

# DOĞU PONTİD METALOJENİK KUŞAĞI (KD TÜRKİYE) ÜST KRETASE VMS YATAKLARINDA HİDROTERMAL ÇIKIŞ BACALARINA AİT KÜKÜRT İZOTOP ÇALIŞMASI VE KÖKENE İLİŞKİN BAZI ÖNERİLER

Mustafa Kemal Revan<sup>a</sup>, Yurdal Genç<sup>b</sup>, Valeriy V Maslennikov<sup>c</sup>, Okan Delibaş<sup>b</sup>,  
Svetlana P. Maslennikova<sup>c</sup>, Sergey A. Sadykov<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Maden Etüt ve Arama Dairesi,  
Ankara, Türkiye

<sup>b</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, Türkiye

<sup>c</sup>Rusya Bilimler Akademisi (RAS), Mineraloji Enstitüsü, Urallar Şubesi, Miass, Rusya  
(kemalrevan@gmail.com)

## ÖZ

Kükürt izotop jeokimyasının maden yataklarının araştırılmasında önemli ve tamamlayıcı bir rolü vardır. Jeolojik verilerle desteklendiğinde kükürt izotop verileri kükürtün kaynağıyla birlikte mineral çökelim mekanizması hakkında da önemli bilgiler sunar. Bu kapsamda, Doğu Pontidler'deki volkanojenik masif sülfid (VMS) yataklarına ait hidrotermal çıkış bacalarından derlenen sülfid minerallerinin (büyük bir kısmı kalkopirit, pirit ve sfalerit) kükürt izotop analizleri (52 ölçüm) sunulmuştur. Lahanos, Killik ve Kızılkaya yataklarındaki çıkış bacası sülfitlerinin  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri oldukça dar bir aralıkta olmasına karşın Kızılkaya ve Çayeli yataklarında ise nispeten daha geniş bir aralıkta değişim sunar. Çayeli yatağındaki çıkış bacası sülfitlerinin  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri +2.2 ile +6.5‰ arasında (büyük bir kısmı 4 ile 5‰ arasında yoğunlaşır) değişim sunar. Lahanos yatağı sülfitlerinin  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri (-1.2 ile +1.0‰ arasında) -1.6 ile +1.0‰ arasında değişen Killik değerlerine oldukça yakındır. Kızılkaya yatağı  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri -2.7 ile +1.9‰ arasında değişir. Kutlularda,  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri +1.2 ile +3.2‰ arasındadır ve bu değerler Lahanos, Killik ve Kızılkaya yatakları değerlerinin biraz üzerindedir. Pontid yataklarından derlenen hidrotermal çıkış bacalarındaki sülfid minerallerinin  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri toplamda -2.7 ile +5.8‰ arasında değişim sunar. Çayeli sülfitleri en ağır  $\delta^{34}\text{S}$  değerlerine sahiptir. Kızılkaya yatağının  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri (-2.7 ile +1.9‰ arasında) tüm yataklar içerisinde en geniş aralığa sahiptir. Lahanos ve Killik'teki çıkış bacalarında, sülfid minerallerinin büyük bir kısmı negatif  $\delta^{34}\text{S}$  değerlerine sahiptir. Bazı çıkış bacası örneklerinin zonları boyunca kaba bir izotopik zonlanma gözlenir. Çıkış bacası zonlarındaki sülfitlerin  $\delta^{34}\text{S}$  değişimleri büyük olasılıkla çıkış bacalarında önceden oluşmuş sülfid mineralleriyle hidrotermal çözeltiler arasındaki etkileşimle ortaya çıkan yeniden-çökelim ve ornatma reaksiyonlarının bir sonucudur. Aynı bölgedeki her bir yatak için belirlenen  $\delta^{34}\text{S}$  değer aralıkları birbirlerine oldukça yakındır. Pontid yataklarının  $\delta^{34}\text{S}$  değerlerinde gözlenen değişimlerin stratigrafik olmaktan daha çok coğrafik olduğu söylenebilir. Isı kaynağına olan uzaklık çıkış bacalarının izotop bileşimlerinin belirlenmesinde önemli bir faktör olabilir. Çayeli sülfitleri en ağır izotop değerlerine sahiptir ve olasılıkla magmatik ısı kaynağına uzak çıkışlarda oluşmuştur. Çalışılan yatakların kükürt izotop değerleri, Fanerozoik VMS yataklarının değerleriyle oldukça uyumludur. Yatakların kükürt izotop değerleri dar bir bileşim aralığına sahiptir ve oldukça spesifik bir kökene işaret eder. İzotop değerleri derin odaklı bir spesifik kükürt kaynağına işaret etmesine karşın bu yatakların oluşumunda deniz suyu sülfat katkısı göz ardı edilemez. Pontid çıkış bacalarındaki

*sülfitlerin kükürt izotop değerleri hidrotermal sirkülasyon esnasında yan kayaçlardan sülfat yıkanmasıyla açığa çıkan kükürt katkısının eşlik ettiği indirgenmiş bir deniz suyu sülfat kökene işaret eder.*

*Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler çıkış bacası zonlarındaki kükürt izotop dağılımının ve çalışılan yataklar için olası kükürt kaynaklarının detaylı bir şekilde yorumlanmasını amaçlar. Çıkış bacalarındaki izotop çalışmaları, VMS yataklarının kükürt izotop değerlerindeki değişimlerin açıklanmasında ve VMS yataklarının oluşumunda etkili süreçlerin anlaşılmasında faydalı bilgiler sunar. Paleo VMS yataklarına ait hidrotermal çıkış bacalarında bu tür bir kükürt izotop jeokimyası ilk kez bu çalışma kapsamında yapılmıştır. Deniz tabanı hidrotermal-metasomatik süreçlerin bir ürünü olan konsantrik zonlanmalı bu çıkış bacaları birincil stratiform cevherleşmeyi temsil etmeleri nedeniyle bu tür bir çalışmaya uygundur.*

**Anahtar Kelimeler:** *Doğu Pontidler, VMS, hidrotermal çıkış bacaları, kükürt izotop*

# **SULFUR ISOTOPE STUDY OF VENT CHIMNEYS FROM UPPER CRETACEOUS VMS DEPOSITS OF THE EASTERN PONTIDE METALLOGENIC BELT, NE TURKEY, AND SOME GENETIC IMPLICATIONS**

**Mustafa Kemal Revan<sup>a</sup>, Yurdal Genç<sup>b</sup>, Valeriy V Maslennikov<sup>c</sup>, Okan Delibaş<sup>b</sup>,  
Svetlana P. Maslennikova<sup>c</sup>, Sergey A. Sadykov<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>Department of Mineral Research and Exploration, General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, Turkey

<sup>b</sup>Department of Geological Engineering, Hacettepe University, Beytepe, Ankara, Turkey

<sup>c</sup>Institute of Mineralogy, Russian Academy of Sciences, Ural Division and National Research South Ural State University, Miass, Russia

(kemalrevan@gmail.com)

## **ABSTRACT**

The sulfur isotope geochemistry of sulfide minerals is an integral part of the investigation of mineral deposits. When combined with geological data, sulfur isotope data provide significant information not only on the sulfur source but also on the mechanism of sulfide precipitation. In this context, we report on sulfur isotope analyses of 52 sulfide mineral samples (mostly chalcopyrite, pyrite, and sphalerite) from hydrothermal vent chimneys of the eastern Pontides volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits. Sulfide  $\delta^{34}\text{S}$  values show narrow variation at the Lahanos, Killik, and Kutlular deposits, but wider variation at the Kızılkaya and Çayeli deposits. The  $\delta^{34}\text{S}$  values of sulfides from the Çayeli deposit ranged from 2.2 to 6.5 per mil, with most clustered between 4 and 5 per mil. The range for Lahanos (-1.2 to 1.0 per mil) was similar to that of the Killik values which range from -1.6 to 1.0 per mil. The  $\delta^{34}\text{S}$  values for the Kızılkaya deposit varied between -2.7 and 1.9 per mil. The Kutlular deposit yielded  $\delta^{34}\text{S}$  values between 1.2 and 3.2 per mil, slightly higher than the ranges at Lahanos, Killik, and Kızılkaya. The total range of  $\delta^{34}\text{S}$  values for vent chimneys in the eastern Pontides deposits is from -2.7 to 6.5 per mil. Chimney sulfides from Çayeli had the heaviest  $\delta^{34}\text{S}$  values. The sulfur isotope values of chimney sulfides from Kızılkaya varied more than those of other Pontides deposits. The chimneys in Lahanos and Killik tended to have negative  $\delta^{34}\text{S}$  values, with the majority being lighter than zero per mil. In some samples, a rough isotopic zonation pattern was observed throughout chimney zones. Variations in  $\delta^{34}\text{S}$  values of sulfides within chimney walls were probably caused by chemical reactions of reprecipitation and replacement between vent fluids and earlier sulfide minerals in the chimney. Ranges of  $\delta^{34}\text{S}$  values of sulfide minerals are similar for different deposits within the same region. Variations in the  $\delta^{34}\text{S}$  values of the Pontides deposits appear to be geographic rather than stratigraphic. Distance to heat source may be an important factor determining isotope ratios in vent chimneys. Çayeli chimneys have the isotopically-heaviest sulfides relative to the other deposits and they probably occurred at vent sites distal to the magmatic heat source. The isotopic signature of the studied deposit is highly consistent with the range of the Phanerozoic VMS deposits. Sulfur isotope values of the deposits have a narrow compositional range, indicative of a fairly specific origin. Although "deep-seated" sulfur may be a potential source in the Pontides district, a significant contribution of seawater sulfate cannot be ruled out. The sulfur isotope values for Pontides chimney

*sulfides are considered to represent reduced seawater sulfate origin with a variable contribution of deep-seated sulfur leached from host rock during hydrothermal circulation.*

*The sulfur isotope data obtained in this study represent a detailed investigation of sulfur isotope distribution in chimney zones and the likely sulfur sources of the studied deposits. Sulfur isotope studies on chimney zones may also help explain enigmatic variations of sulfur isotope values in VMS deposits. These data may therefore be useful in interpreting sulfur sources and in understanding the background to formation of the VMS deposits. No such study of fossil vent chimneys using sulfur isotope geochemistry has yet been attempted in ancient VMS districts. These concentrically zoned chimneys that represent primary stratiform ores, are well suited to such a study.*

**Keywords:** *Eastern Pontides, VMS, hydrothermal vent chimneys, sulfur isotopes*