitesi Y. Lisans Tezi.
- Gürer, Ö.F., 1992. Hekimhan - Hasançelebi (Malatya) Dolayının Jeoloji İncelemesi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 323s

- Hedenquist, J. W., Arribas, A., Jr., ve Gonzalez-Urien, E., 2000, Exploration for epithermal gold deposits: Reviews in Economic Geology, v. 13, s. 245-277.
- Kuşcu, İ., 2003. Fe-oksit-Cu-Au-REE (Olympic Dam) Tipi Yataklar: Genel Özellikleri-Oluşum Modeli ve Orta Anadolu Potansiyelinin Bir Değerlendirmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 20.Yıl Jeoloji Sempozyumu, Bildiri Özleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No. 73, 176.
- _____, Marschik, R., Kaymakçı, N., Yılmaz, E., Demirel, G., Gökçe, H., ve Güleç, N., 2005 a, Hasaңcelebi ve Karakuz (Malatya) Demiroksit Yataklarındaki Alterasyonların Kökeni: Tuzlu-Evaporitik Sularla Yıkanma Modeline Karşı Magmatik-Hidrotermal Model. 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı, 75-77, Ankara.
- _____, Yılmaz E., Demirel, G. ve Gökçe, H., 2005b, Orta ve Batı Anadolu'daki Bazı Skarn Tipi Fe-Oksit Yataklarının Fe-Oksit-Cu-Au (Doba) Potansiyeli. Öztürk, H, Kahriman, A. ve Hanilçı, N., (eds) Türkiye Demir Yatakları Jeolojisi Madenciliği ve Mevcut Sorunları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 181-206, İstanbul.
- _____, _____, _____, _____, Marschik, R., Kaymakçı, ve Güleç, N., 2005c. Hasaңcelebi ve Karakuz (Malatya) Bölgeleri Demiroksit Yataklarında Alterasyon Zonlanması, 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı, 66-67, Ankara.
- Roedder, E., 1977. Fluid inclusions as tools in mineral exploration. *Econ. Geol.* 72, 503-525.
- _____, 1984. Fluid inclusions. *Mineralogical Society of America. Reviews in Mineralogy*, vol. 12, 644 s.
- _____, ve Bodnar, R.J., 1997. Fluid inclusion studies of hydrothermal ore deposits. In: Barnes, H.L. Ed., *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. Wiley, New York., 657-697.
- Shepherd, T. J., Rankin, A., H. ve Alderton, D., H., M., 1985, A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, 239s.
- Stendal, H., Konnerop-Madsen, J. ve Ünlü, T., 1990, Hasaңcelebi Project Final Report, Turkey. MTA Raporu No: 9100, 125., Ankara (yayınlanmamış).
- _____, Ünlü, T., ve Konnerop-Madsen, J., 1995, Geological setting of iron deposits of Hekimhan Province Malatya, Central Anatolia, Turkey. *Trans. Min. Metall. (Sect. B: Appl. Earth sci.)*, 104, 46-54, London.
- Sillitoe, R.H., ve Hedenquist, J.W., 2003, Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious-metal deposits, in Simmons, S.F, ed., *Understanding crustal fluids: Roles and witnesses of processes deep within the earth*, Giggenbach memorial volume: Society of Economic Geologists and Geochemical Society, Special Publication.
- Şalış, B., 2005, Hekimhan-Hasaңcelebi Demir Yatağında Sıvı Kapanım Çalışmaları. Niğde Üniversitesi Y. Lisans Tezi.
- Wilkinson, J.J., 2001, Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos* 55, 229-272.
- Yaman, S., 1981, Sıvı Kapanımlar, Ç.Ü. Temel Bilimler Fakültesi, 78-86, Adana.
- Yılmaz, S., 1991, Hekimhan-Hasaңcelebi (KB Malatya) Yöresi Jeolojisi ve magmatiklerin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 256s., Sivas.
- _____, Boztuğ, D, ve Öztürk, A., 1993, Geological setting petrographic and geochemical characteristic of the Cretaceous and Tertiary igneous rocks in the Hekimhan-Hasaңcelebi area, North-west Malatya, Turkey. *Geol. J.*, 28, 383-389.
- Yılmaz, H., Dumanlılar, Ö., Ay, Y., Tablacı, A. ve Torun, Ö., 2004. Hekimhan (Malatya) yöresindeki demir yataklarının jeolojik konumları. 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 105-106.

BOŞ SAYFA