

**Sivas-Divriği Bölgesi Skarn Tipi Demir Oksit
Yataklarına Fe-oksit-Cu-Au (Olympic Dam tipi)
Perspektifinden Yeni Bir Bakış**

*A New Fe-Oxide-Cu-Au (Olympic Dam Type) Perspective To Skarn Type
Iron Oxide Mineralization In Sivas-Divriği Region*

İlkay KUŞÇU

Niğde Üniversitesi, Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, 68100 AKSARAY
(e-posta: gikuscu@ixir.com)

Erkan YILMAZER
Gökhan DEMİRELA

Niğde Üniversitesi, Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, 68100 AKSARAY
Niğde Üniversitesi, Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, 68100 AKSARAY

Öz

Fe-oksit-Cu-Fe-REE (Olympic Dam tipi, Avustralya) yatakları oldukça belirgin bir alterasyon süreciyle ilişkili, düşük-Ti içerikli ancak manyetit ve hematit gibi demir oksitlerce zengin yataklardır. Buna ek olarak yaygın sodik ve potasik alterasyon ve porfiri, masif sülfid ve skarn yataklarına göre yüksek REE miktarları bu yatakların ortak özellikleri olarak göze çarpmaktadır. Bu çalışma Fe-oksit-Cu-Au yatak türünün Divriği bölgesinde yer alan demir oksit yataklarıyla karşılaştırılmasıyla ilgilidir. Karşılaştırmada, çok iyi bilinen ve Fe-oksit-Cu-Au yataklarına has alkali metazomatizma, mineraloji, geç evre sülfid cevherleşmesi, plütonik kayaların tektonik ortamı ve yapısal kontrol gibi karakteristik özellikleri kullanılmıştır.

Fe-oksit-Cu-Au yataklarının Türkiye'deki varlıkları konusunda çalışmalar Divriği bölgesinde ilk kez bu makalenin yazarları tarafından başlatılmıştır. Bu çalışmada, Divriği (Sivas) bölgesinde yapılan jeolojik çalışmalar, A-B-kafa cevherleşmelerinin yaygın alkali metazomatizma ve alterasyon geçirmiş plütonik kayalar içinde bulunduğunu göstermektedir. Metazomatizmanın ilk evresi sodik-kalsik alterasyonla ilgilidir. Bu evreyi daha geç ve/veya sığ potasik alterasyon evresi izler. Sodik-kalsik alterasyonun ürünleri potasik alterasyon ürünleri tarafından silinir veya maskelenir. Bu gözlemler, daha önce pirometazomatik, fels, kalk-skarn veya skarn olarak bilinen A-B-kafa cevherleşmelerinin alterasyon ürünleri ve cevherleşme tarzları bakımından, Fe-oksit-Cu-Au türü cevherleşmeler olabileceğini gösterir. A-kafa cevherleşmeleri K-feldispat ve filogopitçe zengin yan kayalar içinde skapolit ve skapolit-granat zonlarını ornatarak yerleşen masif manyetit cevherleşmeler olarak bulunur. B-kafa cevherleşmeleri martitleşmiş manyetit, limonitleşme, silisleşme ve sülfid cevherleşmelerini içerir ve geç-evre alterasyon ürünleri olarak değerlendirilir. Bunlar breş bacası ya da diatrem olarak adlandırılacak huni şekilli ve yapısal kontrollü kesimlerde gözlenir. Breşik zon yakınlarındaki granitoidler yaygın serizitleşmeye uğramıştır. Kolloform barit oluşumları özellikle breşik kireçtaşı ve serizitleşmiş kayalar dokanıkları boyunca gözlenir.

Türkiye'de Fe-oksit-Cu-Au yatak türüne benzer yataklar henüz tanımlanmamış olmasına rağmen, Divriği bölgesinde yer alan demir oksit cevherleşmelerindeki yaygın alkali metazomatizma ve cevherleşmelerle alkali metazomatizma arasındaki ilişkiler, oksit ve sülfid mineralojisi, B-kafa cevher kütlelerinin morfolojisi ve dağılımı, bu bölgede yer alan cevherleşmelerin Fe-oksit-Cu-Au yataklarına benzer özelliklerinin olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu yataklar "Fe-oksit-Cu-Au yatakları" olarak tekrar tanımlanmalıdır. Bu tür yataklar altın ve bakır açısından zengin olduğu için bu bölgenin altın ve bakır açısından değerlendirilmesi ve arama programları bu potansiyeli araştırmaya yönelik olarak yeniden düzenlenmelidir.

Anahtar Sözcükler: Divriği (Sivas), Fe-oksit-Cu-Au, sodik-kalsik metasomatizma, manyetit, hematit, altın.

Abstract

The Fe-oxide-Cu-Au deposits are characterized by large masses of Ti-poor Fe oxides related to pervasive alteration processes such as magnetite or hematite. Besides, they are characterized by pervasive sodic and potassic alteration, and higher abundances of REE compared to porphyry and skarn types. This study deals with the comparison of the Fe-oxide-Cu-Au deposits with those of Fe-oxide mineralizations in Divriği region. In doing so, well-known alkaline metasomatism, mineralogy, late stage sulfide mineralization, tectonic setting of plutonic rocks and structural control characteristics unique to Fe-oxide-Cu-Au deposits were used.

The authors of this paper initiated the studies in recognition of Fe-oxide-Cu-Au deposit type in Turkey. This study shows that A-B-kafa mineralizations at Divriği (Sivas) occur in metasomatic plutonic rocks that were experienced an extensive and pervasive alkaline metasomatism. The early stage of metasomatism is related to sodic-calcic alteration. This stage is followed by a late and/or shallower potassic alteration. Products of potassic alteration superimpose the products of sodic-calcic alteration. Therefore, the alteration products and style of mineralization suggest that the deposits long known as pyrometasomatic, fels, calc-skarn and skarn might be of Fe-oxide-Cu-Au type. The A-kafa mineralizations occur as massive magnetite mineralizations hosted by a K-feldspar and phlogopite-rich zone superimposing scapolite-garnet zone. B-kafa mineralizations consist of martitized magnetite, limonitization, silicification, and sulfide mineralizations, and are regarded as late-stage alteration products. These are observed in a structurally controlled and funnel shaped settings that might be regarded as breccia pipes or diatremes. The granitoids close to brecciated zone is characterized by extensive sericitization. Colloform barite formations develop particularly along contacts between brecciated limestone and sericitized rocks.

Although, the examples of the similar deposit types have not been recognized yet in Turkey, pervasive alkaline metasomatism and relationships between mineralizing events and alkaline metasomatism, the oxide and sulfide mineralogy, morphology and distribution of the iron oxide deposits in and around the Divriği (Sivas) suggest that it shows characteristics similar to Fe-oxide-Cu-Au deposits. Therefore, they could be re-defined as Fe-oxide-Cu-Au type mineralizations on the basis of alteration pattern and mineralization styles. It is also proposed that these deposits have gold and copper potential, and the exploration programs should be re-designed so as to investigate this potential.

Key Words: Divriği (Sivas), Fe-oxide-Cu-Au, sodic-calcic metasomatism, magnetite, hematite, gold mineralization.

GİRİŞ

Olympic Dam (Avustralya) yatağının keşfinden hemen sonra benzer yatakların da olduğunun ortaya çıkması Fe-oksit-Cu-Au yatakları (DOBA) olarak da adlandırılan yeni bir türün varlığını ortaya koymuştur. Ancak ilk yıllarda bu yatağın nasıl oluştuğu veya ne ile temsil edildiği konularına ilişkin bilgiler sınırlı olmasına rağmen, 1983 yılında yeraltı galerilerinde Fe-oksitçe zengin "hidrotermal breş kompleksi" içinde cevher kütlelerinin bulunması (Roberts ve Hudson,1983; Reeve ve diğ., 1990) bu yatak türünün varlığı konusundaki şüphelerin giderilmesinde önemli katkılarda bulunmuştur. Bu kaçınılmaz olarak "benzer" yatakların aranmasına ve pek çok yatağın yeniden bu açıdan değerlendirilmesine yol açmıştır. Yapılan çalışmalar, dünyadaki bazı yatakların Olympic Dam yatağı ile metalojenik benzerlikler sunduğunu, ve hali hazırda bilinen çok sayıda yatağın bu türden bir yatak olduğunu ortaya koymuştur. Hitzman ve diğerleri (1992) bu tür

yataklarda gözlenen mineral topluluklarının benzerliği üzerinde durmuş, özellikle bu yatakların düşük Ti içerikli ancak manyetit ve hematit gibi demir oksitlerce zengin olduğunu, manyetitin derin kesimlerde, hematitin ise daha sığ ve kenar kesimlerde gözlendiğini ortaya koymuştur. Buna ek olarak yaygın sodik ve potasik alterasyon, yüksek REE miktarları bu yatakların ortak özellikleri olarak göze çarpmaktadır (Pollard 2000; 2001).

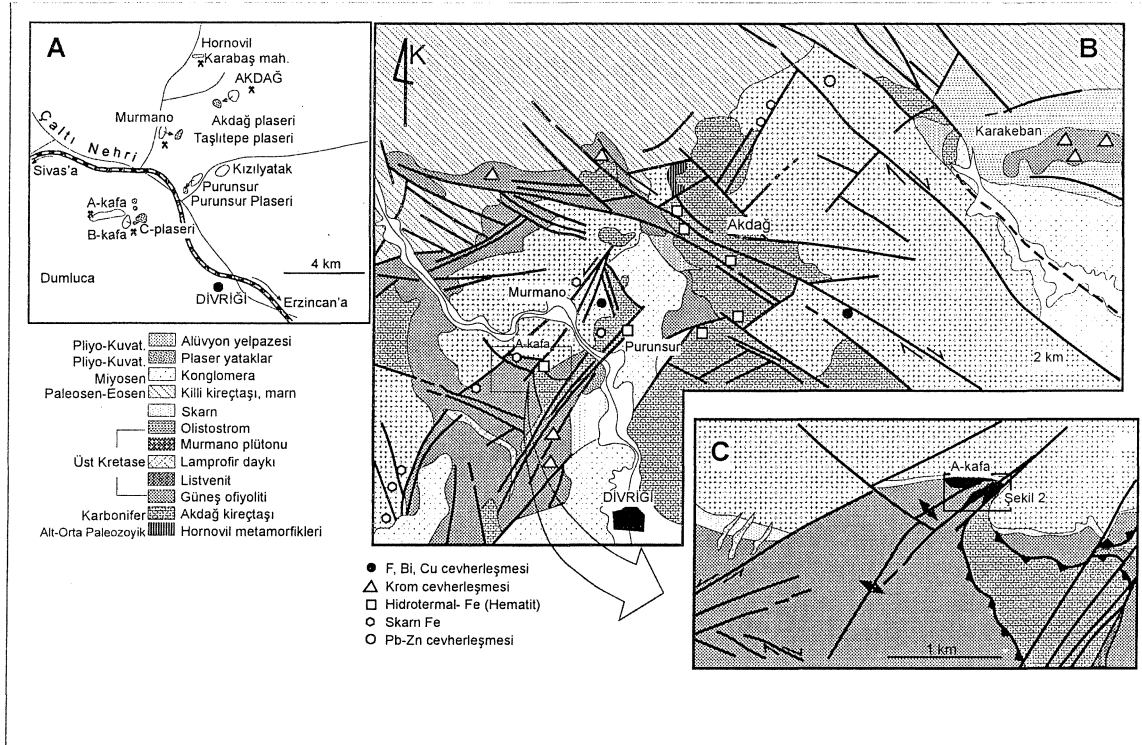
Geçmiş 10 yıl boyunca bu yatak türü tüm arama programlarının başlıca hedefi olmuş ve Candelaria (Şili) ve Ernest Henry (Avustralya) gibi iki büyük yatağın keşfedilmesini ve pek çok diğer yatağın da (Sossego ve Salobo (Brezilya)) geliştirme aşamasına gelmesini sağlamıştır. Bu tür yatakların yeni oluşu, bu yataklara yönelik arama stratejilerinin henüz tam olarak geliştirilmemiş olması, onlara yönelik bu cazibenin sürmesini sürekli kılmakta ve hem yüksek tenörlü hem de büyük rezervli "bulunacak daha çok yatak olabilir"

SİVAS-DİVRİĞİ BÖLGESİ SKARN TİPİ DEMİR OKSİT YATAKLARINA YENİ BİR BAKIŞ

umudu, arama faaliyetlerinin bu yataklarda yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında ele alınan demir cevherleşmeleri bakımından önemli bir potansiyele sahip olan Divriği bölgesi, Divriği (Sivas) ilçesinin yaklaşık 20 km kuzeybatısında (Şekil 1) yer alır. Son iki yılda bu bölgede yapılan jeolojik çalışmalar, skarn, pirometasomatik, kalk-skarn ya da fels olarak adlandırılan A-B kafa cevherleşmelerinde şimdiye kadar üzerinde fazla durulmayan ve Fe-oksit-Cu-Au türü yataklarda gözlenen aberasyonların, B-kafa cevherleşmelerinde tipik örneklerine rastlanan breşik yapıların ve bu yapılar boyunca tıpkı Fe-oksit-Cu-Au yataklarında olduğu gibi sulfidli cevherleşmelerin olduğunu ortaya koymuştur. Bu tür breşik yapılarda daha önceki çalışmalarda kısmen az miktarlarda tespit edilen barit oluşumları ve en önemlisi bu yatağın içinde veya dokanağında bulunan plütonik kayadaki anormal metasomatizma ve bu metasomatizma ile oluşan

çarpıcı mineralojik zonların da bulunması, Divriği bölgesi yataklarının en azından Fe-oksit-Cu-Au-REE yataklanmaları açısından araştırılmaları gerektiği sonucunu doğurmuştur. Altın aramalarına yönelik çalışmalar giderek bu tip sistemler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca, bu tür sistemlerde bakırın porfiri sistemlerde olduğu gibi yüksek rezervli yataklar oluşturması, Divriği bölgesi demir yataklarında da Fe-oksit-Cu-Au yataklarında olduğu gibi bakır ve altın potansiyelinin araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Fe-oksit-Cu-Au yataklarının hemen hemen hepsinde Divriği A-B kafa cevherleşmelerinde olduğu gibi hem manyetit hem de hematit cevherleşmelerinin de bulunması manyetitin daha erken ve derin kesimlerde, hematitin ise daha geç ve alterasyonlara bağlı olarak sığ kesimlerde zenginleşmesi bu potansiyele yönelik şüpheleri daha da arttırmaktadır. Dolayısıyla, bu bölgedeki cevherleşmelerin de bu açıdan yeniden gözden geçirilmesi gereklidir. Bu çalışma ile 1999-2001



Şekil 1. (A) Divriği yöresi demir yataklarının coğrafik lokasyonu, (B) Divriği ve civarının ana yapısal hatları basitleştirilmiş Jeolojik haritası, (C) A-B-kafa civarı jeoloji haritası (Öztürk ve Öztunalı, 1983'den sadeleştirilmiştir).

Figure 1. (A) The geographical setting of iron deposits in Divriği district, (B) The simplified geological map showing the major structural lineaments in Divriği and vicinity, (C) The geological map of the A-B Kafa (Simplified from Öztürk and Tunah, 1983).

yıllan arasında Divriği bölgesi yataklarındaki çalışmalardan elde edilen verilerin Fe-oksit-Cu-Au yatakları açısından değerlendirilmesi ve bu yataklara farklı açıdan bir yaklaşım yapılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, Fe-oksit-Cu-Au yataklarına has alterasyon, mineraloji, plütonik kayaç bileşimi, tektonik ortam, yapısal jeoloji ve yaş özellikleri baz alınarak Divriği bölgesi A-B kafa cevherleşmeleri bu parametreler açısından değerlendirilecektir. Böyle bir çalışma ile Türkiye'de henüz örneği bulunmayan bir yatak türünün varlığı ve Divriği bölgesinden ayrı sahalarda da olabirliği konusu tartışmaya açılacaktır.

CEVHERLEŞMELERİN TÜRÜ VE KÖKENİ

Dünya literatürüne kontak metazomatik kalk-skarn (Bottke, 1981); kontak metazomatik (Petraschek ve Pohl, 1982; Ünlü ve Stendal, 1986) tip yataklar olarak tanıtilan Divriği skarn yataklarının oluşumu ve kökeni hakkında hala farklı görüşler mevcuttur. Yıldızeli (1977; 1998) bölgedeki demir cevherleşmelerini serpantinleşmiş ultramafik kayaç-granitoid (Murmano Plütonu) dokanağının "kontakt metamorfizma" veya "Felsleşmesi ile oluştuğunu öne sürmektedir. Bugün bilinen ve kullanılan anlamıyla skarn terminolojisi ve onunla ilgili oluşum mekanizmalarına Klemm (1960), Koşal (1971; 1973) ve Ünlü (1983), tarafından değinilmesine rağmen skarnların iç yapıları detaylı olarak ele alınmamıştır. Bunun yanında bazı çalışmacılar yatağın oluşumunu kontak-metazomatik-pnömatolitik ve pnömatolitik hidrotermal (Koşal, 1971; 1973) gibi terimlerle ifade etmeye çalışmışlar ve büyük bir çoğunluğu cevherleşmelerin granit intrüzyonu ile ilişkili ve hidrotermal-pnömatolitik akışkanlar tarafından oluşturulmuş skarn tipi bir yatak olduğu konusunda birleşmişlerdir. Bunlar hem cevher getiren hem de cevherleşmeye sebep olan kaynağın Murmano Plütonu olduğu konusunda da birleşmektedirler. Doğrudan granit intrüzyonu ile ilişkili demir oluşumlarına karşı ilk görüş Ünlü (1983) ve Ünlü ve Stendal (1986; 1989) tarafından ortaya konmuştur. Çalışmacılar, jeokimyasal ve jeostatistiksel yöntemlerin bu çalışmada bölgedeki cevher-kayaç topluluklarına uygulanmasıyla, demirin yan kayaçlardan (serpantinleşine sırasında) remobilize olması gerektiği öne sürülmüştür. Ünlü (1983) ayrıca

bölgedeki cevherleşmeleri "*okyanus kabuğuna özgü demir yataklanmalar*" olarak sınıflamıştır. Yılmaz ve diğ. (2002) bölge cevherleşmelerinde yaptığı alterasyon ve alterasyon zonlanması çalışmalarında ise cevherleşmelerin daha çok skarn özelliklerinin bulunduğunu ancak, yataklardaki Na-Ca metasomatizmasının ve cevherleşme tarzının Fe-oksit-Cu-Au yataklarına benzer özellikler sunduğunu da belirtmiştir. Fe-oksit-Cu-Au yataklarını oluşturan magmatik hidrotermal sistemin karbonatlı kayaçlarla olan dokanaklarında skarn topluluklarının da gelişebiliyor (Pollard, 2000) olması, Divriği bölgesinde neden hem skarn mineral topluluklarının hem de Na-Ca aberasyonlarının birlikte bulunduğu sorusunu açıklayabilmektedir.

ALTERASYON

Fe-oksit-Cu-Au yataklarına yan kayaçlık eden veya onları barındıran plütonik kayaçlarda oldukça karakteristik ve şiddetli bir alterasyon gözlenir. Hatta bazı durumlarda ortaya çıkan potasik ve alkali alterasyon nedeniyle yataklarla doğrudan ilişkili kalk-alkalen plütonik kayaçlar "kızıl granit" (Red granite) veya yaygın alkali alterasyonu nedeniyle "siyenit" olarak adlandırılmaktadır. Bu yataklarla ilişkili plütonik kayaçlar çoğunlukla sodik-kalsik, potasik ya da serizitik-hidrolik alterasyonlara maruz kalırlar. Bu alterasyonlar plütonik kayaçların yerleşme ve kristallenme evreleri ile doğrudan ilişkilidir. Hidrotermal sistemlerin ilk evrelerinde ve plütonik kayacın merkezi ya da derin kısımlarında yaygın bir sodik-kalsik alterasyon (albit ve skapolit oluşumları) gözlenir, bu alterasyon sistemin daha sığ derinliklerinde veya plütonun dış kesimlerine doğru ve daha geç evrelerde yerini potasik (K-feldspat gelişimleri) ve serizitik alterasyona bırakır. Manyetit ve hematit cevherleşmesi de bu evrede ve yaygın alterasyon zonları içinde gelişmektedir. Bu alterasyonlar onlarca hatta yüzlerce km²lik alanlar boyunca da gözlenebilir.

Çalışma alanında skarn parajenezleri olarak tanımlanabilen granat, epidot ve amfiboller gibi minerallerle birlikte, bugün dünya literatüründe Fe-oksit-Cu-Au yataklarına yan kayaçlık eden sodik-kalsik (en tipik) metasomatizmasıyla oluşan skapolit, albit, filogopit, barit, REE, hematit ve ikincil K-feldspat gibi mineraller de

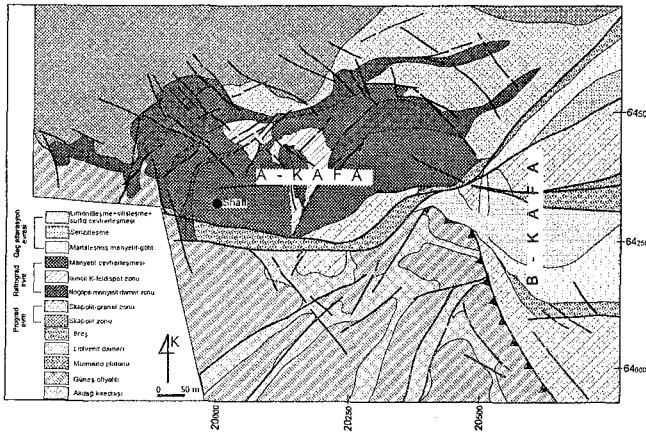
SİVAS-DİVRİĞİ BÖLGESİ SKARN TİPİ DEMİR OKSİT YATAKLARINA YENİ BİR BAKIŞ

gözlenmektedir (Kuşçu ve diğ., 2002; Yılmaz ve diğ. 2002). Bu nedenle, bölgedeki farklı mineral topluluklarının adlandırılmasında hem "alterasyon" hem de "skarn" terimlerinin de birlikte kullanılması uygun bulunmuştur.

A-kafa alterasyon zonları Murmano Plütonu'ndan itibaren serpantinleşmiş ultramafik kayalara doğru sırasıyla, skapolit, skapolit-granat, filogopit-manyetit±skapolit±granat zonları gibi belli mineral parajenezleri ile temsil edilen ve birbirleriyle ardışık gelişim süreçleri içinde olan zonlardan oluşmaktadır (Şekil 2). B kafa olarak tanımlanan (Koşal, 1971) bölgede ise skarn zonilarından çok siiperjen olaylar sonucu oluşan geç alterasyon zonları tanımlanmıştır. Bunlar fay kontrollü, hematitleşmiş-limonitleşmiş ve serizitleşmiş oluşumlardır (Şekil 2). Bu zonlardan skapolit ve skapolit-granat zonları metasomatizma ve alterasyonun ilerleyen evrelerinde, filogopit-manyetit±skapolit±granat ve B kafa alterasyonları ise gerileyen evrelerde oluşmuştur. Bu zonlar, monzonit, monzo-diyorit bileşimli Murmano Plütonu içinde birbirine paralel damarlar boyunca veya plütön içinde cepler halinde oluşan kalk-silikat kayaları ve metasomatik alterasyon ürünleri olarak gözlenir.

İLERLEYEN EVRE ALTERASYONLARI

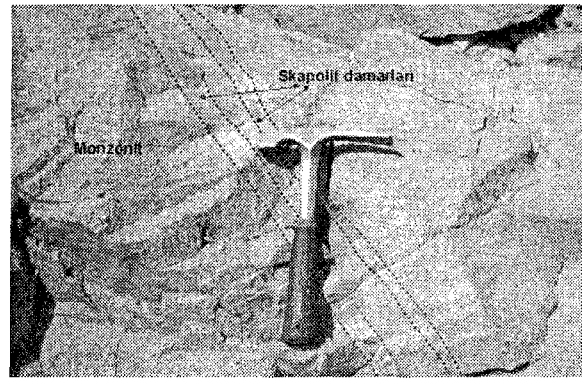
Skapolit zonu A-kafa, Cürek-Divriği yolu civarlarında hemen hemen her yerde gözlenen işinsal, iri-orta taneli skapolitlerin monomineralik



Şekil 2. Divriği A-B kafa yatak civarının jeolojik haritası (Yılmaz ve diğ., 2002'den alınmıştır).

Figure 2. The geological map of the A-B Kafa deposit (Taken from Yılmaz et al., 2002)

zenginleşmelerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Murmano Plütönünün hemen hemen tamamında damarlar (Şekil 3) ve cepler halinde gözlenen skapolitleşme, bölgede Fe-oksit-Cu-Au yataklarına has karakteristik, etkili ve yaygın bir sodik-kalsik alterasyonun varlığını gösterir. Skapolit zonu, plütönün merkezi ve derin kesimlerinde gözlenen yüksek sıcaklıklarda oluşmuş bir zondur ve daha sonra potas i k mineral topluluklarının gözlemlendiği zonlar (filogopit ve K-feldispar) tarafından üzerlenir. Tüm sistem, önce skapolitleşmiş daha sonra sığ kesimlere veya kenar zonlara doğru skapolit damarları boyunca skapoliti ornatan başka minerallerle (önce granat daha sonra filogopit ve K-feldispat) dönüşmüştür. Sodik ve potasik alterasyon zonlarının plütönik kayalar içinde yoğunlaşması, kayanın renginin değişmesiyle ve alkali özellikler kazanmasıyla sonuçlanmıştır (Yılmaz ve diğ., 2002; Kuşçu ve diğ., 2002). Bu durum, Barton ve diğ. (1993) ve Hitzman (2000)'da vurgulanmakta ve bu tür sistemlerde bulunan plütönik kayaların "siyenit" olarak tanımlanmalarının gerçeği yansıtmadığı, bu olayın tamamen alkali metasomatizmasının bir ürünü olduğu belirtilmektedir. Bölgedeki skapolitli zonlardan toplanan örnekler için petrografik analizler bunu destekler niteliktedir. Tüm bu gözlemler, A-kafa bölgesinde oluşan cevherleşmelerin ve alterasyonların Fe-oksit-Cu-Au yataklarında olduğu gibi alkali metasomatizmasına uğramış bir kayalar üzerinde oluştuğunu ve yaygın bir sodik-kalsik alterasyonun varlığını gösterir. Granatların miktar olarak arttığı



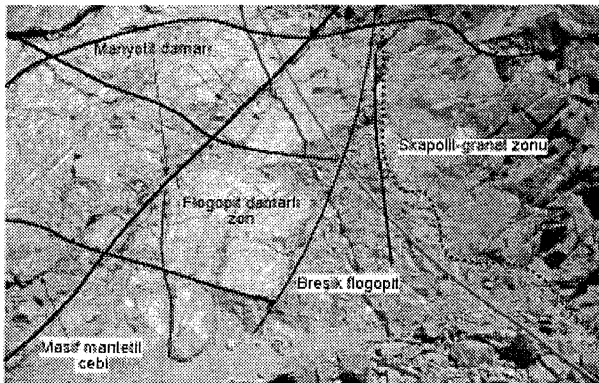
Şekli 3. Murmano plütönü içinde gelişmiş sistematik skapolit damarları.

Figure 3. Systematic skapolite veining system at the Murmano platon

skapolit-granat zonları plütonik kayacın içinde K-feldispat miktarının da biraz arttığı kesimlere karşılık gelir. Bu nedenle granat zonların, ilk kristallenme süreçleri sırasında sodyum-kalsiyum metazomatizmasma uğramış plütonik kayacın daha sonra Fe-metasomatizmasına da uğraması sonucu oluştuğu öne sürülmektedir (Yılmaz ve diğ., 2002). Skapolit ve granat-skapolit zonlardaki damarları çoğu zaman keserek yerleşen yapısal kontrollü cevherli zonlar (darter, cep ve odacıklar), önceden Na-Ca ve Fe metasomatizmasına uğramış plütonik kayalar içinde (skapolit, skapolit-granat zonları) ve onları kırık-çatlak sistemlerini kullanarak ornatır bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 4). Özellikle granat-skapolit damarlarını kesen K-G, KD-GB ve KB-GD yönlü dike yakın düşey atımlı faylar veya eklem sistemleri yaygın filogopit ve ikincil K-feldispat oluşumlarının gözleendiği elemanlardır. K-feldispatların genellikle plütunun kenar kesimlerinde ve B-kafaya yakın alanlarda gözlenmesi, Fe-oksit-Cu-Au yataklarında olduğu gibi sığ kesimlerde etkili olan potasik alterasyon ve bu alterasyonla daha belirginleşen cevherleşme ile benzer özellikler sunar. Cevherleşme filogopitleşmenin artmasına paralel gelişmeler göstererek, masif manyetit cevherleşmelerinin gözleendiği kesimler, kayacın neredeyse tamamının filogopitleştiği lokasyonlara karşılık gelir (Yılmaz ve diğ., 2002).

GERİLEYEN EVRE ALTERASYONLARI

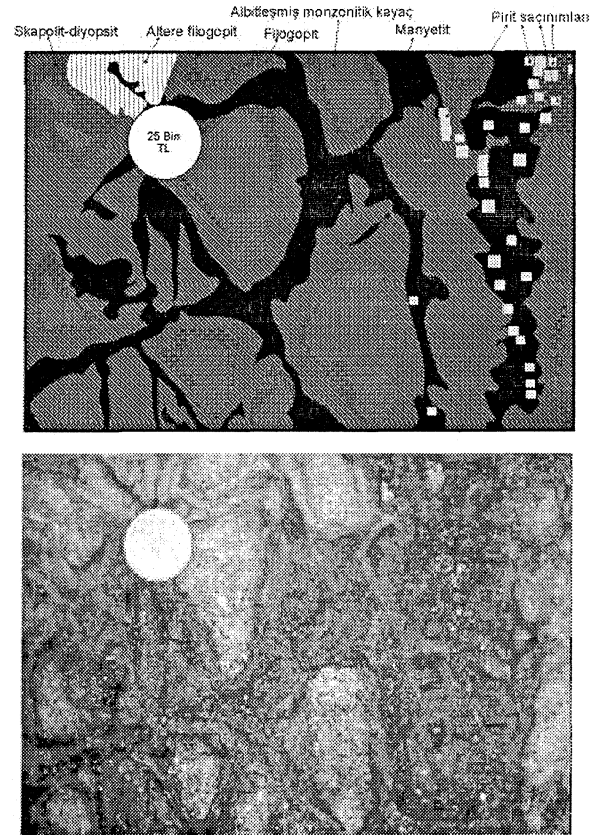
Skapolit-granat zonu içerisinde genellikle skapolit ve skapolit-granat zonlardaki damarları keser şekilde gözlenen filogopit- manyetit±skapolit



Şekil 4. Kırık sistemleri boyunca oluşan filogopitli zonlar.

Figure 4. The phlogopite zones formed along the fracture systems.

±granat damar veya odacıkları filogopit-manyetit zonu olarak adlandırılmaktadır (Yılmaz ve diğ., 2002). Bu tür damarlarda belirgin bir zonlanma vardır ve bu zonlanma taze kayaca doğru manyetit-filogopit-skapolit şeklinde bulunur (Şekil 5). Hatta bazı durumlarda granitik kayalar birbirini kesen bu tür damarlar arasında ornatılmamış "kalıntılar" halinde de gözlenmektedir. Manyetit cevherleşmesini barındıran kayalar belirgin koyu yeşil bir renk ile kendini belli eden filogopitçe zengin kayalardır. Filogopitleşme bölgede etkili olan potasik alterasyonun ikincil K-feldispat oluşumlarından başka mineral parajenezleri de oluşturduğunu göstermektedir. Tıpkı Fe-oksit-Cu-Au sistemlerinde olduğu gibi potasik alterasyon cevherleşmeyi de beraberinde getirmiştir.



Şekil 5. Bresik zonlar içinde oluşan alterasyon zonlanması (üstteki şekil alterasyon zonlarını ve ilişkilerini göstermektedir, ölçüler gerçektir).

Figure 5. The alteration zones developed along the brecciated zones (upper image illustrates the alteration zones and interrelations of the alterations, true to scale)

SİVAS-DİVRİĞİ BÖLGESİ SKARN TİPİ DEMİR OKSİT YATAKLARINA YENİ BİR BAKIŞ

Bu durum özellikle skapolit-granat damarları içinde filogopit ve K-feldspatın yanında bir üçüncü mineral olarak manyetit de gözlenmesiyle kendini belli eder. Filogopitli zonların yan kayaçlık ettiği masif manyetit cevheri, damarlarda cm kalınlıklarında, cep ve odacıklarda ise onlarca metre kalınlıklarda olabilmektedir. Yapılan sondajlara ait loğların incelenmesiyle en büyük cevher kütlelerinin, B kafa dokanağına yakın veya intrüzif kütle dokanağını izleyerek ve ona yapışık olarak yaklaşık D-B doğrultusunda ve güneye eğimli olarak geliştiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte bu cevher kütlelerine verev, Na-Ca veya Fe metasomatizmasma uğramış monzonitik kayaçlar içinde yaklaşık K-G doğrultusunda oldukça kalın ve ekonomik olabilecek tali cevher damarları veya cepleri de bulunmaktadır.

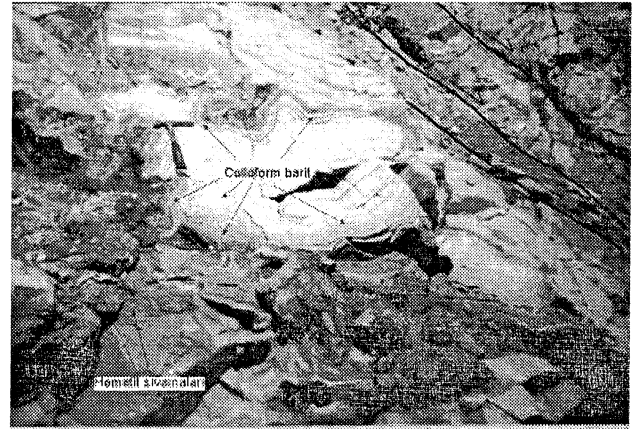
MİNERALOJİ

Fe-oksit-Cu-Au-REE yatakları zengin demir oksit mineral içerikleri ve göreceli olarak daha düşük sülfid mineral içerikleriyle belirgin bir tür oluşturur (Hitzman, 2000). Sülfidler, çoğunlukla kalkopirit, born it ve bunların süperjen türevleri olan malakit, azurit, kalkozinle, ve pirit, markazit ve pirotin gibi diğer sülfidlerle temsil edilir. Bu yataklarda yaygın karbonatlaşma, baryum (Ba), fosfor (P) ya da flüor (F) bulunmasının yanında, As, U, Ag, Co gibi minör element zenginleşmeleri de gözlenir. Bu yatakların mineralojik olarak en belirgin yanı ise Nadir Toprak Elementleri (REE) bakımından diğer tüm yataklara göre çarpıcı zenginlik sunmasıdır. Manyetit genelde erken ve yüksek sıcaklık ürünü olarak gözlenirken hematit ve sülfidli mineral fazları ise daha geç evrelerde ve yüksek oksijen fugasitesine sahip çözeltiler tarafından oluşturulur.

A-kafa'da manyetit oluşumları potasik alterasyon ile eş zamanlı veya hemen sonra ilk (erken) faz olarak oluşmaktadır. A-kafa oluşumlarından ayrı düşünülmemeyen ve martitlenmiş manyetit, limonit, silisleşme ve sülfid cevherleşmeleri ile temsil edilen oluşumlar geç alterasyon zonları olarak adlandırılmıştır (Yılmaz ve diğ., 2002). Aynı sınıflama ve zonlanma süreçleri Işık (2002)'de verilmekte, ve sülfidli fazlar olarak pirit ve kalkopiritin varlığından da söz edilmektedir. Bu zonlar daha önceki çalışmalarda B-kafa olarak tanımlanmıştır (Koşal, 1971; 1973).

Bunlar çok genel olarak serpantin kireçtaşı dokanağında ve breşik bir zon içerisinde konumlanmıştır (Şekil 2). Morfolojik olarak huni şekilli bir görünüm sergileyen bu oluşumlar, üst seviyelerde daha geniş, derinlere doğru incelerek devam etmektedir (Şekil 2). Bu tür huni şekilli oluşumlar hem morfolojik hem de alterasyon ve mineralojik olarak, Fe-oksit-Cu-Au sistemlerinde bakır ve altın cevherleşmelerinin bulunduğu "breş bacaları" veya "diatrem"lere benzer özellikler sunmaktadır. Fe-oksit-Cu-Au sistemlerinde olduğu gibi, hematitik ve limonitik zonlarda, yerel olarak korunmuş breş çakılları orta derecede yuvarlaklaşmış, mikrotaneli ve silika jeli ile çimentolanmıştır. Bu bakımdan morfolojileri de göz önünde tutularak B-kafa mineralizasyonları hidrotermal breş bacaları veya diatrem olarak tanımlanabilir. Bölgedeki rekristalize kireçtaşlarının A-kafa ile dokanakları boyunca ve silisleşmiş, dolomitlenmiş kesimleri az miktarda pirit ve malakit bulunduran breşik zonlar içermektedir. Bu zonlarda sülfidli bileşenler ile silisleşme ve kalsit damarları derinlere doğru daha yoğundur.

A-kafa ile kireçtaşları dokanağında gözlenebilen ve daha sığ kesimlerde gözlenen serizitleşmeler hem plütonik kütle hem de breşik zon içinde derinlere doğru incelerek kaybolmaktadır.



Şekil 6, M tırman o plütonik dokanakları boyunca Akdağ kireçtaşları içinde gelişmiş kolloform barit oluşumları.

Figure 6c Colloform barite occurrences along the Akdağ limestones in contact with the Murmano plüton.

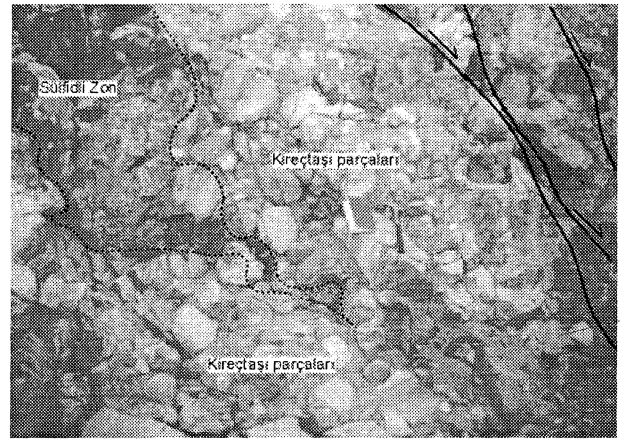
Yoğun bir silisleşmenin yanında manyetik cevherleşmesini de kesebilen kalsit damarları ile pirit- kalkopirit-markazit-malahit gibi sülfüdlü parajenezler, ayrıca serizitik zonların dokanağında yer alan rekrystalize kireçtaşları içerisinde kolloform barit (Şekil 6) oluşumları hidrotermal sistemin son evrelerini temsil eden düşük sıcaklıktaki oluşumlardır. Divriği demir yataklarında özellikle serizitleşmiş monzonitik kayaç kireçtaşı dokanaklarında kolloform bantlı barit gelişimleri sistemdeki Ba varlığı için yeterli kanıttır, ayrıca cevherleşme ile ilgili veya cevherleşmeyi kesen ikincil kalsit ve dolomit oluşumları karbonatlaşmanın şiddetinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Genellikle cevher oluşturan magmatik-hidrotermal sistemin devamı olarak düşünülen geç evre alterasyon zonları sığ kesimlerde daha yoğun ve derinlere doğru azalan yoğunluktaki alterasyon dereceleri ile muhtemel meteorik kökenli suların skarn oluşturan magmatik-hidrotermal sistemle karışması sonucu oluşan hibrid (Barton ve Johnson, 1996; Barton ve diğ., 1993; Barton ve Johnson, 2000; Pollard, 2000; Hitzman, 2000) sistem olarak kabul edilmektedir. Tüm bunların ötesinde Koşal (1971)'de de belirtildiği gibi A-ve B-kafa bölgelerinde yapılan sondaj örneklerinin analizlerinde Divriği yöresinde hem de Divriği yakın civarındaki (Malatya-Hekimhan) yataklarda Th, U gibi nadir toprak elementlerindeki anormal zenginleşmeler Divriği demir yataklanmalarında etkili olan hidrotermal sistemin Fe-oksit-Cu-Au yataklarına olan benzerliğini göstermektedir. Ünlü ve Stendall (1989)'m yaptığı çalışma, A-B kafa bölgesinde hem plütonik kayaçlar hem de ofiyolitik kayaçlar içinde nadir toprak elementlerinin normal değerlerin çok üzerinde olduğunu göstermektedir. Bu ve yukarıdaki gözlemler Divriği demir oksit yataklarının mineralojik ve jeokimyasal olarak DOBA sistemlerine olan benzerliklerini göstermektedir.

BREŞİK ZONLAR

Fe-oksit-Cu-Au yataklarında Cu ve Au zenginleşmeleri genellikle diatrem ve breş zonları boyunca gözlenir (Hitzman ve diğ., 1992; Pollard ve diğ., 1998; Pollard, 2000; Hitzman, 2000). Breş zonları genellikle daha kompetant (seit) plütonik kayaç, sodik-potasik alterasyon zonlarına sahip kayaçlar ile daha az kompetant (göreceli olarak

daha az sertliğe sahip) kayaçlar arasında gelişmektedir. Olympic Dam örneğinde Cu-U-Au cevherleşmeleri hidrotermal breş bacaları boyunca gözlenmekte ve breş bacaları içinde cevherleşme serizitik hematitik bir alterasyonla belirgin hale gelmektedir (Hitzman ve diğ., 1992; Perring ve diğ., 1999). Bu tür zonlar içinde sülfid fazı ya kalkopirit, bornit (hipojen fazlar) ya da kalkozin ve pirit gibi süperjen fazlar ile temsil edilir. Bu tür sistemlerde gözlenen breş bacaları, değişik boyutlarda olmasına rağmen 200 m (Panulcillo ve Teresa De Colmo bakır yatağı; Hopper ve Correa, 2000), 300-350 m'lik ayrı zonlar halinde (Olympic Dam Cu-U-Au yatağı; Reynolds, 2000), 400 m (NICO ve the Sue-Dianne yatakları, Goad ve diğ., 2000) arasında değişmektedir. B-kafa civarında breş zonu olarak adlandırılan bölgenin boyutları da aşağı yukarı 250-300 arasında değişmektedir.

Divriği yöresinde özellikle monzonit ve kristalize kireçtaşı arasında gelişen breşik kesimler (Şekil 7) hidrotermal breş zonları olarak tanımlanmaktadır (Kuşçu ve diğ., 2002; Yilmazer ve diğ., 2002). Breş zonları içinde bulunan kayaç parçaları çoğunlukla çok ince taneli ve "kayaç tozu, rock powder" pulverize toz ve silika jeli ile çimentolanmıştır. Öztürk ve Öztunalı (1993), Eosen öncesi KD-GB doğrultulu bindirme türü yapısal hatlar boyunca kayaçların breşik yapıları kazandığını ve bu durumun cevherleşme açısından



Şekil 7, Akdağ kireçtaşları ile alterasyon zonları dokanakları boyunca gözlenen breşik zonlar
Figure 7. Brecciated zones observed along the contacts between Akdağ limestones and alteration zones.

SİVAS-DİVRİĞİ BÖLGESİ SKARN TİPİ DEMİR OKSİT YATAKLARINA YENİ BİR BAKIŞ

önemli rolü olduğunu belirtmektedir. Yapılan çalışmalarda bu zonların hem tektonik hem de hidrotermal breş özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Bu zonlar üzerinde yapılan çalışmalarda breşik zorum derine doğru incelen ancak sığ kesimlere doğru genişleyen huni şekilli morfolojiye sahip olduğu ve bu nedenle diatrem olarak adlandırılabilceği vurgulanmaktadır (Yılmaz ve diğ., 2002). Diatrem zonları içinde özellikle martitleşme yoluyla oluşan süperjen hematitleşme karbonatlı kayalara içine doğru sızan çözeltiler boyunca karbonatlı kayaların da kızıl-kahve sarı renkler kazanmasına neden olmuştur. Bu hematitik zonlar öteden beri bilinmekte ve B-Kafa olarak işletilmektedir. Ayrıca bu zonlar içinde kalkozin, pirit, markazit ve malahit oluşumları gözlenmekte, bunlar yaygın silisleşme ile belirginleşmektedir. Breş zonlarının ultramafik kayaç-monzonit dokanağında gözlemlendiği kesimlerde ise silisleşmenin şiddeti artmakta, silisleşmeye karbonatlaşma da eşlik etmekte ve piritler daha ince taneli olmaktadır. Bu kesimler aynı zamanda krom-mika türü minerallere de yataklık etmektedir. Bu ve buna benzer oluşumların Fe-oksit-Cu-Au yataklarında çok belirgin olması en azından Divriği yöresinde de bu tür yataklanmaların olabileceğini göstermektedir. Bölgeden derlenen cevher örneklerinin kimyasal analizlerinde % 0.2-1 (Koşal, 1971) bakır içeriklerinin bulunması bu savı destekler niteliktedir. Bu nedenle bölgedeki yataklanmaların altın ve bakır açısından da değerlendirilmesi ve bölgede jeolojik, jeokimyasal ve mineralojik araştırmaların yapılması önerilmektedir.

YAŞ VE TEKTONİK ORTAM

Fe-oksit-Cu-Au tipi yataklar, hem yaş hem de tektonik ortam olarak belli bir sistematik sunmazlar. Bu yataklar Proterozoyik'ten Pliyosen'e kadar değişen yaş konaklarında oluşmuştur ve oluşumları için kesin bir yaş aralığı vermek mümkün değildir. Hitzman ve diğ. (1992)'de vurgulanan Proterozoyik jeolojik ortam önerisinin aksine büyük yataklar çoğunlukla Fanerozoik yaş konağına sahip bölgelerde bulunmaktadır (Barton ve Johnson, 1996). Bilinen Fe-oksit-Cu-Au tipi yataklarının 3 değişik ortamda olduğu öne sürülmektedir (Hitzman ve diğ., 1992); (1) Kıta-içi orojenik çökme (collapse), (2) Kıta-içi anorojenik magmatizma, ve (3) Yitim-zonu

ile ilişkili kıtasal kenar boyunca gelişen gerilme rejimleri. Yukarıdaki ortamlar büyük hacimli magmatik faaliyetlerin, yüksek ısı döngülerinin ve oksidize kaynak kayaçların (sedimanlar ve magma) bulunduğu ortamlardır.

Bu ortamlardan yitim zonu ile ilişkili gerilme magmatizması ve anorojenik magmatizma, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığının jeodinamik evrimi göz önüne alındığında Orta Anadolu Granitoidlerinin oluşumunu açıklayan mekanizmalara (Akıman ve diğ., 1993; Göncüoğlu ve Türel, 1994; Göncüoğlu ve diğ., 1993; Göncüoğlu ve diğ., 1997; İlbeyli ve Pearce, 1997; Aydın ve diğ., 1998; Boztuğ, 1998; Gençalioğlu Kuşçu ve diğ., 2001; Boztuğ ve diğ., 2002) benzerlikler sunmaktadır. Bu tür ortamlarda uçucularca zengin magmatik aktivitelerin, yüksek ısı döngülerinin ve oksidize kayaçların bulunması DOBA yataklarının oluşması için uygun şartlar olarak kabul edilmektedir. Murmano Plütunu Boztuğ (1998) tarafından silis bakımından aşırı doygun çarpışma sonrası alkali kayaç topluluğunun bir üyesi olarak tanımlanır. Murmano plütununun oluşumu için ilksel magmanın fraksiyonel kristallenmesinden çok mafik karakterli ve derinlerden (manto) gelen bir magmanın bölgeye sokulumu ile başlayan farklı kökenlere sahip magmaların karışması modeli (Boztuğ, 1998) öne sürülmektedir. Bu kayaçların LIL elementleri ve REE elementler bakımından zengin olmaları, bu tür elementlerin kabuk kökenli magmalarda zenginleşmemeleri, farklı magma getirimi düşüncesini destekleyici veriler olarak değerlendirilmektedir (Boztuğ, 1998). Bu bakımdan Divriği yöresi plütomatik kayaçlarının da Fe-oksit-Cu-Au yataklarının olduğu tektonik ortamlardan olan kıta-içi anorojenik magmatizma ile ilişkili veya benzer ortamlarda olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, Fe-oksit-Cu-Au sistemlerini oluşturan tektonik ortamın varlığı, ve bu ortamda oluşmuş kayaçların tıpkı Fe-oksit-Cu-Au sistemlerine benzer alterasyon ve mineralojik benzerlikler sunması, Divriği bölgesinde en azından bu yatak türünün bulunması gerektiği sonucunu doğurmaktadır.

MAGMATİK KAYAÇLARLA İLİŞKİ

Bu tür yatakların oldukça büyük bir çoğunluğu magmatizma ve magmatik v>laylarla uzay-zaman içinde belirgin bir ilişki içindedir. En azından sıvı

kapanımları ve izotop çalışmalarında bu yatakları oluşturan çözeltilerin magmatik kökenli olduğu (Hitzman ve diğ., 1992; Hitzman, 2000) ancak meteorik akışkanlarla daha geç evrelerde karşılıklı ilişkilerde bulunduğu bilinmektedir (Barton ve Johnson, 1996; 2000). Divriği bölgesi demir yataklarında monzonitik kayaların etkili olduğu, hatta cevherleşmeleri bu tür kayaların yer yer kayaçlık ettiği yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Yılmaz ve diğ., 2002). Ayrıca, cevherleşmelerin potasik alterasyon nedeniyle neredeyse kırmızı renk aldığı ve filogopitçe zengin **zonlarda** oluşmuş olması bu sava en azından Divriği bölgesinde de geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

YAPISAL KONTROL

Fe-oksit-Cu-Au tipi yataklar doğrudan yapısal kontrollü yataklardır. Genellikle Kabuksal ölçekli (transform veya doğrultu atımlı) ana fay zonu ile ilişkili yüksek ve düşük açılı olan ikincil ve verev faylar boyunca lokalize olmaktadır. Bu faylar, bölgenin yaygın alterasyonu ve akışkan döngüsünü hızlandırıcı etkilere sahiptir. Cevher mineralleri çoğunlukla sert (skarnlar, demirce (manyetit) zengin alterasyon zonları ve sodik alterasyona uğramış (albitleşmiş) granitoidler) ve sert offnayan kayalar arasında süregelen gerilme-deformasyon etkileşimlerinden dolayı oluşan breş bacaları içinde yoğunlaşmaktadır.

Divriği A ve B kafa yataklarında yapılan incelemeler sonucunda, alterasyon ve skarn damarlarının ile cevher kütlelerinin belirgin zonlarda yoğunlaştığı saptanmıştır. Bu durum, alterasyon zonları ve skarn damarlarının KD-GB ve D-B doğrultulu faylar boyunca oluşan yapısal kontrollü oluşumlar olduğuna işaret etmektedir (Kuşcu ve diğ., 2002; Yılmaz ve diğ., 2002). Cevherleşmeler de aynı yapısal unsurlar tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 1 ve 2). Bununla birlikte Öztürk ve Öztunalı (1993), bölgede Eosen öncesi tektonik hatların KD-GB yönlü kıvrım ve kırık sistemleri oluşturduğunu, ve cevherleşmelerin yaklaşık KD-GB yönlü "bindirme" yapıları boyunca oluştuğunu öne sürmektedir. Yapılan çalışmalarda ise cevherleşmelerin genellikle KD-GB yönlü kırık-fay düzlemleri boyunca oluşan ve skapolit-granat skarn damarlarını kesen, onlara verev KB-GD yönlü veya dik konumlardaki filogopit damarları ile kökensel ilişkileri bulunduğu

tespit edilmiştir. Ancak ana cevher kütlesi yaklaşık D-B yönlüdür (Şekil 2) (Yılmaz ve diğ., 2002). Cevherleşmeler hem damarları hem de skapolit-granat zonunu kesen kırık ve çatlaklar boyunca ve özellikle bu süreksizlik düzlemlerinin kesiştiği yerlerde yoğunlaşmaktadır (Kuşcu ve diğ., 2002; Yılmaz ve diğ., 2002). Divriği yöresinde cevher kütlelerinin yaklaşık D-B doğrultulu bir hat boyunca gözlenmesi, bu hat boyunca başka potansiyel yatakların da varlığı (Ekinbaşı civarı) (Şekil 1) ve bu ana faya verev ancak bu fayla doğrudan ilişkili fayları boyunca gelişen filogopit damarları ve filogopitli zonların masif manyetit cevherleşmelerini içermesi, bu bölgede de cevherleşmelerin yapısal kontrollü olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı şekilde B-kafa cevherleşmelerinin yaklaşık 70-80° açılı fay zonu boyunca oluşması (Şekil 2), martitleşmiş manyetitin kafalar şeklinde daha sığ kesimlerde ve derinlere doğru manyetite geçiş göstermesi, bu yapısal hat boyunca devam eden geç evre hidrotermal olayların da devam ettiğini göstermektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Fe-oksit-Cu-Au yataklarının Türkiye'deki varlıkları konusunda çalışmalar Divriği bölgesinde ilk kez bu makalenin yazarları, Yılmaz ve diğ. (2002) ve Kuşcu ve diğ. (2002) tarafından başlatılmış olup, yapılan haritalama, alterasyon zonlarının tespiti ve cevherleşme ile olan ilişkisi ortaya konmuştur. Bu yapılan çalışmalarda elde edilen ön bulgular, Divriği bölgesinde zaten bilinmekte olan manyetit cevherleşmesinin sodik-kalsik alterasyon zonu içinde özellikle onları üzerleyen veya silen, yer yer damarlar halinde kesen filogopitli ve K-feldispatik zonlar içinde geliştiğini göstermektedir. A-kafa cevherleşmesinde esas cevher manyetit olmasına rağmen, zonlanmanın sığ kesimlerinde veya rekristalize kireçtaşı olan dokanaklarına doğru manyetitlerin yer yer aktinolit ve kalsit tarafında ornatıldığı ve kalsitler içinde piritlerin yaygın olarak bulunduğu gözlenmiştir (Yılmaz ve diğ., 2002). B-Kafa olarak bilinen hematiük breş zonları içinde hem barit hem de ikincil karbonat bulunur. Breşik zonların sığ kesimlerinde hidrolik-serizitik alterasyonlarla belirginleşen ve manyetitlerin martitleştiği ve yaygın silisleşme ile birlikte hem markazit, pirit hem de kalkopirit,

SİVAS-DİVRİĞİ BÖLGESİ SKARN TİPİ DEMİR OKSİT YATAKLARINA YENİ BİR BAKIŞ

kalkozin türü cevherleşmelerin gözleendiği kesimler oldukça çarpıcıdır. Breşik zonlar, özellikle tüm Divriği ve Sivas bölgesinde hakim faylanma yönü olan yaklaşık D-B ve KD-GB yönlü ana fay zonlarına paralel veya onlarla ilişkili yüksek açılı küçük ölçekli normal faylar boyunca gelişmiştir. Tüm hematit zonlarının geliştiği alanlar manyetik anomalilerin de gözleendiği lokasyonlar olup, potansiyel Cu ve Au cevherleşmeleri için yüksek manyetik anomali gösteren kesimlerin gravite metoduyla taranmaları gerektiği vurgulanmaktadır (Kuşçu ve diğ., 2002). Özellikle Ernest Henry ve Candelaria gibi yataklar bu yöntemle bulunmuştur. B-Kafa yatağı (Divriği) Fe-oksit-Cu-Au potansiyelinin en yüksek olduğu kesim olarak değerlendirilmektedir. Ancak Cu ve olası Au potansiyelinin yüksek olması beklenen B kafa cevherleşmelerinde hematit dışındaki malzeme saçınımlı kalkopirit, pirit, malahit gibi sulfid cevherleşmeleri, silisleşmiş ve karbonatlaşmış zonlar, serizitik kay açlar gang olarak değerlendirilip açık işletme sırasında örtü olarak kaldırılmış ve pasa olarak B-kafanın doğusuna dökülmüştür. Dolayısıyla, Cu ve Au gibi cevherleşmelere yankayaçlık eden kayaçların büyük bir çoğunluğu bugün paşalardadır. Ünlü (2002, sözlü görüşme) Divhan Demir İşletmeleri A.Ş.'nin atık havuzlarında 0.3 ppm altın tespit edildiğini belirtmektedir. Dolayısıyla, Divriği bölgesinde de altının varlığı konusu daha da dikkat çekici noktalara ulaşmaktadır. Pliyo-Kuvaterner zamanında etkili olan neotektonik dönemde A-B kafa yataklarının ve yan kayaçların in şiddetli erozyonal faaliyetlerle aşınmış olması (Öztürk ve Öztunah, 1993), A-kafadan derlenen iri 30-40 cm boyutlu manyetit çakıllarının C-plaseri (Şekil 1) içine taşınmasını sağladığı gibi Cu ve Au potansiyeli olan karbonatlaşmış ve silisleşmiş zonların da çakıl olarak C-plaseri içine taşınmalarına neden olmuş olabilir. Bu nedenle C-plaseri içinde de Cu-Au potansiyelinin araştırılması gereklidir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt Dairesi projelerinden "Orta Anadolu Demir ve Polimetale Aramaları Projesi" kapsamında sonuçlandırılmış bir çalışmadır. Yazarlar, bu çalışmanın yürütülmesinde her türlü maddi desteği sağlayan Maden Tetkik ve

Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt Dairesi'ne ve Sivas Bölge Müdürlüğü'ne sonsuz teşekkürlerini sunar.

EXTENDED SUMMARY

Fe-oxide-Cu-Au (IOCG) systems (Olympic Dam type) are characterized by large masses of Ti-poor Fe-oxide (commonly $>10^8$ tonnes magnetite or hematite) with lesser amounts of phosphates (apatite, REE phosphates), Cu-Fe sulfides, and sporadic Au, U, Ag, and Co minerals. Proximal and deeper mineralization consists of early magnetite \pm apatite rocks commonly with abundant sodic (albite \pm scapolite + hornblende) wall-rock alteration. Superimposed or distal mineralization consists of hematite \pm Cu-Fe sulfides \pm REE minerals with hydrolytic \pm potassic alteration. Sodic alteration is a typical alteration found in all; it is typically voluminous.

The discovery of the giant Olympic Dam ore deposit in 1975, and subsequent realization of its importance, attracted keen interests from the world's exploration industry, and have become a prime exploration target in the past decade. In the early years however, there was a little information of what the deposit is represented. At that stage Olympic Dam was believed to represent a unique deposit, an example of a new style of mineralization not previously recognized. Consequently, it initiated a rush to find similar deposits. It was not until 1983 when the underground test openings were developed into the ore body that it was a Fe-oxide rich "hydrothermal breccia complex". It was accepted as a part of a class of deposits that included many ore bodies that were already known. They were recognized as a new type ore deposits as iron-oxide-copper-gold (IOCG) deposits with the publication of formation on the Olympic Dam deposits after 1983 (Roberts and Hudson, 1983; Reeve et al., 1990), and with the publication of a number of excellent published synthesis of related ore types. The synthesis underlined in particular the importance of similarities of the geochemistry and setting of the Olympic Dam deposits with "barren" iron oxide deposits in US, and in Kiruna district. The realization culminated in the seminal paper of Hitzman et al. (1992) that distilled this understanding in public domain.

Although, there are many iron-oxide deposits (magnetite+hematite), particularly in Central Anatolia, the examples of the IOCG deposit types have not been recognized in Turkey. It was not until the period between 1999-2001 when authors of this paper, (official consultants in targeting new areas for iron mineralizations for General Directorate of mineral Exploration and Mineralization (MTA in Turkish)) noticed that the some of the iron oxide deposits in Central Anatolia (Turkey) show characteristics similar to IOCG systems in terms of style of alteration, alteration zoning and space-time relationships between alteration and mineralization. The present state of knowledge regarding the IOCG deposits in Turkey is related only to recent study of Kuşçu et al. (2002) and Yılmaz et al. (2002). The authors of this paper initiated the studies in recognition of Fe-oxide-Cu-Au deposit type in Turkey. This study shows that A-B-kafa mineralizations at Divriği (Sivas) occur in metasomatic plutonic rocks that were experienced an extensive and pervasive alkaline metasomatism. Divriği (Sivas) A-B kafa mineralizations show stratigraphical and tectonical relationships to Murmano pluton, Akdağ limestones and serpentized ultramafic rocks in Güneş ophiolite. The plutonic rocks are regarded as late orogenic A-type and H-type granitoids ranging in composition from diorite to granodiorite to syenite. They were formed as a result of mixing of mantle-derived mafic magma, and a crustal felsic magma (Boztuğ, 1998). The investigations in Divriği region show that A-B kafa mineralizations are not only magnesian skarns but also show geological features similar to well-known Olympic Dam type deposits which are known as Fe-oxide-Cu deposits.

The magmatic-hydrothermal system that controls the mineralizations is related to emplacement, crystallization and cooling of the Late Cretaceous Murmano pluton. The plutonic rocks have been experienced a pervasive alkaline metasomatism resulting in scapolitization followed by a potassic alteration resulting in secondary K-feldspar formation. The magnetite mineralization is hosted by these metasomatic rocks, and by rocks that could be regarded as endoskarns. The exoskarns are not observed or are not of importance and limited to a few veinlets within the serpentized ultramafic rocks. Therefore, the alteration products and style of mineralization suggest that the deposits long known as

pyrometasomatic, fels, calc-skarn and skarn might be of Fe-oxide-Cu-Au type. The A-kafa mineralizations occur as massive magnetite mineralizations hosted by a K-feldspar and phlogopite-rich zone superimposing scapolite-garnet zone. B-kafa mineralizations consist of magnetized magnetite, limonitization, silicification, and sulfide mineralizations, and are regarded as late-stage alteration products. These are observed in a structurally controlled and funnel shaped settings that might be regarded as breccia pipes or diatremes. The granitoids close to brecciated zone is characterized by extensive sericitization. Colloform barite formations develop particularly along contacts between brecciated limestone and sericitized rocks. The studies by Kuşçu et al. (2002) and Yılmaz et al. (2002), and this study shows that the Fe-oxide mineralizations at Divriği (Sivas) district, are controlled by NE-SW trending small-scale faults oblique to NW-SE trending regional-scaled faults.

For many years, these deposits have been mined mainly for iron, and the late alteration products which are mainly pyrite, chalcopyrite, chalcocite, marcasite forming in a sericitized, silicified and carbonatized rock sequences were all discarded as gangue in the dump and tailing site. Although in the recent years, sporadic exploration studies have been conducted for gold by MTA, since no detailed mapping and sampling was applied, no good results were obtained. However, the structurally controlled late alteration/supergene zones formed mainly along the ENE-WSW to E-W direction are rich in copper. The mineralization occur as disseminations, veins and supergene enrichment zones in a brecciated, silicified, carbonatized rocks. The drill assay results show that copper grade reaches up to 2% in these zones. The districts that contain these deposits have copper and gold potential, and could be the prime target for gold and copper mineralizations. For example, there is a newly discovered gold mineralization in Kangal-Çetinkaya area (Sivas). The gold occurs as visible grains ranging from 2 to 6 mm in size. The most diagnostic point in this mineralization is that the veins are conformable to the sulfide-bearing breccia zones in Divriği area, suggesting that these are southern continuum of the mineralization in Divriği (Sivas).

SIVAS-DİVRİĞİ BÖLGESİ SKARN TİPİ DEMİR OKSİT YATAKLARINA YENİ BİR BAKIŞ

Although, the examples to the similar deposit types have not been recognized yet in Turkey, pervasive alkaline metasomatism and relationships between mineralizing events and alkaline metasomatism, the oxide and sulfide mineralogy, morphology and distribution of the iron oxide deposits in and around the Divriği (Sivas) suggest that it shows characteristics similar to Fe-oxide-Cu-Au deposits. Therefore, they could be re-defined as Fe-oxide-Cu-Au type mineralizations on the basis of alteration pattern and mineralization styles. It is also proposed that these deposits have gold and copper potential, and the exploration programs should be re-designed so as to investigate this potential.

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- Akıman, O., Erler, A., Göncüoğlu, M.C., Güleç, N., Geven, A., Türel, T.K., and Kadioğlu, Y.K., 1993. Geochemical characteristics of granitoids along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their tectonic implications. *Geological Journal.*, 28, 371-382.
- Aydın, N., Göncüoğlu, M.C. ve Erler, A. 1998. Latest Cretaceous magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex: Brief review of field, petrographic and geochemical features. *Turkish Journal of Earth Sciences* 7, 259-268,
- Barton, M. D., Marikos, M. A., and Johnson, D. A., 1993, A comparison of felsic and mafic Fe-P(-REE-Cu) deposits: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 25, no. 3, p. 5.
- Barton, M.D., and Johnson, D.A., 1996, An evaporitic-source model for igneous-related Fe-oxide(-REE-Cu-Au-U) mineralization: *Geology*, v. 24, p. 259-262.
- Barton, M.D., and Johnson, D.A., 2000. Alternative brine sources for Fe-oxide(-Cu-Au) systems: Implications for hydrothermal alteration and metals. T.M: Porter (eds), *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective* de vol. 1,43-60.
- Haynes, D., 2000. Iron-oxide-Cu-Au deposits: What, Where, When and Why. T.M: Porter (eds), *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective* de vol. 1. 9,26.
- Bottke, H., 1981, *Lagerstättenkunde des Eisens*. Verlag Glückauf GmbH, 202s., Essen.
- Boztuğ, D., 1998, Post-collisional Central Anatolian Alkaline Plutonism, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 145-165.
- Boztuğ, D., Çevikbaş, A., Demirkol, C, Tatar, S., Akyıldız, M., ve Otlı, N., 2002. Karamadazi plütununun (Yahyalı-Kayseri) mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 41-58.
- Gençalioğlu Kuşçu, G., Göncüoğlu, M.C, ve Kuşçu, İ., 2001. Post-Coilisional Magmatism on the Northern Margin of Taurides and its Geologic Implication: Geology and Petrology of the Yahyah-Karamadazi Granitoid, *Tr. J. of Earth Sci.*, 10, 103-120.
- Goad, R., E., Mumin, H.A., Duke, N.A., Neale, K.L., Mulligan, L.D., 2000. Geology of the Proterozoik iron-oxide-hosted NIC A cobalt-gold-bismuth and Sue-Dianne copper-silver deposits, Southern Great Bear Magmatic zone, Northwest Territories, Canada. T.M: Porter (eds), *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective* de vol. 1,249-267.
- Göncüoğlu, M.C. ve Türel, K. 1994. Alpine collisional-type granitoids from western Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *Journal of the Kocaeli University, Earth Sciences Section* 1, 39-46.

- Göncüoğlu, M.C., Erler, A., Toprak, G.M.V., Olgun, E., Yalınız, K., Kuşcu, İ., Koksak, S. & Dirik, K. 1993. Orta Anadolu Masifi'nin Orta Bölümü'nün Jeolojisi, Bölüm 3: Orta Kızılırmak Tersiyer Baseni'nin Jeolojik Evrimi, TPAO Rap. No. 3313, 104 p
- Göncüoğlu, M.C., Koksak, S., ve Floyd, P.A., 1997. Post-collisional A-type magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex: Petrology of the İdişdağı intrusive (Avanos, Turkey). Tr. J. of Earth Sciences, 6, 65-76.
- Hitzman, M. W., Oreskes, N., ve Einaudi, M. T., 1992, Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits: Precambrian Research, v. 58, p. 241-287.
- Hitzman, M.W., 2000. Iron-oxide-Cu-Au deposits: what, where, when and why. T.M: Porter (eds), Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective**de* vol. 1, 9-25.
- Hopper, D., ve Correa, A., 2000. The panulcillo and Terresa De Colmo "copper deposits: Two contrasting examples of Fe-oxide-Cu-Au mineralisation from the coastal Cordillera of Chile. T.M: Porter (eds), Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective'*de* vol. 1, 177-189.
- Işık, M.A., 2002. Divriği kontakt metazomatik demir cevherleşmelerindeki ilmenit-manyetit eksolusyon dokularının cevher oluşum koşullarının belirleme açısından önemleri. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özleri Kitapçığı, s, 124-125.
- İlbeyli, N. ve Pearce, J.A., 1997. Petrogenesis of the collision-related Anatolian Granitoids, Turkey. European Union of Geosciences (EUG) 9, Strasburg, s. 502.
- Klemm, D.D., 1960, Die Eisenerz vorkommen von Divrik (Anatolien), als Beispiel tektonisch angelegter pneumatolytisch-metasomatisher Lagerstätten bildung: N. Jahrbuch f. Mineralogie, Abh. 94 (Festband Ramdohr), s. 591-607, Stuttgart.
- Koşal, C., 1971, Divriği A-B-kafa demir yataklarının sondajlı aramalar jeolojik raporu. MTA rapor no. 4304, Ankara (Yayınlanmamış).
- Koşal, C., 1973, Divriği A-B-C kafa demir yataklarının jeolojisi ve oluşum üzerine çalışmalar. MTA dergisi, s. 81, 1-22.
- Kuşcu, İ., Demirela, G., ve Yılmaz, E., 2002. Sivas-Divriği Bölgesi Skarn Tipi Demir Oksit Yataklarına Fe-oksit-Cu-Au (Olympic Dam tipi) Perspektifinden Yeni Bir Bakış, 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özleri Kitapçığı, s. 171.
- Öztürk, H., ve Öztunalı, Ö., 1993. Divriği demir yatakları üzerine genç tektonizma etkileri ve sonuçları. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8, 97-106.
- Perring, C.S., Pollard, P.J., Blake, K.L., Dong, G., ve Nunn, A.J., 1999. Metallogeny of the Lightning Creek Cu-Au prospect. Mount Isa Inlier, Australia. CJ. Stanley, A.H. Rankin ve R.J., Bodnar (eds.) Mineral deposits: process to processing, vol. 1, Balkema, Rotterdam, 413-416.
- Petrascheck, W. ve Pohl, W., 1982, Lagerstättenlehre, B.8.V.H., 341s, Stuttgart.
- Pollard, P.J., Mark G., ve Mitchell, L.C., 1998. Geochemistry of post-1540 Ma granites in the Cloncurry district, northwest Queensland. Econ. Geol., 93, 1330-1344.
- Pollard, P.J., 2000. Evidence of a magmatic fluid and metal source for Fe-oxide-Cu-Au mineralization. T.M: Porter (eds), Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective'^ vol. 1.27-42.
- Pollard, P.J., 2001. Sodic(-calcic) alteration in Fe-oxide-Cu-Au districts: an origin via unmixing of magmatic H₂O-CO₂-

SİVAS-DİVRİĞİ BÖLGESİ SKARN TİPİ DEMİR OKSİT YATAKLARINA YENİ BİR BAKIŞ

- NaCl±CaCl₂-KCl fluids. Mineralium Deposita, 36,93-100.
- Reeve, J.S., Cross, K.C., Smith, R.N., Oreskes, N., 1990, Olympic Dam copper-uranium-gold-silver deposit, Hughes F.E. (eds.) Geology of the mineral Deposits of Australian and Papua New Guinea: Monograph Series-Australian Institute of Mining and Metallurgy *Wde.*, 2, 1009-1035.
- Reynolds, L., 2000. Geology of the Olympic Dam Cu-U-Au-Ag-REE deposit. T.M: Porter (eds), Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective'de vol. 1,93-1.04.
- Roberts, D.E., ve Hudson, G.R.T., 1983. The Olympic Dam copper-uranium-gold deposit, Roxby Downs, South Australia: Econ. Geol. 78, 799-822.
- Ünlü, T., 1983, Sivas, Divriği-Akdağ; Gürün-Otüküise; Erzincan, Kemaliye, Bizmişen-Çaltı, Kümelere ve Adıyaman, Çelikhan-Bulam demir yatakları hakkında görüşler MTA Maden Etüd Dairesi, kap. No. 1901, Ankara (Yayınlanmamış).
- Ünlü, T., ve Stendall, H., 1986, Divriği bölgesi demir yataklarının element korelasyonu ve jeokimyası: Orta Anadolu, Türkiye, Jeol. Müh., 28, 127-140.
- Ünlü, T., ve Stendall, H., 1989, Divriği bölgesi demir cevheri yataklarının nadir toprak element (REE) jeokimyası; Orta Anadolu, Türkiye, Türkiye Jeoloji Bülteni, 432, 21-37.
- Yıldızeli, N., 1977, Divriği-Dumluca Sondajlı Etüd Raporu, MTA rapor no. 5986, Ankara (Yayınlanmamış).
- Yıldızeli, N., 1998, Divriği (GD Sivas) yöresinde ofiyolit-granitoid ilişkisiyle gelişen fels tipi demir yatakları. Ofiyolit-Granitoid İlişkisiyle Gelişen Demir Yatakları Semp. Bildiriler Kitabı, 130-138s., Sivas.
- Yilmazer, E., Kuşçu, L., ve Demirela, G., 2002. Divriği A-B Kafa Cevherleşmeleri: Alterasyon zonlanması ve zonlanma süreçleri. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özleri Kitapçığı, s.320.
- Makale Geliş Tarihi : 10 Mayıs 2002
Kabul Tarihi : 31 Temmuz 2002
- Received : May 10,2002
Accepted : July 31, 2002

