



Simav grabeninin metalojenisi (tç-Batı Anadolu, Türkiye) *Metallogeny of the Simav Grab en (Inner-Western Anatolia, Turkey)*

Vedat OYGÜR MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara 06520

Ayhan ERLER Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara 06531

Öz

Simav Grabeni boyunca görülen çok sayıdaki cevherleşme, Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişiminde hüküm sürmüş olan iki ana tektono-magmatik dönemle ilgili olarak oluşmuştur. Paleo-tektonik dönemde egemen olan sıkışma rejiminin etkisiyle BKB-DGD uzanımlı sağ yanallı Simav Fayı oluşmuştur. Yörede görülen damar tipi mezotermal Pb-Zn-Cu cevherleşmeleri, bu dönemde, olasılıkla plütonların mafik daykalarıyla ilişkili olarak Simav Fayına yarı paralel kırıklar içerisine yerleşmiştir. Pliyosen başlarında sıkışmalı tektonik rejimin genişlemeli rejime dönmesiyle bölgede Neo-tektonik dönem başlamıştır. K-G yönlü genişlemenin etkisiyle Simav Fayının yatay bileşeni etkinleşerek Simav Grabeni oluşmuştur. Graben gelişiminin daha sonraki evrelerinde, K-G yönlü transfer fayları ana graben fayını kesmiştir. Graben boyunca görülen çok sayıdaki epitermal cevherleşme, bu transfer fayları üzerinde oluşmuştur. K-G gidişli faylar, daha önce oluşmuş baz metal damarları üzerine binen epitermal cevherleşmeler için de depolanma yerleri olmuştur. Graben boyunca görülen, Ilıcalar'daki (Gediz) güncel sinter çökeli ve Simav çevresindeki sıcak su çıkışları bu epitermal etkinliğin günümüzdeki eşdeğeri. Epitermal cevherleşmeler, granitoidlerin son evresindeki porfiri daykalarıyla ilişkili olabilir.

Anahtar Sözcükler: Batı Anadolu, Epitermal, Metalojeni, Mezotermal, Porfiri, Simav Grabeni,

Abstract

Several mineralizations occurring along the Simav Graben were formed in associations with two principal tectono-magmatic periods dominated in the geotectonical development of the Western Anatolia. The dextral strike-slip Simav Fault trending WNW-ESE was formed by the compressive tectonic regime prevailed in the paleo-tectonic period. Vein-type Pb-Zn-Cu mineralizations which are observed in the region were deposited within the fractures sub-parallel to the Simav Fault, possibly associated with mafic dykes of the plutons in this period. The neo-tectonic period started in the region as the compressive tectonic regime changed to extensional regime in the very beginning of Pliocene. Simav Graben was formed due to the activation of the lateral component of the Simav Fault by N-S extension. Transfer faults trending N-S cut the main graben fault during the later stages of the graben development. Epithermal mineralizations occurred along the graben were formed along such transfer faults. N-S trending faults in the region also form deposition sites for the epithermal mineralizations overprinting the base-metal veins formed previously. The present-day sinter precipitation at Ilıcalar (Gediz) and hot-springs in the vicinity of Simav along the graben are the recent equivalents of this epithermal activity. The epithermal mineralizations are associated with the porphyry dykes in the late stage of the granitoids.

Key Words; Western Anatolia, Epithermal, Metallogeny, Mesothermal, Porphyry, Simav Graben

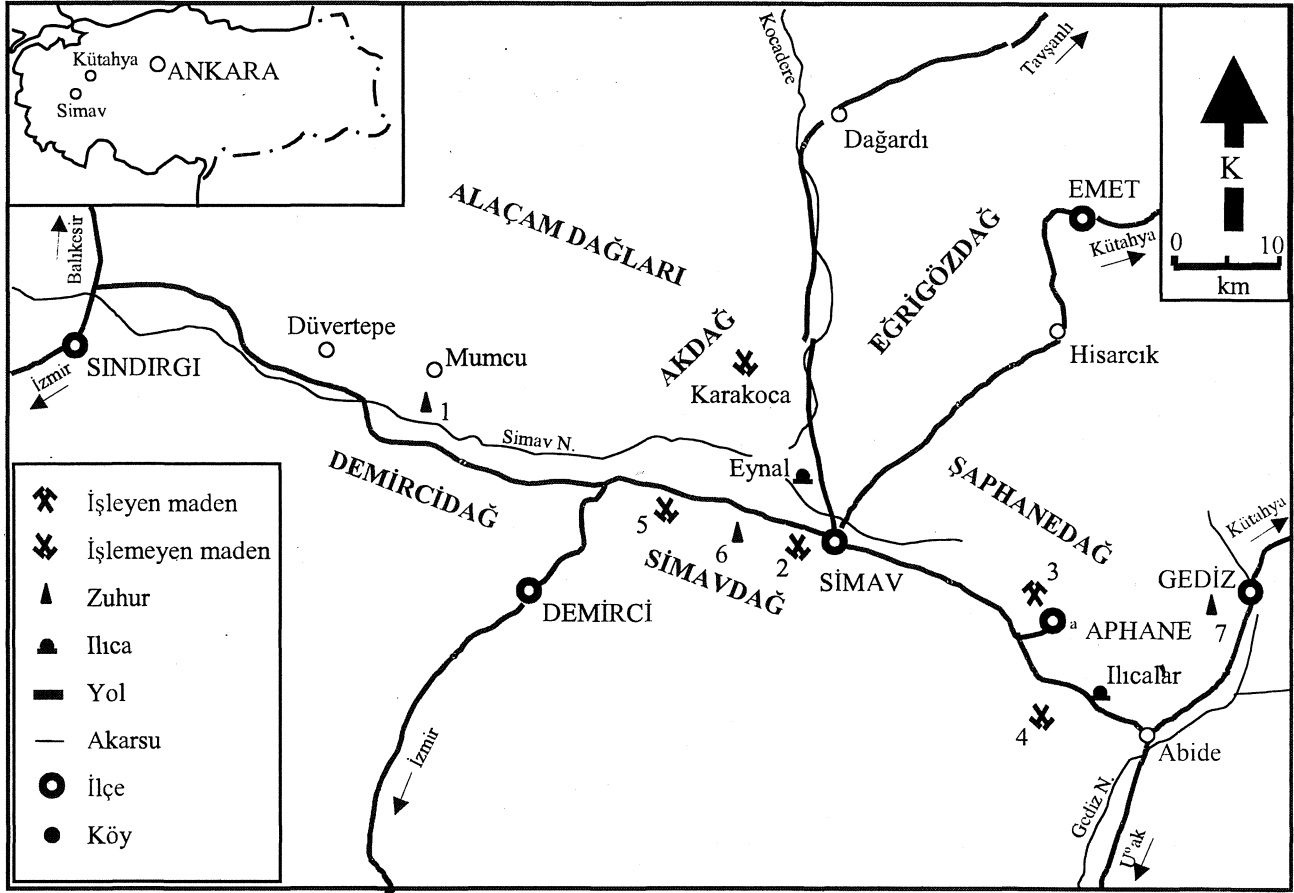
GİRİŞ

Çalışma sahası, Batı Anadolu'nun iç kesimlerinde, Balıkesir ili Sındırgı ilçesi Mumcu köyü ile Kütahya ili Gediz ilçesi Abide köyü arasında Simav Grabeni boyunca yer alır (Şekil 1). Simav Grabeni, yaklaşık 150 km uzunluğunda ve BKB-DGD yönünde uzanan bir çöküntü ovalıdır. Grabeni, güneyden Simavdağ, kuzeyden ise Akdağ sınırlanır.

Simav bölgesi jeolojisinin çeşitli yönleri, çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Simav Grabeni'nin jeolojisi üzerine ilk çalışma Zeschke (1954) tarafından yapılmış ve onu Holzer (1954) izlemiştir. Dora (1969) Akdağ granit topluluğunu, Öztunalı (1973) Eğrigöz granit topluluğunun petrolojisi ve jeokronolojisini, Uz (1973, 1985) ise Akdağ Masifi'ni oluşturan metamorfik ve gra-

nitik kayaların petrojenezini ve kökenini araştırmıştır. Akdeniz ve Konak (1979 a,b) Simav çevresindeki metamorfik kayaları, Gün ve diğerleri (1979) Simav Grabeni doğusundaki Neojen havzalarını ve Konak (1982) grabenin güney bloğundaki metamorfiklerin evrimini incelemiştir. Ercan ve diğerleri (1982), Simav bölgesindeki Senozoyik yaşlı volkanik kayaların kimyasal bileşimini ve kökenini araştırmıştır.

Gawlik (1960), Gümüş (1964), Dora (1965) ve Erler (1979) Simav Grabeni kuzey bloğunda yer alan Karakoca kurşun-çinko yatağını incelemiştir. Beer (1964) ve Ergün (1965), Şaphane alunit yatağının etüdünü yapmışlardır. Köksoy ve İleri (1979), grabenin doğu ucundaki Gediz Ilıcaları ile antıman yatakları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Taşkın (1978), Ahmetli köyü yakınındaki ve graben fayı üzerindeki antıman zuhu-



Şekil 1. Çalışma sahası yer buldu haritası. Epitermal cevherleşmeler: 1-Mumcu, 2- Değirmenciler, 3-Şaphane, 4-Körkuyu; Mezotermal cevherleşmeler: 5-İnkaya, 6-Arpaçukuru, 7-Pınarbaşı.

Figure 1. Location map of the studied area. Epithermal mineralizations: 1-Mumcu, 2-Değirmenciler, 3-Şaphane, 4-Körkuyu; Mesothermal mineralizations: 5-İnkaya, 6-Arpaçukuru, 7-Pınarbaşı.

runu incelemiştir. Eynal ılıcalarını inceleyen Yücel ve diğerleri (1983), jeotermal etkinliğin, graben tektoniği ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Şener ve Gevrek (1986), jeotermal etkinlik sonucu bölgede oluşan hidrotermal alterasyon zonları üzerinde çalışmıştır. Elmacı ve Sevil (1988), Mumcu köyündeki kaolinit yatağını incelemiştir. Larson ve Erler (1992, 1993), Batı Anadolu'daki antimon-civa cevherleşmeleri ve altın potansiyeli bağlamında Gediz ılıcalarını araştırmıştır.

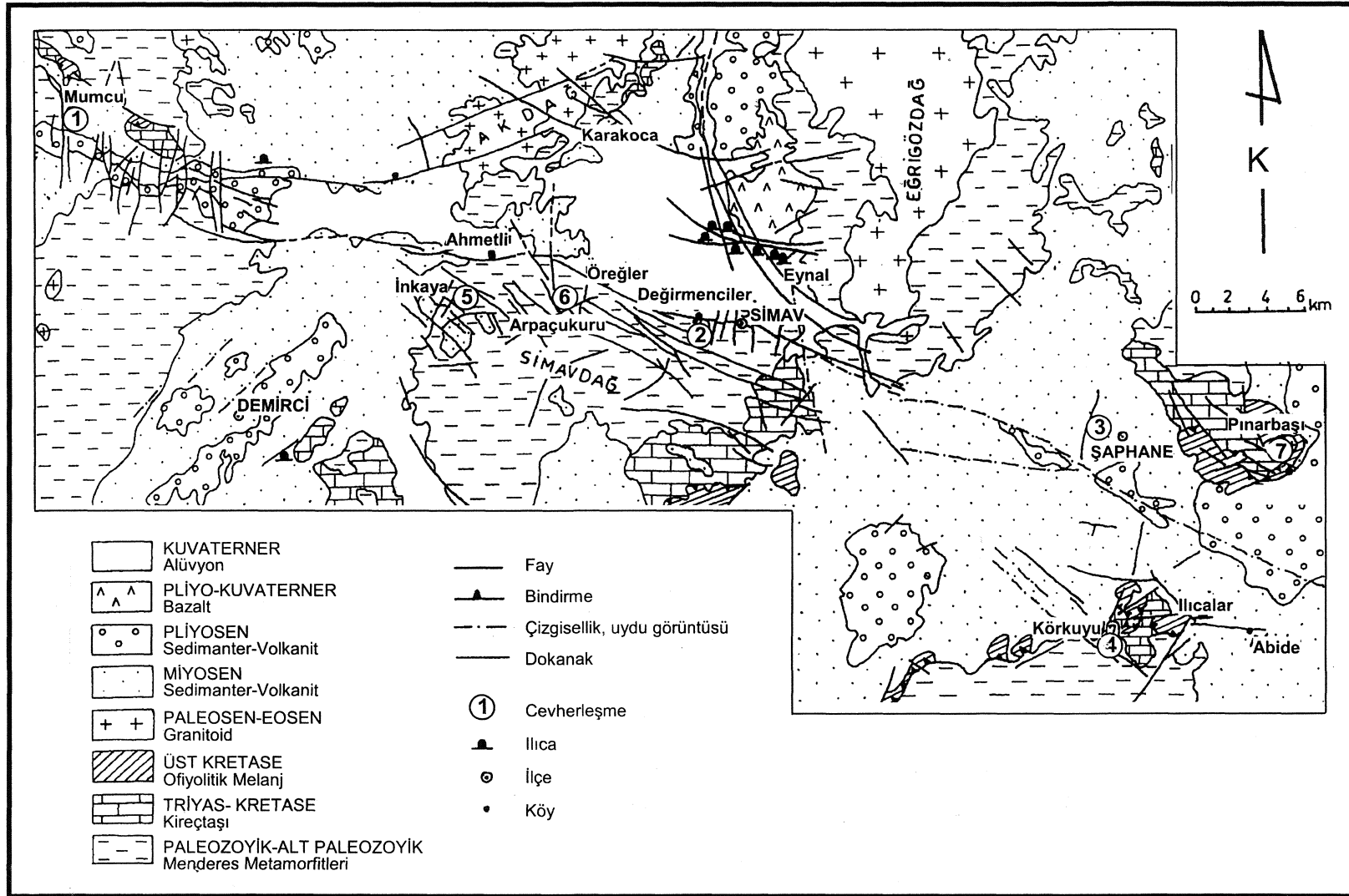
Bu çalışmanın amacı, Simav Grabeni boyunca cevherleşmelerin yerleşmesi, tektonik ve magmatizma arasındaki ilişkilerden oluşan metalojenik özellikleri incelemektir. Bu çalışma sırasında, Akdeniz ve Konak (1979b) ile Gün ve diğerleri (1979) tarafından yapılmış jeoloji haritaları esas alınmıştır. Bu haritalar, cevherleşme yörelerinde yeniden gözden geçirilmiştir. Mineralojik ve kimyasal analizler MTA laboratuvarlarında yapılmıştır. Bölgesel denetirnelemleri kolaylaştırmak bakımından, bu çalışmada Akdeniz ve Konak'ın (1979b) adlanması kullanılmıştır.

JEOLJİK KONUM

Simav Grabeni, çalışma sahasını belirgin litolojilerin görüldüğü iki parçaya ayırır (Şekil 2). Güney blokta, metamorfik kayalar egemendir. Kuzey bloğun doğu kesiminde metamorfik ve plütonik kayalar yüzeylerken, batı bölümünde volkanitler ve metamorfikler görülür.

Menderes Masifi Metamorfikleri

Menderes Masifi'nde gözlenen metamorfiklere ait kayalar, çalışma sahasındaki kaya birimlerinin tabanını oluşturur (Akdeniz ve Konak, 1979a; Konak, 1982). Tabandan tavana doğru gnayslar ve şistlerden ibarettir. Gnayslar, migmatitler ve biyotitli gnayslardan oluşur. Formasyonun üst seviyelerinde, bantlı bir görünüm sunan mermer mercekleri yüzeyler. Arazi verilerine göre, bu birimlerin yaşı Paleozoyik öncesi olarak kabul edilmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979b).



Şekil 2. Çalışma sahası jeoloji haritası. Oygür'den (1997a) sadeleştirilmiştir. Epitermal cevherleşmeler: 1-Mumcu Au-Hg, 2- Değirmenciler Sb, 3-Şaphane Alunit, 4-Körkuyu Sb-Hg; Mezotermal cevherleşmeler: 5-İnkaya Cu-Pb-Zn, 6-Arpaçukuru Pirit, 7-Pınarbaşı Cu-Mo.

Figure 2. Geological map of the studied area. Simplified from Oygür (1997a). Epithermal mineralizations: 1-Mumcu Au-Hg, 2-Değirmenciler Sb, 3-Şaphane Alunite, 4-Körkuyu Sb-Hg; Mesothermal mineralizations: 5-İnkaya Cu-Pb-Zn, 6-Arpaçukuru Pyrite, 7-Pınarbaşı Cu-Mo.

Gnaysların üzerinde yer alan şistler, yeşil şist fasiyesinde metamorfizm a geçirmiş kayaç birimlerinden ibarettir. Akkök (1983) şistlerin gnaysları tektonik olarak örtüğünü ileri sürdüğü halde, Akdeniz ve Konak (1979a) ve Şengör ve diğerleri (1984) şistlerin gnaysları uyumsuz olarak örtüğünü ileri sürmüşlerdir. Konak'a (1996) göre, şistler, gnayslar üzerine bindirmiş bir napı temsil ederler.

Şistler, aşağıdan yukarı doğru, orta kesimlerinde metamafik-metaultramafik seviyeler bulunan kuvars-muskovit şistler, bantlı bir yapı arz eden albit, klorit, muskovit ve serizit şistler, ve bunlarla hem yanal hem de düşey geçişli mermerler ile temsil edilir. Bu metamorfik birimler Triyas yaşlı kırıntılılar tarafından örtüldüğünden, şistlerin yaşı Paleozoyik olarak kabul edilmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979b).

Budağan Kireçtaşı

Bol ve iyi yuvarlanmış kuvars çakılları içeren bir konglomera seviyesiyle başlayan birim, metamorfite uyumsuz olarak örter. Akdeniz ve Konak (1979b) ve Konak (1982), fosil içeriğine göre birime Resiyen-Moriyen ile Senomaniyen yaş aralığını verirler. Bununla birlikte, Kaya'ya (1972) göre, birimin yaşı Maastrichtiyendir.

Dağardı Melanjı

Birim, çamurtaşı, radyolarit, kireçtaşı, tüfit ve peridotit kütlelerinin düzensiz karışımından ibarettir. Kendisinden yaşlı tüm birimleri tektonik olarak örter ve Budağan kireçtaşı dilimleri tektonik olarak melanjın içine yerleşmiştir (Konak, 1982). Dağardı Melanjı, Düvertepe ve Akhisar ilçesi Başlanmış köyü yakınlarında Eosen yaşlı çökeller tarafından uyumsuzlukla örtülür (Akdeniz, 1980). Bu verilere göre, Dağardı Melanjının yerleşim yaşı Üst Kretase ile Eosen arasında olmalıdır.

Simav Granitoidleri

Simav yöresinde, önceki çalışmalar sırasında ayrıntılı olarak incelenmiş olan (Bürküt, 1966; Dora, 1969; Öztunah, 1973; Uz, 1973; Ataman ve Bingöl, 1978; Bingöl ve diğ., 1982) Eğrigöz ve Akdağ plütonları metamorfite belirgin olarak etkilemişler ve dokanalarında, kısmen skarn zonları oluşmuştur. Graben boyunca yer alan Öreğler, Gediz Ilıcaları ve Pınarbaşı plütonitleri ilk kez Oygür (1997a) tarafından haritalanmış ve etüt edilmiştir.

Simav granitoidleri, granodiyorit ve monzogranitten oluşan kalk-alkalin ve kuvars monzodiyorit ve kuvars diyoritten oluşan alkalin bileşimli iki plüton dizisi halinde bütün petrojenetik ayırtlama diyagramlarında birbirlerinden tümüyle farklı davranış biçimleri gösterirler

(Oygür, 1997a). Mineralojik verilere göre kabuk ve manto kaynaklarının karşılıklı etkileşimini temsil eden kalk-alkalin bileşimli çarpışma sonrası Eğrigöz, Akdağ, Öreğler ve Pınarbaşı plütonları, kendilerini etkilemiş herhangi bir deformasyon fazı tesbit edilemediğinden ana deformasyon fazlarından sonra sokulmuştur. Öte yandan, Karakoca, Ilıcalar ve Pınarbaşı mafik daykları alkalin bileşimlidir. Bu alkalin granitoidlerin % 0.15-0.20 arasındaki flüor içerikleri (Oygür, 1997a), granitlerin 700 ppm olan ortalama bileşimlerinden (Fleischer, 1969) iki kat fazladır ve Doğu Afrika rift zonundaki porfirlerle (% 0.15-0.18 F; Gerasimovsky ve Savinova, 1969) benzer değerlere sahiptir.

Akdeniz ve Konak (1979b), Simav granitoidlerinin. Alaçam Dağlarında, Mesozoyik yaşlı Budağan kireçtaşlarına ve Dağardı melanjına sokulum yaptıklarını ve Alt Miyosen yaşlı sedimanter kayaçlar tarafından örtüldüklerini belirtmişlerdir. Arazi verileri dikkate alındığında, kalk-alkalin granitoidlerin yerleşme yaşı muhtemelen Paleosen-Miyosen olmalıdır. Bununla birlikte, alkalin bileşimli mafik dayklar daha gençtir ve olasılıkla, Simav Grabeni'nin gelişimi sırasında yerleşmişlerdir (Oygür, 1997a).

Miyosen Yaşlı Sedimanter ve Volkanik Kayaçlar

Granitoidleri uyumsuzlukla örten Miyosen yaşlı sedimanter birimler, hafifçe çimentolanmış konglomera, kumtaşı, marn, kiltası, killi kireçtaşı ve tüften ibarettir. Bu kayaçlar Orta (Gün ve diğ., 1979) ve Üst Miyosen (Akdeniz ve Konak, 1979b) yaşlıdır.

Civanadağ tüfleri ve Akdağ volkanitleri, bölgedeki Miyosen yaşlı volkanik birimleri oluşturur. Tüfler riyolitik, andezitik ve dasitik bileşimlidir ve üst seviyeleri aglomera özelliğindedir. Akdağ volkanitleri sub-alkalindir ve toleyitik serilere çok yakın bir kalk-alkalin gidişe sahiptir (Ercan ve diğ., 1982). Pliyosen çökelleriyle örtülmüş olan volkanitlerin Orta ile Üst Miyosen yaşlı oldukları kabul edilmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979b; Ercan ve diğ., 1982).

Pliyosen Yaşlı Sedimanter ve Volkanik Kayaçlar

Bu kayaçlar, Alt Pliyosen yaşlı (Akdeniz ve Konak, 1979b) marn, Orta-Üst Pliyosen yaşlı (Akdeniz ve Konak, 1979b) kumlu ve killi gölsel kireçtaşları, Üst Pliyosen yaşlı (Ercan ve diğ., 1978) Payamtepe bazaltları ile bu birimleri uyumsuzlukla örten Pliyo-Kuvaterner yaşlı (Gün ve diğ., 1979) pekişmemiş kaba kırıntılılardan ibarettir. Payamtepe volkanitleri, şoşonitik ve yüksek potasyumlu kalk-alkalin bileşimleriyle alkalin karakterlidir (Ercan ve diğ., 1982).

SİMAV GRABENİNİN METALOJENİSİ

Naşa Bazaltları

Birim, belirgin alkalın karakterli siyah ve amigdoloidal bazaltik lav akıntılarında oluşur. Manto kökenli olan bazaltlar, kabuk malzemesiyle karışmamış birincil alkalın magmayı temsil etmektedir (Ercan ve diğ., 1982; Savaşın ve Güleç, 1990). Zeschke (1954), Naşa Bazaltlarının, "Simav Grabeni'nin omuzunda" yüzelediğini belirtir. Ercan ve diğerleri (1982), K/Ar yaşı 1.1 m.y. olan Burgaz volkanitleriyle karşılaştırarak rift volkanizması ürünü olan bazaltlara Alt Kuvaterner yaşı verir.

SİMAV GRABENİ

Bölgenin en dikkati çeken tektonik özelliği Simav Fayı'dır. Simav nehri boyunca, batıda Sındırgı'dan doğuda Murat Dağı'na kadar uzanır. Simavdağ'ın dikkati çeken dikliğiyle güneyden sınırlanan çöküntü ovası, 1950'lerde kurutulmuş olan Simav Gölü ile işgal edilmiştir. Erer'e (1977) göre Simav Gölü, Kuvaterner başlangıcında meydana gelmiş bir çöküntüyle oluşmuştur. Simav Fayı tek bir kırık değil de, ana kırığa paralel bir çok basamak faydan ibarettir (Oygür, 1997a). Payamtepe volkanitleri ve Naşa bazaltlarına ait alkalın lav akıntıları, fay boyunca uzanırlar. Bütün bu verilere göre çalışma sahası, Zeschke'nin (1954) de belirttiği gibi graben yapısının tipik bir örneğidir.

Simav Grabeni boyunca yoğun jeotermal etkinlik gözlenir: Grabenin batı ucunda, Sındırgı yakınındaki Hisaralan kaplıcaları; Simav yakınında, çok sayıda Naşa, Ey nal ve Çitgöl kaplıcaları; grabenin doğu ucunda, Abide yakınında Gediz ılıcaları.

Konak (1982), Simav Fayı'nın kuzey bloğundaki metamorfik zonların güney bloğa nazaran doğuya doğru kaydığını göstermiştir. Şu halde, çökmenin riftleşmeyi başlatmasından önce sağ yanal atımlı bir doğrultu fay söz konusudur. Bu veriler, Şengör ve diğerleri (1984) tarafından belirtildiği gibi Geç Miyosen'e kadar Batı Anadolu'da hüküm sürmüş olan D-B sıkışma rejimiyle uyumludur. Daha sonraki bir dönemde tektonik rejimin K-G genişleme rejimine değişmesi, Simav Fayı yatay bileşenin baskın olmasına neden olmuştur. Simav Fayı'nın doğrultu atımındaki genişlemenin sonucu olarak Simav Grabeni oluşmuştur.

Zeschke (1954), Akdeniz ve Konak (1979b) ve Koçyiğit (1984). Simav Grabeni taban bloğundaki basamak fayları KD dalımlı çekim fayları olarak tanımlamışlardır. Halbuki Dew ey ve Şengör (1979), Simav Grabeni'ni sınırlayan fayların, derine doğru hızla düzleşen listrik faylar olduğuna dikkati çekmiştir.

Grabenin batı ucunda ve Simav yakınlarında ana faya dik, K-G gidişli faylar Simav Fayı'nı kesmektedir. Bu tür faylar, Gibbs (1984) tarafından "transfer fayları" olarak adlandırılmıştır. Bosworth'a (1985) göre bu

yapılar, mevcut zayıflık zonuna yerleşmiş riftleşmeyle eşzamanlı durumlardır. Batı Anadolu grabenlerindeki çapraz fayları inceleyen Şengör (1987), basit transfer fayları ile dönmüş ve dönmeli büyüme faylarını tanımlamıştır. Doğrultuları boyunca, ana graben fayını rota syonsuz bir atıma uğratan bu faylar, erken evredeki transfer faylarıdır ve fay sisteminin yeniden etkinleşmesi, graben boyunca doğuya doğru gelişmiş olmalıdır. Erer (1977) tarafından Kuvaterner başlarında oluşmuş K-G gidişli bir diğer graben olarak tanımlanan, Akdağ ve Eğrigöz arasındaki Kocadere vadisi de muhtemelen graben sisteminin evrimi içerisinde bir ara evreyi temsil etmektedir.

Simav Fayı'nın doğrultu atımı, Simav'ın batısında, Orta-Üst Miyosen yaşlı Kızılıbük Formasyonu'nda makaslama kırıklarına neden olduğundan sıkışma tektonik rejimi altındaki fayın, en azından. Geç Miyosen sırasında hâlâ etkin olduğu söylenebilir (Oygür, 1997a). Simav Fayı daha sonra, bölgede hüküm süren tektonik rejim değişikliğine bağlı olarak Simav Grabeni'ni oluşturmak üzere bir çekim fayına dönüşmüştür. Tektonik olayların kanıtı olarak jeomorfolojik özellikleri inceleyen Erol (1982), Geç Miyosen sırasında paleotektonik havzaların çöküntülere dönüştüğünü ve Miyosen sonundan itibaren grabenlerin oluşmaya başladığını belirtir. Erer (1977), Simav'ın doğusundaki Çataloluk deresinin oluşturduğu geniş alüvyal çökellerin Miyosen çökel bip imlerini ve Üst Pliyosen yaşlı erozyon düzlemini örtüğünü gözlemiştir.

SİMAV GRABENİ BOYUNCA CEVHELEŞMELER

Simav Grabeni boyunca, çok sayıda damar tipi baz metal yatakları ve masif pirit mercikleri, epitermal değerli metal, civa ve antimuan yatakları, porfiri tip Cu-Mo yatağı ve hidrotermal ornatım tipi kaolinit ve alunit yatakları mevcuttur (Oygür, 1997a). Burada, sadece. Simav Grabeni yakınında bulunan ve daha önce ayrıntılı olarak incelenmemiş cevherleşmeler ele alınacaktır.

Epitermal Cevherleşmeler

1- Mumcu Civa-Altın Cevherleşmesi

Mumcu'daki yüksek sülfidleşme tipi epitermal Hg-Au cevherleşmesi, şistler ile Civanadağ türlerinin dokanağında, Simav Graben fayını kat eden transfer faylarının oluşturduğu bir fay zonuna yerleşmiştir (Oygür, 1997b). Alunit, dikit, kaolinit, montmorillonit, kuvars, kristobalitten oluşan ileri arjilik alterasyon, boşluk dokuları, civalı opalit olarak izlenen silika sinter ve siyah silika hamurlu hidrotermal breşler, cevherleşmenin tipik bir epitermal sistemde oluştuğunu göstermektedir. Cevherleşme, metamorfikler içindeki bir opalit zonunda, arse-

nopirit, elektrik (?) ve seyrek altın taneciklerinin eşlik ettiği zinober ile temsil edilmektedir. Mumcu'nun kuze-yindeki Karacalar Pb-Zn-Cu-Ag-Au içeren hidro-termal kuvars damarının, önerilen sistemin derinlerdeki değerli metallerce zengin baz metal zonunu temsil ettiği düşünölmektedir. Gömülü bir porfiri stok tarafından dolaşıma sokulan asidik akışkanların (Henley, 1985) transfer fay-ları boyunca hareket etmeleri ve sığ kesimlerde, basıncın hidrostatik ile litostatik arasında olduğu bir yerde kayna-maları sonucunda bünyelerindeki metalik bileşenlerin depolanmasıyla (Reed ve Spycher, 1985) oluştuğu var sayılmaktadır. Mumcu'nun yaklaşık 5 km kuzeydoğu-sundaki Dereciköen porfiri graniti bu varsayımın bir kanıtı olarak değerlendirilebilir (Oygür, 1997b).

2- Değirmenciler Antimuan Cevherleşmesi

Cevherleşme, biyotitli gnayslar içerisindeki kireçtaşı mercer ve bantlarında ornatım ve açık boşluk dolgusu olarak yerleşmiş stibnitli kuvars damarlarından ibarettir (Oygür, 1997a). Cevherleşmenin yakınında, şiddetli bir biçimde silisleşmiş ve karbonatlaşmış muhtemel bir dasit porfir damarı bulunur. Kireçtaşları, cevherleşmenin yakınındaki fay zonlarında karbonatın silika tarafından ornatılın asıyla jasperoide dönüşmüşlerdir. Cevherleşmenin çevresinde montmorillonit, smektit, dikit, opal-CT, kuvars ve kristobalitten ibaret ortaç ile ileri arjilik alterasyonlar görülür. Damarlarda stibnitte birlikte pirit ve grafit, az miktarlarda galen, kalkopirit, molibdenit, bizmut, altın ve gümüş bulunur. Damarlardaki kuvars kristallerinde ölçülen sıvı kapanımlara göre 2000-3100 °C arasındaki homojenleşme sıcaklıkları bir epitermal sistemin derin kesimlerini işaret etmektedir. Hidrotermal çözeltilerin ısı ve hareket kaynağı olarak gömülü bir granitoid stoğu düşünölmektedir. Stibnitli kuvars damarının mineral içeriği dikkate alındığında, bu minerallerin bir kısmının mağmatik kökenli (Radtke ve diğ., 1980; Berger ve Bagby, 1991) olduğu ve bir kısmının da yan kayaların kimyasal yıkanmasıyla (liç) (Seedorff, 1991; Phillips ve Powell, 1993) kazanıldığı sonucuna varılır.

3- Şaphane Alünit Yatağı

Ornatım tipi Şaphane alünit yatağı, Civanadağ tüflerini kat eden K-G ve D-B gidişli iki ana fay setiyle ilişkilidir (Oygür, 1997a). Yaygın bir silisleşmenin ortasında, yüzeyden derine doğru, sırasıyla, silika-alünit-kaolinit, kaolinit ve alünit zonlarından oluşan mercer biçimli birzonlu alterasyon görülür. Bu yapının üzerinde bir boşluklu silika şapka bulunur. Alterasyonu kesen fay-lar boyunca izlenen limonit ve siyah silika hamurlu hidrotermal breş yer yer pirit ve kalkopirit içermektedir. Breşi kesen ince kuvars damarcıkları bir ağsal yapı oluşturur ve bazı çatlaklar kolloform dokuya sahip opal ile

dolmuştur. Bu kesimde, rutil ile birlikte manyetit olduğu düşünölen kriptomkristalin formlar görülür (Oygür, 1997a). Yatak, ısı kaynağı olarak görev yapmış bir intrü-zif stoğu çevreleyen hidrotermal zarfın tepesinde volka-nitlerin ornatımıyla oluşmuştur (Cunningham ve diğ., 1984). Sillitoe (1983) ile Sillitoe ve Bonham'ın (1984) işaret ettiği gibi, kalkopirit, rutil ve manyetit varlığı, mağmatik hidrotermal asit sülfat sistemlerinin altında yer alan derindeki porfiri Cu-Mo ortamının belirtisi ola-bilir.

4- Korkuyu Antimuan-Civa Cevherleşmesi

Devasa mermer blokları içeren ofiyolitik melanj, faylar boyunca karbonatlaşarak ve silisleşerek listvenit leri oluşturmuş, mermer de kısmen jasperoide dönüş-müştür (Oygür, 1997a). Hem Korkuyu listvenitlerinin, hem de Ilıcalar'daki hidrotermal breşin yüksek molibden içerikleri, listvenitlerin oluşumuna neden olan silika-karbonat alterasyonunun bir granitoid plütonuna bağlı hidrotermal akışkanların etkisiyle olduğunu düşündürür, Ilıcalar'daki kuvarsdiyorit porfir, bu gömülü stoğun yüzeyleşmiş kısmını temsil etmektedir. Listvenitlerde, dış kesimlerdeki serpantinlerden içeri doğru talk, karbonat ve silika zonlarından oluşan bir silika-karbonat altera-syonu görülür. Ankerit, siderit ve dolomitten meydana gelen karbonat zonunda, listvenitler için ayırtman bir mineral olan fuksit yaygındır. Cevherleşme, kuvars kristalleri döşenmiş boşluk yapıları, tarak ve bantlı dokulara sahip silika zonunda yerleşmiştir. Gerek bu yapılar, gerekse sahada yaygın olarak görülen opal oluşumları bir epitermal sistemin varlığını gösterir. Sherlock ve Logan (1995), benzer bir oluşumda epiter-mal faaliyetin, aynı tektonik kanalları kullanarak listven-itler üzerine bindiğini belirtir. Ilıcalar'daki hidrotermal breş, bölgede hüküm sürmüş olan bu epitermal sistemin paleo sinter çökellerini temsil etmektedir (Larson ve Erler, 1993).

Mezotermal Cevherleşmeler

5- İnkaya Bakır-Kurşun-Çinço Cevherleşmesi

Cevherleşme, Simav Metamorfitleleri'ne ait şistler içerisinde KB-GD gidişli dik bir fay üzerinde, galen, kalkopirit, sfalerit ve pirit içeren bir kuvars damarıdır. Cevherde gümüş içeriği de yüksektir. Yan kayalarda klorit, illit, smektit ve kaolinitten ibaret dar, fakat şid-detli bir alterasyon görülür. Cevherleşmenin yakınında yüzeyleyen mafik dayklar, jeokimyasal olarak, metalik bileşenler bakımından metamorfitlelerden daha zengindir (Oygür, 1997a). Bu nedenle, İnkaya cevherleşmesinin mafik volkanitleri veren mağmatizmayla ilişkili olduğu düşünölebilir. Baz metallerce zengin damarı oluşturan hidrotermal çözeltiler, mağmatik stoktan yükselmişler

SİMAV GRABENİNİN METALOJENİSİ

ve açık boşluk dolgusu biçiminde KB-GD gidişli fay boyunca yerleşmişlerdir. Graben oluşumunun nihai evresinde, K-G fayları boyunca yoğun silisleşme ve bresleşmeyle birlikte bir epitermal cevherleşme gelişmiştir. Buna bağlı olarak, mezotermal baz metal cevherleşmesinin üzerine karakteristik epitermal dokular binmiştir.

6- Arpaçukuru Pirit-Bakır Cevherleşmesi

Cevherleşme, gnayslar ve pirit saçınımlı bir porfiri dayk arasındaki dokanakta, K70B gidişli ve kuzeye doğru dalımlı bir fay zonu üzerindedir (Oygür, 1997a). Üzeri bir limonitik demir şapka ile örtülü olan cevherleşme, yaklaşık D-B gidişli bir masif pirit merceği biçimindedir. Bu mercek aşağıdan yukarı doğru, sırasıyla, arsenopiritli bir manyetit zonu, galen ve kalkopiritçe zengin zengin bir manyetit bandı, çatlakları manyetit, kalkopirit ve sfaleritle dolmuş iri taneli bir masif pirit zonu ve kalkopirit ve galenli ince barit damarcıkları tarafından kesilmiş bir manyetit zonundan oluşur. Bu mercek kesen K-G fayları üzerinde ametist, bantlı ve tarak dokularına sahip ve küçük boşlukları kuvars kristalleriyle döşenmiş epitermal kuvars damarları gelişmiştir. Cevherleşmenin zonlu yapısı ve sırtını yasladığı yerde yukarı doğru kıvrılması, cevherli çözeltilerin bir küçük çanak içerisine aktığını düşündürür. Craw ve McKeag'in (1995) ileri sürdüğü gibi, plüton dokanakları yakınında düşük açılı bir örtü görünümü bu tip cevherleşmeler oluşur. Jankovic (1986), porfiri bakır sistemlerinin üzerinde, arjilik alterasyon koşulları altında böyle masif pirit (sülfid) cevherleşmelerinin yerleştiğini belirtir.

7- Pınarbaşı Porfiri Bakır-Molibden Cevherleşmesi

Monzogranit ve kuvars monzodiyoritten meydana gelen, bir granitoid stok, granitik, granodiyoritik ve kuvars diyoritik porfirler tarafından sokuluma uğramıştır. Daha sonra, dasit porfir dayk klan hem granitoidi, hem de porfirleri kesmiştir ve son evrede, olivin-bazalt dayk klan bütün bu plütonik birliği kesmiştir. Granitoid ve porfirler kalk-alkalin bileşimli, buna karşılık mafik dayklar alkalin bileşimlidir (Oygür, 1997a). Bu iki dizi, bölgenin tektono-mağmatik gelişimiyle ilişkili belirgin mağmatik kaya topluluklarını temsil ederler. Kimyasal bileşimlerine göre, granitoidler ve porfirler sıkışma rejimi sırasında yerleşmiştir ve mafik dayklar ise genişleme rejimi sırasında rift mağmatizmasıyla ilişkilidir. Tüm plütonik stok, çevreden merkeze doğru propilitik (klorit-epidot-karbonat), arjilik (illit-smektit-kaolinit), fillik (kuvars-serizit-pirit-turmalin) ve potasik (ortoklas-biotit-rutil-apatit-manyetit) alterasyon zonlanmasına sahiptir (Şüyun ve diğ., 1998). Kayanın çatlakları kuvars ve

kalkopiritle dolmuştur ve kuvars damarcıklarının bir kısmı molibdenitçe zengindir. Potasik ve fillik alterasyon arasındaki yoğun ağsal yapının görüldüğü kesimde bir pirit zonu mevcuttur. Seçyeri mevkinde, ileri arjilik alterasyon içerisinde galen-sfalerit-kalkopirit damarcıkları içeren bir masif pirit merceği yüzeyler.

JEODİNAMİK EVRİM ÇERÇEVESİNDE BÖLGENİN METALOJENİSİ

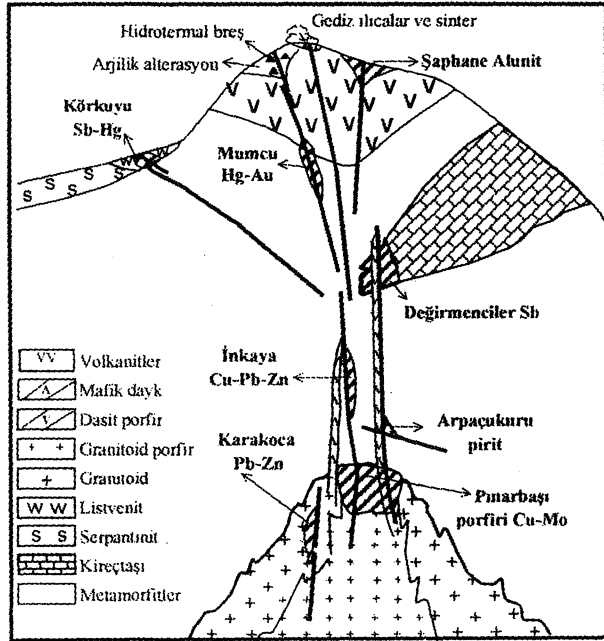
Batı Anadolu'nun jeodinamik evrimi sürecinde iki tektono-mağmatik dönem yaşanmıştır: Sıkışmalı bir tektonik rejimin egemen olduğu paleo-tektonik ve genişlemeli bir tektonik rejimin egemen olduğu neo-tektonik dönemler (Şengör ve diğ., 1984).

Pınarbaşı porfiri Cu-Mo cevherleşmesi, sıkışmalı tektonik rejim altında granitoid yerleşmesinin son evresindeki plütonun en üst seviyelerinde oluşmuştur. Kontak metamorfizm asinin olmaması, sokulum sırasında intrüziflerin nisbeten soğuk ve kuru olduklarını düşündürür. Porfiri dayk klan, Pınarbaşı-Seçyeri ve Arpaçukuru'nda plütonun yakınındaki baz metalli masif pirit merceklerinin oluşumuna neden olmuştur (Şekil 3). Sillitoe (1973) ve Jankovic (1986), bu tür cevherleşmelerin porfiri sistemin en üst seviyelerini temsil ettiklerini belirtmişlerdir.

Porfiri cevherleşmeleri üreten granitoid plütonu. Simav Grabeni boyunca oluşmuş cevherleşmeler için hidrotermal dolaşım hücrelerini harekete geçirmek üzere gerekli ısıyı sağlan motor olmuş olabilir. Çalışma sahasında fluorit cevherleşmesinin bulunmaması (Oygür, 1997a), Simav Grabeni'nde bulunan cevherleşmelerin, Förster'in (1987) belirttiği gibi, alkalin mağmatizmayla ilişkisi olmadığını gösterir.

Çalışma sahasındaki çeşitli kayaçların metalik element içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Burada dikkati çeken nokta, örneklerin her birinde çeşitli metalik elementlerin diğerlerinden daha yüksek oluşudur. Albit, klorit, muskovit ve serisit şistler ile kuvars-muskovit şistlerde, hatta beyaz gnaysda izlenen anomali düzeyindeki yüksek molibden değerleri Uzkut'un (1974) bu elementi sadece asidik mağmatik sokulumlara bağlamasıyla ters bir sonuçtur. Şu halde, granitoidden yükselen hidrotermal çözeltiler yolları üzerindeki bütün kaya birimlerini kimyasal yıkayarak her birinden değişik ve belki de aynı metalik elementleri bünyelerine kazanmışlardır. Spencer ve Welty (1986) ile Roddy ve diğerlerine (1988) göre, graben havzalarındaki önemli bir metal kaynağı, olasılıkla, ayırma fayı boyunca yükselen hidrotermal çözeltilerin meydana getirdiği bölgesel K-metasomatizması sırasında metallerin kimyasal yıkanıldığı ayırma fayı üzerinde yer alan üst levha kayalarındır.

Olasılıkla porfiri cevherleşmelerin ardından, İnkaya¹-



Şekil 3. Çalışmasahasındaki cevherleşmeleri temsil eden genetik model (ölçeksiz).

Figure 3. Genetic model representing the mineralizations in the studied area (not to scale).

da plütonun nisbeten uzağında ve Karakoca'da plütonun içerisinde, intrüzyonların mafik dayklarıyla kökensel ve mekansal olarak ilişkili damar tipi mezotermal Cu-Pb-Zn cevherleşmeleri oluşmuştur (Oygür ve Erler, 1999). BKB-DGD gidişli sağ yanal atımlı Simav Fayı ile çalışma sahasında temsil edilmektedir. Simav'ın kuzeyinde, Akdağ granitoid stoğundaki Karakoca Pb-Zn yatağı, Simav Fayı ile aynı doğrultudaki damarlardan ibarettir (Dora, 1969). Damarlarda, açık veya dolgulu boşlukların bulunmaması cevherleşmenin sıkışma rejim altında oluştuğunu gösterir. İnıkaya cevherleşmesi, Karakoca damarlarıyla aynı özellikleri taşımaktadır (Oygür, 1997a).

Şu halde, çalışma sahasındaki damar tipi baz metal cevherleşmeleri, sıkışma rejim sırasında Simav Fayı'na paralel KB-GD gidişli tansiyon kırıkları içerisinde depolanmışlardır. Bu damarlar, granitoid sokulumlarının geç dönem mafik dayklarıyla zaman ve mekanda yakından ilişkilidir. Simav'ın güneyinde, Civanadağ tüflerinde, Simav Fayı'na hemen hemen paralel giden bir KB-GD fayı boyunca yüzeyleyen nabit kükürt cevherleşmeleri (Gök ve Okut, 1977), Mitchell ve Garson (1976, Şekil 21) ile Vila ve Sillitoe'nun (1991, Şekil 11) belirttiği gibi, bir porfiri sistemle ilişkili olmalıdır.

Mumcu'daki, graben evriminin son dönemlerini temsil eden K-G gidişli transfer fayları boyunca izlenen epitermal Hg-Au cevherleşmesi, olasılıkla, bir gömülü porfiri sistemin en üst düzeylerini işaretlemektedir. Benzer bir biçimde, K-G fayları, İnıkaya ve Arpaçukuru'nda baz metal damarları üzerine binmiş epitermal cevherleşmeler için de depolanma yerleri oluşturmuştur. Tipik epitermal özellikler olan traverten, breşleşme, silisleşme, boşluk ile tarak, kolloform ve kabuklaşma dokuları her iki sahada da görülür. Karakoca'da, cevher içerisindeki düşük ısıli mineraller ve tarak dokulu ametist (Dora, 1965), epitermal dönemde cevherleşmenin geliştiğini düşündürür. Jankovic (1986), Akdeniz bölgesindeki Neojen yaşlı antımuhan cevherleşmelerinin, Neo-Tetis'in kapanma zonu boyunca yerleşmiş olan kalk-alkalin granitoidlerin subvolkanik koşullarıyla bağlantılı olduklarını ileri sürer. Buna göre, Değirmenciler antımuhan cevherleşmesi, Sillitoe ve Bonham'ın (1990) önerdiği biçimiyle, baz metaller ve değerli metaller içeren bir mağmatik-hidrotermal sistemin çevresinde yerleşmiş dış zonlardaki epitermal evrede oluşmuş ürünleri olmalıdır. Yine bu dönemde Körkuyu listvenitinde, ince kuvars kristalleriyle döşenmiş boşluklu, tarak ve kabuklaşma dokulu ve opal sıvımalı cıva ve antımuhan cevherleşmeleri gelişmiştir.

Bu dönemde depolanan epitermal cevherleşmelerden Mumcu ve Körkuyu, paleo yüzey yakınında bulunan

Çizelge 1. Çalışma sahasındaki kayaçların metalik element içerikleri (ppm olarak)
Table I. Metallic element contents of the formations in the studied area (in ppm)

Kaya Tipi	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Mo	Ag	W
Mafik dayk	135	35	85	100	100	-	-	-
Serpantinit	25	30	45	40	80	-	-	-
Albit, klorit, muskovit ve serisit şistler	55	20	70	5	14	12	-	-
Kuvars-muskovit şist	35	25	85	-	14	12	-	-
Metamafit	75	15	25	5	14	4	-	-
Beyaz gnays	33	5	30	5	16	8	-	-
Siyah gnays	35	35	100	-	36	-	-	-

SİMAV GRABENİNİN METALOJENİSİ

porfiri sistemin merkezden uzaktaki cevherleşmeleridir (Şekil 3). Metamorfitletler içerisindeki karbonat merceklerini kesen porfiri dayklar, Değirmenciler'de plütunun daha da uzağında ornatım tipi antimuan cevherleşmesini oluşturmuştur. Son olarak, Şaphane'deki ornatım tipi alunite cevherleşmesi, porfiri sistemin en üstteki seviyelerini temsil eden paleo yüzeyde meydana gelmiştir. Gediz Iııcalar'daki güncel sinterle temsil edilen bu epitermal sistem, Simav Grabeni boyunca çok sayıdaki kaplıcalarda görülen yoğun jeotermal etkinlikle günümüzde de sürmektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmayla, Simav grabeni çevresinde yer alan porfiri Cu-Mo cevherleşmesi, mezotermal baz metal damarları ve baz metal masif pirit mercekleri ile çeşitli epitermal Au, Sb, Hg ve alunite cevherleşmelerinin metalojenik özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır.

1. Simav yöresindeki plütönik kayalar, kabuk ve manto kaynaklarının karşılıklı etkileşimini temsil eden kalk-alkalin bileşimli çarpışma sonrası granitoidler ile muhtemelen manto kökenli olan alkalin bileşimli bir riftleşme ortamında oluşmuş mafik dayklardan meydana gelen iki plütön dizisi halindedir.

2. Porfiri Cu-Mo cevherleşmesini oluşturan Pınarbaşı plütönü, bölgede görülen çeşitli cevherleşmelerin oluşumuna neden olan hidrotermal dolaşım hücrelerini meydana getiren ısı kaynağı ve olasılıkla da hidrotermal çözeltilerin bir kısım bileşenlerinin kaynağıdır. Ancak, bu plütön ile Akdağ ve Eğrigöz granit masifleri arasındaki ilişki belirlenmemiştir.

3. Hidrotermal çözeltiler metalik bileşenlerinin neredeyse tamamını, yükselimleri sırasında kat ettikleri yan kayalardan kimyasal yıkamayla kazanmışlardır. Hidrotermal dolaşım hücrelerini oluşturan çözeltilerin kökeninin meteorik, metamorfik ya da magmatik su olduğunun belirlenmesi için duraylı izotoplar çalışmasının yapılması gerekmektedir.

4. Baz metal cevherleşmeleri, paleo-tektonik dönemde, sağ yanal atımlı ve yaklaşık KB-GD gidişli Simav Fayı'na yarı paralel kırıklar içerisinde depolanmışlardır ve granitoid stoğunu kesen mafik dayklar ile ilişkilidirler.

5. Epitermal cevherleşmeler, neo-tektonik dönemde, Simav Grabeni'nin gelişiminin son evresinde görülen ve graben ana fayını rotasyonsuz kesen K-G gidişli transfer fayları üzerindedir ve porfiri dayklarıyla ilişkilidirler. Bu dönemde, bunlarla benzer özellikler taşıyan ve baz metal cevherleşmeleri üzerine binen epitermal cevherleşmeler de gelişmiştir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, birinci yazarın, ikinci yazar yönetiminde Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde yaptığı doktora çalışmasının bir ürünüdür. Yazarlar, çeşitli dönemlerde yaptıkları katkılardan dolayı ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün öğretim ve eğitim kadrosuna teşekkür ederler. Bu doktoranın bünyesinde yapılmasını uygun gören, arazi ve laboratuvar çalışmalarını destekleyen MTA Genel Müdürlüğü'nün çeşitli yönetim kademelerine de minnettardır.

EXTENDED SUMMARY

In this study, metallogenical characteristics of the porphyry Cu-Mo mineralization, mesothermal base metal veins and base metals-bearing massive pyrite lenses, and various epithermal mineralizations of Au, Sb, Hg and alunite (Fig.1) are explained.

Gneisses and schists of the Menderes Massif form stratigraphical basement of the studied area (Akdeniz and Konak, 1979a; Konak, 1982) (Fig. 2). According to the field data, the age of gneisses is suggested as pre-Paleozoic (Konak, 1982).

Akkok (1983) states that the schists tectonically overlie the "gneiss core", although Akdeniz and Konak (1979a) and Sengor et al. (1984) suggested that the schist envelope is unconformable over the gneiss core. According to Konak (1996), schists represent a nappe thrust over the gneisses.

The schists are composed of quartz-muscovite schists comprising metamafic-metaultramafic levels in the middle part of the unit at bottom, and of quartz-, albite-, chlorite-, muscovite- and sericite-bearing schists with a banded structure at top. Some marble lenses occurring in the upper levels have lateral and vertical gradation to the schists. Since these metamorphic units are overlain by the Triassic elastics, the age of the schist envelope is accepted as Paleozoic (Akdeniz and Konak, 1979b).

A limestone unit unconformably overlies the metamorphics, starting with a conglomerate level including abundant and well rounded quartz pebbles. Akdeniz and Konak (1979b) and Konak (1982) reported fossils giving a range of age from Rhaetian-Norian (upper Triassic) to Cenomanian, (upper Cretaceous) to the formation, however according to Kaya (1972) the age of the unit are Maastrichtian.

An ophiolitic melange comprising the unordered mixture of the great masses of mudstone, radiolarite, limestone, tuffite and peridotite overlies all of the older units by a tectonic contact, and the slabs of the upper Mesozoic limestone are tectonically emplaced into the melange (Konak, 1982). The melange is unconformably overlain by the sediments of Eocene age around Duvertepe and Baslamis village of Akhisar county (Akdeniz, 1980; Akdeniz and Konak, 1979b).

Plutonic rocks in the vicinity of Simav are belonging to two series comprising post-collisional granitoids in calc-alkaline composition representing an interaction of the crustal and mantle sources, and alkaline mafic dykes likely derived from mantle origin and generated in a rifting environment (Oygur, 1997a). Calc-alkaline granitoids consist of granodiorite and monzogranite, and alkaline granitoids of quartz monzodiorite and quartz diorite. Simav granites intruded limestones and

ophiolitic melange of Mesozoic age, and are overlain by sedimentary units of the lower Miocene age. Considering the field data, the emplacement age of the calc-alkaline granitoids should likely be Paleocene- Miocene. However, the mafic dykes of alkaline composition are younger and might have been emplaced during the development of the Simav graben (Oygur, 1997a).

Miocene sedimentary units, tuffs and volcanics unconformably overlies granitoids. Volcanics comprising lavas of various compositions such as andesite, rhyolite, rhyodacite and dacite are subalkaline and have a calc-alkaline trend very close to the tholeiitic series (Ercan et al., 1981/1982). Sedimentary units and basalts of Pliocene unconformably overlies the older units. Basalts have alkaline character with shoshonitic and high-K calc-alkaline compositions.

Basaltic lava flows of lower Quaternary age with clear mantle origin represent primary alkaline magma uncontaminated with the crustal material (Ercan et al., 1981/1982; Savascin and Gulec, 1990). Zeschke (1954) reported that the Nasa Basalts occur on the shoulder of the Simav Graben.

The most conspicuous tectonic feature of the region is the Simav Fault that trends nearly WNW-ESE for approximately 100 km, along the Simav river from Sindirgi at the west to Muratdagi at the east. The fault is not a single fracture, instead it consists of several step faults parallel to the main fracture (Oygur, 1997a). An intense geothermal activity is observed throughout the Simav Graben:

Two tectono-magmatic periods existed through the geodynamic evolution of the Western Anatolia. These are paleo-tectonic and neo-tectonic periods where a compressive tectonic regime and an extensional tectonic regime were prevailed, respectively (Sengor et al., 1984).

Konak (1982) depicted that the metamorphic zones in the northern block of the Simav Fault moved eastwards relative to the southern block. Therefore, the fault was a dextral strike-slip fault before the subsidence started the passive rifting. These data are consistent with the E-W compressional tectonic regime prevailed in the western Anatolia until late Miocene as stated by Sengor et al. (1984). The change of the tectonic regime to N-S extension, in a later period, caused the lateral component of the Simav fault to become dominant. Thus, the Simav graben was formed as a result of the widening of the strike-slip duplex of the Simav fault by progressive propagation of successive imbricate slices outward from the initial fault strand. Dewey and Sengor (1979) pointed out that the bounding faults of the Simav Graben are listric faults that are rapidly flatten with depth.

A great number of faults trending N-S, perpendicular to the main fault at the western end of the graben, cut the Simav Fault (Figure 2). Gibbs (1984) refers these cross-faults as "transfer faults" (T). According to Bosworth (1985), these structures are syn-rift features, although they may inherit a present zone of weakness.

A lot of vein-type base metal deposits and massive pyrite lenses, epithermal precious-metal, mercury and antimony mineralizations, porphyry-type Cu-Mo mineralization and hydrothermal replacement-type kaolinite and alunite deposits occur

along the Simav Graben (Oygur, 1997a). This study is only focussed on the mineralizations which are situated near the Simav graben and were not studied in detail until now.

Pinarbasi porphyry Cu-Mo mineralization was formed at the higher levels of the pluton during the final stage of the granitoid emplacement under the compressive tectonic regime. Lack of contact metamorphism implies that the intrusives were relatively cool and dry during the injection. Porphyry dykes caused the generation of base metal-bearing massive pyrite lenses near the pluton at Pinarbasi and, probably, at Arpacukuru (Fig. 3). Sillitoe (1973) and Jankovic (1986) indicated that this type of mineralization represents the uppermost levels of an porphyry system.

The granitoid pluton that generated the porphyry mineralizations was the engine to provide the heat to drive the hydrothermal circulation cells for the mineralizations along the Simav Graben and probably for some components of the hydrothermal solutions. Absence of the fluorite mineralization in the studied area (Oygur, 1997a) reveals that the mineralizations occurring at the Simav graben are not associated with the alkaline magmatism, as stated by Forster (1987).

Metallic element contents of the various rocks occurring in the studied area are tabulated in the Table 1. Anomalously higher molybdenum values in the albite-, chlorite-, muscovite- and sericite-bearing schists and muscovite-chlorite-bearing schists as well as in the white gneiss are controversial with the hypothesis of Uzkut (1974) as connecting this element only to the acidic magmatic intrusions. Thus, the hydrothermal solutions ascending from the granitoids gained different and maybe same metallic elements by leaching all of the rock units through their pathways. According to Spencer and Welty (1986) and Roddy et al. (1988), a more important source of metals in these graben environments is probably the upper-plate rocks, from which metals were leached during regional K-metasomatism formed by the hydrothermal solutions ascended through the detachment faults.

Vein-type Cu-Pb-Zn mineralizations were formed following the porphyry mineralizations as genetically and spatially related to the mafic dykes of the intrusion at İnkaya, relatively far away from the pluton and at Karakoca, within the pluton (Fig. 4). The compressive tectonic regime prevailed in the region is represented in the studied area by dextral strike-slip Simav Fault trending nearly WNW-ESE. Karakoca Pb-Zn deposit in the Akdag granitoid stock at the north of Simav comprises of the veins trending in the same direction with the Simav Fault (Dora, 1969). Lack of any open or filled cavities such as druses through the veins indicate that the mineralization took place in a compressional regime (Oygur, 1997a). According to Dora (1969), hydrothermal solutions leached Pb-Zn metallic ions from the metamorphics which were melted by anatexis. İnkaya and Arpacukuru mineralizations have the same characteristics with Karakoca veins (Oygur, 1997a). Therefore, the vein-type base metal mineralizations of the studied area were deposited within the tensional fractures of NW-SE orientation, nearly parallel to the Simav Fault during the compressive regime. The veins are associated in space and time with the mafic dykes of the late stage of granitoid intrusions. The native sulfur mineralizations occurring nearly parallel to the Simav Fault in the

SIMAV GRABENİNİN METALOJENİSİ

Civanadag tuffs to the south of Simav (Gok and Okut, 1977) are likely to be associated with a porphyry system as suggested by Mitchell and Garson (1976, Fig. 21) and Vila and Sillitoe (1991, Fig.11).

Mumcu epithermal Hg-Au mineralization occurring along the transfer fault of N-S orientation representing the final stages of the graben evolution (Oygur, 1997b) probably gives the sign of the highest levels of a buried porphyry system. Similarly, N-S faults form deposition sites for the epithermal mineralizations over the base metal veins at Inkaya and Arpacukuru. Typical epithermal features such as travertine, brecciation, silicification, druses and comb, crustiform and colloform textures were observed in both of the areas. Low temperature minerals included within the ore and amethyst with comb texture at the Karakoca deposit (Dora, 1965) suggest that the mineralization was developed at meso-epithermal phase. Jankovic (1989) stated that the antimony mineralizations of Neogene in Mediterranean region are generally connected with sub-volcanic conditions of the calc-alkaline granitoids emplaced along the Neo-Tethyan closure zone. Thus, Değirmenciler antimony mineralization should be the product formed during the epithermal phase of the external zones located around the magmatic-hydrothermal system containing base and precious metals, as suggested by Sillitoe and Bonham (1990). Mercury and antimony mineralizations with vugs lined with fine drusy quartz crystals, comb and crustiform textures, and opaline coatings were developed in the Korkuyu listwaenite during this epithermal phase.

Epithermal mineralizations of Mumcu and Korkuyu are the distal mineralizations of the porphyry system which occur near the paleosurface (Fig. 3). Porphyry dykes which cut the carbonate lenses within the metamorphics formed replacement-type Sb mineralization farther from the pluton at Degirmenciler. Finally, replacement-type Şaphane alunite mineralization was formed at the paleosurface representing the uppermost levels of the porphyry system. The average homogenization temperatures of these epithermal mineralizations measured from the fluid inclusions within the quartz crystals range between 2100-3400C indicating the deeper zones of an epithermal system (Oygur, 1997a). Today, this epithermal system representing with the actual sinter at Gediz-Ilicalar survives as intense geothermal activity displaying numerous hot-springs throughout the Simav graben.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdeniz, N., 1980, Başlamış Formasyonu, Jeoloji Mühendisliği, v. 10. s.39-47.
- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979a, Menderes Masifi'nin Simav dolayındaki kaya birimleri ve metabazik, meta-ultrabazik kayaların konumu: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, v. 22, s. 175-184.
- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979b, Simav-Emet-Tavşanlı - Dursunbey - Demirci yörelerinin jeolojisi: MTA Gen. Müd., Rapor No 6547, Ankara (yayımlanmamış).
- Akkök, R., 1983, Structural and metamorphic evolution of the northern part of the Menderes Massif: new data from the Derbent area and their implication for the tectonics of the Massif: Journal of Geology, v. 91, s. 342-350.
- Ataman, G. ve Bingöl, E., 1978, Anadolu plütonik, volkanik ve metamorfiklerinin kimyasal bileşimi üzerine araştırmalar: Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri, v. 4 (1). s. 28-42.
- Beer, H., 1964, Şaphane (Kütahya) alunite yataklarının etüdü hakkında ön rapor, MTA Gen. Müd., Rapor No KHM-61, Ankara (yayımlanmamış).
- Berger, B. R. ve Bagby, W. C, 1991, The geology and origin of Carlin-type gold deposits: R. P. Foster (ed). Gold Metallogeny and Exploration, Chapman & Hall. \$ 210-248.
- Bingöl, E., Delaloye, M. ve Ataman, G.,1982, Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area: Eclogia Geologica Helvetica, v. 75, s. 437-446.
- Bosworth, W., 1985, Geometry of propagating continental rifts: Nature, v. 316, s. 625-627.
- Bürküt, Y.,1966, Kuzeybatı Anadolu'da Yer Alan Plütonların Mukayeseli Jenetik Etüdü: İTÜ Yayın., İstanbul, 272 s.
- Craw, D. and McKeag, S.A., 1995, Structural control of Tertiary Au-Ag bearing breccias in an extensional environment, Nelson area, Southern Nevada. U.S.A.. Mineral.Deposita, v.30, s. 1-10.
- Cunningham, C.G., Rye, R.O., Steven, T.A. ve Mehnert. H.H.. 1984, Origins and exploration significance of replacement and vein-type alunite deposits in the Marysvale volcanic field, West Central Utah, Economic Geology, v.79,s.50-71.
- Dewey, J. F. ve Şengör, A. M.C., 1979, Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone: Geological Society of America Bulletin, v. 90, s. 84-92.
- Dora, O. Ö., 1965, Karakoca kurşun madeni ve civarının jeolojik etüdü, MTA Gen.Müd., Rapor No 3855, Ankara (yayımlanmamış).
- Dora, O. Ö., 1969, Karakoca granit masifinde petrolojik ve metalojenik etütler: MTA Dergisi, v. 73, s. 10-26.
- Elmacı, M. and Sevgil, B., 1988, Bahkesir-Sındırgı-Mumcu kaolen yatağı maden jeolojisi raporu, MTA Gen.Müd., Rapor No 8326, Ankara (yayımlanmamış).
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan. A. ve Günay. E.. 1978, Uşak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, v. 21. s. 97-106.
- Ercan, T., Günay, E. ve Savaşçın, M. Y. 1982, Simav ve çevresindeki Senozoyik yağlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması: MTA Dergisi, v. 97/98. s. 86-101.
- Erer, S., 1977, Simav Depresyonu ve Çevresinin Jeomorfolojisi, İstanbul Üniv. Edebiyat Fak., No 2028, İstanbul, 252 s.
- Ergün, A., 1965, Kütahya ili, Gediz ilçesi, Şaphane bucağı alunite sahası raporu, MTA Gen. Müd., Rapor No EHM-37, Ankara (yayımlanmamış).

- Erlar, A., 1979, Karakoca (Simav-Kütahya) kurşun çinko yatağı kükürt izotoplarının incelenmesi: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, v.22, s. 117-119.
- Erol, O., 1982, Batı Anadolu genç tektoniğinin jeomorfolojik sonuçları, O.Erol and V.Oygür (ed.), Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması, Türkiye Jeol. Kurumu, s. 15-21.
- Fleischer, M.N.S., 1969, Geological survey standards.. I.Additional data on rocks G-1 and W- 1,1965-1967, Geochimica Cosmochimica Acta , v.33,s.65-80.
- Förster, H., 1987, Ignimbritic cauldrons, alkali granites, and mineral deposits in fault-block mountains, Geologische Rundschau, v.76, s.373-388.
- Gawlik, J., 1960, Karakoca-Simav kurşun ocağının etüdü hakkında rapor, MTA Gen.Müd., Rapor No 2813, Ankara (yayımlanmamış).
- Gerasimovskiy, V.I. and Savinova, Ye.N., 1969, Fluorine contents of volcanic rocks in the riftzone of East Africa, Geochemistry International, v.6, s. 1124-1128.
- Gibbs, A.D., 1984, Structural evolution of extensional basin margins: Journal of the Geological Society of London, v. 141, s. 609-620.
- Gök, S. ve Okut, M., 1977, Kütahya-Simav-Karacahisar-Pulluca-Manisa-Demirci sondajlı kükürt raporu, MTA Gen.Müd., Rapor No 5794, Ankara (yayımlanmamış).
- Gümüş, A., 1964, Important lead-zinc deposits of Turkey, Symposium on Mining Geology and the BaseMetals, CENTO, Ankara, s. 155-168.
- Gün, HL Akdeniz, N. ve Günay, E., 1979, Gediz ve Emet güneyi Neojen havzalarının jeolojisi ve yaş sorunları: Jeoloji Mühendisliği, v. 8,s. 3-14.
- Henley, R.W., 1985, The geothermal framework of epithermal deposits, in: B.R.Berger and P.M. Bethke (eds.), Geology and Geochemistry of Epithermal Systems, Review in Economic Geology, v.2, s. 1-24.
- Holzer, H., 1954, Beyce 54/4 ve Simav 71/1 paftalarının jeolojik löveleri raporu, MTA Gen. Müd., Rapor No 2366, Ankara (yayımlanmamış).
- Jankovic, S., 1986, Genetic types of Alpine ore deposits and tectonic settings in the Northeastern Mediterranean and Southwest Asia, in: W.E. Petrascheck and S.Jankovic (eds.), Geotectonic Evolution and Metallogeny of the Mediterranean Area and Western Asia, Proceed. Symp. IGCP Project 169, s.23-35.
- Kaya, O., 1972, Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, v. 15, s. 26-108.
- Koçyiğit, A., 1984, Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, v. 27. s. 1-16.
- Konak, N., 1982, Simav dolayının jeolojisi ve metamorf kayaçlarının evrimi: İstanbul Yerbilimleri, v. 3, s. 313-337.
- Konak, N., 1996, Menderes Masifi hakkında, 49 uncu Türkiye Jeoloji Kongresi, Ankara, Abs., s.29.
- Köksoy, M. ve İleri, S., 1979, Batı Anadolu'daki sıcak su çökelleri ile antimon yatakları arasındaki genetik ilişkiler, TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi, Yerbilimleri sekisyonu, s. 7-16.
- Larson, L.T. ve Erlar, A., 1992, Geologic settings and geochemical signatures of twenty-two precious metal prospects in Turkey, Yerbilimleri/Geosound, v.20. s.9-28.
- Larson, L.T. ve Erlar, A., 1993, Geology, geochemistry and fine-grained gold potential of western Turkey. NATO Project RG 0700 / 88, Finl Rep., 39 s (yayımlanmamış).
- Mitchell, A.H.G. ve Garson, M.S.. 1976. Mineralization at plate boundaries, Minerals Science and Engineering.. v. 8, s.129-169.
- Oygür, V., 1997a, Metallogeny of the Simav Graben (Inner-Western Anatolia, Turkey): Doktora Tezi. Orta Doğu Teknik Univ., Ankara, 144 s.
- Oygür, V., 1997b, Bir epitermal cevherleşmenin anatomisi: Mumcu (Balıkesir-Sındırgı), İç-Batı Anadolu: MTA. İç-Batı Anadolu: MTA Dergisi, v. 119, s. 63-72.
- Oygür, V. ve Erlar, A., 1999, Simav Grabeni boyunca görülen epitermal ve baz metal cevherleşmelerinin karşılaştırılması, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, s. 129-136.
- Öztunalı, Ö., 1973, Uludağ (Kuzeybatı Anadolu) ve Eğriğöz (Batı Anadolu) Masiflerinin Petrolojileri ve Jeokronolojileri: İstanbul Üniv. Fen Fak. Monog., No 23, İstanbul, 115 s.
- Phillips, G.N. ve Powell, R., 1993, Link between gold provinces: Economic Geology, v. 88. s. 1084-1098.
- Radtke, A.S, Rye, R.O. ve Dickson, F.W.. 1980, Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit. Nevada: Economic Geology, v. 75, s. 641-672.
- Reed, M.H. ve Spycher, N.F., 1985, Boiling, cooling and oxidation in epithermal systems: a numerical modeling approach: B.R.Berger ve P.M.Bethke (ed), Geology and Geochemistry of Epithermal Systems, Review in Economic Geology, v. 2, s. 249-272.
- Roddy, M.S., Reynolds, S.J., Smith, B.M. ve Ruiz, J., 1988, K-metasomatism and detachment-related mineralization, Harcuvar Mountains, Arizona, Geological Society of America Bulletin, v. 100, s. 1627-1639.
- Savaşçın, M.Y. ve Güleç, N., 1990, Relationship between magmatic and tectonic activities in western Turkey: M.Y.Savaşçın ve A.H.Eronat (ed), IESCA 1990. Bildiriler, s. 300-313.
- Seedorff, E., 1991, Magmatism, extension, and ore deposits of Eocene to Holocene age in the Great Basin: mutual effects and preliminary proposed genetic relationships: Raines, G.L., Lisle, R.E., Schafer, R.W. ve Wilkinson. W.H. (ed), Geology and Ore deposits of the Great Basin, Simpozyum Bildirileri, Reno, Geological Society of Nevada, v. 1, s. 133-178.
- Sherlock, R.L. ve Logan, M.A.V., 1995, Silica-carbonate alteration of serpentinite: implications for the association of mercury and gold mineralization in Northern Califor-

SİMAV GRABENİNİN METALOJENİSİ

- nia, Exploration and Mining Geology, v.4, s.395-409.
- Sillitoe, R.H., 1973, The tops and bottoms of porphyry copper deposits. Economic Geology, v. 68, s.799-815.
- Sillitoe, R.H., 1983, Enargite-bearing massive sulfide deposits high in porphyry copper systems, Economic Geology, v.79, s.348-352.
- Sillitoe, R.H. ve Bonham, H.F.Jr., 1984, Volcanic landforms and ore deposits, Economic Geology, v.79, s.1286-1298.
- Sillitoe, R.H. ve Bonham, H.E. Jr., 1990, Sediment-hosted gold deposits; distal products of magmatic-hydrothermal systems: Geology, v. 18, s. 157-161.
- Spencer, E. ve Welty, J.W., 1986, Possible controls of base-and precious-metal mineralization associated with Tertiary detachment faults in the lower Colorado river trough, Arizona and California, Geology, v.14, s. 195-198.
- Şener, M. ve Gevrek, A.İ., 1986, Simav-Emet-Tavşanhan yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları, Jeoloji Mühendisliği, v.28, s.43-49.
- Şengör, A.M.JC., 1987, Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting examples from western Turkey, in: M.P.Coward, J.F.Dewey and P.L. Hancock (eds.), Continental Extensional Tectonics, Geol. Soc. Spec. Publ. No 28, s. 575-589.
- Şengör, A.M.C., Satır, M. ve Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey: Tectonics, v. 3. s. 693-707.
- Şüyun, B., Oygür, V, Dirik, K. ve Erler, A., 1998, Alteration and porphyry-type mineralization in the Pınarbaşı granitoid complex (Gediz, Kütahya< Turkey),Third International Turkish Geology Symposium, METU. Abs., s. 130.
- Taşkın, İ., 1978, Kütahya ili, Simav ilçesi, Ahmetli köyü antımuan zuhurları: MTA Gen. Müd.. Rapor No 6751. Ankara (yayımlanmamış).
- Uz, B., 1973, Les formations métamorphiques et granitiques du Massif ancien d'Akdağ (Simav- Turquie) et leur couverture volcano-sédimentaire: Doktora Tezi. Univ.Nancy I, 2 cilt, 303 s. (yayımlanmamış).
- Uz, B., 1985, Akdağ Masifinde (Simav-Kütahya) yeşilşistlerin petrojenetik ve kökensel incelemesi, Jeoloji Mühendisliği, v.23, s.21-30.
- Uzkut, İ., 1974, Zur Geochemie des Molybdaens, Bontraeger. Berlin, 226 s.
- Vila, T. ve Sillitoe, R.H.,1991, Gold-rich porphyry systems in the Maricunga Belt, Northern Chile, Economic Geology, v. 86, s. 1238-1260.
- Yücel, B., Coşkun, B., Demirci, S. ve Yıldırım, N., 1983, Simav (Kütahya) yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları, MTA Gen.Müd., Rapor No 8219, Ankara (yayımlanmamış).
- Zeschke, G., 1954, Der Simav-Graben und seine Gesteine: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, v. 5. s. 179-189.

Makalenin geliş tarihi: 24.10.1988

Makalenin yayına kabul edildiği tarih: 20.09.1999

Received: October 24, 1988

Accepted: September 20, 1999