

Gölbaşı (Isparta) Damar Tipi Epitermal As Cevherleşmesinin İz Element ve Kararlı İzotop Jeokimyası Özelliklerinin İncelenmesi

Mustafa KUŞCU¹, Shokrollah ABDULLAH¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, 32260, Isparta

(Alınış / Received: 01.08.2016, Kabul / Accepted: 20.02.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 29.03.2017)

Anahtar Kelimeler

Arsenik mineralizasyonu,
İz element jeokimyası,
Kararlı izotop oranları,
Köken

Özet: Gölbaşı arsenik mineralizasyonu; Eosen yaşlı ve fliş karakterli Isparta 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. Çalışma alanında damarlar başlıca iri taneli kalsit, realgar, barit, orpiment ve pritten oluşan bir mineral parajenezine sahiptir. Arsenik damarlarının, Pliyosen yaşlı trakiandezit-latit bileşimli ve Gölcük volkanizmasını da oluşturan mağmatik faaliyete bağlı epitermal bir cevherleşme olduğu önceki yayınlardan bilinmektedir. Realgar örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri ‰ -1.28 ve ‰ 2.31 arasında değişim gösterirken, ortalama ‰ -0.019 değerindedir. Cevherleşmenin barit örnekleri ise ‰ 29.74 ve ‰ 30.72 arasında değişen değerlere sahipken ortalama ‰ 30.32'lik bir $\delta^{34}\text{S}$ değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma sahasından derlenen kalsit örneklerinin üzerinde yapılan $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop analiz sonuçlarına göre sırasıyla $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri ‰ 28.06 ile ‰ 30.69 arasında ve ortalama ‰ 29.37 arasında değişmekte olup bu değerler $\delta^{13}\text{C}$ için ‰ -1.31 ile ‰ 1.05 arasında iken ortalama ‰ 0.019 değerindedir. Gölbaşı arsenik cevherleşmesinde iz elementler miktarca düşük değerler gösterirken Sr, V, Sb ve Se elementlerinin diğer iz elementlere göre daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir. $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerlerinin sıfıra yakın bir değer göstermesi cevherleşmenin mağmatik faaliyete bağlı olduğunu, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerleri ise cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal eriyiklerin mağmatik sularla birlikte meteorik sularca zengin olduğunu göstermiştir.

Investigation of Trace Element and Stable Isotope Geochemistry Features of Gölbaşı (Isparta) Vein Type Arsenic Ore

Keywords

Arsenic mineralization,
Trace element
geochemistry,
Stable isotope ration,
Origin

Abstract: 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 which developed around the main vein. It is found along a normal fault zone trending approximately N-S. In this study, the veins have mainly mineral paragenesis consisted of coarse-grained calcite, baryte, realgar and orpiment. The arsenic ore is an epithermal mineralization that was formed from magmatic activity. The arsenic mineralization is related to Pliocene aged trachyandesitic-latitic Gölcük volcanism. This hypotheses is known from previous publications. The $\delta^{34}\text{S}$ isotope values of realgar samples are shows changes between ‰ -1.28 and ‰ 2.31 and the average is ‰ -0.019. The values of $\delta^{34}\text{S}$ for barite samples of the ore vary from ‰ 29.79 to 30.72. The arithmetic average of 8 samples of the barite $\delta^{34}\text{S}$ is ‰ 30.32 According to the results from the $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ isotope analysis which was performed on the samples of calcite collected from the researching site; the values of $\delta^{18}\text{O}$ isotope are between from ‰ 28.06 to ‰ 30.69 and the average is ‰ 29.37. The values for $\delta^{13}\text{C}$ are between from ‰ -1.31 to ‰ 1.05 and the average value is ‰ 0.019. While the quantity of trace elements shows the low value in the As mineralization of Gölbaşı, the some elements namely Sr, V, Sb and Se elements showed the higher values than other trace elements in ore. Due to the values of the $\delta^{34}\text{S}$ isotope showing the values close to zero, the mineralization is thought to be formed from the magmatic activity. At the same time, according to the values of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$, the hydrothermal solution forming arsenic ore may be thought rich in meteoric water as well as the magmatic water.

1. Giriş

Bu makale kapsamında Gölbaşı (Isparta) As damar tipi cevherleşmesinin iz element ve kararlı İzotop Jeokimyası özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Gölbaşı arsenik zuhuru, Isparta-Burdur karayolunun 35.km'sinde bulunan Gölbaşı Köyü'nün 4 km güneyindedir.

Günümüzde, gelişen teknoloji ve endüstriyel gereksinimleri karşılamak için gerekli olan hammaddeye olan ihtiyaç daha fazla artmıştır. Bu durum ise doğal yatakların aranması ve işletilmesini daha önemli bir hale getirmiştir. Çalışma kapsamında, bölgede bulunan kaya birimlerinin litolojik özellikleri, cevher-yan kayaç ilişkileri, cevher doku ve yapıları, ayrışma tipleri, cevher mineral birliği, daha önce [1] tarafından yapılmış çalışmadaki verilere ek olarak iz element ve kararlı izotop jeokimyası araştırmalarının da yapılarak cevherleşmenin oluşum şekli hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma başlıca üç bölüm şeklinde yürütülmüştür. Bunlar; arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmalarıdır.

1. Bu çalışması, ilk olarak saha incelemeleri ile başlamıştır. Daha sonra Gölbaşı (Isparta) alanından derlenen Kalsit, Barit ve Realgar mineralleri binokuler altında seçilerek 8 adet saf kalsit, 8 adet barit ve 8 adet realgar olmak üzere 24 adet örnekte $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri yapılmıştır. Duraylı izotop analizleri ISO ANALYTICAL laboratuvarında; $\delta^{34}\text{S}$ analizleri realgar ve barit minerallerinde elemental analiz, kütle spektrometresi (EA-IRMS) kullanılarak, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop analizleri ise kütle spektrometresi (ACİD-İRMS) kullanılarak kalsit minerallerinde gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte major element, iz element ve nadir toprak element analizleri de ACME (Kanada) Laboratuvarında yaptırılmıştır.

2. Cevherleşme lokasyonları üzerinde söz konusu realgarlı- baritli kalsit cevherleşmelerinin içerisinde bulunduğu ana kayaçlardan alınan 2 adet barit 2 adet kalsit örneği olmak üzere toplam 4 adet el örneği derlenmiş ve bunların ince kesitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında hazırlanarak, mineral tanımlamaları ve fotoğraf çekimleri Jeotermal Enerji, Yer altı suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (AUM) nikonoptiphol-POL polarizan mikroskopunda gerçekleştirilmiştir.

3. Alınan numunelerin mineralojisini belirlemek için X-ışını kırınımı (XRD) incelemeleri, Süleyman Demirel Üniversitesinde Jeotermal Enerji, Yer altı suyu ve Mineral kaynakları AUM'de Philips X PERT PRO MPD ve Perkin Elmer- Termogravimetrik/

Diferansiyer Termal Analiz cihazlarında analize tabi tutulmuştur.

4. Çalışılan sahadan sistematik olarak derlenen numuneler, laboratuvarında 80 mesh boyutunda öğütülerek ana kayaçtan alınan numuneler, ve cevherli numuneler üzerinde;

Ana oksitler; SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , MnO , Cr_2O_3

İz elementler; Ba, Be, Co, Cs, Gs, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Th, U, V, W, Zr, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Hg, Tl, Se.

Nadir toprak element analizleri; La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y, Sc.

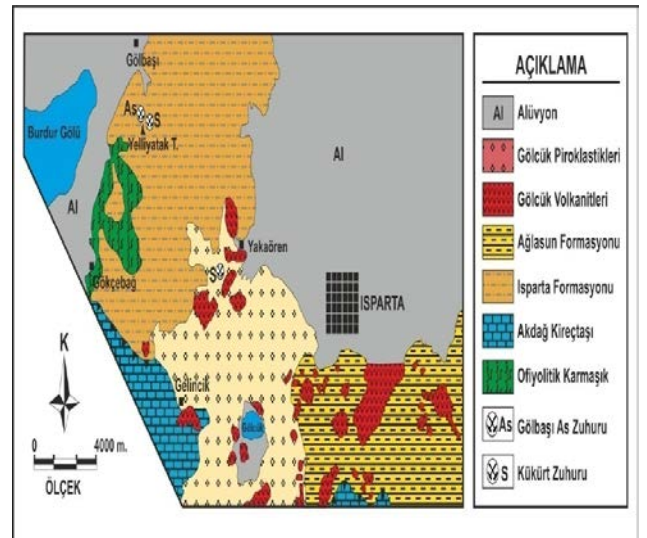
ACME Laboratuvarında (Kanada) Inductively Coupled Plasma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazıyla analiz edilmiştir.

5. Elde edilen bütün veriler, tablo, grafik ya da haritalar üzerinde yorumlanarak makale haline getirilmiştir.







3. Bulgular

3.1. Genel jeoloji

İnceleme alanı olan Isparta Yakaören ve Gölbaşı Köyleri arasında kalan bölgede, en yaşlı birimi ofiyolitik karmaşık oluşturur. Kretase yaşlı bu ofiyolitik karmaşığın üzerinde Eosen yaşlı ve fliš karakterli Isparta formasyonu bulunur. Isparta ilinin güneydoğusunda ise Burdigaliyen yaşlı Ağlasun formasyonu ve bu birim üzerine bindirme ile gelmiş Jura-Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşları yayılım gösterir. Bölgede tüm bu birimleri keserek çıkmış Pliyosen yaşlı trakiandezit bileşimli volkanitler ve piroklastikler ise genç birimleri temsil ederler (Şekil 1, 2).



Şekil 1. Gölbaşı ve dolayının jeoloji haritası [1].

Kuvaterner	Alüvyon		Kil, kum, çakıl, blok
Pliyosen	Gölcük volkanitleri ve piroklastitleri		Tüf, lapilli, trakiandezit
Eosen	Isparta Formasyonu		Fliş
			As damarları
Jura-Kretase	Akdağ Kireçtaşı		Serpantin, kireçtaşı
	Ofiyolitik Karmaşık		*Ölçeksizdir.

Şekil 2. Yakaören-Gölbaşı dolayında bulunan litolojik birimlerle arsenik cevherleşmesinin ilişkisini gösteren stratigrafik sütun kesiti (ölçeksiz) [1].

3.2. Gölbaşı arsenik mineralizasyonu

Çalışma alanının mineralizasyonu [1] tarafından aşağıdaki şekilde ortaya konulmuştur;

Arsenik zuhuru, Isparta-Burdur karayolunun üzerinde bulunan Gölbaşı Köyü'nün 4 Km güneyinde yaklaşık 1 km²' lik bir alanda mostra verir. Bu alan içerisinde realgarlı-baritli kalsit damarları, Eosen yaşlı ve fliş karakterli Isparta formasyonu içerisindeki yaklaşık K-G doğrultulu, dik veya batıya eğimli normal atımlı bir fay boyunca gelişmiş bir ana damar ve bu ana damar çevresinde değişik kalınlıklarda (1 mm-50 cm) farklı doğrultulardaki ağsal damarlar biçimde bulunur.

Ana damar; K6°D/85°GD konumunda, doğrultusu boyunca 1 ile 2.5 m arasında değişen kalınlığa ve kesiksiz 38 m'lik bir uzanıma sahiptir. Diğer damarlar K5°-10°D/85°GD ve KB-GD; DB/40° K ve K70°B/50°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 % 99 lara ulaşabildikleri saptanmıştır. Bu üç mineralin damarlarda nasıl değişken olarak buldukları kimyasal analiz sonuçlarından açıkça görülebilmektedir. Her ne kadar damarların sadece belli minerallerden oluştuğu belirtilse de, damar

dolguları içerisinde yan kayaç parça ve kırıntılarının varlığı da belirlenmiştir [1].

Ancak yan kayaç kırıntılarının damarlar içerisinde en fazla % 2'lere ulaştığı gözlenmiştir. Mineralize damarlar; genelde kırmızı realgarların, turuncu renkli orpimentlerin veya beyaz grimsi, mavimsi beyaz baritlerin bulunabilme oranlarına göre kırmızı, beyaz veya genelde bu iki rengin oluşturduğu göz alıcı renkleriyle sahada kolayca farkedilirler (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. Çalışma alanında realgarlı, baritli, kalsit damarlarının görünümü



Şekil 4. Cevherli damar içerisinde kırmızı renkli realgar, beyaz grimsi kalsit, gri renkli barit, turuncu renkli orpiment kristalleri

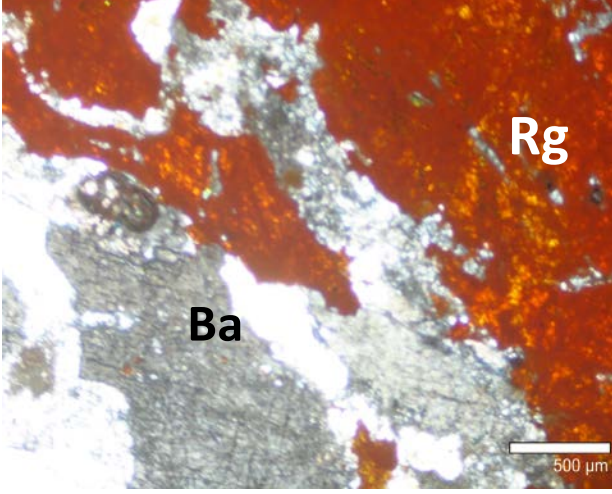
3.3. Mikroskop incelemeleri

Polarizan mikroskopta cevherleşmenin ince kesitlerinde yapılan incelemeler sonucu Kalsit, barit, realgar ve orpiment mineralleri saptanmıştır (Şekil 5, 6, 7, 8, 9 ve 10).

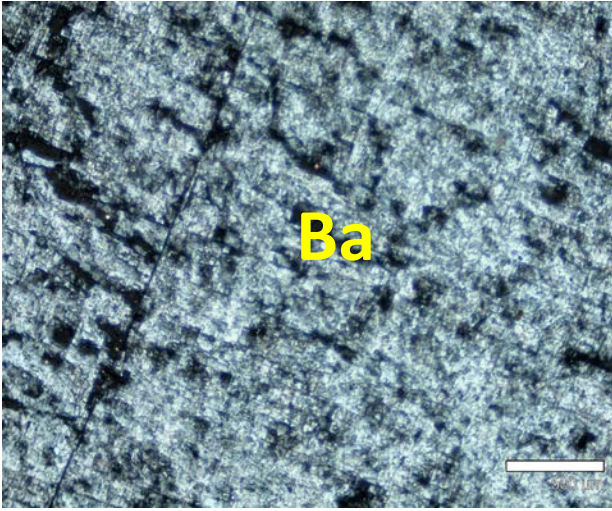
3.4. X-Işını kırınımı analizleri

Sahada farklı lokasyonlardan derlenen 3 adet barit numunesi (GB-1, GB-3 ve GB-8) için X-Işını Difraktometre analizi Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji Yeraltı Suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarında, Panalytical X'pert pro MPD modelindeki XRD

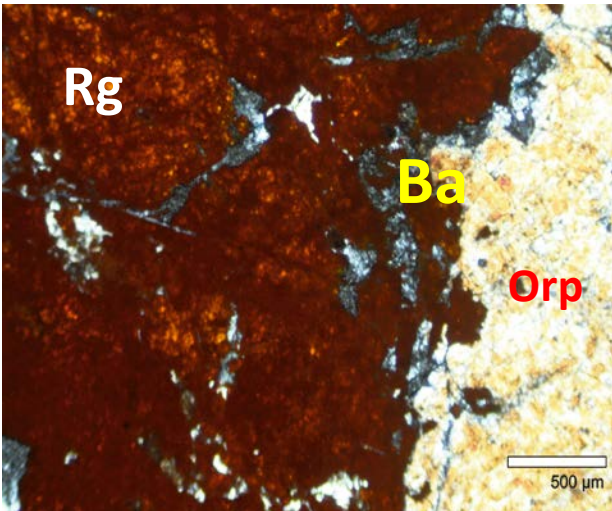
cihazında gerçekleştirilmiş olup, çalışma amacına uygun olacak şekilde 45 kV ve 40 mA'da 7-76°lik açı aralıkları kullanılmıştır. Bu analiz sonuçları ile mineralojik olarak numunelerin içerisinde realgar, orpiment, barit ve kalsit bulunmuştur (Şekil 11).



Şekil 5. Realgar (Rg) ve barit (Ba) mineralleri ince kesit görüntüsü (Çift Nikol, 4x)



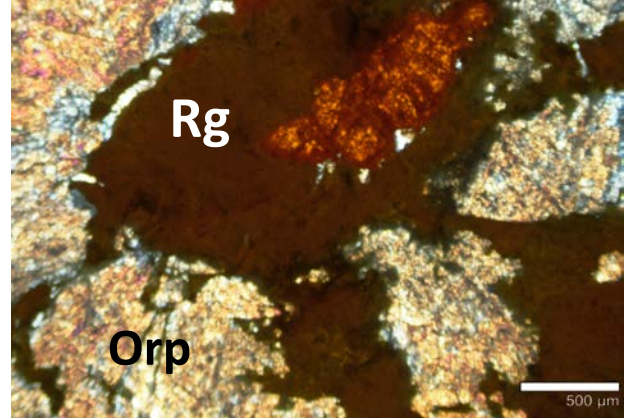
Şekil 6. Barit (Ba) ince kesit(Çift Nikol, 4x)



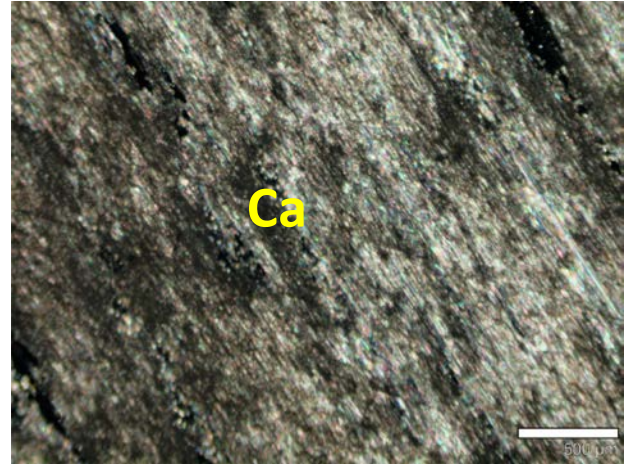
Şekil 7. Realgar (Rg), Barit (Ba) ve kalsit (Ca) mineralleri yüzeyinde orpiment sıvaması (Orp) ince kesit görüntüsü (Çift Nikol, 4x)

3.5. Gölbaşı arsenik cevherleşmesinin jeokimyasal özellikleri

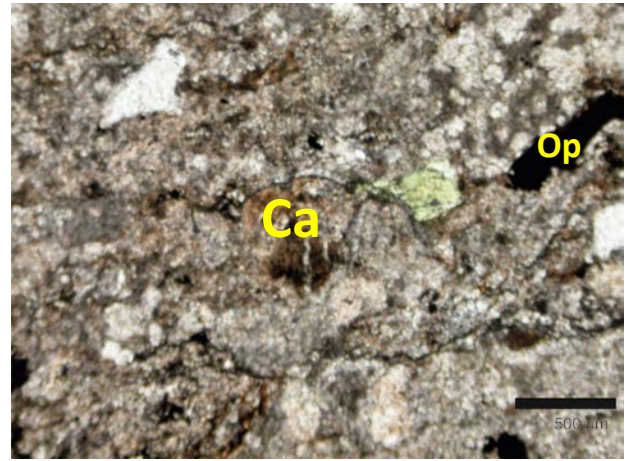
Çalışma alanından derlenen 3 adet realgar, 3 adet barit ve 3 adet kalsit damarı olmak üzere toplam 9 adet örneğin ana element, iz element ve nadir toprak elementleri analiz sonuçları Çizelge 1, 2, 4'te verilmiştir.



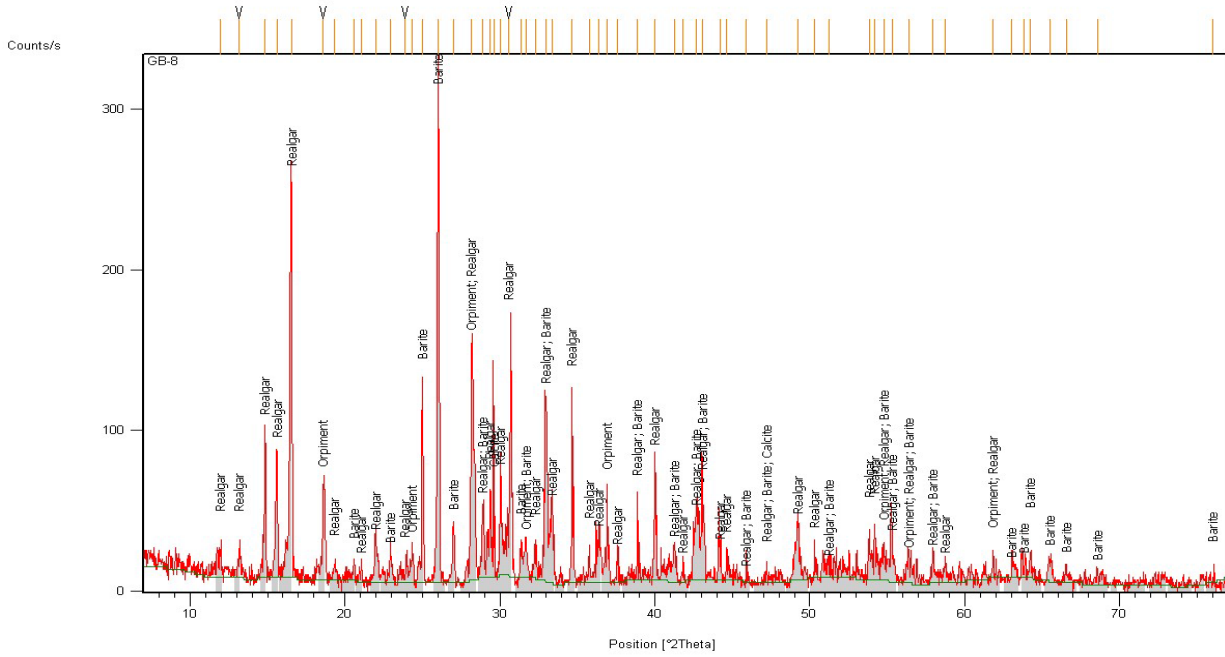
Şekil 8. Realgar (Rg), ve barit (Ba) mineralleri yüzeyinde Orpiment (Orp) sıvaması ince kesit görüntüsü (Çift Nikol, 4x)



Şekil 9. Kalsit (Ca) mineralleri ince kesit görüntüsü (Tek Nikol, 10x)



Şekil 10. Kalsit (Ca) mineralı (fotoğrafta siyah rengi ile görünen ise Opak (Op) mineral) incekesit görüntüsü (Tek Nikol, 10x)



Şekil 11. GB-8 kayaç numunesinin realgar, orpiment barit ve kalsit içeriğini gösteren XRD analiz sonucu

Çizelge 1. Çalışma sahasındaki As cevherleşmesinden derlenen kalsit, barit ve realgar örneklerinin ana element içerikleri

Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	TOT/C	TOT/S	LOI	Toplam
GA-1 Rg	0.91	0.16	0.17	0.01	1.25	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	0,08	20,36	37.5	40.01
GA-3 Rg	0.83	0.17	0.20	0.02	0.59	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.003	0,04	22,50	46.7	48.39
GB-3 Barit	0.62	0.12	0.11	0.01	0.34	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	0,05	14,34	13.7	14.80
GB-8 Barit	0.80	0.23	0.16	0.12	1.36	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.004	0,30	22,46	54.3	56.87
GB-9 Barit	3.82	0.44	0.22	0.05	0.48	<0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.003	0,07	15,93	18.9	23.89
GK-2 Kalsit	1.55	0.20	0.13	0.02	2.73	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.002	0,05	27,03	72.5	76.98
GK-7 Kalsit	1.35	0.41	0.17	0.26	21.53	<0.01	0.02	0.02	<0.01	0.03	0.005	4,92	10,26	26.2	49.88
GK-9 Kalsit	0.53	0.11	0.11	0.25	42.53	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.04	0.004	11,59	3,02	47.7	91.36
GJ-1 Rg	0.80	0.13	0.07	0.03	3.47	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.005	0,16	21,53	48.0	52.43

3.6. Ana element analizleri

Çizelge 1.'deki verilere göre Gölbaşı'ndan alınan kalsit (GK-2, GK-7, GK-9), baritli (GB-3, GB-8, GB-9) ve realgar (GA-1, GA-3, GJ-1) örneklerindeki CaO değerleri % 0.34 ve % 42.53 arasında değişiklik göstermektedir. CaO değerlerinin kalsitlerde daha yüksek barit ve realgar örneklerinde düşük olduğu Çizelge 1.'de görülmektedir. SiO₂ başta olmak üzere diğer ana elementler ise düşük değerler göstermektedir. Bununla birlikte, yine bu örneklerin SiO₂ değerleri sırasıyla % 0.52 ve % 3.82 arasında ölçülmüştür. SiO₂ değerlerinin baritli örneklerde yüksek, kalsitler ve realgarlarda daha düşük olduğu görülmektedir. Çizelge 1.'deki diğer ana elementler ise sıralamasıyla Al₂O₃ değerleri % 0.44 ve % 0.11 arasında Fe₂O₃ değerleri ise % 0.22 ve % 0.07 arasında MgO % 0.26 ve % 0.01 arasında Na₂O % 0.01, K₂O % 0.01 ve % 0.03 arasında TiO₂ % 0.02 ve % 0.01, çok düşük değerler göstermektedir. Çizelge 1

incelendiğinde 5 örnek için SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, ve CaO gibi ana oksitlerin diğer ana oksitlerden az oranda fazlalık gösterdiği görülebilmektedir. Geride kalan ana oksitlerin ise çalışma sahasından elde edilen örneklerde çok az miktarda bulunduğu izlenebilmektedir.

3.7. İz elementler

Çalışma sahasından alınmış örneklerin analiz sonuçlarında; iz elementler içerisinde Sb, Sr ve Se elementlerinin diğer iz elementlerden miktarda fazla olduğu görülmektedir. Gölbaşı arsenik cevherleşmesine parajenez, yataklanma şekli, yapı ve köken bakımından ne Türkiye'de ne de dünyada benzer bir cevherleşmeye literatürde ne yazık ki rastlanmamıştır. Dolayısıyla gerek iz gerekse kararlı izotop oranlarını benzer yataklarla karşılaştırma olanağı bulunamamıştır. Çizelge 2.'deki iz element değerleri göz önüne alındığında GA-1, GA-3 ve GJ-1

(Realgar) GB-3, GB-8 (Barit) ve GK-2, GK-7 (Kalsit) örneklerinde başta Sr (min. 368.6 ppm; max. 1431.4 ppm; ort. 900 ppm) olmak üzere Sb (min. 72.1 ppm; max. 542.8 ppm; ort. 284.95 ppm) ve Se (min. 12.1 ppm; max. >100 ppm; ort. 56.05 ppm) iz element değerleri yüksek konsantrasyon sunmaktadır. Bununla birlikte, Ni ve V cevherleşmede sırasıyla ortalama 20,56, 10,16 ppm bulunurlarken Zn (3,22) , Rb (2,51), Zr (2,04), Sn (1,55), Cs (1,39), Be (1,33) ve Cu (1,23) ortalama olarak parantez içindeki miktarlarda bulunmaktadırlar. Çizelge 2 deki diğer elementlerin ise ortalama 1 ppm' in altındaki miktarlarda bulunduğu saptanmıştır.

[1] tarafından yapılan çalışma sonuçları ile, Gölbaşı As cevherleşmesinin Arsenik tenörünün % 1.30 ile % 25.00 arasında ve ortalama % 11.00 dolayında olduğu belirtilmiştir. BaO' in ise damarlarda % 0.20 ile % 54.80 arasında değişim gösterdiği ve ortalama % 16.50 oranında bulunduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada ise, yapılan analizlerde ise As ve Ba değerleri net olarak belirlenmemiştir.

Damarların kimyasal bileşiminde yer alan diğer bazı elementlerin bulunabilme oranları ve ortalama değerleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.'te ise çalışma sahasından derlenen iz element sonuçlarıyla Dünya ve Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde ve farklı zamanlarda gerçekleştirilmiş benzer çalışmaların sonuçları karşılaştırılmıştır. Hidrotermal kökenli Şarkikaraağaç (Isparta) ve Hüyük (Konya) bölgelerindeki barit yataklarının sıvı kapanım incelemeleri ve izotop (S ve Sr) jeokimyası [2] tarafından yapılmıştır. Alanya Masifi'ndeki barit, sülfidli barit ve Pb-Zn cevherleşmelerini oluşturan çözeltilerin kökeninin izotop jeokimyası (S, O, Sr, Pb) araştırılması sonucu bu yatağın hidrotermal kökenli olduğu [3] tarafından belirlenmiştir. Ayrıca Hunan'ın kuzey batısında yer alan hidrotermal kökenli Shimen realgar yatağı ile Gölbaşı arsenik cevherleşmesinin bazı element değerleri karşılaştırılmıştır. Bunun yanında arsenik değerleri, [2], [3] ve [4]'ün yapmış olduğu çalışmalarla kıyaslandığında Gölbaşı Arsenik sahasında As elementinin miktarca daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3.'te görüldüğü gibi yapılan karşılaştırmalarda Sb değerlerinin her iki sahaya göre fazla olduğu, Sr'un ise [2] in incelediği sahalarda yüksek, Gölbaşı arsenik cevherleşmesindeki V değerlerinin, Shimen [4], Hüyük ve Alanya [3] cevherleşmelerinkilerine göre yüksek, Ni elementinin ise Shimen ve Hüyük'e göre düşük değerler gösterdiği görülmüştür. Gölbaşı Arsenik cevherleşmesinden yapılan analizlerde Ba'un örneklerde bulunma miktarı 50000 ppm'den büyük iken Şekil 12.'deki grafikte, diğer elementlerin piklerinin iyi görünebilmesi için bu değer 5000 ppm'de kesilmiştir. Böylece grafikte 6 elementin pikleri görünür hale gelmiş Ba, Sr, V, As, Sb ve Se' un

analizi yapılmış diğer elementlerden belirgin oranda fazlalık gösterdiği belirlenmiştir. Grafik incelendiğinde Sr, As, Sb, ve Se elementlerinin kalsitli, baritli ve realgarlı örneklerde yüksek değer aldığı görülmektedir. Kalsitli ve realgarlı örneklerde ise, V elementinin değerinin yüksek çıktığı ve bu değer baritli örneklerde daha düşük olduğu izlenmiştir.

3.8. Nadir toprak elementleri

Çalışma sahasından derlenen kalsit, barit ve realgarlı örneklerinin nadir toprak elementi analiz sonuçları Çizelge 4.' te verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre barit örnekleri düşük nadir toprak elementi konsantrasyonlarına sahip olup, başlıca 2.3 ppm ile 2.8 ppm Y, 4.7 ppm ile 7.1 ppm La, 0.6 ppm ile 1.4 ppm Ce, 0.05ppm ile 0.16 ppm Pr, 0.3 ppm ile 0.9 ppm Nd, <0.05 ppm Sm, 2.59 ppm ile 3.61 ppm Gd ve 0.16 ppm ile 0.23 ppm arasında değişen Dy değerlerine sahiptir (Çizelge 4). GB-3 numaralı barit örneğinin ise Ce, Pr, Nd ve Sm değerleri diğer barit örneklerine nazaran çok düşük olmakla birlikte, diğer nadir toprak elementi değerlerinin deteksiyon limitleri altında olduğu görülmektedir.

Analiz sonuçlarına göre kalsitce zengin örneklerin ise baritlerin tam tersi yüksek nadir toprak elementi konsantrasyonlarına sahip olduğu, başlıca 24,2-93.0 ppm Y, 2.5-4.5 ppm La, 1.7-2.4 ppm Ce, 0.18-0.37 ppm Pr, 0.6-2.0 ppm Nd, 0.31-2.27 ppm Sm, 5.05-12.82 ppm Gd, 4.51-17.08 Dy, 1.75-7.26 ppm Er, 0.81-3.13 ppm Ho ve 1.08-3.99 ppm arasında değişen Yb değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.). GK-7 ve GK-9 numaralı kalsit örneklerinin ise Y, Gd, Dy, Er ve Yb değerlerinin diğer kalsit örneklerine göre çok yüksek ve GK-2 numaralı örnekte ise daha düşük olduğu görülmektedir. Bu örneğin tümüyle kalsitce zengin olmadığı, örnekte baritin kalsitce çok daha fazla oranda yer aldığı Çizelge 4.'te görülebilmektedir.

Bu değerlere realgar örneklerinde baktığımızda başlıca 3.4-4.0 ppm Y, 0.5-0.9 ppm Ce, 0.3-0.4 Nd, 0.05-0.12 ppm Sm, 2.65-2.81 ppm Gd, 0.28-0.60 ppm Dy , 0.03-0.06 ppm Ho ve 0.13-0.18 ppm arasında değişen Yb içeriklerine sahiptir. GA-3 numaralı realgar örneğinde; Pr, Nd, Sm, Dy ve Ho değerlerinin diğer realgar örneklerine nazaran düşük oranda olduğu Çizelge 4'de görülebilmektedir.

Çizelge 4. incelendiğinde GK-7 ve Gk-9 kalsit örneklerinde ANTE (Ağır nadir toprak elementleri)'nin HNTE (Hafif nadir toprak elementleri)'ne göre daha yüksek olduğu görülür. Bununla birlikte diğer 7 örnekte ise HNTE'nin değerlerinin ANTE'den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ortalama HNTE/ANTE oranının tüm örnekler için 1.56 olduğu, diğer örneklere göre oldukça düşük HNTE/ANTE oranına sahip GK-7 ve GK-9 örnekleri hariç tutulursa bu oranın 1.88'e yükseldiği görülmektedir(Çizelge 4).

Şekil 13.'te Y elementin GK-9 numaralı örnekte gerçek değeri 93 ppm den büyük iken grafikte diğer nadir toprak elementlerin piklerinin iyi görünebilmesi için bu değer 30 ppm düşürülmüştür. Nadir toprak element değerleri Şekil 13.'deki grafikte

yorumlandığında 7 örnek için Y, La, Ce, Gd, Dy, Er, Yb gibi nadir toprak elementlerinin diğer nadir toprak elementlerinden belirgin oranda fazlalık gösterdiği şekil 13'den çıkartılabilir.

Çizelge 2. Çalışma sahasındaki As cevherleşmesinden derlenen kalsit, barit ve realgar minerallerinin iz element

Elementler/ Örnek No	GA-1 Rg	GA-3 Rg	GB-3	GB-8	GB-9	GK-2	GK-7	GK-9	GJ-1 Rg	Ortalama
Ba	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	>50000	3432	>50000	>50000
Be	1	<1	<1	<1	<1	2	<1	2	3	1,33
Co	0.6	1.3	0.7	1.1	1.2	0.9	0.7	0.7	0.9	0.90
Cs	0.5	0.9	0.3	1.8	0.7	6.8	0.7	0.5	0.3	1,39
Ga	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Hf	0.5	0.6	0.6	0.4	0.7	0.2	0.4	<0.1	0.5	0.37
Nb	0.2	0.3	0.2	0.4	0.5	0.2	0.7	0.2	0.2	0.32
Rb	1.6	1.9	1.2	2.7	4.8	2.3	4.7	1.8	1.6	2,51
Sn	<1	<1	<1	<1	5	<1	<1	2	<1	1,55
Sr	978.0	932.7	1431.4	749.5	1318.6	368.6	1221.5	949.2	708.2	961,97
Ta	0.8	1.2	1.1	0.6	1.9	0.5	0.4	0.1	0.5	0,79
Th	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.5	<0.2	0,20
U	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1.0	<0.1	0,21
V	23	54	<8	<8	<8	29	19	28	<8	20,56
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0,5
Zr	2.2	1.3	1.1	2.5	4.2	1.6	3.2	1.4	0.9	2,04
Mo	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0,10
Cu	1.3	1.3	0.9	1.8	2.1	1.3	0.6	0.5	1.3	1,23
Pb	0.5	0.5	0.2	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.3	0,39
Zn	2	3	1	6	5	4	3	3	2	3,22
Ni	7.7	14.0	5.4	11.0	20.0	5.1	9.4	6.6	12.2	10,16
As	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,10
Sb	201.7	271.6	72.9	542.8	95.0	496.7	81.7	72.1	314.5	238,78
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0,10
Ag	0.4	<0.1	<0.1	0.4	0.1	0.6	<0.1	<0.1	0.5	0,27
Au (ppb)	3.2	2.2	2.2	2.5	8.5	0.6	2.1	<0.5	3.1	2,77
Hg	0.07	0.09	0.05	0.03	0.15	0.12	0.04	0.02	0.08	0,07
Tl	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,10
Se	47.1	62.4	16.3	>100	22.3	>100	21.4	12.1	82.9	51,39

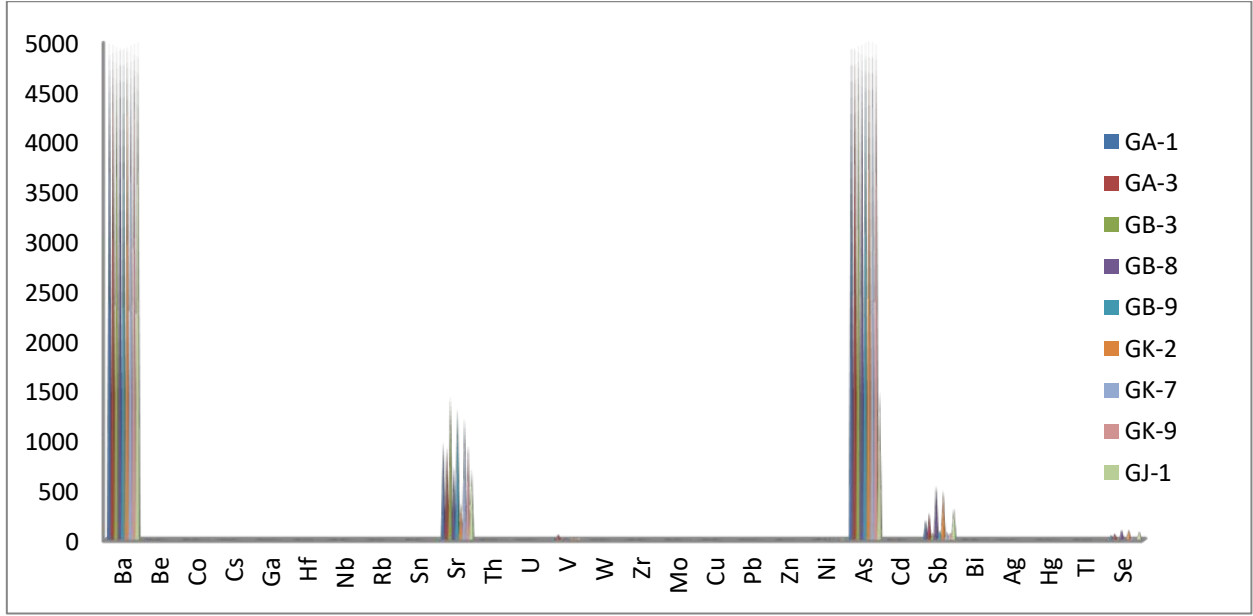
Çizelge 3. İz element değerlerinin (ppm) daha önce yapılmış çalışmalardaki iz element değerleriyle karşılaştırılması

		Ba	Sr	As	Sb	V	Ni
Gölbaşı arsenik Cevherleşmesi	Min.	>50000	708.2	>10000	72.1	8	5.4
	Max.	>50000	1431.4	>10000	542.8	54	20
	Ort.	>50000	1069.8	>10000	307.45	31	12.7
HÜYÜK(Konya) [2]	Min.	>500000	4496	5	<0.5	<5	<20
	Max.	>500000	>10000	12	9	50	<20
	Ort.	>500000	7248	8.5	4.25	11.38	<20
Alanya (Antalya) [3]	Min.	149800	1249	<5	<0.5	<5	-
	Max.	>500000	>10000	241	95.3	31	-
	Ort.	324900	5624.6	123	42.4	8.45	-
Shimen, Hunan [4]	Min.	500	70	14	<2	1.9	5.8
	Max.	>11190	567	>5065	26	59.5	40.2
	Ort.	5845	318.5	2539.5	14	27.6	18.06

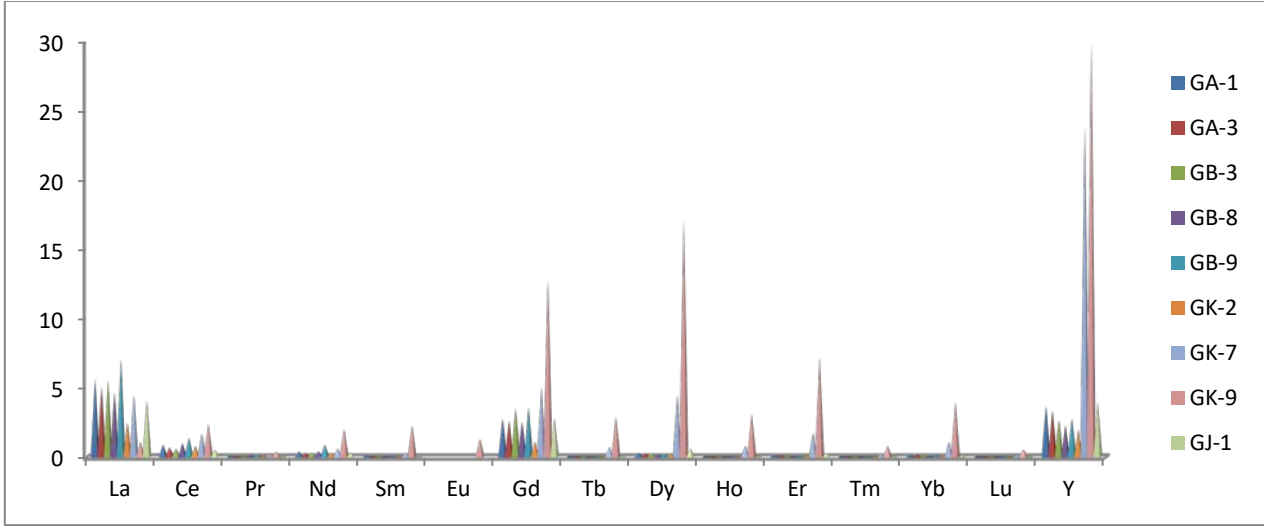
3.9. δ 34S İzotop oranları

Realgar ve barit örnekleri üzerinde gerçekleştirilen δ³⁴S izotop analizi sonuçlarına göre realgar örnekleri ‰ -0.46 ve ‰ 2.31 arasında değişen ve ortalama ‰ -0.019 değerler göstermektedir.

Realgar örnekleri üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre δ³⁴S değerlerinin bir çok örnekte eksi olduğu ve bu değer ancak GK-7 örneğinde ‰ 2.01 ve GB-8 örneğinde ‰ 2.31 değerlerinde, yani artı çıktığı (Çizelge 5)'te görülmektedir. Bununla birlikte, Barit örnekleri ise ‰ 29.74 ve ‰ 30.72 arasında değişen ve ortalama ‰ 30.32'lik bir δ³⁴S değerine sahiptir (Çizelge 5.).



Şekil 12. Bazı iz element miktarlarının Gölbaşı (Isparta) yatağından alınan örneklerdeki dağılımı(ppm)



Şekil 13. Bazı nadir toprak element miktarlarının çalışma sahasından alınan örneklerdeki dağılımı(ppb) olarak

Çizelge 4. Gölbaşı (Isparta) sahasındaki nadir toprak element içerikleri (ppb) olarak

Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	HNTE	ANTE	NTE	HNT E/ ANTE
GA-1 R	5.7	0.9	0.08	0.4	0.12	*	2.79	0.05	0.30	0.04	0.14	0.03	0.15	0.03	3,7	7.20	3.53	10.73	2.05
GA-3	5.1	0.7	0.06	<0.3	<0.05	*	2.65	0.06	0.28	0.03	0.13	0.02	0.18	0.02	3,4	6.21	3.37	9.58	1.84
GB-3	5.6	0.6	0.05	<0.3	<0.05	*	3.54	0.04	0.26	<0.02	0.06	0.03	0.08	0.01	2,7	6.60	4.04	10.64	1.63
GB-8	4.7	1.0	0.11	0.4	<0.05	*	2.59	0.03	0.16	<0.02	0.08	0.02	0.07	<0.01	2,3	6.26	2.98	9.24	2.10
GB-9	7.1	1.4	0.16	0.9	<0.05	*	3.62	0.04	0.20	<0.02	0.07	0.03	0.14	0.02	2,8	9.61	4.14	13.75	2.32
GK-2	2.5	0.8	0.08	<0.3	<0.05	*	1.11	0.04	0.23	0.05	0.13	0.03	0.08	0.01	2,0	3.73	1.68	5.41	2,22
GK-7	4.5	1.7	0.18	0.6	0.31	*	5.05	0.72	4.51	0.81	1.75	0.22	1.08	0.15	24,2	7.29	15.29	22.58	0.48
GK-9	1.1	2.4	0.37	2.0	2.27	1.30	12.82	2.90	17.08	3.13	7.26	0.81	3.99	0.55	93,0	9.44	49.54	58.98	0.19
GJ-1 R	4.1	0.5	0.05	<0.3	<0.05	*	2.81	0.08	0.60	0.06	0.27	0.05	0.13	0.02	4,0	5.00	4.02	9.02	1.24
Ortalama	4.5	1.12	0.12	0.61	0.3	1.30	4.10	0.44	2.62	0.46	1.09	0.13	0.65	0.09	15.34	6.82	9.84	16.66	1.56

Çizelge 5. Çalışma sahasındaki realgar ve barit numunelerinin δ -³⁴S izotop analiz değerleri

δ - ³⁴ S ‰ değerleri Realgar için			δ - ³⁴ S ‰ değerleri Barit için		
Örnek No	Mineral	(‰)	Örnek No	Mineral	(‰)
GA-1	Realgar	-0.46	GB-1	Gri Barit	30.03
GA-2	Realgar	-1.28	GB-2	Beyaz Barit	30.72
GA-3	Realgar	-0.63	GB-3	Beyaz Barit	30.68
GK-2	Realgar	-0.92	GB-4	Beyaz Barit	29.74
GK-7	Realgar	2.01	GB-5	Beyaz Barit	30.41
GB-3	Realgar	-0.53	GB-6	Beyaz Barit	29.87
GB-8	Realgar	2.31	GB-8	Beyaz Barit	30.48
GB-9	Realgar	-0.64	GB-9	Gri Barit	30.63
Ortalama	Realgar	-0,019	Ortalama	Barit	30,32

Çizelge 6. Dünya'daki çeşitli barit yataklarının oluşumu, yan kayaç ve minerallerine göre δ -³⁴S izotop verileri [5, 6].

Yatak Adı	Oluşumu	Yan Kayaçları	Mineral	δ - ³⁴ S ‰ (CDT)
Gölbaşı (Isparta)	Damar	Fliş	Barit	30.32
Campumari	Damar	Puding	Barit	21.6
Corona Sa Craba	Damar-Nodüler	Kuvars	Barit	20.6
SE Sardina-italya	Damar	Kumtaşı	Barit	14-21.9
Hüyük (Konya)	Damar	Kireçtaşı	Barit	28.5
Şarkıkaraağaç (Isparta)	Damar	Kireçtaşı	Barit	27.9
Gazipaşa (Alanya)	Damar	Kireçtaşı	Barit	24.9
Monte Tasua	Stratifrom	Kireçtaşı-Dolomit	Barit	31.1
Punta Pepixedda	Stratifrom	Dolomit	Barit	32.1
Arcu Sa Gruxi	Stratifrom	Kuvars	Barit	28.8
Barega, San Salvatore	Karst	Kireçtaşı	Barit	19.0
Barega, Monte Arcau	Karst	Dolomit-Kireçtaşı	Barit	21.7
Barega, Scraper	Karst	Dolomit-kireçtaşı	Barit	26.4
Corona Sa Craba	Karst	Kireçtaşı	Barit	22.2
Nabida, Phaff 2 Mağarası	Karst	Kireçtaşı	Barit	25.8
Barega, Guardia de Mesu	Karst	Dolomit-Kireçtaşı	Barit	19.4

Çizelge 7. Gölbaşı (Isparta) arsenik cevherleşmesi ile Koman(Arnavutluk) yatağının δ -³⁴S izotop değerlerinin [7] karşılaştırılması

Gölbaşı	Isparta	δ - ³⁴ S (‰)	Koman [7]	Arnavutluk	δ - ³⁴ S (‰)
Örnek tanımı	Örnek Açıklaması	Ortalama	Örnek tanımı	Örnek Açıklaması	Ortalama
GA-1	Realgar	-0.46	Ko-1R	Realgar	6.0
GA-2	Realgar	-1,28	Ko-2R	Realgar	7.1
GA-3	Realgar	-0.63	Ko-3R	Realgar	5.8
GK-7	Realgar	2.01	Ko-4R	Realgar	7.0
GB-3	Realgar	-0.53	Ko-10	Orpiment	7.1
GB-8	Realgar	2.31	Ko-20	Orpiment	7.3
Gölbaşı	Ortalama	-0.019	Koman	Ortalama	6.5

Çizelge 8. Gölbaşı As Cevherleşmesi kalsitlerinin δ -¹⁸O ve δ -¹³C izotop analiz değerleri

Örnek No	Mineral	δ - ¹⁸ O-VSMOW (‰)	δ - ¹³ C-PDB (‰)
GK-1	Yeşilimsi Kalsit	30,69	0.93
GK-2	Beyaz Kalsit	30,43	1.05
GK-3	Gri Kalsit	28,06	-1.31
GK-5	Beyaz Kalsit	28,66	-0.10
GK-6	Gri Kalsit	28,15	-0.93
GK-8	Beyaz Grimsi Kalsit	28,85	0.23
GK-9	Beyaz Kalsit	29,59	-0.10
GK-10	Yeşilimsi Kalsit	29,98	0.38
Gölbaşı kalsit	Ortalama	29,37	0,019

Türkiye ve dünyanın değişik kökenli barit yataklarında yapılmış $\delta^{34}\text{S}$ izotop analiz oranlarının Gölbaşı (Isparta) arsenik sahasının $\delta^{34}\text{S}$ izotop oranlarıyla karşılaştırılması sonucu Gölbaşı arsenik sahasının değerlerinin Türkiye'deki kireçtaşları içerisinde yataklanmış ve hidrotermal olarak yorumlanan barit yataklarının izotop oranlarına benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 6.).

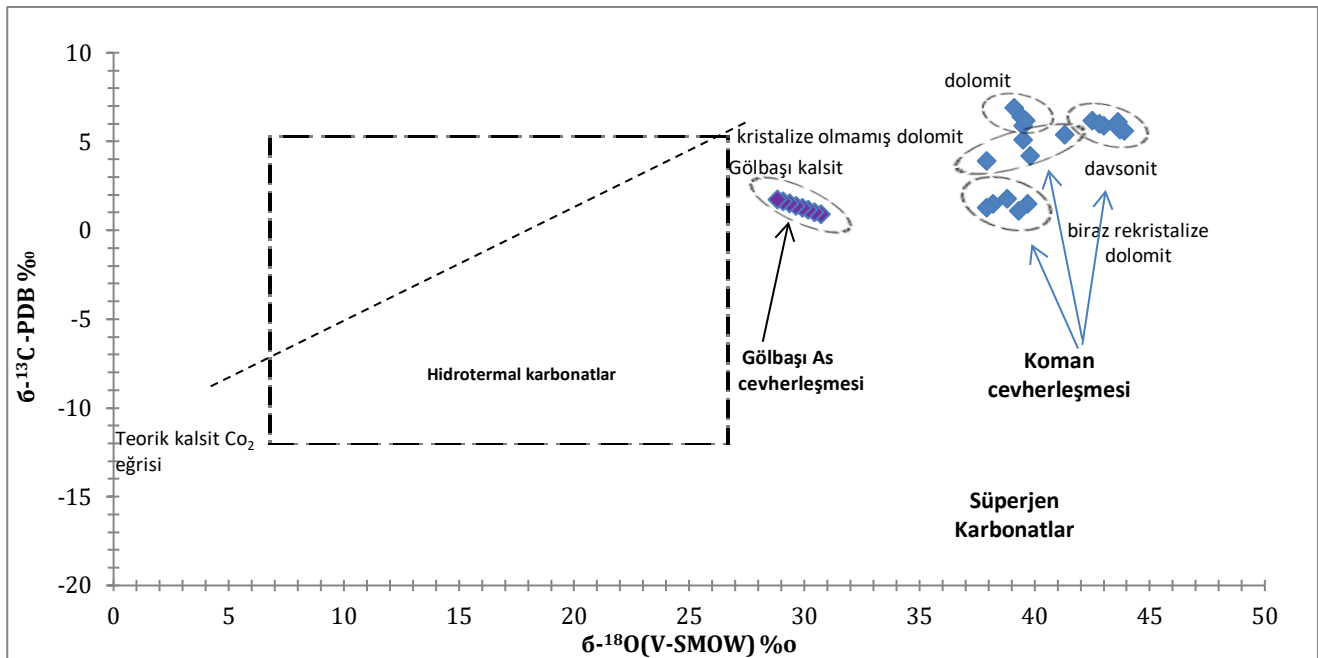
Çizelge 7.'de görüldüğü gibi Gölbaşı arsenik cevherleşmesi $\delta^{34}\text{S}$ izotop analiz sonuçları ile hidrotermal kökenli Koman (Arnavutluk) [7] realgar yatağının $\delta^{34}\text{S}$ izotop analiz sonuçları karşılaştırıldığında Koman yatağında realgarının $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ 5.8 ile ‰ 7.1 ve ortalama ‰ 6.5 arasında değişirken Gölbaşı As cevherleşmesi örneklerinin bir çoğunda eksi $\delta^{34}\text{S}$ değerleri görülmektedir. Gölbaşı (Isparta) cevherleşmesi 8 adet realgar örneği üzerinde yapılan analiz sonucunda realgarın $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin ‰ -1.28 ile ‰ 2.31 ve ortalama ‰ -0.018 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Yapılan bu karşılaştırmada Hidrotermal Koman (Arnavutluk) [7] realgar yatağının $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin Gölbaşı arsenik cevherleşmesi $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine göre çok daha yüksek olduğu Çizelge 7.'de görülmektedir.

3.10. Kalsitlerin oksijen ve karbon izotop oranları

Kalsit örnekleri üzerinde gerçekleştirilen $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ izotop analizi sonuçlarına göre kalsit örnekleri ‰ 28,06 ve ‰ 30,69 arasında değişen, ortalama ‰ 29,37'lik bir $\delta^{18}\text{O}$ değeri göstermektedir. Karbon izotop analiz sonuçlarına göre kalsit örnekleri ‰ -1.31 ve ‰ 1.05 arasında değişen, ortalama ‰ 0.019' luk bir $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerine sahiptir (Çizelge 8.).

Araştırma alanı kalsitlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerleri [7] bulunan diyagrama konulduğunda, Şekil 14.'de Gölbaşı kalsitlerinin diyagramda dikdörtgen şekilde verilen Hidrotermal Karbonat alanının dışına fakat çok yakınına dışına düştüğü gözlenmiştir. Hidrotermal karbonat alanı $\delta^{18}\text{O}$ için ‰ 7 ile ‰ 28 arasında $\delta^{13}\text{C}$ için ‰ -12 ile ‰ 5 arasında değiştiği görülmektedir. Bu diyagramda görülen tüm karbonatların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinin Gölbaşı arsenik cevherleşmesinin değerlerinden biraz daha yüksek olduğu belirlenmiştir. [7] diyagramında Gölbaşı arsenik cevherleşmesinin yerinin hidrotermal bölgeye yakın durumda süperjen bölgesine düştüğü görülmektedir. Damar şeklinde yataklanmış ve epitermal olarak tanımlanan bu cevherleşmeyi oluşturan eriyiğin içermiş suyun ve su buharının daha çok meteorik kökenli olma olasılığından dolayı Gölbaşı arsenik cevherleşmesi $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin süperjen bölgeye düşmüş olması kuvvetle olasıdır.

[1] Gölbaşı realgar cevherleşmesinin kökenini Gölcük volkanizmasına bağlı epitermal bir yatak olarak tanımlamıştır. Yapılan izotop analizleri cevherleşmenin kökenini doğrudan tanımlayacak sonuçlar vermemiştir. Ancak [1] cevherleşmenin kökenini Gölcük volkanizmasına bağlı 50-120 °C deki sıcaklıklar da oluşmuş epitermal bir yatak olarak tanımlamıştır. Gölbaşı cevherleşmesindeki realgar minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri dar bir aralıkta ‰ 2.31 ile ‰ -1.28 arasında değişmekte, barit minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ değeri ortalama ‰ 30,32 ve kalsitlerin ortalama $\delta^{13}\text{C}$ değeri ‰ 0,019 olup her üç değerinde cevherleşmeyi oluşturan eriyiklerin, magmatik kökenli olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 14. Gölbaşı (Isparta) ve Koman (Arnavutluk) kalsitlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinin [7] diyagramında karşılaştırılması

Çizelge 9. Çalışma alanı δ -180 değerlerinin Koman (Arnavutluk) bölgelerindeki farklı numuneler üzerinde yapılmış δ -180 değerleri ile karşılaştırılması

Gölbaşı (Isparta)			Koman (Arnavutluk) [7]			Koman (Arnavutluk) [7]		
Örnek No	Mineral Tanımı	Ortalama (^{18}O) _{V-SMOW} (‰)	Örnek No	Mineral Tanımı	Ortalama (^{18}O) _{V-SMOW} (‰)	Örnek No	Mineral Tanımı	Ortalama (^{18}O) _{V-SMOW} (‰)
GK-1	Yeşilimsi Kalsit	30.69	KO-1D	Davsonit	43.7	KO-1DD	Dolomit	39.4
GK-2	Beyaz Kalsit	30.43	KO-2D	Davsonit	43.9	KO-2DD	Dolomit	39.5
GK-3	Gri Kalsit	28.06	KO-3D	Davsonit	42.5	KO-3DD	Dolomit	39.6
GK-5	Beyaz Kalsit	28.66	KO-4D	Davsonit	43.0	KO-4DD	Dolomit	39.1
GK-6	Gri Kalsit	28.15	KO-5D	Davsonit	43.6	-	-	-
GK-8	Beyaz, gri Kalsit	28.85	KO-6D	Davsonit	42.8	-	-	-
GK-9	Beyaz Kalsit	28.59	-	-	-	-	-	-
GK-10	Yeşilimsi Kalsit	29.98	-	-	-	-	-	-
Ortalama		29.37	Ortalama		43.30	Ortalama		39.40

Çizelge 10. Çalışma alanı δ -13C değerlerinin Türkiye farklı bölgelerindeki δ -13C değerleri ile karşılaştırılması

Gölbaşı (Isparta)			Mersin Yöresinde kувaterner Kalış gelişimi [8]			Bitlis masifi karbonat yankayaçlı Hasbey Pb-Zn (Van) [9]			Bitlis masifi karbonat yankayaçlı Hasbey Pb-Zn (Van) [9]		
Örnek No	Mineral Tanımı	δ -13C V-PDB (‰)	Örnek No	Mineral Tanımı	δ -13C V-PDB (‰)	Örnek No	Mineral Tanımı	δ -13C V-PDB (‰)	Örnek No	Mineral Tanımı	δ -13C V-PDB (‰)
GK-2	Beyaz kalsit	1.05	Piz-11	Kalsit	-6.03	1	Kireçtaşı	2.1	1	Dolomit	2.86
GK-3	Gri kalsit	-1.31	E-60	Kalsit	-9.65	1	Kireçtaşı	3.9	1	Dolomit	4.6
Ort.	Kalsit	0.019	Ort.	Kalsit	-7.84	Ort.	Kireçtaşı	3.17	Ort.	Dolomit	3.45

Çizelge 9'da verilen δ -180 izotop değerlerinin karşılaştırmasında ise hidrotermal kökenli Koman (Arnavutluk) sahasından alınan dolomit ve davsonit örnekleri kullanılmıştır. δ -180 değerlerinin çalışma sahasındaki kalsit örneklerinin δ -180 değerlerinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Çalışma sahasından derlenen kalsit örneklerinin δ -180 değerlerinin ortalaması ‰ 29.37 dir. Koman (Arnavutluk) yatağındaki davsonitlerin ve dolomitlerin δ -180 izotop değerleri ise sırasıyla ortalama ‰ 43.30 ve 39.40'dır [7]. Koman sahası değerlerinin çalışma sahası değerlerine göre daha yüksek olduğu Çizelge 9.'da görülmektedir.

Çizelge 10'da δ -13C değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada ise çalışma alanında alınan kalsit örneklerinden elde edilen δ -13C izotop değerleriyle Türkiye'de yapılan bazı çalışma sonuçlarını karşılaştırdığımızda çalışma alanının δ -13C değerleri ortalama ‰ 0.019 iken, Mersin yöresinde [8] tarafından elde edilen kalış örneklerinin kalsit minerallerinin δ -13C değerleri ortalama ‰ -7.84 olduğu ve çalışma sahasına göre daha düşük bir değer gösterdiği belirlenmiştir. Bir sonraki karşılaştırma ise Van Gölü'nün güneyinde Bitlis Masifi'ne ait olan Hasbey Pb-Zn cevherleşmesi ile yapılmıştır. [9] yaptıkları bu çalışmada, cevherleşmenin mineral parajenezinin galenit, sfalerit, kuvars, dolomit, kalsit ve fluorit'ten oluştuğunu ve hidrotermal kökenli

olduğu belirtmişlerdir. Bu alandan alınan kireçtaşı ve dolomitlerin üzerinde PDB standardı kullanılarak yapılan δ -13C analizleri sonucunda kireçtaşında ‰ 2.1 ile ‰ 3.9 ve ortalama ‰ 3.17, dolomitlerde ise bu değerler ‰ 2.86 ile ‰ 4.6 arası ortalama ‰ 3.45 olduğu Çizelge 10'da görülmektedir. Çalışma sahası kalsit örneklerinin δ -13C izotop analizi sonucu ortalama ‰ 0.019 değere sahip iken, Bitlis Hasbey yatağındaki değerlerden düşük olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla farklı bölgelerdeki sedimanter kayaçların δ -13C değerlerinin Gölbaşı As cevherleşmesinin değerlerinden oldukça farklı değerler sunduğu belirlenmiştir.

3.11. Köken

Gölbaşı arsenik cevherleşmesinin kökeni; [1] tarafından aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır.; Cevherleşme, Eosen yaşlı fliš düzeylerinin içine genç tektoniğe bağlı olarak gelişen ağısal 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 geliştiği göstermiştir. Ancak esas oluşum evresinin ortalama olarak 70-120 C° arasında değiştiği hesaplanmıştır [1]. Yukarıda sayılan özellikler maden yatakları ilkeleri çerçevesinde yorumlandığında [10] Gölbaşı realgarlı baritli kalsit mineralizasyonunun hidrotermal eriyiklerden itibaren epitermal evrede olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Cevherleşmeyi getiren eriyiklerin Gölçük volkanizmasının ya da onun da bağlı olduğu mağmatik faaliyete bağlı olabileceği savunulmuştur [1].

Bu araştırma ile de, arsenik cevherleşmesinin $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerleri ve iz element içeriklerinin araştırılması sonucu, cevherleşmenin eksik olan bu özellikleri belirlenmiştir.

Bir kayacıkta veya bir cevherleşmede sifıra ve birbirine çok yakın $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine sahip izotopsal bileşimli S içerikli minerallerin bulunmasıyla, O oluşumun mağmatik kökenli olduğu düşünülür [11], [12]. Araştırılan sahanın realgarlarının $\delta^{34}\text{S}$ değerleride dar bir aralıkta ve sifıra yakın değerler gösterir (ortalama $\delta^{34}\text{S}$ değeri ‰ -0.019 dur). Bununla birlikte Ferrini, 2003 diyagramında da Gölbaşı cevherleşmesi kalsitlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerleri hidrotermal karbonatlara çok yakın ve superjen bölgeye düşmüştür. Gölbaşı kalsitlerinin diyagramda superjen bölgeye düşmesi cevherleşmeyi oluşturan eriyiğin içeriğinde meteorik sularında bulunabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Yukarıda tartışılmış veriler ile arazi gözlemleri sonucu elde edilen veriler (Cevherleşmenin yataklanma şekli, yan kayacıklarla ilişkisi, parajenezi, yakın bölgede Pliyosen yaşlı trakitik, traki-andezitik bir volkanizmanın varlığı) cevherleşmeyi oluşturan eriyiklerin meteorik sularlada karışmış mağmatik kökenli bir eriyik olduğuna işaret etmektedir. Bu yorum yeni bir bulgudur. Cevherleşmenin iz element içerikleri ise epitermal bir cevherleşmede beklenebileceği gibi düşük değerlerde çıkmıştır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

İnceleme alanının en yaşlı birimini ofiyolitik karmaşık oluşturur. Kretase yaşlı bu ofiyolitik karmaşığın üzerinde Eosen yaşlı ve fliš karakterli Isparta formasyonu bulunur. Isparta ilinin güneydoğusunda ise Burdigaliyen yaşlı Ağlasun formasyonu ve bu birim üzerine bindirme ile gelmiş Jura-Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşları yayılım göstermektedir. Bölgede tüm bu birimleri keserek çıkmış Pliyosen yaşlı trakitik, trakiandezitik volkanitlerin ve piroklastiklerin mostraları ise genç birimleri temsil ederler.

Gölbaşı (Isparta) dolayında başlıca iri kristalli realgar, kalsit ve barit minerallerinden oluşan cevherleşmenin Eosen yaşlı fliš içerisine damarlar şeklinde yerleştiği belirlenmiştir.

Realgar ve barit örnekleri üzerinde gerçekleştirilen $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizi sonuçlarına göre realgar örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -1.28 ve ‰ 2.31 arasında değişirken, ortalama ‰ -0.019 değerler göstermektedir.

Cevherleşmenin barit örneklerinin ise ‰ 29.74 ve ‰ 30.72 arasında değişen, ortalama ‰ 30.32'lik bir $\delta^{34}\text{S}$ değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Gölbaşı arsenik cevherleşmesi, kalsit örnekleri ‰ 28,06 ve ‰ 30,69 arasında değişen, ortalama ‰ 29,37'lik bir $\delta^{18}\text{O}$ izotop değeri göstermektedir.

Arsenik cevherleşmesinin kalsit örneklerinin ‰ -1.31 ve ‰ 1.05 arasında değişen ve ortalama ‰ 0.019 olan $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Gölbaşı As cevherleşmesinde Sr, V, Sb ve Se elementlerinin diğer iz elementlere göre yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir.

Realgar minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerlerinin sifıra yakın bir değerde bulunması cevherleşmenin mağmatik faaliyete bağlı olduğunu göstermektedir. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerleri ise cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal eriyiklerin mağmatik sularla birlikte meteorik sularca da zengin olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Teşekkür

Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi, Araştırma Fonu Başkanlığı (Proje No:4287-YL-15) tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] Kuşcu, M., Gölbaşı (Isparta) epitermal arsenik mineralizasyonunun jeolojik özelliklerin. Türkiye Jeoloji Bülteni, C, 38, Sayı 2, 43-52, Ağustos 1995.
- [2] Cengiz, O., Uçurum, A., Muchez, P. 2007. Şarkikaraağaç (Isparta) ve Hüyük (Konya) Bölgelerindeki Barit Yataklarının Sıvı Kapanım İncelemeleri ve İzotop (S ve Sr) Jeokimyası 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 16-22 Nisan 2007, MTA Genel Müdürlüğü Kültür Sitesi, Ankara 191-193,.
- [3] Cengiz, O., Uçurum, A., Muchez, P. 2010. Alanya Masifi'ndeki Barit, Sülfidli Barit ve Pb-Zn Cevherleşmelerini Oluşturan Çözeltilerin Kökeninin İzotop Jeokimyası (S, O, Sr, Pb) ile Belirlenmesi. IV. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, 26-28 Mayıs, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve TÜBİTAK-BUTAL Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı, Bildiriler ve Özetler, Elazığ 23-24.
- [4] Zhang, J., Wang, W., Yang, F., Cai, T., 1993. The hot-spring genesis of the Shimen Realgar

deposit, northwest Hunan: Chinese Journal of geochemistry., Vol. 12. No.2 , 137-147.

- [5] Barbieri, M., Masi, U., ve Tolomco, L., 1984, Strontium geochemical evidence for the origin of the barite deposits from Sardinia, Italya, Economic Geology, 79, 1360-1365.
- [6] Cengiz, O., Kuşcu, M. 2002. Şarkikaraağaç (Isparta) ile Hüyük (Konya) Arasındaki Barit Yataklarının Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni. Maden Tektik ve Arama Dergisi 123-124/67-89,.
- [7] Çına, A., Deda., T., Ferrını, V., Martarelli., L., De Vito., C., The koman dawsonite and realgar-orpiment deposit, Northern Albania: İnferences on proceses of formation, The Canadian Mineralogist, Geological survey of Albania, Rruga vasil Shanto, Tirana, Albanit 413-427, 2003.
- [8] Eren., M., Kadir., S., Hatipoğlu, Z., Gül., M., Quaternary Calcrete Development in the Mersin Area, Southern Turkey, Turkish journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), 763-784. Copyright Tübitak First published online: 13 Vol. 17, 2008, p.
- [9] Çolakoğlu, A., Bitlis Masifi karbonat yankayaçlı Hasbey Pb-Zn (Van) Cevherleşmesinin (C,O ve S) Duraylı izotoplarla incelenmesi, GD-Türkiye Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080-Van (arc.geologist@yyu.edu.tr).
- [10] Guilbert, J. M. and Park C. F., (1986), The Geology of Ore Deposite; W. H. freeman and company, Newyork, 985p.
- [11] Rye, R. Ohmoto H.,1974, Sulfur and carbon isopes and ore genesis. A review. Econ. Geol. 69: 826-842.
- [12] Hoefs; J., 1997, Stable isotope Geochemistry: Springe- Verlag Berlin Heidelberg, 202 P.