

Gölbaşı (İsparta) epitermal arsenik mineralizasyonunun jeolojik özellikleri

Geological characteristics of Gölbaşı (İsparta) epithermal arsenic mineralization

Mustafa KUŞÇU Süleyman Demirci Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İsparta

Öz

Gölbaşı arsenik mineralizasyonu; Eosen yaşlı ve İliş karakterli İsparta formasyonu içerisinde, yaklaşık K-G doğrultulu bir fay boyunca, 1-2 m kalınlığında ve 38 m uzunluğunda bir ana damar ve onun çevresinde gelişmiş ağsal damarlar (1-50 cm kalınlığında) şeklinde bulunur.

Damarlar başlıca iri taneli kalsit, realgar, barit, orpiment ve piritten oluşan bir mineral parajenezine sahiptir.

Arsenik damarları, trakiandezit-latit bileşimli ve Pliosen yaşlı Gölcük volkanizmasını da oluşturan mağmatik faaliyete bağlı epitermal (50-120°C) bir cevherleşmedir.

Anahtar Sözcükler: Arsenik, mineralizasyon, volkanizma, epitermal, köken.

Abstract

Arsenic mineralization takes place within the Eocene aged İsparta formation which is Jlyschoid in character. The mineralization occurs as a main vein that is 38 m in length, 1-2 m in thickness with 1-50 cm thick stockwork veinlets. developed around the main vein. It is found along a normal fault zone trending approximately N-S.

Realgar-bearing calcite veins have a simple mineral paragenesis which consists of coarse-grained calcite, realgar, barite, pyrite and orpiment.

Realgar-bearing calcite veins are epithermal (50-120 C) mineralizations related to Pliocene trachyandesitic-latitic Gölcük volcanism.

Key Words: Arsenic, mineralization, volcanism, epithermal, genesis.

GİRİŞ

Gölbaşı arsenik zuhuru, İsparta-Burdur karayolunun 35. km'sinde bulunan Gölbaşı Köyü'nün 4 km güneyindedir (Şekil 1).

Yöredeki arsenik zuhurunun Osmanlı döneminden beri bilindiği MTA arşivlerindeki bir rapordan (Gucrbay, 1903) anlaşılmaktadır. Gölbaşı arsenik zuhuru üzerinde yüzeysel incelemelerden öteye gitmeyen Gucribay (1903) ve Tuncay (1989)'un raporları mevcuttur. Bu yazarlar sadece arsenik minerallerinin varlığı ile bulunduğu bölgeyi tanımlamışlardır. Ayrıca Gucribay (1903) bölgeden 5-6 bin tonluk bir cevher alındığını ve As tenorunun de % 50 ile 80 arasında değiştiğini belirtmiştir.

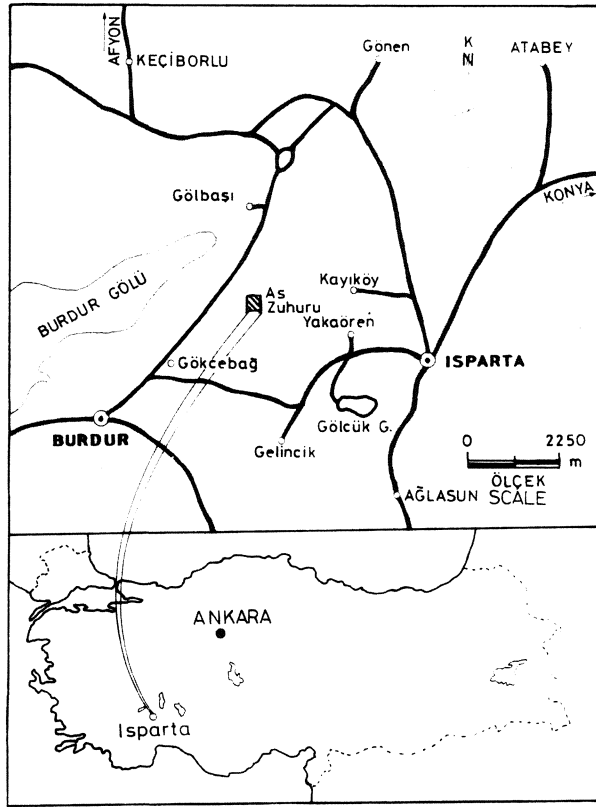
Gölbaşı arsenik cevherleşmesini doğrudan hedef alan kapsamlı araştırmalar olmamasına rağmen, İsparta dolayında Gölbaşı arsenik cevherleşmesinin bulunduğu bölgeyi de içeren çok sayıda araştırma mevcuttur. Bunlardan son yıllarda gerçekleştirilenler, özellikle volkanizma ve maden yatakları amaçlı olmak üzere iki grupla toplanabilir: Sariz (1985) ile Özgüner ve diğ.

(1989)'nin araştırmaları Keçiborlu kükürt yataklarının jeolojik konumu, kökeni ve rezervlerinin artırılması amaçları üzerinde yoğunlaşmıştır. Kuşçu ve Gedikoğlu (1990) ile Gedikoğlu ve diğ. (1988) yöredeki Gölcük volkanizmasına bağlı pomza yataklarını jeolojik ve ekonomik özellikleri açısından araştırmışlardır. Bilgin ve diğ. (1990)'nin Gölcük yöresi kayaçların petrografi ve fiiorür içerikleri yönünden araştırmaları; Karaman (1986)'ın Burdur dolayının genel stratigrafisi hakkındaki araştırması ile Koçyiğit (1984)'in güneybatı Türkiye'nin tektonik gelişimiyle ilgili inceleme alanını da ilgilendiren ve son yıllarda gerçekleştirilen başlıca yayınlardır.

Bu makale kapsamında; Gölbaşı (İsparta) arsenik zuhurunun jeolojik ve ekonomik özelliklerinin verilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra, ülkemizde çok sık rastlanmayan ve çok belirgin mostralara sahip ve jeolojik anlamda doğal bir güzellik olan zuhurun tanıtılması da yayının ikinci amacı olmuştur.

GENEL JEOLJİ

İsparta Yakaören ve Gölbaşı Köyleri arasında kalan



Şekil 1. \ cı Kikin... ii.titilası.

Figure 1. Location map.

bölgede, en yaşlı birimi ofiyolitik karmaşık oluşturur. Kretase yaşlı bu ofiyolitik karmaşığın üzerinde Eosen yaşlı ve iliş karakterli Isparta formasyonu bulunur (Şekil 2). Isparta ilinin güneydoğusunda ise Burdigaliyen yaşlı Ağlasun formasyonu ve bu birim üzerine bindirme ile gelmiş Jura-Kretase yaşlı Akdağ kircçtaşları yayılım gösterir.

Bölgede tüm bu birimleri keserek çıkmış Pliyosen yaşlı trakiandezitik volkanitler ve piroklastitler ise genç birimleri temsil ederler (Şekil 3).

Gölcük volkanı/ması ve ilişkili kayaçlar

Bölgedeki volkanik kay açlar, Toros kuşağında yer alan serileri keserek yerleşmişlerdir (Şekil 2). Araştırma alanında volkanitlerin kestiği ve piroklastik kayaçların örtüğü en genç birim Burdigaliyen yaşlı Ağlasun formasyonudur.

Gölcük volkanit ve piroklastitleri önceki araştırmacı larca Burdur formasyonunun çeşitli üyeleri olarak tanımlanmışlardır (Sarıiz, 1985; Yaçmkaya ve diğ., 1986). Kuşçu ve Gedikoğlu (1990) ise bölgedeki volkanik kayaçları andezit ve trakiandezit olmak üzere iki farklı dönemde gelişen kayaçlar: bunlara bağlı olarak gelişmiş olan piroklastitleri de volkanik breş ve aglo-

meralar, alt volkano-tortul birim, pomza düzeyleri ve üst volkano-tortul birim olarak ayırlamışlardır.

Yöredeki volkanizmanın yaşı, yörede çalışan hemen tüm araştırmacılarca çevre kayaçlarla ilişkileri göz önüne alınarak Pliyosen olarak verilmiştir (Sarıiz, 1985; Karaman, 1986, Bilgin ve diğ., 1990; Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990; Gedikoğlu ve diğ. 1988). Ancak Gütnic ve diğ., (1979), yöre volkanizmasının Pliyo-Kuvaterner olduğunu belirtirler. Radyometrik verilere göre ise yöre volkanizması 4.6 milyon yıl yaşlıdır (Bilgin ve diğ., 1990).

Bölgede bulunan volkanizmanın kalko-alkalin karakterli olduğu, andezit, trakiandezit ve kilitlerden oluştuğu belirtilmektedir (Bilgin ve diğ., 1990; Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990; Koçyiğit, 1984).

Gölcük volkanizmasına bağlı kayaçlar gencide sanidin, plajioklas (albit, oligoklas), biyotit, piroksen, amfibol fenokristallerinden ve sfen ile opak minerallerden oluşmuştur. Tüm bu mineraller mikrolitler ve/veya cam bir matriks içerisinde bulunurlar. Gölcük volkanitlerinin petrografik özellikleri, onların andezit, trakiandezitik karakterde olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte bölgedeki volkanit ve piroklastik kayaçların kimyasal bileşimlerinden yararlanılarak hazırlanan SiO_2 ve $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ diyagramında da örneklerin trakiandezit, latit alanlarına düştüğü belirlenmiştir (Kuşçu ve Selçuk, 1993).

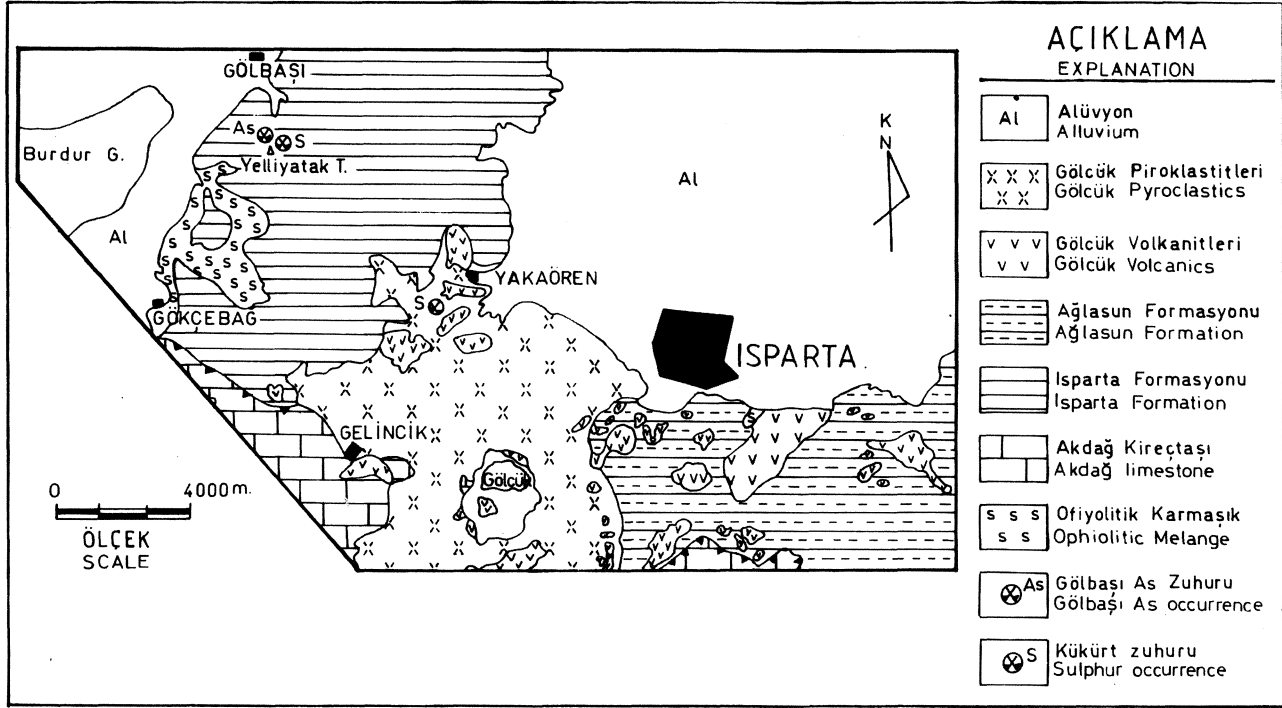
Çevre kayaçlarının petrografik ve petrojenetik özellikleri ve Gölcük volkanitlerinin yöre kayaçlarıyla olan ilişkileri irdelendiğinde, Gölcük volkanitlerinin kıta içi bir volkanizma ürünü olduğu görülür. Ancak bu volkanizmanın kabuk, kalınlaşmasına bağlı olarak gelişen anateksitik bir ürün mü olduğu, ya da bir yitim zonuna bağlı olarak Bcnioff zonunda gelişen ergimenin sonucu yay gerisinde kıta içi bir volkanizmaya mı bağlı olduğu tartışılmaktadır. Bu konudaki tartışmalar Ercan ve diğ. (1979) ile Koçyiğit (1984)'de verilmiştir. Güneybatı Türkiye'deki genç volkanizmanın çarpışma kuşağına (collision) bağlı olduğu ise bir diğer görüştür (Ercan, 1993, sözlü görüşme).

Gölcük volkanizması ve ona bağlı kayaçlar, yörenin değişik cevherleşmelerine (kükürt, pomza, tras, arsenik) kaynak olduğundan önemlidir (Sarıiz, 1985; Kuşçu ve Gedikoğlu, 1990; Özgüner ve diğ., 1989; Kuşçu, 1994).

GÖLBAŞI ARSENİK MİNERALİZASYONU

Arsenik zuhuru, Isparta-Burdur karayolunun üzerinde bulunan Gölbaşı Köyü'nün 4 km güneyinde yaklaşık 1 km^2 'lik bir alanda mostra verir (Şekil 1,2). Bu alan içerisinde reaktif-baritli kalsit damarları, Eosen yaşlı ve iliş karakterli Isparta formasyonu içerisindeki (Şekil 4)

GÖLBAŞI (İSPARTA) EPİTERMAL ARSENİK



Şekil 2. Gölbaşı ve dolayının jeoloji haritası.

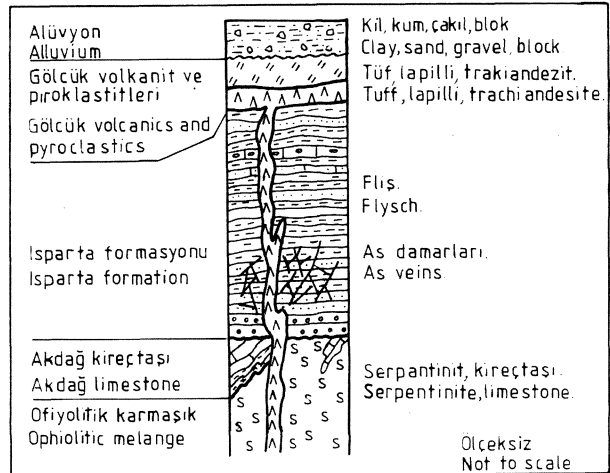
Figure 2. Geological map of the Gölbaşı (Isparta area).

yaklaşık K-G doğrultulu, dik veya batıya eğimli normal alımlı bir fay boyunca gelişmiş bir ana damar ve bu ana damar çevresinde değişik kalınlıklarda (1 mm-50 cm) farklı doğrultulardaki ağsal damarlar biçiminde bulunur.

Ana damar; $K6^{\circ}D/85^{\circ}GD$ konumunda, doğrultusu boyunca 1 ile 2.5 m arasında değişen kalınlığa ve kesiksiz 38 m'lik bir uzanım sahiptir. Diğer damarlar $K5^{\circ}-10^{\circ}D/85^{\circ}GD$ ve $KB-GD$; $DB/40^{\circ}K$ ve $K70^{\circ}B/50^{\circ}B$, konumlu olarak izlenirler. Saha incelemelerinde fay zonu ve buna bağlı olarak gelişen çatlak boşluklarına yerleşen mineralize dolguların flişi oluşturan tüm litolojik birimler ile dokanaklarının bulunduğu saptanmıştır. Bu nedenle mineralize damarların, litolojik kontrolden daha çok tektonik unsurlar ile (faylar, kırıklar, çatlaklar ve mikroçatlaklar) denetlendiği belirgindir.

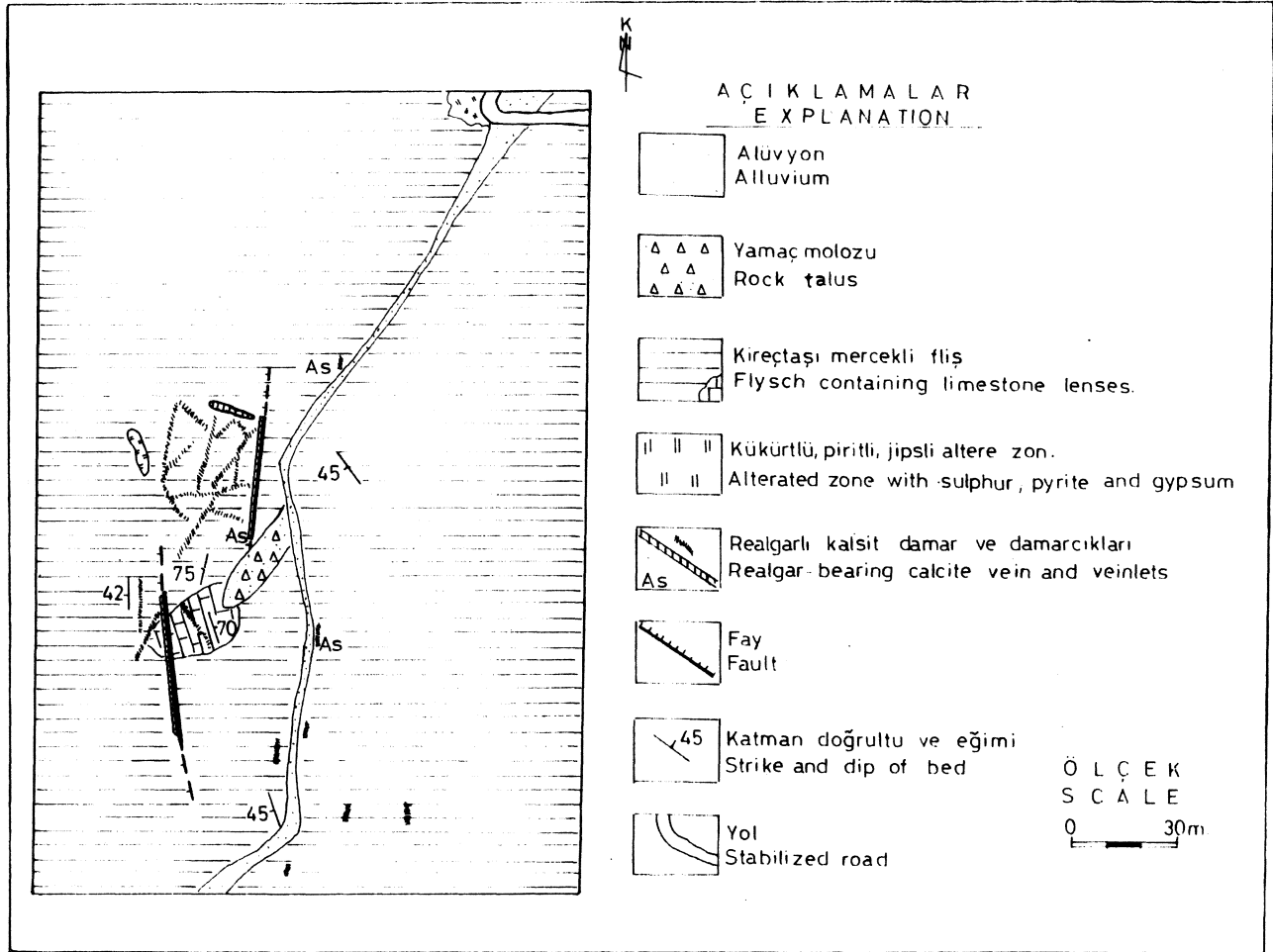
Araştırılan alanda, damarları iri kristalli kalsit, realgar ve barit mineralleri oluşturur. Ancak damarların doğrultuları boyunca uzanımları dikkatle incelendiğinde, yer yer, ya realgar ya barit ya da kalsitin baskın olduğu izlenir. Bazen baritin egemen olarak devam ettiği bir damarda kalsit kristalinin az olduğu görülebilirken, damarın devamında kalsitin ya da realgarın baskın hale geçebileceği, hatta damarın o bölümünde %90 lara ulaşabildikleri saptanmıştır. Bu üç mineralin damarlarda nasıl değişken olarak buldukları kimyasal analiz sonuçlarından da açıkça görülebilmektedir (Çizelge 1).

Her ne kadar damarların sadece belli minerallerden oluştuğu belirtilse de, damar dolguları içerisinde yan kayaç parça ve kırıntılarının varlığı da belirlenmiştir. Ancak yan kayaç kırıntılarının damarlar içerisinde en fazla % birkaçlara ulaştığı gözlenmiştir.



Şekil 3. Yakaören-Gölbaşı İnyayınKla bulunan litolojik birimlerle arsenik cevherleşmesinin ilişkisini gösteren stratigrafik sütun kesit (ölçeksiz).

Figure 3. Stratigraphical columnar section showing the relationship between the lithological units around Yakaören-Gölbaşı and the arsenic mineralization (not to scale).



Şekil 4. Gözbaşı arsenik cevherleşmesi yakın dolaylı jeoloji haritası.

Figure 4. Geological map of (Gözbaşı arsenic mineralization area).

Mineralize damarlar; genelde kırmızı realgarların, turuncu renkli orpimentlerin veya beyaz grimsi, mavimsi beyaz kalsit kristallerinin ya da renksiz saydam, grimsi beyaz baritlerin bulunabilme oranlarına göre kırmızı, beyaz veya genelde bu iki rengin oluşturduğu göz alıcı renkleriyle sahada kolayca farkedilirler.

MİNERAL PARAJENEZİ VE OLUŞUM SIRASI

Parajenez/

Gözbaşı realgarlı kalsit damarlarında hemen bütün mineraller makroskopik olarak tanımlanabilmektedir. Damarların parajenezinde bulunan başlıca mineraller bolluk sırasına göre kalsit, realgar ve baritlerdir. Bu üç mineral kaba taneli bir doku ile çoğu damarlarda damar dolgusunun %99'unu oluşturur. Bu minerallerin yanı sıra pirit, orpiment de damarlarda bulunan diğer minerallerdir.

Cevherleşmede kalsit mineralleri öz şekilli, yarı öz

şekilli romboedrik kristaller halinde bulunur ve kristal boyutları birkaç cm ye ulaşan büyüklüklere erişir (Levha 1. foto 1). Beyaz ve grimsi-mavimsi beyaz olan bu kalsit (1) kristallerinin aralarında iri kristalli kırmızı renkli, 1-2 cm büyüklüğündeki realgar mineralleri de öz şekilli ve yarı öz şekilli olarak gelişmiştir (Levha 1, foto 1,2,6; Levha 2, foto 1). 5 cm büyüklüğe erişen ve damarlar da yer yer %35-40 lara ulaşan yer yer de ender görülen, renksiz saydam barit kristalleri de (Levha 1, foto 3) parajenezdeki bir diğer mineraldir. Barit mineralleri öz şekilli ve yarı öz şekilli kristaller halinde gelişmişlerdir. Portakal renkli (turuncu) limoni san orpiment; genelde realgarın dilinim, kırık ve yüzeylerinden itibaren, onun bozularıyla ortaya çıkarak, cevher damarlarının özellikle atmosferle karşı karşıya kaldığı yüzeylerinde yaygın olarak izlenir (Levha 1, foto 3). Orpiment gencide realgarın bir dönüşüm ürünü olarak; bu minerali yer yer kısmen, yer yer de bütünüyle ornatarak ve onun yerini alarak ortaya çıkar. Bu minerallerin

GÖLBAŞI (İSPARTA) EPİTERMAL ARSENİK

Çizelge 1. Realgarh kalsit damarlarının analiz sonuçları (yüzde olarak).

Table 1. Analysis results of realgar-bearing calcite veins (as percent)

	Damar Kal. (cm)	As	BaO	Ca.	Si	Mg	Fe	Al	Na	K	Mn	Sb	Ag	Hg (ppm)	Cu	Ni	Co	Yoğunluk gr/cm ³
GA ₁	2	13.00	0.80	30.15	0.69	0.22	0.44	0.038	0.026	0.038	0.025	0.038	0.0006	0.2	0.0044	0.0042	0.0010	2.83
GA ₂	20	25.00	28.04	9.11	1.04	0.096	0.19	0.010	0.024	0.064	0.010	0.030	0.0002	0.2	0.0005	0.030	0.0006	3.60
GA ₃	5	8.00	0.20	33.06	0.72	0.23	0.33	0.035	0.026	0.040	0.032	0.032	0.0005	4.0	0.0011	0.0042	0.0012	2.80
GA ₄	8	1.60	1.40	35.98	0.54	0.21	0.19	0.033	0.027	0.050	0.030	0.027	0.0004	0.2	0.0006	0.033	0.0010	2.74
GA ₅	80	10.00	11.80	25.18	0.26	0.26	0.28	0.060	0.018	0.055	0.026	0.032	0.0004	0.5	0.0008	0.0038	0.0003	2.98
GA ₆	4	1.30	54.80	5.60	2.15	0.24	0.80	0.045	0.023	0.038	0.017	0.0068	0.0001	0.3	0.0005	0.0038	0.0007	4.05
GA ₇	4	21.00	17.60	13.50	3.43	0.37	0.57	0.043	0.019	0.054	0.017	0.034	0.0002	0.4	0.0017	0.012	0.0007	3.20
GA ₈	7	14.00	31.80	8.70	3.86	0.30	1.12	0.065	0.024	0.10	0.045	0.026	0.0012	0.5	0.0012	0.037	0.0007	3.60
GA ₉	20	4.60	1.80	32.65	1.90	0.36	0.59	0.040	0.024	0.043	0.020	0.030	0.0002	0.4	0.0009	0.0052	0.0013	2.74
ORT.	16.0	10.94	16.50	21.55	1.62	0.25	0.50	0.041	0.023	0.054	0.025	0.028	0.0004	0.7	0.0013	0.0148	0.0008	3.14

yanı sıra ince kalsit (2) damarları (en fazla 0.5 cm kalınlıkta) ile jips damarcıkları (en fazla 1 mm kalınlıkta) realgarh kalsit damarlarını kesen diğer minerallerdir. Kalsit ve jips damarcıkları cevher damarları üzerinde yaygın bir biçimde gözlenmez. Bu kalsit (2) damarları ya ana damarlardan ikincil yenilenmelerle, ya da kükürt ve jips mineralleri gibi bölgede hüküm süren solfator evreden kaynaklanarak gelişmişlerdir.

Realgarh kalsit damarları oluşumlarından sonra yerel tektonik hareketlerin etkisiyle yer yer kırılmış ve çatlamışlardır. Bu çatlaklarda, ikincil bir getirim ürününü olan kalsit, jips, orpiment ve daha az olarak da kükürt gelişmiştir (Levha 1, foto 3). Bundan başka birincil kalsit ve realgar kristallerinin ikiz ve dilinim yüzeylerinde sıvamalar şeklinde (Levha 1, foto 3,4), ayrıca cevher damarlarının boşluklarında toprağimsi olarak, turuncu ile limoni san arasında değişen Fe'nlerde orpiment ve san renkli nabit kükürtlerin geliştiği de izlenmiştir.

Jips kristalleri değişik boyutlarda (1 mm-birkaç cm), jips gülleri (Jxvha 2, foto 3) ve mızrak ikizi oluşturarak cevher damarlarının gözeneklerinde (çok az bir biçimde), ya da yan kayaçlar içerisinde ve alterasyon zonlarında yaygın olarak gözlenir (Levha 2, foto 4).

Pirit mineralleri; çok düşük (5-400 mikron) öz şekilli, yan öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde, kalsit ve realgar minerallerince çevrelenmiş biçimde (Levha 2, foto 1,2) saptanmıştır. Ayrıca yan kayaç ile cevher damarlarının kontaklarında daha sıkça gelişmiş olarak izlenir. Piritler oksidasyon sonucu ya bütünüyle ya da kısmen limonite dönüşümler gösterir.

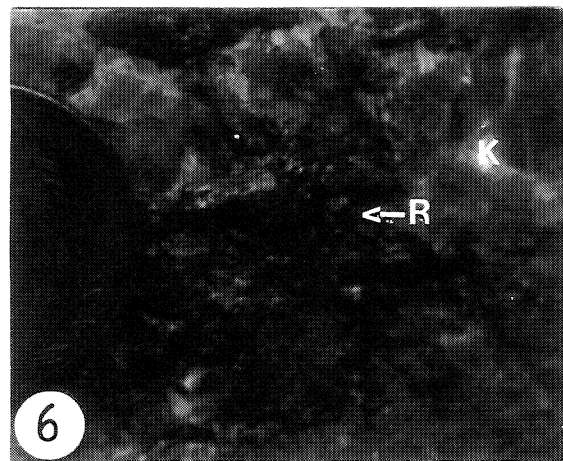
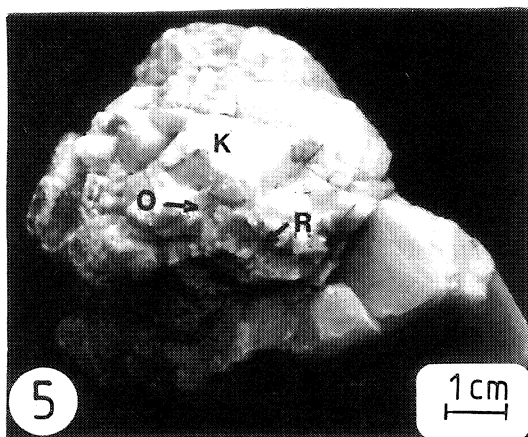
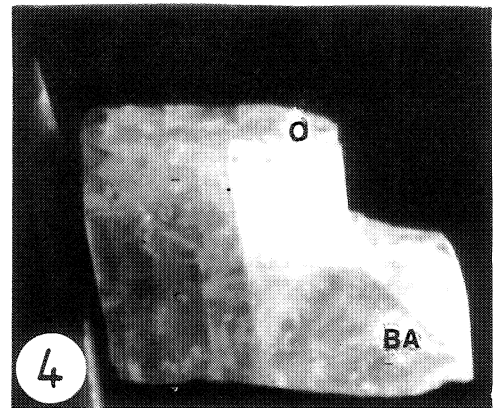
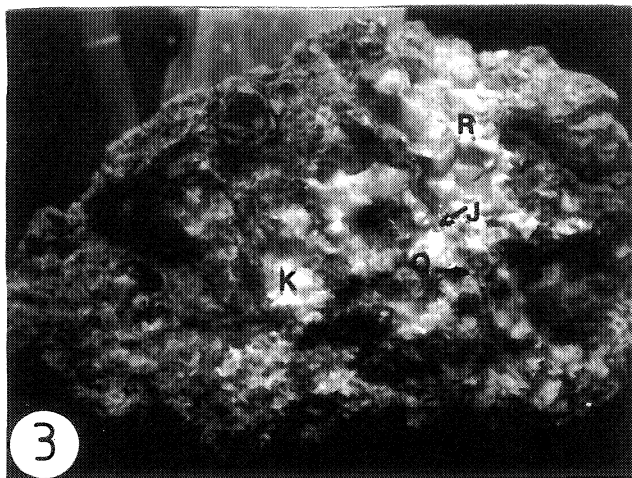
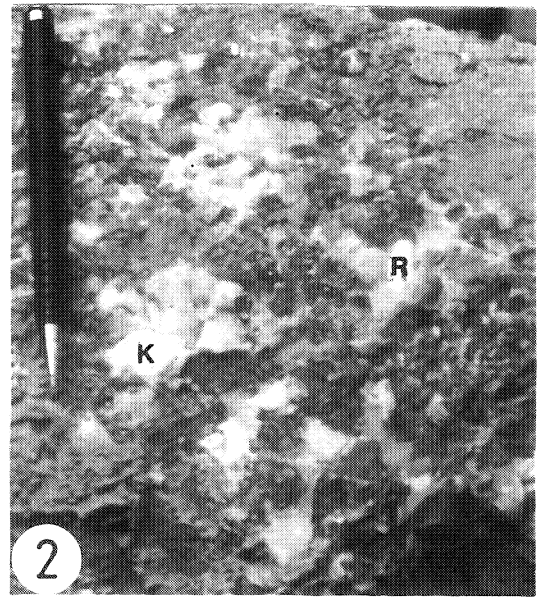
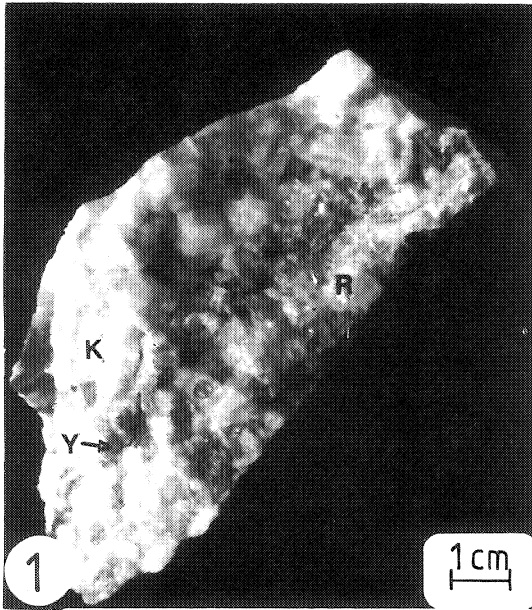
Oluşum Sırası

Gölbaşı realgarh kalsit damarlarında yapılan makroskobik ve mikroskobik gözlemler sonucunda damarları oluşturan minerallerin iki aşamada geliştiği belirlenmiştir. Realgarh - bariü kalsit damarları oluşumlarından sonra yerel tektonik hareketlerin etkisinde kalmışlar ve damarlar üzerinde çatlaklar gelişmiştir. Gelişen yeni açıklıklara, halen de getirilmelerini ve işlevini sürdüren solfator evreden kaynaklanan jips ve kükürt gibi mineraller yerleşmiştir. Cevherleşmenin mineral oluşum sırası Çizelge 2' deki gibidir.

MİNERALİZE DAMARLARIN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Bölge içerisinde yer alan cevher damarlarında çoğunlukla egemen mineral kalsit olmasına rağmen, yer yer damarlarda realgarh, zaman zaman da baritin egemen olduğu da belirlenmiştir. Değişik damarlardan oluk yöntemiyle alınan örneklerin analiz sonuçlarında da benzer özellikler açıkça görülmüştür (Çizelge 1).

Cevher örneklerinin analizleri MTA Genel Müdürlüğü ile Çinkur A.Ş.'nin laboratuvarlarında yapılmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde As tenorunun %1.30 ile %25.00 arasında ve ortalama % 11.00 dolayında olduğu görülür. BaO ise damarlarda %0.20 ile %54.80 arasında değişim gösterirken, ortalama % 16.50 oranında bulunur. Damarların kimyasal bileşiminde yer alan diğer bazı elementlerin bulunabilme oranları ve ortalama değerleri de Çizelge 1'de verilmiştir. Cevherleşmede antimanın 68 ppm ile 380 ppm, bakırın 5 ppm ile 4 ppm, nikelin 52 ppm ile 330 ppm, gümüşün 1 ppm ile 6 ppm, kobaltın 3 ppm ile 12 ppm ve cıvanın 0.2 ppm ile 4 ppm oranında bulunduğu tesbit edilmiştir. Tüm bu



GÖLBAŞI (İSPARTA) EPİTERMAL ARSENİK

Çizelge 2. Gölbaşı realgarlı, baritli kalsit damarlarının mine-
rai oluşum sırası.

Table 2. Mineral succession of Gölbaşı realgar, barite-bearing calcite ve i/s.

Mineral	1. Dönem	Tektonik	2. Dönem
Pirit	=====		
Kalsit 1	=====		
Barit	=====		
Realgar	=====		
Orpiment	=====		
Limonit	=====		
Kalsit 2			=====
Jips			=====
Kükürt			=====

elementler ile birlikte Al, Mg, Na, K, Mn, Fe, elementleri de cevherleşme içerisinde değişik oranlarda yer alır. Bu elementlerin varlığının bir kısmı doğrudan mineralizasyona bağlı iken, bir kısmı da yer yer damar dolgusu içerisinde kalan flişe ait kumtaşı, kireçtaşı ve marn kalıntılarında kaynaklanmaktadır. Ancak bu değerlerin hangi oranda mineralizasyondan, hangi oranda yan kayaç kalıntılarında geliştiğini kestirmek oldukça güçtür.

YAN KAYAÇ ALTERASYONLARI

Araştırılan alanda mineralize damarlar ile yan ka-

LEVHA 1

PLATE 1

Foto 1. Cevherli damar içerisinde realgar (R), kalsit (K) mineralleri ve yan kayaç kalıntıları (Y).

Photo 1. In the mineralized vein, realgar (R), calcite (K) minerals and residual wallrock (Y).

Foto 2. Realgarca (R) zengin bir örnek, kalsit (K) daha az.

Photo 2. A sample rich in realgar (R), less calcite (K).

Foto 3. Kalsit (K), realgar (R), orpiment (O), jips (J) ve yan kayaç kalıntıları (Y).

Photo 3. Calcite (K), realgar (R), orpiment (O), gypsum (J) and residual wallrock (Y).

Foto 4. Öz şekilli barit (Ba) kristalleri yüzeyinde orpiment sıvaması (O).

Photo 4. Orpiment (O) on the face of euhedral barite (Ba) crystals.

Foto 5. Öz şekilli, yarı öz şekilli kalsit (K), kristalleri ve realgarın (R), orpimente (O) dönüşümü, yan kayaç kalıntısı (Y).

Photo 5. Euhedral, subhedral calcite (K), grains and changing of realgar (R), to orpiment (O), residual wallrock (Y).

Foto 6. Kalsit (K) gang içerisinde öz şekilli, yarı öz şekilli realgar kristalleri (R).

Photo 6. In the calcite (K) gangue, euhedral, subhedral realgar crystals (R).

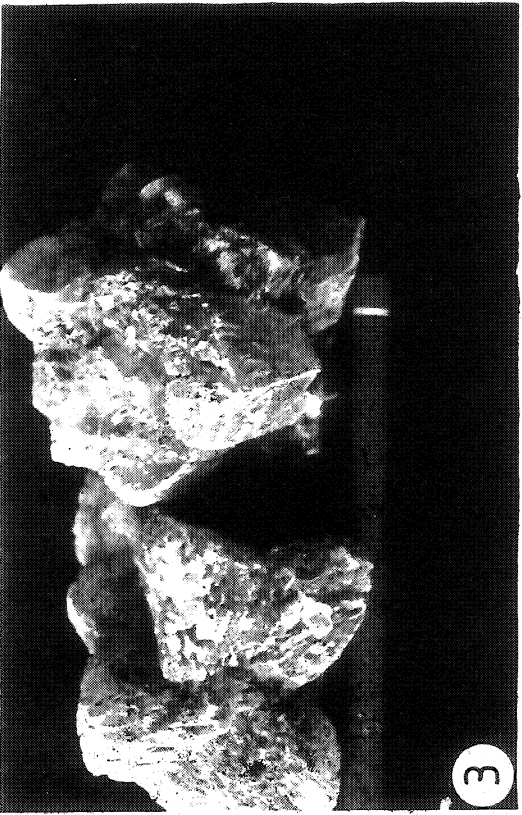
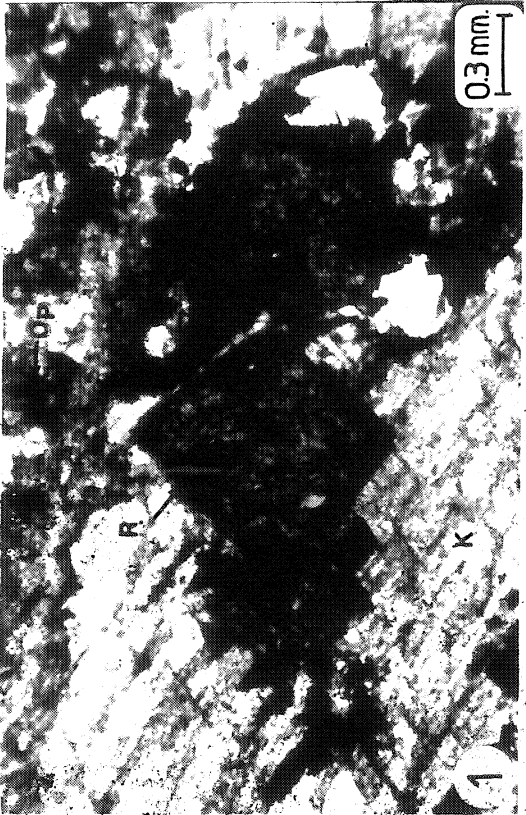
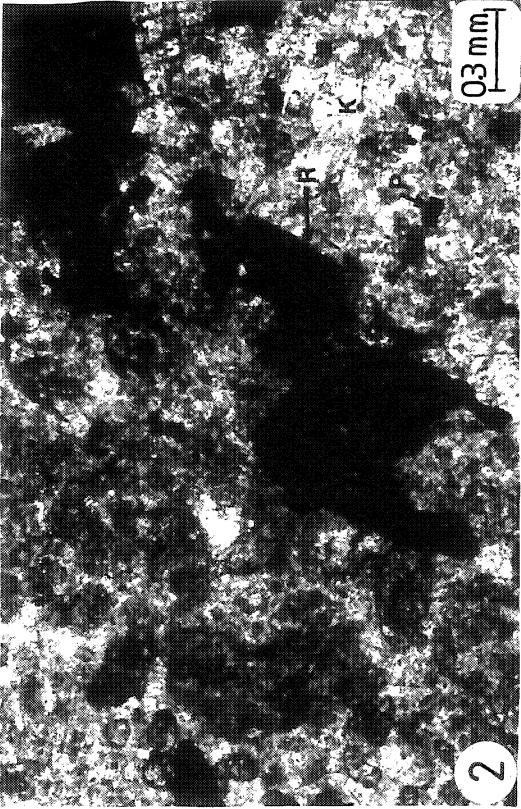
yaçların (kireçtaşı, killi kireçtaşı, main, kıltaşı, kumlu kireçtaşı, mikrokonglomera) dokanakları bütünüyle keskindir. Yan kayaçlarda, cevher yerleşimi öncesi veya esnasında kimyasal ve mineralojik bir değişimin olduğuna dair bir veri de elde edilememiştir. Ancak, her zaman olmamakla birlikte, mineralize damarlar ile dokanaklarında, realgarın kimyasal bozunması ile geliştiği tahmin edilen ve yan kayaçların açık yeşile boyanması ile ortaya çıkan bir değişim gözlenmiştir. Gencide 1 cm kalınlığa ulaşan bu renk değişimi ile yüzeyleme rengi kirli sarımsı, açık kahverengimsi olan kayacın renginin açık yeşile dönüştüğü saptanmıştır. Ancak bu renk değişiminde, yan kayaçlarda mineralojik ve kimyasal bir dönüşüm gözlenmemiştir.

Çok önemli bir özellik olarak görülmemesine rağmen, araştırılan alan ve çevresinde mineralize damarların aranmasında dikkatli bir gözlem yapmak kaydıyla, bu özellikten bir renk klavuzu olarak yararlanmak mümkündür.

Ayrıca, cevherleşme ile doğrudan ilişkisi bulunmayan ancak cevherleşmenin bulunduğu bölge ve yakın çevresinde fliş içerisinde farklı ve oldukça yaygın olan renk değişimlerinin varlığı saptanmıştır. Bu renk değişiklikleri; flişi oluşturan litolojilerin yüzeylerinde beyaz renkli, tüy kadar hafif çiçeklenmeler ile bu çiçeklenmelerin üzerinde geliştiği birimlerin renklerinin sarımsı kahveden ve grimsi renklerden koyu gri ve siyaha dönüştüğü şeklinde izlenmiştir (Levha 2, foto 4). Drenaj ağları içerisinde, sırtlar üzerinde değişik genişliklerde ve en fazla birkaç m²'lik alanlarda sıkça gözlenen bu oluşumlar, halen güncelliğini koruyan volkanik etkinliğe bağlı H₂Sli gaz çıkışlarının etkilediği bir alterasyon sonucu olarak yorumlanmıştır (Levha 2 foto 4). Bu siyah ve beyaz renkli alterasyon haleleri içerisinde çeşitli boyutlarda jips kristalleri ile serbest kükürt (%1.18) ve pirit gelişimleri belirlenmiştir. Alterasyon zonundan alınmış Al no'lu örneğin analiz sonuçları çizelge 3' de verilmiştir. Ayrıca bu zonlardan alınan beyaz renkli çiçeklenmelerin XRD incelemeleriyle jips olduğu ortaya konmuştur. Siyah rengin ise, ince taneli pirit ile serbest kükürten kaynaklandığı saptanmıştır. Nitekim, önceki çalışmalarda da benzer görüşler ileri sürülmüştür (Sarız, 1985; Özgüner ve diğ., 1989).

SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Realgarlı-baritli kalsit damarlarından alınan örneklerden seçilen barit ve kalsit kristallerinde sıvı kapanım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mikrometrik ölçümler için MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Başkanlığı laboratuvarlarında bulunan +600 C° kapasiteli ısıtma tablası ile -150 C° kapasiteli soğutma tablası kullanılmıştır. Ölçümler, Roedder (1983) tarafından tanımlanan kriterlere göre seçilen birincil kapanımlarda yapılmıştır. Cevher damarları sığ derinliklerdeki kırık ve boşluklara dolgu şeklinde yerleştiğinden ölçümlere ait basınç düzeltmeleri ihmal edilebilecek düzeydedir. Bu



GÖLBAŞI (İSPARTA) EPITERMAL ARSENİK

Çizelge 3. Alterasyon zonunun analiz sonuçları.

Table 3. Analysis results of alteration zone.

(2)	j	SiO ₂	CaO	NgO	Fe	J	Mn	Cu	Zn	Serbest S	Ateşte Zayıyat
j	A*	36.04	15.25	2.50	4.10	0.05	0.07	0.04	1.18	19.40	

nedenle homojenleşme sıcaklıkları oluşum sıcaklıklarına eşit kabul edilmiştir.

Ölçümler kalsit ve barit kristallerindeki birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Bunların boyutları genelde 5-20 mikron arasında değişmektedir. Biri barit diğer dördü de kalsit kristallerinde olmak üzere toplam 31 ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının ortalama 70-120°C arasında değiştiği belirlenmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde kalsit ve barit örneklerinin oluşumlarının 205 C°'de başlayıp, 50 C°ye kadar oluşumlarının devam ettiği görülse de genelde 70-120°C sıcaklıklarda gelişen bir epitermal evreye ait mineraller oldukları ortaya çıkmıştır. Örneklerde tek fazlı sıvı kapanımlar da belirlenmiş olup, bu tür kapanımların oluşum sıcaklıkları Roedder (1984)'e göre 150 C°nin altındadır. Nitekim yapılan ölçümlerde kapanımların 150 C°den fazla ısıtıldıklarında çatlamaları bu bulguyu desteklemiştir.

Böylece, sıvı kapanım incelemeleri sonucu, bölgede yer alan ve genellikle kalsit, realgar ve baritten meydana gelen damarların 70-120 C° arasında sıcaklıkları olan hidrotermal çözeltilerden epitermal evrede oluştuğu belirlenmiştir.

REZERV

Gölbaşı arsenik mineralizasyonunun rezervini bula bilmek amacıyla arazide cevher damarları üzerinde doğrudan yapılan ölçümlerle birlikte, jeolojik harita ve kesitlerden yararlanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Gölbaşı arsenik mineralizasyonunun % 11.00 arsenik ve % 16.50 BaO tenörlü 884 ton görünür, 3473 ton muhtemel ve 31203 ton jeolojik olmak üzere toplam

LEVHA 2

PLATE 2

Foto 1. Öz şekilli, yarı öz şekilli realgar (R) ve opak mineral (Op), ince kesit, tek nikol.

Photo 1. Euhedral, subhedral realgar (R) and opaque mineral (Op), thin section, plane polarized light.

Foto 2. Öz şekilsiz, yarı öz şekilli realgar (R) ve kalsit (K) ile opak mineraller, Pirit (P) ince kesit, tek nikol.

Photo 2. Anhedral, subhedral realgar (R) and opaque minerals, pyrite (P), thin section, plane-polarized light.

Foto 3. Fliş içerisinde toplanmış jips gülleri.

Photo 3. Gypsum roses picked up from fly sch.

Foto 4. Fliş (F) içerisinde gelişmiş alterasyon zonu (AZ).

Photo 4. Alteration zone (AZ) developed in the fly sch (F).

35560 ton rezerve sahip olduğu belirlenmiştir.

KÖKEN

Gölbaşı arsenik cevherleşmesi; Eosen yaşlı fliş düzeylerinin içine genç tektoniğe bağlı olarak gelişen ağırsal kırıkların ve fay zonlarının boşluklarına damarlar şeklinde, epijenetik yerleşmiştir.

Damarlar, kalsit, realgar, barit, orpiment ve piritten oluşan basit bir mineral parajenezine sahiptir. Bu minerallerden özellikle ilk üçü birkaç santimetreye ulaşan kristal boyutları ile cevherleşmeye iri taneli bir yapı kazandırır. Sıvı kapanım incelemeleri minerallerin oluşumunun genelde 50-205 C° arasında değişen sıcaklıklara sahip eriyiklerden itibaren geliştiğini göstermiştir (Çizelge 4). Ancak esas oluşum evresinin ortalama olarak 70-120 C° arasında değiştiği hesaplanmıştır. Yukarıda sayılan özellikler maden yatakları ilkeleri çerçevesinde yorumlandığında (Guilbert ve Park, 1986) Gölbaşı realgarlı baritli kalsit mineralizasyonunun hidrotermal eriyiklerden itibaren epitermal evrede oluştuğunu göstermektedir.

Ancak bu hidrotermal eriyiklerin ve taşıdığı mineral yapıcı iyonların kaynağının da belirlenmesi gerekliliği vardır. Bölgede daha önceki bölümlerde verilen Pliosen yaşlı traki-andezitik, latitik bir volkanizma mevcuttur (Şekil 3). Volkanik kayalar ile arsenik mineralizasyonunun doğrudan ilişkisi sahada belirlenmemiştir. Ancak mineralizasyonun volkanik kayalara olan uzaklığı bir-iki kilometredir. Gömülü, mostra vermemiş olan mağmatik kayalarla ilişkisini ortaya koymak ise bugünkü araştırma yöntemiyle mümkün olmuştur.

Gölcük volkanizması, Gölbaşı arsenik mineralizasyonunun bulunduğu bölgede Keçiçorlu kükürt, Yelliyatak Tepe kükürt (bu kükürt cevherleşmesiyle arsenik mineralizasyonu arasında sadece 1 km kadar bir mesafe vardır), Yakaören kükürt gibi cevherleşmelerin de kaynağı olarak gösterilmektedir (Saniz, 1985; Özgüner ve diğ., 1989).

Dolayısıyla, Gölcük volkanizmasının ya da onun da bağlı olduğu mağmatik faaliyetin, arsenik mineralizasyonunun gelişmesine neden olan hidrotermal eriyiklerin kaynağı olması kuvvetle olasıdır.

Ayrıca bölge içerisinde değişik lokasyonlarda içilemeyen, sulamada kullanılmayan ve çevresinde değişik renkte çökeltileler bırakan vadoz su kaynakları ile gaz çıkışlarının (Yakaören dolayları, Yelliyatak Tepe ve Keçiçorlu kükürt işletmeleri v.b. yerlerde) varlığı mağmatik etkinliğin sönmeye yüz tutsa da devam ettiğinin bir göstergesidir.

Böylece cevherleşmenin bölge jeolojisi içerisindeki konumu, geometrisi, yataklanma şekli, mineral parajenezi, cevherleşmenin dokusu ve yapısı, sıvı kapanım incelemeleri, cevherleşmenin de içinde yer aldığı böl-

Çizelge 4. Sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları.

Table 4. Measured homogenisation temperatures of fluid inclusions.

Örnek No	Kapanım no	TH(°C)	Ört. Uyanım	Açıklama
B1 (Barit)	1	72	119	iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar, 6-30 mikron arasında değişen boyutlarda.
	2	92		
	3	113		
	4	119		
	5	121		
	6	195		
B2 (Kalsit)	1	70	97	iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar.
	2	76		
	3	80		
	4	81		
	5	81		
	6	83		
	7	111		
	8	115		
	9	127		
	10	144		
B3 (Kalsit)	1	81	146	iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar 6-12 mikron boyutlarında.
	2	97		
	3	145		
	4	152		
	5	155		
	6	184		
	7	205		
B4 (Kalsit)	1	50	79	iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar 10-20 mikron boyutlarında.
	2	79		
	3	90		
	4	98		
B5 (Kalsit)	1	67	104	iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar 5 mikron civarında boyutlarda izlenmiştir.
	2	105		
	3	109		
	4	134		

gede Pliyosen yaşlı bir vulkanizmanın ve ona bağlı diğer mineralizasyonların da olması, arsenik mineralizasyonunun bu genç vulkanizmaya ya da bu vulkanizmayı oluşturan magmatik faaliyete bağlı, ortalama 50-120 C° arasında sıcaklığı olan hidrotermal eriyiklerden itibaren çökeldiğini göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Yazar, bu çalışmada örneklerin XRD çekimlerini yapan Dr. Osman Koptagel'e ve Fizik Müh. Nurgün Güngör'e teşekkür eder. Kimyasal analizlerin gerçekleşmesinde yardımcı olan Jeoloji Yük. Müh. Yavuz Ulutürk'e ve Çinkur Müessesesi yöneticilerine, sıvı kapanım ölçümlerini gerçekleştiren Dr. Zeynep Ayan'a teşekkür borçludur. Ayrıca yazım ve çizimlerdeki katkılarından dolayı Araş. Gör. Gürkan Bacak'a da teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

Bilgin, A., Köseoğlu, M. ve Özkan, G., 1990, İsparta Gölcük volkanitlerinin mineralojisi, petrografisi ve jeokim-

yası: Doğa Türk Mühendislik ve Çevre Bült. Dergisi, 14-2, 342-361..

Ercan, T., Dinçel, A. ve Günay, E., 1979, Uşak volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından Ege bölgesindeki yeri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22, 185-198.

Gedikoğlu, A., Kuşçu, M. ve Türker F., 1988, Gölcük yöresi pomza yataklarının ekonomik özellikleri: Akdeniz Üniv. İsparta Müh. Fak. dergisi, Jeol. Müh. seksiyonu, 4, 432-449.

Guerbay, S. 1903, Gölbaşı arsenik raporu: MTA Genel Müd., Derleme no: 528, 7s. (Yayınlanmamış).

Guilbert, J. M. ve Park, C. F., 1986, The Geology of Ore Deposits: W.H. Freeman Company, New York, 985 s.

Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A. ve Dumont, J. F., 1979, Géologie des Taurides occidentales (Turquie): Mémoires de la Société Géologique de France, 137-1, 112 s.

Karaman, E., 1986, Burdur dolayının genç stratigrafisi: Akdeniz Üniv. İsparta Müh. Fak. Dergisi, 2, 23-36.

Koçyiğit, A., 1984, Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 27, 1-15.

Kuşçu, M., 1994, Gölcük (İSPARTA) vulkanizmasına bağlı olarak gelişmiş endüstriyel hammadde ve metalik maden yatakları: Çukurova Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi özel sayı, 169-185.

Kuşçu, M. ve Gedikoğlu., 1990, İsparta-Gölcük yöresi pomza yataklarının jeolojik konumu: Jeoloji Müh. Dergisi, 37, 69-78.

Kuşçu, M. ve Selçuk, G., 1993, İsparta yöresi ignimbritlerinin tras olarak kullanılabilirliğinin araştırılması: Jeoloji Müh. Dergisi, 43, 25-23.

Özgüner, A. M., Fişekçi, A., Kılıç, L., Özgüner, E., Ölmez, M., Akıncı, A. ve Taş, N., 1989, İsparta-Keçiborlu kükürt yatakları maden jeolojisi raporu: MTA Genel Müd., Maden Etüd Dairesi Başkanlığı.

Roedder, E., 1983, Origin of fluid inclusion and changes that occur after trapping: mineralog. Assoc, Canada., short course Handbook., 2 nd ed., V. 6., 101-137.

Roedder, E., 1984, Fluid inclusions: Reviews in mineralogy; Paul H. Ribbe; Mineralogical society of America, volume 12, 643 s., Book crafters, Inc. Michigan.

Sarız, K., 1985, Keçiborlu kükürt yataklarının oluşumu ve yöresinin jeolojisi: Anadolu Üniv., Müh. Mim. Fak. Yayınları, No: 22.*

Tuncay, A., 1989, İsparta Kuzeybatısının Jeolojisi ve Maden Yatakları: Akdeniz Üniv. Fen Bilim. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 41 s. (Yayınlanmamış).

Yalçınkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P. ve Taner, K., 1986, Batı Torosların Jeolojisi: MTA Genel Müd. Jeoloji Etüd Dairesi Raporu.