

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**YAHYALI-ZAMANTI IRMAĞI (KAYSERİ) BÖLGESİNDE BULUNAN
KURŞUN-ÇİNKO YATAKLARININ JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Özge ÖZER ATAkoĞLU

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

HAZİRAN 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**YAHYALI-ZAMANTI IRMAĞI (KAYSERİ) BÖLGESİNDE BULUNAN
KURŞUN-ÇİNKO YATAKLARININ JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Özge ÖZER ATAkoĞLU

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

HAZİRAN 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAHYALI-ZAMANTI IRMAĞI (KAYSERİ) BÖLGESİNDE BULUNAN
KURŞUN-ÇİNKO YATAKLARININ JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Özge ÖZER ATAkoĞLU

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
(BAP) tarafından FDK-2023-6411 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

HAZİRAN 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAHYALI-ZAMANTI IRMAĞI (KAYSERİ) BÖLGESİNDE BULUNAN
KURŞUN-ÇİNKO YATAKLARININ JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Özge ÖZER ATAkoĞLU
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 27/06/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN (Danışman)
Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ
Prof. Dr. Fetullah ARIK
Prof. Dr. Nurdane İLBeyLİ
Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜMÜKLÜ

ÖZET

YAHYALI-ZAMANTI IRMAĞI (KAYSERİ) BÖLGESİNDE BULUNAN KURŞUN-ÇİNKO YATAKLARININ JEOLÖJİK, MİNERALÖJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Özge ÖZER ATAĞOĞLU

Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Haziran 2025; 217 sayfa

Periyodik tablonun, 4. periyodunun 12. grubunda bulunan Zn ile 6. periyodunun 14. grubunda bulunan Pb, metal grubu elementlerdir. Metal grubunun ortak özelliği ısıyı ve elektriği iyi iletmeleri ve kolay şekil alabilmeleridir. Bu özellikleri sayesinde Pb ve Zn, son yıllarda kurşun-asit piller, galvanizasyon, radyoaktif kalkanlama, alaşım, vb. sektörlerde yaygın olarak tercih edilen demir dışı metallerdir. Düşük derecelerde kaynama ve şekil alabilme özelliklerine karşın Pb-Zn cevherleri, oldukça karmaşık bir cevher mineralojisine sahiptir.

İç Anadolu bölgesinin güneydoğusunda yer alan Yahyalı-Zamantı (Kayseri) kuşağında madencilik faaliyetleri çok eski tarihlere kadar uzanmaktadır. Ancak bölgedeki cevher yataklarının oluşumu ve kökeni, jeoloji ve metalojeni alanlarında yapılan kapsamlı bir araştırma eksikliği nedeniyle hala tartışmalı olmaya devam etmektedir. Yahyalı-Zamantı kuşağı çoğunlukla bölgesel kıvrımlanma ve itmelere maruz kalan birçok karbonat barındıran Pb-Zn yatağına ev sahipliği yapmaktadır. Ancak bölgede yapılan çalışmalarda cevher yataklarının içerisinde bulunduğu alanın yapısal kontrolleri yeterince anlaşılmamıştır. Bu çalışmada Yahyalı-Zamantı bölgesinde bulunan üç Pb-Zn yatağı (Zengan, Erva ve Almıla maden ocakları) jeolojik, metalojenik ve jeokimyasal olarak detaylı incelenmiştir. Saha araştırmaları, jeolojik haritalandırmalar, cevher geometrisi ve ayrıntılı jeokimyasal metotlarla cevher jenezine yönelik çıkarımlarda bulunulmuştur. Yataklardaki cevher metallerinin ana kaynağı hakkında daha iyi yorumlamalar yapılabilmesi, cevher oluşturan sıvıların kökeni ve cevher oluşumunu ortaya çıkarmak amacıyla ocakların farklı seviyelerinden/kotlarından derlenen numuneler üzerinde çeşitli jeokimyasal (XRF, ICP-MS, cevher mikroskopisi, XRD, sıvı kapanım, δO , δC , δS , duraylı ve Pb radyojenik izotopları ve EPMA) analizler yapılmıştır.

Üç yatak için de Pb-Zn mineralizasyonu çoğunlukla yoğun masif, stoklu, tabakalı ve yayılmış formlarda, Aladağ Birliğinin KB eğilimli faylarında tortul kayaçlar içerisinde meydana gelmektedir. Tabakalı damarlı/merceksi cevher gövdeleri, Orta Devoniyen yaşlı Aladağ Birliği'nin karbonatlı ve kalkerli örtü kayaçlarında bulunmaktadır. Zengan Pb-Zn yatağının birincil cevherli mineralleri pirit, sfalerit, galen, serüzit; ikincil cevherli mineralleri smitsonit, götit, hemimorfit, hematit ve gang mineraller ise kalsit, kuvars,

kaolinit, muskovit, barit, montmorillonit'tir. Erva Pb-Zn yatağının birincil cevherli mineralleri sfalerit, galen, serüzit; ikincil cevherli mineralleri smitzonit, götit, hemimorfit, hematit, anglezit ve gang mineralleri ise kalsit, kuvars, montmorillonit, dolomit, muskovit, halloysit, kaolinit'tir. Almila Pb-Zn yatağının birincil cevherli mineralleri pirit, sfalerit, galen, serüzit; ikincil cevherli mineralleri smitzonit, götit, hemimorfit, hematit, anglezit ve gang mineralleri ise kuvars, kalsit, montmorillonit, dolomit, muskovit, halloysit, kaolinit'tir.

δO , δC , δS ve Pb izotopik bileşimlerinden elde edilen sonuçlar, bu yataklar için cevher oluşturan sıvıların çok kaynaklı olduğunu ve çeşitli cevher oluşturan sıvıların karışması sonucunda oluştuğunu göstermektedir. Kararlı İzotop Sonuçları: Zengan, Erva ve Almila madenleri için $\delta^{13}C_{V-PDB}$ ve $\delta^{18}O_{V-SMOW}$ kararlı izotop sonuçları sırasıyla şu şekildedir: Zengan: $\delta^{13}C_{V-PDB}$: ‰-3.44 – +1.13, $\delta^{18}O_{V-SMOW}$: ‰+18.04 – +26.16; Erva: $\delta^{13}C_{V-PDB}$: ‰+1.47 – +2.19, $\delta^{18}O_{V-SMOW}$: ‰+24.55 – +25.04; Almila: $\delta^{13}C_{V-PDB}$: ‰-5.07 – -3.76, $\delta^{18}O_{V-SMOW}$: ‰+27.04 – +29.05. Bu $\delta^{13}C_{V-PDB}$ ve $\delta^{18}O_{V-SMOW}$ değerleri, cevher oluşturan sıvılardaki karbonun esas olarak Aladağ Birliği'nin denizel karbonatlarının çözünmesinden ve manto kökenli karbonla karışmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Pb İzotop Sonuçları: Metalojenik aşamada, sülfür minerallerinin $^{206}Pb/^{204}Pb$, $^{207}Pb/^{204}Pb$ ve $^{208}Pb/^{204}Pb$ izotopik bileşimleri şu aralıklarda değişmektedir: 18.6 – 18.7; 15.7 – 15.8; 38.8 – 39.1. Pb izotopik bileşimleri, üst kıtasal kabuk ve orojenik kuşakta nispeten yoğunlaşmıştır. Kükürt İzotop Sonuçları: Zengan, Erva ve Almila madenlerinden toplanan galen örneklerinin $\delta^{34}S_{V-CDT}$ değerleri sırasıyla şu şekildedir: Zengan: ‰6.06 – 6.45; Erva: ‰9.50 – 9.66; Almila: ‰10.58 – 11.30. Her üç ocakta de magmatik-evaporit aralığına düşen kükürt değerleri göstermektedir. Ayrıca, $\delta^{34}S_{V-CDT}$ değerleri, kükürdün termokimyasal sülfat indirgenmesi (TSR) yoluyla yerel karbonat-evaporit dizilerinden gelen hidrotermal sıvıların karışımından türetilmiş olabileceğini göstermektedir. Bu durum, cevher oluşturan metallerin muhtemelen kabuk ve orojenezden karışık bir kaynağa sahip olduğunu düşündürmektedir. Buradan cevher oluşturan metallerin kabuk ve orojenezin karışık bir kaynağı olma olasılığını göstermektedir. Yatakların, dünya çapındaki diğer CRD bölgelerine benzer şekilde olduğu görülmektedir. ICP-MS analizinin sonuçları, NTE deseninin genel olarak sağa eğik olduğunu göstermektedir. Nadir toprak elementlerinin toplam miktarı nispeten düşüktür. Zengan, Erva ve Almila sahalarının $\sum NTE$, $\sum HNTE$, $\sum ANTE$, $\sum HNTE/ANTE$ değerleri sırasıyla şu aralıkta bulunmuştur: Zengan: $\sum NTE$: 10.50 – 45.80, $\sum HNTE$: 6.80 – 30.20, $\sum ANTE$: 3.70 – 17.20, $\sum HNTE/ANTE$: 0.64 – 2.06; Erva: $\sum NTE$: 10.8 – 18.80, $\sum HNTE$: 8.20 – 14.6, $\sum ANTE$: 2.60 – 4.20, $\sum HNTE/ANTE$: 3.15 – 3.47; Almila: $\sum NTE$: 4.60 – 9.90, $\sum HNTE$: 3.10 – 6.80, $\sum ANTE$: 1.50 – 3.10, $\sum HNTE/ANTE$: 2.06 – 2.20. Üç saha için de $\sum HNTE$ nispeten zenginleşmiş ve $\sum ANTE$ için ise tükenmiştir.

Cevher Yatağı Oluşumu Hakkında Sonuç: Jeokimyasal sonuçlar bir bütün olarak ele alındığında, Zengan, Erva ve Almila (Kayseri) Pb-Zn yataklarının Karbonat Ornatımlı (CRD) tip Pb-Zn yatakları olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yatakların kökeni, karbonatlı

kayaçlar içerisindeki bölgesel tektonizma tarafından kontrol edilen intrüzyonla ilişkili kurşun-çinko yataklarıyla bağlantılıdır. Cevher oluşumları, Aladağ Birliği içerisinde stratigrafik olarak ve KB eğilimli normal fay sistemi boyunca yapısal olarak kontrol edilmektedir. Üç yatağın da oluşumunda derin kökenli hidrotermal akışkanlar aktif rol oynamıştır. Cevher oluşum süreçlerinde gerilimsel (ekstansiyonel) tektonik ortam baskın olmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: C-O-S-Pb izotopları, Jenez, Kayseri, Pb-Zn yatakları, Türkiye, Yahyalı, Zamantı ırmağı

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Prof. Dr. Nurdane İLBAYLI

Dr. Öğr. Üyesi Ali TÖMÜKLÜ

ABSTRACT

GEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE LEAD-ZINC DEPOSITS LOCATED IN THE YAHYALI-ZAMANTI RIVER (KAYSERİ) REGION

Özge ÖZER ATAĞÖZ

PhD Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

June 2025; 217 pages

Zinc (Zn), found in Group 12, Period 4 of the periodic table, and Lead (Pb), found in Group 14, Period 6, are both a metal group elements. Common characteristics of metals include their excellent conductivity of heat and electricity and their malleability. Thanks to these properties, Pb and Zn have become widely preferred non-ferrous metals in recent years across sectors such as lead-acid batteries, galvanization, radioactive shielding, and alloys. Despite their low boiling points and good malleability, Pb-Zn ores possess a highly complex ore mineralogy.

Mining activities in the Yahyalı-Zamantı (Kayseri) belt, located in the southeast of the Central Anatolia region, date back to ancient times. However, the formation and origin of the ore deposits in the region remain a subject of debate due to a lack of comprehensive research in the fields of geology and metallogeny. The Yahyalı-Zamantı belt hosts numerous carbonate-hosted Pb-Zn deposits that have been subjected primarily to regional folding and thrusting. Despite this, the structural controls governing the location of these ore deposits in the area have not been sufficiently understood in previous studies. In this study, three Pb-Zn deposits (the Zengan, Erva, and Almıla mines) in the Yahyalı-Zamantı region were examined in detail from a geological, metallogenic, and geochemical perspective. Inferences regarding ore genesis were made through field investigations, geological mapping, analysis of ore geometry, and detailed geochemical methodologies. To better interpret the main source of the ore metals in the deposits, the origin of the ore-forming fluids, and the mechanism of ore formation, various geochemical analyses were conducted on samples collected from different levels/elevations of the mines. These analyses included: XRF, ICP-MS, ore microscopy, XRD, fluid inclusion, δO , δC , δS , stable and Pb radiogenic isotopes, and EPMA.

For all three deposits, Pb-Zn mineralization primarily occurs within sedimentary rocks along the NW-trending faults of the Aladağ Unity, presenting as dense massive, stockwork, stratiform, and disseminated forms. The stratiform vein/lenticular ore bodies are found in the carbonate and calcareous cover rocks of the Middle Devonian-aged Aladağ Unity. The primary ore minerals of the Zengan Pb-Zn deposit are pyrite, sphalerite, galena, and cerussite. The secondary ore minerals include smithsonite,

goethite, hemimorphite, and hematite, while the gangue minerals are calcite, quartz, kaolinite, muscovite, barite, and montmorillonite. For the Erva Pb-Zn deposit, the primary ore minerals are sphalerite, galena, and cerussite. The secondary ore minerals are smithsonite, goethite, hemimorphite, hematite, and anglesite, with gangue minerals consisting of calcite, quartz, montmorillonite, dolomite, muscovite, halloysite, and kaolinite. Finally, the Almila Pb-Zn deposit's primary ore minerals are pyrite, sphalerite, galena, and cerussite. Its secondary ore minerals include smithsonite, goethite, hemimorphite, hematite, and anglesite, and the gangue minerals found are quartz, calcite, montmorillonite, dolomite, muscovite, halloysite, and kaolinite.

The results from the δO , δC , δS , and Pb isotopic compositions indicate that the ore-forming fluids for these deposits are multi-sourced and formed as a result of the mixing of various ore-forming fluids. Stable isotope results: The $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ stable isotope results for the Zengan, Erva, and Almila mines are as follows: Zengan: $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$: ‰-3.44 – +1.13, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$: ‰+18.04 – +26.16; Erva: $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$: ‰+1.47 – +2.19, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$: ‰+24.55 – +25.04; Almila: $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$: ‰-5.07 – -3.76, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$: ‰+27.04 – +29.05. These $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ values suggest that the carbon in the ore-forming fluids primarily originates from the dissolution of marine carbonates of the Aladağ Unity, mixed with mantle-derived carbon. Pb isotope results: During the metallogenic stage, the $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ isotopic compositions of the sulfide minerals vary within the following ranges: 18.6 – 18.7; 15.7 – 15.8; 38.8 – 39.1. The Pb isotopic compositions are relatively concentrated in the upper continental crust and orogenic belt. Sulfur isotope results: The $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ values of galena samples collected from the Zengan, Erva, and Almila mines are: Zengan: ‰6.06 – 6.45; Erva: ‰9.50 – 9.66; Almila: ‰10.58 – 11.30. All three mines show sulfur values falling within the magmatic-evaporite range. Furthermore, the $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ values indicate that the sulfur may have been derived from a mixture of hydrothermal fluids from local carbonate-evaporite sequences through thermochemical sulfate reduction (TSR). This suggests the ore-forming metals likely have a mixed source from the crust and orogenesis. The total amount of Rare Earth Elements (REE) is relatively low. The ΣREE , ΣHREE (Heavy Rare Earth Elements), ΣLREE (Light Rare Earth Elements), and $\Sigma\text{HREE}/\text{LREE}$ values for the Zengan, Erva, and Almila areas were found within the following ranges, respectively: Zengan: ΣREE : 10.50 – 45.80, ΣHREE : 6.80 – 30.20, ΣLREE : 3.70 – 17.20, $\Sigma\text{HREE}/\text{LREE}$: 0.64 – 2.06; Erva: ΣREE : 10.8 – 18.80, ΣHREE : 8.20 – 14.6, ΣLREE : 2.60 – 4.20, $\Sigma\text{HREE}/\text{LREE}$: 3.15 – 3.47; Almila: ΣREE : 4.60 – 9.90, ΣHREE : 3.10 – 6.80, ΣLREE : 1.50 – 3.10, $\Sigma\text{HREE}/\text{LREE}$: 2.06 – 2.20. For all three areas, ΣHREE is relatively enriched, while ΣLREE is depleted.

Conclusion on Deposit Genesis: When considered as a whole, the geochemical results lead to the conclusion that the Zengan, Erva, and Almila (Kayseri) Pb-Zn deposits are Carbonate Replacement Deposit (CRD) type Pb-Zn deposits. Their origin is linked to intrusion-related lead-zinc deposits controlled by regional tectonism within carbonate

rocks. Ore formations are stratigraphically controlled within the Aladağ Unit and structurally controlled along the NW-trending normal fault system. Deep-seated hydrothermal fluids played an active role in the formation of all three deposits. An extensional tectonic environment was dominant during the ore formation processes.

KEYWORDS: C-O-S-Pb isotopes, Genesis, Kayseri, Pb-Zn deposits, Türkiye, Yahyalı, Zamantı river

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Asst. Prof. Dr. Ali TÜMÜKLÜ

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışması kapsamında, Kayseri ili Yahyalı ilçesinde bulunan Zengan, Erva ve Almıla isimli maden sahalarının cevher-yan kayaç ilişkileri, cevherin yapısal ve dokusal özellikleri, mineral parajenezleri gibi jeolojik ve jeokimyasal incelemeler ile cevher oluşum koşulları ve kökenine ışık tutacak özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Doktora tezi konusunun oluşturulması, projelendirilmesi, yürütülmesi süreçlerinin her aşamasında destekleri ve özgün bir çalışmanın ortaya konmasındaki tüm katkıları için danışman hocam Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezi çalışmalarında değerli fikirleri ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ, Prof. Dr. Fetullah ARIK, Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ ve Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜMÜKLÜ'e teşekkür ederim. Tez çalışması için seçilen maden sahalarının ruhsat sahibi Jeoloji Mühendisi Hacı Mehmet ÖZDEMİR'e maddi ve manevi destekleri için teşekkür ederim. Maden sahalarında çalışan değerli Jeoloji Mühendisi Mustafa KURUŞ, Maden Mühendisi Bahadır ÇÖREKÇİ ve Maden Mühendisi Hasan PAŞA'ya arazi çalışmaları esnasında gösterdikleri ilgi, emek ve çabalardan dolayı teşekkür ederim. Araziden derlenen örneklerin analizlere hazırlanmasında "Aycore Mining Corporation" laboratuvarında çalışan tüm personele teşekkür ederim. Araziye ait gravite manyetik haritasını oluşturan Jeoloji Mühendisi Fatih ÜÇGÜN'e teşekkür ederim.

Doktora tezi süreçlerinde desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Fatih UÇAR, Arş. Gör. Dr. Koray KOÇ, Arş. Gör. Dr. Alper GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

Her zaman ve her koşulda en derin sevgilerini ve desteklerini hissettiğim aileme minnettarlığımı belirtmek istiyorum; beni göklerden izleyen melek babam Seyit ÖZER, canım annem Melahat ÖZER, bir tanecik ablam İmge ÖZER, sevgili eşim Caner ATAĞÖĞLU'na çok teşekkür ederim. Varlığıyla hayatımı anlamlandıran kıymetli yavrum Ela ATAĞÖĞLU'na çok teşekkür ederim.

Bu doktora tez çalışması, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından FDK-2023-6411 nolu Doktora Tez Projesi kapsamında desteklenmiştir. BAP'ın verdiği bu destekten dolayı teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	vii
AKADEMİK BEYAN	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı	4
1.2. Çalışmanın Amacı	6
2. LİTERATÜR TARAMASI	7
3. MATERYAL VE METOT.....	11
3.1. Çalışma Alanından Derlenen Örneklerin Seçilme Yöntemi ve Metodu	12
3.2. Jeokimyasal Analizlere Örneklerin Hazırlanması	12
3.2.1. X-ışınları floresans (XRF) spektrometresi analizinin örnek hazırlama aşamaları	13
3.2.2. X-ışınları difraktometresi (XRD) analizinin örnek hazırlama aşamaları.....	14
3.2.3. ICP-MS (İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi) analizinin örnek hazırlama aşamaları	14
3.2.4. Cevher mikroskopisi için parlatılmış kesitlerin hazırlanma aşamaları.....	15
3.2.5. Sıvı kapanım analizi için örnek hazırlama ve yöntem.....	15
3.2.6. O-C-S-Pb izotop analizlerine örnek hazırlama ve yöntem.....	15
3.2.7. Elektron Prob Mikronaliz (EPMA) örnek hazırlama ve yöntemi.....	17

4. BULGULAR.....	19
4.1. Yahyalı-Zamantı Bölgesel Jeolojisi.....	19
4.1.1. Zengan maden ocağı bölgesel jeolojisi.....	19
4.1.2. Erva ve Almila maden ocağı bölgesel jeolojisi	25
4.2. Yahyalı-Zamantı Maden Ocağı Örneklerinin Mineralojisi	30
4.2.1. Zengan maden ocağı analitik mineralojisi.....	30
4.2.2. Erva maden ocağı analitik mineralojisi	34
4.2.3. Almila maden ocağı analitik mineralojisi.....	36
4.2. X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi Analizinin İstatistiksel Yorumlamaları.....	38
4.2.1. Zengan maden ocağı X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi analizinin istatistiksel yorumlamaları	38
4.2.2. Erva maden ocağı X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi analizinin istatistiksel yorumlamaları.....	47
4.2.3. Almila maden ocağı X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi analizinin istatistiksel yorumlamaları	58
4.3. ICP-MS Analizi Sonuçları.....	65
4.3.1. Zengan maden ocağı ICP-MS analizi	65
4.3.2. Erva maden ocağı ICP-MS analizi	67
4.3.3. Almila maden ocağı ICP-MS analizi.....	70
4.4. Yahyalı-Zamantı Maden Ocağı Örneklerinin Petrografisi	73
4.4.1. Zengan maden ocağı petrografisi	73
4.4.2. Erva maden ocağı petrografisi.....	75
4.4.3. Almila maden ocağı petrografisi	78
4.5. İzotop Analizleri	79

4.5.1. Yahyalı-Zamantı karbon ($\delta^{13}\text{C}$) ve oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) kararlı izotop bileşimi	79
4.5.2. Yahyalı-Zamantı kurşun izotop ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) bileşimleri	86
4.5.3. Yahyalı-Zamantı kükürt izotop ($\delta^{34}\text{S}$) bileşimleri.....	89
4.6. Sıvı Kapanım Analizleri	92
4.6.1. Yahyalı-Zamantı sıvı kapanım analizleri	92
4.7. Elektron Prob Mikronaliz (EPMA)	98
4.7.1. Zengan maden ocağı Elektron Prob Mikronaliz (EPMA).....	98
4.7.2. Erva Maden Ocağı Elektron Prob Mikronaliz (EPMA).....	105
4.7.3. Almıla maden ocağı Elektron Prob Mikronaliz (EPMA).....	109
4.8. Gravite Manyetik Haritası	116
4.9. Dünya Pb-Zn Yataklarıyla Karşılaştırma	116
4.10. Alterasyon ve Mineralizasyon	117
5. TARTIŞMA.....	121
5.1. Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn Yataklarının Jeokimyasal Özellikleri: Yatakların Oluşumunda İz Elementlerin Etkisi ve Kimyasal Ayrışma Süreçleri.....	121
5.2. Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn Yataklarının Oluşum Modellemesi.....	133
5.3. Pb-Zn Elementlerinin Tıbbi Jeolojik Değerlendirmeleri.....	142
5.4. Ekonomik Bir Kaynak Olarak Pb-Zn Yatakları	146
5.4.1. Çinkonun ve kurşunun kullanım alanları.....	146
5.4.2. Çinko ve kurşun üretim yöntemleri.....	147
6. SONUÇLAR.....	151
7. KAYNAKLAR.....	155

8. EKLER	169
----------------	-----

ÖZGEÇMİŞ



AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Yahyalı-Zamantı Irmağı (Kayseri) Bölgesinde Bulunan Pb-Zn Yataklarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

27/06/2025

Özge ÖZER ATAĞOĞLU

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Σ : Toplam

% : Yüzde

> : den çok

< : den az

Kısaltmalar

SiO_2 : Silika veya Kuvars veya silisyumdioksit

Al_2O_3 : Alümina veya Alüminyum Oksit

Fe_2O_3 : Demir (III) Oksit

CaO : Kalsiyum Oksit

MgO : Magnezyum Oksit

Na_2O : Sodyum Oksit

K_2O : Potasyum Oksit

MnO : Mangan Oksit

TiO_2 : Titanyum Oksit

P_2O_5 : Fosfor Pentaoksit

Cr_2O_3 : Krom (II) Oksit (III)

Ba : Baryum

Ag : Gümüş

As : Arsenik

Au : Altın

Be : Berilyum

Bi	: Bizmut
Cd	: Kadmiyum
Ce	: Seryum
Co	: Kobalt
Cs	: Sezyum
Cu	: Bakır
Dy	: Disporsiyum
Er	: Erbiyum
Eu	: Evropiyum
Ga	: Galyum
Gd	: Gadolinyum
Hf	: Hafniyum
Hg	: Civa
Ho	: Holmiyum
La	: Lantanyum
Lu	: Lutetiyum
Mo	: Molibden
Nb	: Niobyum
Nd	: Neodimyum
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Rb	: Rubidyum
Sb	: Antimon

Se	: Selenyum
Sm	: Samaryum
Sn	: Kalay
Sr	: Stronsiyum
Ta	: Tantal
Tb	: Terbiyum
Th	: Toryum
Tl	: Talyum
Tm	: Tulyum
U	: Uranyum
V	: Vanadyum
W	: Tungusten
Y	: İtriyum
Yb	: İterbiyum
Zn	: Çinko
Zr	: Zirkon
ppm	: Milyonda Bir Birim
NTE	: Nadir Toprak Elementleri
ΣNTE	: Toplam Nadir Toprak Elementleri
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementler
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Farklı türdeki Pb-Zn yataklarının küresel dağılımı (Leach vd. 2010; Song vd. 2017; Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır).....	3
Şekil 1.2. Türkiye Pb-Zn yataklarının dağılımı (Traore vd. 2022'den değiştirilerek alınmıştır).....	3
Şekil 1.3. Zengan, Erva ve Almila maden ocağı yer bulduru haritası	4
Şekil 1.4. Zengan, Erva ve Almila maden ocağı Google Earth görüntüsü (görüntü verileri Google Earth'ten (2024)).....	5
Şekil 3.1. XRF laboratuvarı örneklerin cihaza yerleştirilmesi aşaması	13
Şekil 4.1. Zengan maden ocağı bölgesel jeoloji haritası (Balcı, 2010 ve Tekeli 1981'den değiştirilerek alınmıştır).....	23
Şekil 4.2. Zengan maden ocağı bölgesi stratigrafisi (Balcı 2010; Tekeli 1981'den değiştirilerek alınmıştır).....	25
Şekil 4.3. Erva ve Almila maden ocakları bölgesel jeoloji haritası (Dalkılıç 2009'dan değiştirilerek alınmıştır).....	28
Şekil 4.4. Erva ve Almila maden ocakları stratigrafisi (Dalkılıç 2009'dan değiştirilerek alınmıştır).....	29
Şekil 4.5. Zengan Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) Z4; b) Z5; c) Z7; d) Z9; e) Z13; f) Z19; g) Z22; h) Z25; ı) Z30; i) Zengan kartik kesit; j) Zengan fay boşluğu	31
Şekil 4.6. Erva Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) E39; b) E53; c) E27; d) E43; e) E50 (Atakoğlu Özer ve Yalcin 2024).....	35
Şekil 4.7. Almila Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) A1; b) A2; c) A8; d) A11	37
Şekil 4.8. Zengan maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının kutu diyagramları a) Majör oksitler; b) İz elementler; c) Nadir toprak elementleri.....	40
Şekil 4.9. Zengan dağılım noktası grafikleri a) V-BaO; b) SO ₄ -BaO; c) ZnO-Cd	41
Şekil 4.10. Zengan maden ocağı faktör analizi çizgi grafiği	43
Şekil 4.11. Zengan maden ocağı temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği	46

Şekil 4.12. Zengan maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi.....	47
Şekil 4.13. Erva maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının kutu diyagramları a) Majör oksitler; b) İz elementler; c) Nadir toprak elementleri.....	49
Şekil 4.14. Erva maden ocağı dağılım noktası grafikleri a) PbO-Pt; b) PbO-Bi; c) PbO-ZnO	51
Şekil 4.15. Erva maden ocağı faktör analizi çizgi grafiği.....	53
Şekil 4.16. Erva maden ocağı temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği.....	55
Şekil 4.17. Erva maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi	57
Şekil 4.18. Almıla maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının kutu diyagramları a) Majör oksitler; b) İz elementler; c) Nadir toprak elementleri.....	58
Şekil 4.19. Almıla maden ocağı faktör analizi çizgi grafiği	60
Şekil 4.20. Almıla maden ocağı temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği	63
Şekil 4.21. Almıla maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi.....	63
Şekil 4.22. Zengan maden ocağı Z9 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gth: götit, Gn: galen).....	73
Şekil 4.23. Zengan maden ocağı Z21 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Hem: hematit, Gth: götit)	74
Şekil 4.24. Zengan maden ocağı Z11 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gn: galen, Py: pirit, Gth: götit, Cer: seruzit).....	74
Şekil 4.25. Zengan maden ocağı Zengan Fay Boşluğu Göktepe numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Smt: smitzonit, Gth: götit)	75
Şekil 4.26. Erva maden ocağı E38 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gth: götit, Hem: hematit, Sp: sfalerit, Gn: galen).....	76
Şekil 4.27. Erva maden ocağı E28 numaralı örneğin parlak-ince kesit mikroskop görüntüleri (Hem: hematit, Gn: galen, Gth: götit)	77
Şekil 4.28. Almıla maden ocağı A19 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Sp: sfalerit, Cer: seruzit, Gn: galen).....	78
Şekil 4.29. Almıla maden ocağı A13 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gth: götit, Hem: hematit)	79

Şekil 4.30. $\delta^{18}\text{O}$ izotop kompozisyon değişim diyagramı (Field ve Fifarek 1985; Kerridge 1985; Exley vd. 1986).....	81
Şekil 4.31. $\delta^{13}\text{C}$ izotop kompozisyon değişim diyagramı (Field ve Fifarek 1985; Kerridge 1985; Exley vd. 1986).....	82
Şekil 4.32. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ izotop kompozisyon diyagramı (Allan ve Mathews 1977; Coleman ve Raiswell 1981; McConnaughey 1989).....	83
Şekil 4.33. Erva, Zengan ve Almila maden ocakları $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ - $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ diyagramı (Liu ve Liu 1997'den değiştirilerek alınmıştır).....	85
Şekil 4.34. Zamantı Aladağ cevherleşmelerine ait $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (a) ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (b) değerlerinin Stacey ve Kramers 1975 ortalama kabuksal büyüme eğrisine göre çizilen diyagramları	87
Şekil 4.35. Zamantı Aladağ cevherleşmelerine ait $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (a) ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (b) değerlerinin Zartman ve Doe 1981 Plumbotektonik modeline göre çizilen diyagramları.....	88
Şekil 4.36. Erva, Zengan ve Almila maden ocaklarının $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ diyagramı ve jeolojik rezervuarlar/süreçler: Pembemsi ve yeşilimsi alanlar: sırasıyla magmatik ($\text{‰}0\pm 5.0$) ve manto kaynaklı ($\text{‰}0\pm 3.0$) kükürtün $\delta^{34}\text{S}$ aralığını belirtir; bu değerler Ohmoto ve Goldhaber (1997) ile Hoefs (2018)'den alınmıştır. • Diğer iki kükürt kaynağı şunlardır: evaporit ($\text{‰}+10.0 - +26.0$; Hoefs 2018) ve/veya deniz suyu ($\text{‰}+16.0 - +28.0$; Claypool vd. 1980). • Üç indirgeme süreci: Termokimyasal sülfat indirgenmesi (TSR): ($\text{‰}+0.0 - +30.0$; Rye ve Ohmoto 1974; Ohmoto ve Rye 1979); Organik sülfat indirgenmesi (OSR): ($\text{‰}-20.0 - +30.0$; Kelley vd. 2004); Bakteriyel sülfat indirgenmesi (BSR): ($\text{‰}-50.0 - +30.0$; Ohmoto ve Goldhaber 1997; Warren 1999); MVT kökenli yataklar için $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri ($\text{‰}-25 - +25$; Leach vd. 2005); SEDEX kökenli yataklar için $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri ($\text{‰}-5 - +15$; Leach vd. 2005); Doğu Toroslar Ayraklı ve Denizovası Zn-Pb yatakları $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri ($\text{‰}-5.4 - +12.9$; Hanilçi ve Öztürk 2005); (Li vd. 2019b; Xu vd. 2021'den değiştirilerek alınmıştır).....	91
Şekil 4.37. Zamantı (Aladağ) sıvı kapanımlı fotomikrografları (a) Birincil sıvı kapanımları kümesi iki fazlı sıvı kapanımları, (b) Birincil küme sıvı kapanımları iki fazlı sıvı kapanımları, (c) Bir sıra ikincil sıvı kalıntılar iki fazlı sıvı kapanımları, (d) Bir sıra ikincil sıvı kalıntılar iki fazlı sıvı kapanımları	96
Şekil 4.38. Sıvı kapanım değerlerinden homojenleşme sıcaklığı (T_h)°C ve hesaplanan tuzluluk (‰NaCl) diyagramı (Roedder 1984; Wilkonsin 2001).....	97
Şekil 4.39. Sıvı kapanımların homojenizasyon sıcaklığına (T_h)°C karşı tuzluluk (‰NaCl) diyagramı (Shepherd vd. (1985)'ten değiştirilerek alınmıştır).....	98

Şekil 4.40. Z11 örneği galen 1 (a) ve galen 2 (b) örnekleri EPMA mikroskop görüntüleri.....	100
Şekil 4.41. Z21 örneği hematit 1 (a) ve hematit 2 (b) örnekleri EPMA mikroskop görüntüleri.....	102
Şekil 4.42. Z21 örneği hematit 1 (a) ve hematit 2 (b) örnekleri EPMA mikroskop görüntüleri.....	105
Şekil 4.43. E28 örneği götit ve hematit mineralleri EPMA mikroskop görüntüleri.....	107
Şekil 4.44. E38 örneği galen mineralleri (a, b, c) EPMA mikroskop görüntüleri	109
Şekil 4.45. E38 örneği götit-1 (a), götit-2 (b) ve serüzit (c) mineralleri EPMA mikroskop görüntüleri.....	112
Şekil 4.46. A19 örneği galen (a, b, c) mineralleri EPMA mikroskop görüntüleri.....	115
Şekil 4.47. Yahyalı-Zamantı bölgesi gravite manyetik haritası.....	116
Şekil 4.48. Zengan maden ocağı mineral parajenezi	118
Şekil 4.49. Erva maden ocağı mineral parajenezi.....	118
Şekil 4.50. Almıla maden ocağı mineral parajenezi	119
Şekil 5.1. Zengan maden ocağı (a) Co-Ni diyagramı, (b) As-Cu diyagramı (Meng vd. 2019, Zhao vd. 2023, Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır).....	125
Şekil 5.2. Erva maden ocağı (a) Co-Ni diyagramı, (b) As-Cu diyagramı (Meng vd. 2019, Zhao vd. 2023, Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır).....	125
Şekil 5.3. Almıla maden ocağı (a) Co-Ni diyagramı, (b) As-Cu diyagramı (Meng vd. 2019, Zhao vd. 2023, Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır).....	126
Şekil 5.4. Zengan maden ocağı örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor ve McLennan 1981'den alınmıştır)	130
Şekil 5.5. Erva maden ocağı örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor ve McLennan 1981'den alınmıştır)	130
Şekil 5.6. Almıla maden ocağı örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor ve McLennan 1981'den alınmıştır)	131

Şekil 5.7. Zengan maden ocağını gösteren şematik model.....	136
Şekil 5.8. Erva maden ocağını gösteren şematik model	137
Şekil 5.9. Almila maden ocağını gösteren şematik model.....	138
Şekil 5.10. Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarının cevherleşmesi için önerilen oluşum modeli.....	139
Şekil 5.11. Zengan yeraltı maden yatağının üç boyutlu cevher geometrisi	140
Şekil 5.12. Erva yeraltı maden yatağının üç boyutlu cevher geometrisi	141
Şekil 5.13. Almila yeraltı maden yatağının üç boyutlu cevher geometrisi.....	142
Şekil 5.14. Çinko üretim aşamaları (internet kaynağı 1)	148
Şekil 5.15. Kurşun üretim aşamaları (internet kaynağı 2)	149

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Zengan Pb-Zn örneklerinin XRD sonuçları.....	30
Çizelge 4.2. Erva Pb-Zn örneklerinin XRD sonuçları	35
Çizelge 4.3. Almila Pb-Zn örneklerinin XRD sonuçları	37
Çizelge 4.4. Zengan maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri.....	39
Çizelge 4.5. Zengan maden ocağının jeokimyasal analiz sonuçlarının model özeti	42
Çizelge 4.6. Zengan maden ocağının jeokimyasal analiz sonuçlarının varyans analizi	42
Çizelge 4.7. Zengan maden ocağının jeokimyasal analiz sonuçlarının katsayıları.....	43
Çizelge 4.8. Zengan maden ocağı özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı	44
Çizelge 4.9. Zengan maden ocağı ortak varyans tablosu.....	45
Çizelge 4.10. Zengan maden ocağı döndürülmüş faktör matrisi	46
Çizelge 4.11. Erva maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (Atakoğlu Özer ve Yalcin 2024)	48
Çizelge 4.12. Erva maden ocağı jeokimyasal analiz sonuçlarının model özeti	51
Çizelge 4.13. Erva maden ocağı jeokimyasal analiz sonuçlarının varyans analizi.....	52
Çizelge 4.14. Erva maden ocağı jeokimyasal analiz sonuçlarının katsayıları	52
Çizelge 4.15. Erva maden ocağı özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı.....	54
Çizelge 4.16. Erva maden ocağı ortak varyans çizelgesi.....	55
Çizelge 4.17. Erva maden ocağı döndürülmüş faktör matrisi.....	56
Çizelge 4.18. Almila maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri.....	59
Çizelge 4.19. Almila maden ocağı özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı	61
Çizelge 4.20. Almila maden ocağı ortak varyans çizelgesi	62
Çizelge 4.21. Almila maden ocağı döndürülmüş faktör matrisi	64

Çizelge 4.22. Zengan maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm)	65
Çizelge 4.23. Zengan maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm)	66
Çizelge 4.24. Zengan maden ocağı iz element verilerinin $\sum\text{NTE}$, $\sum\text{HNTE}$, $\sum\text{ANTE}$, $\sum\text{HNTE}/\sum\text{ANTE}$ değerleri	67
Çizelge 4.25. Erva maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm).....	68
Çizelge 4.26. Erva maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm).....	69
Çizelge 4.27. Erva maden ocağı iz element verilerinin $\sum\text{NTE}$, $\sum\text{HNTE}$, $\sum\text{ANTE}$, $\sum\text{HNTE}/\sum\text{ANTE}$ değerleri	70
Çizelge 4.28. Almila maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm)	70
Çizelge 4.29. Almila maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm)	71
Çizelge 4.30. Almila maden ocağı iz element verilerinin $\sum\text{REE}$, $\sum\text{LREE}$, $\sum\text{HREE}$, $\sum\text{LREE}/\sum\text{HREE}$ değerleri	72
Çizelge 4.31. Erva, Zengan ve Almila maden ocakları ana cevher aşamasından derlenen örneklerin karbon ve oksijen izotopik bileşimi	84
Çizelge 4.32. Erva, Zengan ve Almila maden ocaklarından derlenen galen örneklerinin kurşun izotopik bileşimi.....	87
Çizelge 4.33. Erva, Zengan ve Almila maden ocakları ana cevher aşamasından derlenen örneklerin $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰) izotopik bileşimi	91
Çizelge 4.34. Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarından derlenen kuvars örneklerinde yapılan sıvı kapanım sonuçları ve tuzluluk değerleri	95
Çizelge 4.35. Z11 örneği galen 1 minerali EPMA sonuçları.....	99
Çizelge 4.36. Z11 örneği galen 2 minerali EPMA sonuçları.....	99
Çizelge 4.37. Z21 örneği hematit 1 minerali EPMA sonuçları	101
Çizelge 4.38. Z21 örneği hematit 2 minerali EPMA sonuçları	101
Çizelge 4.39. ZFB örneği karbonat 1 minerali EPMA sonuçları.....	103

Çizelge 4.40. ZFB örneği karbonat 2 minerali EPMA sonuçları.....	103
Çizelge 4.41. ZFB örneği götit-1 minerali EPMA sonuçları	104
Çizelge 4.42. ZFB örneği götit-2 minerali EPMA sonuçları	104
Çizelge 4.43. E28 örneği galen minerali EPMA sonuçları	106
Çizelge 4.44. E28 örneği hematit minerali EPMA sonuçları	106
Çizelge 4.45. E38 örneği galen-1 minerali EPMA sonuçları	107
Çizelge 4.46. E38 örneği galen-2 minerali EPMA sonuçları	108
Çizelge 4.47. E38 örneği galen-3 minerali EPMA sonuçları	108
Çizelge 4.48. A13 örneği götit-1 minerali EPMA sonuçları	110
Çizelge 4.49. A13 örneği götit-2 minerali EPMA sonuçları	110
Çizelge 4.50. A13 örneği serüzit minerali EPMA sonuçları	111
Çizelge 4.51. A19 örneği galen-1 minerali EPMA sonuçları	113
Çizelge 4.52. A19 örneği galen-2 minerali EPMA sonuçları	113
Çizelge 4.53. A19 örneği galen-3 minerali EPMA sonuçları	114
Çizelge 4.54. A19 örneği smitsonit minerali EPMA sonuçları	114
Çizelge 4.55. CRD yatakları ile Yahyalı-Zamantı kuşağında bulunan Zengan, Erva ve Almıla Pb-Zn yatakları arasındaki karşılaştırma.....	117

1. GİRİŞ

Demir dışı metal olarak Pb ve Zn, Al ve Cu sonra en yaygın kullanılan elementlerdir. Kesildiğinde mavimsi beyaz renkte bulunan atom numarası 82, 11.34 g/cm³ özgül ağırlığa sahip Pb, ergime derecesi düşük olmasıyla oldukça kolay şekil verilebilen bir metaldir. Genellikle gümüş/mavi/gri renklerde bulunan Zn ise nispeten düşük ergime sıcaklığına sahiptir ve korozyona dayanıklı bir alaşım metaldir. Benzer fiziksel koşulların yanında ilişkili minerallerle bulunma gibi kimyasal koşullar, Pb ve Zn'nin doğada bir arada bulunmasını sağlarlar (Nayak vd. 2022).

Doğal olarak oluşan metaller arasında bulunan Pb'nin klark değeri 13 ppm'dir (Nayak vd. 2022). Pb elementinin, önemli cevher oluşturan mineralleri (sülfürlü ve oksitli) şu şekilde sıralanmaktadır: galen (PbS), anglezit (PbSO₄), seruzit (PbCO₃), vulfenit (PbMoO₄), piromorfit (Pb₃(PO₄)₃C), bulanjerit (Pb₃Sb₂S₆). Ayrıca Pb'nin, ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb ve ²⁰⁸Pb olmak üzere dört izotopu vardır. Bunlar radyoaktif bozunma serilerinin son ürünüdür. Pb elementi ultramafik kayaçlarda 1 ppm, mafik kayaçlarda 4 ppm, granitik kayaçlarda 18 ppm, kireçtaşlarında 5 ppm, kumtaşlarında 10 ppm, şeyllerde 125 ppm ve topraklarda 17 ppm ortalama değerler vermektedir. Pb konsantrasyonu, ultrabazik kayaçlardan granitoidlere doğru artmaktadır (Krauskopf 1979).

Zn atom numarası 30, özgül ağırlığı 7.14 g/cm³ olan, ergime derecesi düşük ve yumuşak bir metaldir. Düşük kalkofil özellik gösteren Zn sadece W, Fe ve Mn'dan daha kalkofildir. Oksit, sülfid, klorit, bromit, iyodit, karbonat ve bazı kompleks bileşikler halinde bulunur. Zn, yerkabuğunda en çok bulunan elementler arasında 23. sıradadır. Zn konsantrasyonu ultrabazik (dünit, harzburgit) ve asidik kayaçlardan daha çok, bazik (gabro, norit) kayaçlarda yüksek değerler vermektedir. Klark değeri 60 ppm olan Zn elementinin, önemli cevher oluşturan mineralleri şu şekilde sıralanmaktadır: sfalerit (ZnS), smitsonit (ZnCO₃), hidrozinkit (Zn₅(CO₃)₂(OH)₆), vurtzit (ZnS), zinkid (ZnO), franklinit (ZnFe₂O₄), hemimorfit (kalamın) (çinko silikat) (H₂Zn₂SiO₅) (Krauskopf 1979).

Cu, Pb ve Zn, cevher yatağında çoğunlukla beraber zenginleşirler. Bu zenginleşme aşamasında Mo, Au, Ag, Cd, Bi, Ge, Ga ve As gibi elementlerde yan ürün olarak bulunabilmektedir. Kalkofil element olarak bulunan Cu, Pb ve Zn'nin doğada sülfürlü mineralleri yaygındır. Klark değeri 50 ppm olan Cu elementinin, önemli cevher oluşturan mineralleri, şu şekilde sıralanmaktadır: kalkopirit (CuFeS₂), bornit (Cu₅FeS), kovellin (CuS), kalkozin (Cu₅FeS), tenorit (CuO), kuprit (Cu₂O), malahit (Cu₂CO₃(OH)₂), azurit (Cu₃(CO₃)₂(OH)₂). Cu ve Zn'nin hareketliliği yüzeysel ortam koşullarında yüksek iken, Pb'nin hareketliliği düşüktür. Çünkü Cu ve Zn sülfürlü minerallerin bozunması esnasında 2⁺ iyonlar halinde çözeltiye geçebilirken, Pb ortamda galen mineralinin anglezit mineraline dönüşmesi ile ortamda açığa çıkmaktadır (Gökçe 1995). Kimyasal olarak yakın olan Pb ve Zn, genellikle aynı yatakta zenginleşirler. Bu sebeple literatürde Pb-Zn olarak iki metal zenginleşmesi bir arada anılmaktadır (Temur 2001).

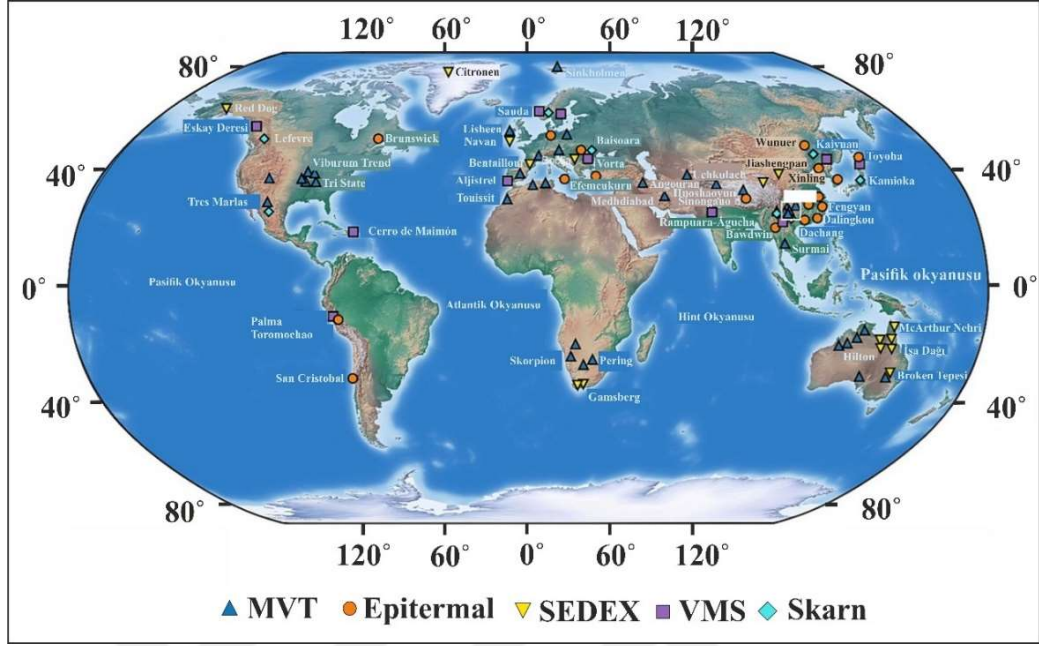
Magmatik maden yataklarının oluşumu, esas olarak erken ve geç olmak üzere iki evrede gerçekleşmektedir. Zn, erken magmatik evrede sıcaklığın 800-1500°C olduğu ortomagmatik evrede, dissemine (saçılımlı) ve ppm mertebesinde kayaç yapıcı minerallerin bünyesine girmekte ve çoğunlukla magnetitin bünyesinde zenginleşmektedir. Erken magmatik evrenin Zn oluşum parajenezinde, süksesyona son ürünü sfalerit (ZnS)'tir (Temur 2001). Ortomagmatik evreden sonra sıcaklığın düşmesiyle (600-800°C) pegmatitik evrede, Zn çok az bulunan elementler grubuna girmektedir. Bu tip yataklarda da Zn çok ender olarak ve süksesyona son evresinde sfalerit şeklinde oluşabilmektedir.

Magmanın farklılaşması sırasında Zn, gaz ve çözelti fazında konsantre olmaktadır. 600°C sıcaklıklı magmatik çözeltilerde Zn kolaylıkla çözünmekte ve taşınabilmektedir. Bu tip çözeltilerde 60 ppm Zn bulunabilmektedir. pH değerleri 1-2 olan magmatik çözeltiler içinden geçtikleri kayaçların bünyesindeki çinkoyu da çözerek konsantrasyonunu yükseltmektedir. Dolayısıyla kontak-metazomatik süreçlerle Zn yatakları oluşmamakta, Zn ancak süksesyona son evresinde ve sfalerit şeklinde parajenezle tali olarak girebilmektedir. Dolayısıyla çinkonun esas hipojen yatak oluşum evresi, hidrotermal çözeltilerle ilişkili olmaktadır. Magmanın kristalleşme aşamaları düşünüldüğünde, bu elementlerin en fazla hidrotermal evrede zenginleştiği ve maden yatağı oluşturduğu bilinmektedir (Gökçe 1995).

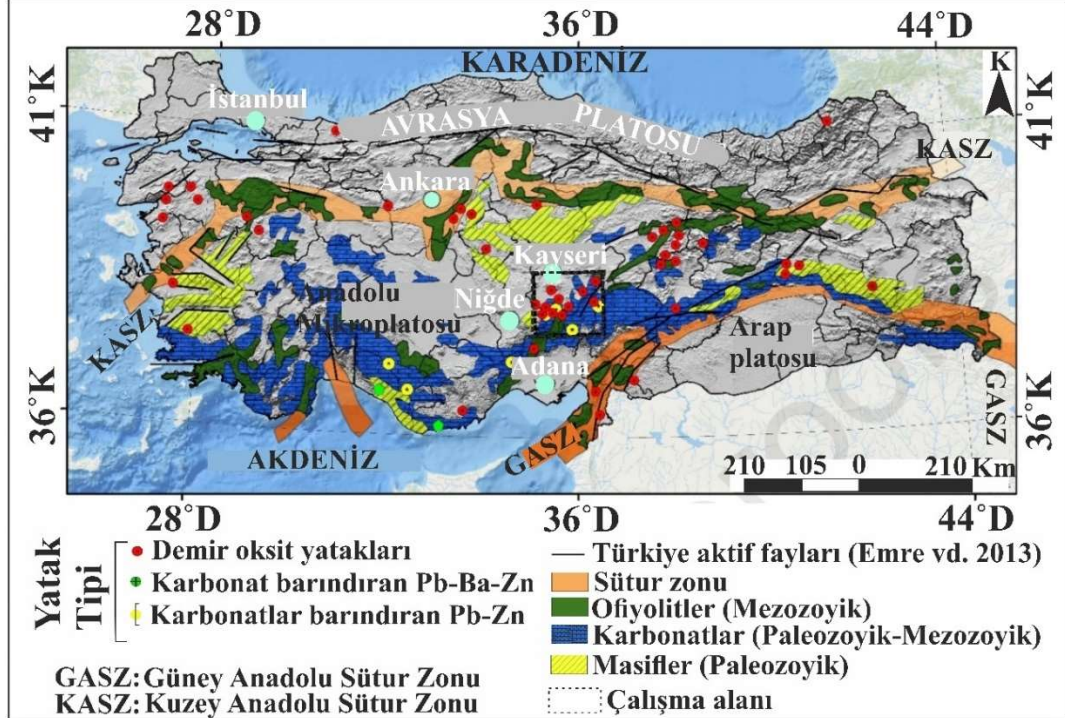
Pb ve Zn yatakları, sülfid, oksit veya karışık/kompleks (sülfid-oksit) halde bulunuş gösterebilir (Nayak vd. 2022). 20. yüzyılın başlarında Pb ve Zn, sadece sülfid cevherlerinden elde ediliyordu. Maden zenginleştirme teknolojilerindeki ilerlemeler ile son yıllarda sülfid olmayan Pb-Zn (smitzonit, serüzit, vb.) kaynaklarının da kullanılmasını sağlamıştır (Large 2001). Bu kapsamda, sülfid olmayan yatakların ekonomik sürdürülebilirliği artmış ve 21. yüzyılda önemli potansiyel Pb-Zn metal kaynağı haline gelmişlerdir (Large 2001; Hitzman vd. 2003; Fan vd. 2017; Harkins vd. 2008; Rezaeian vd. 2013; Boni ve Mondillo 2015; Chen vd. 2023).

Son yıllarda endüstride Pb ve Zn cevherine olan talep çok artmıştır. Kurşun asit bataryalar, radyasyon kalkanı, pirinç ve bronz alaşımlar, galvanizleme, vb. birçok endüstriyel alanda giderek artan kullanımlar nedeniyle, kurşun ve çinkoya olan ihtiyacı da yükseltmiştir (Nayak vd. 2020; 2022). Bahsi geçen sektörlerden kurşunun %80 tüketimini kurşun asitli aküler oluştururken, çinkonun ise %50 tüketimini galvanizleme endüstrisi oluşturmaktadır. Sanayi ve endüstrideki artan talepler düşünüldüğünde, Pb ve Zn talebinin karşılanabilmesi için sürdürülebilir bir maden arzının gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Dünya kurşun rezervinin yaklaşık olarak %40'ını Avustralya oluştururken; dünya çinko rezervinin %27'si ise Çin, Rusya, Peru, Meksika, ABD ve Hindistan'da bulunmaktadır (Nayak vd. 2022) (Şekil 1.1). Türkiye'de Pb-Zn cevherleşmeleri, batıdan başlamak üzere doğuya doğru devam eden bir kuşak boyunca görülmektedir. Pb-Zn cevherleşmelerinin görüldüğü iller batıdan doğuya doğru şu şekilde

sıralanabilir; Çanakkale, İzmir, Balıkesir, Amasya, Yozgat, Kayseri, Niğde, Ordu, Giresun, Trabzon, Rize, Gümüşhane, Malatya ve Elazığ (Şekil 1.2).



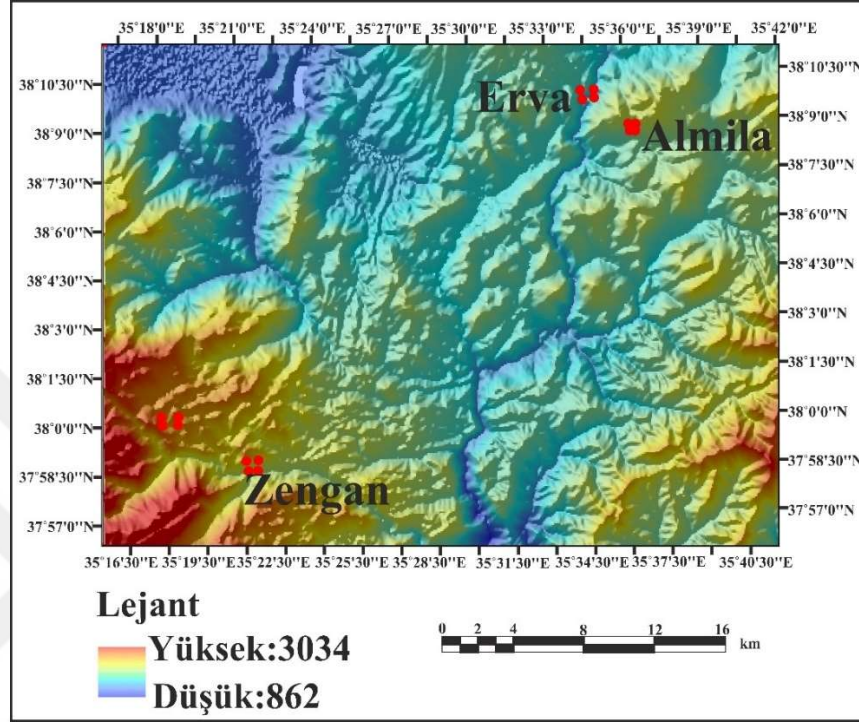
Şekil 1.1. Farklı türdeki Pb-Zn yataklarının küresel dağılımı (Leach vd. 2010; Song vd. 2017; Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 1.2. Türkiye Pb-Zn yataklarının dağılımı (Traore vd. 2022'den değiştirilerek alınmıştır)

1.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma sahası olarak belirlenen madencilik bölgesi, Kayseri ili Yahyalı ilçesinin 18 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1.3). Şekil 1.4'te çalışılan Pb-Zn işletmelerinin Google Earth görüntüsü yer almaktadır.

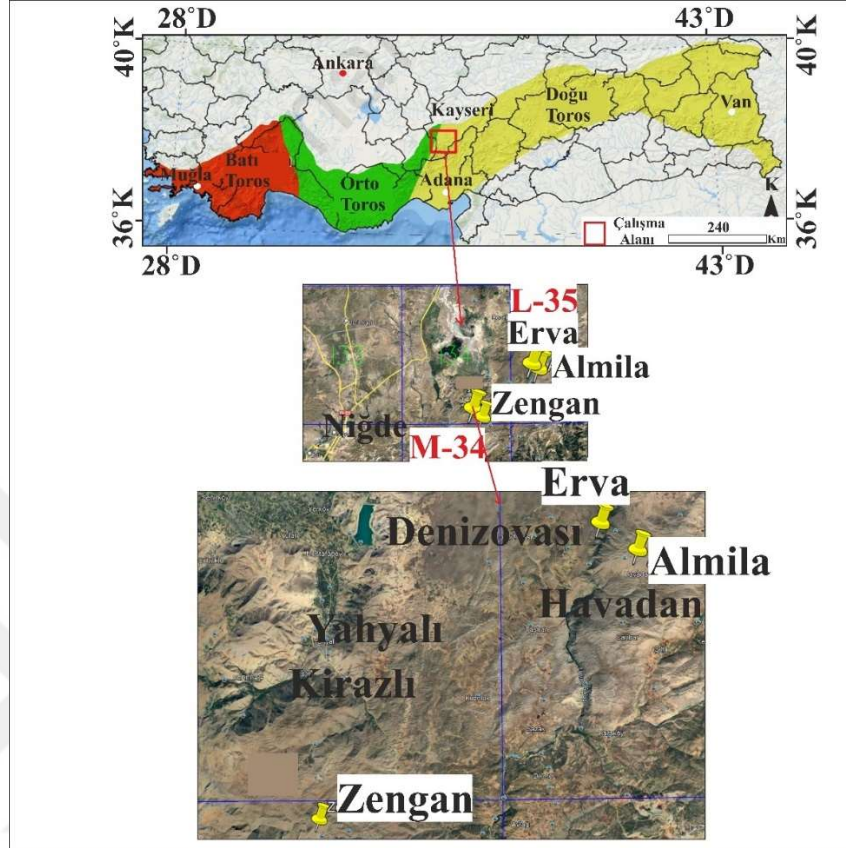


Şekil 1.3. Zengan, Erva ve Almila maden ocağı yer bulduru haritası

İnceleme alanı bu kuşağın, Yahyalı ve Çamardı ilçelerini sınırları içerisinde yer alır. Zamantı Pb-Zn provensi olarak adlandırılan Aladağların en kuzey-kuzeydoğu kesiminde yer alan, Yahyalı (Kayseri) yöresindeki madencilik faaliyetleri çok eski tarihlere kadar uzanmaktadır. Orta Toros Kuşağı karbonatlı kayaçlarının kuzey-kuzeydoğu kesimini oluşturan Zamantı bölgesi gerek içerdiği çok sayıdaki Pb-Zn cevherleşmesi gerekse de Kambriyen'den Pliyosen'e kadar çok geniş bir zaman aralığını temsil eden kayaç grupları ile dikkat çekmektedir. Zamantı Pb-Zn kuşağı Torosların rezerv ve yayılım açısından en önemli bölgelerinden birini oluşturur. Aladağlar yöresi bu kuşağın batısında Yahyalı (Kayseri) ve Çamardı (Niğde) ilçeleri içinde bulunur. Zamantı Pb-Zn kuşağı, batıda Ecemiş fayı (Niğde, Çamardı), kuzeyde Yahyalı, Develi, Pınarbaşı ve Sarız ilçeleri (Kayseri), doğuda Göksün ilçesi (Kahramanmaraş) ve güneyde Saimbeyli (Adana) ile sınırlanır.

Doktora tezi kapsamında, bölgede aktif olarak faaliyet gösteren ve kapalı işletme metodu ile çalışılan üç işletme ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Bahsi geçen işletmelerin isimleri şu şekilde sıralanmaktadır: Zengan maden ocağı, Erva maden ocağı, Almila maden ocağı. Çalışılan Pb-Zn yataklarından olan Zengan maden ocağı MTA tarafından oluşturulmuş Adana 1/100.000 ölçekli M-34 paftalarında yer almaktadır. Çalışılan diğer

iki Pb-Zn cevher yatağı Erva maden ocağı ve Almıla maden ocağı MTA tarafından oluşturulmuş Kayseri 1/100.000 ölçekli L-35 paftasında yer almaktadır.



Şekil 1.4. Zengan, Erva ve Almıla maden ocağı Google Earth görüntüsü (görüntü verileri Google Earth'ten (2024))

Adana Kozan M-34 1/100.000 ölçekli harita üzerinde yer alan Zengan maden ocağı bölge genel jeoloji itibarıyla, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı metamorfik birimler Niğde grubuna aittir. Metamorfik birimleri kesen Geç Kretase yaşlı granodiyoritik kayalar, Geç Permiyen yaş oluşumlu Geyik Dağı birliğine (Yığıltepe formasyonu) birimler, Orta Devoniyen – Kretase yaşlı Aladağ birliğine ait birimler, Karbonifer-Triyas yaşlı Çataloturan napına ait birimler, Bozkır birliğine ait Geç Triyas – Kretase yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Erva ve Almıla maden ocaklarının içinde bulundukları jeolojik birim çoğunlukla Feke istifini tektonik olarak üzerleyen Yahyalı-Munzur napı'dır. Aladağ napı, en altta olmak üzere, üstte doğru uyumlu olarak gelen birimler sırasıyla şu şekildedir: Orta Devoniyen yaşlı Şafaktepe formasyonu (Dş) Geç Devoniyen yaşlı Gümüşali formasyonu (Dg), Karbonifer yaşlı Bademli formasyonu (Cb), Permiyen yaşlı Cevizli formasyonu (Pc), Erken Triyas yaşlı Katarası formasyonu (TRK) (Balci, 2010).

Kayseri ili Yahyalı ilçesi iklim özelliği bakımından değerlendirilecek olursa, karasal iklimin (yazlar kurak ve sıcak geçmekte, kışlar ise soğuk ve kar yağışlı) hüküm sürdüğünü söylemek mümkündür. Hâkim olan karasal iklim tipiyle beraber bölge

güneyinde ise rakımın düşmesiyle ormanlık alanlarda Akdeniz iklimi görülmektedir. Ortalama sıcaklıklar bakımından yazları 20°C, kışları ise 18°C'dir. Bölgeye düşen ortalama yıllık maksimum yağış miktarı 500 mm'dir.

Kayseri ili, dağ ve tepelik alanlarında yüksek rakımın etkisi ve iklim koşulları nedeniyle bozkır bitki örtüsüne sahiptir. Tomarza, Yahyalı ve Develi ilçelerinde iyi nitelikte sayılabilecek ormanlar yer almaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Ergime sıcaklıkları düşük Pb-Zn elementleri kolay alaşım haline gelebilmeleri ve şekil alabilmeleri sebepleri ile endüstride çokça tercih edilmektedir. İlerleyen zamanlarda, bu elementlerin artan taleplerine karşılık dünya rezervleri yetersiz kalabilecektir. Bu kapsamda, dünya çapında yeni Pb-Zn yataklarının keşfedilmesi sanayi, savunma, endüstri, vb. birçok alana da hizmet edecektir. Yahyalı-Zamantı Irmağı (Kayseri) madencilik bölgesindeki Pb-Zn yataklarının jeokimyasal ve jeolojik incelemeleri, dünya çapında büyük önem arz etmesinin yanında ülke ekonomisi için de önemlidir. Çalışma kapsamında değerlendirme metodları olarak planlanan analizler ve analizlerden elde edilen bulgular, daha sonra keşfedilecek yeni Pb-Zn yataklarının jeolojik ve jeokimyasal değerlendirme adımları için örnek teşkil edecektir. Doktora tezi kapsamında Pb-Zn yatağının jeokimyasal değerlendirilmesi yapılırken tercih edilecek olan duraylı ve radyojenik izotop ($\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$), mineraloji (XRD, ince ve parlak kesit mikroskop incelemeleri) ve ICP-MS ve EPMA analizleri ile cevherin ana gelim kaynağı ve oluşumunda rol oynayan akışkanların hangi metalojenik kökenden geldiği tespit edilmiştir. Cevheri oluşturan magmanın kristalleşme evresi ve sıcaklığı tespit edilmiştir. Ayrıntılı jeokimyasal çalışmalar seçilen bölge için ilk defa bu kadar detaylı yapılmış olup, keşfedilecek dünya çapında Pb-Zn yataklarının jeokimyasal değerlendirme aşamaları için de ışık tutacaktır.

Jeokimyasal ve jeolojik çalışmalar neticesinde cevher metalojenezi belirlenmiştir. Cevher ve yan kayaç mineralizasyonu, cevher oluşum sıcaklığı, cevheri oluşturan sıvıların ve minerallerin kaynağının belirlenmesi çalışmanın ana amaçlarındandır. Doktora tezi çalışmasının Yahyalı-Zamantı (Kayseri) bölgesinde bulunan Zengan, Erva ve Almıla olmak üzere üç maden ocağının jeolojik saha çalışmaları, cevher mineralojisi, sıvı kapanımları, kararlı (C-O) ve radyojenik (Pb) izotop bileşimlerini içeren bir araştırma sunulmuştur. Tez çalışmasının genel olarak hedefleri şu şekildedir:

1. Cevher oluşum ortamının fiziksel-kimyasal koşulları ve metal taşıma mekanizmalarını araştırmak,
2. Cevher oluşturan sıvıların ve sülfür çökelme mekanizmasının özelliklerini belirlemek,
3. Metal kaynaklarını değerlendirmek ve cevher oluşumunu tartışmak.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Pb-Zn cevherleşmelerinin farklı türlerinin jeolojik ve jeokimyasal olarak anlaşılması için yürütülen birçok bilimsel çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları şu şekilde özetlenmiştir;

Brezilya Morro-Agudo bölgesi Pb-Zn yatağında LA-ICP-MS (Lazer Ablasyon Endüktif Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrometri) analizi ile tüm elementel içerikler çıkarılmıştır. Mineralojik analizler ve saha çalışmaları ile Pb-Zn kökeni yorumlanmıştır. Yatağı oluşturan ana minerallerin sfalerit ve galen olduğu bulunmuştur. Oluşuma katkı veren ana elementlerin ise Fe, As, In, Mn, Sb, Ag, Tl, Cd, Bi, Co, Ga ve Se oldukları saptanmıştır. Yatağın oluşum sıcaklığının ise 200-250°C olduğu düşünülmüştür (Aldis vd. 2022).

Güneybatı Çin’de bulunan büyük bir rezerve sahip Huize Pb-Zn yatağı üzerinde yapılan çalışmada $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotop analizleri yapılmıştır. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotop sonuçlarının değişim aralıkları sırasıyla şu şekildedir; (18.486-18.526); (15.738-15.806); (38.914-39.076). Pb-Zn zenginleşmesinin ortamdaki kırıntılı kayaçlar ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Yatağın kökeni ise Mississippi Vadisi olarak belirlenmiştir (Bao vd. 2017).

Kuzeybatı Çin’de bulunan Doğu Tianshan Pb-Zn yatağı EPMA, ICP-MS ve U/Pb jeokronoloji analizleri ile ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Cevher mineralleri esas olarak kalkopirit, pirit, sfalerit, galen ve magnetit olarak bulunmuştur. Cevheri oluşturan ana elementlerin konsantrasyonları şu şekilde değişim göstermektedir; %34.79-37.8 SiO₂; %32.49-34.27 CaO; %8.45-27.27 FeO; %0.012-15.29 Al₂O₃; %0.35-1.41 MnO; %0.013-1.057 TiO₂. Cevher yatağının nadir toprak elementlerinin (REE) miktarı 71.045-862.52 ppm arasında değişmekte olup, düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Yatağın hidrotermal ekshalatif tortullarla beraber oluşum gösterdikleri düşünülmüştür (Wen vd. 2017).

Kuzeydoğu Çin’de bulunan Erdaokan Ag-Pb-Zn yatağı üzerinde izotop jeokimyası (^{202}Hg ve ^{199}Hg) çalışmaları yürütülmüştür. İzotop çalışmalarından çıkarılan sonuçlar farklı uluslararası çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda yatağın hidrotermal köken ile ilişkili olabileceği tartışılmıştır (Deng vd. 2021).

Kuzeydoğu Çin’de bulunan Qiyimuchang Pb-Zn yatağının cevherleşmesi, kökeni ve yaş analizi için çeşitli mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar yürütülmüştür. Cevherin ana mineralleri sfalerit, galen, kalkopirit ve pirit oluşturmaktadır. Element ve izotop jeokimyası cevherin yan kayacı olan Jura yaşlı volkanik kayaçlar ile benzer özellikler taşıdığını göstermiştir. Yürütülen izotop çalışmalarında $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}=\text{‰}1\text{-}6$ ve sırasıyla $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotop değerleri şu şekilde bulunmuştur; (18.33-18.41); (15.55-15.62); (38.5-38.39) arasında değerler almaktadır. Cevherin

Kretase yaşlı magmatik-hidrotermal aktivite etkisi ile oluştuğu çalışma sonucunda yorumlanmıştır (Duan vd. 2022).

Çin’de bulunan Qinghai Eyaleti Xitieshan Pb-Zn yatağında yapılan jeokimyasal çalışmalar ile yatağın kökeni ve oluşum süreçleri yorumlanmıştır. Pirit ve sfalerit örnekleri üzerinde yapılan S izotop çalışmalarında ‰2.08 – 5.81 arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir (Feng vd. 2022).

Çin Kuzeydoğu Yunnan Eyaletinde bulunan Maoping Pb-Zn yatağının oluşumu üzerine yapılan çalışmada C-O-S-Pb izotop analizleri yapılmıştır. $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değerleri ‰-5.3-(+0.8); $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOV}}$ değerleri ‰+14.5-(+21.8); $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰18.0-(+21.8); $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotop değerleri ise sırasıyla şu değerler aralıklarında bulunmuştur; (18.71-18.75); (15.772-15.776); (39.383-39.467). Pb-Zn yatağının oluşumu Mississippi Vadisi tipi (MVT) olarak yorumlanmıştır (He vd. 2020).

Kuzeybatı Tibet bölgesinde bulunan Huoshaoyun Pb-Zn yatağının jeolojisi ve jeokimyası üzerine bir çalışma yürütülmüştür. Cevher ana mineralleri galen, sfalerit ve piritir smitsonit (Li vd. 2019a).

Güneybatı Çin’de bulunan Fangyangshan Cu-Pb-Zn yatağı üzerine yapılan çalışmada C-O-S-Pb izotop analizleri yapılmıştır. Cevherin ana mineralleri pirit, sfalerit ve galen olarak bulunmuştur. Çalışmada kurşun izotop değerleri şu değer aralıklarında gözlemlenmiştir; $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (18.29-19.08); $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15.77-15.81); $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (38.65-39.30). İzotop değerleri Pb-Zn zenginleşmesinin magmatik bir kökenden geldiğini göstermiştir (Xu vd. 2021).

Güneybatı Çin bölgesinde bulunan Pb-Zn yatağı üzerinde yapılan petrolojik, jeokimyasal ve izotopik çalışmalar sonucunda köken ve tip yorumlaması yapılmıştır. Kurşun örnekleri üzerinde yapılan $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop analizleri sonuçları sırasıyla şu değer aralıklarında bulunmuştur; (18.55-18.56); (15.67-15.69); (38.8-38.809). Elde edilen bulgular ışığında yatağın Paleo-Tetis okyanusunun kapanmasından sonra Geç Triyas-Erken Jura yaşlı olarak Hint orojenezi etkisinde oluştuğu bulunmuştur. Yatağın oluşumu Mississippi Vadisi tipi olarak yorumlanmıştır (Yu vd. 2022).

Çin’de Tethyan metalojenik kuşağında Xiaohe Pb-Zn yatağında yapılan çalışmada ayrıntılı saha ve jeokimyasal çalışmalar yürütülmüştür. Yatakta hâkim olan simitsonit, seruzit, anglezit ve Fe- oksitlerin yanısıra oldukça düşük miktarlarda sfalerit, galenit ve pirit bulunmaktadır. C-O-S-Pb izotopları çalışmada analiz edilmiştir. $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ izotop değerlerinin ‰-4.4-(+0.9); $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ izotop değerlerinin ‰+16.6-(+24.5); $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerlerinin ‰+14.3-(+29.1) arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Araziden derlenen pirit örnekleri üzerinde yapılan $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotop değerleri sırasıyla şu değer aralıklarında bulunmuştur; (38.34-38.38); (15.67-15.68); (18.30-

18.31). Pb-Zn yatağının oluşumu Mississippi Vadisi tipi olarak yorumlanmıştır (Zhao vd. 2022a).

Güney Çin Yangtze Bloğu Yuanbaoshan Pb-Zn yatağında yapılan araştırmada, $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ sırasıyla şu şekilde bulunmuştur: ‰-0.66 - +0.61; ‰+15.6 - +17.3. Cevheri oluşturan sıvıların çözünmüş karbonu ve oksijeni esas olarak tortul karbonat çözünmesinden türetilmiş olduğu sonucuna erişilmiştir (Yu vd. 2024).

Çin Xinjiang Karakoram'da bulunan sülfürsüz Huoshaoyun Pb-Zn cevher yatağının mineralojisi ve iz element jeokimyası ayrıntılı incelenmiştir. Yatakta minör olarak bulunan sfalerit, galen ve pirit sülfürlü mineralleri, smitsonit, serüzit, anglezit ve Fe-oksit gibi sülfürsüz mineraller domine etmektedir. Çalışmada Pb-Zn yatağının oluşumunda rol oynayan mineraloji ve bu minerallerin eser element kimyası LA-ICP-MS analizi ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Oluşumda rol oynayan sfalerit mineralinin Cd, TI ve Ge açısından zengin, Fe ve Mn açısından ise fakir olduğu ortaya çıkarılmıştır. Huoshaoyun Pb-Zn yatağının cevher oluşum sıcaklığı, S, Pb izotop değerleri ve mineralojik özellikleri ile değerlendirildiğinde süperjen oksidasyon süreçleri geçirmiş MVT tipi Pb-Zn yatağı olduğu ortaya çıkarılmıştır (Chen vd. 2023).

Çanakkale, Biga Yarımadası (Türkiye)'de bulunan Pb-Zn-Cu cevherleşmeleri üzerine yapılan çalışmada çeşitli jeokimyasal analizler yapılmıştır. Jeokimyasal analizlerden çıkarılan sonuçlar ile cevherin galen, kalkopirit ve sfalerit gibi cevher minerallerinden oluştuğu saptanmıştır. Ayrıca δS izotop değerlerinin negatif olarak bulunması ile düşük Sb/Bi ve Co/Ni oranları yatakların magmatik hidrotermal kökenli olduklarını ve I-tipi magmatik aktiviteye bağlı oluştuklarını göstermiştir. Yüksek iz element içerikleri ve alterasyonlar da hidrotermal kökeni destekler niteliktedir (Kıray vd. 2024).



3. MATERYAL VE METOT

Oluşum tipi fark etmeksizin, literatürde öne çıkan önemli Pb-Zn yatakları ile Zamantı Irmağı Pb-Zn yatağı ile çalışma kapsamında kıyaslanacaktır. Pb-Zn yatağıyla ilgili olarak yapılan doktora çalışması, aşağıda sıralanmış jeolojik ve jeokimyasal amaçlar doğrultusunda yürütülmüştür;

1. Pb-Zn zenginleşmesinin bulunduğu alanın ayrıntılı jeoloji çalışmaları ile cevher kökeninin ve oluşumunda rol oynamış kayaçların öğrenilmesi için gereklidir. Bu kapsamda, sahanın jeolojik haritandırılması yapılmıştır. Haritada jeolojik birimler ve tüm yapısal unsurlar gösterilmiştir. Jeoloji çalışmaları ile cevherin epijenetik ya da senjenetik köken ayrımı yapılmıştır. Saha çalışmaları ile yan kayaç ve cevher el örnekleri sahadan derlenmiştir.
2. Araziden derlenen sfalerit, galen, smitsonit, pirit, kalkopirit, limonit, vb. cevher örnekleri ayrıntılı cevher mikroskopisi yapılabilmesi amacıyla laboratuvar ortamında parlak kesitlere dönüştürülmüştür. Mikroskoplardan çekilen yüksek çözünürlüklü resimler detaylı olarak incelenmiştir. Cevheri oluşturan mineral dokuları, yapıları, parajenezi, süksesyonu ve matriks dolguları cevher mikroskobu ile incelenmiştir. Cevher ve yan kayaçların mineralojik bileşimlerinin anlaşılabilmesi amacıyla XRD (X-Işını Difraktometresi) analizi yapılmıştır.
3. Cevher yatağının oluşumu içerisinde yer alan bölgedeki tortul yan kayaçlardan derlenen örnekler üzerinde karbon ve oksijen izotop analizleri ($\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$) yaptırılmıştır. Bu kapsamda cevheri oluşturan sıvıların kökeni belirlenmiştir. $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerleri kullanılarak çizilen diyagramlarla, cevherin oluşum sürecinde rol oynayan sıvıların hangi metalojenik kökenden geldiği (granitik, denizel karbonat, Sedimenter organik madde, vb.) tespit edilmiştir.
4. Sfalerit, galen ve pirit gibi cevherli el örnekleri üzerinde yapılan kurşun ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) izotop çalışmaları, cevheri oluşturan metal kaynaklarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Kurşun izotop analizleri, metaller ve hidrotermal akışkanların kökenlerinin ve yan kayaçlarla olan etkileşimlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu kapsamda, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramları sonuçlar ışığında çizilmiştir, cevher metal gelim kaynağı tespit edilmiştir.
5. Sfalerit, galen ve pirit gibi cevherli el örnekleri üzerinde yapılan kükürt ($\delta^{34}\text{S}$) izotop çalışmaları ile yataklardaki sülfürlü minerallerin köken ve oluşum süreçlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Cevher yataklarının oluşumunda önemli rol oynayan sülfürlü minerallerin kökenini ve gelişimini anlamak, mineralojik ve jeokimyasal değerlendirmelerde önem arz etmektedir. Bu kapsamda, sülfürün kaynağının (magmatik, manto, evaporit veya deniz suyu gibi rezervuarlardan

gelip gelmediğinin) ve minerallerin oluşumu sırasında maruz kaldığı indirgeme süreçleri tespit edilmiştir.

6. Cevher sistemleri karmaşık dokusal ilişkiler içerisindedir. Dokusal ilişkilerin anlaşılması için elementel kompozisyonun öğrenilmesi önem arz etmektedir. Cevheri oluşturan iz elementel kompozisyon (Fe, Pb, As, Cu, Zn, In, Mn, Sb, Ag, Cd, Bi, Co, Ga, Se, Ge, Hg, TI, vb.) ppm cinsinden ICP-MS (Endüktif Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrometri) analizi ile tespit edilmiştir.
7. ICP-MS analizi ile cevherin oluşumunda rol oynayan olan nadir toprak elementleri (NTE) de öğrenilmiştir. Ağır nadir toprak elementleri (Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu) ve hafif nadir toprak elementleri (Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm ve Sm) ICP-MS sonucunda ulaşılmıştır. Sonuçlar ışığında Pb-Zn yatağının, toplam nadir toprak elementi (ΣNTE), toplam ağır nadir toprak elementi ($\Sigma ANTE$), toplam hafif nadir toprak elementi ($\Sigma HNTE$) ve toplam ağır nadir toprak elementi ($\Sigma ANTE$) / toplam hafif nadir toprak elementi ($\Sigma HNTE$) ($\Sigma ANTE / \Sigma HNTE$) değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplanan değerler ve çizilen diyagramlar, cevheri oluşturan ortam özelliklerinin ve magma karakteristiğinin belirlenmesinde kullanılmıştır. NTE sonuçları Taylor ve McLennan (1981) tarafından önerilen Üst Kıta Kabuğu değerleri ile normalize edilmiş ve ilişkisel dağılım diyagramları ile çizilmiştir.
8. Cevher oluşumuna katılmış minerallerde ana elementel değerler (SiO_2 , CaO , FeO , Al_2O_3 , TiO_2 , MnO) % cinsinden EPMA (Elektron Prob Mikronaliz) ile tespit edilmiştir.
9. XRF ve ICP-MS analizleri neticelerinde ulaşılan iz ve ana elementel konsantrasyonların ilişkileri SPSS23 programı kullanılarak betimsel istatistiksel verileri ve çok değişkenli istatistiksel metotlar (korelasyon analizleri, lineer regresyon/çok değişkenli regresyon, faktör analizi, kümeleme analizi) ile yorumlanmıştır (Atakoğlu ve Yalçın 2023; Yalcin vd. 2023)

3.1. Çalışma Alanından Derlenen Örneklerin Seçilme Yöntemi ve Metodu

Zamantı-Aladağ yöresinde bulunan yeraltı işletmeciliği yöntemiyle Pb-Zn madeni çıkarılan ocaklardan (Zengan, Erva ve Almila) derlenen örnekler (cevher ve yan kayaçlar), Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Maden Yatakları Laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler içerisindeki nemi kaybedinceye kadar kurutulmuştur. Nemini kaybedip tamamen kuruyan numunelerle jeokimyasal analizlere hazırlık aşamasına geçilmiştir.

3.2. Jeokimyasal Analizlere Örneklerin Hazırlanması

Tez çalışması kapsamında, incelenen üç Pb-Zn yatağının jeokimyasal araştırmalarında saha çalışmaları, cevher mineralojisi, sıvı kapanım analizleri ve duraylı

(C-O-S) ve radyojenik (Pb) izotop bileşimleri ortaya çıkartılmıştır. Jeokimyasal analizlerin amaçları aşağıda sıralanmıştır:

1. Cevher yatağını oluşturan fiziksel-kimyasal koşullar ve cevherin taşınma mekanizmasını çözümlemek,
2. Cevheri oluşturan akışkanların özelliklerini belirlemek,
3. Metal kaynaklarını değerlendirme ve cevher oluşumunun tartışılması,
4. Bölgesel metalojiyi anlamlandırarak cevher oluşumunun aydınlatılması.

3.2.1. X-ışınları floresans (XRF) spektrometresi analizinin örnek hazırlama aşamaları

X-ışınları floresans spektrometresi (XRF), üç yeraltı Pb-Zn cevher yatağından derlenen tüm örneklerin ana, iz ve nadir toprak elementel dağılımlarının öğrenilmesi için kullanılmıştır. XRF cihazı, kayaç, toprak, su, vb. materyallerde elementel kompozisyonun belirlenmesi için kullanılan bir spektroskopik analiz yöntemidir. Yapay X-ışını üreten bir tüple çalışan cihazda, kaynaktan çıkan X-ışınları pürüzsüz yüzeye sahip numuneye gönderilir. Numuneden koparılan elektronların değiş-tokuşu sırasında farklı açılarda ve yoğunluklarda (α , β , γ) karakteristik X-ışını floresansı yayarlar (Bragg yasası) (Schönenberger vd. 2012; Özer 2020; Atakoğlu Özer vd. 2024). Cihaz, literatürdeki element enerji seviyeleri ile çıkan sonuçları karşılaştırır enerji pikleriyle elementin numunedeki bolluğunu da hesaplayarak istenilen birimde (% , ppm, ppb) bir sonuç elde eder (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. XRF laboratuvarı örneklerin cihaza yerleştirilmesi aşaması

Araziden getirilen ve nemini kaybetmiş numuneler, <75 µ boyutuna gelinceye kadar Retsch RM200 havanlı öğütücüyle öğütülmüştür. Pres-pastil makinesiyle pürüzsüz yüzeye sahip hale getirilmiştir. Cihaza uygun boyutlarda hazırlanmış pelletler, XRF analizine alınmıştır. Örneklerin elementel bileşimi X-Ray Floresan Spektrometre cihazı (NEX-CG Rigaku, Tokyo, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz spektrometresi, 50 kV uyarma enerjisine sahiptir. Cihaz, molibden X-ışını lambası ve 150 eV çözünürlüklü bir Si Kayma Dedektörü (SDD) ile donatılmıştır. Cihaz, kalibrasyon için MCA Sertifikalı (Çok Kanallı Analizör), Cu, Sn, SiO₂ referansları kullanılmıştır.

3.2.2. X-Işınlari difraktometresi (XRD) analizinin örnek hazırlama aşamaları

Zengan, Erva ve Almila sahalarından derlenen örneklerin, mineralojik bileşimini belirlemek amacıyla XRD (X-Ray Diffraction Analysis: X-Işını Kırınım Çekimi) analizleri yapılmıştır. XRD çekimleri, nemi alınmış örneklerden hazırlanan, <75 µ altında öğütülmüş toz numuneden yaklaşık 0.5-10 gr'lık kısımlardan rastgele parçacık oryantasyonunu sağlayacak şekilde örnek kabına konulmuş fraksiyonlar üzerinde, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Jeoloji Bölümü XRD Laboratuvarında, “Bruker D8 Advance” model X-ışını toz kırınımı (XRPD) cihazı kullanılarak, 40 mA ve 40 kV akım ve voltaj yardımı ile Cu K α ışınması ile, filtresiz, 0,2° 2 θ /min adım hızıyla, 5°-72° 2 θ aralığında, Lynxeye marka dedektör kullanımı ile yapılmıştır. Çekimler sonucunda elde edilen X-ışını difraktogramları daha sonra, “Jade 6.5” veri değerlendirme programı (MDI, Kaliforniya-ABD) yardımı ile “PDF-2” veri tabanı kullanılarak çözümlenmiştir (Özer 2020).

3.2.3. ICP-MS (İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi) analizinin örnek hazırlama aşamaları

ICP-MS analizi için nemini kaybetmiş yaklaşık 5 gram <75 µ altında öğütülmüş toz numuneler kullanılmıştır (Özer 2020; Atakoğlu Özer ve Yalçın 2021). ICP-MS analizi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA, Ankara) yapılmıştır. Toz numunelere ICP-MS analizinden önce üçlü asitte çözme işlemi uygulanmıştır. Asitte çözme işlemi numunelerin matriks probleminin giderilmesi daha iyi sonuçların alınabilmesi açısından önemli bir adımdır. ICP-MS analizi, XRF metodu ile çözümlenemeyen matriks problemleri nedeniyle hassas bir şekilde ölçülemeyecek nadir toprak elementlerinin ppm mertebesinde ölçülmesi için tercih edilmiştir. Üçlü asitte çözme işlemi sırasıyla şu şekildedir (numune matriksine göre kısmi çözünme olabilir):

1. Derişik per klorik asit (HClO₄)’te çözme,
2. Derişik hidroklorik asit (HCl)’te çözme,
3. Derişik nitrik asit (HNO₃)’te çözme.

ICP-MS analizi sonucunda ortaya çıkarılan elementel bileşenler şu şekildedir: Pb, Ba, As, Cd, Sr, Ni, Cr, Ga, V, Cu, Zr, Mo, Rb, Sb, Ce, Y, Co, Nd, Sc, Ge, La, U, Eu, Tl, Nb, Cs, Th, Tb, Pr, In, Dy, Be, Er, Sm, Yb, Ta, Gd, Ho, Hf, Lu, Tm.

3.2.4. Cevher mikroskopisi için parlatılmış kesitlerin hazırlanma aşamaları

Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarından derlenen örneklerin ayrıntılı mineralojik ve petrografik özelliklerinin ortaya çıkarılması için parlatılmış kesitler hazırlanmıştır. Parlatılmış kesitler, üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu yardımıyla detaylı olarak farklı ölçeklerde incelenmiştir. Cevher mikroskopisi analizinin amaçları aşağıda sıralandığı gibidir:

1. Cevherleri oluşturan minerallerin dokusal özelliklerinin ortaya çıkarılması,
2. Cevher mineral parajenezlerinin belirlenmesi,
3. Cevheri oluşturan minerallerin geçirdikleri alterasyonlar,
4. Cevheri oluşturan minerallerin dönüşümleri belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.5. Sıvı kapanım analizi için örnek hazırlama ve yöntem

Şeffaflık oranına göre 35-150 µm kalınlığında, her iki tarafı da parlatılmış ince kesitler sıvı kapanım analizlerinde kullanılmıştır. Sıvı kapanım analizine örnek hazırlanması aşamaları aşağıda sıralanmıştır:

- I. Örnek, standart ince kesit hazırlığında olduğu gibi küp veya dikdörtgen formda kesilir,
- II. Küp veya dikdörtgen formda kesilen örneğin bir yüzeyi parlatılır ve parlatılan yüzey lam üzerine özel bir yapıştırıcı yardımıyla yapıştırılır,
- III. Lama yapıştırılan örnek, istenilen kalınlığa gelinceye kadar aşındırılır ve aşındırılan ilgili yüzeyde parlatma işlemi uygulanır. Bu şekliyle her iki yüzeyi de parlatılmış bir örnek elde edilmiş olmaktadır.
- IV. Lam üzerine yapıştırılmış olan örnek lamdan çıkarılır ve örnek sıvı kapanım analizine uygun hale gelmiştir (Kıran Yıldırım 2013).

Sıvı kapanım için özel hazırlanmış parlatılmış ince kesitler, polarizan mikroskopta ısıtma/soğutma (heating/freezing) incelenerek sıvı kapanımların jenetik, morfolojik ve bileşimsel özellikleri (homojenleşme sıcaklığı (Th), ergime sıcaklığı (Tm), Efektif sıcaklık (Te), ilk ergime sıcaklığı (Tfm) ve son buz ergime sıcaklığı (Tm-ice) parametreleri ortaya çıkarılır. Sıvı kapanım analizinde kullanılan soğutma (freezing) düzeneğinde sıvı nitrojen (azot) gazı ile kapanım sıcaklığı -196°C'ye kadar düşürülebilir (Kıran Yıldırım 2013).

3.2.6. O-C-S-Pb izotop analizlerine örnek hazırlama ve yöntem

Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn cevher yatağından derlenen karbonat numunelerinde $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranı tayini deneyi Gas Bench-Continuous Flow Isotope Ratio Mass Spectrometry (DeltaPlus XP Isotope Ratio Mass Spectrometer - ThermoFinnigan) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranı

taini, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı (Duraylı İzotop Analizi Laboratuvarında) gerçekleştirilmiştir. Karbonat numuneleri, 0.2-0.6 mg arasında hassas terazide tartılıp numune haznelere yerleştirilmiştir. Her numune fosforik asit - 99% (MERCK) (yaklaşık 0.1 ml) ile yaklaşık 70°C’de tutulan otomatik örnekleyici tablada bir süre (yaklaşık iki saat) tepkimeye bırakılmıştır. Bu tepkime sonucu açığa çıkan CO₂ gazı, Gas Bench ara birimi tarafından saflaştırıldıktan sonra kütle spektrometresine izotoplarına ayrılması için yollanmaktadır. CO₂ gazına ait iyon oranları ISODAT yazılım tarafından ham izotopik oranlara dönüştürülmektedir. Analizlerde ana standart olarak “NBS19 Limestone (NIST)” ($\delta^{13}\text{C}$: ‰1.95 ve $\delta^{18}\text{O}$: ‰-2.20) standardı numuneler ile her deney setinde analiz edilmiş ve cihaz tarafından belirlenen numunelere ait ham izotop oranların gerçek izotopik değerlere dönüştürülmesinde kullanılmıştır. Sonuçlar permil – ‰ cinsinden VPDB’ ye (Vienna Pee Dee Belemnite) göre belirlenmektedir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranlarına ilişkin 1 σ hata payları ‰0.2’i aşmamaktadır.

Kurşun izotop jeokimyası deneyleri ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Merkezi Laboratuvarı (Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezi, Radyojenik İzotop Laboratuvarı) bünyesinde, Köksal vd. (2017) tarafından detayları ve koşulları açıklanan metodolojiler temel alınarak yürütülmüştür. Bu analizler, laboratuvar içi deney talimatlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Numune hazırlık aşamasında, tartım, kimyasal çözme ve kromatografi işlemleri, ISO 100 temizlik standardına sahip temiz laboratuvar koşullarında, ultra saf su ve yüksek saflıkta kimyasallar kullanılarak titizlikle yapılmıştır. Kurşun izotop oranı analizleri için her bir numuneden yaklaşık 80 mg tartılmış; sırasıyla 14 M HNO₃ ve 6 N HCl asitleri kullanılarak ısıtıcı tabla üzerinde çözündürülmüştür. Numuneler, kromatografiye hazır hale getirilmek üzere 1 mL 2 N HCl eklenerek hazırlanmıştır. Kurşun elementi ayırımı, teflon kolonlarda Bio-Rad AG1-X8 anyon değişim reçinesi kullanılarak, HCl ve HBr asitleri ile gerçekleştirilmiştir. Ayrılan kurşun, tek filamente silika jel ve 0.005 N H₃PO₄ eklenerek yüklenmiştir. İzotop oranı ölçümleri, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama modunda, 1150 – 1350 °C sıcaklık aralığında ve statik modda yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyinde raporlanmıştır. Ölçüm sonuçları üzerinde, NIST SRM981 standardında yapılan ölçümler (n=10) ve referans değerler dikkate alınarak gerekli bias düzeltmesi uygulanmıştır. Bu metodolojik yaklaşım, elde edilen kurşun izotop verilerinin yüksek doğruluk ve güvenilirlik seviyesini sağlamayı hedeflemektedir. Analizler, Elementel Analiz-İzotop Oranı Kütle Spektrometresi (EA-IRMS) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Referans veya numune materyalini içeren kalay kapsüller, vanadyum pentoksit katalizörü ile otomatik bir örnekleyiciye yerleştirilmiştir. Bu kapsüller sırasıyla, 1080°C’de tutulan bir fırına düşürülerek oksijen varlığında yakılmıştır. Kalay kapsüllerin ani yanması, numune bölgesindeki sıcaklığı yaklaşık 1700°C’ye çıkarmaktadır. Yanma sonucunda oluşan gazlar, bir helyum akışı ile yanma katalizörleri (tungstik oksit/zirkonyum oksit) üzerinden geçirilmiş ve yüksek saflıkta bakır tellerden oluşan bir indirgeme aşamasından geçirilerek SO₂, N₂, CO₂ ve su üretilmiştir. Su, bir Nafion™ membranı kullanılarak sistemden

uzaklaştırılmıştır. Kükürt dioksit (SO_2), 45°C sıcaklıkta bir paketlenmiş gaz kromatografisi (GC) kolonunda N_2 ve CO_2 'den ayrıştırılmıştır.

Kükürt izotop jeokimyası deneyleri "Iso-Analytical" laboratuvarında yapılmıştır. Elde edilen SO_2 pikleri, iyon kaynağına girerek iyonize edilmiş ve hızlandırılmıştır. Farklı kütleyle sahip gaz türleri, bir manyetik alanda ayrıştırıldıktan sonra Faraday kafesli bir toplayıcı dizisi üzerinde eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Analiz, iyon kaynağında SO_2 'den üretilen SO^+ iyonlarının m/z 48, 49 ve 50 değerlerinin izlenmesine dayanmaktadır. Bu metodoloji, kükürt izotop oranlarının yüksek hassasiyetle belirlenmesini sağlamaktadır. Referans standartları ve kalite kontrolü: analizlerde kullanılan başlıca referans materyal, Iso-Analytical çalışma standardı baryum sülfat olan IA-R061 ($\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = \text{‰} + 20.33$)'dir. Kalibrasyon ve SO^+ iyon demetine ^{18}O izotopunun potansiyel katkısını düzeltmek amacıyla IA-R025 (Iso-Analytical çalışma standardı baryum sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = \text{‰} + 8.53$), IA-R026 (Iso-Analytical çalışma standardı gümüş sülfür, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = \text{‰} + 3.96$) ve IA-R061 kullanılmıştır. Tüm çalışma standartları, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Viyana tarafından dağıtılan uluslararası izotop referans standartları olan NBS-127 (baryum sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} = \text{‰} + 20.3$), IAEA-SO-5 (baryum sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = \text{‰} + 0.5$) ve IAEA-S-1 (gümüş sülfür, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = \text{‰} - 0.3$) ile izlenmiştir. Numune analizleri sırasında, kalite kontrol ve doğrulama amacıyla IA-R061 ve IAEA-SO-5 (baryum sülfat, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = \text{‰} + 0.5$) referans materyalleri de düzenli olarak ölçülmüştür.

3.2.7. Elektron Prob Mikronaliz (EPMA) örnek hazırlama ve yöntemi

Araştırmacıların cevher mineralojisine ilişkin yeni bilgiler edinmeleri amacıyla tercih edilen SEM tabanlı kantitatif analizlerin bazıları şu şekildedir: serbestleştirme analizi (MLA), taramalı elektron mikroskobu (QEM-SCAN), Tescan bütünleşmiş mineral analizörü (TIMA), elektron prob mikro analizi (EPMA) (Yarluğkal Altınışik vd. 2022). Bu analizlerden biri olan EPMA, katı numunelerde sınırlı bir alan içerisindeki (mineral) ($\geq \mu$) kimyasal özelliklerin öğrenilmesi amacıyla yapılmaktadır. EPMA analizi için kullanılan cihazların çalışma prensibi XRF cihazları çalışma prensibiyle aynıdır. Yapay kaynaktan üretilen X-Işınları numunenin belirli bir lokasyonuna (minerale) gönderilir. X-Işınları numunedeki elektronları uyarmasıyla açığa çıkan karakteristik yansıma dereceleri ve şiddetleri pikler şeklinde gösterilir. Piklerin çözülmesiyle mineral oluşumunda rol oynayan elementler, nicel konsantrasyonlarda açığa çıkartılır.

EPMA analizleri için boyutları $48 \times 28 \times 1.35$ mm, epoksiye yerleştirilmiş örnek çapı 2.3-2.2 cm olarak hazırlanan parlatılmış ince kesitler kullanılmıştır. Yahyalı-Zamantı Bölgesinde bulunan Zengan maden ocağı işletmesinden üç, Erva maden ocağı işletmesinden iki ve Almıla maden ocağı işletmesinden iki olacak şekilde ilgili maden ocağının cevher oluşumun temsil eden mineral içeriğine sahip örnekler EPMA analizi için seçilmiştir. Örnekler öncelikle İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Jeoloji Bölümü Laboratuvarında (İstanbul), daha sonra ise Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama

ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'nde (Ankara) EPMA analizine uygun ebatlarda parlatılmış ince kesitler haline getirilmiştir. EPMA laboratuvar incelemeleri ise Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'nde (Ankara) gerçekleştirilmiştir. Analizleri yapılacak olan mineraller kesitler üzerinden mikroskop altında belirlenmiştir. Bu minerallerin EPMA analizleri gerçekleştirilmiştir.



4. BULGULAR

4.1. Yahyalı-Zamantı Bölgesel Jeolojisi

4.1.1. Zengan maden ocağı bölgesel jeolojisi

Yahyalı (Kayseri) Güneyi tarafına düşen Pozantı M-34 paftası, Adana ili Aladağ ilçesi ile Niğde ili Çamardı ilçesi doğusu arasında kalmaktadır. Zengan maden ocağının bulunduğu bölgede, Aladağ birliği içerisinde bulunan Ayrılmamış Permien (P) birimi bulunmaktadır. Bozkır birliği içerisinde yer alan Kızılcadağ ofiyolitik melanj ve olistostromu (Kkm) ve Lorutdağı formasyonu (TRKI) birimi bulunmaktadır. Çataloturan Napı içerisinde bulunan Arkaçça formasyonu (Pa), Küçüksu formasyonu (TRkü) ve Horozkayası dolomiti (TRh) bulunmaktadır. Geç Triyas – Kretase yaş oluşumlu Bozkır birliği, bölgede Orta Devoniyen – Geç Kretase yaş oluşumlu Aladağ birliğinin ve Karbonifer – Triyas yaşlı çökellerden oluşan Çataloturan napının üzerinde tektonik ilişkilidir (Balcı, 2010) (Şekil 4.1, Şekil 4.2).

Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfikler (Kırşehir Masifi) / Silüriyen – Geç Kretase (Yahyalı İstifi) düşük dereceli metamorfik kayalar; Orta Devoniyen – Geç Kretase yaşlı Aladağ Birliği kayaları; Geç Kretase yaşlı Ofiyolitik kayalar/melanj; Geç Kretase – Paleosen yaşlı volkano-Sedimenter kayalar; Erken Eosen yaşlı plütonik kayalar. Düşük orta dereceli ve Paleozoyik – Mesozoyik zaman aralığında çökelen metamorfik kayalar (Kırşehir Masifi), Gümüşler formasyonu ve Bozçaldağ formasyonu olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir. Düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşan Yahyalı istifi, tektonik olarak Aladağ birliğinin altında yer almaktadır. Aladağ birliği, çalışma alanında en üst tektonik birliği oluşturmaktadır. Kırşehir masifi, Yahyalı istifi ve Aladağ birliği, Kızılcadağ ofiyolitik melanj ve olistostromu tarafından tektonik olarak örtülmektedir. Bunları ise Geç Kretase – Paleosen yaşlı volkano-Sedimenter karakterli kayalar (Çiftehan ve Çamardı formasyonları) örtmektedir. Volkano – Sedimenter kayaları ise Erken Eosen yaşlı Orta Anadolu Granitoidleri kesmektedir. Granitoidleri ise Kırşehir masifi ve örtü kayaları içerisinde yer alan ve sığ denizel çamurtaşı, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan Çayraz formasyonu uyumsuz olarak örtmektedir. Kırşehir masiflerinden olan Oligosen yaşlı karasal çökel İncik formasyonu ve Erken Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonu, Çayraz formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedir. Kırşehir masifinin içerisinde olan Ürgüp formasyonu, Orta Miyosen'den itibaren volkanik ara katkılı akarsu ve gölsel çökellerden oluşmuştur. Bölgede çok sayıda var olan andezitik ve dasitik domlar, Geç Miyosen'den itibaren volkanik aktivitenin bir sonucudur. Tüm bu birimleri Kuvaterner yaşlı alüvyonlar üzerler (Keskin vd. 2010).

Stratigrafi

- ❖ Paleozoyik – Mesozoyik Kırşehir Masifine ait metamorfik kayaları,
- ❖ Silüriyen – Geç Kretase yaş aralığında çökelmiş düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşan Yahyalı istifi,

- ❖ Orta Devoniyen – Geç Kretase yaşlı Aladağ Birliği çökel kayaçlar,
- ❖ Geç Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlar/melanj,
- ❖ Geç Kretase – Paleosen yaşlı volkano – Sedimenter örtü kayaçları,
- ❖ Erken Eosen yaşlı plütonik kayaçlar,
- ❖ Orta Geç Eosen yaşlı çökel kayaçlar,
- ❖ Oligosen ve Erken Miyosen yaşlı karasal çökeller,
- ❖ Orta Miyosen – Pliyosen yaş aralığında yoğun volkanitler,
- ❖ Geç Pliyosen’de gölsel çökeller,
- ❖ Kuvaterner’de yoğun Erciyes volkanizması

Kırşehir Masifi ve Örtü Kayaçları: Aladağ tektonik napı tarafından tektonik olarak üzerlenen Kırşehir masifi, Gümüşler ve Bozçaldağ formasyonlarından oluşmaktadır. Orta Anadolu granitoidleri tarafından bu birimler kesilir (Keskin vd. 2010).

Ürgüp Formasyonu (Tmü): Karasal akarsu ve göl ortamında çökelen Orta Geç Miyosen yaşlı birim, volkanik ara seviyeli, göl ve akarsu çökellerinden oluşmaktadır (Türkecan vd. 1998; Keskin vd. 2010).

Aladağ Birliği ve Örtü Kayaçları: Yahyalı istifi üzerinde tektonik olarak yer alan birim, Orta Devoniyen – Geç Kretase yaş aralığında çökelmiştir. Birimin örtü kayaçlarını Orta Geç Miyosen yaşlı Ürgüp formasyonu, Geç Miyosen yaşlı Sarıca volkanit üyesi ve Kuvaterner yaşlı alüvyon oluşturmaktadır (Keskin vd. 2010).

Belemedik Formasyonu (Cb): Kıyı – sığ shelf ortamında çökelen birim, Orta Karbonifer yaşlıdır (Ayhan ve Lengeranlı 1986). Birim, şeyl, marn, çamurtaşı, kuvarsit ve kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır (Keskin vd. 2010).

Sarıoluk Formasyonu (Ps): Düşük enerjili sığ deniz ortamında oluşan birim, Erken Permian yaşlıdır. Belemedik formasyonu ile uyumlu olarak bulunan birim, Belemedik formasyonunun olduğu yerlerde ince şeritler halinde gözlemlenmektedir. Farklı renklerde (sarı, kırmızı, kahverengi) kireçtaşlarından oluşmuştur. Birimin üzerine Kızılgeriş formasyonu uyumsuzlukla gelmiştir (Keskin vd. 2010).

Kızılgeriş Formasyonu (Pkg): Yüksek enerjili kıyı koşullarında, Geç Permian formasyon yaşlı birim, kızıl kahve renkli yer yer lamine kuvarsitlerden oluşmaktadır. Birim, kireçtaşlarından oluşan Sarıoluk formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Yellice formasyonu tarafından ise uyumlu olarak örtülmektedir (Keskin vd. 2010).

Yellice Formasyonu (Pye): Aladağ birliğinin en yoğun yayılım gösteren birimi Yellice formasyonudur. Birimden derlenen fosillere göre birim yaşı

Geç Permian bulunmuştur. Birim, yer yer kuvarsit içeren bol algli ve foraminiferli kireçtaşlarından oluşur. Makrofosil içeriği ışığında düşük enerjili şelf koşullarını yansıtır. Birim Kızılgirş formasyonu üzerine uyumlu gelmektedir. Katarası formasyonu ise uyumlu olarak örtülmektedir (Keskin vd. 2010).

Katarası Formasyonu (TRk): Gel-git arası ortamda oluşmuş olan birimin yaşı Skitiyen – Ladiniyen ‘dir (Tekeli 1981). Killi kireçtaşı, alacalı marn, silttaşı, kumtaşı, şeyl ve kireçtaşlarından oluşmaktadır (Keskin vd. 2010).

Alüvyon (Qal): Çakıl, kum ve kil içerikli eski vadi, vadi ve akarsu yataklarını oluşturmaktadır (Keskin vd. 2010).

Aladağ Birliği

Ayrılmamış Permian (P): Bölgede hâkim olan iki birim Erken Permian yaşlı Sarnoluk ve Geç Permian yaşlı Yellice formasyonlarının ayırtılamadığı alanlar Ayrılmamış Permian olarak geçmektedir (Balcı 2010).

Çataloturan Napı

Aladağ birliğinin üzerinde ve Bozkır birliğinin altında tektonik ilişkide bulunur (Balcı 2010).

Arkacça Formasyonu (Pa): Formasyonda tespit edilen fosillere göre Geç Permian yaş oluşumlu olduğu tespit edilen birim, tamamen kireçtaşı ve dolomitten oluşmuştur (Tekeli 1981). Açık platform fasiyesi özelliği sunan birim, Erken Triyas yaş oluşumlu Küçüküsu formasyonu ile uyumlu bir dokanakla üzerlenir (Balcı 2010).

Küçüküsu Formasyonu (TRKü): Erken Triyas yaş oluşumlu birim, kireçtaşı – şeyl, marn – killi kireçtaşı ardalanmaları oluşumludur. Gel–git arası ortam koşullarında oluşmuş birim, Orta – Geç Triyas yaşlı Horozkayası dolomiti tarafından uyumlu bir dokanakla üzerlenmiştir (Balcı 2010).

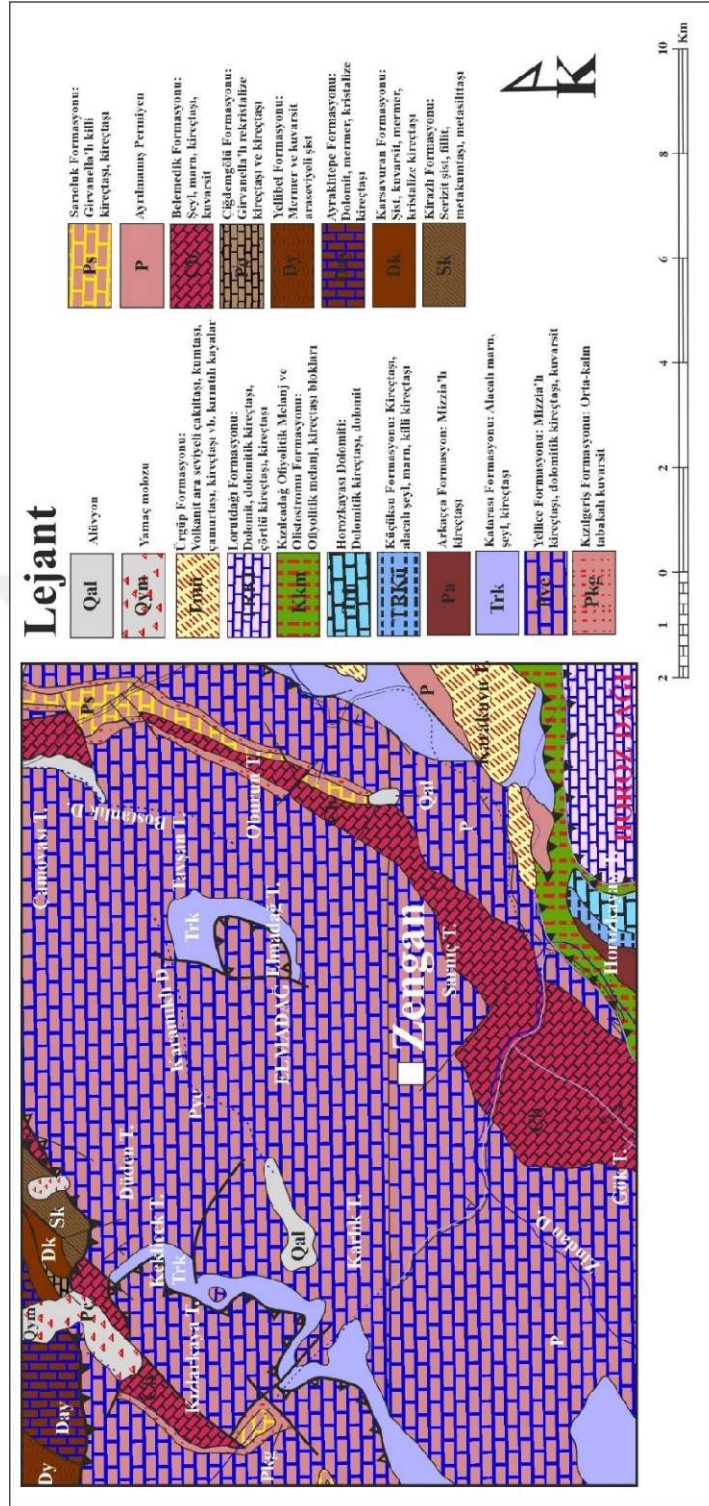
Horozkayası Formasyonu (TRh): Fosil bakımından fakir olan birim yaşı Orta – Geç Triyas yaşında tespit edilmiştir. Birim çökme ortamı gel-git düzlüğü lagünüdür. Birimin taban kesimlerinde boksit mercceklerinden bahsedilmektedir (Tekeli 1981). Birim, Küçüküsu formasyonunu uyumlu bir dokanakla üzerlerken, Bozkır birliği tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir (Balcı 2010).

Bozkır Birliği

Triyas’tan Kretase’ye kadar çökelmiş pelajik ve neritik kireçtaşları, bazik denizaltı volkanitleri, tuf, diyabaz, radyolarit çeşitli bazik-ultrabazik kayalar, serpantinler ve bu birimlerin bloklarından oluşmaktadır (Balcı 2010).

Kızılcadağ Ofiyolitik Melanj ve Olistostromu (Kkm): Toros kuşağı boyunca Neotesis'e ait okyanus kabuğunun dilimlenerek Güneye ilerlemesi ve bu ilerleme sırasında şelf alanındaki kireçtaşı birimlerini de içerisine alması ile oluşmuştur (Alan vd. 2007). Bölgesel deneştirme kullanılarak birim yaşı Geç Senoniyen bulunmuştur. Birim, serpantinit, radyolarit, çört, kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, dünit ve harzburjitten oluşmaktadır. Birimde alterasyon nedenli olarak yer yer killeşmeler de mevcuttur. Birimin en üst seviyelerinde Triyas-Geç Kretase yaşlı kireçtaşı blokları yer alır. Tektonik olarak Kızılcadağ Ofiyolitik Melanj ve Olistostromu, Aladağ birliği ile Çataloturan napına ait birimleri üzerlemektedir. Bozkır birliği tarafından ise Kızılcadağ Ofiyolitik Melanj ve Olistostromu tektonik olarak üzerlenir (Balcı 2010).

Lorut Dağı Formasyonu (TRKI): Geç Triyas – Kretase yaşlı olduğu kabul edilen formasyonun alt seviyeleri orta-düşük enerjili platform ortamda yer yer volkanik kırıntılı kireçtaşlarından oluşurken; üst seviyeleri ise derin denizel ortamda dolomitik kireçtaşlarından oluşmuştur (Balcı 2010).



Şekil 4.1. Zengani maden ocağı bölgesel jeoloji haritası (Balıcı, 2010 ve Tekeli 1981'den değiştirilerek alınmıştır)

Şekil 4.2. Zengan maden ocağı bölgesi stratigrafisi (Balcı 2010; Tekeli 1981'den değiştirilerek alınmıştır)

4.1.2. Erva ve Almila maden ocağı bölgesel jeolojisi

Çalışma alanı olan Yahyalı ilçesi, İç Anadolu Bölgesinin Güneydoğusunda bulunmaktadır. Erva ve Almila ocaklarının içinde bulundukları jeolojik birim çoğunlukla Feke istifini tektonik olarak üzerleyen Yahyalı-Munzur napı'dır. Aladağ napı, en altta olmak üzere, üstte doğru uyumlu olarak gelen birimler sırasıyla şu şekildedir: Orta Devoniyen yaşlı Şafaktepe Formasyonu (Dş) Geç Devoniyen yaşlı Gümüşali formasyonu (Dg), Karbonifer yaşlı Bademli formasyonu (Cb), Permien yaşlı Cevizli formasyonu (Pc), Erken Triyas yaşlı Katarası formasyonu (TRK)'dır. Bu formasyonları uyumsuz olarak üzerleyen Jura-Kretase yaşlı Çamlık formasyonu (JKç) ve Geç Senoniyen yaşlı Karaböğürtlen formasyonu (Kka)'dır. Çamlık formasyonu, karbonatlardan oluşurken; Karaböğürtlen formasyonu ise blok içeren kırıntılılardan oluşmuştur. Tektonik olarak, Yahyalı Munzur napılarına ait Aladağ napı, Domuzdağ napı ve Ofiyolit napı tarafından üzerlenmektedir. Tektonik olarak en alt ünite Gülbahar napıdır. Gülbahar napı, Huğlu birimi ve Turunç biriminden oluşmuştur. Huğlu birimi, Orta-Geç Triyas yaşlı bazik volkanit, tuf ve kireçtaşları içeren Kaleboğazidere formasyonundan (TRKa) oluşmaktadır. Turunç birimi ise Triyas-Kretase yaşlı çörtlü kireçtaşı içeren Orhaniye formasyonundan (TRKO) oluşmaktadır. Gülbahar napı üzerine yerleşmiş Domuzdağ napı ise Triyas-Jura yaşlı neritik kireçtaşları içeren Dutdere formasyonundan oluşmaktadır. Son olarak Gülbahar napını ve Domuzdağ napını Ofiyolit napı tektonik olarak üzerler (Dalkılıç 2009; Atakoğlu Özer ve Yalcin 2024) (Şekil 4.3, Şekil 4.4).

Yahyalı-Munzur napıları altında bulunan allokon Aladağ napı Devoniyen-Geç Kretase yaş aralığında çökelmiştir. Napa ait Paleozoyik birimler aşağıda sıralanmıştır:

Yahyalı-Munzur Napıları

Aladağ Napı

Paleozoyik

- Şafaktepe formasyonu (Dş)
- Gümüşali formasyonu (Dg)
- Bademli formasyonu (Cb)
- Cevizli formasyonu (Pc)
- Girvenalla'lı kireçtaşı üyesi (Pcg)
- Kuvarsit üyesi (Pck)
- Yellice üyesi (Pcy)
- Katarası formasyonu (TRk)
- Çamlık formasyonu (JKç)
- Karaböğürtlen formasyonu (Kka)

Gümüşali formasyonu (Dg): İçerdiği fosillerce Üst Devoniyen yaşta olduğu saptanan birim, altta Şafaktepe formasyonu üstte ise Bademli formasyonu ile uyumludur (Tekeli 1981; Metin 1986). Birim, genellikle kireçtaşından oluşmakta olup, ara seviyelerde kumtaşı, şeyl, silttaşı aralanmaları mevcuttur (Dalkılıç 2009).

Bademli formasyonu (Cb): İçerdiği makro ve mikro fosillerce Karbonifer yaşta olduğu saptanan birim, altta Gümüşali formasyonu ve üstte Cevizli formasyonu ile uyumlu ve geçişlidir (Altınar 1981; Ulakoğlu 1983-1984; Ayhan ve Lengeranlı 1986; Özgül 1997a; Dalkılıç 2009).

Cevizli formasyonu (Pc): kireçtaşlarından oluşan birimde kuvarsit ara katmanları bulunmaktadır. Sığ şelf ortamda çökelmiş formasyon üç üyeden oluşmakta olup alttan üstte doğru şu şekilde sıralanmaktadır: Girvenella'lı kireçtaşı (Pcg), Kuvarsit üyesi (Pck), Yellice üyesi (Pcy) (Dalkılıç 2009).

Girvenella'lı kireçtaşı üyesi (Pcg): Erken Permien yaşlı birim genellikle kireçtaşlarından oluşmakta olup, seyrek olarak kuvars arenit katmanlı kireçtaşları bulunmaktadır (Dalkılıç 2009).

Kuvarsit üyesi (Pck): Geç Permien demirli silis çimentolu kuvars arenitlerden oluşan birim genellikle kuvarsitten oluşmaktadır (Dalkılıç 2009).

Yellice üyesi (Pcy): Makro ve mikro fosillere göre birim Geç Permien yaşlıdır (Özgül 1997b; Altınar 1981; Ayhan ve Lengeranlı 1986). Altta Bademli formasyonu ve üstte Katarası formasyonu ile uyumlu ve geçişli olarak bulunmaktadır. Birim genellikle kuvars arenit ara katmanlı kireçtaşlarından oluşmaktadır (Dalkılıç 2009).

Katarası formasyonu (TRk): Erken Triyas yaşlı olduğu kabul edilen birim, killi kireçtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı, şeyllerden oluşmaktadır (Altınar 1981; Erkan vd. 1978; Özgül 1997a; Demirtaşlı 1967; 1987). Birim altta Cevizli formasyonu ile uyumlu ve geçişli olarak bulunurken; üstte Çamlık formasyonu ile uyumsuz olarak örtülmektedir (Dalkılıç 2009).

Çamlık formasyonu (JKç): Yapılan paleontolojik çalışmalara göre formasyon yaşı Liyas-Geç Kretase olduğu saptanan birim, genellikle kireçtaşlarından ara katmanlı kireçtaşı-dolomit ardalanmasından oluşmuştur (Altınar 1981). Birim, altta Katarası formasyonu ile uyumsuz bulunurken; üstte ise Karaböğürtlen formasyonu ile uyumlu ve geçişli olarak bulunmaktadır (Dalkılıç 2009).

Karaböğürtlen formasyonu (Kka): Fosil içermeyen birim stratigrafik olarak altta Çamlık formasyonu ile uyumlu ve geçişli bulunurken; üstte tektonizmaya ilgili olarak Tersiyer çökelleriyle uyumsuz ilişkilidir. Stratigrafik ilişkileri göz önünde bulundurularak birim yaşı olarak Maastrihtiyen yorumu yapılmıştır (Türkecan vd. 1998). Fliş fasiyesi içerisinde bulunan formasyonda gözlemlenen birimler şöyle sıralanmaktadır: kristalize kireçtaşı, kalkışist, kumtaşı, silttaşı (Dalkılıç 2009).

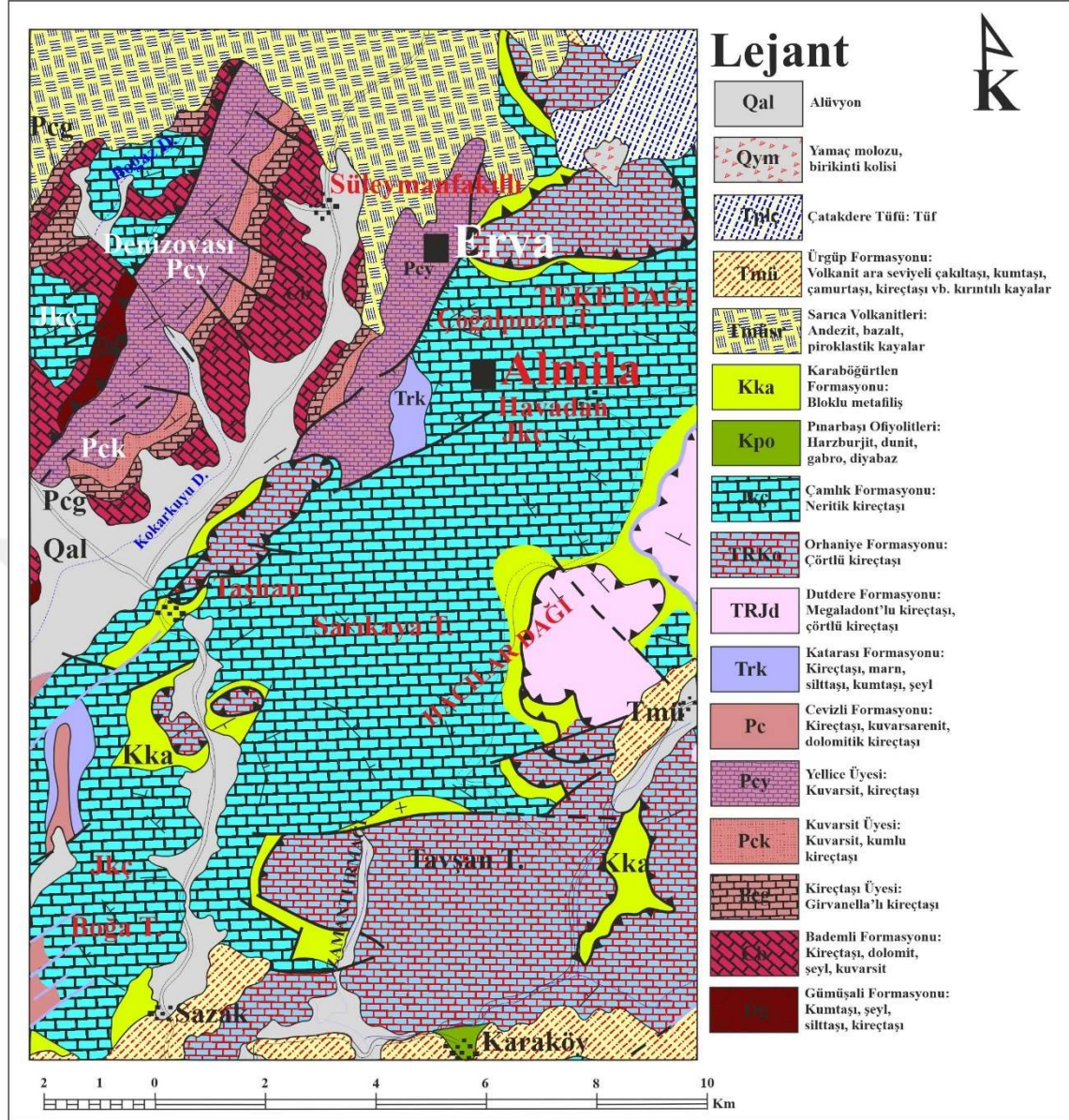
Yahyalı-Munzur napılarının diğer önemli alt birimi olan Beyşehir-Hoyran napıları içerisinde üç alt nap bulunmaktadır: Gülbahar napı, Domuzdağ napı ve Ofiyolit napı. En alt tektonik üye Gülbahar napıdır. Başlıca Huğlu ve Turunç birimi olmak üzere iki birimden oluşmuştur. Turunç birimi, Orhaniye formasyonu ile temsil edilmektedir (Dalkılıç 2009).

Orhaniye formasyonu (TRKo): Geç Triyas-Geç Kretase yaşlı olduğu kabul edilen birim, çört ara katkılı kireçtaşlarından oluşmaktadır (Erkan vd. 1978; Şenel vd. 1989). Formasyonun altta Huğlu birimi ve Karaböğürtlen formasyonu ile üstte ise Domuzdağ napı ile tektonik ilişkide olduğu gözlemlenmektedir. Birim, Genç Triyas

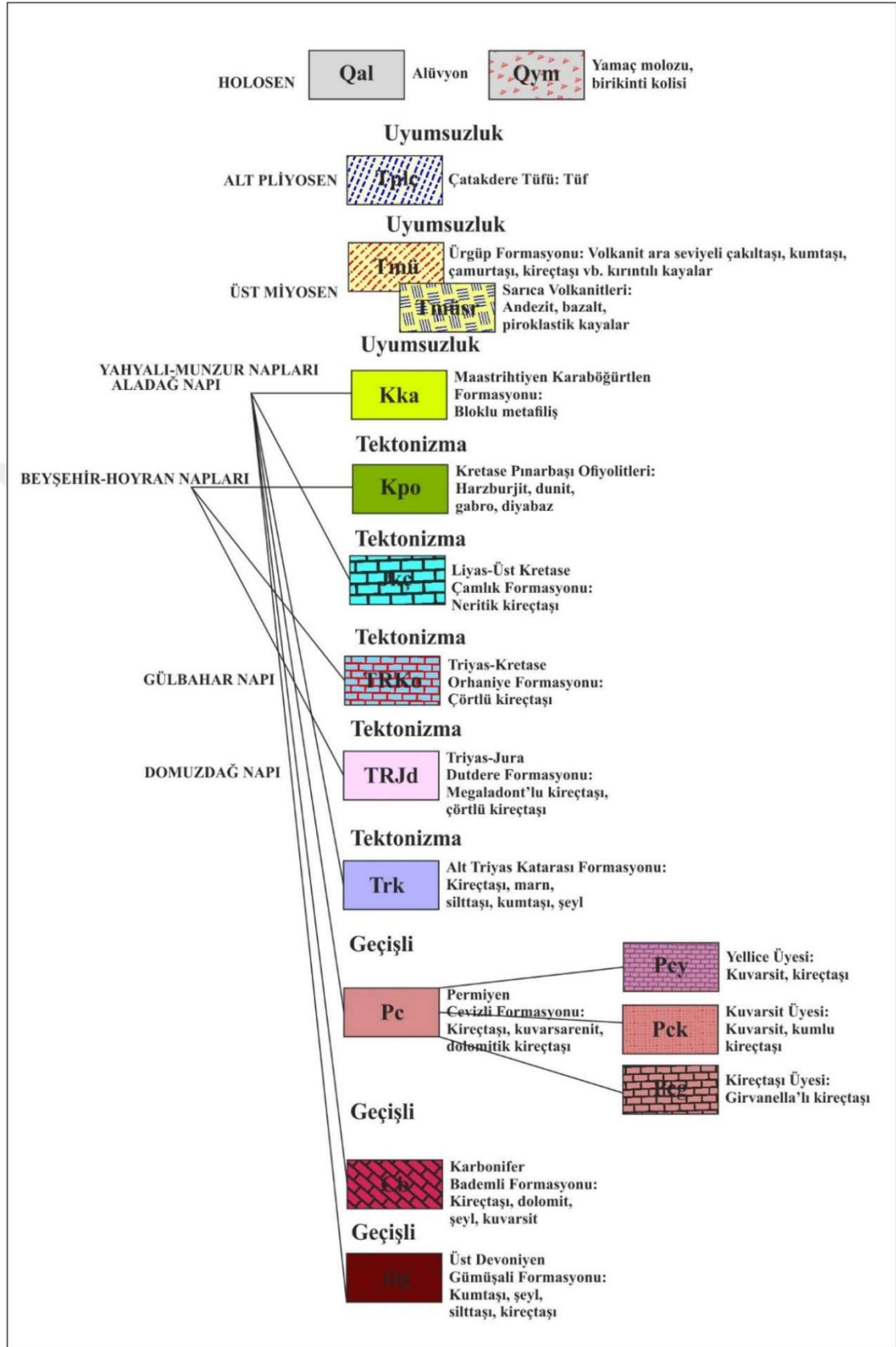
çökelleri tarafından uyumsuz örtülmektedir. Domuzdağ napı ise Dutedere formasyonu ile temsil edilmektedir (Dalkılıç 2009).

Dutedere formasyonu (TRJd): İçerdiği fosillerden elde edilen bilgiler ışığında birim yaşı olarak Geç Triyas-Liyas bulunmuştur (Şenel vd. 1989; Özgül 1997b; Monod 1977; Poisson 1977). Birim, genellikle kireçtaşlarından oluşmakta olup ara seviyelerde çörtlü kireçtaşları da mevcuttur. Formasyon, Gülbahar napı ile alttan; ofiyolit napı ile üstten tektonik ilişkide bulunmaktadır. Tersiyer çökelleri ile uyumsuz örtülmektedir (Dalkılıç 2009).





Şekil 4.3. Erva ve Almila maden ocakları bölgesel jeoloji haritası (Dalkılıç 2009'dan değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 4.4. Erva ve Almila maden ocakları stratigrafisi (Dalkılıç 2009'dan değiştirilerek alınmıştır)

4.2. Yahyalı-Zamantı Maden Ocağı Örneklerinin Mineralojisi

4.2.1. Zengan maden ocağı analitik mineralojisi

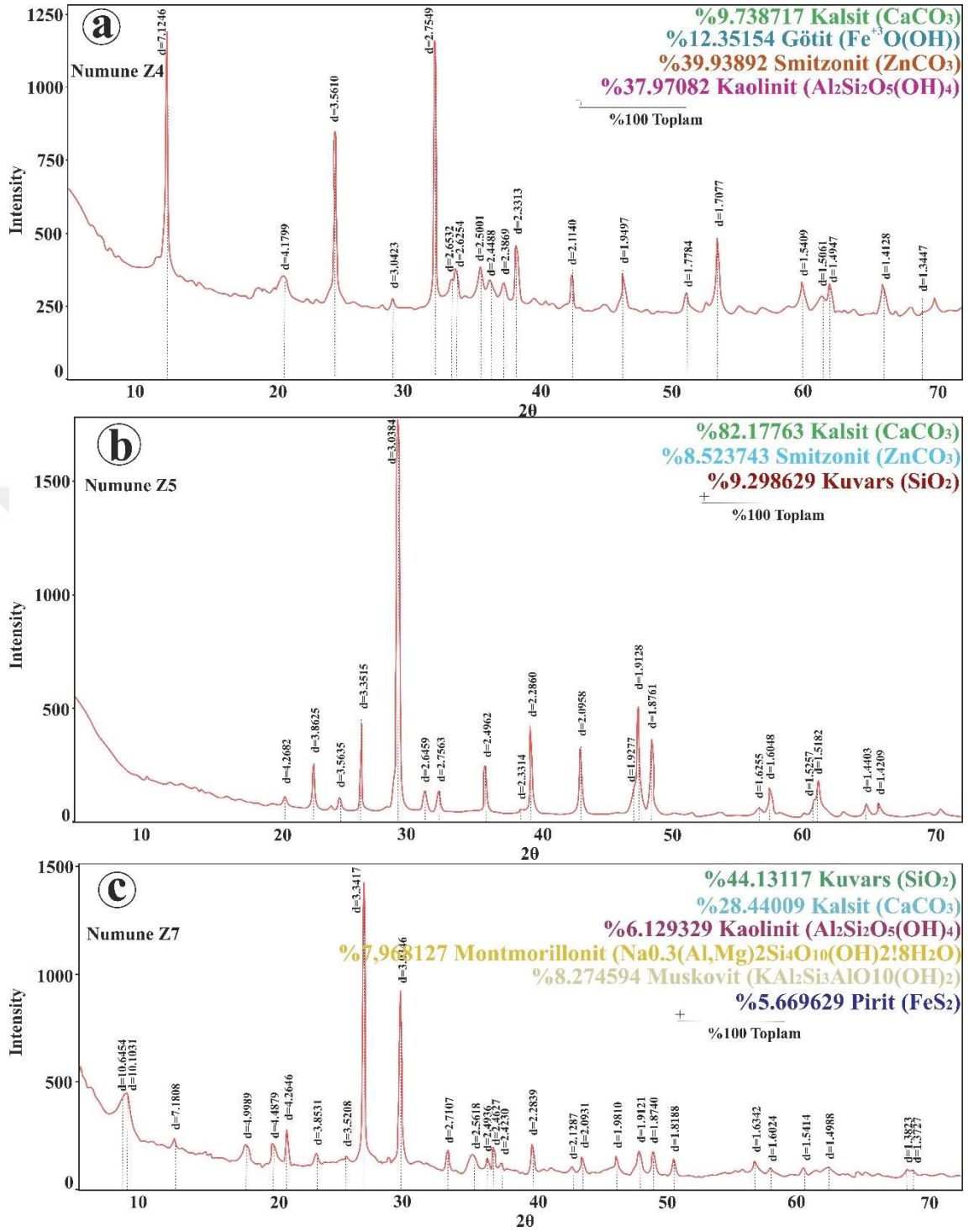
Zengan maden ocağı bölgesinden derlenen Pb-Zn örneklerinin, XRD analiz sonuçları ve spektrumları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.5'te verilmiştir. Pb-Zn oluşumuna katılan mineraller örneklerin içerisinde bulunma bolluğuna göre şu şekilde sıralanmıştır;

Kalsit > Smitzonit > Kuvars > Kaolinit > Götüt > Serüzit > Muskovit > Barit > Montmorillonit > Pirit > Hemimorfit.

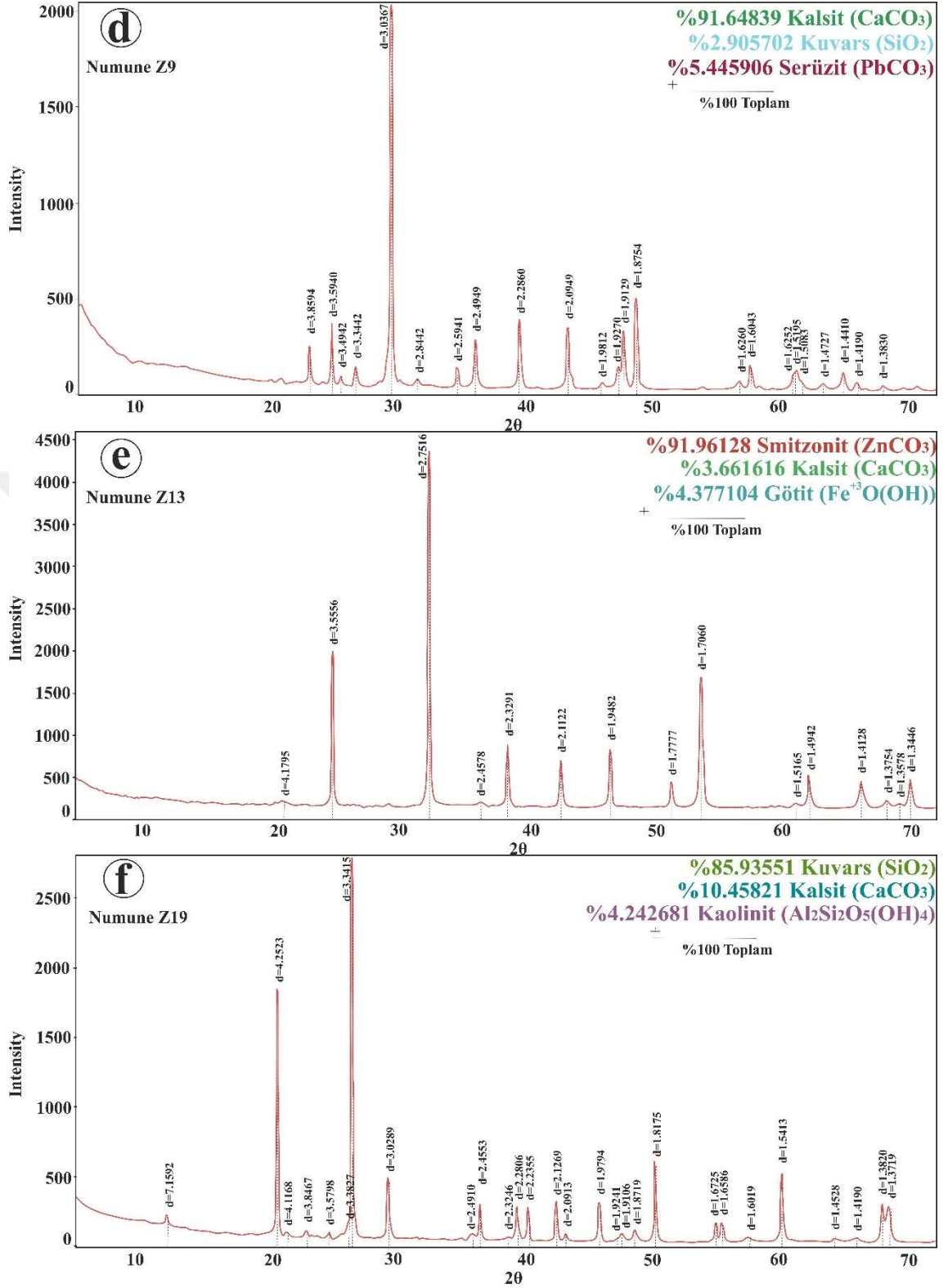
Zengan Pb-Zn yatağı içerisinde bulunan kil türleri ise, montmorillonit ve kaolinit olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.1. Zengan Pb-Zn örneklerinin XRD sonuçları

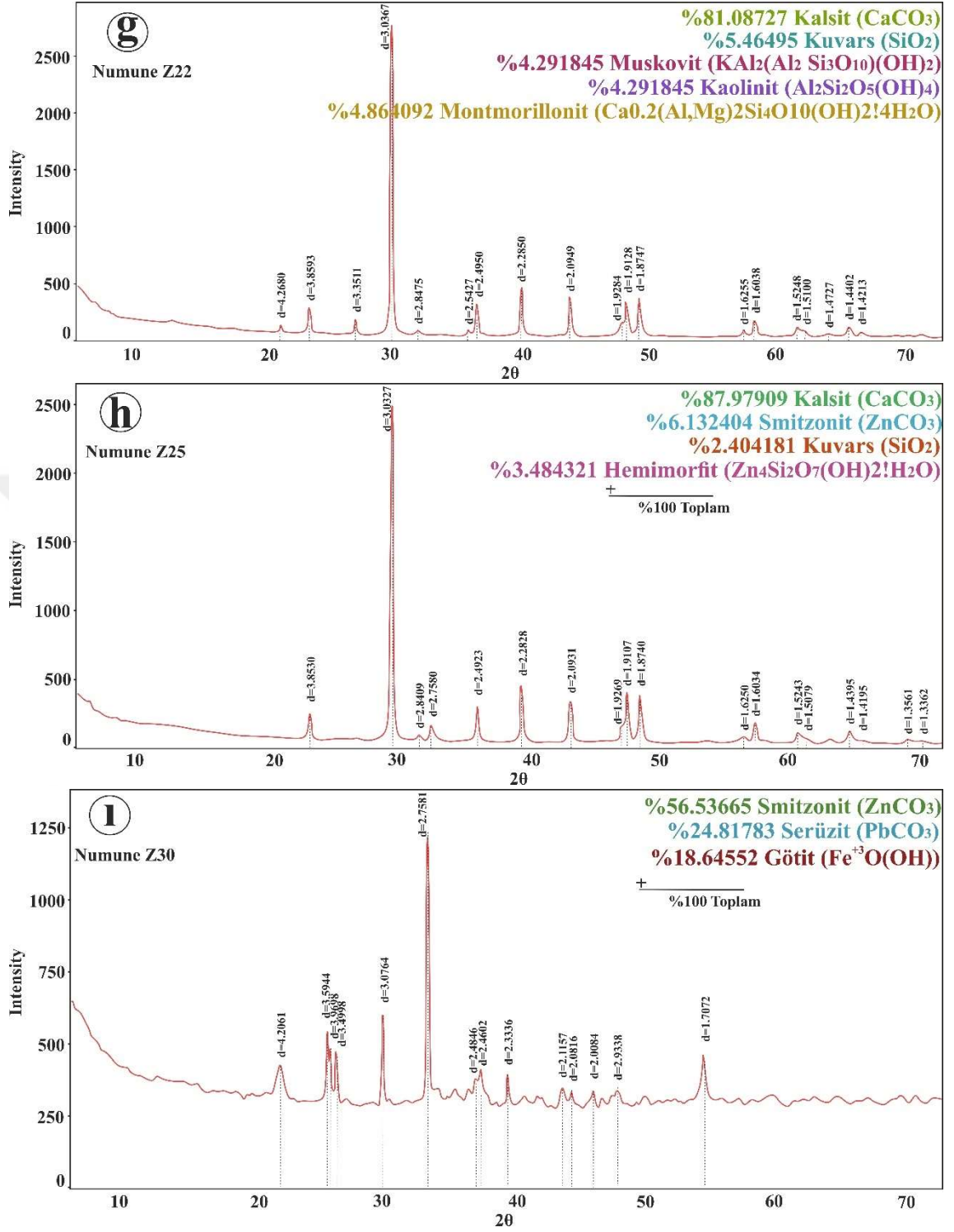
Mineraller	Formülleri	Z4	Z5	Z7	Z9	Z13	Z19	Z22	Z25	Z30	ZKK	ZFB
Kalsit	CaCO ₃	9.74	82.18	28.44	91.65	3.66	10.46	81.09	87.98	ND	3.28	40.98
Smitzonit	ZnCO ₃	39.94	8.52	ND	ND	91.96	ND	ND	6.13	56.54	89.47	21.64
Kuvars	SiO ₂	ND	9.30	44.13	2.91	ND	85.94	5.46	2.40	ND	3.24	ND
Kaolinit	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	37.97	ND	6.13	ND	ND	4.24	4.29	ND	ND	ND	ND
Götüt	Fe ³⁺ O(OH)	12.35	ND	ND	ND	4.38	ND	ND	ND	18.65	4.02	13.17
Serüzit	PbCO ₃	ND	ND	ND	5.45	ND	ND	ND	ND	24.82	ND	ND
Muskovit	KAl ₂ Si ₃ Al ₁₀ (OH) ₂	ND	ND	8.27	ND	ND	ND	4.29	ND	ND	ND	9.84
Barit	(Ba.Pb)SO ₄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	14.37
Montmorillonit	Ca _{0.2} (Al.Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O	ND	ND	7.97	ND	ND	ND	4.86	ND	ND	ND	ND
Pirit	FeS ₂	ND	ND	5.67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hemimorfit	Zn ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ ·H ₂ O	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.48	ND	ND	ND
Toplam		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ND	İçerikte bulunmamaktadır.											



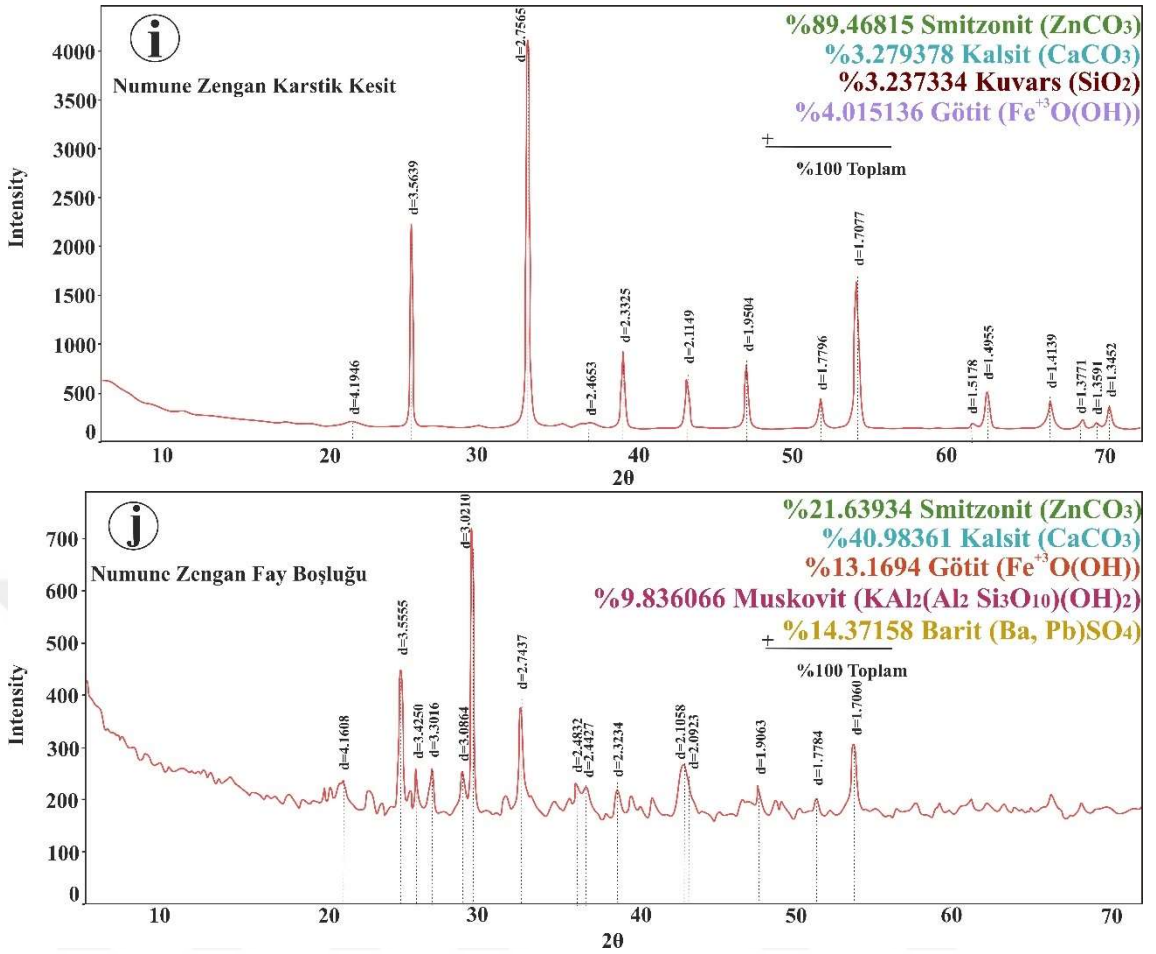
Şekil 4.5. Zengan Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) Z4; b) Z5; c) Z7; d) Z9; e) Z13; f) Z19; g) Z22; h) Z25; i) Z30; j) Zengan kartik kesit; j) Zengan fay boşluğu



Şekil 4.5 (devamı). Zengan Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) Z4; b) Z5; c) Z7; d) Z9; e) Z13; f) Z19; g) Z22; h) Z25; i) Z30; j) Zengan kartık kesit; j) Zengan fay boşluğu



Şekil 4.5 (devamı). Zengan Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) Z4; b) Z5; c) Z7; d) Z9; e) Z13; f) Z19; g) Z22; h) Z25; i) Z30; j) Zengan kartık kesit; j) Zengan fay boşluğu



Şekil 4.5 (devamı). Zengan Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) Z4; b) Z5; c) Z7; d) Z9; e) Z13; f) Z19; g) Z22; h) Z25; i) Z30; i) Zengan kartik kesit; j) Zengan fay boşluğu (devamı)

4.2.2. Erva maden ocağı analitik mineralojisi

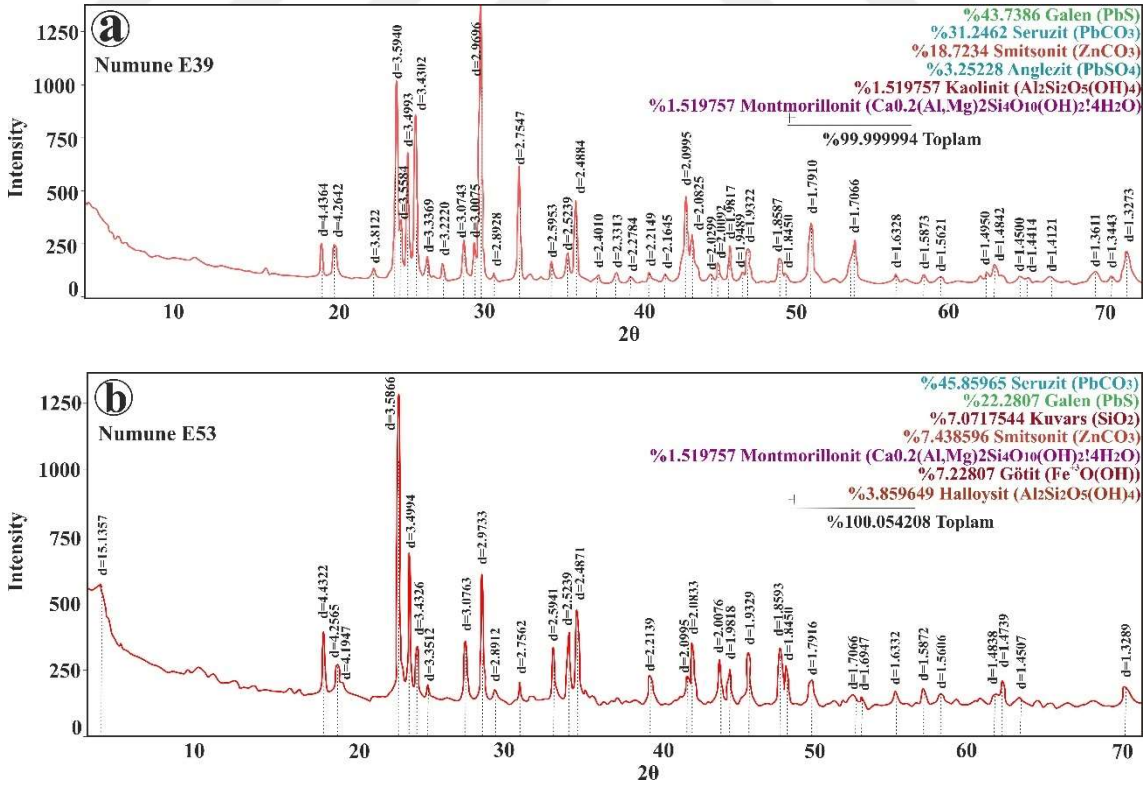
Erva maden ocağı bölgesinden derlenen Pb-Zn örneklerinin, XRD analiz sonuçları ve spektrumları Çizelge 4.2 ve Şekil 4.6’da verilmiştir. Pb-Zn oluşumuna katılan mineraller örneklerin içerisinde bulunma bolluğuna göre şu şekilde sıralanmıştır (Atakoğlu Özer ve Yalcin 2024);

Serüzit > Kalsit > Galen > Kuvars > Smitzonit > Götüt > Montmorillonit > Dolomit > Hematit > Hemimorfit > Muskovit > Halloysit > Anglezit > Kaolinit.

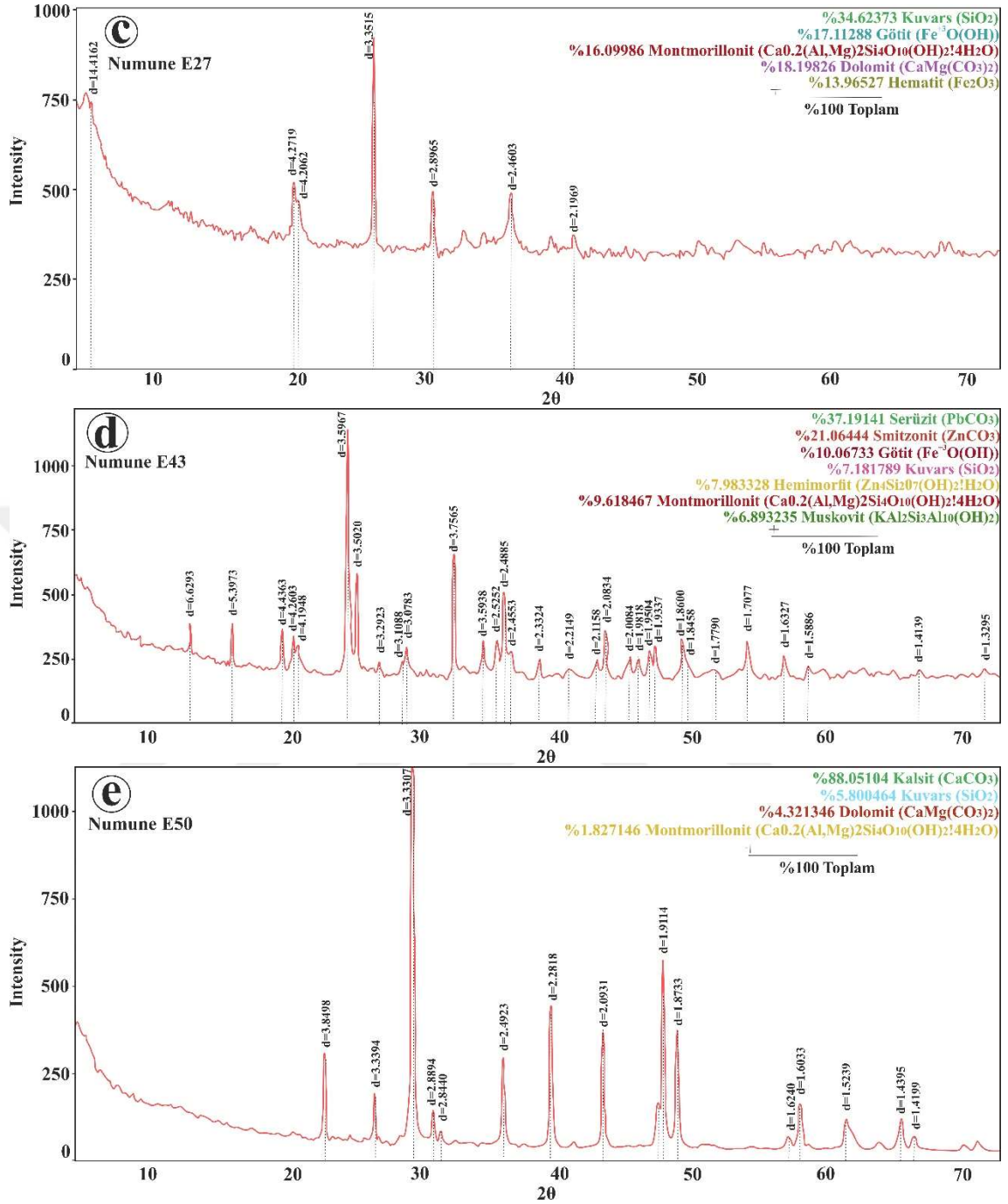
Erva Pb-Zn yatağı içerisinde bulunan kıl türleri ise, montmorillonit, halloysit ve kaolinit olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.2. Erva Pb-Zn örneklerinin XRD sonuçları

Mineraller	Formülleri	E39	E53	E27	E43	E50
Serüzit	PbCO ₃	31.25	45.86	ND	37.19	ND
Kalsit	CaCO ₃	ND	ND	ND	ND	88.05
Galen	PbS	43.74	22.28	ND	ND	ND
Kuvars	SiO ₂	ND	7.07	34.62	7.18	5.80
Smitzonit	ZnCO ₃	18.72	7.44	ND	21.06	ND
Götüt	Fe ³⁺ O(OH)	ND	7.23	17.11	10.07	ND
Montmorillonit	Ca _{0.2} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O	1.52	1.52	16.10	9.62	1.83
Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	ND	ND	18.20	ND	4.32
Hematit	Fe ₂ O ₃	ND	ND	13.97	ND	ND
Hemimorfit	Zn ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ ·H ₂ O	ND	ND	ND	7.98	ND
Muskovit	KAl ₂ Si ₃ Al ₁₀ (OH) ₂	ND	ND	ND	6.89	ND
Halloysit	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	ND	3.86	ND	ND	ND
Anglezit	PbSO ₄	3.25	ND	ND	ND	ND
Kaolinit	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	1.52	ND	ND	ND	ND
Toplam		100	100	100	100	100
ND	İçerikte bulunmamaktadır.					



Şekil 4.6. Erva Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) E39; b) E53; c) E27; d) E43; e) E50 (Atağolu Özer ve Yalcin 2024)



Şekil 4.6 (devamı). Erva Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) E39; b) E53; c) E27; d) E43; e) E50 (Atağolu Özer ve Yalcin 2024)

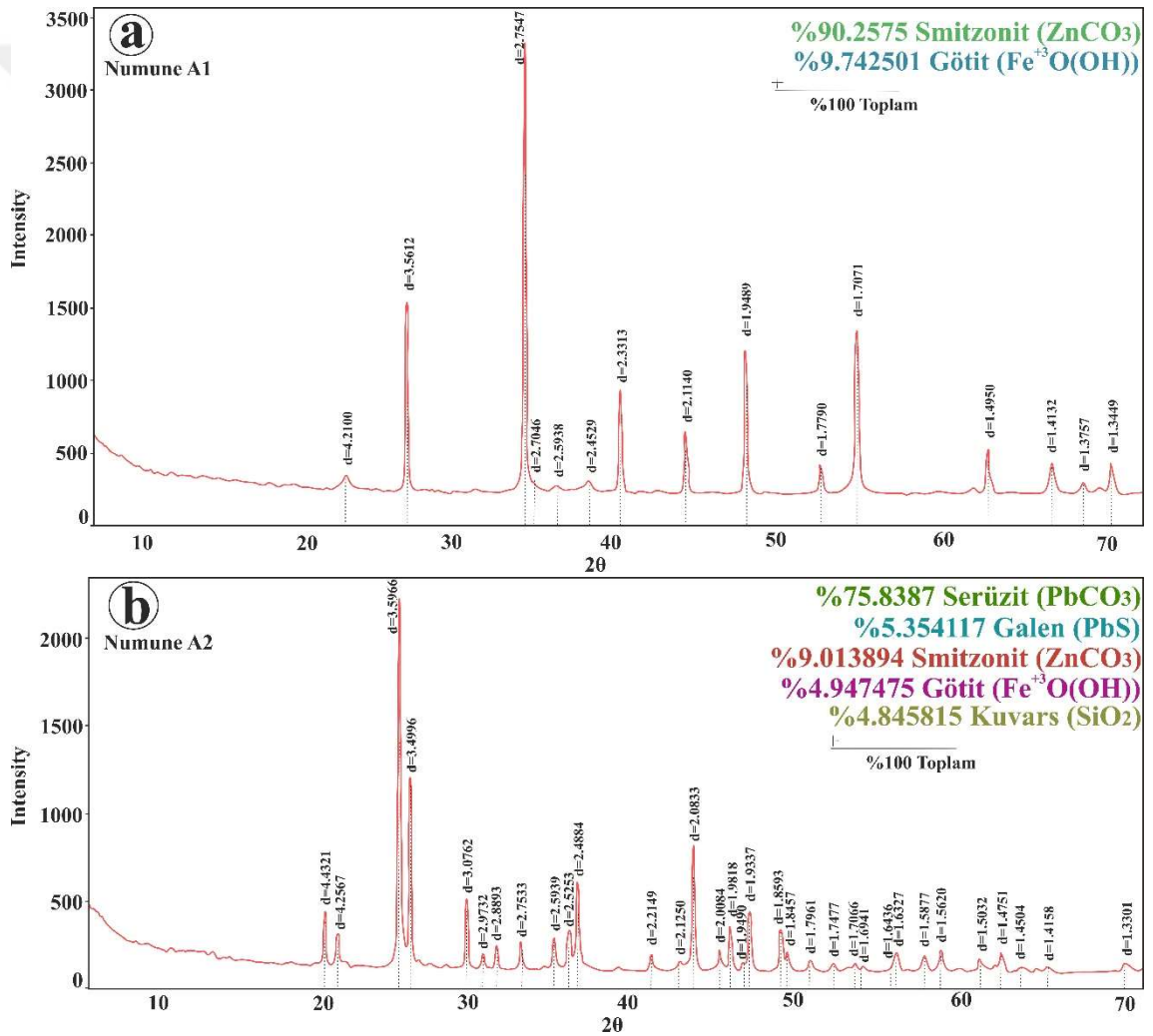
4.2.3. Almıla maden ocağı analitik mineralojisi

Almıla maden ocağı bölgesinden derlenen Pb-Zn örneklerinin, XRD analiz sonuçları ve spektrumları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.7’de verilmiştir. Pb-Zn oluşumuna katılan mineraller örneklerin içerisinde bulunma bolluğuna göre şu şekilde sıralanmıştır;

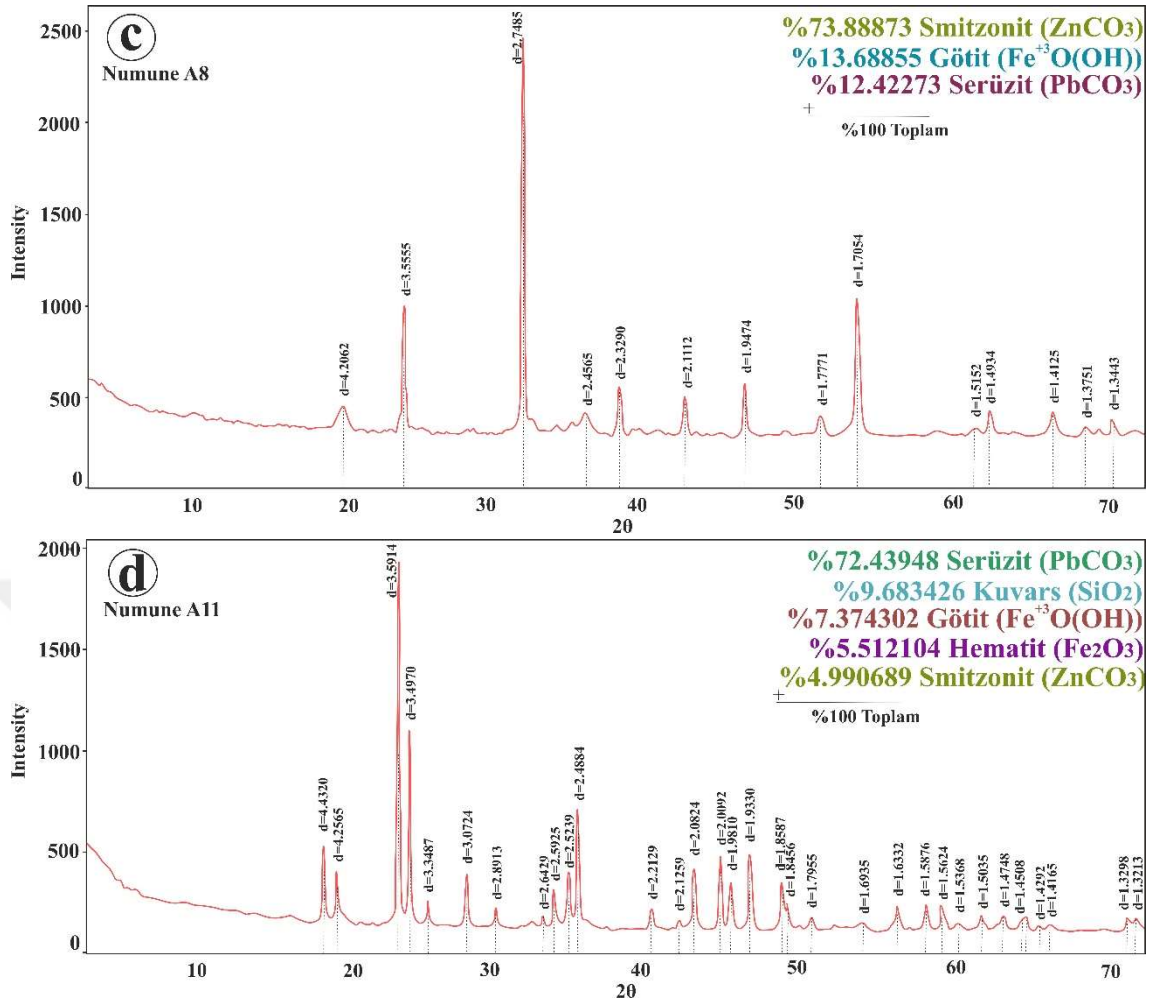
Smitzonit > Serüzit > Götüt > Kuvars > Hematit > Galen.

Çizelge 4.3. Almıla Pb-Zn örneklerinin XRD sonuçları

Mineraller	Formülleri	A1	A2	A8	A11
Smitzonit	ZnCO ₃	90.26	9.01	73.89	4.99
Serüzit	PbCO ₃	ND	75.84	12.42	72.44
Götüt	Fe ³⁺ O(OH)	9.74	4.95	13.69	7.37
Kuvars	SiO ₂	ND	4.85	ND	9.68
Hematit	Fe ₂ O ₃	ND	ND	ND	5.51
Galen	PbS	ND	5.35	ND	ND
Toplam		100	100	100	100
ND	İçerikte bulunamamıştır.				



Şekil 4.7. Almıla Pb-Zn örneklerinin XRD difraktogramları a) A1; b) A2; c) A8; d) A11



Şekil 4.7 (devamı). Almıla Pb-Zn örneklerinin XRD difraktometresi a) A1; b) A2; c) A8; d) A11

4.2. X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi Analizinin İstatistiksel Yorumlamaları

Zengan, Erva ve Almıla maden ocaklarından derlenen örneklerin XRF sonuçları EK-1’de verilmiştir.

4.2.1. Zengan maden ocağı X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi analizinin istatistiksel yorumlamaları

Zengan maden ocağından derlenen 20 adet numunenin bazı önemli betimsel istatistiksel değerleri (aritmetik ortalama, medyan, mod, standart sapma, varyans, değişim aralığı, minimum, maksimum) Çizelge 4.4’te verilmiştir. Majör oksit değerlerinin % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: Fe_2O_3 (34.404) > ZnO (20.224) > SiO_2 (13.301) > Al_2O_3 (9.098) > CaO (8.389) > PbO (1.307) > MgO (0.868) > K_2O (0.551) > SO_4 (0.354) > TiO_2 (0.333) > BaO (0.167). İz elementlerin % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: Na (5.178) > Zr (0.326) > Co (0.062) > Ir (0.047) > Cl (0.033) > Cd (0.029) > Mn (0.021) > Os (0.019) > As (0.017) > V (0.015) ≥

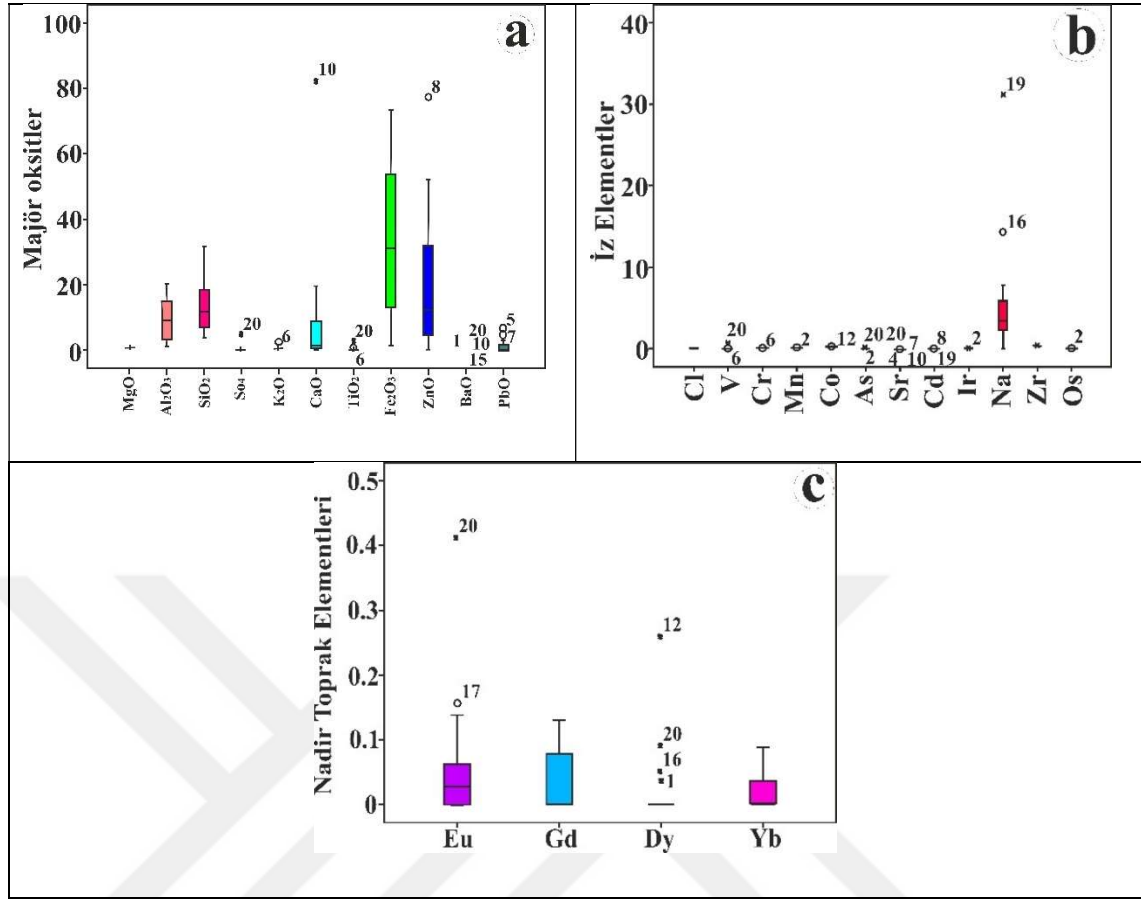
Sr (0.015) > Cr (0.01). Nadir toprak elementleri ise % cinsinden büyüktür küçüğe sıralanışı şu şekildedir: Eu (0.056) > Gd (0.035) > Dy (0.022) > Yb (0.021).

Çizelge 4.4. Zengan maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri

	Aritmetik Ortalama	Medyan	Mod	Standart Sapma	Varyans	Değişim Aralığı	Minimum	Maksimum
Cl	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.06
V	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.22	0.00	0.22
Cr	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03
Mn	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.11
Co	0.06	0.06	0.00	0.05	0.00	0.20	0.00	0.20
As	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.15	0.00	0.15
Sr	0.02	0.00	.0000 ^a	0.03	0.00	0.11	0.00	0.11
Cd	0.03	0.01	0.00	0.05	0.00	0.20	0.00	0.20
Ir	0.05	0.03	.0149 ^a	0.04	0.00	0.16	0.02	0.17
MgO	0.87	0.84	.3430 ^a	0.37	0.13	1.07	0.34	1.41
Al ₂ O ₃	9.10	9.04	14.90	5.96	35.47	18.90	1.40	20.30
SiO ₂	13.30	11.95	16.00	7.66	58.66	27.87	3.83	31.70
SO ₄	0.35	0.11	0.00	0.99	0.98	4.54	0.00	4.54
K ₂ O	0.55	0.45	.0758 ^a	0.45	0.21	1.81	0.08	1.89
CaO	8.39	1.45	.2880 ^a	18.39	338.23	82.21	0.29	82.50
TiO ₂	0.33	0.21	.0000 ^a	0.53	0.28	2.46	0.00	2.46
Fe ₂ O ₃	34.40	31.40	1.4200 ^a	21.77	473.98	72.08	1.42	73.50
ZnO	20.22	12.30	.2760 ^a	20.37	415.11	77.22	0.28	77.50
BaO	0.17	0.00	0.00	0.74	0.54	3.29	0.00	3.29
PbO	1.31	0.47	.0401 ^a	1.76	3.11	6.27	0.04	6.31
Na	5.18	3.42	0.00	6.91	47.75	31.20	0.00	31.20
Zr	0.33	0.35	.1060 ^a	0.15	0.02	0.46	0.11	0.57
Os	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.11
Eu	0.06	0.03	0.00	0.10	0.01	0.41	0.00	0.41
Gd	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.13	0.00	0.13
Dy	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00	0.26	0.00	0.26
Yb	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.09
LOI	4.94	3.84	.0000 ^a	5.01	25.13	15.30	0.00	15.30

a. Çoklu mod değeri mevcuttur ve en küçük değer Çizelgede verilmiştir.

Zengan numunelerinin, ortalamadan sapan değerlerinin tespiti amacıyla kullanılan kutu diyagramı Şekil 4.8’de verilmiştir.



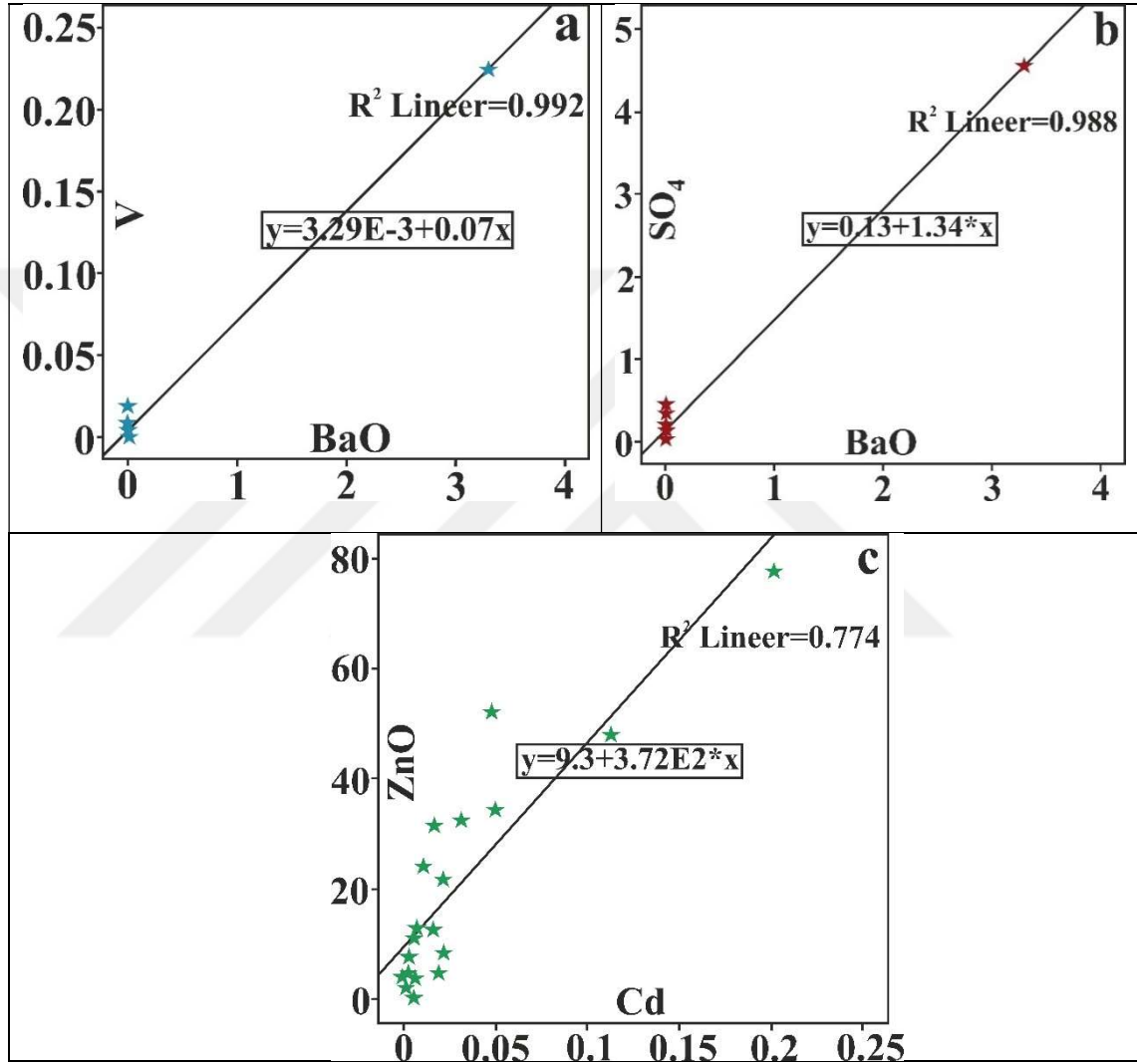
Şekil 4.8. Zengani maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının kutu diyagramları **a)** Majör oksitler; **b)** İz elementler; **c)** Nadir toprak elementleri

Ortalamadan sapan değerlerin belirlenmesi amacıyla yapılan kutu diyagramlarına göre çıkarılan önemli sonuçlar şu şekildedir: Majör elementler için bakıldığında, CaO, %0-20 arasında değer almaktadır, 10 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır; ZnO, %0-40 arasında değer almaktadır, 8 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır. İz elementler için bakıldığında, Na, %0-10 arasında değer almaktadır, 16 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır. Nadir toprak elementleri için bakıldığında, Eu, %0-0.1 arasında değer almaktadır, 17 ve 20 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; Dy, %0-0.1 arasında değer almaktadır, 1, 16, 20 ve 12 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır. Zengani numunelerinin jeokimyasal analiz verilerinin aralarındaki pozitif/negatif çok yüksek, yüksek ve orta ilişkiler korelasyon analiziyle ortaya çıkarılmıştır (EK-2).

Jeokimyasal ilişkiler incelendiğinde aralarında yüksek mertebeden çok yüksek dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: V-BaO (0.996**), SO₄-BaO (0.994**), V-SO₄ (0.993**), SO₄-TiO₂ (0.964**), V-TiO₂ (0.955**), Al₂O₃-SiO₂ (0.949**), TiO₂-BaO (0.944**). Yüksek mertebeden yüksek dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: SO₄-Eu (0.891**), TiO₂-Eu (0.883**), V-Eu (0.880**), Cd-ZnO (0.880**), Sr-Eu (0.833**), As-SO₄ (0.826**), SiO₂-K₂O (0.826**), Sr-BaO (0.822**), Mn-Os (0.813**), V-Sr (0.811**), V-As (0.805**), As-

Ba (0.805^{**}). Yüksek mertebeden orta dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: As-TiO₂ (0.773^{**}), Sr-TiO₂ (0.762^{**}), ZnO-Os (0.748^{**}), Al₂O₃-K₂O (0.731^{**}), Ir-Os (0.712^{**}), Cr-K₂O (0.711^{**}), Cr-Fe₂O₃ (0.704^{**}).

Zengan maden ocağı dağılım noktası grafikleri Şekil 4.9'da verilmiştir. Model özeti, varyans analizi ve katsayı tahminleri Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.9. Zengan dağılım noktası grafikleri a) V-BaO; b) SO₄-BaO; c) ZnO-Cd

Kurulan lineer doğrusal pozitif denklemler şu şekildedir; V (%) = 3.29E-3+0.07*Bao (%) ve kurulan denklemin R² değeri 0.992 bulunmuştur; SO₄ (%) = 0.13+1.34*Bao (%) ve kurulan denklemin R² değeri 0.988 bulunmuştur; ZnO (%) = 9.3+3.72E2*Cd (%) ve kurulan denklemin R² değeri 0.774 bulunmuştur. Kurulan lineer doğrusal pozitif denklemlerden R² değerleri V-Bao, SO₄-BaO ve ZnO-Cd jeokimyasal birliktelikleri için anlamlı çıkmıştır.

Çizelge 4.5. Zengan maden ocağının jeokimyasal analiz sonuçlarının model özeti

Model Özeti ^b										
Model	R	R ²	Düzeltilmiş R Kare	Std. Tahmin Hatası	Değiştirilmiş İstatistikler					Durbin-Watson
					R Kare Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi	
1	0.99 ^a	0.99	0.96	3.67	0.99	44.52	13	6	0.00	2.18
a. Tahminciler: (Sabit), Os, Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Cd, K ₂ O, Mn, Sr, Eu, As, SiO ₂ , V, SO ₄ , BaO										
b. Bağımlı Değişken: ZnO										

Çizelge 4.5'ten çıkarılan değer %99.9'un bağımlı değişken ZnO ile Os, Al₂O₃, TiO₂, Cd, K₂O, Mn, Sr, Eu, As, SiO₂, V, SO₄, BaO bağımsız değişkenleri tarafından açıklanmaktadır. Geriye kalan %0.01'lik kısım modele dahil edilmeyen hata değişkenleri tarafından açıklanmaktadır. Çizelgeye göre düzeltilmiş R² değeri de R² değerine yakın olarak bulunmuş olup %96.8 bulunmuştur. Modelde Durbin-Watson değeri 2.185 çıkmıştır ve otokorelasyon varlığından bahsedilmez.

Çizelge 4.6. Zengan maden ocağının jeokimyasal analiz sonuçlarının varyans analizi

Varyans Çizelgesi ^a						
Model		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	P-value
1	Regresyon	7806.22	13	600.47	44.52	0.00 ^b
	Atık	80.91	6	13.48		
	Toplam	7887.13	19			
a. Bağımlı Değişken: ZnO						
b. Tahminciler: (Sabit), Os, Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Cd, K ₂ O, Mn, Sr, Eu, As, SiO ₂ , V, SO ₄ , BaO						

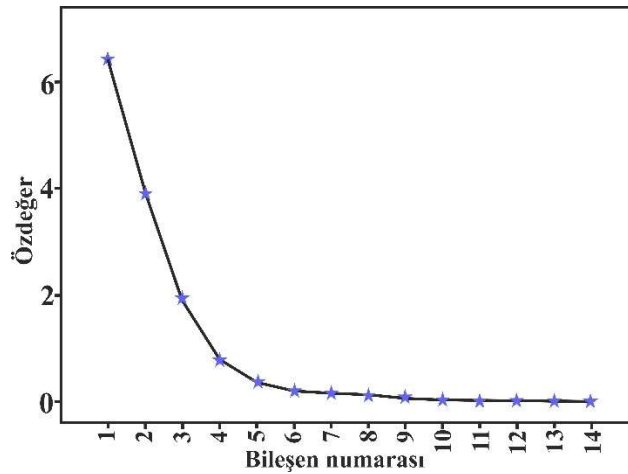
Çizelgedeki F=44.528 ve Sig. = 0.00 değerleri ile modelin her düzeyde anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7'e bakıldığında %5 anlamlılık seviyesinde sadece modele dahil edilen değişkenlerden TiO₂, Cd, Sr, K₂O ve Os anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Çizelgede sabit terim 12.827 olarak bulunmuştur. Buradan çıkarılan anlam modele dahil edilen sabit değişkenler 0 bile olsa Zengan yatağında %12.827'lik bir ZnO tenörü elde etmek mümkündür. ZnO ile doğru orantılı olarak azalacak %5 anlamlılık seviyesinde çıkan değişkenler TiO₂, Cd ve Os'dur. TiO₂'daki 1 birim artış toplam ZnO miktarını 109.323 birim arttırmaktadır. Cd'daki 1 birim artış toplam ZnO miktarını 210.283 birim arttırmaktadır. Os'deki 1 birim artış toplam ZnO miktarını 263.374 birim arttırmaktadır. ZnO ile ters orantılı olarak azalacak %5 anlamlılık seviyesinde çıkan değişkenler Sr ve K₂O'dur. Sr'daki 1 birim artış toplam ZnO miktarını 427.782 birim azaltmaktadır. K₂O'teki 1 birim artış toplam ZnO miktarını 63.454 birim azaltmaktadır. Çizelgeden çoklu bağlantının olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Zengan maden ocağının jeokimyasal analiz sonuçlarının katsayıları

Katsayılar ^a													
Model		Std. Katsayılar		Std. Katsayılar	t	Sig.	B için %95 Güven Aralığı		Korelasyon			Doğrusallık İstatistikleri	
		B	Standart Hata	Beta			Alt Sınır	Üst Sınır	Zero-order	B	Standart Hata	Beta	VIF
1	Sabit terim	12.83	4.79		2.68	0.04	1.11	24.54					
	V	1056.77	538.70	2.57	1.96	0.10	261.37	2374.91	-0.10	0.63	0.08	0.00	1001.57
	BaO	-102.14	75.24	-3.69	1.36	0.22	286.24	81.96	-0.09	0.49	-0.06	0.00	4309.21
	SO ₄	-22.81	31.40	-1.11	0.73	0.50	-99.65	54.04	-0.09	0.28	-0.03	0.00	1366.21
	TiO ₂	109.32	37.97	2.85	2.88	0.03	16.42	202.22	-0.23	0.76	0.12	0.00	570.86
	Al ₂ O ₃	-2.09	0.99	-0.61	2.11	0.08	-4.52	0.34	-0.37	0.65	-0.09	0.02	49.24
	SiO ₂	2.10	1.13	0.79	1.85	0.11	-0.68	4.88	-0.38	0.60	0.08	0.01	106.34
	Eu	36.55	33.58	0.17	1.09	0.32	-45.62	118.73	-0.33	0.41	0.05	0.07	14.28
	Cd	210.28	35.75	0.50	5.88	0.00	122.80	297.77	0.88	0.92	0.24	0.24	4.19
	Sr	-427.78	110.35	-0.60	3.88	0.01	697.79	-157.77	-0.29	0.85	-0.16	0.07	13.88
	As	-213.49	150.38	-0.40	1.42	0.21	581.46	154.48	0.15	0.50	-0.06	0.02	47.19
	K ₂ O	-63.45	24.67	-1.41	2.57	0.04	123.83	-3.08	-0.43	0.72	-0.11	0.01	175.93
	Mn	175.14	109.45	0.23	1.60	0.16	-92.66	442.95	0.66	0.55	0.07	0.09	11.66
	Os	263.37	71.96	0.37	3.66	0.01	87.30	439.45	0.75	0.83	0.15	0.17	5.83
a. Bağımlı değişken: ZnO Std. (Standartlaştırılmış)													

Zengan maden ocağının faktör analizi çizgi grafiği Şekil 4.10'da açıklanan toplam varyans Çizelge 4.8, ortak varyanslar Çizelge 4.9, döndürülmüş faktör matrisi Çizelge 4.10'da ve temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.10. Zengan maden ocağı faktör analizi çizgi grafiği

Şekil 4.10'a bakıldığında, grafikte üçüncü faktörden itibaren çizgi grafiğinin eğiminin önemli bir ölçüde kaybolmaya başladığı ve 0'a yaklaştığı görülmektedir. Bu nedenle faktör sayısı 3 olarak yorumlanabilir (Özer Atakoğlu vd. 2023).

Çizelge 4.8. Zengan maden ocağı özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı

Açıklanan Toplam Varyans									
Bileşen	İlk Özdeğerler			Karesel Yüklemelerin Çıkarma Toplamları			Karesel Yüklemelerin Dönme Toplamları		
	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %
1	6.443	46.018	46.018	6.443	46.018	46.018	6.087	43.475	43.475
2	3.907	27.908	73.927	3.907	27.908	73.927	3.229	23.068	66.543
3	1.922	13.725	87.652	1.922	13.725	87.652	2.955	21.109	87.652
4	0.781	5.581	93.233						
5	0.365	2.604	95.838						
6	0.191	1.361	97.199						
7	0.151	1.076	98.274						
8	0.121	.868	99.142						
9	0.069	.493	99.635						
10	0.033	.234	99.869						
11	0.013	.093	99.962						
12	0.005	.034	99.996						
13	0.000	.004	99.999						
14	0.000	.001	100						
Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi.									

Çizelge 4.9'a bakıldığında, Zengan maden ocağı jeokimyasal verilerinin özdeğer istatistiği 1'den büyük olan 3 faktör etrafında toplandığı görülmektedir. Birinci faktör, toplam varyansın %43.475'ünü; birinci ve ikinci faktörler, toplam varyansın %66.543'sini; birinci, ikinci ve üçüncü faktörler, toplam varyansın %87.652'ini açıklamaktadır.

Çizelge 4.10'a bakıldığında, Zengan maden ocağı jeokimyasal değişkenleri için 0.5'in altında bir ortak varyans verisi bulunmamaktadır. Buradan faktör analizi için kullanılan değişkenlerin gerekliliği ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.9. Zengan maden ocağı ortak varyans tablosu

Topluluklar		
	İlk	Çıkarma
V	1.000	0.972
BaO	1.000	0.974
SO ₄	1.000	0.979
TiO ₂	1.000	0.977
Al ₂ O ₃	1.000	0.890
SiO ₂	1.000	0.953
Eu	1.000	0.897
Cd	1.000	0.597
ZnO	1.000	0.895
Sr	1.000	0.845
As	1.000	0.877
K ₂ O	1.000	0.801
Mn	1.000	0.774
Os	1.000	0.840
PbO	1.000	0.983
Pt	1.000	0.966
Bi	1.000	0.985
P ₂ O ₅	1.000	0.953
Hg	1.000	0.969
Yb	1.000	0.857
Co	1.000	0.950
ZnO	1.000	0.947
Ir	1.000	0.936
SiO ₂	1.000	0.944
Al ₂ O ₃	1.000	0.932
TiO ₂	1.000	0.870
Na	1.000	0.901
Zr	1.000	0.897
CaO	1.000	0.931
Tb	1.000	0.813
Cl	1.000	0.955
Fe ₂ O ₃	1.000	0.774
Sr	1.000	0.714
Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi.		

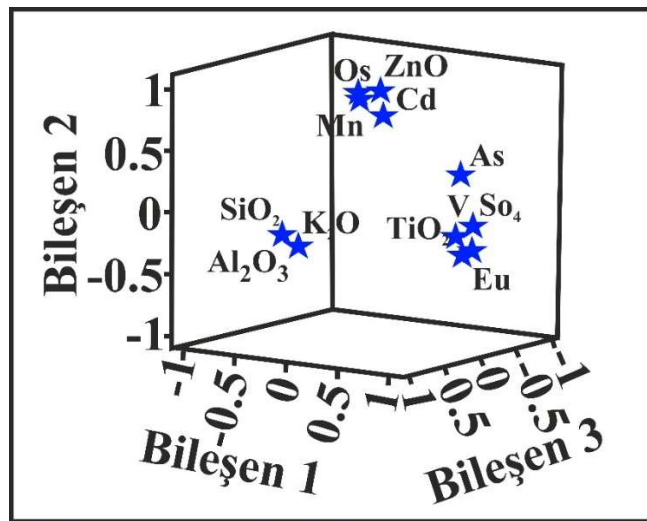
Çizelge 4.10. Zengan maden ocağı döndürülmüş faktör matrisi

Döndürülmüş Faktör Matrisi ^a			
	Bileşen		
	1	2	3
SO ₄	0.985	-0.056	-0.076
V	0.977	-0.075	-0.112
BaO	0.974	-0.079	-0.142
TiO ₂	0.971	-0.138	0.123
Eu	0.887	-0.316	-0.102
As	0.875	0.326	-0.071
Sr	0.799	-0.303	-0.339
Os	-0.072	0.914	0.001
ZnO	-0.100	0.880	-0.332
Mn	-0.090	0.875	0.001
Cd	-0.102	0.677	-0.359
SiO ₂	-0.135	-0.118	0.959
Al ₂ O ₃	-0.156	-0.126	0.922
K ₂ O	-0.070	-0.184	0.873

Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi. Döndürme Yöntemi: Kaiser Normalleştirilmiş Varimax.

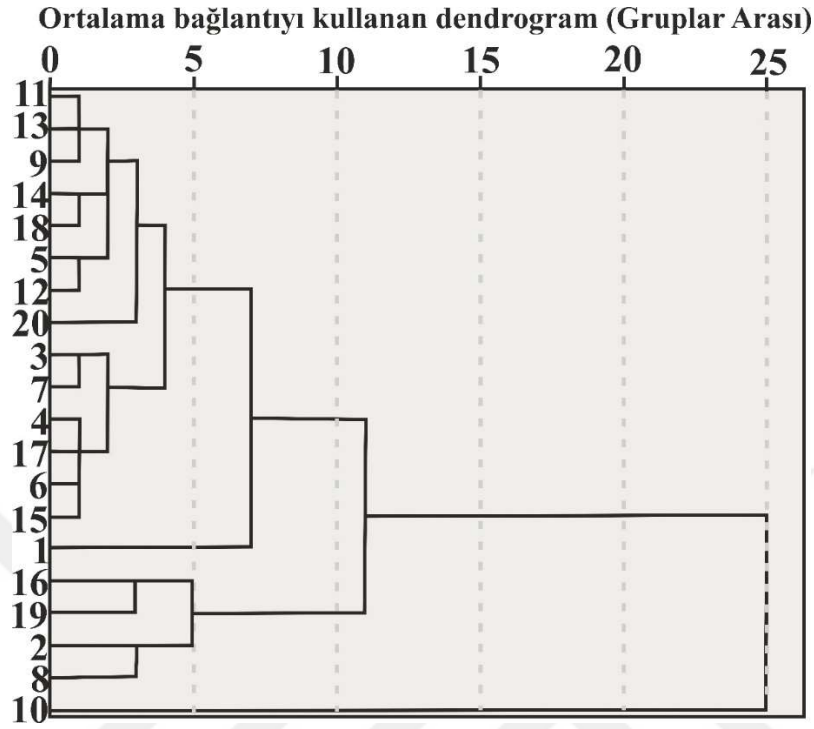
a. Döndürme 6 yinelemede birleşti.

Çizelge 4.10'a bakıldığında mutlak değer olarak en büyük ağırlığını, birinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: SO₄, V, BaO, TiO₂, Eu, As, Sr; ikinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: Os, ZnO, Mn, Cd; üçüncü faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: SiO₂, Al₂O₃, K₂O.



Şekil 4.11. Zengan maden ocağı temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği

Zengan maden ocağı numuneleri için tercih edilen bağlantı yöntemi, ortalama bağlantı yöntemidir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Zengan maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi

Zengan maden ocağı ocağının jeokimyasal değişkenlerinin temel bileşenler grafiğine bakıldığında şekil üç boyutlu olacak şekilde çıkmıştır. Buradan faktör sayısının en az 3 olduğu tespit edilmiştir. Birbirine yakın konumda bulunan değişkenlerin aynı faktör altında en yüksek ağırlıkta bulunup, o faktör ile arasında korelasyon katsayısının yüksek olduğu yorumlanabilir.

Zengan maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi değerlendirildiğinde başlıca yedi gruba ayrılmıştır. Numune kodlarıyla gruplar aşağıda sıralanmıştır:

1. Grup: 11-13-9. Bu gruba dışarıdan 9. numune ile benzerliğinden dolayı 20. numune bağlanmıştır; 2. Grup: 14-18; 3. Grup: 5-12. Bu gruba dışarıdan 12. numune ile benzerliğinden dolayı 1. numune bağlanmıştır; 4. Grup: 3-7; 5. Grup: 4-17-6-15. Bu gruba dışarıdan 15. numune ile benzerliğinden dolayı 10. numune bağlanmıştır; 6. Grup: 16-19; 7. Grup: 2-8.

4.2.2. Erva maden ocağı X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi analizinin istatistiksel yorumlamaları

Erva maden ocağından derlenen 32 adet numunenin bazı önemli betimsel istatistiksel değerleri (aritmetik ortalama, medyan, mod, standart sapma, varyans, değişim aralığı, minimum, maksimum) Çizelge 4.11’de verilmiştir. Majör oksit değerlerinin % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: SiO₂ (28.903) > CaO (17.854) >

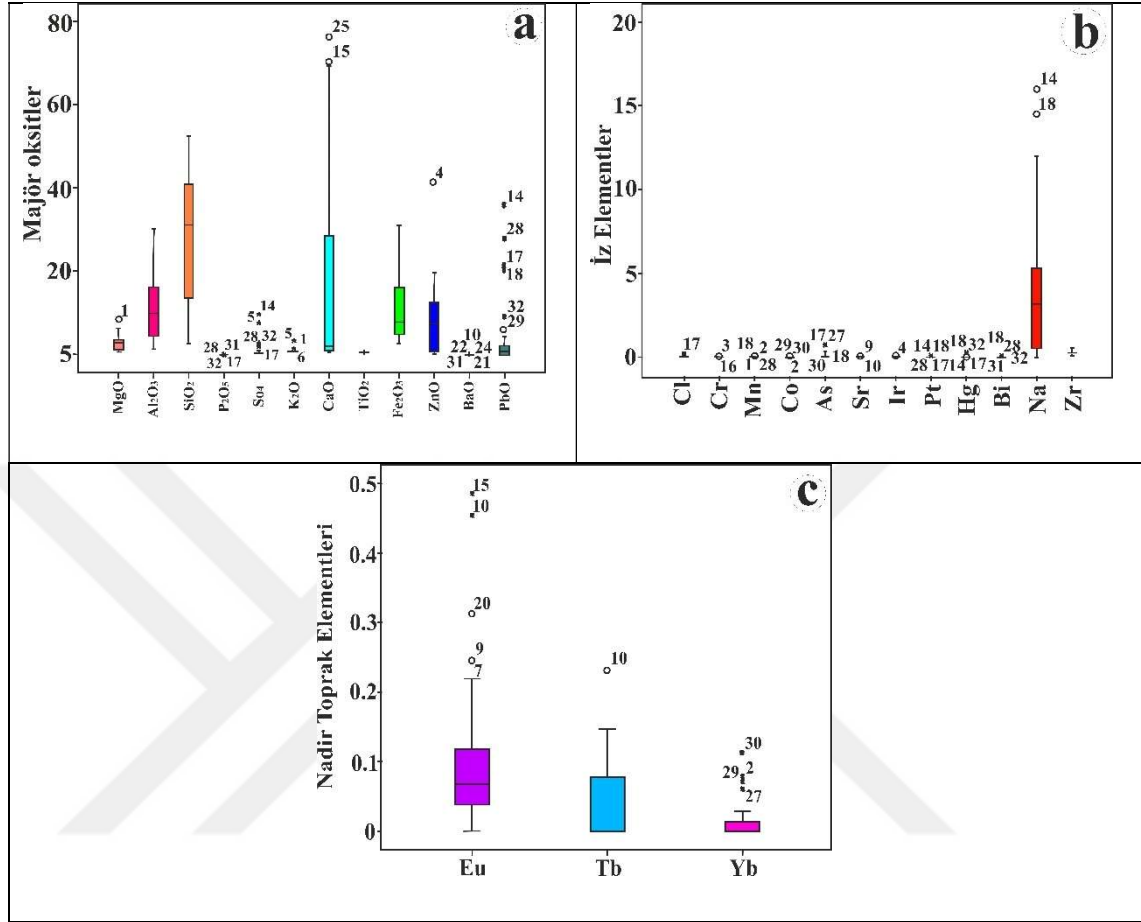
Al_2O_3 (11.598) > Fe_2O_3 (11.263) > ZnO (7.85) > PbO (4.337) > MgO (2.703) > SO_4 (0.881) > K_2O (0.813) > TiO_2 (0.412) > P_2O_5 (0.012). İz elementlerin % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: Na (4.068) > Zr (0.276) > As (0.134) > Ir (0.026) > Mn (0.025) > Cl (0.02) > Sr (0.018) > Co (0.017) $\geq$ Pt (0.017) > Cr (0.016) > Bi (0.014) > Hg (0.014). Nadir toprak elementleri ise % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: Eu (0.109) > Tb (0.043) > Yb (0.014) (Atağolu Özer ve Yalçın 2024).

Çizelge 4.11. Erva maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (Atağolu Özer ve Yalçın 2024)

	Aritmetik Ortalama	Medyan	Mod	Standart Sapma	Varyans	Değişim Aralığı	Minimum	Maksimum
Cl	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.11	0.00	0.11
Cr	0.02	0.01	0.00 ^a	0.01	0.00	0.05	0.00	0.05
Mn	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.17	0.00	0.17
Co	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.09
As	0.13	0.01	0.00	0.24	0.06	0.80	0.00	0.80
Sr	0.02	0.01	0.00 ^a	0.02	0.00	0.12	0.00	0.12
Ir	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.13	0.00	0.13
Pt	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.11
Hg	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.26	0.00	0.26
Bi	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.13	0.00	0.13
MgO	2.70	2.63	.61	1.83	3.34	7.81	0.62	8.43
Al ₂ O ₃	11.60	9.84	1.27 ^a	7.98	63.68	28.83	1.27	30.10
SiO ₂	28.90	31.05	2.62 ^a	15.94	253.95	49.68	2.62	52.30
P ₂ O ₅	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.25	0.00	0.25
SO ₄	0.88	0.13	0.00	2.14	4.59	9.64	0.00	9.64
K ₂ O	0.81	0.52	0.11 ^a	0.77	0.60	3.06	0.12	3.18
CaO	17.85	1.99	1.62	26.41	697.43	75.75	0.55	76.30
TiO ₂	0.41	0.36	0.08 ^a	0.26	0.07	0.84	0.08	0.92
Fe ₂ O ₃	11.26	7.77	4.59 ^a	8.45	71.38	28.25	2.65	30.90
ZnO	7.85	7.26	0.07 ^a	8.70	75.75	41.23	0.08	41.30
PbO	4.34	0.70	0.01 ^a	8.90	79.19	35.79	0.02	35.80
Na	4.07	3.18	0.00	4.44	19.67	16.00	0.00	16.00
Zr	0.28	0.26	0.15 ^a	0.13	0.02	0.43	0.13	0.56
Eu	0.11	0.07	0.00	0.12	0.02	0.49	0.00	0.49
Tb	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00	0.23	0.00	0.23
Yb	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.11
LOI	8.31	7.73	16.30	6.28	39.48	20.00	0.01	20.00

a. Çoklu mod değeri mevcuttur ve en küçük değer Çizelgede verilmiştir.

Erva maden ocağı numunelerinin, ortalamadan sapan değerlerinin tespiti amacıyla kullanılan kutu diyagramı Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13. Erva maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının kutu diyagramları a) Majör oksitler; b) İz elementler; c) Nadir toprak elementleri

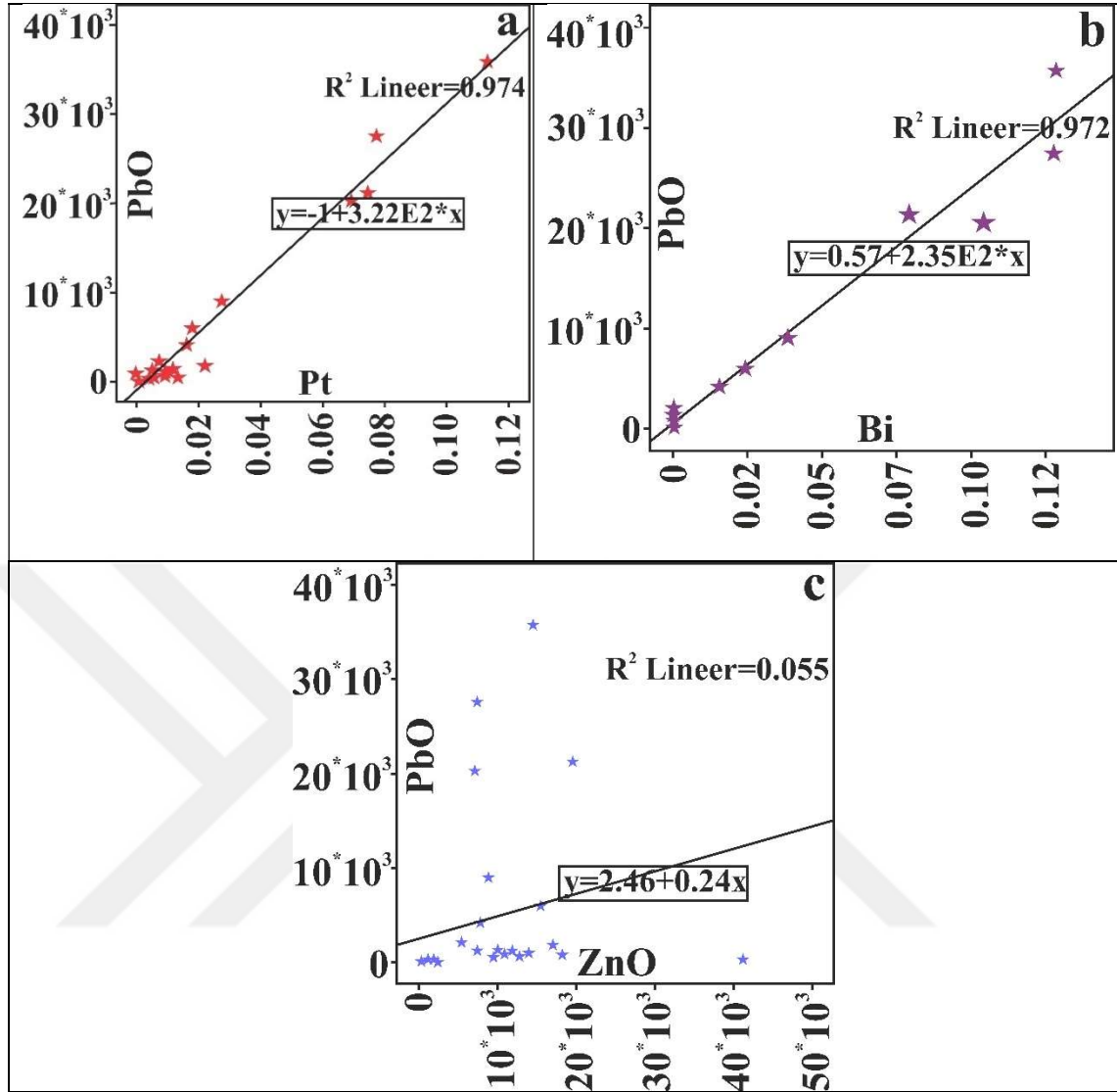
Ortalamadan sapan değerlerin belirlenmesi amacıyla yapılan kutu diyagramlarına göre çıkarılan önemli sonuçlar şu şekildedir: Majör elementler için bakıldığında, MgO, % 5-20 arasında değer almaktadır, 1 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır; CaO, %5-40 arasında değer almaktadır, 15 ve 25 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; ZnO, % 5-20 arasında değer almaktadır, 4 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır; PbO, % 5-20 arasında değer almaktadır, 29, 32, 18, 17, 28 ve 14 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır. İz elementler için bakıldığında, Na, %0-5 arasında değer almaktadır, 14 ve 18 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır. Nadir toprak elementleri için bakıldığında, Eu, %0-0.2 arasında değer almaktadır, 7, 9, 20, 10 ve 15 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; Tb, %0-0.1 arasında değer almaktadır, 10 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır; Yb, %0-0.1 arasında değer almaktadır, 27, 29, 2 ve 30 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır. Erva maden ocağı numunelerinin jeokimyasal analiz verilerinin aralarındaki pozitif/negatif çok yüksek, yüksek ve orta ilişkiler korelasyon analiziyle ortaya çıkarılmıştır (EK-2).

Jeokimyasal ilişkiler incelendiğinde aralarında yüksek mertebeden çok yüksek dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: PbO-Pt (0.987**), PbO-Bi (0.986**), Bi-Pt (0.965**), P₂O₅-Hg (0.951**), Yb-Co (0.908**), ZnO-Ir (0.904**). Yüksek mertebeden yüksek pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: PbO-Pt (0.987**), PbO-Bi (0.986**), Bi-Pt (0.965**), P₂O₅-Hg (0.951**), Yb-Co (0.908**), ZnO-Ir (0.904**). Yüksek mertebeden yüksek dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: SiO₂-Al₂O₃ (0.898**), TiO₂-Al₂O₃ (0.886**), Na-Pt (0.868**), Na-PbO (0.857**), Zr-CaO (0.842**), Tb-Eu (0.832**), Na-Bi (0.826**), TiO₂-SiO₂ (0.882**). Yüksek mertebeden orta dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: Hg-Cl (0.798**), Fe₂O₃-Co (0.768**), P₂O₅-Cl (0.756**), Tb-CaO (0.747**), Tb-Sr (0.724**), CaO-Sr (0.721**). Yüksek mertebeden orta negatif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: CaO-SiO₂ (-0.727**).

Pearson korelasyon analiziyle tespit edilen çok yüksek pozitif ilişki içerisinde bulunan PbO-Pt ve PbO-Bi ve Pb-ZnO yatağı olarak işletilen bir yatak olan Erva maden ocağı işletmesi için PbO-ZnO jeokimyasal birlikteliklerinin davranışları doğrusal regresyon analizi ile tespit edilmiştir. Erva maden ocağı dağılım noktası grafikleri Şekil 4.14'te verilmiştir. Model özeti, varyans analizi ve katsayı tahminleri Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Kurulan lineer doğrusal pozitif denklemler şu şekildedir; PbO (%) = -1+3.22E2*Pt (%) ve kurulan denklemin R² değeri 0.974 bulunmuştur; PbO (%) = 0.57+2.35E2*Bi (%) ve kurulan denklemin R² değeri 0.972 bulunmuştur; PbO (%) = 2.46+0.24*ZnO (%) ve kurulan denklemin R² değeri 0.055 bulunmuştur. Kurulan lineer doğrusal pozitif denklemlerden R² değerleri PbO-Pt ve PbO-Bi jeokimyasal birliktelikleri için anlamlı çıkarken; PbO-ZnO birlikteliği anlamlı bulunamamıştır.

Çizelge 4.12'den çıkarılan değer %99.9'un bağımlı değişken PbO ile Sr, Bi, Cl, Yb, Ir, Fe₂O₃, TiO₂, Zr, Tb, Na, SiO₂, ZnO, Co, P₂O₅, Al₂O₃, Hg, CaO, Pt bağımsız değişkenleri tarafından açıklanmaktadır. Geriye kalan %0.01'lik kısım modele dahil edilmeyen hata değişkenleri tarafından açıklanmaktadır. Çizelgeye göre düzeltilmiş R² değeri de R² değerine yakın olarak bulunmuş olup %99.8 bulunmuştur. Modelde Durbin-Watson değeri 2.008 çıkmıştır ve otokorelasyon varlığından bahsedilmez.



Şekil 4.14. Erva maden ocağı dağılım noktası grafikleri a) PbO-Pt; b) PbO-Bi; c) PbO-ZnO

Çizelge 4.12. Erva maden ocağı jeokimyasal analiz sonuçlarının model özeti

Model Özeti ^b										
Model	R	R ²	Düzeltilmiş R Kare	Std. Tahmin Hatası	Değiştirilmiş İstatistikler					Durbin- Watson
					R Kare Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi	
1	1.00 ^a	0.99	0.99	0.42	0.99	756.82	18	13	0	2.00
a. Bağımlı değişken: PbO										
b. Tahminciler: (Sabit), Sr, Bi, Cl, Yb, Ir, Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , Zr, Tb, Na, SiO ₂ , ZnO, Co, P ₂ O ₅ , Al ₂ O ₃ , Hg, CaO, Pt										

Çizelge 4.13. Erva maden ocağı jeokimyasal analiz sonuçlarının varyans analizi

Varyans Çizelgesi ^a						
Model		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	P-value
1	Regresyon	2452.59	18	136.25	756.82	0 ^b
	Atık	2.34	13	0.18		
	Toplam	2454.93	31			
a. Bağımlı değişken: PbO						
b. Tahminciler: (Sabit), Sr, Bi, Cl, Yb, Ir, Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , Zr, Tb, Na, SiO ₂ , ZnO, Co, P ₂ O ₅ , Al ₂ O ₃ , Hg, CaO, Pt						

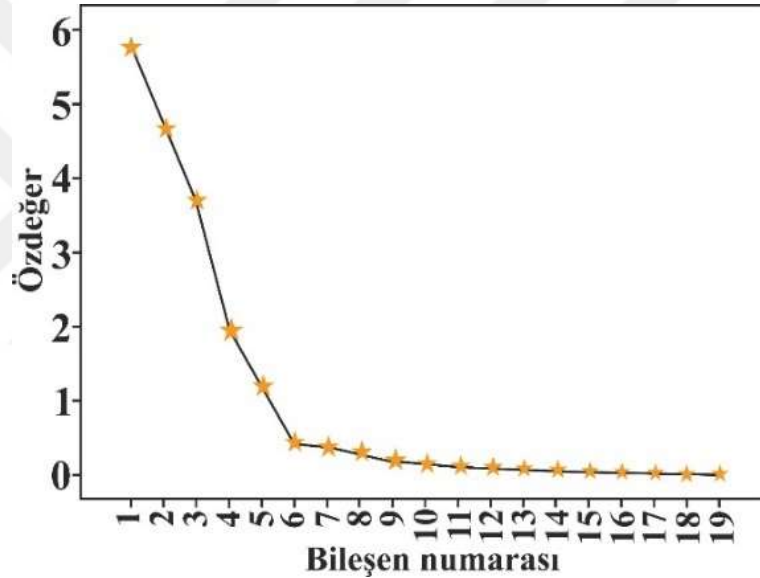
Çizelgedeki F=756.822 ve Sig. = 0.00 değerleri ile modelin her düzeyde anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Erva maden ocağı jeokimyasal analiz sonuçlarının katsayıları

Katsayılar ^a													
Model		Standartlaşmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Sig.	B için %95 Güven Aralığı		Korelasyon			Doğrusallık İstatistikleri	
		B	Standart Hata	Beta			Alt Sınır	Üst	Sıfır-Dereceli	Kısmi	Parça	Hata Payı	VIF
								Sınır					
1	Sabit terim	3.22	2.02		1.59	0.14	-1.15	7.59					
	Pt	64.65	44.06	0.20	1.47	0.17	-30.54	159.84	0.99	0.38	0.01	0.00	248.68
	Bi	193.87	34.88	0.81	5.56	0.00	118.51	269.23	0.99	0.84	0.05	0.00	291.96
	P ₂ O ₅	-29.92	13.90	-0.16	-2.15	0.05	-59.95	0.11	0.49	-0.51	-0.02	0.01	71.26
	Hg	1.37	11.74	0.01	0.12	0.91	-23.99	26.72	0.51	0.03	0.00	0.02	51.77
	Yb	13.11	11.49	0.04	1.14	0.28	-11.73	37.94	-0.10	0.30	0.01	0.06	17.53
	Co	-15.01	17.41	-0.04	-0.86	0.40	-52.63	22.61	-0.17	-0.23	-0.01	0.03	33.82
	ZnO	-0.13	0.06	-0.13	-2.36	0.04	-0.25	-0.01	0.23	-0.55	-0.02	0.03	38.94
	Ir	33.15	18.97	0.10	1.75	0.10	-7.84	74.14	0.27	0.44	0.02	0.02	48.67
	SiO ₂	-0.05	0.04	-0.08	-1.32	0.21	-0.12	0.03	-0.28	-0.34	-0.01	0.02	52.64
	Al ₂ O ₃	-0.05	0.05	-0.05	-1.11	0.29	-0.15	0.05	-0.30	-0.29	-0.01	0.04	24.29
	TiO ₂	1.16	1.02	0.03	1.14	0.28	-1.05	3.38	-0.30	0.30	0.01	0.08	12.27
	Na	0.01	0.06	0.01	0.23	0.82	-0.12	0.15	0.86	0.06	0.00	0.08	12.60
	Zr	-0.89	1.96	-0.01	-0.45	0.66	-5.11	3.34	-0.36	-0.13	0.00	0.10	10.43
	CaO	-0.04	0.03	-0.12	-1.55	0.15	-0.09	0.02	-0.25	-0.39	-0.01	0.01	75.73
	Tb	-4.00	3.58	-0.03	-1.12	0.29	-11.73	3.74	-0.31	-0.30	-0.01	0.14	7.32
	Cl	19.82	19.09	0.04	1.04	0.32	-21.43	61.06	0.01	0.28	0.01	0.05	21.52
	Fe ₂ O ₃	-0.04	0.03	-0.04	-1.41	0.18	-0.10	0.02	0.04	-0.37	-0.01	0.11	9.09
	Sr	3.51	6.21	0.01	0.57	0.58	-9.91	16.93	-0.09	0.16	0.01	0.25	3.95
a. Bağımlı değişken: PbO													
b. Tahminciler: (Sabit), Sr, Bi, Cl, Yb, Ir, Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , Zr, Tb, Na, SiO ₂ , ZnO, Co, P ₂ O ₅ , Al ₂ O ₃ , Hg, CaO, Pt													

Çizelge 4.14'e bakıldığında %5 anlamlılık seviyesinde sadece modele dahil edilen değişkenlerden Bi, P_2O_5 ve ZnO anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Çizelgede sabit terim 3.221 olarak bulunmuştur. Buradan çıkarılan anlam modele dahil edilen sabit değişkenler 0 bile olsa Erva maden ocağında %3.22'lik bir PbO tenörü elde etmek mümkündür. PbO ile doğru orantılı olarak azalacak %5 anlamlılık seviyesinde çıkan değişken Bi'dur. Bi'daki 1 birim artış toplam PbO miktarını 193.865 birim arttırmaktadır. PbO ile ters orantılı olarak azalacak %5 anlamlılık seviyesinde çıkan değişkenler P_2O_5 ve ZnO'dur. ZnO'daki 1 birim artış toplam PbO miktarını 0.129 birim azaltmaktadır. P_2O_5 'teki 1 birim artış toplam PbO miktarını 29.923 birim azaltmaktadır. Çizelgeden çoklu bağlantının olduğu tespit edilmiştir.

Erva maden ocağının faktör analizi çizgi grafiği Şekil 4.15'te, açıklanan toplam varyans Çizelge 4.16, döndürülmüş faktör matrisi Çizelge 4.17'da ve temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15. Erva maden ocağı faktör analizi çizgi grafiği

Şekil 4.11'e bakıldığında, grafikte beşinci faktörden itibaren çizgi grafiğinin eğiminin önemli bir ölçüde kaybolmaya başladığı ve 0'a yaklaştığı görülmektedir. Bu nedenle faktör sayısı 5 olarak yorumlanabilir.

Çizelge 4.15'e bakıldığında, Erva maden ocağı jeokimyasal verilerinin özdeğer istatistiği 1'den büyük olan 5 faktör etrafında toplandığı görülmektedir. Birinci faktör, toplam varyansın %24.330'unu; birinci ve ikinci faktörler, toplam varyansın %48.332'sini; birinci, ikinci ve üçüncü faktörler, toplam varyansın %63.970'ini; birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü faktörler, toplam varyansın %77.850'sini; birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci faktörler, %90.932'sini açıklamaktadır.

Çizelge 4.16'e bakıldığında, Erva maden ocağı jeokimyasal değişkenleri için 0.5'in altında bir ortak varyans verisi bulunmamaktadır. Buradan faktör analizi için kullanılan değişkenlerin gerekliliği ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.15. Erva maden ocağı özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı

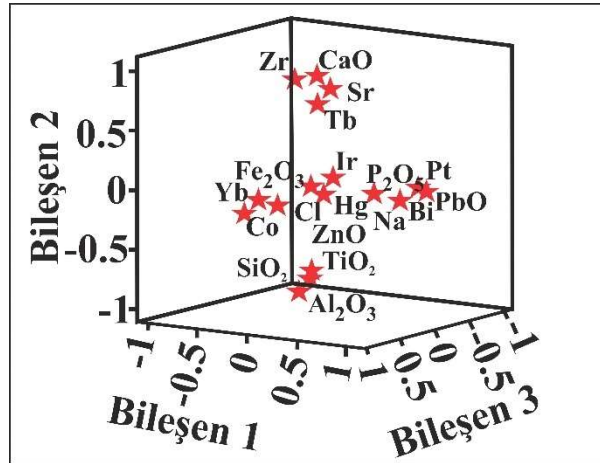
Açıklanan Toplam Varyans									
Bileşen	İlk Özdeğerler			Karesel Yüklemelerin Çıkarma Toplamları			Karesel Yüklemelerin Dönme Toplamları		
	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %
1	5.802	30.535	30.535	5.802	30.535	30.535	4.623	24.330	24.330
2	4.642	24.429	54.964	4.642	24.429	54.964	4.560	24.001	48.332
3	3.686	19.399	74.362	3.686	19.399	74.362	2.971	15.639	63.970
4	1.949	10.258	84.621	1.949	10.258	84.621	2.637	13.880	77.850
5	1.199	6.311	90.932	1.199	6.311	90.932	2.486	13.082	90.932
6	0.422	2.221	93.153						
7	0.371	1.953	95.106						
8	0.273	1.435	96.541						
9	0.186	0.981	97.522						
10	0.136	0.717	98.239						
11	0.111	0.585	98.825						
12	0.070	0.368	99.193						
13	0.058	0.308	99.500						
14	0.039	0.206	99.706						
15	0.035	0.186	99.892						
16	0.013	0.069	99.961						
17	0.005	0.026	99.987						
18	0.002	0.010	99.997						
19	0.001	0.003	100						
Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi.									

Çizelge 4.17'e bakıldığında mutlak değer olarak en büyük ağırlığını, birinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: PbO, Bi, Pt, Na; ikinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: SiO₂, Al₂O₃, CaO, Zr, TiO₂, Sr, Tb; üçüncü faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: Co, Yb, Fe₂O₃; dördüncü faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: Cl, Hg, P₂O₅; beşinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: ZnO, Ir.

Çizelge 4.16. Erva maden ocağı ortak varyans çizelgesi

Topluluklar		
	İlk	Çıkarma
PbO	1.000	0.983
Pt	1.000	0.966
Bi	1.000	0.985
P ₂ O ₅	1.000	0.953
Hg	1.000	0.969
Yb	1.000	0.857
Co	1.000	0.950
ZnO	1.000	0.947
Ir	1.000	0.936
SiO ₂	1.000	0.944
Al ₂ O ₃	1.000	0.932
TiO ₂	1.000	0.870
Na	1.000	0.901
Zr	1.000	0.897
CaO	1.000	0.931
Tb	1.000	0.813
Cl	1.000	0.955
Fe ₂ O ₃	1.000	0.774
Sr	1.000	0.714

Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi.



Şekil 4.16. Erva maden ocağı temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği

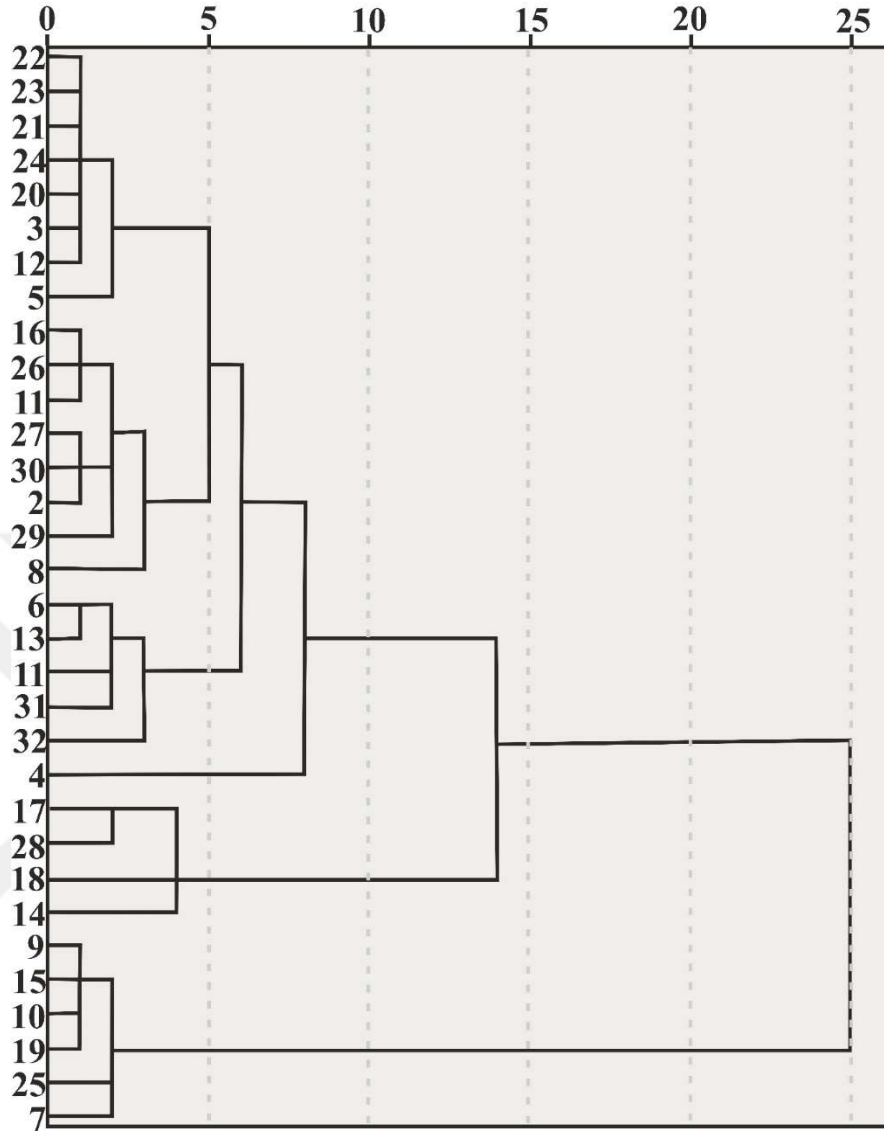
Çizelge 4.17. Erva maden ocağı döndürülmüş faktör matrisi

Döndürülmüş Faktör Matrisi^a					
	Bileşen				
	1	2	3	4	5
PbO	0.979	0.020	-0.067	0.100	0.096
Bi	0.967	0.012	-0.087	0.205	0.029
Pt	0.954	0.063	-0.013	0.138	0.179
Na	0.851	-0.039	0.134	0.134	0.372
SiO₂	-0.273	-0.926	-0.032	0.055	-0.087
Al₂O₃	-0.277	-0.864	-0.183	-0.093	-0.258
CaO	-0.266	0.851	-0.278	-0.035	-0.240
Zr	-0.429	0.815	-0.203	0.041	0.081
TiO₂	-0.318	-0.784	-0.280	0.122	-0.249
Sr	-0.094	0.748	-0.232	-0.121	-0.278
Tb	-0.305	0.596	-0.351	-0.100	-0.482
Co	-0.142	-0.104	0.936	0.001	0.207
Yb	-0.060	-0.040	0.921	0.008	0.055
Fe₂O₃	0.105	-0.038	0.843	-0.112	0.194
Cl	-0.096	-0.045	0.024	0.971	0.024
Hg	0.428	-0.057	-0.086	0.880	-0.024
P₂O₅	0.436	-0.057	-0.071	0.857	-0.139
ZnO	0.168	-0.023	0.248	0.032	0.925
Ir	0.198	0.104	0.150	-0.170	0.914
Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi. Döndürme Yöntemi: Kaiser Normalleştirilmeli Varimax.					
a. Döndürme 6 yinelemede birleşti.					

Erva maden ocağının jeokimyasal değişkenlerinin temel bileşenler grafiğine bakıldığında şekil üç boyutlu olacak şekilde çıkmıştır. Buradan faktör sayısının en az 3 olduğu tespit edilmiştir. Birbirine yakın konumda bulunan değişkenlerin aynı faktör altında en yüksek ağırlıkta bulunup, o faktör ile arasında korelasyon katsayısının yüksek olduğu yorumlanabilir.

Erva maden ocağının numuneleri için tercih edilen bağlantı yöntemi, ortalama bağlantı yöntemidir (Şekil 4.17).

Ortalama bağlantıyı kullanan dendrogram (Gruplar Arası)



Şekil 4.17. Erva maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi

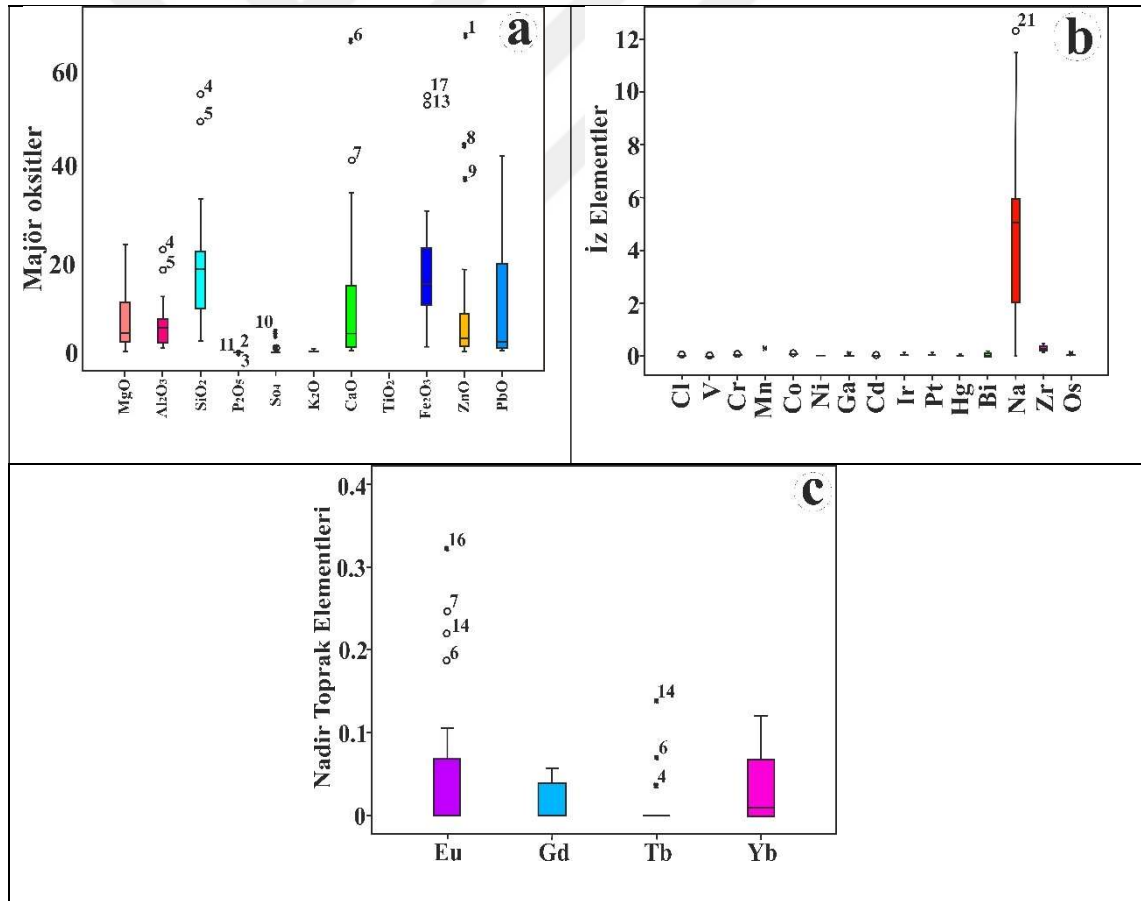
Erva maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi değerlendirildiğinde başlıca yedi gruba ayrılmıştır. Numune kodlarıyla gruplar aşağıda sıralanmıştır:

1. Grup: 22-23-21-24-20-3-12. Bu gruba dışarıdan 24. numune ile benzerliğinden dolayı 5. numune bağlanmıştır; 2. Grup: 16-26-11. Bu gruba dışarıdan 26. numune ile benzerliğinden dolayı 29. numune bağlanmıştır; 3. Grup: 27-30-2. Bu gruba dışarıdan 27. numune ile benzerliğinden dolayı 8. numune bağlanmıştır. Bu gruba dışarıdan 2. numune ile benzerliğinden dolayı 4. numune bağlanmıştır; 4. Grup: 6-13. Bu gruba dışarıdan 13. numune ile benzerliğinden dolayı 32. ve 18. numuneler bağlanmıştır; 5. Grup: 11-31; 6. Grup: 17-28. Bu gruba dışarıdan 17. numune ile benzerliğinden dolayı 14. numune bağlanmıştır; 7. Grup: 9-15-10-19. Bu gruba dışarıdan 15. numune ile benzerliğinden dolayı 25. ve 7. numuneler bağlanmıştır.

4.2.3. Almıla maden ocağı X-Işınları Floresans (XRF) Spektrometresi analizinin istatistiksel yorumlamaları

Almıla maden ocağından derlenen 21 adet numunenin bazı önemli betimsel istatistiksel değerleri (aritmetik ortalama, medyan, mod, standart sapma, varyans, değişim aralığı, minimum, maksimum) Çizelge 4.18’de verilmiştir. Majör oksit değerlerinin % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: SiO_2 (18.5971) > Fe_2O_3 (17.7429) > CaO (12.1548) > PbO (11.0393) > ZnO (10.8869) > MgO (6.8329) > Al_2O_3 (6.2576) > SO_4 (0.7173) TiO_2 (0.3096) > K_2O (0.2994) > P_2O_5 (0.0145). İz elementlerin % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: Na (5.0915) > Zr (0.2813) > Bi (0.482) > Ir (0.0377) > Co (0.0375) > Mn (0.0352) > Cr (0.0317) > Pt (0.0305) > Hg (0.0215) > Ga (0.0153) > Cl (0.0196) > Os (0.0149) > Cd (0.0124) > Ni (0.0087) > V (0.0085). Nadir toprak elementleri ise % cinsinden büyükten küçüğe sıralanışı şu şekildedir: Eu (0.0616) > Yb (0.0322) > Gd (0.0148) > Tb (0.0117).

Almıla maden ocağı numunelerinin, ortalamadan sapan değerlerinin tespiti amacıyla kullanılan kutu diyagramı Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18. Almıla maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının kutu diyagramları a) Majör oksitler; b) İz elementler; c) Nadir toprak elementleri

Çizelge 4.18. Almıla maden ocağı kimyasal analiz sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri

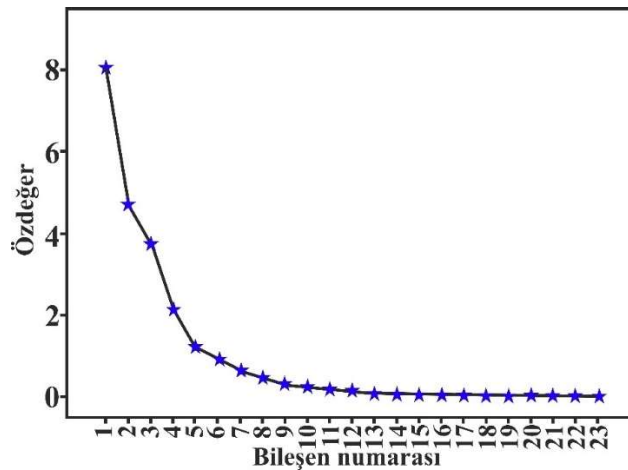
	Aritmetik Ortalama	Medyan	Mod	Standart Sapma	Varyans	Değişim Aralığı	Minimum	Maksimum
Cl	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.07	0.00	0.07
V	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.04
Cr	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	0.10	0.00	0.10
Mn	0.04	0.00	0.00	0.08	0.01	0.28	0.00	0.28
Co	0.04	0.02	0.00	0.04	0.00	0.13	0.00	0.13
Ni	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.04
Ga	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	0.00	0.10
Cd	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.10	0.00	0.10
Ir	0.04	0.03	0.00	0.04	0.00	0.14	0.00	0.14
Pt	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.12	0.00	0.12
Hg	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.09
Bi	0.05	0.01	0.00	0.07	0.00	0.19	0.00	0.19
MgO	6.82	4.20	10.70	6.26	39.14	22.74	0.26	23.00
Al ₂ O ₃	6.26	5.43	1.140 ^a	5.36	28.70	20.96	1.14	22.10
SiO ₂	18.60	17.80	14.10 ^a	13.67	186.91	52.70	2.60	55.30
P ₂ O ₅	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.20	0.00	0.20
SO ₄	0.72	0.00	0.00	1.49	2.21	4.39	0.00	4.39
K ₂ O	0.30	0.27	0.06 ^a	0.21	0.05	0.70	0.06	0.76
CaO	12.15	4.11	0.42 ^a	17.31	299.48	65.67	0.43	66.10
TiO ₂	0.31	0.27	0.00	0.23	0.05	0.80	0.00	0.80
Fe ₂ O ₃	17.74	14.70	1.31 ^a	14.19	201.41	53.59	1.31	54.90
ZnO	10.89	3.10	0.34 ^a	17.58	308.99	67.36	0.34	67.70
PbO	11.04	2.30	0.39 ^a	14.23	202.52	41.70	0.40	42.10
Na	5.09	5.07	0.00	3.82	14.62	12.30	0.00	12.30
Zr	0.28	0.26	0.14 ^a	0.09	0.01	0.34	0.14	0.48
Os	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.13	0.00	0.13
Eu	0.06	0.00	0.00	0.10	0.01	0.32	0.00	0.32
Gd	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.06
Tb	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.14	0.00	0.14
Yb	0.03	0.01	0.00	0.04	0.00	0.12	0.00	0.12
LOI	9.19	4.13	0.00 ^a	10.70	114.55	38.30	0.00	38.30
a. Çoklu mod değeri mevcuttur ve en küçük değer çizelgede verilmiştir.								

Ortalamadan sapan değerlerin belirlenmesi amacıyla yapılan kutu diyagramlarına göre çıkarılan önemli sonuçlar şu şekildedir: Majör elementler için bakıldığında, Al₂O₃, %0-20 arasında değer almaktadır, 4 ve 5 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; SiO₂, %0-40 arasında değer almaktadır, 4 ve 5 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; CaO, %0-20 arasında değer almaktadır, 6 ve 7 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; Fe₂O₃, %0-40 arasında değer almaktadır, 13 ve 17

numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; ZnO, 0-20 arasında değer almaktadır, 1, 8 ve 9 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır. İz elementler için bakıldığında, Na, %2-8 arasında değer almaktadır, 21 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır. Nadir toprak elementleri için bakıldığında, Eu, %0-0.1 arasında değer almaktadır, 6, 14, 7 ve 16 numaralı örnekler ortalamadan yüksek değer almıştır; Tb, %0-0.1 arasında değer almaktadır, 14 numaralı örnek ortalamadan yüksek değer almıştır.

Almila maden ocağı numunelerinin jeokimyasal analiz verilerinin aralarındaki pozitif/negatif çok yüksek, yüksek ve orta ilişkiler korelasyon analiziyle ortaya çıkarılmıştır (EK-2).

Jeokimyasal ilişkiler incelendiğinde aralarında yüksek mertebeden çok yüksek dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: Bi-PbO (0.993**), ZnO-Os (0.975**), Hg-PbO (0.968**), Pt-Bi (0.965**), Pt-PbO (0.962**), Hg-Bi (0.952**), Pt-Hg (0.916**), SiO₂-TiO₂ (0.903**). Yüksek mertebeden yüksek dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: Cr-TiO₂ (0.882**), Co-Yb (0.881**), Co-Fe₂O₃ (0.864**), Cr-SiO₂ (0.857**), Al₂O₃-K₂O (0.844**), Co-Ga (0.840**), Cd-ZnO (0.829**), Al₂O₃-SiO₂ (0.820**), Cl-MgO (0.819**), Ni-Al₂O₃ (0.814**), Cd-Os (0.811**). Yüksek mertebeden orta dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: CaO-Eu (0.777**), Ni-K₂O (0.767**), Cr-Al₂O₃ (0.758**), Ga-Fe₂O₃ (0.743**), V-K₂O (0.741**), V-Al₂O₃ (0.727**), Mn-Eu (0.707**). Yüksek mertebeden orta dereceden negatif korelasyon ilişkisi bulunan elementler şöyle sıralanmaktadır: Cl-Bi (-0.701**). Almila maden ocağının faktör analizi çizgi grafiği Şekil 4.19'da açıklanan toplam varyans Çizelge 4.19, ortak varyanslar Çizelge 4.20, döndürülmüş faktör matrisi Çizelge 4.21'de ve temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.19. Almila maden ocağı faktör analizi çizgi grafiği

Şekil 4.19'a bakıldığında, grafikte beşinci faktörden itibaren çizgi grafiğinin eğiminin önemli bir ölçüde kaybolmaya başladığı ve 0'a yaklaştığı görülmektedir. Bu nedenle faktör sayısı 5 olarak yorumlanabilir.

Çizelge 4.19. Almıla maden ocağı özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı

Açıklanan Toplam Varyans									
Bileşen	İlk Özdeğerler			Karesel Yüklemelerin Çıkarma Toplamları			Karesel Yüklemelerin Dönme Toplamları		
	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %
1	8.051	35.004	35.004	8.051	35.004	35.004	5.141	22.354	22.354
2	4.713	20.490	55.494	4.713	20.490	55.494	4.942	21.487	43.841
3	3.736	16.244	71.738	3.736	16.244	71.738	3.685	16.020	59.861
4	2.171	9.439	81.177	2.171	9.439	81.177	3.177	13.813	73.674
5	1.195	5.194	86.371	1.195	5.194	86.371	2.920	12.697	86.371
6	0.916	3.985	90.356						
7	0.650	2.825	93.181						
8	0.468	2.036	95.217						
9	0.308	1.339	96.556						
10	0.257	1.117	97.673						
11	0.193	0.839	98.512						
12	0.147	0.640	99.153						
13	0.069	0.301	99.454						
14	0.048	0.208	99.662						
15	0.041	0.179	99.841						
16	0.015	0.064	99.905						
17	0.011	0.046	99.951						
18	0.006	0.025	99.976						
19	0.004	0.016	99.993						
20	0.002	0.007	100						
21	0	0	100						
22	-0	0	100						
23	-0	0	100						
Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi.									

Çizelge 4.19'a bakıldığında, Almıla maden ocağı jeokimyasal verilerinin özdeğer istatistiği 1'den büyük olan 5 faktör etrafında toplandığı görülmektedir. Birinci faktör, toplam varyansın %22.354'unu; birinci ve ikinci faktörler, toplam varyansın %43.841'sini; birinci, ikinci ve üçüncü faktörler, toplam varyansın %59.861'ini; birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü faktörler, toplam varyansın %73.674'sini; birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci faktörler, %86.371'sini açıklamaktadır.

Çizelge 4.20. Almıla maden ocağı ortak varyans çizelgesi

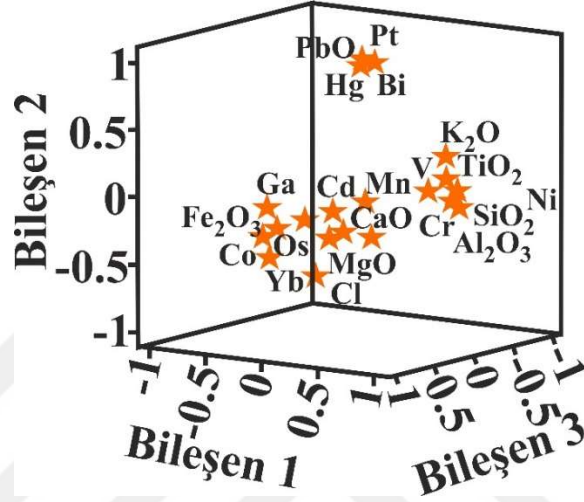
Topluluklar		
	İlk	Çıkarma
Bi	1.000	0.978
PbO	1.000	0.979
Os	1.000	0.950
ZnO	1.000	0.962
Hg	1.000	0.934
Pt	1.000	0.948
SiO₂	1.000	0.940
TiO₂	1.000	0.835
Cr	1.000	0.792
Co	1.000	0.970
Yb	1.000	0.854
K₂O	1.000	0.888
Al₂O₃	1.000	0.914
Ga	1.000	0.830
Cd	1.000	0.888
Cl	1.000	0.826
MgO	1.000	0.731
Ni	1.000	0.739
Eu	1.000	0.872
CaO	1.000	0.723
Fe₂O₃	1.000	0.853
V	1.000	0.768
Mn	1.000	0.692
Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi.		

Çizelge 4.20'e bakıldığında, Almıla maden ocağı jeokimyasal değişkenleri için 0.5'in altında bir ortak varyans verisi bulunmamaktadır. Buradan faktör analizi için kullanılan değişkenlerin gerekliliği ortaya konulmuştur.

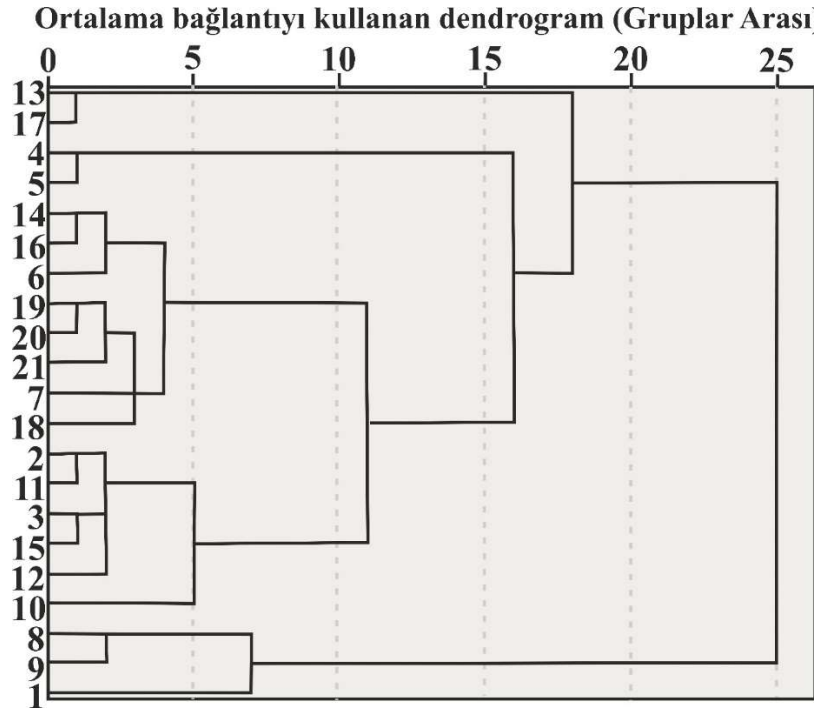
Çizelge 4.21'e bakıldığında mutlak değer olarak en büyük ağırlığını, birinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: Al₂O₃, K₂O, Ni, V, SiO₂, Cr, TiO₂; ikinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: PbO, Hg, Bi, Pt, Cl; üçüncü faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: Co, Fe₂O₃, Ga, Yb; dördüncü faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: Cd, Os, ZnO; beşinci faktör altında alan jeokimyasal değişkenler şu şekilde sıralanmaktadır: Mn, Eu, CaO, MgO.

Almila maden ocağının jeokimyasal değişkenlerinin temel bileşenler grafiğine bakıldığında şekil üç boyutlu olacak şekilde çıkmıştır. Buradan faktör sayısının en az 3 olduğu tespit edilmiştir. Birbirine yakın konumda bulunan değişkenlerin aynı faktör altında en yüksek ağırlıkta bulunup, o faktör ile arasında korelasyon katsayısının yüksek olduğu yorumlanabilir.

Almila numuneleri için tercih edilen bağlantı yöntemi, ortalama bağlantı yöntemidir (Şekil 4.21).



Şekil 4.20. Almila maden ocağı temel bileşenler matrisi (PCA) grafiği



Şekil 4.21. Almila maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi

Çizelge 4.21. Almıla maden ocağı döndürülmüş faktör matrisi

Döndürülmüş Faktör Matrisi ^a					
	Bileşen				
	1	2	3	4	5
Al₂O₃	0.936	-0.092	-0.060	-0.147	-0.071
K₂O	0.857	0.366	0.029	-0.132	0.044
Ni	0.826	-0.060	-0.184	-0.113	0.081
V	0.821	0.122	0.240	0.055	0.136
SiO₂	0.809	0.023	-0.281	-0.270	-0.364
Cr	0.791	0.005	-0.222	-0.225	-0.257
TiO₂	0.658	0.129	-0.359	-0.372	-0.343
PbO	0.013	0.951	-0.133	-0.160	-0.174
Hg	0.016	0.939	-0.106	-0.147	-0.137
Bi	0.042	0.930	-0.206	-0.164	-0.206
Pt	0.039	0.925	-0.146	-0.237	-0.115
Cl	-0.240	-0.647	0.082	-0.054	0.583
Co	-0.134	-0.215	0.926	0.142	-0.171
Fe₂O₃	-0.026	-0.158	0.905	0.091	0.029
Ga	-0.121	0.001	0.874	-0.115	-0.194
Yb	-0.202	-0.397	0.701	0.330	-0.233
Cd	-0.184	-0.181	-0.046	0.897	0.118
Os	-0.259	-0.204	0.135	0.887	-0.190
ZnO	-0.290	-0.234	0.174	0.875	-0.162
Mn	0.065	-0.079	-0.095	0.075	0.817
Eu	-0.043	-0.416	-0.353	-0.120	0.747
CaO	-0.271	-0.356	-0.320	-0.239	0.603
MgO	-0.250	-0.418	-0.115	-0.376	0.583
Ekstraksiyon Yöntemi: Temel Bileşen Analizi. Döndürme Yöntemi: Kaiser Normalleştirilmeli Varimax.					
a. Döndürme 6 yinelemede birleşti.					

Almıla maden ocağı hiyerarşik kümeleme analizi değerlendirildiğinde başlıca yedi gruba ayrılmıştır. Numune kodlarıyla gruplar aşağıda sıralanmıştır:

1. Grup: 13-17; 2. Grup: 4-5; 3. Grup: 14-16. Bu gruba dışarıdan 14. numune ile benzerliğinden dolayı 6. numune bağlanmıştır. Bu gruba dışarıdan 16. numune ile benzerliğinden dolayı 7. ve 18. numuneler bağlanmıştır; 4. Grup: 19-20. Bu gruba dışarıdan 19. numune ile benzerliğinden dolayı 21. numune bağlanmıştır; 5. Grup: 2-11. Bu gruba dışarıdan 2. numune ile benzerliğinden dolayı 12. numune bağlanmıştır. Bu gruba dışarıdan 11. numune ile benzerliğinden dolayı 10. numune bağlanmıştır; 6. Grup: 3-15. Bu gruba dışarıdan 3. numune ile benzerliğinden dolayı 12. numune bağlanmıştır; 7. Grup: 8-9. Bu gruba dışarıdan 8. numune ile benzerliğinden dolayı 1. numune bağlanmıştır.

4.3. ICP-MS Analizi Sonuçları

14.3.1. Zengan maden ocağı ICP-MS analizi

Zengan maden ocağı için seçilen 8 adet Pb-Zn örneğinin, nadir toprak elementlerinin ve bazı iz elementlerinin çözülmesi ICP-MS analizi yapılmıştır ve sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Erişilen sonuçlardan elementlerin bolluk sıralaması şu şekilde bulunmuştur: Pb > Ba > As > Cd > Sr > Ni > Cr > Ga > V > Cu > Zr > Mo > Rb > Sb > Ce > Y > Co > Nd > Sc > Ge > La > U > Eu > Ti > Nb > Cs > Th > Tb > Pr > In > Dy > Be > Er > Sm > Yb > Ta > Gd > Ho > Hf > Lu > Tm. Σ REE, Σ LREE, Σ HREE ve Σ HREE değerleri ve bu sonuçlara ait betimsel istatistik değerleri Çizelge 4.23’te verilmiştir. Σ NTE, Σ HNTE, Σ ANTE, Σ HNTE/ Σ ANTE değerleri ise Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Çizelge 4.22. Zengan maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm)

	Z30	Zengan 45 katı bordo	Zengan 45 katı karstik	Z24	Z16b	Z13	Z12	Zengan fay boşluğu göktepe
Pb	>5000 0	26848.1	1250.1	3106. 6	1004. 2	466.9	1827. 1	34854.9
Ba	15.2	269.0	27.6	100.9	102.2	30.5	59.7	11181.2
As	144.2	266.0	42.1	880.8	46.5	36.1	150.7	2514.3
Cd	244.9	42.4	347.1	383.1	144.7	1049. 9	406.1	301.8
Sr	172.5	23.1	11.1	25.2	13.3	6.4	21.8	708.8
Ni	30.4	24.0	53.0	51.5	53.1	28.0	41.2	18.0
Cr	49.9	56.4	48.5	29.1	29.2	20.1	32.0	21.8
Ga	5.3	63.4	48.6	5.0	6.1	2.5	6.8	114.6
V	46.0	32.9	42.5	18.3	21.4	9.5	22.2	13.5
Cu	19.2	9.6	24.9	11.8	4.1	2.8	4.1	15.9
Zr	4.8	16.8	13.4	4.7	10.9	3.8	14.3	5.5
Mo	21.1	19.5	3.6	3.4	7.3	2.1	5.0	7.6
Rb	4.2	10.7	11.9	4.2	11.1	3.8	13.9	3.6
Sb	5.2	6.9	0.8	0.8	3.0	<0.1	2.1	34.9
Ce	1.9	4.5	8.5	2.1	3.8	14.5	9.8	2.6
Y	3.8	4.1	7.0	2.0	3.8	10.2	6.5	4.9
Co	3.0	2.4	4.8	2.5	5.2	3.7	4.2	2.1
Nd	1.8	2.7	4.8	1.4	2.7	6.7	4.0	2.6
Sc	2.6	5.0	8.0	1.6	3.3	0.9	3.2	1.9
Ge	<0.1	6.4	0.5	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	14.2
La	1.6	2.3	2.6	1.2	1.9	6.1	3.7	2.0
U	1.8	4.2	7.1	0.9	3.6	0.4	1.6	1.8
Eu	0.4	1.1	1.3	0.5	0.9	1.2	0.9	10.1
Ti	0.3	0.8	1.0	1.0	2.0	0.4	2.2	7.6
Nb	0.6	1.9	1.8	0.8	1.4	0.6	2.1	0.9
Cs	0.2	0.7	1.8	0.5	1.4	0.5	2.0	0.2
Th	0.2	1.7	3.1	0.3	0.5	0.2	0.8	0.4

Çizelge 4.22 (devamı). Zengan maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm)

Tb	0.4	0.7	1.4	0.3	0.7	1.6	0.9	0.7
Pr	0.4	0.6	1.0	0.4	0.6	1.7	1.1	0.6
In	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	4.9
Dy	0.4	0.6	1.2	0.3	0.6	1.1	0.7	0.6
Be	0.1	0.4	2.3	< 0.1	0.4	< 0.1	0.2	< 0.1
Er	0.2	0.3	0.6	0.1	0.3	0.6	0.4	0.3
Sm	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	1.4
Yb	0.2	0.2	0.4	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2
Ta	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Gd	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Ho	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Hf	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Lu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Tm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Çizelge 4.23. Zengan maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm)

	Aritmetik Ortalama	Medyan	Mod	Standart Sapma	Varyans	Değişim aralığı
Pb	14919.61	2466.85	467 ^a	19532.52	381519449.15	49533.10
Ba	1473.29	80.30	15.20 ^a	3923.43	15393299.82	11166.00
As	510.09	147.45	36.10 ^a	856.53	733642.44	2478.20
Cd	365.00	324.45	42.40 ^a	302.95	91778.05	1007.50
Sr	122.78	22.45	6.40 ^a	243.06	59078.43	702.40
Ni	37.40	35.80	18.00 ^a	14.12	199.48	35.10
Cr	35.88	30.60	20.10 ^a	13.78	189.97	36.30
Ga	31.54	6.45	2.50 ^a	40.88	1671.51	112.10
V	25.79	21.80	9.50 ^a	13.33	177.56	36.50
Cu	11.55	10.70	4.10	7.99	63.87	22.10
Zr	9.28	8.20	3.80 ^a	5.17	26.67	13.00
Mo	8.70	6.15	2.10 ^a	7.42	54.99	19.00
Rb	7.93	7.45	4.20	4.36	18.97	10.30
Sb	6.71	2.55	0.80	11.63	135.27	34.90
Ce	5.96	4.15	1.90 ^a	4.53	20.51	12.60
Y	5.29	4.50	3.80	2.55	6.48	8.20
Co	3.49	3.35	2.10 ^a	1.17	1.36	3.10
Nd	3.34	2.70	2.70	1.75	3.05	5.30
Sc	3.31	2.90	.90 ^a	2.27	5.16	7.10
G	2.76	0.30	0.10	5.10	26.03	14.10
La	2.68	2.15	1.20 ^a	1.57	2.47	4.90
U	2.68	1.80	1.80	2.20	4.83	6.70
Eu	2.05	1.00	0.90	3.27	10.68	9.70
Ti	1.91	1.00	1.00	2.40	5.75	7.30
Nb	1.26	1.15	0.60	0.61	0.38	1.50
Cs	0.91	0.60	.20 ^a	0.72	0.52	1.80

Çizelge 4.23 (devamı). Zengan maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm)

Th	0.90	0.45	0.20	1.02	1.03	2.90
Tb	0.84	0.70	0.70	0.45	0.21	1.30
Pr	0.80	0.60	0.60	0.44	0.20	1.30
In	0.76	0.10	0.10	1.68	2.81	4.80
Dy	0.69	0.60	0.60	0.31	0.10	0.90
Be	0.43	0.15	0.00	0.78	0.60	2.30
Er	0.35	0.30	0.30	0.18	0.03	0.50
Sm	0.35	0.20	0.20	0.43	0.19	1.30
Yb	0.25	0.25	0.20 ^a	0.09	0.01	0.30
Ta	0.15	0.10	0.10	0.08	0.01	0.20
Gd	0.13	0.10	0.10	0.05	0.00	0.10
Ho	0.13	0.10	0.10	0.05	0.00	0.10
Hf	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Lu	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Tm	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00

a. Çoklu mod değeri mevcuttur ve en küçük değer çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.24. Zengan maden ocağı iz element verilerinin Σ NTE, Σ HNTE, Σ ANTE, Σ HNTE/ Σ ANTE değerleri

	Z30	Zengan 45 katı	Zengan 45 katı karstik	Z24	Z16b	Z13	Z12	Zengan fay boşluğu
Σ NTE	14.2	22.70	37.70	10.50	19.50	45.80	32.1	28.30
Σ ANTE	5.80	7.40	12.50	3.70	7.00	15.60	10	17.20
Σ HNTE	8.40	15.30	25.20	6.80	12.50	30.20	22	11.10
Σ HNTE/ Σ ANTE	1.44	2.06	2.01	1.83	1.78	1.93	2.17	0.64

4.3.2. Erva maden ocağı ICP-MS analizi

Erva maden ocağı için seçilen 3 adet kurşun-çinko örneğinin, nadir toprak elementlerinin ve bazı iz elementlerinin çözülmesi ICP-MS analizi yapılmıştır ve sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Erişilen sonuçlardan elementlerin bolluk sıralaması şu şekilde bulunmuştur: Pb > As > Sr > Ni > Cd > Cr > Cu > Ba > V > Zr > Co > Ga > Rb > Mo > Sb > Ce > Nb > Nd > La > Sc > Y > U > Eu > Pr > Cs > Tb > Ti > Ge > Th > Dy > Ta > In > Er > Sm > Gd > Ho > Yb. Σ REE, Σ LREE, Σ HREE ve Σ HREE değerleri ve bu sonuçlara ait betimsel istatistik değerleri Çizelge 4.26'da verilmiştir. Σ REE, Σ LREE, Σ HREE, Σ LREE/ Σ HREE değerleri ise Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Erva maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm)

	E53	E39	E42
Pb	>50000	>50000	>50000
As	2031	576.6	14651.4
Sr	456.2	151.6	123.6
Ni	99.1	60.2	242.6
Cd	42.3	243.2	39.8
Cr	117.9	50	154
Cu	47.9	99.8	38.7
Ba	48.5	30.8	106.4
V	66.6	19.7	62.4
Zr	6.7	2.8	44.8
Co	24.3	7.7	11
Ga	4.1	3.8	15.5
Rb	6.4	3.5	13.3
Mo	15.1	3.8	3.4
Sb	9.5	1.4	9.6
Ce	4.5	3.4	3.1
Nb	1.1	0.7	8.1
Nd	3.4	1.9	1.8
La	3.4	1.8	1.5
Sc	2.3	1.5	1.3
Y	2	1.2	1.1
U	1.8	1.1	1
Eu	0.7	0.7	0.6
Pr	0.8	0.5	0.4
Cs	0.3	0.7	0.7
Tb	0.6	0.4	0.3
Tl	0.7	0.2	0.2
Ge	<0.1	<0.1	0.8
Th	0.3	0.3	0.3
Dy	0.4	0.2	0.2
Ta	<0.1	<0.1	0.5
In	0.1	0.2	0.2
Er	0.2	0.1	0.1
Sm	0.2	0.1	0.1
Gd	0.1	0.1	<0.1
Ho	0.1	<0.1	<0.1
Yb	0.1	0.1	0.1

Çizelge 4.26. Erva maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm)

	Aritmetik Ortalama	Medyan	Mod	Standart Sapma	Varyans	Değişim aralığı
Pb	50000	50000	50000	0	0	0
As	5753.000	2031.000	576.600 ^a	7740.476	59914961.760	14074.800
Sr	243.800	151.600	123.600 ^a	184.476	34031.320	332.600
Ni	133.967	99.100	60.200 ^a	96.069	9229.203	182.400
Cd	108.433	42.300	39.800 ^a	116.718	13623.103	203.400
Cr	107.300	117.900	50.000 ^a	52.804	2788.270	104.000
Cu	62.133	47.900	38.700 ^a	32.943	1085.243	61.100
Ba	61.900	48.500	30.800 ^a	39.541	1563.510	75.600
V	49.567	62.400	19.700 ^a	25.950	673.423	46.900
Zr	18.100	6.700	2.800 ^a	23.205	538.470	42.000
Co	14.333	11.000	7.700 ^a	8.788	77.223	16.600
Ga	7.800	4.100	3.800 ^a	6.670	44.490	11.700
Rb	7.733	6.400	3.500 ^a	5.034	25.343	9.800
Mo	7.433	3.800	3.400 ^a	6.643	44.123	11.700
Sb	6.833	9.500	1.400 ^a	4.706	22.143	8.200
Ce	3.667	3.400	3.100 ^a	0.737	0.543	1.400
Nb	3.300	1.100	0.700 ^a	4.162	17.320	7.400
Nd	2.367	1.900	1.800 ^a	0.896	0.803	1.600
La	2.233	1.800	1.500 ^a	1.021	1.043	1.900
Sc	1.700	1.500	1.300 ^a	0.529	0.280	1.000
Y	1.433	1.200	1.100 ^a	0.493	0.243	0.900
U	1.300	1.100	1.000 ^a	0.436	0.190	0.800
Eu	0.667	0.700	0.700	0.058	0.003	0.100
Pr	0.567	0.500	0.400 ^a	0.208	0.043	0.400
Cs	0.567	0.700	0.700	0.231	0.053	0.400
Tb	0.433	0.400	0.300 ^a	0.153	0.023	0.300
Ti	0.367	0.200	0.200	0.289	0.083	0.500
G	0.333	0.100	0.100	0.404	0.163	0.700
Th	0.300	0.300	0.300	0	0	0
Dy	0.267	0.200	0.200	0.115	0.013	0.200
Ta	0.233	0.100	0.100	0.231	0.053	0.400
In	0.167	0.200	0.200	0.058	0.003	0.100
Er	0.133	0.100	0.100	0.058	0.003	0.100
Sm	0.133	0.100	0.100	0.058	0.003	0.100
Gd	0.100	0.100	0.100	0	0	0
Hf	0.100	0.100	0.100	0	0	0
Ho	0.100	0.100	0.100	0	0	0
Lu	0.100	0.100	0.100	0	0	0
Tm	0.100	0.100	0.100	0	0	0
Yb	0.100	0.100	0.100	0	0	0
Be	0.100	0.100	0.100	0	0	0
Bi	0.100	0.100	0.100	0	0	0

a. Çoklu mod değeri mevcuttur ve en küçük değer çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.27. Erva maden ocağı iz element verilerinin Σ NTE, Σ HNTE, Σ ANTE, Σ HNTE/ Σ ANTE değerleri

	Σ NTE	Σ HNTE	Σ ANTE	Σ HNTE/ Σ ANTE
E53	18.800	14.600	4.200	3.470
E39	12.100	9.200	2.900	3.170
E42	10.800	8.200	2.600	3.150

4.3.3. Almıla maden ocağı ICP-MS analizi

Almıla maden ocağı için seçilen 8 adet kurşun-çinko örneğinin, nadir toprak elementlerinin ve bazı iz elementlerinin çözülmesi ICP-MS analizi yapılmıştır ve sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. Erişilen sonuçlardan elementlerin bolluk sıralaması şu şekilde bulunmuştur: Pb > Cd > As > Ga > Cr > Ni > Ba > V > Mo > Sr > Zr > Cu > Co > Ge > Rb > Sb > U > Sc > Ce > Nb > Y > Nd > La > Th > Cs > Eu > Pr > Ti > Dy > In > Er > Gd > Hf > Ho > Lu > Sm > Tm > Yb > Ta. Σ REE, Σ LREE, Σ HREE ve Σ HREE değerleri ve bu sonuçlara ait betimsel istatistik değerleri Çizelge 4.29’da verilmiştir. Σ REE, Σ LREE, Σ HREE, Σ LREE/ Σ HREE değerleri ise Çizelge 4.30’da verilmiştir.

Çizelge 4.28. Almıla maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm)

	A8	A9	A11
Pb	17095.5	16949.5	>50000
Cd	234.9	229.8	9.2
As	144.2	22.3	227.7
Ga	1.1	5.1	242.2
Cr	28.7	61.1	126.1
Ni	48.5	97.5	51.7
Ba	9.9	16.9	144.1
V	8.1	38.7	52.7
Mo	7.9	10.2	61.9
Sr	12.5	11.5	42.1
Zr	4.0	5.1	14.1
Cu	2.6	8.0	12.4
Co	3.7	6.6	1.5
Ge	1.3	2.8	7.5
Rb	2.6	4.5	4.4
Sb	2.2	1.0	4.9
U	2.3	2.1	1.4
Sc	1.9	2.8	1.0
Ce	1.5	1.7	0.9
Nb	0.5	0.8	2.7
Y	1.2	1.7	0.5

Çizelge 28 (devamı). Almıla maden ocağı ICP-MS sonuçları (ppm)

Nd	0.9	1.0	0.4
La	0.7	0.9	0.6
Th	0.2	0.2	0.5
Cs	0.2	0.3	0.2
Eu	0.2	0.3	0.2
Pr	0.2	0.3	0.1
Tb	0.2	0.3	0.1
Tl	0.1	0.4	0.1
Dy	0.2	0.2	0.1
In	0.1	0.1	0.3
Er	0.1	0.1	0.1
Gd	0.1	0.1	0.1
Hf	0.1	0.1	0.1
Ho	0.1	0.1	0.1
Lu	0.1	0.1	0.1
Sm	0.1	0.1	0.1
Tm	0.1	0.1	0.1
Yb	0.1	0.1	0.1
Ta	0.1	0.1	0.1

Çizelge 4.29. Almıla maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm)

	Aritmetik Ortalama	Medyan	Mod	Standart Sapma	Varyans	Değişim aralığı
Pb	11348.33	16949.50	0.00 ^a	9828.22	96593831.00	17095.50
Cd	157.97	229.80	9.20 ^a	128.86	16605.14	225.70
As	131.40	144.20	22.30 ^a	103.30	10670.17	205.40
Ga	82.80	5.10	1.10 ^a	138.06	19060.27	241.10
Cr	71.97	61.10	28.70 ^a	49.60	2460.25	97.40
Ni	65.90	51.70	48.50 ^a	27.41	751.48	49.00
Ba	56.97	16.90	9.90 ^a	75.54	5706.41	134.20
V	33.17	38.70	8.10 ^a	22.81	520.25	44.60
Mo	26.67	10.20	7.90 ^a	30.53	932.36	54.00
Sr	22.03	12.50	11.50 ^a	17.39	302.25	30.60
Zr	7.73	5.10	4.00 ^a	5.54	30.70	10.10
Cu	7.67	8.00	2.60 ^a	4.91	24.09	9.80
Co	3.93	3.70	1.50 ^a	2.56	6.54	5.10
G	3.87	2.80	1.30 ^a	3.23	10.46	6.20
Rb	3.83	4.40	2.60 ^a	1.07	1.14	1.90
Sb	2.70	2.20	1.00 ^a	2.00	3.99	3.90

Çizelge 29 (devamı). Almıla maden ocağı ICP-MS sonuçlarının betimsel istatistiksel analizleri (ppm)

U	1.93	2.10	1.40 ^a	0.47	0.22	0.90
Sc	1.90	1.90	1.00 ^a	0.90	0.81	1.80
Ce	1.37	1.50	0.90 ^a	0.42	0.17	0.80
Nb	1.33	0.80	0.50 ^a	1.19	1.42	2.20
Y	1.13	1.20	0.50 ^a	0.60	0.36	1.20
Nd	0.77	0.90	0.40 ^a	0.32	0.10	0.60
La	0.73	0.70	0.60 ^a	0.15	0.02	0.30
Th	0.30	0.20	0.20	0.17	0.03	0.30
Cs	0.23	0.20	0.20	0.06	0.00	0.10
Eu	0.23	0.20	0.20	0.06	0.00	0.10
Pr	0.20	0.20	0.10 ^a	0.10	0.01	0.20
Tb	0.20	0.20	0.10 ^a	0.10	0.01	0.20
Ti	0.20	0.10	0.10	0.17	0.03	0.30
Dy	0.17	0.20	0.20	0.06	0.00	0.10
In	0.17	0.10	0.10	0.12	0.01	0.20
Er	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Gd	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Hf	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Ho	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Lu	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Sm	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Tm	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Yb	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
Ta	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
a. Çoklu mod değeri mevcuttur ve en küçük değer çizelgede verilmiştir.						

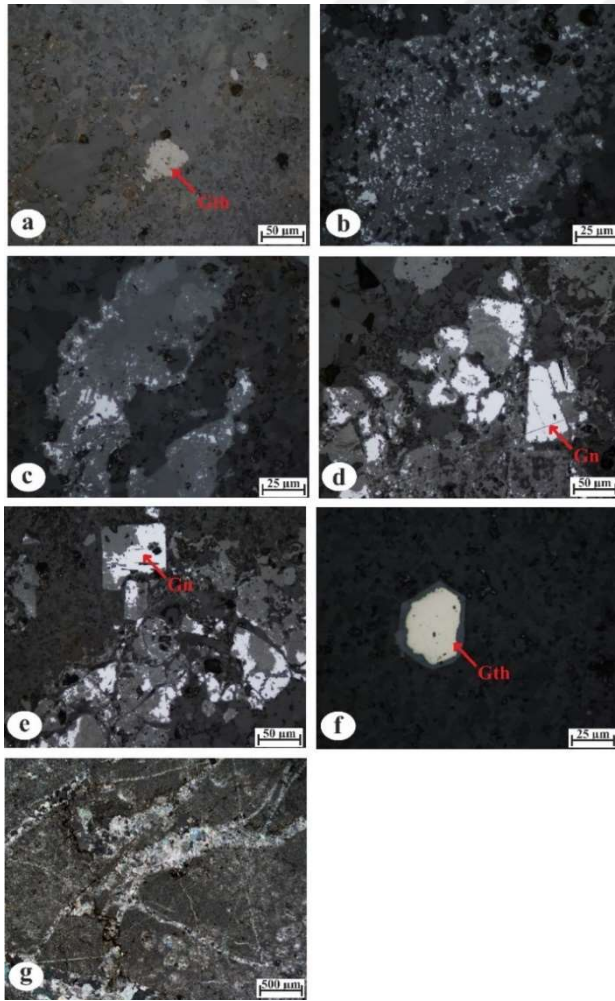
Çizelge 4.30. Almıla maden ocağı iz element verilerinin ΣREE , ΣLREE , ΣHREE , $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ değerleri

	A8	A9	A11
ΣNTE	7.700	9.900	4.600
ΣANTE	2.400	3.100	1.500
ΣHNTE	5.300	6.800	3.100
$\Sigma\text{HNTE}/\Sigma\text{ANTE}$	2.208	2.194	2.067

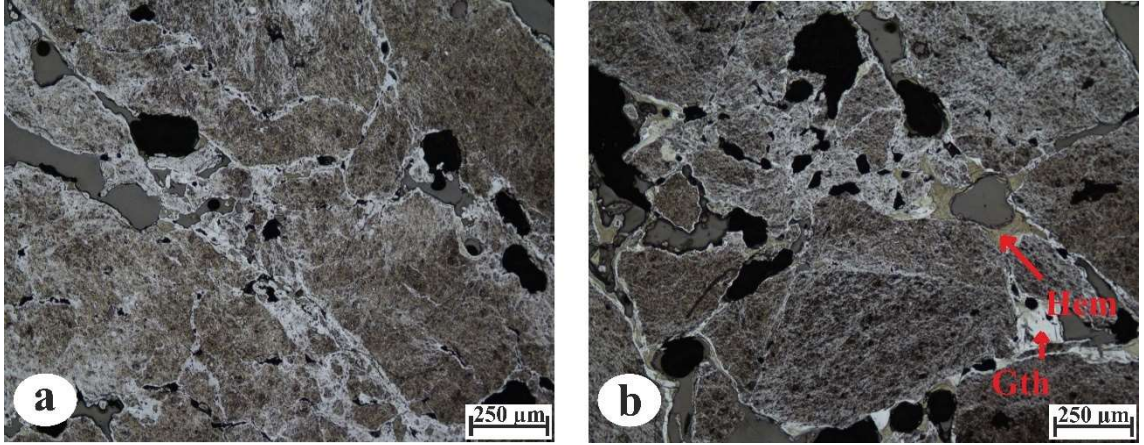
4.4. Yahyalı-Zamantı Maden Ocağı Örneklerinin Petrografisi

4.4.1. Zengan maden ocağı petrografisi

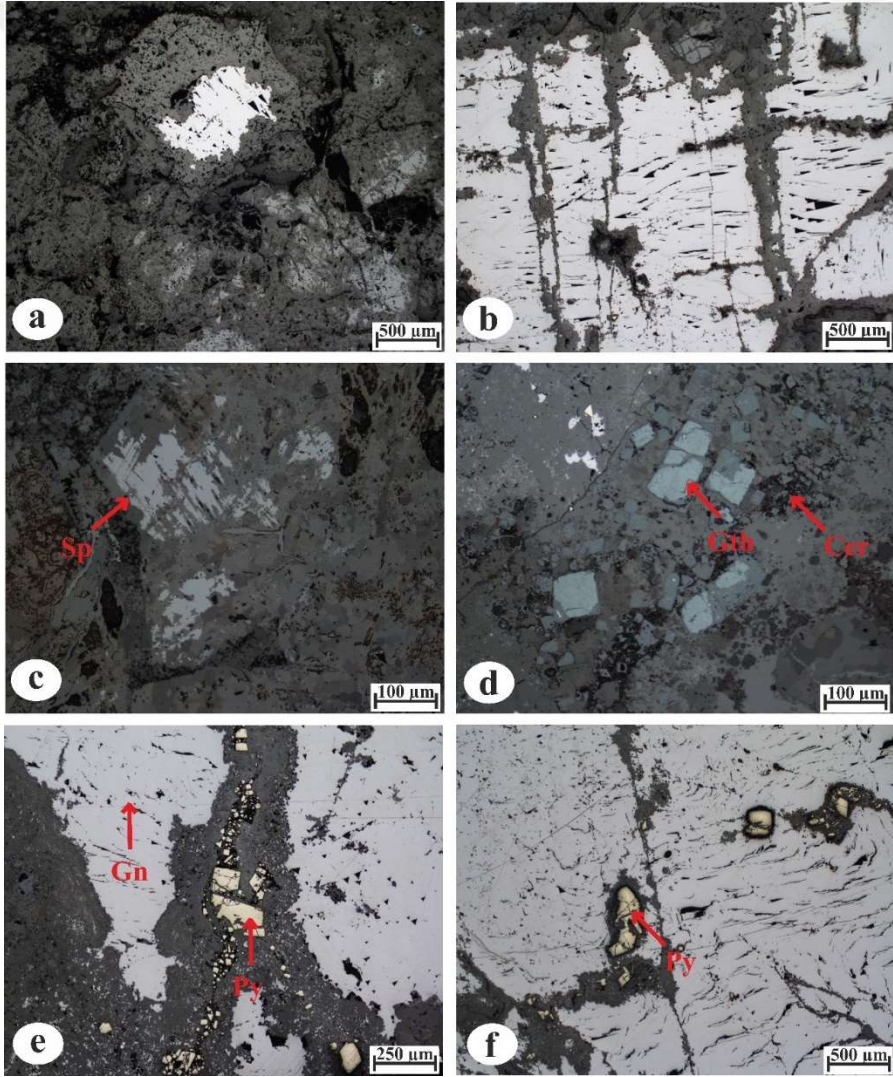
Zengan maden ocağından derlenen örneklerin parlak-ince kesit incelemeleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır: **Z9 numaralı örnek:** Karbonatlı ve karbonat damarlı matriks içerisinde saçınım halinde bulunmaktadır. Kısmenden tamamen götitlediği piritler, smitzonitler gözlenmiştir. Çok gözeneklidir. Nadir olarak serüzitleşen galenler mevcuttur (Şekil 4.22). **Z21 numaralı örnek:** Limonitik, silisik matriks içerisinde götit ve eser hematitler bulunmaktadır. Bol çözünme boşlukludur. Epoksi bu gözenekleri doldurmaktadır (Şekil 4.23). **Z11 numaralı örnek:** Kurşun cevheridir. Bol galen, kısmen, yer yer ve tamamen serüzitler-sfaleritler ve smitzonitler bulunmaktadır. Karbonatik-limonitik matriks mevcuttur. Götitlediği piritler yer almaktadır (psödomorflar) (Şekil 4.24). **Zengan Fay Boşluğu Göktepe:** Bol boşluklu, demir oksitli, karbonatlı, limonitik matriks içerisinde smitzonit ve götit gözlenmiştir. Götitlerin bazıları psödomorfik dokudadır (Şekil 4.25).



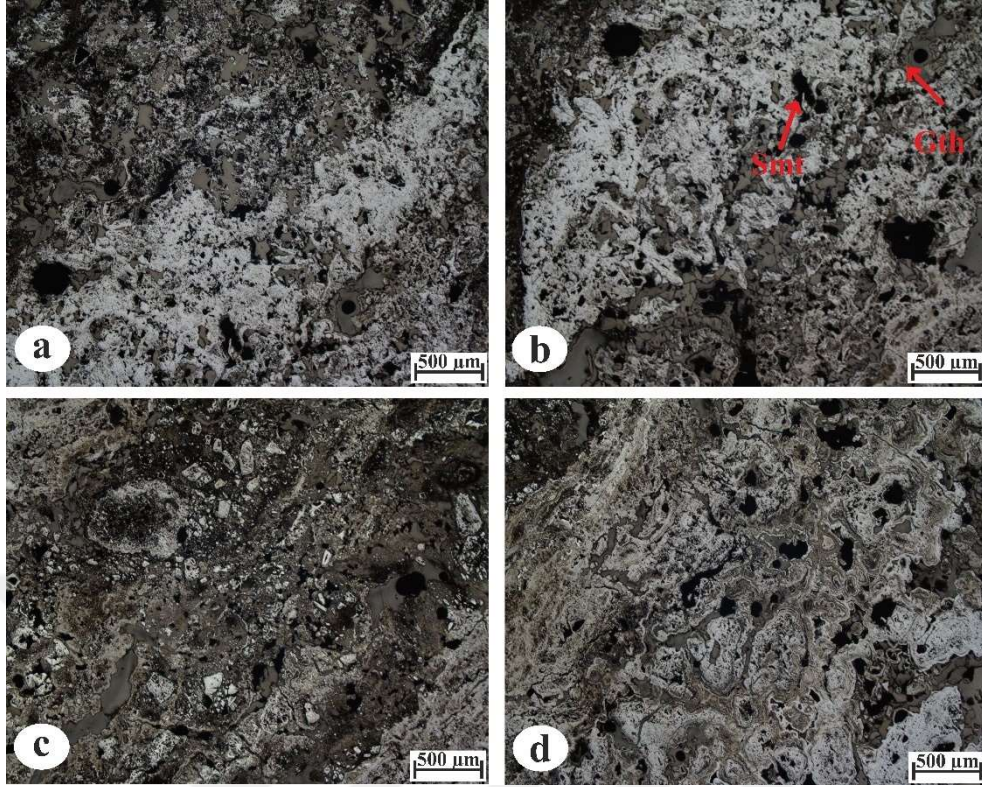
Şekil 4.22. Zengan maden ocağı Z9 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gth: götit, Gn: galen)



Şekil 4.23. Zengan maden ocağı Z21 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Hem: hematit, Gth: götit)



Şekil 4.24. Zengan maden ocağı Z11 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gn: galen, Py: pirit, Gth: götit, Cer: seruzit)



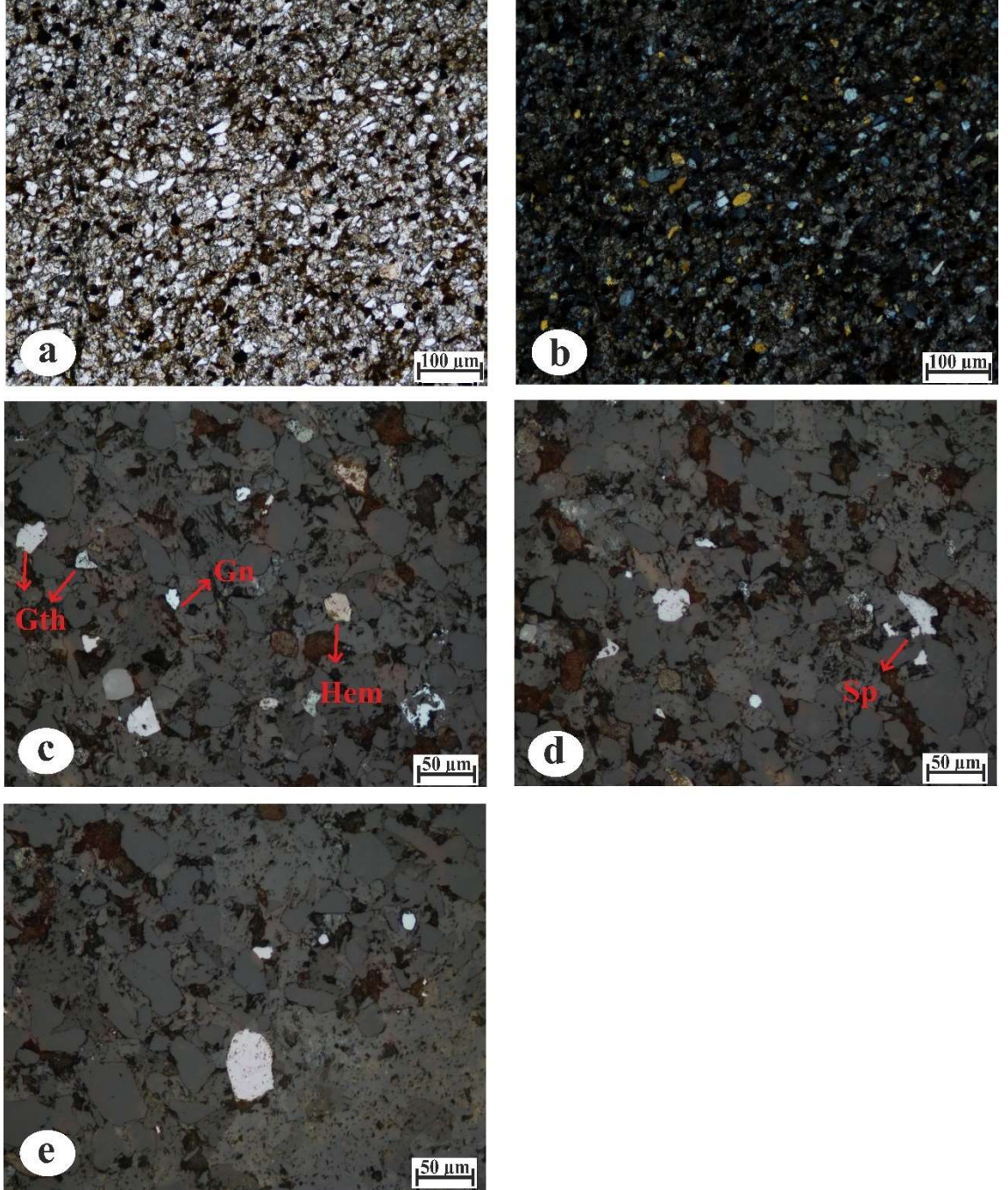
Şekil 4.25. Zengan maden ocağı Zengan Fay Boşluğu Göktepe numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (**Smt**: smizonit, **Gth**: götit)

4.4.2. Erva maden ocağı petrografisi

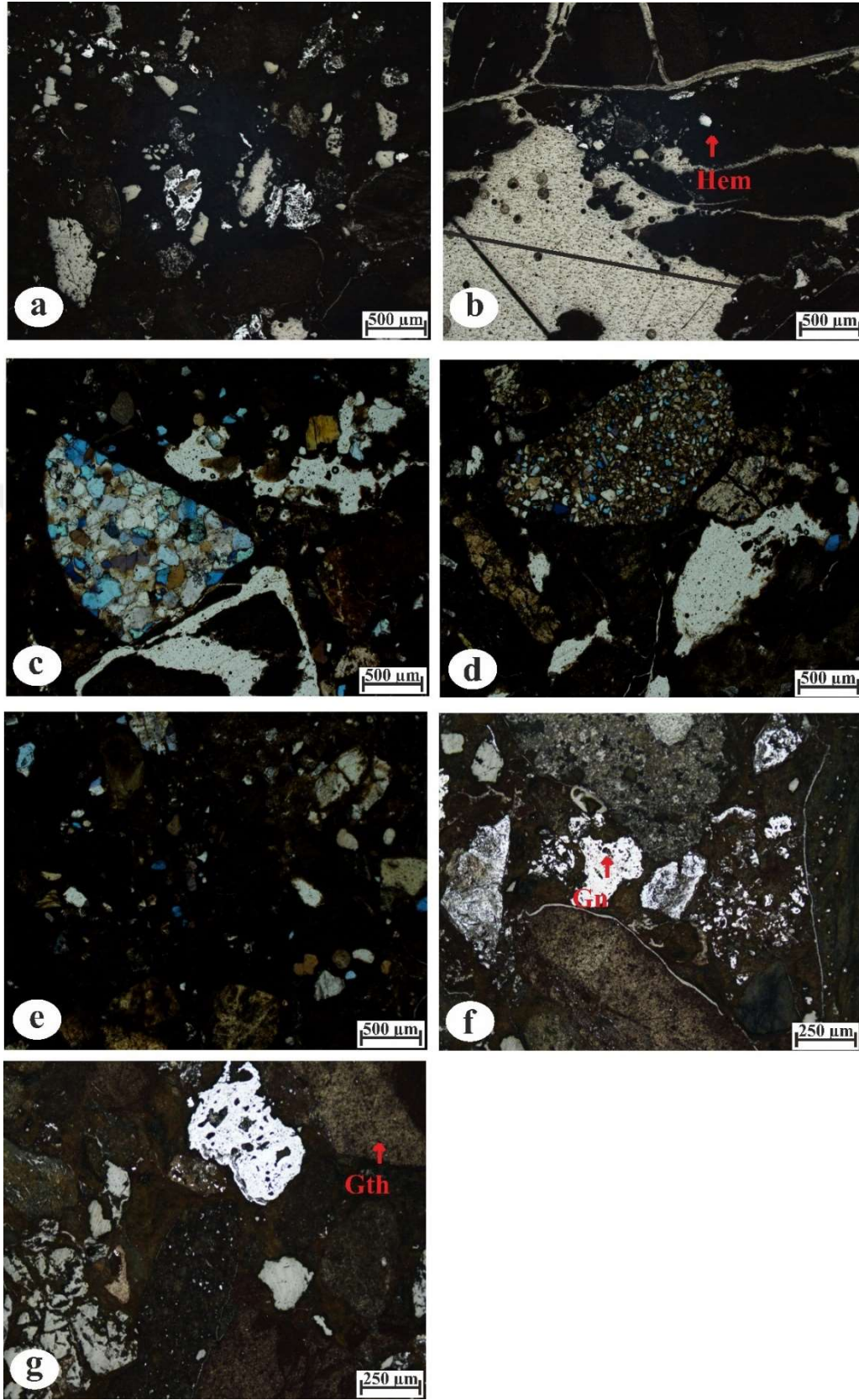
Erva maden ocağından derlenen örneklerin parlak-ince kesit incelemeleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır:

E38 numaralı örnek: Gözenekli, demir oksitli ve karbonat matrisli silttaşı'dır. Bol opak içeriklidir. Opaklar hematit, az sfalerit, galen, götit saçınımlı ve <50 µ boyutlardadır (Şekil 4.26).

E28 numaralı örnek: Silisli-limonitik ve killi matriks (bol boşluklu) içinde hematitler ve götitler gözlenmiştir. Kesitte beyaz renkli gözükenler, boşluk ve camdır (Şekil 4.27).



Şekil 4.26. Erva maden ocağı E38 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gth: götit, Hem: hematit, Sp: sfalerit, Gn: galen)



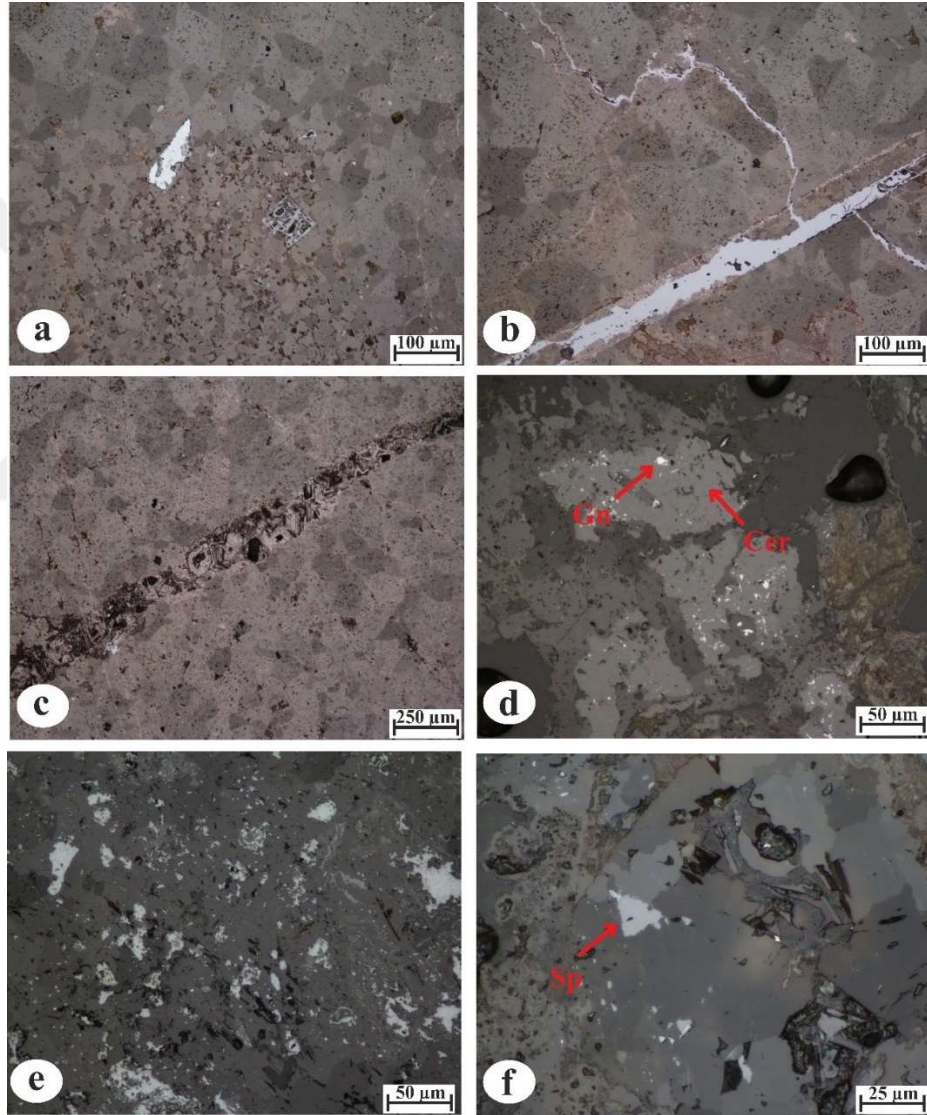
Şekil 4.27. Erva maden ocağı E28 numaralı örneğin parlak-ince kesit mikroskop görüntüleri (**Hem**: hematit, **Gn**: galen, **Gth**: götit)

4.4.3. Almıla maden ocağı petrografisi

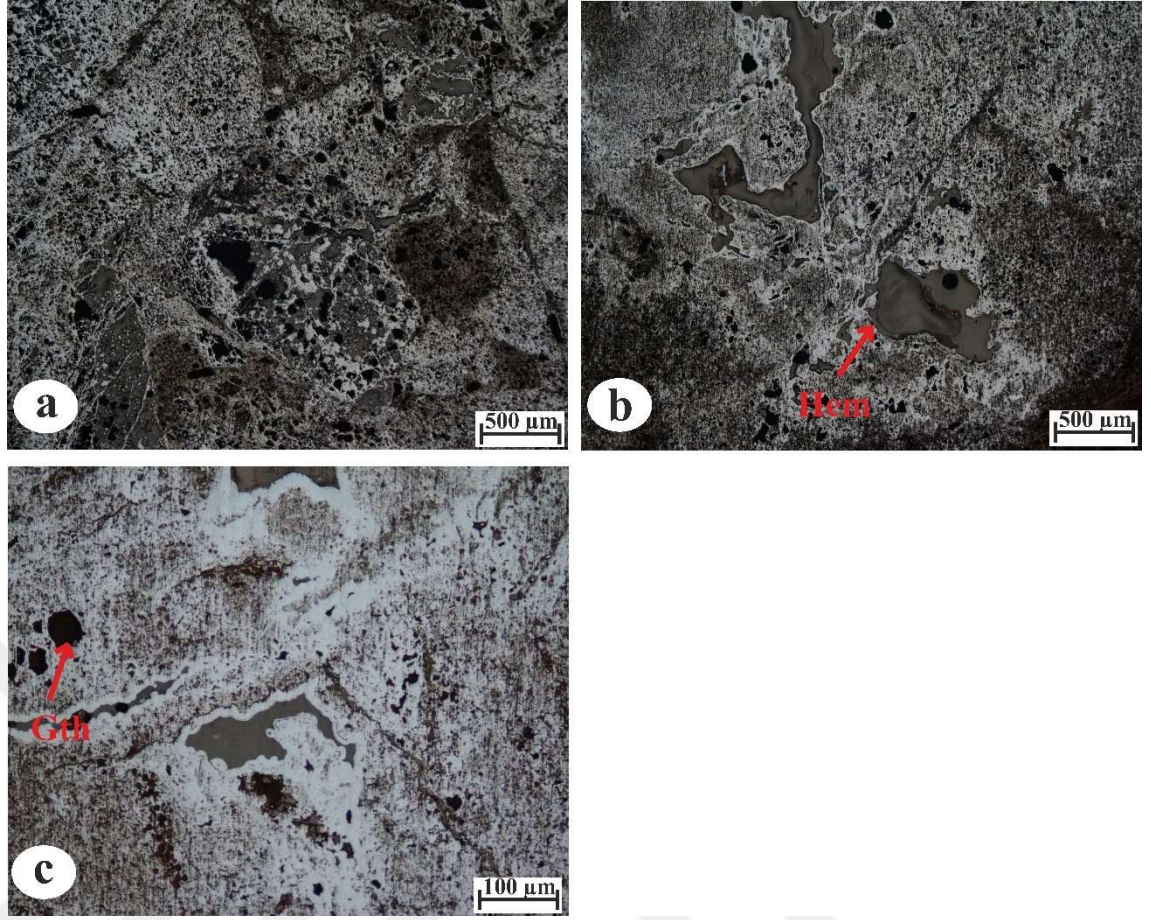
Almıla maden ocağından derlenen örneklerin parlak-ince kesit incelemeleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır:

A19 numaralı örnek: Silisik, demir oksidik ve kalsidik (baskın) matriks içerisinde çatlak ve kırık dolgusu şeklinde demir oksitler serüztileşen galenler mevcuttur. Eser oranda korunmuş pirit ve sfaleritler de bulunmaktadır (Şekil 4.28).

A13 numaralı örnek: Silisik-limonitik matriks içerisinde bol çözünme boşlukları ve öz şekilsiz büyümeler götitlerde yaygındır (Şekil 4.29).



Şekil 4.28. Almıla maden ocağı A19 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Sp: sfalerit, Cer: serüzit, Gn: galen)



Şekil 4.29. Almila maden ocağı A13 numaralı örneğin parlak kesit mikroskop görüntüleri (Gth: götit, Hem: hematit)

Almila Pb-Zn cevherleşmesinde, makroskopik boyutta karbonatlı cevher mineralleri hakimdir. Karbonatlı cevher mineralleri genellikle toprağımsı görünümde olup, çoğunlukla kahvemsı-kırmızımsı renktedirler. Cevherleşme de sülfürlü cevher mineralleri ender gözlenmekte olup, en sık rastlanan sülfürlü minerali galentir.

4.5. İzotop Analizleri

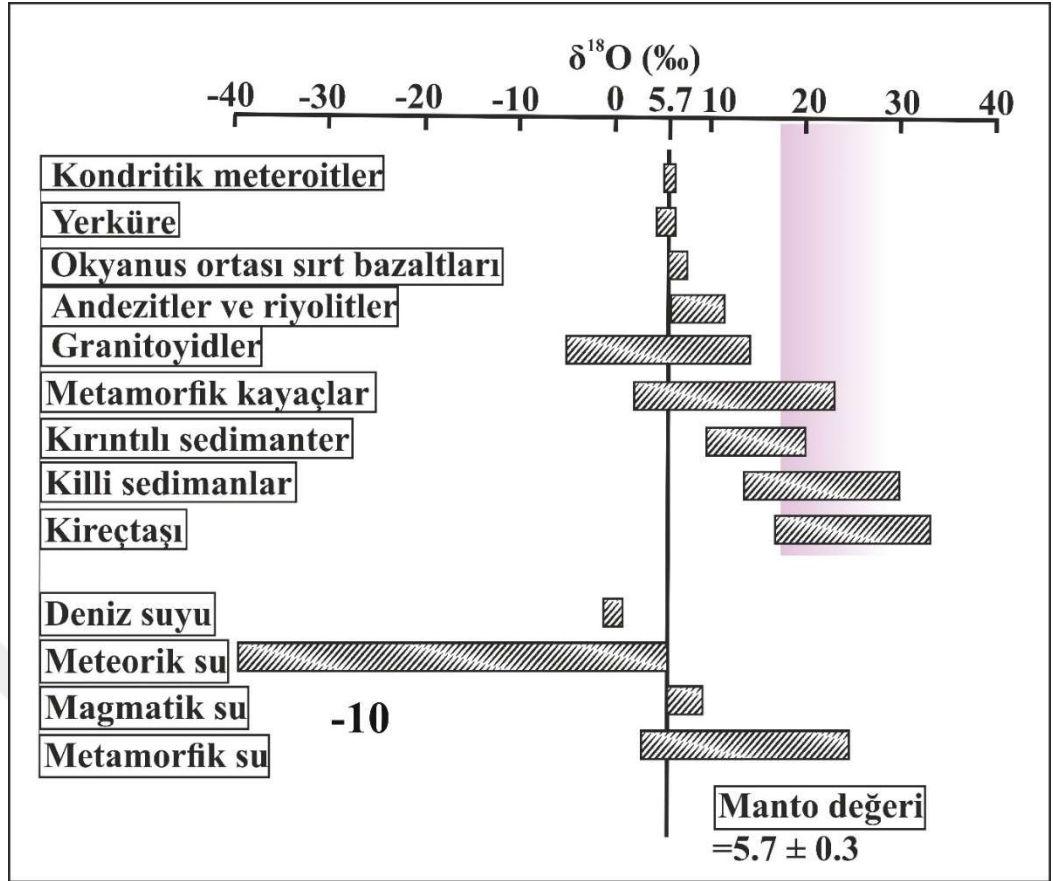
4.5.1. Yahyalı-Zamantı karbon ($\delta^{13}\text{C}$) ve oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) kararlı izotop bileşimi

İzotoplar, yerkürenin evrim döngüsü, magmatik kayaç oluşumları, akışkan-mineral etkileşimleri, akışkanların kökeni, vb. jeolojik süreçlerin araştırılması ve değerlendirilmesinde kullanılır. Bir elementin atom numarası aynı fakat farklı atomik kütlede bulunan atomuna izotop denilmektedir (Attendorn vd. 1997). Örnek olarak ^{12}C , ^{13}C ve ^{14}C izotopları gösterilebilir. Radyoaktif izotoplar ve Duraylı (kararlı) izotoplar olmak üzere ikiye ayrılır. Radyoaktif bir bozunma süreci (α -bozunması, β -bozunması, γ -bozunması, nükleer fizyon, vb.) geçirerek başka bir elemente dönüşen izotoplara radyojenik izotoplar denilmektedir (Attendorn vd. 1997). Radyoaktif bir bozunma süreci geçirmeyerek, izotop ayrışması süreçleri (sıcaklık, yoğunlaşma, buharlaşma, sıcak-

soğuk su karışımları, gaz fazı ayrılması ve kayaç-akışkan tepkimeleri) ile kontrol edilen izotoplara duraylı (kararlı) izotoplar denilmektedir (Attendorn vd. 1997). H, C, N, O, S duraylı (kararlı) izotoplara örnek verilebilir. Duraylı izotoplardan olan C'un ve O'nin izotoplarının izotopik bolluğu sırasıyla şu şekilde sıralanabilmektedir: ^{12}C %98.90; ^{13}C %1.10; ^{14}C az miktarda fakat radyoaktif; ^{16}O %99.762; ^{17}O %0.038; ^{18}O %0.200. Duraylı (kararlı) izotop oluşumlarında etkin rol oynayan fiziksel-kimyasal ayırılma süreçlerinin duraylı izotopların jeokimyasal değerlendirme aşamalarında önemli katkılar sağlar. Ayrıca izotopların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin korunması, akışkan kökeninin yorumlanması izotop jeolojisi için iz sürücü parametre niteliğindedir. Bu kapsamda duraylı izotopların jeokimyasal araştırmalarda kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir:

1. Akışkanın kökeninin belirlenmesi (meteorik, magmatik, metamorfik),
2. Akışkan bileşenlerinin kaynakları (manto ve kabuk katkıları),
3. Akışkan bileşiminde rol oynayan fiziksel-kimyasal ayırılma süreçlerinin anlaşılması ve yorumlanması.

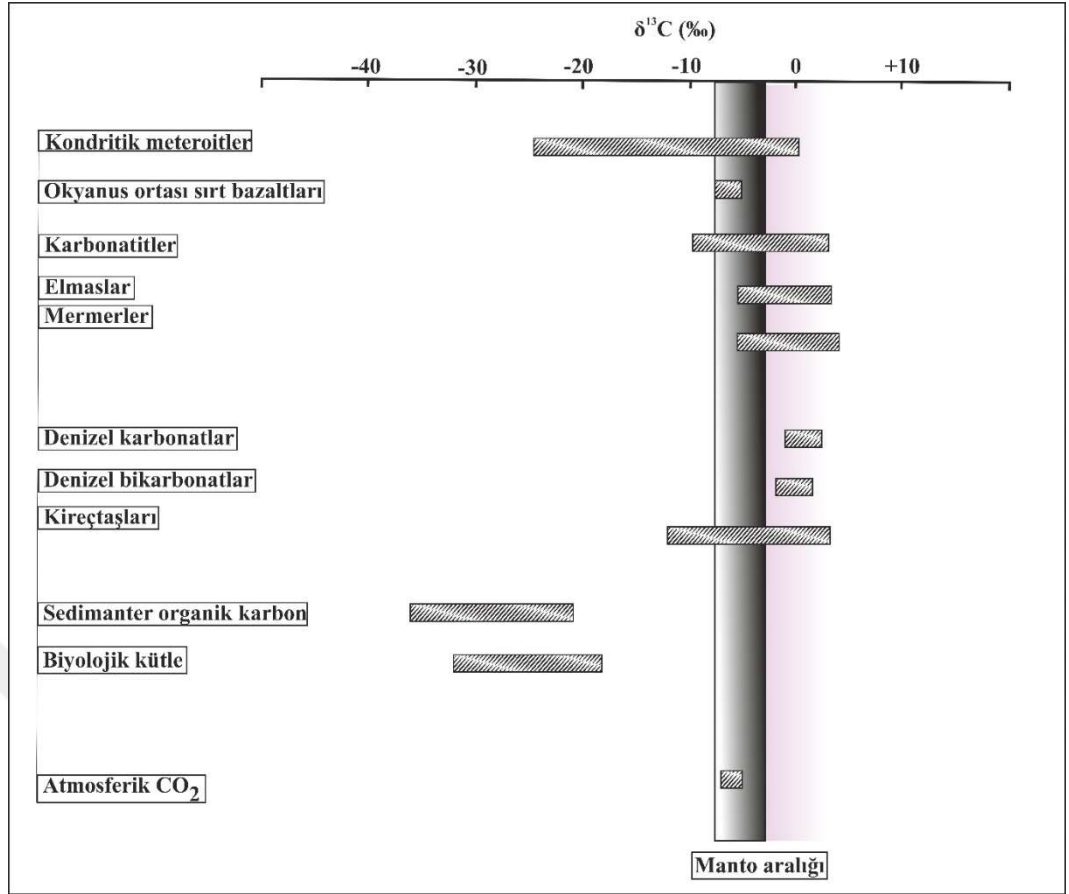
Jeokimyasal çalışmalarda kullanılan duraylı izotop analizlerinde H, C, N, O, S gibi hafif elementler tercih edilir. Bunun sebebi, jeolojik olarak önemli olan akışkanların ana bileşenlerini hafif izotoplar oluşturmaktadır. Bu kapsamda, maden yatağını oluşturan kayaç-akışkan etkileşiminin belirlenmesinde önemli ipuçları sunar. Ayrıca duraylı izotoplar, jeolojik süreçlerin reaksiyon mekanizmaları ve element kökenleri gibi jeokimyasal yorumlamalarda da fayda sağlar. Duraylı izotop oranları hesaplanırken belirli standartlar kullanılır ve sonuçlar (‰) binde olarak sunulur. İzotop oranı simgesi “ δ ” simgesi ile gösterilir. (+) pozitif δ değerleri örneğin binde standardına göre zenginleştiğini; (-) negatif δ değerleri ise örneğin binde standardına göre tükenişe geçtiği olduğu anlamını taşımaktadır. %100 oranında değişim gösteren $\delta^{18}\text{O}$ izotopunun, değişikliğinin yarısı meteorik sularda bulunmaktadır. Granit, metamorfik ve Sedimenter kayaçlar manto $\delta^{18}\text{O}$ değerine göre zengindirler. Fakat meteorik sular ve deniz suları manto $\delta^{18}\text{O}$ değerine göre fakirdir. $\delta^{18}\text{O}$ izotop kompozisyon değişim aralığı Şekil 4.30’de verilmiştir.



Şekil 4.30. $\delta^{18}\text{O}$ izotop kompozisyon değişim diyagramı (Field ve Fifarek 1985; Kerridge 1985; Exley vd. 1986) (Pembemsi alanlar: çalışma alanı)

Doğada C'ü üç formda görmek mümkündür: oksit form (CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^-), indirgenmiş karbon (CH_4 , organik karbon) ve elmas/grafit. $\delta^{13}\text{C}$ izotop kompozisyon değişim aralığı Şekil 4.31'de verilmiştir. Deniz suyu $\delta^{13}\text{C}$ değeri ‰0'a yakın, denizel karbonatlardaki $\delta^{13}\text{C}$ değeri, ‰-1 – (+2) arasında değişim göstermektedir. Tortul organikler $\delta^{13}\text{C}$ değeri olarak oldukça fakirdirler. Karbonatlar için birleştirilmiş $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ diyagramı yardımıyla farklı kökenli karbonatların ayrımı yapılmaktadır (Şekil 4.32).

Karbonatlardaki karbonun kökeninin anlaşılması ve denizel, organik ya da metanla ilişkili olup olmadığının ayırt edilmesi için karbon izotop çalışmaları yürütülmelidir (Coleman ve Raiswell 1981). Geniş aralıkta değişim gösteren $\delta^{13}\text{C}$ değerine karşılık, dar aralıkta bulunan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri iki farklı C rezervuarı bileşimi akla getirmektedir (Allan ve Mathews 1977). Burada $\delta^{18}\text{O}$ meteorik su, rezervuardan gelir. Meteorik sular, deniz suyuna göre daha az $\delta^{18}\text{O}$ bulundurmaz. Toprakta geçerek yeraltına geçtikleri için $\delta^{12}\text{C}$ 'ce zenginleşmişlerdir (Searl 1988).



Şekil 4.31. $\delta^{13}\text{C}$ izotop kompozisyon değişim diyagramı (Field ve Fifarek 1985; Kerridge 1985; Exley vd. 1986) (Pembemsi alanlar: çalışma alanı)

δO izotopunun hesaplanmasında kullanılan standart, Standart Ortalama Okyanus Suyu (Standart Mean Ocean Water, SMOW)'dur (Craig 1961). δC izotopunun hesaplanmasında kullanılan standart ise Pee Dee Formation Belemnite (PDB)'dir (Craig 1961). O izotopunun PDB standartına göre $\delta^{18}\text{O}$ değeri ‰30.91 olması ve bu değer SMOW standartına göre büyük olması sebebiyle SMOW ve PDB standartları arasında $\delta^{18}\text{O}$ izotopunun dönüşüm eşitliği bulunmaktadır ve bu eşitlik şöyledir:

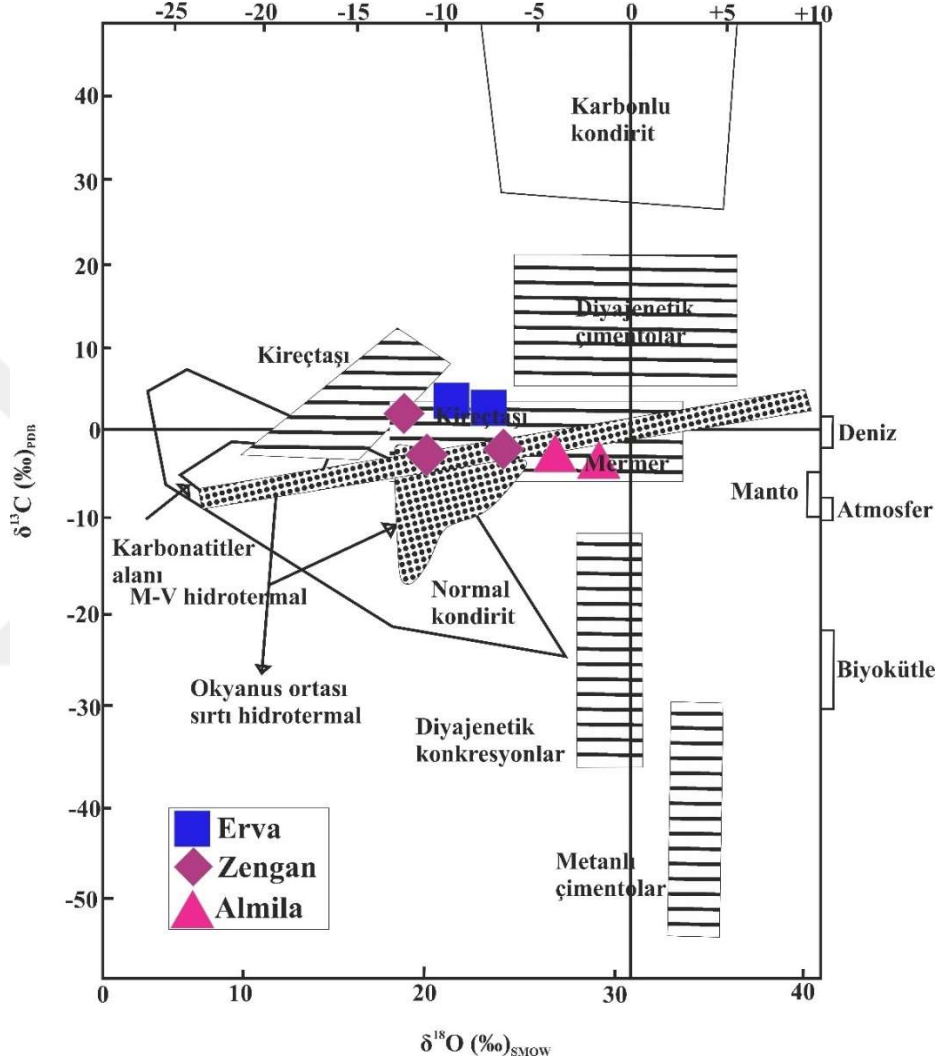
$$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1.0309 (\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}) + 30.91$$

$\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin pozitiflik göstermesi, kayaç-akışkan dolaşımı sırasında, akışkanın yan kayaçlarla etkileşimde bulunduğu anlamını taşımaktadır (Attendorn vd. 1997). Pozitif $\delta^{18}\text{O}$ değerleri, ağır izotopların zenginleştiğini göstermektedir (Attendorn vd. 1997).

Duraylı izotop oranı kütle spektrometresi jeokimyasal analizi, cevher oluşumu hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu bilgiler şu şekilde sıralanabilmektedir:

- I. Cevher oluşumu esnasındaki fiziksel koşullar sıcaklık, basınç, derinlik, vb.;

- II. Cevher oluşumu esnasındaki hidroloji, kontrollü hidrotermal aktivitenin sürekliliği;
- III. Cevher düşey geometrisinin anlaşılması;
- IV. Cevher oluşumuna katkı sağlamış akışkanların kütlesi ve kökeni;
- V. Cevheri meydana getiren bileşenlerin kaynakları ve kimyasal içerikleri;
- VI. Cevher oluşum prosesinin anlaşılması.



Şekil 4.32. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ izotop kompozisyon diyagramı (Allan ve Mathews 1977; Coleman ve Raiswell 1981; McConnaughey 1989)

Cevher oluşumu ve hidrotermal alterasyonun izotop verilerine göre yorumlanması esnasında çıkan en belirgin sonuç farklı kökenli suların karışımıdır (Özbek 2014). Karbon ve oksijen izotopunun üç ana kaynağı vardır.

- I. Manto;
- II. Deniz karbonat kayaları;
- III. Tortul organik madde (Taylor vd. 1967; Veizer ve Hoefs 1976; Demény ve Harangi 1996; Liu ve Liu 1997; Mehrabi vd. 2023).

Duraylı izotop analizleri sonuçlarına göre cevheri oluşturan sıvılar çoğunlukla magmadan türemiştir (meteorik su) (Zou vd. 2004; Han vd. 2007; He vd. 2020). Standart ortalama okyanus suyu (SMOW) ve oksijen izotop dönüşüm formülü şöyledir:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}} = 1.03086 \times \delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}} + 30.86 \text{ (Friedman ve O'Neil 1977).}$$

Literatürde mantonun $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ deniz karbonatlı kayalarda ve Sedimenter organik tortullarda araştırmacılar tarafından farklı değer aralıklarında verilmiştir. Bunlar sırasıyla şu şekildedir: Manto için Taylor vd. 1967 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰-8.0 - -4.0) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰+6.0 - +10.0); denizel karbonatlı kayalarda Veizer ve Hoefs, 1976 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰-4.0 - +4.0) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰+20.0 - +30.0); Sedimenter organik tortullarda Liu ve Liu, 1997; Demény vd. 1998; Kump ve Arthur 1999 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰-30.0 - -10.0) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰+24.0 - +30.0). C-O izotop sisteminin çözülmesi, cevher oluşturan sıvının kaynağını/kaynaklarının belirlenmesi için tercih edilen güçlü araçlardan biridir (Zheng ve Wang 1991; Carr vd. 1995; Li vd. 2015; He vd. 2020). Hidrotermal metalojenik ortamdaki karbon ve oksijen genel olarak mantodan türemiştir (He vd. 2020). Kalsit ve dolomit iki ana C izotop taşıyan hidrotermaldir (Mehrabi vd. 2023).

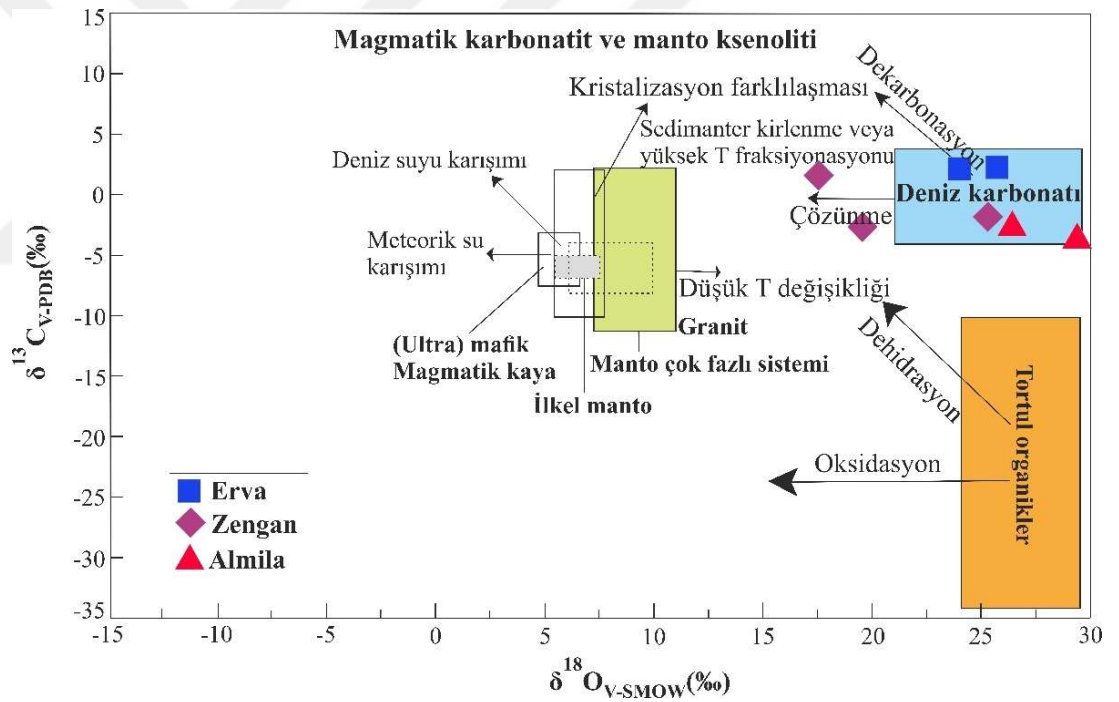
Karbon ve izotop verileri mil başına (‰) cinsinden δ (delta) notasyonu ile ifade edilir (Mehrabi vd. 2023). $\delta^{13}\text{C}$ verileri Vienna Pee Dee Belemnite (V-PDB); $\delta^{18}\text{O}$ verileri ise Vienna Standard Mean Ocean Water (V-SMOW)'a göre rapor edilmiştir. 10 adet ana cevher aşamasıyla ilişkili yan kayaç örnekleri $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotopik bileşimleri Çizelge 4.31'de verilmiştir. Erva, Zengan ve Almıla maden ocaklarının $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerlerine karşı $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ grafiği çizilmiştir (Şekil 4.33).

Çizelge 4.31. Erva, Zengan ve Almıla maden ocakları ana cevher aşamasından derlenen örneklerin karbon ve oksijen izotopik bileşimi

Numune Adı	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$
E50	2.19	-6.12	24.55
E40	1.47	-5.64	25.04
Erva Ortalama	1.83	-5.88	24.79
Z14B	-1.52	-4.55	26.16
Z15B	1.13	-12.43	18.04
Z5	-3.44	-9.99	20.56
Zengan Min.	-3.44	-12.43	18.04
Zengan Mak.	1.13	-4.55	26.16
Zengan Ortalama	-1.27	-8.99	21.58
A6	-3.76	-3.70	27.04
A7	-5.07	-1.75	29.05
Almıla Ortalama	-4.41	-2.72	28.04

$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ duraylı izotopu, Erva maden ocağı için $\text{‰}+1.47 - +2.19$, ortalama $\text{‰}1.83$; Zengan maden ocağı için $\text{‰}-3.44 - +1.13$, ortalama $\text{‰}-1.27$; Almila maden ocağı için $\text{‰}-5.07 - -3.76$, ortalama $\text{‰}-4.415$ değerleri almıştır. $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰) duraylı izotopu, Erva maden ocağı için $\text{‰}+24.55 - +25.04$, ortalama $\text{‰}24.79$; Zengan maden ocağı için $\text{‰}+18.04 - +26.16$, ortalama $\text{‰}21.58$; Almila maden ocağı için $\text{‰}+27.04 - +29.05$, ortalama $\text{‰}28.04$ değerleri almıştır.

Çizelge 4.32 ve Şekil 4.33'e göre Erva, Zengan ve Almila maden ocaklarının $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerleri magmatik karbonat ve organik tortul değerlerinden daha yüksek seyretmiştir. Denizel karbonat kayalar ile benzer bulunmuşlardır. Bu benzerlik, cevher yatağındaki karbon ve izotop kaynağının ve cevher oluşturuıcı sıvıdaki CO_2 'in karbonatlı yan kayaların çözünme süreçleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Çözünme süreçleriyle beraber meydana gelen CO_2 , ortamı asidik hale getirir ve kimyasal dengeye ulaşınca kadar tepkime devam eder. Erva, Zengan ve Almila maden ocaklarının Pb-Zn zenginleşmesi, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerleri ile düşünüldüğünde denizel karbonatların çözünmesi (dehidroksilasyonu) kaynaklıdır.



Şekil 4.33. Erva, Zengan ve Almila maden ocakları $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ diyagramı (Liu ve Liu 1997'den değiştirilerek alınmıştır)

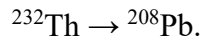
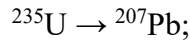
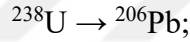
$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ diyagramı incelendiğinde, her üç ocağında derin kabuksal veya magmatik kaynaklı oluşmadığı görülmektedir. ^{13}C ve ^{18}O kaynaklarının, denizel karbonatlarla benzerlik taşıdığı ortaya çıkarılmıştır. Yüksek seyreden $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerleri neticesinde, granit kaynağı alanının dışına uzanmaktadır. Şekil 4.32 ve Çizelge 4.33'e bakıldığında $\delta^{18}\text{O}$ değerleri $\delta^{13}\text{C}$ 'den daha geniş bir aralıkta bulunmaktadır.

Buradan Pb-Zn cevher oluşumu hidrotermal alterasyon sırasında akışkan-kaya etkileşimlerinin nispeten güçlü olduğunu düşündürmektedir.

Erva maden ocağının $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ değerleri ($\text{‰}+1.47 - +2.19$) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ ($\text{‰}+24.55 - +25.04$) Veizer ve Hoefs (1976) denizel karbonatlı kayalar için olan değerler ile örtüşmektedir. Zengan maden ocağının $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ değerleri ($\text{‰}-3.44 - -1.13$) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ ($\text{‰}+18.04 - +26.16$) Veizer ve Hoefs (1976) denizel karbonatlı kayalar için olan değerler ile örtüşmektedir. Almıla maden ocağının $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ değerleri ($\text{‰}-5.07 - -3.76$) Taylor vd. (1967) manto için olan değerlerle ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerleri ise ($\text{‰}+27.04 - +29.05$) Liu ve Liu (1997), Demény vd. (1998) ve Kump ve Arthur (1999) Sedimenter organik tortullarda olan değerlerle örtüşmektedir.

4.5.2. Yahyalı-Zamantı kurşun izotop ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) bileşimleri

Kurşun izotop bileşimleri, kabuk ve cevher oluşturu mineralerin kaynağını ve oluşumunu belirlemek için kullanılır (Harkins 2008; Zhao vd. 2022b). İz element olarak bulunan kurşun ilksel mineral galen (PbS) ve diğer sülfid mineraleri içerisinde zenginleşmektedir. ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb olmak üzere doğada kurşunun dört izotopu bulunmaktadır. İçlerinden sadece ^{204}Pb duraylı izotopu, radyojenik değildir. Diğer ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb izotoplar radyojenik özellik göstermektedir (Kıran Yıldırım 2013). Bazı kararlı izotoplar bozunma süreçleri geçirerek kurşunun farklı izotoplarına dönüşürler:



Pb-Zn yataklarının farklı Pb izotop karakteristikleri mevcuttur (Sangster vd. 2000; Mehrabi vd. 2023). Fakat MVT tipi Pb-Zn yataklarının çoğunluğu $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ değerleri 17.5-23; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ değerleri ise 15.4-16.2 arasında değişmektedir (Leach vd. 2005; Mehrabi vd. 2023).

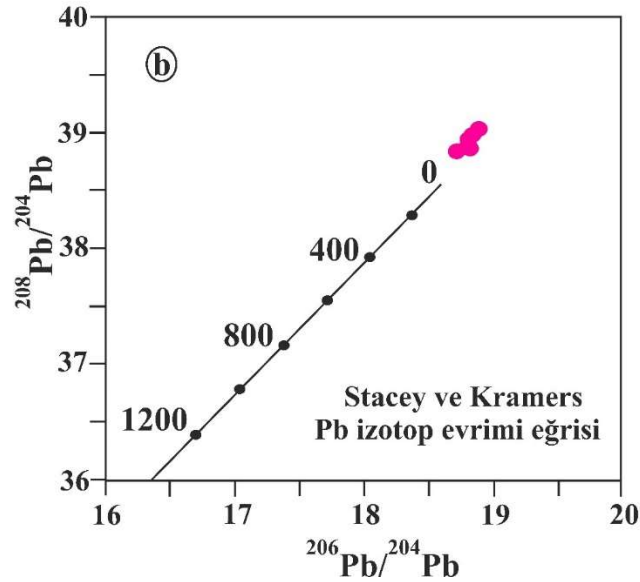
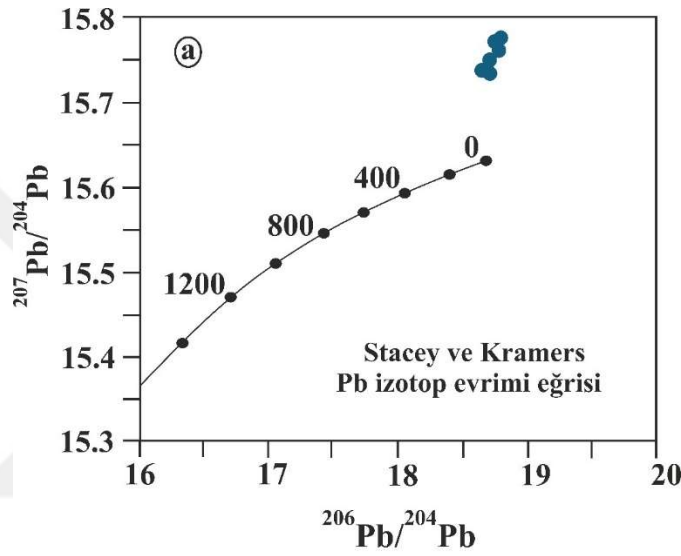
Yahyalı Zamantı galen örneklerinden elde edilen kurşun izotop analiz sonuçları değerleri, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (18.6-18.7), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15.7-15.8), $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (38.8-39.1) arasında değişmektedir (Çizelge 4.32).

Erva, Zengan ve Almıla maden ocaklarından derlenen kurşun örneklerinin Pb izotop analizi sonuçları, Stacey ve Kramaers (1975)'in oluşturduğu Pb kovaryasyon eğrisine yerleştirilmiştir. Referans kabuksal büyüme eğrileri Şekil 4.34'te verilmiştir. Stacey ve Kramers'in diyagramı belirgin bir provensin Pb izotop bileşiminin kabuksal büyüme eğrisini göstermektedir.

Kurşun izotop verileri Stacey ve Kramaers (1975)'in plumbotektonik modeline göre incelenmiştir (Şekil 4.35).

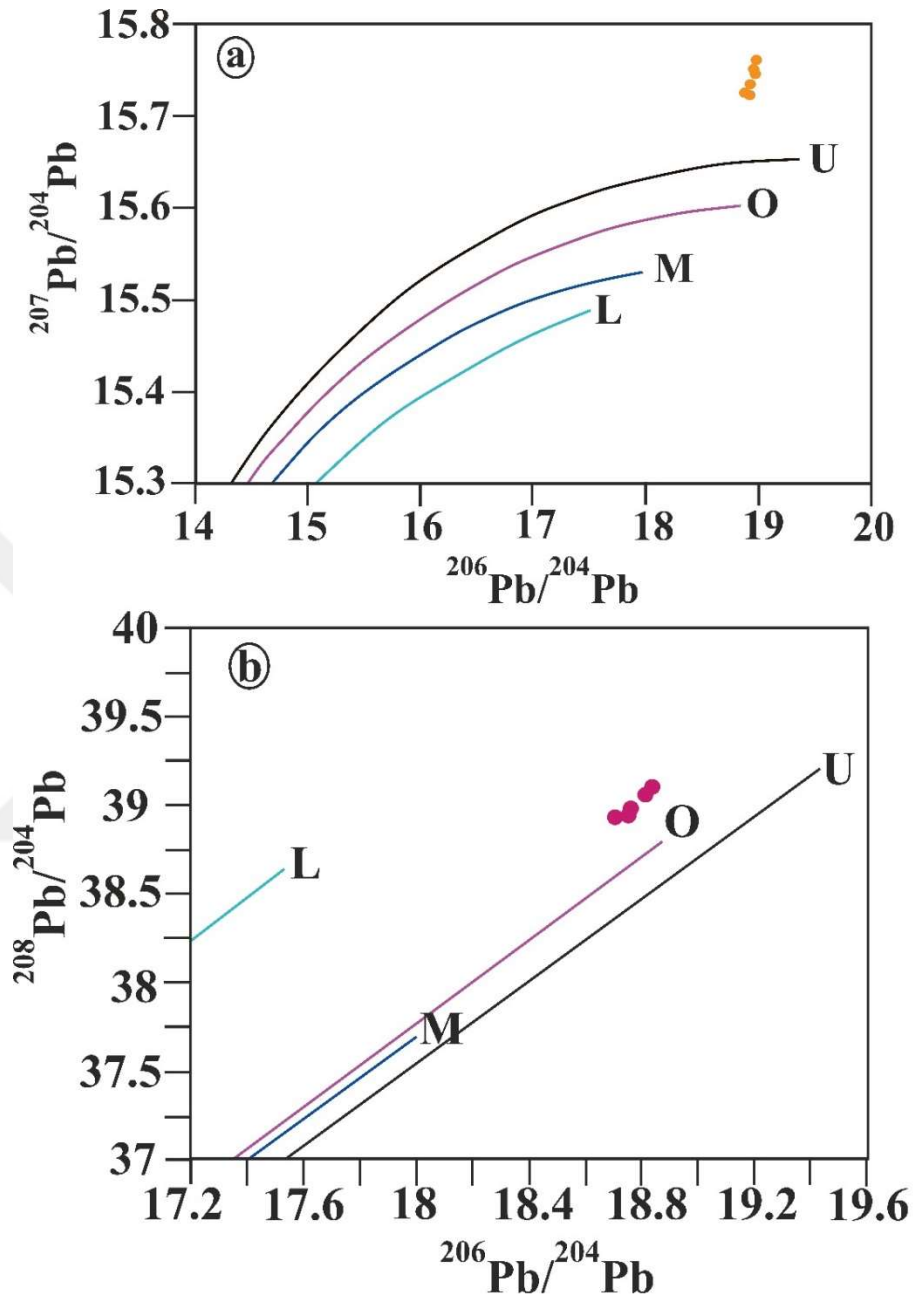
Çizelge 4.32. Erva, Zengan ve Almila maden ocaklarından derlenen galen örneklerinin kurşun izotopik bileşimi

	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
E9	18.6	15.7	38.9
E53	18.7	15.7	39.0
A11	18.6	15.7	38.8
E39	18.6	15.7	38.8
E8	18.7	15.8	39.0
E16	18.7	15.8	39.1



Şekil 4.34. Zamantı Aladağ cevherleşmelerine ait $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (a) ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (b) değerlerinin Stacey ve Kramers 1975 ortalama kabuksal büyüme eğrisine göre çizilen diyagramları

Çizilen grafikler incelendiğinde, Pb izotop sonuçlarının Stacey ve Kramers 1975'in ortalama kabuksal büyüme eğrisinin yukarısında kaldığı görülmektedir.



U—Üst kıtasal kabuk O—Orojenik
M—Manto L—Alt kıtasal kabuk

Şekil 4.35. Zamanti Aladağ cevherleşmelerine ait $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (a) ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (b) değerlerinin Zartman ve Doe 1981 Plumbotektonik modeline göre çizilen diyagramları

İncelenen Pb-Zn yataklarından alınan numunelerden elde edilen Pb izotop değerleri Zartman ve Doe (1981) tarafından geliştirilen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ plumbotektonik model diyagramlarında değerlendirildiğinde kurşun izotop sonuçlarının homojen dağılım gösterdiği, üst kıta kabuğuna yakın ve orojenik kökenli oldukları belirlenmiştir. Zartman ve Doe tarafından 1981 yılında ortaya atılan plumbotektonik kurşun izotop diyagramına bakıldığında, Zamantı Aladağ Pb-Zn yataklarından derlenen kurşun örneklerinin metal kaynağının dünya çapında tipik CRD yataklarıyla tutarlı olan üst kabuk kayaçları olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu diyagramlara göre galenin Pb izotopik kompozisyonları $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 'ye karşı $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 'ye karşı $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ çizimlerinde ortalama kabuk büyüme eğrilerinin üzerinde çıkmıştır.

4.5.3. Yahyalı-Zamantı kükürt izotop ($\delta^{34}\text{S}$) bileşimleri

Doğada kükürt elementinin ^{32}S , ^{34}S , ^{33}S ve ^{36}S olmak üzere dört adet kararlı izotopu bulunmaktadır (Sakai 1968). Kükürtün ağır izotopu olan ^{34}S değeri, standart Canyon Diablo Troilite (CDT) ile ‰ olarak ifade edilir. Kükürt izotoplarının jeokimyasal değerlendirmelerde kullanılmasının amacı, cevher yataklarının oluşumunda rol oynayan sülfürlü minerallerin hangi jeolojik süreçten ve kaynaktan/rezervuardan (magmatik, manto, evaporit ve deniz suyu) geldiğinin ve hangi indirgeme süreçlerine maruz kaldığının belirlenmesidir (Sakai 1968; Ohmoto 1972; Pearson vd. 1988; Hoefs 2018). Literatürde bilinen kükürt izotopu oluşturan farklı jeolojik rezervuarların aldığı değer aralıkları şu şekilde sıralanmıştır: manto kaynaklı akışkanların $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ± 3.0 ‰; magmatik kaynaklı akışkanların $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ± 5.0 ‰ (Ohmoto ve Goldhaber 1997; Hoefs 2018); evaporit kaynaklı $\delta^{34}\text{S}$ değerleri $+10.0 - +26.0$ ‰ (Hoefs 2018); deniz suyu kaynaklı $\delta^{34}\text{S}$ değerleri $+16.0 - +28.0$ ‰ (Claypool vd. 1980) arasında bulunmaktadır.

Oksidasyon tepkimeleri sırasında redüksiyon (kimyasal indirgeme) geçiren kükürt, genellikle sülfat (SO_4^{2-}) formundan sülfür (S^{2-}) formuna geçiş yapar. Bu tepkimede kükürt, belirli kimyasal reaksiyonlar ve fiziksel koşullar altında farklı oranlarda oksitlenmiş formdan, indirgenmiş forma geçiş yapar. Bu indirgeme sırasında izotopik ayrışma/fraksiyonlaşma gerçekleşir (Hoefs 2018). Başlıca indirgeme süreçleri, TSR (termokimyasal sülfat indirgenmesi), OSR (organik sülfat indirgenmesi) ve BSR (bakteriyel sülfat indirgenmesi) olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Sakai 1968; Hoefs 2018).

1. Termokimyasal sülfat indirgenmesi (TSR): genellikle sıcaklığın 100°C 'de olduğu mikroorganizmaların doğrudan etkisi olmaksızın sülfatın kimyasal olarak sülfüre indirgenmesidir. İndirgenen sülfürlü mineraller başlangıç sülfat bulunduran minerallere oranla $\delta^{34}\text{S}$ değerleri açısından daha zengindir. Ayrıca $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ± 30.00 ‰ arasında oldukça geniş bir aralıkta değişmektedir (Ohmoto ve Goldhaber 1997).

2. Organik sülfat indirgenmesi (OSR): yüksek sıcaklıklarda sülfatın organik maddeler ile indirgenmesidir. Sülfürde ağır izotop zenginleşmesi görülmektedir. Süreç diğer indirgenme tepkimelerine oranla daha dar bir aralıkta ($\pm 20.00 - +30.00$ ‰) gözlemlenir (Ohmoto ve Goldhaber 1997).

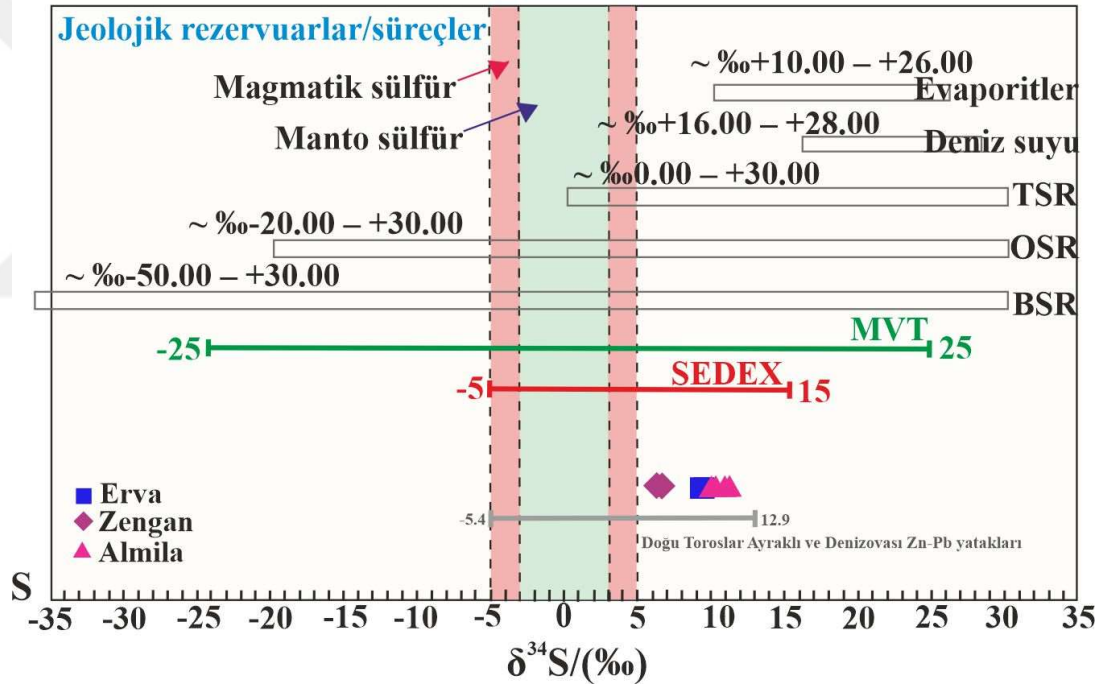
3. Bakteriyel sülfat indirgenmesi (BSR): sülfatın anaerobik koşullar altında bakteriler tarafından sülfüre indirgenmesidir. Burada indirgenen sülfür minerali (örnek olarak pirit) başlangıç sülfat kaynağına oranla daha negatif $\delta^{34}\text{S}$ değerlerine sahiptir. Sülfat minerali ise $\delta^{34}\text{S}$ bakımından zenginleşir. İndirgenme çok geniş bir aralıkta gerçekleşir ($\text{‰}-50.00 - +30.00$) (Ohmoto ve Goldhaber 1997).

Deniz suyu sülfatları (SO_4^{2-}), biyotik (bakteriyel sülfat indirgemesi, BSR) ve abiyotik (termokimyasal sülfat indirgemesi, TSR) süreçlerinden geçerek veya bu indirgemelerin bir kombinasyonu yoluyla sülfüre (S^{2-}) dönüşebilir (Sangster 1976). BSR çoğu bakterinin yaşayabildiği nispeten düşük sıcaklıklarda ($<120^\circ\text{C}$) çoğunlukla $20-40^\circ\text{C}$ 'de meydana gelir (Xu vd. 2021). Üretilen S^{2-} miktarı nispeten daha küçüktür ve $\delta^{34}\text{S}$ aralığı daha büyüktür (Xu vd. 2021). BSR indirgenmesinde TSR indirgenmesine göre genellikle daha hafif S izotopları meydana gelir. TSR indirgenmesi, genellikle mikrobiyal yaşamı desteklemeyen belirgin şekilde daha yüksek sıcaklıklarda ($>100-140^\circ\text{C}$, bazen 160°C) meydana gelmektedir. TSR indirgenmesi, BSR indirgenmesine oranla daha dar $\delta^{34}\text{S}$ aralığında gerçekleşmektedir (Sangster 2000). TSR indirgenmesi sırasında izotop fraksiyonlaşması esas olarak sıcaklıkla kontrol edilmektedir. Sıcaklığın yanında ortamın Eh ve pH koşulları da indirgenme tepkimesi esnasında izotop fraksiyonlaşmasını etkileyen fiziksel özelliklerdendir. Daha yüksek reaksiyon sıcaklıkları genellikle daha düşük izotop fraksiyonlaşmasıyla sonuçlanmaktadır (Xu vd. 2021).

Hidrotermal sistemlerin etkin rol oynadığı kükürt izotopik bileşimleri kaynak materyalin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinden ve cevher-sıvı fizikokimyasal koşullarından (pH, S ve ‰NaCl değerleri) etkilenir (Sakai 1968; Ohmoto 1972; Lei vd. 2018; Shahhosseini vd. 2020; Xu vd. 2021). Sülfür izotoplarının çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve fiziksel süreçler sırasında farklı oranlarda ayrışmasının/fraksiyonlaşmasının, yüksek sıcaklıklara oranla düşük sıcaklıklarda daha yoğun hale gelmektedir (Bu durum, mineral oluşum sıcaklıklarını ve hidrotermal sıvıların geçişini anlamada önemli bir ipucu niteliği taşımaktadır (Seal 2006; Sharp 2017; Li vd. 2019a; Dai vd. 2020; Xu vd. 2021). Yahyalı-Zamantı kuşağında yer alan Zengan, Erva ve Almıla ocaklarından derlenen 6 adet galen örneğinde $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ izotopik bileşimleri Çizelge 4.33'te verilmiştir. Yahyalı-Zamantı kuşağında yer alan Zengan, Erva ve Almıla ocaklarının sülfür $\delta^{34}\text{S}$ değerlerini gösteren grafik Şekil 4.36'da verilmiştir. Üç ocağında $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri, nispeten dar bir aralıkta ve oldukça pozitif değerlere sahiptir. Sıvılarda kükürt izotoplarının (S) yoğun birikimi, tortul kaynaklı, özellikle deniz suyu sülfatlarından (örneğin evaporitler gibi) gelen önemli miktarda kükürdün varlığına işaret edebilmektedir (Ohmoto ve Goldhaber 1997; Seal 2006; Zhong vd. 2018; Xu vd. 2021). Magmatik-hidrotermal sistemlerde çoğunlukla görülen izotopik dengesizlik nedenleri şu şekilde sıralanabilmektedir: çok aşamalı çökeltme süreçleri (Strmic Palinkas vd. 2013), $f\text{O}_2$ değişimleri (Pass vd. 2014a), akışkan-kaya etkileşimleri (Wilson vd. 2007) ve magmatik ve tortul kaynaklı sülfürün karışması (Pearson vd. 1988).

Çizelge 4.33. Erva, Zengan ve Almila maden ocakları ana cevher aşamasından derlenen örneklerin $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (‰) izotopik bileşimi

Numune adı	Cevher tanımı	(‰) $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$
Zengan-1	Gn	6.45
Zengan-2	Gn	6.06
Zengan Ortalama		6.25
Erva-1	Gn	9.50
Erva-2	Gn	9.66
Erva Ortalama		9.58
Almila-1	Gn	10.58
		10.69
Almila-2	Gn	11.30
		11.23
Almila Ortalama		10.95



Şekil 4.36. Erva, Zengan ve Almila maden ocaklarının $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ diyagramı ve jeolojik rezervuarlar/süreçler: **Pembemsi ve yeşilimsi alanlar:** sırasıyla magmatik (‰0±5.0) ve manto kaynaklı (‰0±3.0) kükürtün $\delta^{34}\text{S}$ aralığını belirtir; bu değerler Ohmoto ve Goldhaber (1997) ile Hoefs (2018)'den alınmıştır. • **Diğer iki kükürt kaynağı şunlardır:** evaporit (‰+10.0 – +26.0; Hoefs 2018) ve/veya deniz suyu (‰+16.0 – +28.0; Claypool vd. 1980). • **Üç indirgeme süreci:** Termokimyasal sülfat indirgenmesi (TSR): (‰+0.0 – +30.0; Rye ve Ohmoto 1974; Ohmoto ve Rye 1979); Organik sülfat indirgenmesi (OSR): (‰-20.0 – +30.0; Kelley vd. 2004); Bakteriyel sülfat indirgenmesi (BSR): (‰-50.0 – +30.0; Ohmoto ve Goldhaber 1997; Warren 1999); MVT kökenli yataklar için $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri (‰-25 – +25; Leach vd. 2005); SEDEX kökenli yataklar için $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri (‰-5 – +15; Leach vd. 2005); Doğu Toroslar Ayraklı ve Denizovası Zn-Pb

yatakları $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri ($\text{‰}-5.4 - +12.9$; Hanilçı ve Öztürk 2005); (Li vd. 2019b; Xu vd. 2021'den değiştirilerek alınmıştır)

Zengan ocağından derlenen galen örneklerinin $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri, $\text{‰}6.06 - 6.45$ aralığında bulunmuştur. $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 'in ortalaması ise $\text{‰}6.25$ 'tir. Erva ocağından derlenen galen örneklerinin $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri, $\text{‰}9.50 - 9.66$ aralığında bulunmuştur. $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 'in ortalaması ise $\text{‰}9.58$ 'dir. Almila ocağından derlenen galen örneklerinin $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri, $\text{‰}10.58 - 11.30$ aralığında bulunmuştur. $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 'in ortalaması ise $\text{‰}10.95$ 'tir. Zengan, Erva ve Almila ocaklarının $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri, magmatik (kabuk-manto) kaynaklı kükürt değerlerinden çok daha yüksektir. Fakat deniz suyu veya evaporitlerden gelen kükürdün değerlerinden biraz daha düşük (veya onlara daha yakın) olarak bulunmaktadır (Şekil 4.36).

Yahyalı-Zamantı kuşağı esas olarak orta-yüksek sıcaklık mineral topluluğu içerir ve sıvının kapanma homojenizasyon sıcaklığı $205-500^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu nedenle, TSR süreçleri ile Zengan, Erva ve Almila yatakları için cevher sıvılarındaki evaporit kaynaklı sülfat (SO_4^{2-}) sülfüre (S^{2-}) indirgenmiştir. Yataklardaki sülfürler, baskın olarak magmatik kaynaklı kükürt içeren çoğu CRD (karbonat ornatımlı yataklar) kökenli yatakların bulundurduğu $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ ($\text{‰}-4.00 - +7.00$) (Bonsall vd. 2011) değerlerinden daha yüksek ancak deniz suyu sülfatlarının değerlerinden daha düşüğe kaldıkları görülmektedir. Bu durum, magmatik ve tortul kükürtün karışımı olarak yorumlanabilir. Megaw (1990), evaporitlerin CRD kökenli cevher oluşumu için magmatik sıvıları değiştirmede önemli bir rol oynadığını öne sürmüştür. CRD kökenli yataklarda, kükürt kaynağını magmatik ve deniz suyu arasında karışık bir kaynaktan olduğu belirtilmiştir (Bonsall vd. 2011).

4.6. Sıvı Kapanım Analizleri

4.6.1. Yahyalı-Zamantı sıvı kapanım analizleri

Sıvı kapanım hakkında temel çalışmayı yapan, Roedder 1984'in kriterlerine göre numunelerde hem birincil hem de ikincil sıvı kalıntıları bulunmaktadır. Numuneler içerisinde, birincil sıvı kapanımlar kümelenmiş veya izole edilmiş olanlar iken; ikincil sıvı kapanımlar ise genellikle $2\text{ }\mu\text{m}$ 'den küçük trans granüler izlerdeki mikro çatlaklar boyunca hizalanmış olanlardır (Mehrabi vd. 2023).

Mineral oluşumu esnasında kristal yapı içerisinde veya mineral oluşumundan sonraki evrelerde kırıkların içerisine hapsolmuş çözeltilere sıvı kapanımlar denilmektedir (Özbaş 2014).

Tipik MVT Pb-Zn yataklarının sıvı kapanım homojenizasyon sıcaklıkları $50-250^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Çoğunlukla $90-150^{\circ}\text{C}$ 'de yoğunlaşmış durumdadır (Leach vd. 2005).

Sıvı kapanım çalışmaları için yalnızca cevherleşme süreçlerinin ana ve cevher sonrası aşamalarıyla ilgili birincil sıvı kapanımlar seçilmiştir.

Kayaç içerisinde kristallerin büyümesi esnasında veya mineral kristalleşmesi sonrası, klivaj, dilinim ve mikro kırıklar gibi ikincil düzlemsel tektonik dokularda

kapanlanmış (trapped) sıvı damlacıklara sıvı kapanım denilmektedir (Kıran Yıldırım 2013). Sıvı kapanımların boyutları ortalama 0.01 mm olmakla birlikte tek bir su molekülünden itibaren birkaç mm boyutuna kadar uzanabilmektedir (Roedder 1979; Kıran Yıldırım 2013). Bir kristalde birden fazla sıvı kapanım gözlenebilmektedir (Kıran Yıldırım 2013). Cevherlerin oluşum sıcaklıkları, basınç koşulları ve cevherleşme sırasında var olan çözeltielerin yoğunluğu ve bileşimi gibi (fiziksel/kimyasal koşulların) ortaya çıkarılması ve yorumlanması aşamalarında sıvı kapanım analizleri oldukça yararlı bilgiler sunabilmektedir (Kıran Yıldırım 2013). Sıvı kapanımlar, birincil (primary), ikincil (secondary) ve yalancı ikincil (pseudosecondary) olmak üzere üç farklı tipe ayrılmaktadır (Kıran Yıldırım 2013).

Birincil (primary) sıvı kapanımları, içinde bulunuş gösterdiği mineralin büyümesi esnasında büyüme zonlarında veya kristalin büyümesi sırasında oluşabilen tektonik yapılar sebebiyle izole olarak kapanmışlardır (Kıran Yıldırım 2013). İkincil (secondary) kapanımlar ise içinde bulundukları mineral büyümesini tamamladıktan sonra kapanmışlardır. Bu tür sıvı kapanımlar üç şekilde gelişebilmektedir: (I) kristal büyüme zonlarını kesme; (II) kristal büyüme zonu ve kristalin kenarını kesme; (III) maden yatağının oluşumu sırasında etkili olmayan sıvıların mikro çatlaklarda kapanlanması (Kıran Yıldırım 2013). Yalancı ikincil (pseudosecondary) kapanımlar ise düzlemsel yapılardan olan mikro kırıklar boyunca veya kristalin büyüme zonlarının kenarlarında sonlanan hallerde gelişebilir. Fakat bunları kesmeyecek şekilde oluşmuşlardır. Bu kapanım türünü birincil (primary) ve ikincil (secondary) den ayırt etmek oldukça güçtür (Kıran Yıldırım 2013).

Sıvı kapanım ölçümlerinde birincil ve yalancı ikincil kapanımlar kullanılır (Kıran Yıldırım 2013). Sıvı kapanım analizlerinin, genetik olarak sınıflandırılmasını Roedder (1979)'da yapmıştır. Sıvı kapanımların morfolojisi ve bileşenlerinin sınıflandırılmasını ise Shepherd vd. (1985)'te ayrıntılı olarak açıklamışlardır. Morfoloji ve bileşim üzerine Shepherd vd. (1985)'te yaptıkları sınıflandırma şu şekildedir:

- I. Sıvı kapanım türü Monofaz (L): kristal tamamen sıvı faz ile doludur (Liquide-L).
- II. Sıvı kapanım türü iki fazlı kapanım (L+V): kristal içerisi sıvı faz (Liquide-L) ve gaz fazı (Vapour-V) ile doludur.
- III. Sıvı kapanım türü iki fazlı kapanımlar (L+V): iki fazlı kapanım türü ile benzer şekilde kristal içerisinde sıvı faz (Liquide-L) ve gaz fazı (Vapour-V) bulunmaktadır. Fakat bu türde gaz fazı, sıvı faza göre toplam hacmin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır.
- IV. Sıvı kapanım türü Monofaz gaz kapanımlar (V): bu kapanım türünde kristal tamamen düşük yoğunluklu gaz (H_2O , CH_4 , CO_2 karışımı) (Vapour-V) fazı ile kaplıdır.

- V. Sıvı kapanım türü katı faz içerikli multifaz kapanımlar (S+L+/-V): çoğunlukla halit (NaCl) ve silvit (KCl) gibi yavru (daughter) kristal içerikli kapanımlardır. Fakat kapanım içerisinde sülfidlerde bulunabilmektedir.
- VI. Sıvı kapanım türü karışmaz iki sıvı fazlı kapanımlar (L1+L2+/-V): kapanım içerisinde birbirine karışmaz iki farklı sıvı fazından oluşmaktadır. Bu iki sıvı fazdan biri genellikle H₂O'ca zengin; diğeri ise CO₂'ce zengin sıvı fazlardan oluşmaktadır.

Sıvı kapanım türü olarak monofaz (L) ve iki fazlı kapanım (L+V) birlikte bulunduran kapanımlar, sıvının kapanlandığı esnada kaynadığının işaretidir (Kıran Yıldırım 2013). Homojen tek bir bileşen bulunduran sistemin kaynama noktasına gelmesi durumunda, gaz kabarcığı temel sıvının gaz fazıdır (Kıran Yıldırım 2013). Fakat heterojenlik gösteren bir sistemde gaz fazı köpürmeyle meydana gelmektedir (Kıran Yıldırım 2013). Bu bilgilerle beraber sistem içerisinde CO₂ mevcut ise bunun tespiti soğutma aşaması ile mümkündür (Roedder 1979; Kıran Yıldırım 2013). Halit (NaCl) ve Silvit (KCl) gibi yavru minerallerin bulunuş göstermesi, aşırı doymun sıvı solüsyonların varlığına işaret etmektedir (Kıran Yıldırım 2013). Tuz miktarı çok fazla olan (Hypersaline) sıvılarda, Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺ ve Ca²⁺ en fazla bulunuş gösteren çözülmüş iyonlardır (Kıran Yıldırım 2013). Sıvı kapanım analizleri dizaynı özel yapılmış hassasiyeti yüksek mikroskoplar aracılığıyla ısıtma (heating) ve soğutma (freezing) olacak şekilde iki adımda gerçekleştirilmektedir (Kıran Yıldırım 2013). Sıvı kapanım analizlerinde kullanılan ve elde edilen sonuçların sunulmasında faydalanılan terimler ve açıklamaları aşağıda sıralanmıştır:

Homojenleşme Sıcaklığı (Th): Sıvı kapanım analizinde, sıvı veya gaz fazında homojenleşme sağlanıncaya kadar düzenek ısıtılır ve homojenleşmenin görüldüğü andaki sıcaklığa homojenleşme sıcaklığı (Th) denilir. Tespit edilen sonuç, ilgili mineralin en düşük oluşum sıcaklığını temsil etmektedir (Kıran Yıldırım 2013).

Ergime Sıcaklığı (Tm): Su ile doymun kapanımlarda buzun ergimesini temsil eden terimdir. Kapanım sisteminde ergime sıcaklıkları değişkenlik göstereceğinden, ergime sıcaklığının hangi bileşene ait olduğunu belirtmek gereklidir (örnek olarak: Tm-NaCl, Tm-CO₂, Tm-ice) (Kıran Yıldırım 2013). Sistem içerisinde hangi miktarda tuz olduğunun tespiti için ergime sıcaklığı (Tm-ice)/son ergime sıcaklığı kullanılmaktadır (Kıran Yıldırım 2013).

Efektif Sıcaklık (Te): Tamamen kristallenen veya don şeklindeki sıvı kapanımda, ısıtma (heating) sürecinde sıvı oluşumunun ilk tespit edildiği sıcaklığı temsil eden ifadedir. Bazı araştırmacılar için bu terim ilk ergime sıcaklığı (Tfm) olarak da isimlendirilmektedir (Kıran Yıldırım 2013). Sıvı kapanım analizleri kullanılarak ulaşılan sonuçlardan olan Efektif sıcaklık (Te)/ilk ergime sıcaklığı (Tfm) değerleri sistem içerisindeki tuzun türünün tespiti için de kullanılmaktadır (Kıran Yıldırım 2013).

%NaCl Eşdeğer Tuzluluk Miktarı: Sıvı kapanımda mevcut olan tuzluluk oranının %NaCl eşdeğeri cinsinden ifadesidir. Sistem içerisinde farklı tür tuzlar bulunabilmektedir. Fakat %NaCl eşdeğeri olarak sunulmaktadır (Kıran Yıldırım 2013).

Ergime sıcaklığı (T_m) değerleri, Pb-Zn yataklarının oluşumunda etkin rol oynayan çözeltilerin tuzluluk oranları hakkında önemli bilgilere ulaşılmasını sağlamaktadır (Roedder 1984; Bodnar 1993). Bodnar (1993) tarafından verilen bir eşitlikle/denklemle sıvı kapanımların tuzluluk (%NaCl) miktarları hesaplanabilmektedir. Bahsi geçen tuzluluk (%NaCl) denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\text{Tuzluluk (\%NaCl)} = 1.78(T_m) - 0.0442(T_m)^2 + 0557(T_m)^3 \quad (1)$$

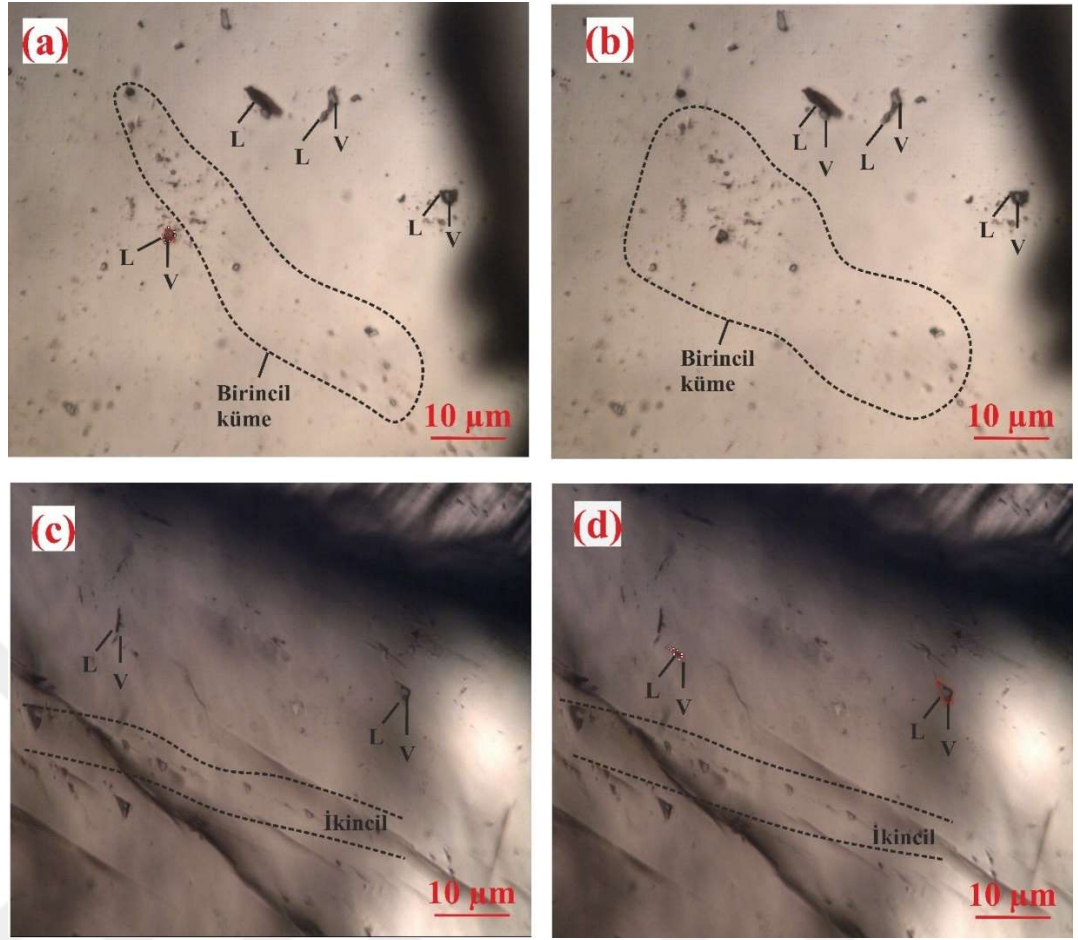
Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarından derlenen kuvars örneklerinde yapılan sıvı kapanım sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değerleri Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarından derlenen kuvars örneklerinde yapılan sıvı kapanım sonuçları ve tuzluluk değerleri

Örnek No	Efektif Sıcaklık(T_e)	Son Ergime (T_m)	Homojenleşme Sıcaklığı (T_h)	Tuzluluk (% NaCl)
Zen-Ar-1a	-59.60	33.40	500.00	30.89
Zen-Ar-1b	-41.90	7.00	215.00	10.48
Zen-Ar-2a	-50.20	28.10	500.00	27.47
Zen-Ar2b	59.00	1.60	360.10	2.73

Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarının farklı lokasyonlardan derlenen kuvars örnekleri içerisindeki kapanımlarda ölçüm yapılmıştır. Kapanımlarda birincil ve iki fazlı kapanım (L+V) saptanılmıştır. Sıvı-CO₂-gaz (LCV) kapanımlara rastlanılmamıştır (Şekil 4.37). Zen-Ar-1 örneğinde sıvı fazda ölçülen kristaller içerisindeki kapanımın tane boyu 23.3 µm ve gaz fazda ölçülen kristaller içerisindeki kapanım tane boyu 4.8 µm'dir. Zen-Ar-2 örneğinde sıvı fazda ölçülen kristaller içerisindeki kapanımın tane boyu 57 µm ve gaz fazda ölçülen kristaller içerisindeki kapanım tane boyu 4.9 µm'dir. Zen-Ar-1 için efektif sıcaklık (T_e) -59.6°C ve -41.9°C ölçülmüştür. Ergime sıcaklığı (T_m), 33.4°C ve 7°C ölçülmüştür. Homojenleşme sıcaklığı (T_h) ise 500°C ve 215°C ölçülmüştür. Zen-Ar-2 için efektif sıcaklık (T_e) -50.2°C ve -59°C ölçülmüştür. Ergime sıcaklığı (T_m), 28.1°C ve 1.6°C ölçülmüştür. Homojenleşme sıcaklığı (T_h) ise 500°C ve 360.1°C ölçülmüştür.

Sıvı kapanım ölçümlerinden elde edilen değerlerden olan homojenleşme sıcaklığı (T_h)°C ve hesaplanan tuzluluk (%NaCl) değerleri kullanılarak Roedder (1984) ve Wilkonsin (2001)'den değiştirilerek alınmış diyagram Şekil 4.38'de verilmiştir.

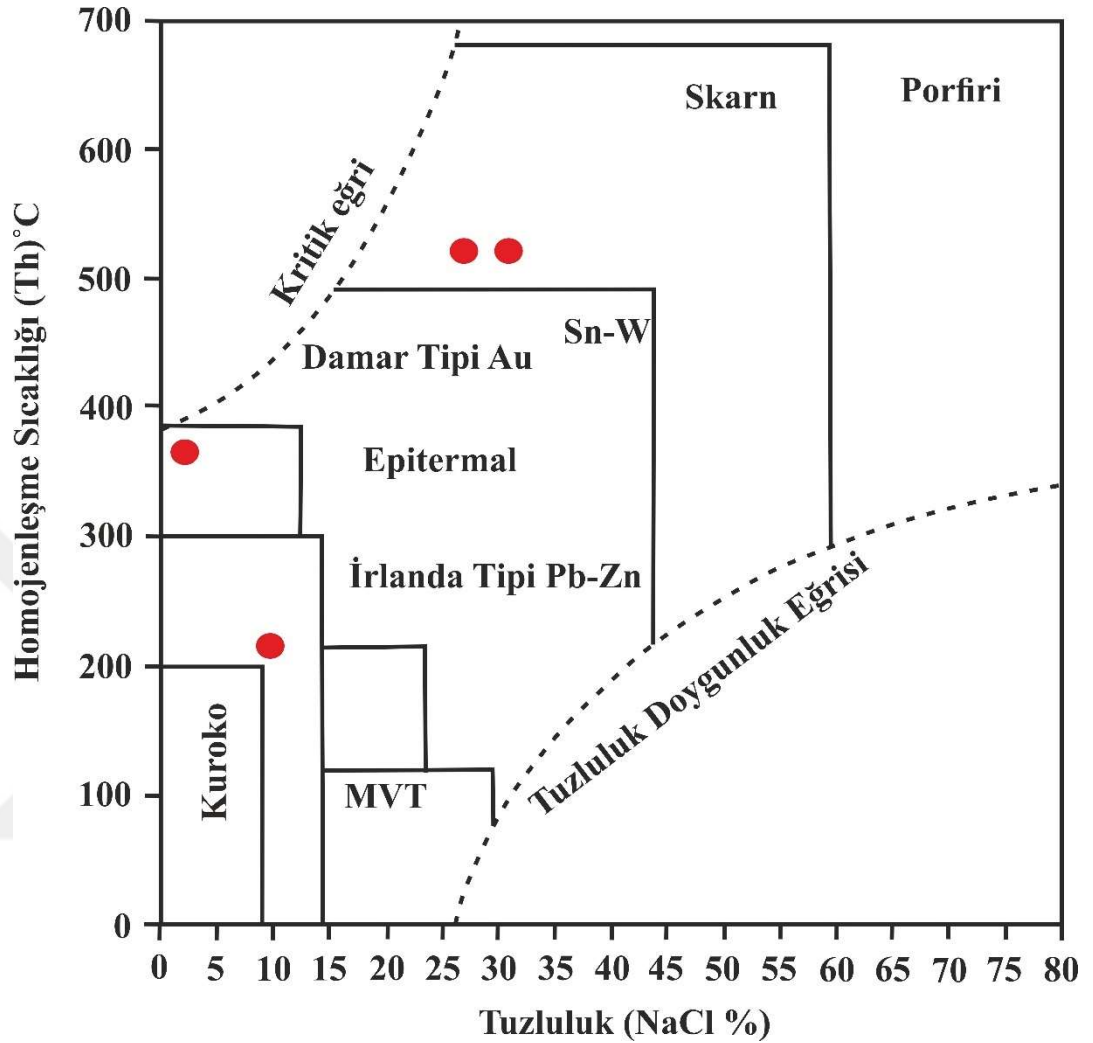


Şekil 4.37. Zamantı (Aladağ) sıvı kapanımlı fotomikrografları **(a)** Birincil sıvı kapanımları kümesi iki fazlı sıvı kapanımları, **(b)** Birincil küme sıvı kapanımları iki fazlı sıvı kapanımları, **(c)** Bir sıra ikincil sıvı kalıntıları iki fazlı sıvı kapanımları, **(d)** Bir sıra ikincil sıvı kalıntıları iki fazlı sıvı kapanımları

Zengan, Erva ve Almila maden ocakları bölgesindeki cevherleşmelerin epitermal, İrlanda tipi Pb-Zn ve skarn alanlarına düştüğü görülmektedir. Örneklerin hesaplanan tuzluluk değişimi %2-30 NaCl arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Buna karşın homojenleşme sıcaklığı (T_h) 360-500 °C değişkenlik göstermiştir. Homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk diyagramında %30-70 tuzluluk değişiminin Sn-W, skarn ve porfiri tip yataklarda granitlerle alakalı yükseldiği görülmektedir. Roedder (1984)'te yaptığı çalışmada granitlerle alakalı olarak oluşmuş damar tip cevherlerde, magmatik sıvı bulunduran kapanımların tuzluluklarını %1-15 NaCl ve homojenleşme sıcaklığı (T_h) değerlerinin ise 240-430°C arasında değiştiğini öne sürmüştür. Epitermal yataklarda ise sıvı bulunduran kapanımların tuzluluklarını %0-13 NaCl ve homojenleşme sıcaklığı (T_h) değerlerinin ise 140-350°C arasında değiştiğini vurgulamıştır.

Tuzluluk (% NaCl) – homojenleşme sıcaklığı diyagramı (T_h) sıvı kapanımların geniş bir sıcaklık aralığında yer aldığını göstermektedir (Şekil 4.39) (Kesler 2005; Mehrabi vd. 2023). Ayrıca Şekil 4.39'da akışkanın evrim eğrileri trendleri hakkında da

bilgiler verilmiştir. Bu trendler hakkında bilgiler ise aşağıda sıralandığı gibidir (Shepherd vd. 1985).



Şekil 4.38. Sıvı kapanım değerlerinden homojenleşme sıcaklığı (T_h)°C ve hesaplanan tuzluluk (%NaCl) diyagramı (Roedder 1984; Wilkonsin 2001)

Trend 1; soğuk ve düşük tuzluluktaki bulunan akışkan B sıvısını temsil ederken B ile karışmış ilksel akışkan ise A ile temsil edilmektedir.

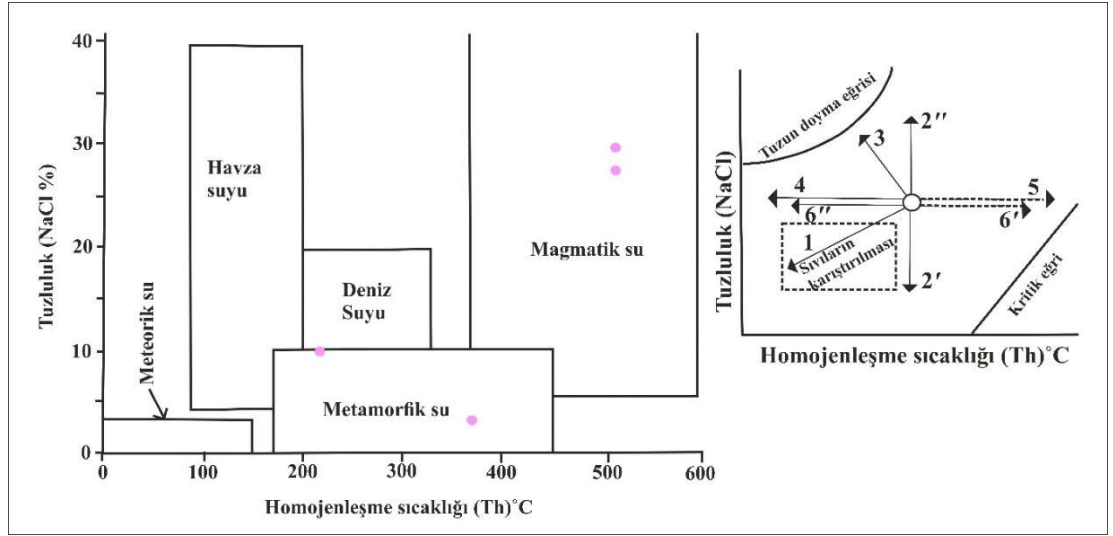
Trend 2 ve 2'; ilksel akışkan A'nın izotermal olarak B ile karışmasını temsil eder.

Trend 3; ilksel akışkan A'nın kaynama noktasındaki artık fazının tuzluluğunu temsil eder.

Trend 4; ilksel akışkan A'nın soğumasını temsil eder.

Trend 5; ısıtma sırasında sıvı kalıntılarının sızıntısını temsil eder.

Trend 6; sıvı kapanımının azalmasını temsil eder.



Şekil 4.39. Sıvı kapanımların homojenizasyon sıcaklığına (Th)°C karşı tuzluluk (NaCl %) diyagramı (Shepherd vd. (1985)'ten değiştirilerek alınmıştır)

Zamantı (Aladağ) Pb-Zn cevherleşmesi diyagramına göre homojenleşme sıcaklığı (215-500°C) göstermektedir. Tuzluluk-hojenleşme sıcaklığı diyagramına bakılarak metamorfik su ve magmatik su ile akışkanların ilişkili olduğu çıkarılmaktadır.

4.7. Elektron Prob Mikronaliz (EPMA)

4.7.1. Zengan maden ocağı Elektron Prob Mikronaliz (EPMA)

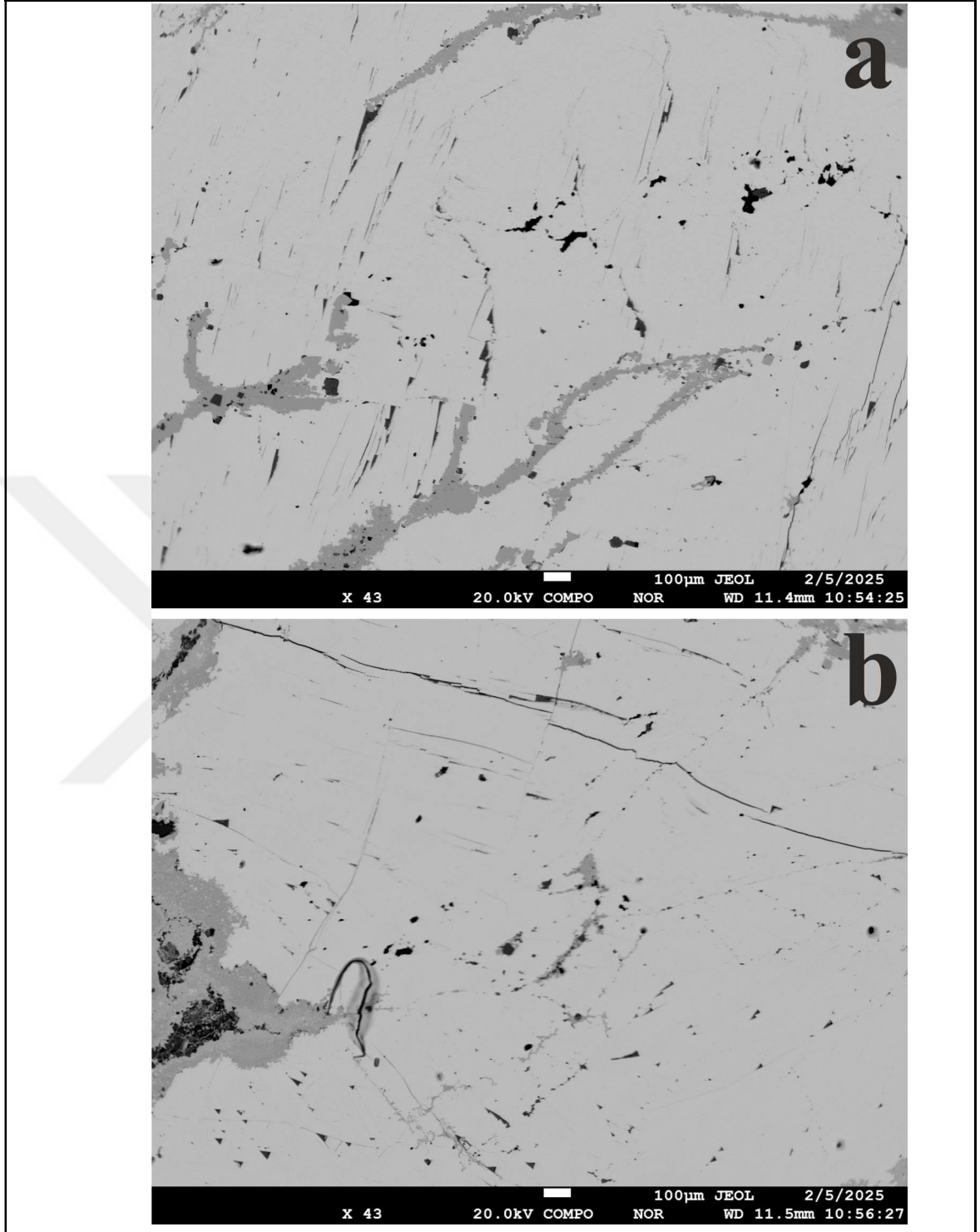
Zengan maden ocağını temsil eden Z11, Z21 ve Zengan Fay Boşluğu Göktepe kodlu örnekler üzerinde EPMA analizi yapılmıştır. Z11 kodlu örnek kurşun cevheridir. Örneğin içerisinde bol miktarda galen minerali bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan farklı iki galen mineraline 5 nokta analiz uygulanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da verilmiştir. EPMA analizi uygulanan galen minerallerinin mikroskop görüntüleri ise Şekil 4.40'ta verilmiştir.

Çizelge 4.35. Z11 örneği galen 1 minerali EPMA sonuçları

GALEN 1						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0.001	0.002	0	0.012	0	0.0030
As	0.041	0	0	0	0	0.0080
Ni	0	0.198	0.341	0.174	0.172	0.177
Al	0	0.001	0.001	0	0.002	0.0008
Si	0	0.003	0.012	0	0.006	0.0042
Sr	0	0.011	0	0	0	0.0022
Cu	0	0	0	0	0.085	0.0170
Fe	0.011	0.001	0.02	0.018	0.019	0.0138
Ag	0	0	0.001	0.01	0.032	0.0086
Pb	77.233	76.286	78.308	76.934	78.07	77.3662
Sb	0	0.013	0.005	0	0.011	0.0058
K	0.004	0	0	0.001	0.001	0.0012
P	0.006	0	0	0	0	0.0012
S	5.703	6.014	5	5.105	5	5.3644
Zn	0.022	0	0.009	0.003	0.002	0.0072
Ca	0	0.005	0.003	0	0	0.0016
Ba	0	0	0	0.006	0	0.0012
Toplam	83.021	82.534	83.7	82.263	83.4	-

Çizelge 4.36. Z11 örneği galen 2 minerali EPMA sonuçları

GALEN 2						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0.023	0	0	0.025	0.001	0.009
As	0	0	0	0	0.059	0.011
Ni	0	0	0	0.427	0.038	0.093
Al	0.008	0.003	0	0	0	0.002
Si	0	0.01	0.008	0.006	0	0.004
Sr	0	0	0.006	0.003	0	0.001
Fe	0.011	0.017	0	0.005	0.011	0.008
Ag	0.013	0	0	0	0	0.002
Pb	78.34	79.329	79.883	78.503	78.762	78.963
Sb	0.048	0	0.049	0.007	0.016	0.024
K	0.011	0.005	0	0.009	0	0.005
P	0.005	0	0.003	0	0.001	0.001
S	5.005	5.12	5.142	5.5	5.302	5.213
Ca	0.004	0.012	0	0.005	0	0.004
Ba	0.011	0	0	0	0.004	0.003
Toplam	83.479	84.496	85.091	84.49	84.194	-



Şekil 4.40. Z11 örneği galen 1 (a) ve galen 2 (b) örnekleri EPMA mikroskop görüntüleri

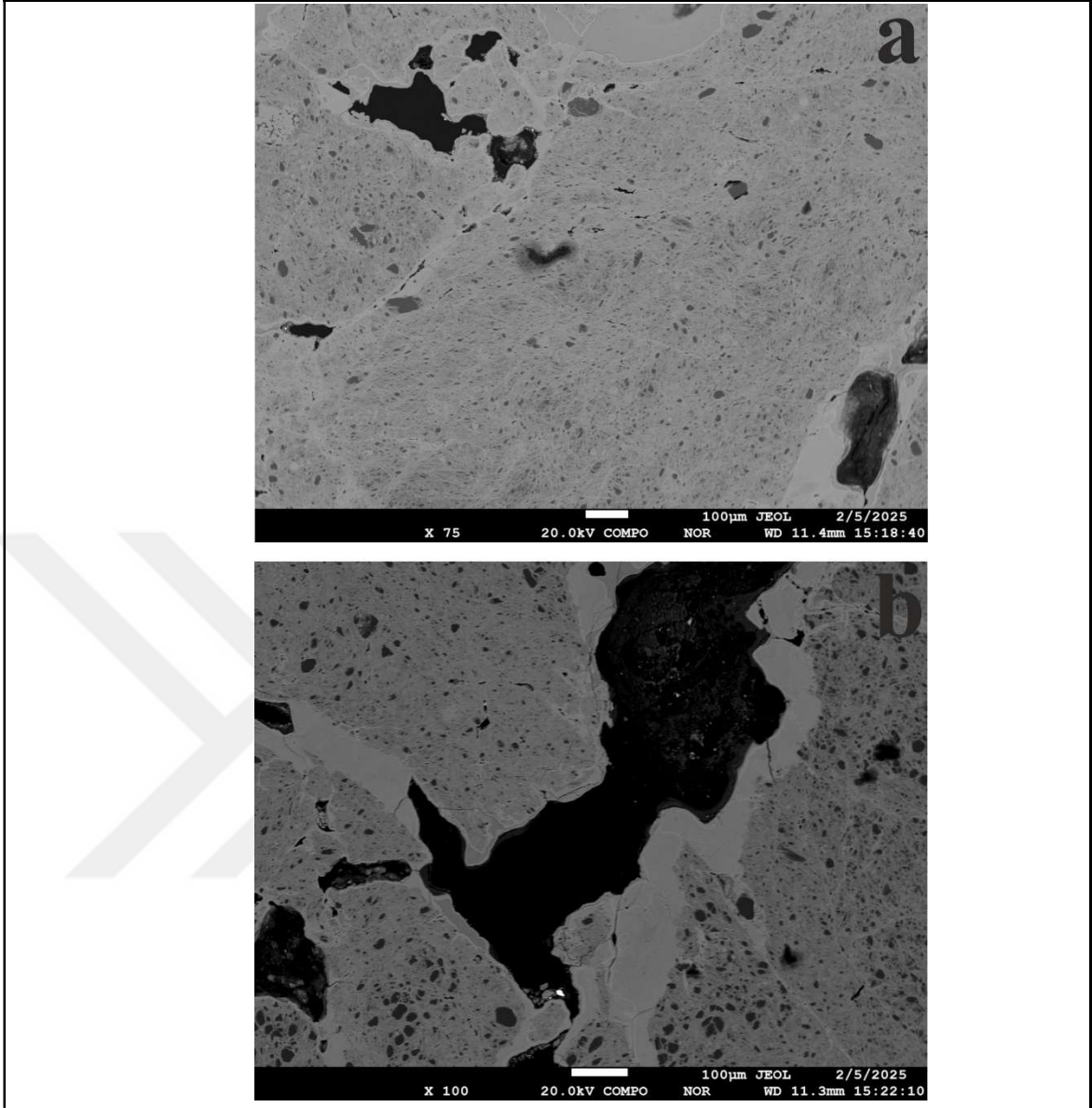
Z21 kodlu örnek içerisinde bol miktarda hematit minerali bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan farklı iki hematit mineraline 8 ve 7 nokta analiz uygulanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38’de verilmiştir. EPMA analizi uygulanan galen minerallerinin mikroskop görüntüleri ise Şekil 4.41’da verilmiştir.

Çizelge 4.37. Z21 örneği hematit 1 minerali EPMA sonuçları

HEMATİT-1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ortalama
Na	0.056	0.036	0.053	0.034	0.093	0.037	0.047	0	0.044
Mg	0.098	0.076	0.04	0.07	0.079	0.112	0.111	0.016	0.075
As	0	0	0.02	0.029	0	0.048	0	0	0.012
Ni	0	0	0	0	0	0.137	0.341	0.013	0.061
Al	2.924	2.448	1.66	1.545	2.08	3.562	2.13	0.173	2.065
Si	6.331	4.943	3.461	3.349	7.736	8.435	4.17	34.977	9.175
Sr	0	0	0	0	0	0.013	0.009	0.006	0.003
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0.008	0.001
Ge	0	0	0.004	0.017	0.014	0.003	0	0.005	0.005
Fe	61.82	63.093	68.493	68.761	60.953	68.494	66.668	9.1	58.422
Ag	0	0.017	0.015	0	0	0	0	0	0.004
Bi	0.013	0.004	0	0	0	0.023	0	0.012	0.006
Pb	0.036	0.025	0	0.031	0.01	0.064	0.028	0	0.0242
K	0.357	0.308	0.318	0.286	0.314	0.464	0.342	0.041	0.303
Cd	0.002	0.004	0	0.004	0.004	0.012	0.017	0	0.005
P	0.004	0.006	0.003	0.003	0.005	0.007	0	0.005	0.004
S	0.009	0.011	0.026	0.013	0.004	0.01	0.018	0.006	0.012
Zn	0	0	0.006	0	0.011	0.008	0.015	0	0.005
Ca	0.062	0.054	0.121	0.112	0.059	0.058	0.17	0.018	0.081
Toplam	71.712	71.025	74.22	74.254	71.362	81.487	74.066	44.38	-

Çizelge 4.38. Z21 örneği hematit 2 minerali EPMA sonuçları

HEMATİT-2								
	1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Na	0.044	0.036	0.125	0.056	0.053	0.068	0.144	0.075
Mg	0.105	0.085	0.095	0.118	0.127	0.056	0.128	0.102
As	0	0	0	0	0	0	0.002	0.286
Ni	0.55	0	0	0.435	0.546	0	0.153	0.240
Al	2.103	1.744	2.612	3.459	3.265	1.66	1.856	2.385
Si	4.132	3.447	5.419	9.315	6.901	3.378	3.63	5.174
Sr	0	0	0.013	0	0	0.004	0	0.002
Cu	0.005	0	0.059	0	0.078	0.084	0.118	0.049
Ge	0.002	0.031	0	0.022	0	0	0	0.007
Fe	66.099	68.306	63.439	69.45	61.705	69.943	66.257	66.457
Ag	0.012	0.007	0	0	0.008	0	0	0.003
Bi	0.012	0.013	0	0	0.004	0	0.022	0.007
Pb	0	0	0	0	0.05	0.027	0	0.011
K	0.418	0.325	0.366	0.505	0.546	0.35	0.316	0.403
Cd	0	0.008	0	0	0	0.016	0	0.003
P	0.007	0.009	0.002	0.003	0.007	0.008	0	0.005
S	0.024	0.019	0.021	0	0.005	0.014	0.029	0.016
Zn	0.007	0.005	0.004	0.008	0.002	0.008	0.015	0.007
Ca	0.093	0.115	0.068	0.084	0.068	0.106	0.087	0.088
Toplam	73.613	74.15	72.223	83.455	73.365	75.722	72.757	-



Şekil 4.41. Z21 örneği hematit 1 (a) ve hematit 2 (b) örnekleri EPMA mikroskop görüntüleri

ZFB kodlu örnek içerisinde karbonat ve götit mineralleri bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan iki farklı karbonat mineraline 3'er nokta analiz uygulanmıştır. Kesit içerisinde bulunan farklı iki götit mineraline ise 5'er nokta analiz uygulanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 4.39, Çizelge 4.40, Çizelge 4.41 ve Çizelge 4.42'de verilmiştir. EPMA analizi uygulanan karbonat ve götit minerallerinin mikroskop görüntüleri ise Şekil 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.39. ZFB örneği karbonat 1 minerali EPMA sonuçları

KARBONAT-1				
	1	2	3	Ortalama
Na	0	0.003	0.007	0.003
As	0	0	0.011	0.003
Ni	0	0.225	0	0.075
Al	0.001	0	0.003	0.001
Si	0	0.011	0.004	0.005
Sr	0	0.003	0.003	0.002
Ge	0	0.023	0	0.007
Fe	0.017	0.092	0.008	0.039
Bi	0	0.026	0.036	0.020
Pb	0.022	0.139	0.004	0.055
K	0	0	0.002	0.667
Cd	0.002	0.004	0.002	0.002
S	0.004	0.006	0.002	0.004
Zn	0.025	0.024	0.058	0.035
Ca	36.869	37.706	36.918	37.164
Ba	0	0.002	0.022	0.008
Toplam	36.94	38.264	37.08	-

Çizelge 4.40. ZFB örneği karbonat 2 minerali EPMA sonuçları

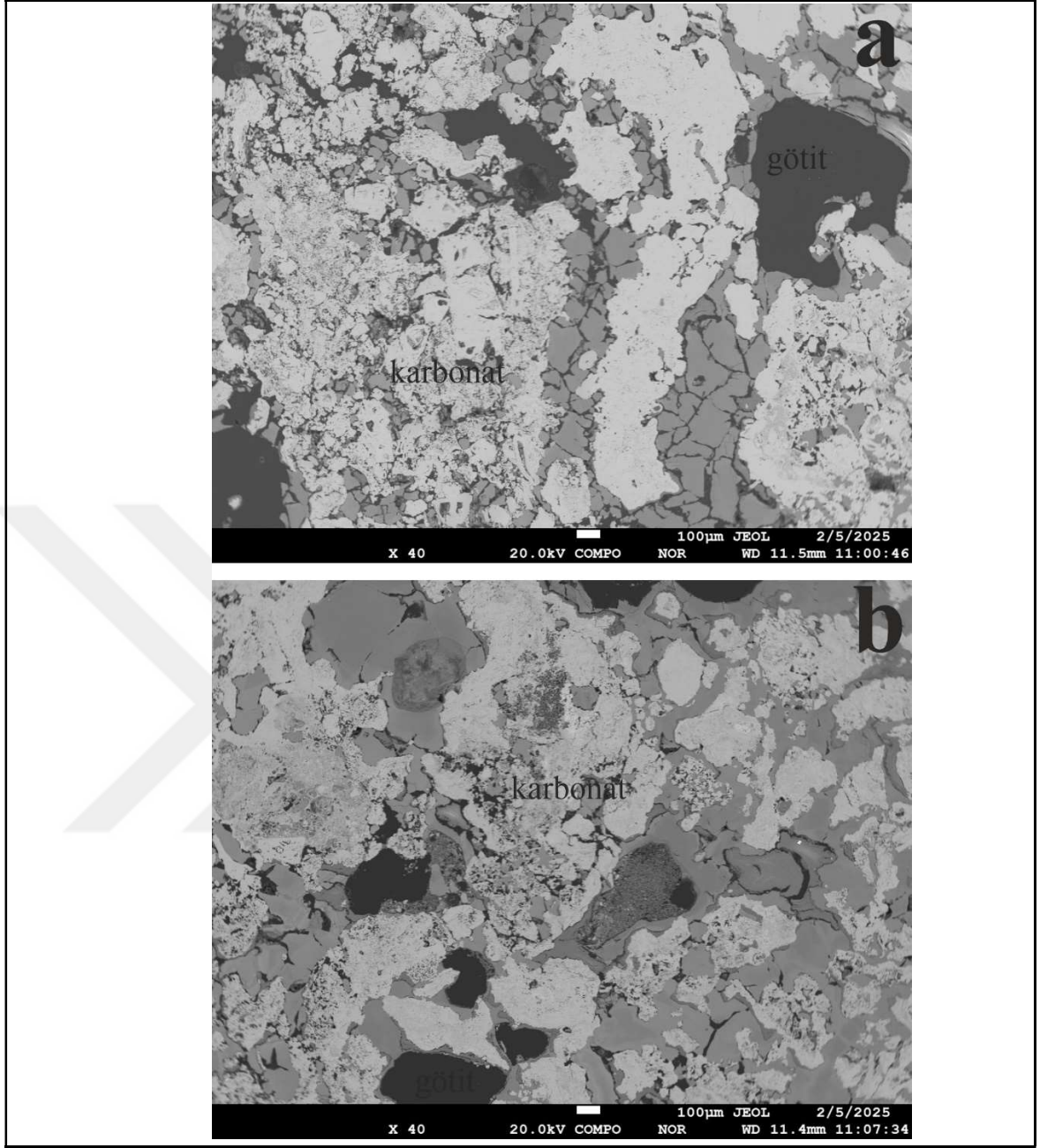
KARBONAT-2				
	1	2	3	Ortalama
Na	0	0	0.017	0.005
Mg	0.001	0	0	0.0003
As	0	0.018	0	0.006
Ni	0.028	0	0.274	0.100
Al	0	0	0.002	0.0006
Si	0.003	0.001	0.028	0.010
Sr	0.007	0.01	0	0.005
Cu	0.005	0	0	0.001
Ge	0	0.008	0	0.002
Fe	0.044	0.052	0.245	0.113
Ag	0.002	0	0	0.0006
Pb	0.468	0.317	2.507	1.097
K	0.001	0	0.007	0.002
Cd	0.012	0.011	0.013	0.012
S	0	0.001	0.003	0.001
Zn	0.059	0.057	0.109	0.075
Ca	36.15	36.363	33.19	35.234
Ba	0.008	0	0	0.002
Toplam	36.788	36.838	36.395	-

Çizelge 4.41. ZFB örneği götit-1 minerali EPMA sonuçları

GÖTİT-1						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0.028	0.035	0	0	0	0.0126
Mg	0	0.01	0.002	0.005	0	0.0034
As	0.105	0.179	0.107	0.181	0.261	0.1666
Ni	0.37	0	0.409	0	0.322	0.2202
Al	0.383	0.214	0.341	0.29	0.258	0.2972
Si	0.454	0.324	0.354	0.478	0.326	0.3872
Sr	0.013	0.013	0	0	0.008	0.0068
Cu	0.013	0	0	0.046	0.054	0.0226
Ge	0.033	0.036	0.022	0	0.076	0.0334
Fe	55.805	57.59	56.843	57.588	58.684	57.3020
Ag	0.018	0	0.005	0	0	0.0046
Bi	0.002	0	0	0	0	0.0004
Pb	0.78	0.595	0.692	0.653	0.772	0.6984
Sb	0	0.01	0.007	0	0.023	0.0080
K	0.014	0	0.007	0.02	0.007	0.0096
Cd	0.004	0.013	0.009	0.012	0.002	0.0080
P	0.007	0.003	0.006	0.007	0.009	0.0064
S	0.018	0.027	0.017	0.03	0.028	0.024
Zn	0.143	0.073	0.119	0.13	0.114	0.1158
Ca	0.086	0.059	0.068	0.069	0.075	0.0714
Toplam	58.276	59.181	59.008	59.509	61.019	

Çizelge 4.42. ZFB örneği götit-2 minerali EPMA sonuçları

GÖTİT-2						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0	0.001	0.08	0.01	0	0.0182
Mg	0	0.006	0.008	0	0.01	0.0048
As	0.231	0.259	0.294	0.21	0.111	0.2210
Ni	0.249	0	0.76	0	0	0.2018
Al	0.57	0.497	0.455	0.427	0.363	0.4624
Si	0.435	0.429	0.352	0.409	0.336	0.3922
Sr	0	0	0	0	0.013	0.0026
Cu	0	0	0.003	0.013	0.041	0.0114
Ge	0.039	0.047	0.042	0.075	0.051	0.0508
Fe	57.761	56.896	57.717	58.166	57.222	57.5524
Ag	0.003	0	0	0	0	0.0006
Bi	0	0	0	0	0.012	0.0024
Pb	0.802	0.783	0.81	0.763	0.634	0.7584
Sb	0	0.016	0	0.017	0	0.0066
K	0.017	0.015	0.009	0.003	0.008	0.0104
Cd	0.007	0.002	0	0	0	0.0018
P	0.005	0.004	0.002	0.005	0.003	0.0038
S	0.023	0.018	0.022	0.034	0.028	0.0250
Zn	0.182	0.233	0.188	0.137	0.172	0.1824
Ca	0.108	0.16	0.114	0.084	0.072	0.1076
Toplam	60.432	59.366	60.856	60.353	59.076	-



Şekil 4.42. Z21 örneği hematit 1 (a) ve hematit 2 (b) örnekleri EPMA mikroskop görüntüleri

4.7.2. Erva Maden Ocağı Elektron Prob Mikronaliz (EPMA)

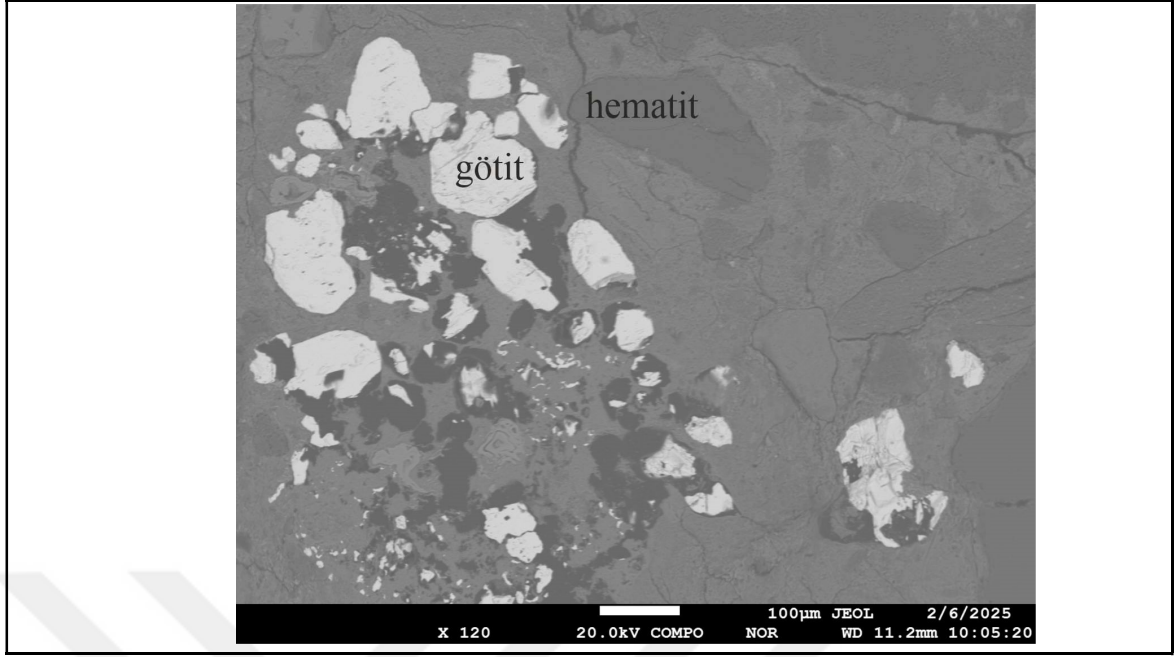
Erva Maden Ocağını temsil eden E28 ve E38 kodlu örnekler üzerinde EPMA analizi yapılmıştır. E28 kodlu örnek içerisinde galen ve hematit mineralleri bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan götit mineraline 7; hematit mineraline ise 5 nokta analiz uygulanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 4.43 ve Çizelge 4.44’te verilmiştir. EPMA analizi uygulanan götit ve hematit minerallerinin mikroskop görüntüsü ise Şekil 4.43’te verilmiştir.

Çizelge 4.43. E28 örneği galen minerali EPMA sonuçları

GALEN								
	1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Na	0	0.015	0.012	0.021	0	0.007	0.017	0.010
Ni	0	0.164	0.367	0	0.465	0.252	0.065	0.187
Al	0.001	0	0	0	0	0	0.02	0.003
Si	0	0.006	0	0.012	0	0.001	0.027	0.006
Sr	0	0	0.002	0	0.009	0	0.008	0.002
Ge	0	0	0	0	0	0	0.010	0.001
Fe	0.027	0.002	0	0.055	0.061	0.01	0.066	0.031
Ag	0.012	0.039	0.001	0	0.003	0.016	0.003	0.010
Pb	76.338	74.705	74.958	75.131	76.943	77.468	75.662	75.886
K	0.008	0	0.001	0	0	0.003	0.005	0.002
P	0.003	0	0.002	0	0.002	0	0.006	0.001
S	6.01	5.501	5.023	5.005	5.001	5.126	5.128	5.256
Zn	0	0.03	0	0.039	0.009	0.015	0.035	0.018
Ca	0.007	0	0.019	0.011	0.014	0	0.007	0.008
Toplam	82.464	80.485	80.442	80.303	82.560	82.898	81.059	-

Çizelge 4.44. E28 örneği hematit minerali EPMA sonuçları

HEMATİT						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0.005	0.042	0.078	0.006	0	0.026
Mg	0.761	0.783	0.761	2.743	0.042	1.010
As	0	0.023	0.083	0.019	0.002	0.025
Ni	0	0.237	0	0.165	0.085	0.097
Al	3.041	4.543	4.611	4.236	0.149	3.316
Si	13.236	12.998	12.27	14.089	0.695	10.657
Sr	0.007	0.008	0	0.004	0	0.003
Cu	0.034	0.11	0.056	0	0.015	0.043
Ge	0.018	0	0.009	0.023	0.002	0.010
Fe	2.407	12.829	14.604	3.426	0.306	6.714
Ag	0.005	0	0	0.017	0	0.004
Bi	0	0	0	0	0.014	0.002
Pb	0.201	0.975	0.972	0.249	0.198	0.519
K	0.699	0.892	0.864	1.062	0.051	0.713
Cd	0.017	0.031	0.021	0	0.006	0.015
P	0	0.03	0.043	1.836	0	0.381
S	0.001	0	0	0.007	0.003	0.002
Zn	1.648	0.77	0.847	0.637	0.107	0.801
Ca	0.464	0.356	0.336	7.993	0.048	1.839
Toplam	22.544	34.627	35.555	36.512	1.723	-



Şekil 4.43. E28 örneği götit ve hematit mineralleri EPMA mikroskop görüntüleri

E38 kodlu örnek kurşun cevheridir. Örneğin içerisinde bol miktarda galen minerali bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan farklı üç galen mineraline 3, 1 ve 15 nokta analiz uygulanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 4.45, Çizelge 4.46 ve Çizelge 4.47’de verilmiştir. EPMA analizi uygulanan galen minerallerinin mikroskop görüntüleri ise Şekil 4.44’te verilmiştir.

Çizelge 4.45. E38 örneği galen-1 minerali EPMA sonuçları

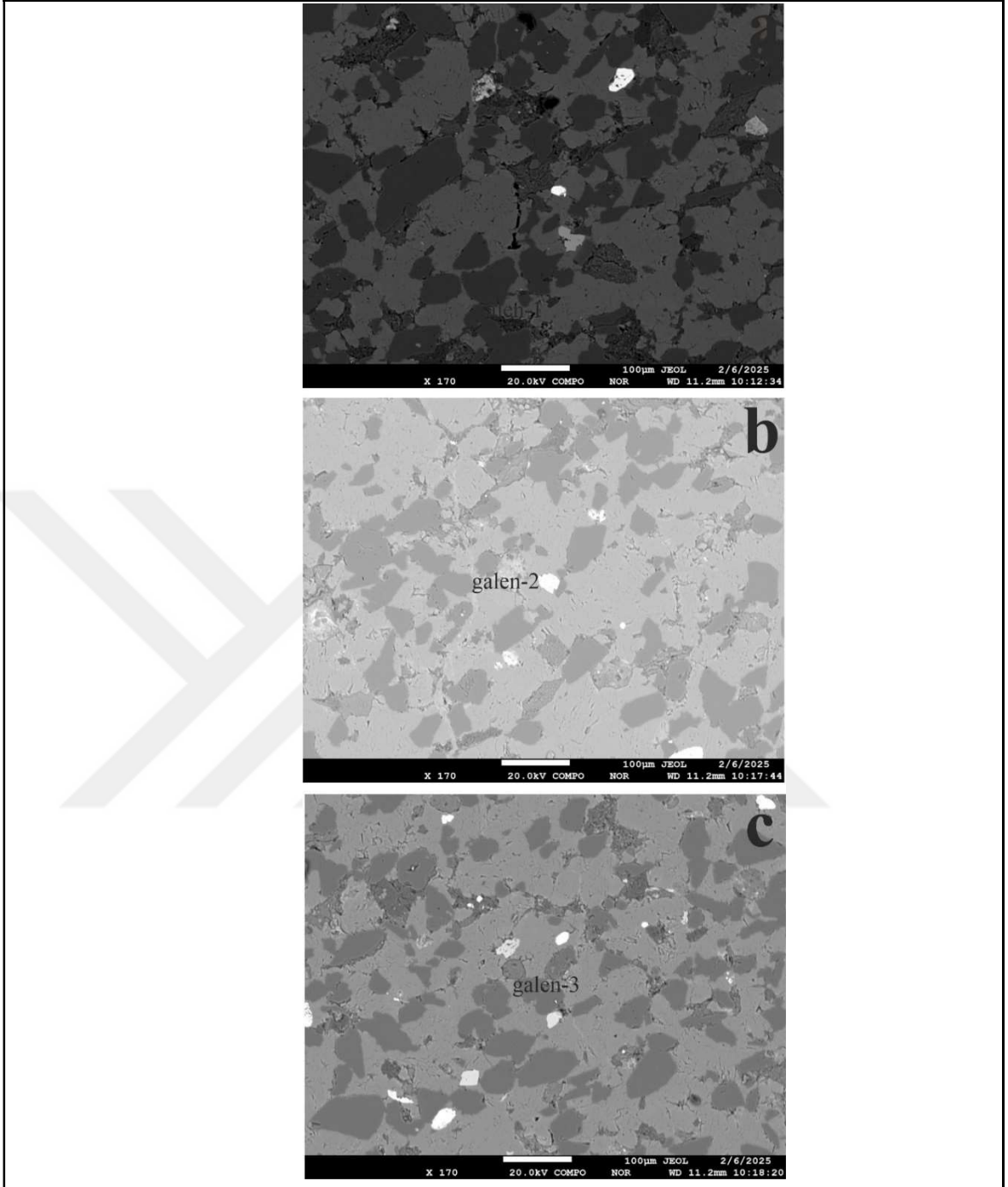
GALEN-1				
	1	2	3	Ortalama
Na	0.041	0	0	0.013
Mg	0.032	0.006	0.016	0.018
As	0.023	0.002	0	0.008
Ni	0	0.254	0.202	0.152
Al	1.774	0.091	0.299	0.721
Si	2.839	0.103	12.277	5.073
Sr	0	0	0.005	0.001
Cu	0.017	0	0	0.005
Ge	0.019	0	0	0.006
Fe	1.601	0.089	0.237	0.642
Ag	0	0.007	0	0.002
Bi	0	0.022	0	0.007
Pb	0.51	0.013	0.034	0.185
K	0.209	0.01	0.011	0.076
Cd	0.006	0	0	0.002
P	0.042	0	0.255	0.099
S	0.006	0.003	0.013	0.007
Zn	0	0.022	0	0.007
Ca	0.606	0.626	0.477	0.569
Toplam	7.725	1.248	13.826	-

Çizelge 4.46. E38 örneği galen-2 minerali EPMA sonuçları

GALEN-1	
	1
Mg	0.007
Ni	0.193
Al	0.003
Si	0.022
Sr	0.004
Fe	0.048
Ag	0.010
Pb	0.019
K	0.006
P	0.003
S	0.004
Zn	0.008
Ca	1.484
Toplam	1.811

Çizelge 4.47. E38 örneği galen-3 minerali EPMA sonuçları

GALEN-3																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ort.
Na	0	0	0	0.01	0	0.07	0	0	0.01	0	0.03	0.01	0	0	0.08	0.01
Mg	0.01	0	0.02	0.02	0.01	0.09	0.01	0.04	0.01	0	0.08	0	0	0.04	0.03	0.02
As	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.06	0.05	0	0.03	0	0.02	0	0.04	0	0	0.02
Ni	0.18	0	0	0.13	0	0	0.44	0	0.06	0.17	0	0.10	0	0.18	0	0.08
Al	0.02	0.01	1.72	0.20	0.16	1.72	0.01	0.83	0.29	0.07	2.41	0	0	3.27	1.18	0.79
Si	0.20	12.66	0.21	0.56	0.08	4.25	12.67	3.42	11.56	12.81	4.38	12.91	12.91	4.25	1.54	6.29
Cu	0	0	0	0.02	0	0.11	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0.01
Fe	0.21	0.05	17.13	1.33	0.53	26.60	0.01	1.21	0.25	0.40	3.23	0.01	0.04	25.47	28.22	6.98
Bi	0.03	0	0.01	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0	0.04	0	0.02	0.01
Pb	0.02	0.01	0.02	0.70	0	0.44	0.01	0.46	0.17	0.06	0.81	0.04	0	0.07	0.58	0.22
K	0.01	0	0.02	0.04	0.03	0.33	0	0.18	0	0.01	0.29	0	0	0.05	0.08	0.07
Cd	0	0	0.01	0.04	0	0	0.02	0.02	0	0.01	0.03	0.02	0	0	0	0.01
P	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.02	0.51	0.05	0.02	0.03	0	0	0.01	0.04
S	0	0	0	0.03	0	0.01	0	0.04	0.01	0	0.01	0	0	0.01	0	0.01
Zn	0	0	0	0.02	0	0.02	0.01	0	0	0	0.05	0.01	0	0.01	0	0.01
Ca	0.76	0.22	0.77	1.23	0.94	0.45	0.17	0.81	0.58	0.23	0.72	0.07	0.12	0.44	0.41	0.53
Toplam	1.47	12.97	19.94	4.38	1.81	34.16	13.44	7.03	13.51	13.83	12.11	13.20	13.17	33.78	32.16	-



Şekil 4.44. E38 örneği galen mineralleri (a, b, c) EPMA mikroskop görüntüleri

4.7.3. Almıla maden ocağı Elektron Prob Mikronaliz (EPMA)

Almıla maden ocağını temsil eden A13 ve A19 kodlu örnekler üzerinde EPMA analizi yapılmıştır. A13 kodlu örnek içerisinde götit ve serüzit mineralleri bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan götit mineraline 5 ve 4; serüzit mineraline ise 6 nokta analiz uygulanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 4.48, Çizelge 4.49 ve Çizelge 4.50’de verilmiştir.

EPMA analizi uygulanan götit ve serüzit minerallerinin mikroskop görüntüsü ise Şekil 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.48. A13 örneği götit-1 minerali EPMA sonuçları

GÖTİT-1						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0.051	0	0	0	0	0.010
Mg	0.023	0.018	0.030	0.039	0.063	0.035
As	0.050	0.203	0.145	0.103	0.070	0.114
Ni	0.480	0	1.294	0	0	0.355
Al	0.208	0.175	0.144	0.277	0.633	0.287
Si	0.748	0.642	0.628	0.863	1.385	0.853
Sr	0.008	0	0	0.008	0	0.003
Cu	0.038	0	0.060	0	0	0.020
Ge	0.037	0.018	0.037	0	0.025	0.023
Fe	54.849	56.390	56.009	57.588	55.484	56.064
Ag	0.001	0.015	0.022	0	0	0.008
Bi	0	0	0	0.037	0.002	0.008
Pb	0.808	0.699	0.712	0.802	0.738	0.752
Sb	0	0.005	0	0	0	0.001
K	0.007	0.007	0.008	0.034	0.147	0.041
Cd	0	0.001	0.005	0.004	0	0.002
P	0.027	0.023	0.024	0.026	0.023	0.025
S	0.027	0.030	0.038	0.024	0.014	0.027
Zn	0.121	0.150	0.119	0.190	0.177	0.151
Ca	0.045	0.034	0.074	0.041	0.071	0.053
Toplam	57.528	58.41	59.349	60.036	58.832	-

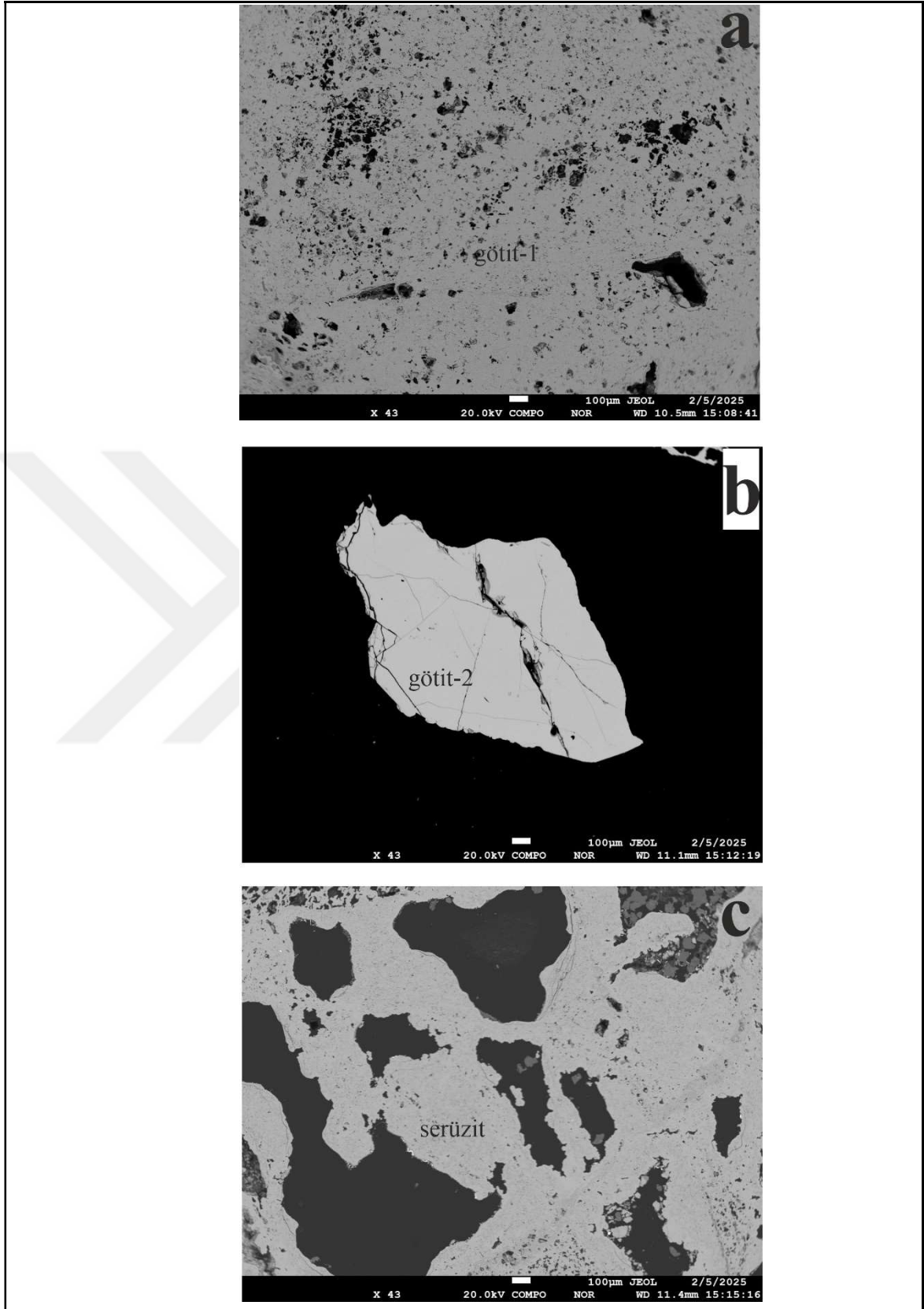
Çizelge 4.49. A13 örneği götit-2 minerali EPMA sonuçları

GÖTİT-2					
	1	2	3	4	Ortalama
Na	0	0.018	0	0	0.005
Mg	0.040	0.076	0.105	0.073	0.074
As	0.121	0.041	0.027	0.258	0.112
Ni	0	0.678	0	0.458	0.284
Al	0.320	0.680	0.777	0.804	0.645
Si	0.960	1.394	1.517	1.634	1.376
Cu	0.003	0.016	0.046	0.045	0.028
Ge	0.070	0.014	0.035	0.065	0.046
Fe	56.939	56.752	56.907	54.441	56.260
Ag	0	0	0.005	0	0.001
Bi	0	0.018	0.017	0	0.009
Pb	0.582	0.558	0.470	0.949	0.640
K	0.092	0.185	0.204	0.101	0.146
Cd	0	0.001	0.009	0	0.003
P	0.009	0.013	0.016	0.072	0.028
S	0.031	0.040	0.030	0.010	0.028
Zn	0.164	0.086	0.107	0.204	0.140
Ca	0.029	0.030	0.032	0.112	0.051
Toplam	59.360	60.600	60.304	59.226	-

Çizelge 4.50. A13 örneği serüzit minerali EPMA sonuçları

SERÜZİT							
	1	2	3	4	5	6	Ortalama
Na	0	0.015	0.023	0.010	0.006	0.010	0.011
Mg	0.001	0.003	0	0	0	0	0.001
As	0	0	0.030	0.026	0	0.001	0.010
Ni	0.124	0	0	0.159	0	0	0.047
Al	0.001	0	0	0	0	0.010	0.002
Si	0	0.009	0.009	0	0.018	0	0.006
Sr	0	0.003	0.005	0.003	0.003	0	0.002
Cu	0	0	0	0	0.024	0	0.004
Ge	0	0	0.005	0	0	0	0.001
Fe	0.015	0.015	0.005	0	0.003	0.012	0.008
Ag	0.024	0	0	0	0.005	0	0.005
Pb	44.680	44.630	45.023	44.627	45.085	45.932	44.996
Sb	0	0.007	0.014	0.003	0	0	0.004
K	0.002	0	0.011	0.004	0.009	0.007	0.006
P	0.001	0.006	0.003	0.004	0	0.005	0.003
Zn	0.014	0	0	0.006	0.022	0	0.007
Ca	0.066	0.062	0.076	0.091	0.060	0.018	0.062
Ba	0	0	0	0.010	0	0	0.002
Toplam	44.928	44.750	45.204	44.943	45.235	45.995	-

A19 kodlu örnek içerisinde galen ve smitzonit mineralleri bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan galen mineraline 5, 7 ve 3; smitzonit mineraline ise 5 nokta analiz uygulanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 4.51, Çizelge 4.52, Çizelge 4.53 ve Çizelge 4.54'te verilmiştir. EPMA analizi uygulanan galen ve smitzonit minerallerinin mikroskop görüntüsü ise Şekil 4.46'te verilmiştir.



Şekil 4.45. E38 örneği götit-1 (a), götit-2 (b) ve serüzit (c) mineralleri EPMA mikroskop görüntüleri

Çizelge 4.51. A19 örneği galen-1 minerali EPMA sonuçları

GALEN-1						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0	0.015	0.035	0	0.001	0.010
Mg	0.004	0	0	0	0	0.001
As	0.027	0	0.008	0	0	0.007
Ni	0.321	0	0	0.098	0	0.084
Al	0	0	0.007	0	0.007	0.003
Si	0.007	0.006	0.015	0	0.010	0.008
Sr	0	0.011	0.014	0.002	0.008	0.007
Cu	0.004	0	0	0	0	0.001
Fe	0.017	0.024	0	0.015	0.019	0.015
Ag	0	0.061	0.005	0.011	0	0.015
Pb	76.440	75.427	76.231	75.547	76.777	76.084
Sb	0.009	0	0	0.038	0	0.009
K	0	0.004	0.009	0	0.003	0.003
P	0	0.001	0	0	0	0
S	5.049	4.193	5.002	5.501	5.020	4.953
Zn	0.042	0.045	0.009	0	0	0.019
Ca	0.259	0.181	0.116	0.121	0.114	0.158
Ba	0	0	0.007	0	0	0.001
Toplam	82.179	79.968	81.458	81.333	81.959	-

Çizelge 4.52. A19 örneği galen-2 minerali EPMA sonuçları

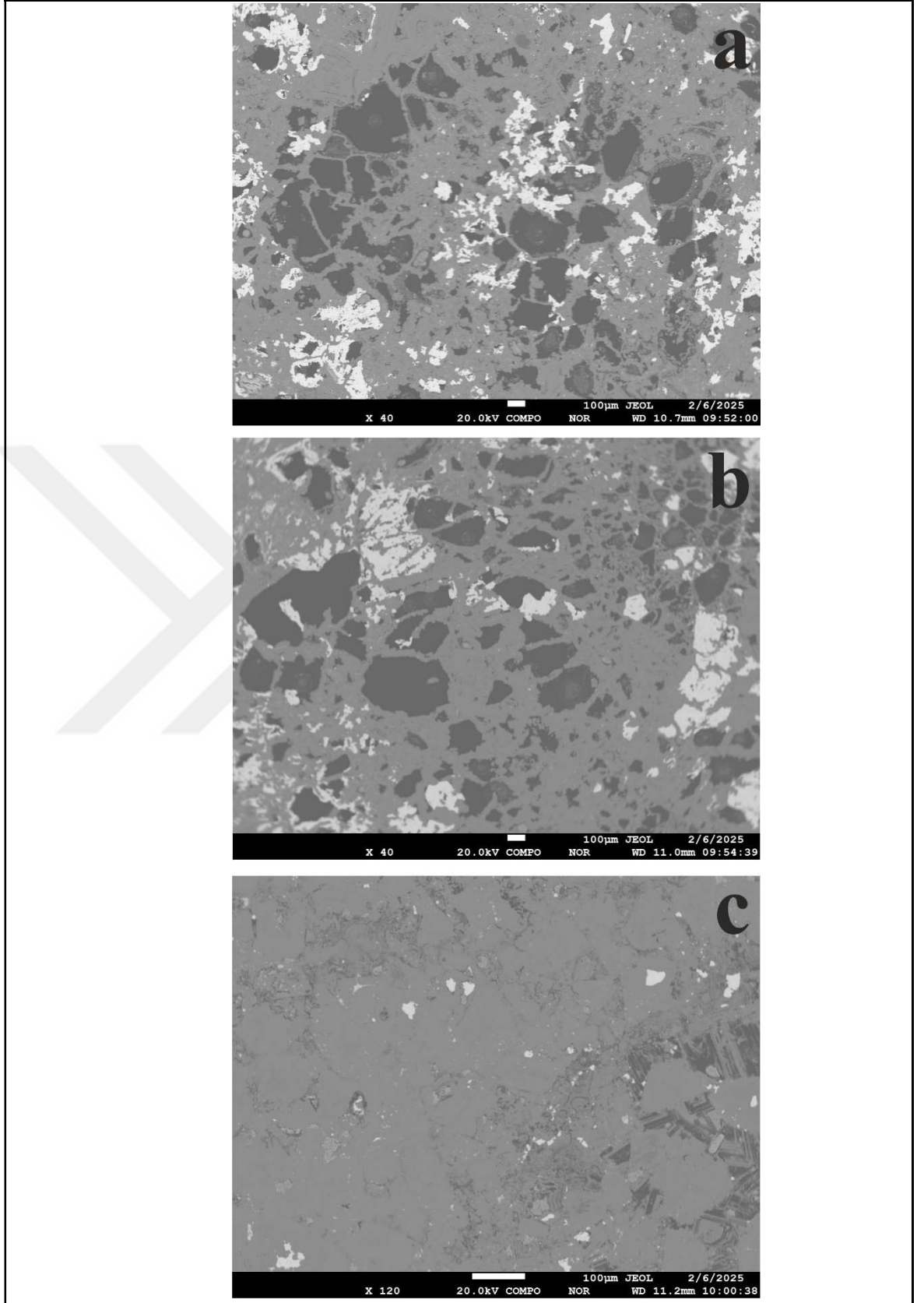
GALEN-2								
	1	2	3	4	5	6	7	Ortalama
Na	0	0	0.0260	0.0120	0.0030	0.0250	0.0280	0.0134
Mg	0.0010	0	0.0060	0	0.0020	0	0	0.0013
As	0.0600	0.0140	0	0.0380	0	0.0020	0	0.0163
Ni	0	0.0390	0.0320	0	0	0	0	0.0101
Al	0	0	0.0010	0.0100	0	0	0	0.0016
Si	0.0040	0.0120	0.0200	0.0010	0	0	0	0.0053
Sr	0.0140	0.0110	0	0.0110	0.0140	0	0	0.0071
Cu	0	0.0230	0	0	0	0	0	0.0033
Ge	0	0	0	0	0.0180	0	0	0.0026
Fe	0.0050	0.0360	0.0270	0.0270	0.0250	0	0.0240	0.0206
Ag	0.0030	0.0220	0.0250	0	0.0020	0.0010	0.0200	0.0104
Pb	77.2640	76.9720	77.6110	78.0390	70.4330	71.9990	71.3050	74.8033
Sb	0	0	0	0	0	0	0.0030	0.0004
K	0	0.0020	0.0040	0.0050	0	0	0	0.0016
P	0	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0	0.0010	0.0007
S	5.0000	5.0030	5.1960	5.0110	5.0000	5.0200	5.0240	5.0363
Zn	0.0190	0	0	0	0	0	0	0.0027
Ca	0.1090	0.0970	0.2450	0.1840	0.3070	0.1950	0.3290	0.2094
Toplam	82.4790	82.2320	83.1940	83.3390	75.8050	77.2420	76.7340	-

Çizelge 4.53. A19 örneği galen-3 minerali EPMA sonuçları

GALEN-3				
	1	2	3	Ortalama
Na	0.036	0.019	0.026	0.027
Mg	0.021	0	0.037	0.019
As	0	0	0.006	0.002
Al	0.008	0.009	0.012	0.009
Si	0.012	0.001	0.061	0.024
Cu	0	0	0.029	0.009
Fe	0.037	0.059	0.360	0.152
Ag	0.005	0	0.022	0.009
Pb	71.277	72.060	75.319	72.885
Sb	0.013	0	0.011	0.008
K	0	0	0.005	0.001
P	0.006	0.004	0.003	0.004
S	5.012	5.470	5.072	5.184
Zn	0.227	0.278	0.573	0.359
Ca	0.032	0.121	0.186	0.113
Ba	0	0	0.007	0.002
Toplam	76.686	78.021	81.729	-

Çizelge 4.54. A19 örneği smitsonit minerali EPMA sonuçları

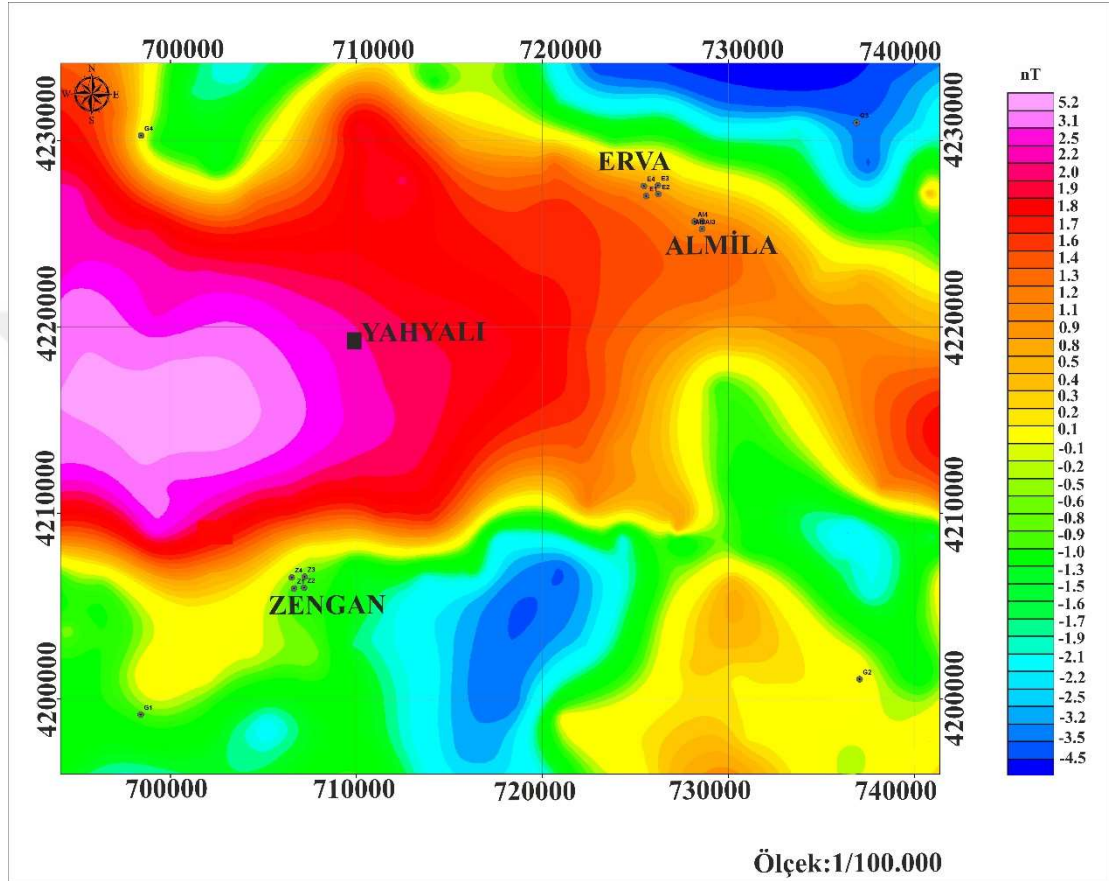
SMİTSONİT						
	1	2	3	4	5	Ortalama
Na	0	0.23	0.619	0.706	0.792	0.469
Mg	0.102	0.601	0.048	0.572	0.129	0.290
As	0	0.019	0.028	0.048	0.005	0.020
Ni	0	0	0.099	0	0	0.020
Al	0	0	0.008	0.004	0	0.002
Si	0.025	0.015	0.003	0.002	0.036	0.016
Sr	0.013	0.01	0.013	0.005	0	0.008
Cu	0.06	0.002	0	0.007	0	0.014
Fe	0.251	0.119	0.247	0.322	0.696	0.327
Ag	0	0	0.009	0.006	0.031	0.009
Bi	0.012	0	0	0.046	0	0.012
Pb	0.265	0.094	0.13	0.035	0.336	0.172
Sb	0	0.044	0	0	0.015	0.012
K	0.024	0.025	0.015	0.007	0.014	0.017
Cd	0.03	0.039	0.023	0.018	0.046	0.031
P	0.004	0.003	0.003	0	0.001	0.002
S	0	0	0	0	0.002	0.000
Zn	0.928	1.374	0.227	0.761	1.085	0.875
Ca	0.497	0.409	0.229	0.073	0.334	0.308
Toplam	2.211	2.984	1.701	2.612	3.522	-



Şekil 4.46. A19 örneği galen (a, b, c) mineralleri EPMA mikroskop görüntüleri

4.8. Gravite Manyetik Haritası

Yahyalı-Zamantı bölgesine ait gravite manyetik haritası oluşturulmuştur. Yahyalı-Zamantı bölgesindeki gravite manyetik haritasında, bu yatakların çökel kayaçların alterasyonundan (dolomitleşme, silisleşme, vb.) kaynaklanan düşük ve negatif manyetik anomali verdikleri saptanmıştır (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Yahyalı-Zamantı bölgesi gravite manyetik haritası

4.9. Dünya Pb-Zn Yataklarıyla Karşılaştırma

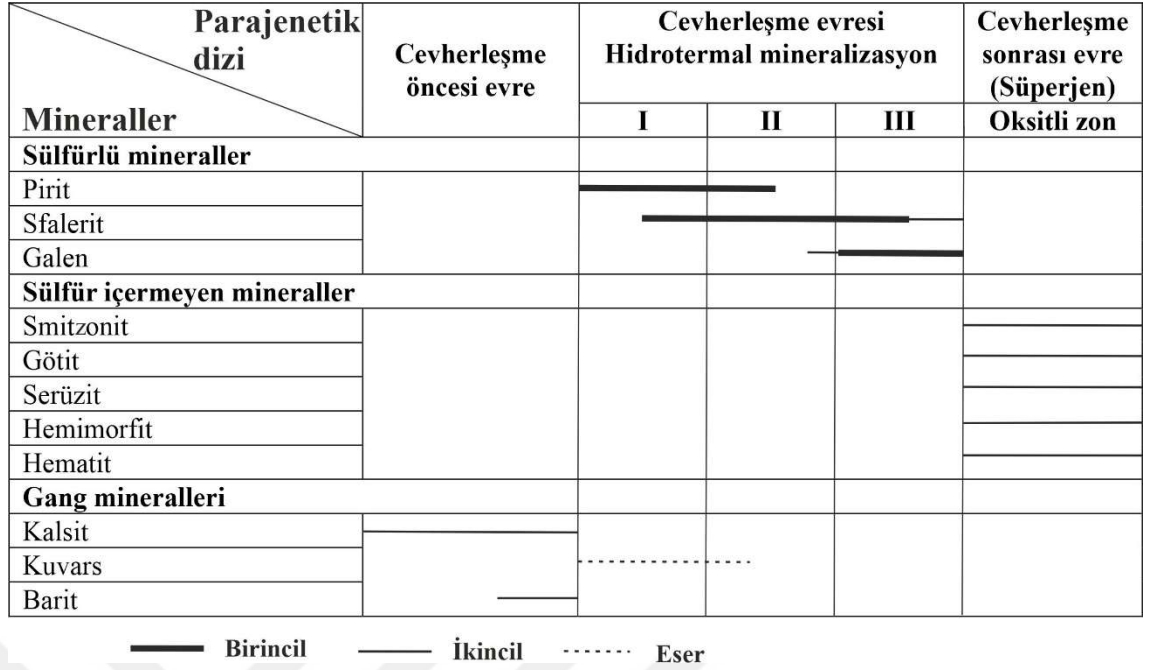
Jeolojik ve jeokimyasal kanıtların çoğu Yahyalı-Zamantı kuşağında bulunan Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn ocaklarının tipik bir CRD yatağına benzediğini göstermektedir (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.55. CRD yatakları ile Yahyalı-Zamantı kuşağında bulunan Zengan, Erva ve Almıla Pb-Zn yatakları arasındaki karşılaştırma

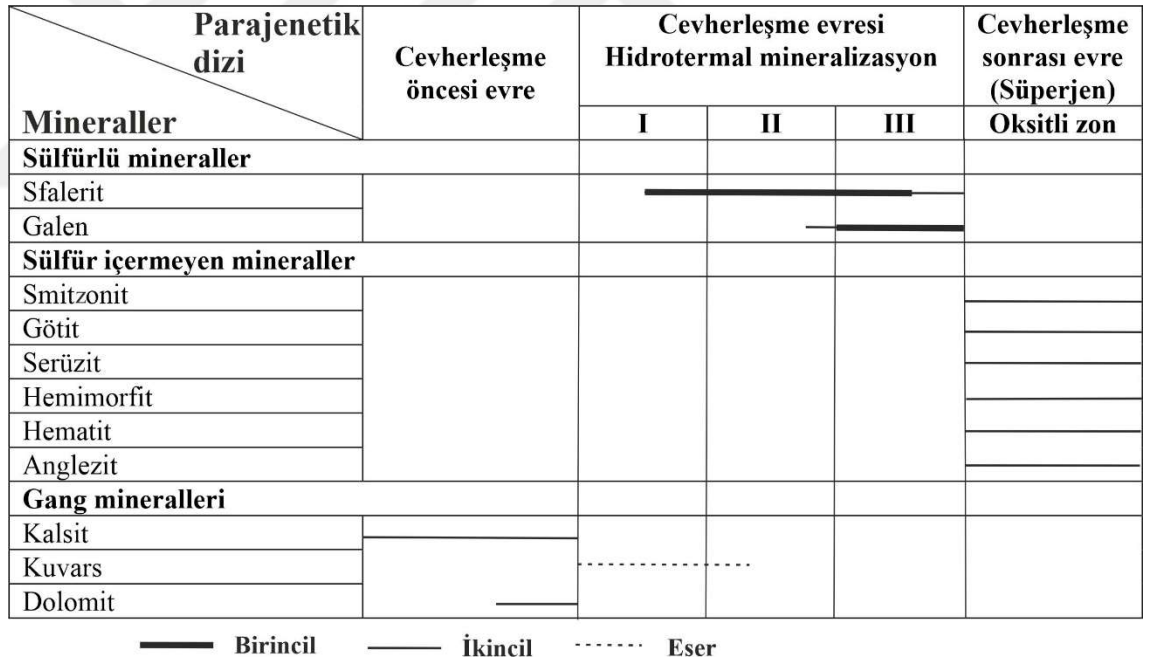
Özellikler	CRD yatakları	Yahyalı-Zamantı Pb-Zn yatakları
Temel kayaçlar	Kambriyen'den Geç Karbonifer'e ve Triyas'tan Kretase'ye Dolomit ve kireçtaşı	Orta Devoniyen tortul kayaçlar
Mineralizasyon yaşı	Epijenetik	Epijenetik
Cevher gövdesi morfolojisi	Stratabound ve fayla uyumlu	Stratabound ve fayla uyumlu normal faylar
Magmatik aktivite ile ilişkisi	Magmatik aktivitelerle zamansal veya mekansal ilişkinin olmaması	Magmatik aktivasyona dair kanıt bulunmamıştır
Parajenez	Sfalerit, galen, pirit, barit, florit, dolomit ve kalsit	Smitzonit, götit, serüzit, pirit, hemimorfit, galen, hematit, sfalerit, kalsit, kuvars, kaolinit, muskovit, barit, montmorillonit, anglezit, dolomit, halloysit
Cevher dokuları ve yapıları	Damar-damarcık, yer değiştirme ve açık alan karst dolgusu	Damar-damarcık, açık alan ve yer değiştirme
Esas cevher kontrolü	Esas olarak açık yapı ve litoloji tarafından kontrol edilir	Normal fay sistemi tarafından kontrol edilmektedir
Alterasyon	Dolomitleşme, ana kayaç çözünmesi ve breşleşme	Dolomitleşme, ana kayaç çözünmesi
Majör cevher	Pb-Zn	Pb-Zn
C-O-S izotopları	Karbonat kayaç kaynaklan	Karbonat kayaç kaynaklan
Pb izotopları	Temel kayaç/üst kıtasal kabuk kaynağı	Temel kayaç/üst kıtasal kabuk kaynağı

4.10. Alterasyon ve Mineralizasyon

Yahyalı-Zamantı kuşağında bulunan Zengan, Erva ve Almıla Pb-Zn ocaklarının yan kayaç alterasyonları oldukça gelişmiştir ve başlıca karbonatlaşma, dolomitleşme ve silisleşme alterasyonlarını içermektedir. Yatakların mineralojik incelemeleri, detaylı saha ve mikroskobik petrografik gözlemlerle üç ana değişim/mineralizasyon evresi (Evre I: cevherleşme öncesi, Evre II: cevherleşme evresi (hidrotermal mineralizasyon); Evre III: cevherleşme sonrası (süperjen) sırasıyla Şekil 48, Şekil 49 ve Şekil 50'de verilmiştir.



Şekil 4.48. Zengan maden ocağı mineral parajenezi



Şekil 4.49. Erva maden ocağı mineral parajenezi

Parajenetik dizi Mineraller	Cevherleşme öncesi evre	Cevherleşme evresi Hidrotermal mineralizasyon			Cevherleşme sonrası evre (Süperjen) Oksitli zon
		I	II	III	
Sülfürlü mineraller					
Pirit		—————			
Sfalerit		—————	—————		
Galen			—————	—————	
Sülfür içermeyen mineraller					
Smitzonit					
Götit					
Serüzit					
Hemimorfit					
Hematit					
Anglezit					
Gang mineralleri					
Kalsit					
Kuvars		-----			
Dolomit		—————			

Birincil
 İkincil
 Eser

Şekil 4.50. Almıla maden ocağı mineral parajenezi

Evre I (cevherleşme öncesi evre)'de Zengan Pb-Zn yatağı için (kalsit, barit); Erva Pb-Zn yatağı için (kalsit, dolomit); Almıla Pb-Zn yatağı için (kalsit, dolomit) bulunmaktadır. Karbonatlı minerallerden kalsit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ve sülfatlı mineral barit (BaSO_4) bol gözenekli ve granüler yapıya sahiptirler. Cevherleşme evresinde (Evre II) gözenekler ve çatlaklar sülfidli mineraller (örn: sfalerit, galen, pirit) tarafından doldurulur.

Evre II'de Zengan Pb-Zn yatağı için (pirit-sfalerit-galen); Erva Pb-Zn yatağı için (sfalerit-galen); Almıla Pb-Zn yatağı için (pirit-sfalerit-galen) mineralleri bulunmaktadır. Pirit yarı kristalli-tam kristalli iri taneli yapıda bulunmaktadır. Evre II'de genellikle geç evre sülfidler (örn: sfalerit, galen) bulunmaktadır.

Evre III'de cevherleşme sonrası evrede (süperjen) oksitli mineraller bulunmaktadır. Zengan Pb-Zn yatağı için (smitsonit-götit-serüzit, hemimorfit-hematit); Erva Pb-Zn yatağı için (smitsonit-götit-serüzit, hemimorfit-hematit-anglezit); Almıla Pb-Zn yatağı için (smitsonit-götit-serüzit, hemimorfit-hematit-anglezit) mineralleri bulunmaktadır.

Sülfürlü cevherler, sıcak metal içeren (Zn, Pb, vb.) bir sıvı ile H_2S içeren düşük sıcaklıktaki bir tuzlu suyun karıştırılması sonucu oluşur. Tektonik olarak aktif bölgelerde uzun vadeli yükselme, aşınma, sülfürlü cevherlerin hızla dışarı atılması ve oksijenli yüzey sularına maruz bırakılmasına neden olmaktadır. Bu bölgelerde pirit daha hızlı oksidasyon süreçleri geçirmektedir. Pirit oksidasyon süreçleri esnasında akışkana Fe^{3+} , SO_4^{2-} , H^+ iyonları vermektedir. Bu durum akışkanın asitlenmesine ve Fe-oksit oluşumuna yol

açmaktadır (Chen vd. 2023). Yahyalı-Zamantı bölgesinde bulunan Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn yataklarının sülfür mineralizasyonu genellikle karbonatların veya sülfidlerin yer değiştirmesi veya boşlukların cevherle dolmasıyla oluşmuştur. Böylelikle masif, breşleşmiş, damarlı ve yayılmış cevher dokuları meydana gelmiştir. Hidrotermal dolomitleşme ve bununla ilgili breşleşme yataklarda yaygındır. Hidrotermal kalsit bloğu cevher gövdesinin üzerinde bulunmaktadır. Genel olarak üç yatağın ana kayaları, tektonik ve yapısal kontrolleri, mineralizasyonu, cevher mineralojisi ve hidrotermal alterasyonu jeoloji ve mineralizasyondaki klasik CRD yataklarıyla tutarlıdır.

Yahyalı-Zamantı Madencilik Bölgesi cevherleşmelerinin yan kayacı Üst Permien yaşlı gri-koyu gri ve siyah renkli, tabaka kalınlığı 5 cm ile 2 m arasında değişen, iyi tabakalı, yer yer dolomitik özellikler taşıyan, ince killi seviyeler içeren kireçtaşları oluşturmaktadır. Cevherleşme faylanma ile ilişkili bir oluşumdur ve K30°D/40°KB konumlu, eğim atımlı normal bir faylanmanın fay zonunda yer almaktadır. Fay zone içerisinde yer yer karstik boşluklara da rastlanmaktadır.

Cevher yan kayaç geçişi dereceli olmayıp oldukça keskindir. Bu geçişte genellikle killi düzeyler de gözlenmektedir. Fay killeri olarak değerlendirilen bu düzeyler genellikle cevher minerallerinin kırıntılarını da içermektedirler. Fay zone içinde gelişmiş karstik boşlukların bazılarında yer yer dolgu şeklinde cevher birikimleri de gözlenmektedir.

Zengan, Almila ve Erva cevherleşmelerinin yan kayacını Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları oluşturmaktadır. Bu kireçtaşları açık gri-kahverengimsi, bejimsi renklerde kalınlıkları 20 cm'den 1-2 m ye kadar değişen kireçtaşı tabakalarından ve hemen hemen benzer renklerdeki dolomitik kireçtaşı ve/veya dolomit seviyelerinden ve çört seviyelerinden oluşmaktadır. Cevherleşmeler bu kireçtaşlarını faylarla kesilmiş kesimlerinde, fay zonları ile ilişkili olarak gözlenmektedirler.

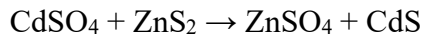
EK-3'te Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarından derlenen örneklerin koordinat bilgileri verilmiştir. Pb-Zn yatakları hakkında ayrıntılı jeolojik/jeokimyasal bilgiler EK-4'te verilmiştir.

5. TARTIŞMA

5.1. Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almila) Pb-Zn Yataklarının Jeokimyasal Özellikleri: Yatakların Oluşumunda İz Elementlerin Etkisi ve Kimyasal Ayrışma Süreçleri

Düşük sıcaklıklarda zenginleşen Pb-Zn cevherleşmelerinde Ga ve Ge yüksek konsantrasyonlarda bulunması beklenir. Magmatik-hidrotermal yataklarda ise Fe (>5-10%), In (>100 ppm) ve Mn (>1000 ppm) değerleri arasında değişmektedir. Cd, Ag, Co, Cu, vb. iz elementler ile cevherin oluşum sıcaklığı arasında bir bağlantı bulunmamaktadır (Aldis vd. 2022). Skarnlar düşük Co, Mn, In ve Ga seviyeleri ile temsil edilmektedir (Wu vd. 2019; Yu vd. 2024). Senjenetik masif sülfid yatakları önemli ölçüde In ve Ga konsantrasyonu bulundurmaktadır. MVT tipi Pb-Zn yatakları ise düşük sıcaklıklarda Ga ve Ge ile zenginleşirken, In ve Fe bakımından fakirdir (Ye vd. 2016; Yu vd. 2024). MVT tipi Pb-Zn yataklarının oluşumu için Devoniyen-Permiyen en önemli jeolojik dönemdir. Dünya çapında Pb-Zn yataklarının %70'i ve MVT tipi Pb-Zn yatakları Devoniyen-Permiyen döneminde oluşmuşlardır (Yu vd. 2024).

Pb-Zn sülfürlerinin süperjen oksidasyonu sırasında, iz elementler jeokimyasal değişiklikler geçirmektedir. Bu süreçlerle beraber farklı jeokimyasal koşullarda altında (pH, sıcaklık, vb.) farklı sülfür içermeyen mineraller içerisinde çeşitli iz elementler zenginleşmektedir (Mondillo vd. 2018; Chen vd. 2023). Çin Karakoram bölgesinde bulunan büyük Houshaoyun Zn-Pb yatağında smitzonit mineralinin Fe ve Mn konsantrasyonunun, sfalerit minerali içerisindeki konsantrasyonundan önemli ölçüde yüksek bulunduğu çıkarılmıştır. Bu durum süperjen oksidasyon sırasında Fe taşıyan sfaleritin hem de piritin ayrışmasıyla açıklanmıştır (Zhang 2020; Chen vd. 2023). Ayrışma süreçleri sırasında cevher oluşum ortamına bol miktarda Fe ve Mn salınması gerçekleşmiştir. Fe ve Mn'in smitzonit tarafından yakalanması izomorfik ikame yoluyla olmuştur (Chen vd. 2023). Houshaoyun yatağı için smitzonit mineralinde Cd konsantrasyonu nispeten yüksek olmasına rağmen, sfalerit minerali Cd konsantrasyonuna göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, oksidasyon süreçleri esnasında bir miktar Cd'un kaybolmuş olabileceğini göstermektedir. Sülfürlü olmayan cevherlerde CdS (kadminyum sülfür/greenockite) gelişimi, oksidasyon esnasında Cd^{2+} taşıyan oksitleyici sıvılardaki Cd^{2+} 'nin bir kısmının smitzonit yapısında girmek yerine kendi bağımsız mineralini oluşturduğunu göstermektedir (Chen vd. 2023). Aşağıdaki denklem ile Cd^{2+} jeokimyasal davranışı verilmiştir:



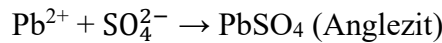
Cd, Fe-oksit ile karşılaştığında smitzonit'in yapısında zenginleşmektedir (Chen vd. 2023). Süperjen koşullarda, Cd^{2+} Fe-oksit tarafından absorbe edilmek yerine, smitzonit yapısına girme eğilimindedir. Bu durum, Cd^{2+} ve Zn^{2+} 'nin çok benzer olduğunu göstermektedir (Chen vd. 2023). Ga ve Ge eser elementleri smitzonite kıyasla Fe-oksit bakımından zengindir. Süperjen ortam koşullarında piritin alterasyonundan oluşan büyük

miktarda sülfirik asit, sıvının pH'ının azalmasına ve asidik hale gelmesine neden olabilir. Bu durum, metal taşıyan çözeltinin pH'ı son derece düşük olduğunda ($\text{pH} < 4$) Ga'un Fe-oksit tarafından absorbe olmasına yol açabilir (Santoro vd. 2020; Chen vd. 2023). Fe-oksit tarafından absorbe edilmiş Ga ve Ge taşıyan Pb-Zn cevherlerine örnek olarak Kuzey Peru gösterilebilir (Mondillo vd. 2018). Bu türlü cevherlerde genellikle yüksek Ga ve Ge konsantrasyonu gözlemlenmektedir (Mondillo vd. 2018; Chen vd. 2023).

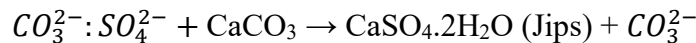
Çin'de bulunan Houshaoyun yatağındaki smitzonitler yüksek Pb içeriğine sahiptir. Bu da Pb-Zn sülfürlerinin oksidasyon süreci esnasında serüzit ve anglesit oluşturma yanısıra oksitleyici sıvıdaki Pb^{2+} 'nin smitzonite dahil olduğunu göstermektedir (Stavinga 2014; Chen vd. 2023). Bu durumun nedeni Pb^{2+} 'nin Fe-oksit ile çökmesi değil, Fe-oksit tarafından absorbe edilmesidir (Martínez ve McBride 2001).

Smitzonit ve Fe-oksit, sfalerit ile karşılaştırıldığında TI eser elementi bakımından fakirdir. En yüksek içerik 4 ppm'den az ve çoğunluğu 1 ppm'den azdır. TI eser elementi, oksidasyon süreci sırasında çevreye salındığı ve önemli bir kayba uğradığı düşünülmektedir. Smitzonit, sfaleritle karşılaştırıldığında önemli derecede daha bol Fe ve Mn iz elementi bulundurmaktadır. Ge ve Ga eser elementleri ise smitzonitte az konsantrasyonda olmuştur. Fakat Fe-oksit açısından daha zengindir. Bu özellikler, oksitlenme sürecinde eser element göçü ve zenginleşmesi MVT yataklarıyla tutarlıdır (Chen vd. 2023). Örnek bir Pb-Zn cevherleşmesi olarak Stavinga Prairie Creek MVT yatağında sfalerite kıyasla smitzonit içerisinde daha yüksek Fe ve Mn konsantrasyonu bulunmaktadır. Bu özellik MVT tipi Pb-Zn yataklarının oksitlenme süreci esnasında eser element göçü ve zenginleşmesi karakteristik özelliği ile tutarlıdır (Stavinga 2014). Diğer bir çalışmada dört adet Pb-Zn yatağının süperjen oksidasyon süreci esnasında Ga ve Ge eser elementlerinin esas olarak Fe-oksit içerisinde zenginleştiğini tespit etmişlerdir (Santoro vd. 2020). Bu çalışmalar, Yahyalı-Zamantı yöresinde çalışılan Zengan, Erva ve Almıla maden ocaklarının sülfür cevherlerinin önemli ölçüde oksidasyona uğradığının yorumlamasının yapılmasını kolaylaştırmıştır.

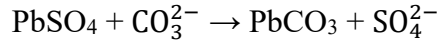
Cevher oluşum ortamında sfalerit ve galen varlığı oksidasyon süreçleri esnasında Zn^{2+} , Pb^{2+} , H^+ ve SO_4^{2-} iyonlarının açığa çıkmasının kaynaklarıdır. Bu sülfidlerin oksidasyonu ile oluşan yüksek sülfat içeriği ve düşük pH koşulları, mineral dönüşümüne ortam sağlamaktadır. Bu ortam galen anglesit'e dönüşmesine elverişlidir. Bu dönüşüm aşağıda formüle edilmiştir (Chen vd. 2023):



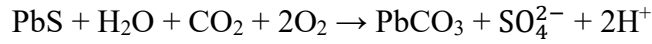
Galenden anglesit'e geçiş gibi mineral dönüşümleri sırasında meydana çıkan sülfatlar da ana kayaçlarla etkileşime girerek jips'i ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) oluştururlar. Bu dönüşüm tepkimesi aşağıda formüle edilmiştir (Chen vd. 2023):



Oksidasyon aşamasının sonlanması ve sülfidlerin tükenmesi, sıvılardaki SO_4^{2-} 'nin azalmasına ve pH'ın artmasına neden olabilir. Bu anglezitin kararsız hale geçmesine ve serüzit mineraline dönüşmesine sebep olmaktadır. Bu geçiş aşağıdaki denklemde formülize edilmiştir (Chen vd. 2023):

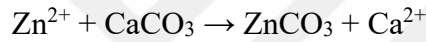


Bazı durumlarda galen doğrudan serüzit ile yer değiştirebilir. Bu durum aşağıdaki denklem ile formülize edilmiştir (Chen vd. 2023):

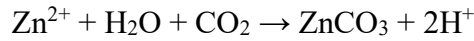


Smitzonit minerali oluşumu üç ana evreye ayrılmaktadır. Aşağıda bu evreler detaylıca anlatılmıştır.

Smitzonitin oluşum evresi 1: Sfalerit, oksidasyonu tepkimeleri sonucunda çatlaklardan göç ederek ve ana kayalarla reaksiyona girerek kalsiti değiştiren ve gri smitzonit oluşturan Zn^{2+} üretir. Bu oksidasyon tepkimesi aşağıda formülize edilmiştir (Chen vd. 2023):



Smitzonit içerisindeki oolitik dokuların varlığı ana kireçtaşının yerini aldığını gösterirken, az miktarda ince taneli gri smitzonit gelişimi sıvıdaki Zn^{2+} 'nin bir kısmının doğrudan smitzonite kristalleşmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu durum aşağıdaki denklemde formülize edilmiştir (Chen vd. 2023):



Smitzonitin oluşum evresi 2: Smitzonit oluşumunda ikinci aşama süperjen oksitleyici koşullardır. Hidrotermal akışkanlar, ana kayacı değiştirir ve kayacın gözenekleri içerisine sızar. Bu şekilde oluşan smitzonit sarı renklidir (Chen vd. 2023).

Smitzonitin oluşum evresi 3: Renksiz smitzonit bu evrede oluşmaktadır. Zn^{2+} iyonu taşıyan üçüncü aşama sıvısının çatlakları her iki taraftan merkeze doğru doldurması ile oluşan smitzonitlerdir (Chen vd. 2023).

Çinkonun başlıca cevher minerali sfalerit içerisinde yaygın olarak bulunan iz elementler şu şekildedir: Mn, Cd, Se, Te, In, Fe, Co, Ga ve Ge'dur (Yu vd. 2024). Sfaleritin içerdiği eser element konsantrasyonları, yatağın kökeni ve oluşumu hakkında yorumlamalar yapılabilmesini kolaylaştırmaktadır. Sfalerit içerisindeki In, Fe, Mn, Ga ve Ge konsantrasyonları ile Zn taşıyan malzemenin oluşum sıcaklığı tahmin edilmektedir (Ye vd. 2016; Wei vd. 2020; Yu vd. 2024). Güney Çin'de bulunan Yuanbaoshan Pb-Zn yatağında sfalerit minerali içerisindeki yüksek Fe, Cu, Ge konsantrasyonlarına karşılık, düşük In, Mn, Co, Ga, As ve Cd konsantrasyonlarına bakılarak yatağın MVT-tipi Pb-Zn olabileceği düşünülmüştür (Yu vd. 2024).

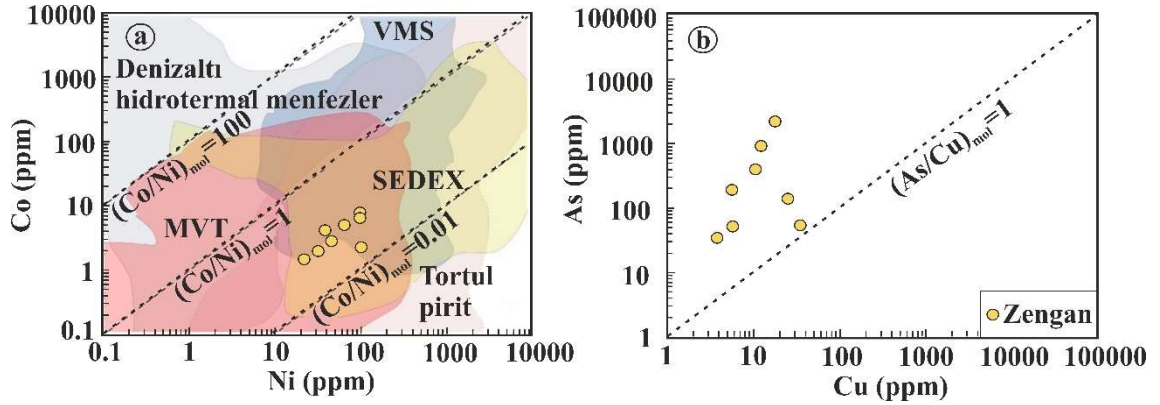
Sfalerit minerali içerisinde Fe, Mn, Cd, Ge, Ga, In, Tl, vb. eser elementler izomorf şeklinde yaygın olarak bulunur. Sfalerit içerisindeki eser elementlerin özellikleri Pb-Zn cevherleşmelerinin kökeninin yorumlanmasını kolaylaştırır. Yüksek sıcaklıklarda (103-206°C) oluşan sfalerit, Fe, Mn ve In eser elementleriyle zenginleşirken, orta-düşük sıcaklıklarda (70-180°C) oluşan sfalerit genellikle Ge ve Cd zenginleşir ve Fe, Mn ve In eser elementleri bakımından ise tükenir (Chen vd. 2023).

Piritin Co ve Ni içerikleri ise dokusal özelliklerini yansıtmaktadır. Buradan köken ve oluşum koşulları hakkında yorumlamalar yapılabilmektedir (Meng vd. 2022; Yang vd. 2022; Yu vd. 2024). Piritte bulunan eser elementlerin türü ve içeriği cevher oluşumu ortam sıcaklığı ile ilgilidir. Genellikle yüksek sıcaklıklarda oluşan pirit minerali, düşük sıcaklıkta oluşan pirit mineraline göre daha fazla ve daha yüksek konsantrasyonlarda eser element bulundurmaktadır (Keith vd. 2016; Li vd. 2019a; Yu vd. 2024). Magmatik ve hidrotermal akışkanlarla ilişkili (VMS ve skarn tipi) Pb-Zn yataklarında bulunan piritler ise cevherleşmenin orta-düşük sıcaklıkta gerçekleştiğine işaret etmektedir (Dehnavi vd. 2018; Li vd. 2019a; Meng vd. 2019; Bhuyan ve Hazarika 2022; Yu vd. 2024).

Belirli jeolojik ve jeokimyasal kısıtlamalara bağlı olarak pirit içerisindeki Fe'in yerini alabilen Co ve Ni piritin oluşumu ile ilgili olarak en ayrıntılı bilgileri sunan elementlerdir (Zhao vd. 2023).

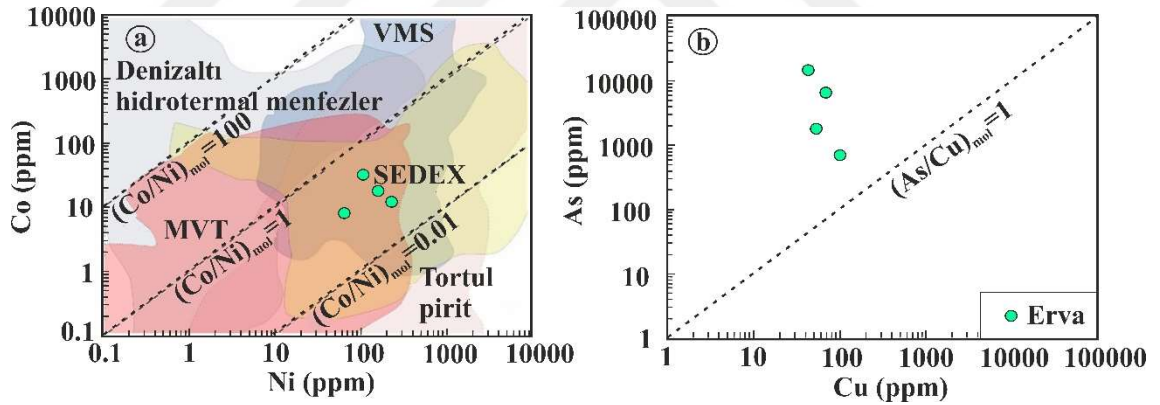
Literatürde Pb-Zn cevherleşmeleri için kullanılan Co/Ni diyagramları cevherin oluşum sıcaklığı hakkında yorumlamalar yapılabilmesini sağlamaktadır (Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3). Co/Ni oranı 1'den küçük ($Co/Ni < 1$) ise genellikle cevher düşük sıcaklıktaki bir hidrotermal durumu göstermektedir. Co/Ni oranı 1'den büyük ($Co/Ni > 1$) ise yüksek sıcaklıkta cevher oluşumunu göstermektedir (Wei vd. 2020; Yu vd. 2024).

Co ve Ni eser elementlerinin bollukları Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn yatakları için sırasıyla şu aralıklarda bulunmuştur: 0.04 – 0.13; 0.04 – 0.24; 0.02 – 0.07. Nispeten düşük Co/Ni oranları, yatak oluşumundaki düşük sıcaklık koşullarıyla ilgilidir (Zhao vd. 2023). Co/Ni oranının > 5 olması volkanojenik veya tortul; 0.01 – 0.50 arasında olması ise hidrotermal sıvıların oluşumda rol oynadığını göstermektedir (Bralia vd. 1979). Zengan, Erva ve Almila yataklarının oluşumunda muhtemelen düşük sıcaklıktaki hidrotermal sıvılar rol oynamıştır.



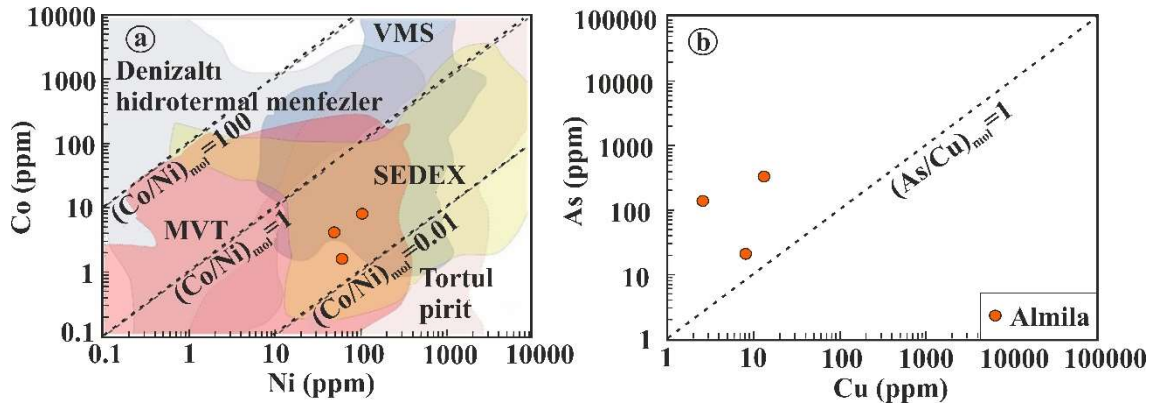
Şekil 5.1. Zengan maden ocağı (a) Co-Ni diyagramı, (b) As-Cu diyagramı (Meng vd. 2019, Zhao vd. 2023, Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır)

Zengan maden ocağından derlenen örneklerin ICP-MS sonuçları baz alınarak oluşturulan Co/Ni diyagramlarına göre tüm örneklerin 0.01-1 arasında kaldığı görülmektedir (Şekil 5.1-a). Oran 0.01'e yakındır. Sıcaklığın erken cevherleşmeden geç cevherleşmeye doğru kademeli olarak azalışa geçtiği görülmektedir. As'e karşılık Cu diyagramına göre ise bu iki element arasında belirgin bir korelasyon ilişkisi gözlemlenmemiştir (Şekil 5.1-b).



Şekil 5.2. Erva maden ocağı (a) Co-Ni diyagramı, (b) As-Cu diyagramı (Meng vd. 2019, Zhao vd. 2023, Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır)

Erva maden ocağından derlenen örneklerin ICP-MS sonuçları baz alınarak oluşturulan Co/Ni diyagramlarına göre tüm örneklerin 0.01-1 arasında kaldığı görülmektedir (Şekil 5.2-a). Oran 0.01'e yakındır. Sıcaklığın erken cevherleşmeden geç cevherleşmeye doğru kademeli olarak azalışa geçtiği görülmektedir. As'e karşılık Cu diyagramına göre ise bu iki element arasında belirgin bir korelasyon ilişkisi gözlemlenmemiştir (Şekil 5.2-b).



Şekil 5.3. Almila maden ocağı (a) Co-Ni diyagramı, (b) As-Cu diyagramı (Meng vd. 2019, Zhao vd. 2023, Yu vd. 2024'ten değiştirilerek alınmıştır)

Almila maden ocağından derlenen örneklerin ICP-MS sonuçları baz alınarak oluşturulan Co/Ni diyagramlarına göre tüm örneklerin 0.01-1 arasında kaldığı görülmektedir (Şekil 5.3-a). Oran 0.01'e yakındır. Sıcaklığın erken cevherleşmeden geç cevherleşmeye doğru kademeli olarak azalışa geçtiği görülmektedir. As'e karşılık Cu diyagramına göre ise bu iki element arasında belirgin bir korelasyon ilişkisi gözlemlenmemiştir (Şekil 5.3-b).

Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3'te görülen analiz sonuçları hidrotermal yataklar içerisinde olmakla beraber SEDEX bölgesi ile de örtüşmektedir. Yer yer bazı yorumlamalarda SEDEX alanında çıkan veriler, arazinin genel yapısı yatakların daha derinlerde yer alması gibi diğer veriler dikkate alındığında yoğunluklu olarak yatakların kökeni CRD olarak yorumlanmıştır.

Kalsit ve hidrotermal dolomitin C-O izotopik bileşimleri mineralizasyon sürecini kısıtlayabilmektedir (Liang vd. 2022). Hidrotermal sistemlerde üç ana C ve O izotop potansiyeli bulunmaktadır:

- I) Manto $\delta^{13}C$ ‰-8 – (-4) ve $\delta^{18}O$ ‰+6 – (+10) (Demény vd. 1998; Taylor vd. 1967)
- II) Denizel karbonat $\delta^{13}C$ ‰-4 – (+4) ve $\delta^{18}O$ ‰+20 – (+30) (Veizer ve Hoefs 1976)
- III) Tortul organik madde $\delta^{13}C$ ‰-30 – (-15) ve $\delta^{18}O$ ‰+24 – (+30) (Kump ve Arthur 1999; Hoefs 2018)

Pb izotop dağılımının homojen olarak dağılım göstermesi, Pb kökeninin homojen ve tek bir kaynaktan olduğu olarak yorumlanabilmektedir (Mehrabi vd. 2023). Yahyalı Zamantı bölgesinde bulunan üç Pb-Zn yatağından (Zengan, Erva ve Almila) derlenen örnekler üzerinde yapılan Pb izotop sonuçlarına bakılarak dağılımları Şekil 4.30, Şekil 4.31'de verilmiştir. Merkez İran'da bulunan Chahmileh Pb-Zn yatağında yapılan çalışmada $^{207}Pb/^{204}Pb$ - $^{206}Pb/^{204}Pb$ diyagramına bakılarak verilerin alt kıtasal kabuk

büyüme eğrisi ile orojenik büyüme eğrisi arasında kaldığı gözlenmiştir. Veriler orojenik kökene daha yakındır. Pb kökeni için heterojen bir kaynaktan geldiği düşünülmüştür. Bu varyasyonlar muhtemelen oluşum ortamında farklı kabuksal yapıların varlığını belirtmektedir (Mehrabi vd. 2023).

Tektonik bölgelerin orojenik kayaçları, kıtasal kabuğun malzemeleri ve pelajik çökeltiler taşıdığı Pb'nin kaynağı olarak verilebilmektedir (Mehrabi vd. 2023). Farklı türdeki Pb-Zn yatakları, farklı Pb izotoplarına sahiptir (Sangster vd. 2000). Fakat MVT-tipi Pb-Zn yataklarının çoğunluğu $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop değerlerinin 17.5 – 23; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ değerler ise 15.4 – 16.2 arasında değişmektedir (Leach vd. 2005; Mehrabi vd. 2023). Yahyalı-Zamantı Pb-Zn kuşağında bulunan Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarından derlenen örneklerin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop değerleri 18.6 – 18.7 değişirken; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop değerleri ise 15.7 – 15.8 arasında değişmektedir. Merkez İran'da bulunan Chahmoleh Pb-Zn yatağında yapılan çalışmada $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ortalama değeri 18.5 ve $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ortalama değeri ise 15.6 olarak bulunmuştur. Bu yatak için Pb izotop verileri orojenik bir rezervuar olarak yorumlanmıştır. Kabuksal temel kayaların katkısı ile MVT tipi metal kaynağının varlığından söz edilmiştir (Mehrabi vd. 2023).

Yahyalı-Zamantı madencilik bölgesi Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn ocaklarından derlenen Pb örneklerinin Pb izotop değerleri şu şekildedir: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 18.65; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.73; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 38.93. Bu oranlar, Çin'de bulunan iki büyük Pb-Zn yatağı olan Jinding ve Houshaoyun Pb izotop oranları ile benzerdir. Houshaoyun Pb izotop oranları sırasıyla şu değer aralıklarında bulunmuştur: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 18.525-18.563; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.673-15.710; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 38.879-39.005. Jinding Pb izotop oranları sırasıyla şu değer aralıklarında bulunmuştur: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 18.410-18.523; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.620-15.662; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 38.569-39.714. Ayrıca $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ile $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramlarında metal kaynağının üst kıtasal kabuk kaynaklarından türediğini göstermektedir. Erişilen sonuçlar, dünya çapındaki tipik MVT tipi Pb-Zn yataklarıyla uyumludur (Chen vd. 2023).

Hidrotermal cevher sistemlerinde litostatik basınç etkisiyle sıvı akışı kolaylaşır ve kimyasal reaksiyonlar hızlanır. Bu tepkimeler sonucunda yan kayaçlarda gözeneklilik ve geçirgenlik artar ve mineral değiş-tokuşu hızlanır. Tüm bu reaksiyon süreçleri neticesinde porfir tipi, skarn tipi ve SEDEX tipi Pb-Zn cevherleri oluşumu kolaylaşır (Meinert vd. 2005; Sillitoe 2010; Gu vd. 2012; Liu vd. 2014; 2016; Kunzmann vd. 2019; Han vd. 2023; Pan vd. 2024).

CRD tip Pb-Zn yatakların bazı karakteristik özellikleri şu şekilde sıralanabilmektedir:

- 1) Cevher mineralizasyonu epijenetik ve tabakalıdır,
- 2) Cevherleşme ile magmatik aktivite arasında bir ilişki yoktur,
- 3) Bindirme ve normal faylar bir sıkışmanın göstergesidir (jeodinamizm),
- 4) Cevher mineralojik olarak basit yapıdadır ve birincil cevher mineralleri galen, sfalerit, pirit, kalkopirittir. Gang mineralleri ise dolomit, kuvars, kalsittir,

- 5) Cevher, dolgu, breşleşmiş ve ornatma dokularında gözlemlenebilir/bulunabilir,
- 6) Lamine cevherler yer almaktadır, ekshalasyon eksikliği bulunmaktadır,
- 7) Cevher esas olarak dolomitleşme ve silisleşme alterasyon süreçleriyle hidrotermal değişim evresinde kaya çözünmesi ve breşleşme ile oluşur,
- 8) Cevher nispeten yüksek homojenleşme sıcaklığına (Th) sahiptir (248°C'ye kadar),
- 9) C-O izotoplarının, CO₂ kaynağının karbonatlı ana kayadan kaynaklanması,
- 10) Pb izotop kaynakları için ise kabuksal kaynakların gösterilmesi (Mehrabi vd. 2023).

Yahyalı-Zamantı madencilik bölgesinde bulunan Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn Maden Ocaklarına ait jeokimyasal incelemeler sonucu çıkarılan çoğu kanıt tipik CRD tipi Pb-Zn yatakları ile benzerlik göstermektedir.

Cevherin litostratigrafik olarak konumu cevher yayılımını ve zenginleşmesini yakından etkiler (Yalcin vd. 2002; Yalcin vd. 2004; Atakoğlu Özer ve Yalcin, 2022). Eğer cevher çevresindeki yan kayaçlar fay dokanaklarıyla etkileşim halinde bulunuyorlarsa oluşan stratigrafik basınç değişimleri neticesinde kayaçlar içerisinde stokverk yapıları meydana gelir (Pan vd. 2024). Yahyalı-Zamantı bölgesi cevherleşmeleri faylanma ile ilişkilidir. Fay zonlanması içerisinde bulunan bölgede yer yer karstik boşluklar gözlemlenmektedir.

Yahyalı-Zamantı madencilik bölgesindeki Havadan ve Kantarbeli cevherleşmeleri, K75-80°D konumlu doğrultu atımlı bir fay zonu içinde sıralı olarak yer almaktadır. Bu cevherleşmelerde, Celaldağı cevherleşmesinde de gözlemlendiği üzere, üst Permien yaşlı kireçtaşlarının yan kayaç olarak bulunduğu karstik boşluklarda cevher birikintileri üretim faaliyetleri sırasında tespit edilmiştir.

Tekke cevherleşmesinde, tektonik yapının cevherleşme üzerindeki kontrolü, toprak örtüsünün zayıf veya hiç bulunmadığı alanlarda yapılan saha gözlemleriyle açıkça belirlenmiştir. Bu tektonik çatı, yaklaşık K25°D yönelimli sol yanal doğrultu atımlı bir fay tarafından ötelenen normal faylar şeklinde kendini göstermekte ve maden işletmecileri tarafından bir kılavuz olarak kullanılmaktadır. Cevherleşmelerdeki cevherli seviyelerin kalınlığı oldukça değişkendir; yer yer birkaç santimetreden birkaç metreye kadar ulaşabilmekte, daralmalar ve genişlemeler sergilemektedir.

Cevherleşmelerin Mineralojik ve Tektonik Özellikleri

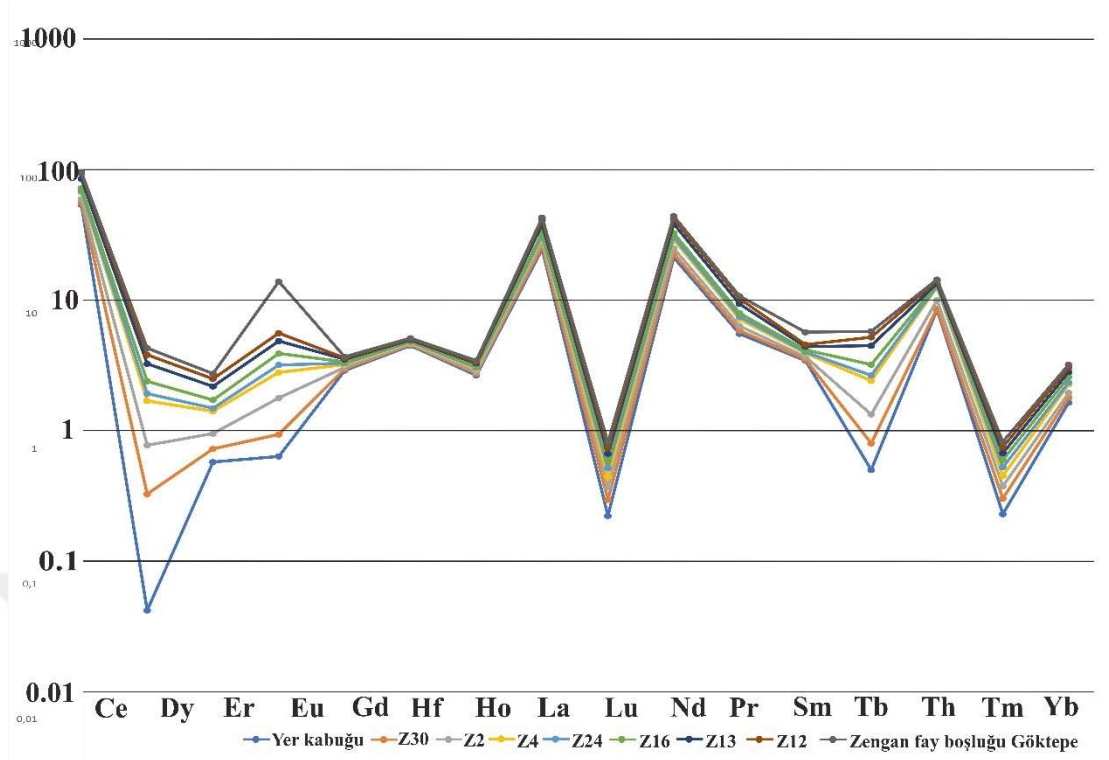
İncelenen cevherleşmelerin cevher-yan kayaç dokanakları oldukça keskin olup, herhangi bir derecelenme veya kademeli geçiş sunmamaktadır. Bu dokanaklar genellikle ezik bir görünüme sahiptir ve yan kayaçlarda kimyasal alterasyon veya dönüşüm izleri gözlenmemiştir.

Cevherleşmelerin baskın mineralojik özelliği karbonatlaşma ve/veya sülfatlaşmadır. El örneklerinde yaygın olarak karbonatlı Zn ve Pb mineralleri (simitsonit ve serüzit) ile limonit grubu demir-hidroksitli mineraller (götit-lepidokrozit) gözlenmektedir. Yoğun karbonatlaşma ve/veya sülfatlaşmanın geliştiği bölgelerde dahi, yer yer korunmuş sülfürlü minerallerin varlığı dikkat çekicidir. Makroskopik incelemelerde, sülfürlü minerallerden yalnızca galen tanımlanabilmiştir. Boyutları oldukça değişken olan galenler, karbonatlaşmış/sülfatlaşmış cevherleşmeler içinde 0.1 – 30 cm arasında değişen kütleler halinde bulunmaktadır.

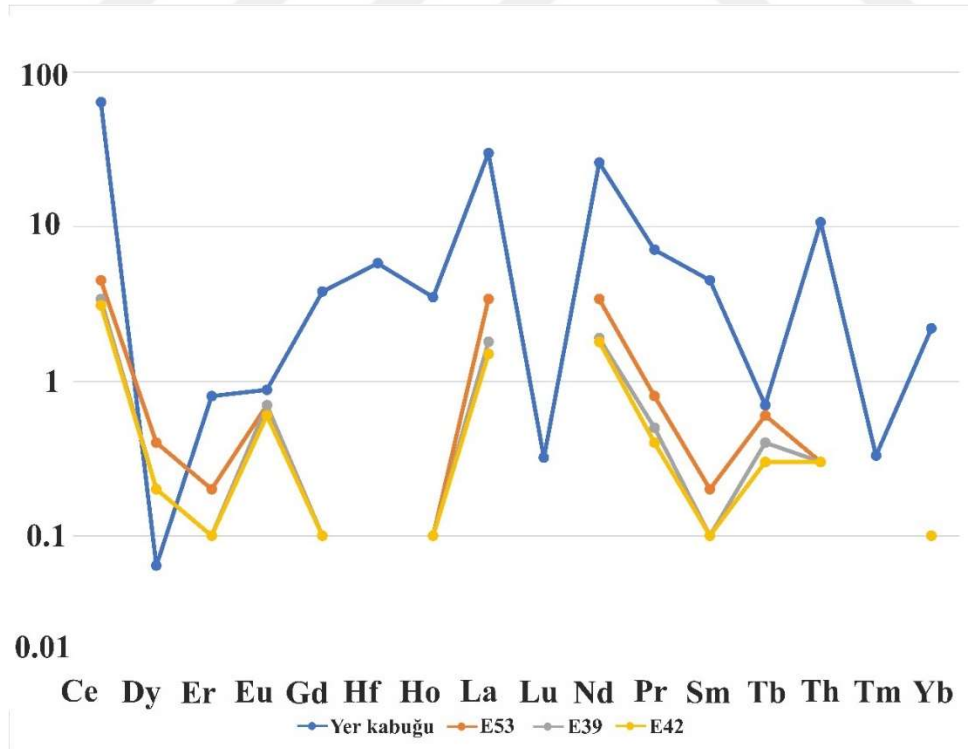
Denizovası Köyünün yaklaşık 2 km güneydoğusunda ve Celal Dağı zirvesinin 500 m güneybatısında konumlanan Celaldağı Desandre Cevherleşmesi, yan kayaç ilişkisi açısından bölgedeki diğer cevherleşmelerden belirgin bir farklılık sunmaktadır. Cevherleşmenin yan kayacını Üst Permian yaşlı Zindandere Formasyonuna ait kireçtaşları oluşturmaktadır. Cevherleşme, yan kayaç ile uyumlu olarak tabaka şeklinde olup, stratigrafik olarak Zindandere Formasyonunun üst seviyelerinde yer almaktadır. Cevher seviyesinin kalınlığı 60-70 cm arasında değişmektedir. Yan kayaç ile uyumlu olarak çökelmiş bu cevherleşmede, cevher-yan kayaç geçişi keskin olup, dokanakta herhangi bir alterasyon izi veya mineralojik değişim/dönüşüme rastlanmamıştır. Celaldağı Desandre cevherleşmesinde, el örneği düzeyinde belirli cevher mineralleri ayırt edilememekle birlikte, demir minerallerinin yoğun olduğu kesimler kırmızı, karbonatlı cevher minerallerinin bulunduğu kesimler ise sarımsı kahverengi renkte kendini göstermektedir. Bu cevherleşmede de yer yer küçük boyutlu galen kristalleri gözlenmektedir.

Galen kristallerinin dış zonlarında sıklıkla karbonatlaşma ve/veya sülfatlaşma gözlenmiştir. Galen kütleleri içinde, az miktarlarda da olsa, karbonatlaşmadan etkilenmemiş küçük sfalerit kristalleri de tespit edilmiştir.

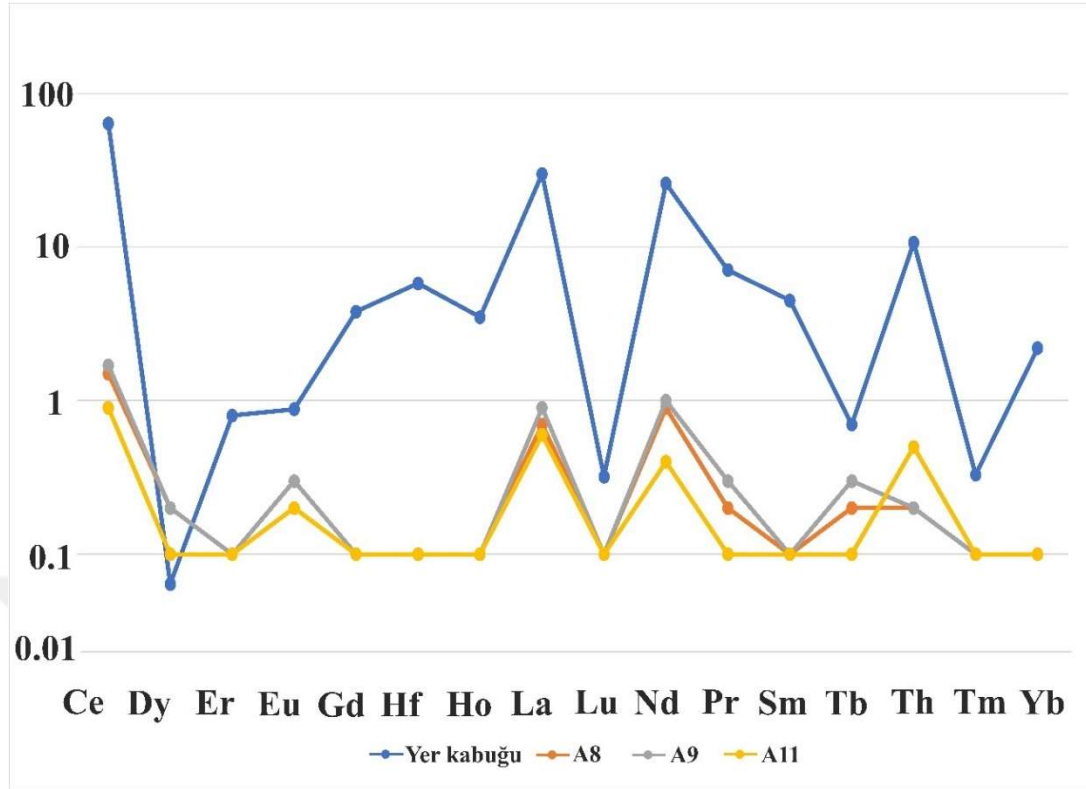
Pb-Zn cevherleşmelerinin oluşumuna katkı veren bir diğer kimyasal bileşim nadir toprak elementleridir. Zengan, Erva ve Almıla Pb-Zn yatakları için seçilen örneklerin, nadir toprak elementlerinin analizi ICP-MS analizi ile yapılmış olup (nadir toprak element konsantrasyonlarının üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor ve McLennan 1981'den alınmıştır (Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6).



Şekil 5.4. Zengan maden ocağı örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor ve McLennan 1981’den alınmıştır)



Şekil 5.5. Erva maden ocağı örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor ve McLennan 1981’den alınmıştır)



Şekil 5.6. Almıla maden ocağı örneklerinin üst kıtasal kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (ÜKK değerleri Taylor ve McLennan 1981'den alınmıştır)

Üst Kıtasal Kabuğa (ÜKK) göre normalize edilmiş diyagramların eser element desenlerine göre Erva ve Almıla yatakları aynı davranış içerisinde. Yatakları içerisinde Ce, Er, Eu, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Th, Tm ve Yb tükenişe geçerken; Dy zenginleşme eğilimindedir. Zengan yatağında ise Ce, Er, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Th, Tm ve Yb tükenişe geçerken; Dy, Eu ve Tb zenginleşme eğilimindedir.

Merkez İran'ın kuzeybatısında Orta Triyas yaşlı karbonatlı kayalar içerisinde bulunan Chahmoleh Pb-Zn yatağında yapılan çalışmada derlenen numuneler üzerinde çeşitli jeokimyasal analizler yürütülmüştür. Yatağın ana cevher ve gang mineralleri şu şekildedir: galen, sfalerit, kalkopirit, pirit, kuvars, kalsit, barit. Yatağın sülfürsüz ana cevher mineralleri ise şu şekildedir: serüzit, hemimorfit, wulfenit, smitsonit, mimetit, malakit, demir oksit-hidroksitler. Yatak içerisinde silisleşme ve dolomitleşme alterasyonu gözlemlenmiştir. Cevher ılık-sıcak havza kaynaklı tuzlu sıvıda çökelmiştir. $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ değerleri sırasıyla şu aralıkta bulunmuştur: ‰-0.99 – +1.99 ve ‰+20.74 – +25.48. Bu izotopik değerler, hidrotermal sıvılardaki CO_2 'in esas olarak deniz karbonat kayalarından kaynaklandığını göstermektedir. Galen örnekleri üzerinde yapılan Pb izotop değerleri şu aralıklarda bulunmuştur: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 18.546 – 18.576; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.650 – 15.688; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 38.795 – 38.918. Kurşunun ve muhtemelen diğer cevher metallerinin ana kaynağı olarak kıtasal kabuk rezervuarının göstergesi olan homojen bir Pb izotopik bileşimine sahiptir. Çalışma sonucunda, Chahmoleh Pb-Zn yatağı, karbonat

barındıran Mississippi Vadisi tipi bir yatak olarak sınıflandırılmıştır. Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn yatakları ile kıyaslandığında ana cevher mineralleri, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotopik değerleri ve jeolojik bulunuş yönlerinden Chahmileh Pb-Zn yatağına oldukça benzer olarak gözlemlenmektedir.

Çin’de bulunan Huoshaoyun Pb-Zn yatağında yürütülen çalışmada, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotopik değerleri sırasıyla şu değer aralıklarında bulunmuştur: 18.525 – 18.563; 15.673 – 15.710; 38.879 – 39.005. Çin’de bulunan Jinding Pb-Zn yatağında yürütülen çalışmada, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotopik değerleri sırasıyla şu değer aralıklarında bulunmuştur: 18.410 – 18.523; 15.620 – 15.662; 38.569 – 38.714. Huoshaoyun ve Jinding Pb-Zn yataklarında yapılan çalışmalarda çıkarılan sonuçlar neticesinde, MVT Pb-Zn yatak sınıflamasında oldukları düşünülmüştür. Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn yatakları ile Pb izotopik değerleri kıyaslandığında sonuçların oldukça yakın çıktığı görülmektedir. Buradan Yahyalı-Zamantı sınırları içerisinde bulunan üç yatağında kökeninin MVT Pb-Zn yatak sınıflaması olduğu düşüncesi kuvvetlenmiştir. Ayrıca $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramındaki çıkan sonuç, yatakların metal kaynağının üst kıtasal kabuk kayalarından türediğini göstermektedir (Şekil 4.31). Bu sonuç, dünya çapındaki tipik MVT yataklarıyla tutarlıdır.

Türkiye Doğu Toroslarda bulunan karbonatlı Pb-Zn üretiminin yapıldığı Aladağ-Zamantı provansı bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Ayhan 1983; Ayhan vd. 1984; Koptagel vd 1998; Çevrim vd 1986; Hanilçi ve Öztürk 2003; 2005).

Aladağ-Zamantı karbonatlı Zn-Pb yatakları için üç farklı görüş ortaya atılmıştır (Çizelge 5.1):

- **Birinci görüş:** Alt Paleosen-Üst Eosen yaşlı Karamadazı granodiyoritiyle ilişkili olarak magmatik-hidrotermal oluşum modeli (İmreh 1965; Petrascheck 1967; Metag Stolberg 1971; Ayhan 1983; Ayhan vd. 1984; Ayhan ve Küpeli 1991; Çopuroğlu 1996; Altuncu 2000; Kuşçu ve Cengiz 2001).
- **İkinci görüş:** Bölgede mostra veren ofiyolitik melanjin içerisinde yer alan asidik-bazik bileşimli kayalar ve Permian zaman aralığındaki tabakaya uyumlu cevherli zonlar ile remobilizasyon kimyasal reaksiyonuyla paleokarstlara aktarılmasıyla oluştuğu düşünülmüştür (Çevrim 1984; Çevrim vd. 1986).
- **Üçüncü görüş:** Permo-Triyas zaman aralığında Neotetis okyanus oluşumunun ilk evrelerinde deniz suyunda var olan metal konsantrasyonu ile zenginleşen stratiform tipte (SEDEX tipi) oluşmuş ve sonraki aşamalarda karst sistemlerine geçerek karstik tipte Zn-Pb yatakları oluşturmuşlardır (Koptagel vd. 1998; 2001).

Bu üç görüşten farklı olarak ilke kez sıvı kapanım çalışmaları ile Hanilçi ve Öztürk 2003; 2005 yıllarında yataklar için MVT tipi bir oluşum modeli önermişlerdir. Denizovası-Havadan yöresindeki Pb-Zn cevherleşmelerinin kıtasal kabuğun kırılmasının ilk evrelerinde sinjenetik olduklarını, ilerleyen evrede Senonian’de bloğun faylanmaya uğrayarak bölgesel tektonizma ve deniz suyu kontrollü epijenetik olduklarını

savunmuşlardır. Karstik sistemde Zn-Pb cevherleri ikincil olarak zenginleştikleri düşünülmüştür.

5.2. Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn Yataklarının Oluşum Modellemesi

Ekonomik değere sahip maden yataklarının oluşum süreçlerinin yorumlanmasında fay-kıvrım yapıları ile cevher gövdelerinin lokalizasyonu arasındaki ilişkinin çözülmesi büyük önem taşımaktadır. Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn cevher yataklarının bölgenin orojenik hareketliliği ile yakından ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9). Bu tektonik süreçler, kıta içi orojenez ve KB yönelimli yapısal unsurların gelişimi (faylar, makaslama zonları, kıvrımlar ve yapraklanma) ile sıcaklık ve basıncın artması, havzadaki sıcak tuzlu su girişimi, vb. çeşitli jenezdeki ısınmış sular faylar ve çatlaklar boyunca hareket eder. Temel ve karbonatlı kayaçlardan sızar. Pb-Zn gibi cevher oluşturan mineraller, cevher taşıyan sıvıları oluşturmak için su-kaya etkileşimi yoluyla ortaya çıkar. Tektonizma etkisi ile sıkışan basıncın etkisi altında cevher taşıyan karbonatlı birim, gözeneklilik/geçirgenlik özellikleri doğrultusunda katmanlar arasında kayma üretir, bu da cevher oluşturan sıvının çökmesi için iyi bir alan sağlar. Cevher üstünde bulunan çamur taşı, şeyl, vb. çökel kayaçlar sıklıkları nedeniyle iyi bir bariyer görevi görürken cevher oluşturma koşullarının değişmesiyle (örneğin sıcaklık azalması, oksijen kaçağı, vb.) cevher oluşturan sıvı, cevheri çökelterek kıvrım çökme sahasında veya katmanlar arası kırık bölgesinde zenginleşir. Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn yatakları katmanlar arası kayan yapı kontrollü olarak gelişmişlerdir. Bölgedeki tektonik rejim sıkışmadan genişlemeye geçtiğinde sıvılar ikincil yapısal birimlere (kırık, çatlak, makaslama zonu, vb.) salınırlar. Sıcaklığın azalması, pH değerlerinin artması ve oksijen kaçışının azalmasıyla cevher oluşturan sıvı, fay tarafındaki ikincil çökme boşluğunda ve tabakalar arası kırık zonunda Pb-Zn cevher gövdeleri oluşturur. Tektonizma ile gelişen çarpışma ve çarpışma sonrası genişleme çok sayıda fay ve kıvrım yapısının oluşmasına neden olmuştur. Aynı zamanda, tektonik dinamiklerle ilerleyen büyük ölçekli havza sıvıları, faylar ve çatlaklar boyunca hareket ederek metalik elementleri (Pb ve Zn vb.) ortaya çıkarmış ve son olarak temel kayaçların derinliklerine sirküle etmiştir. Cevher oluşturan sıvı orta-düşük sıcaklıktadır.

Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn yataklarında mineralizasyon neredeyse sadece KB ana fayının asılı duvarında meydana gelir. Bu yapısal unsurun hidrotermal sıvılar için ana kanal olarak hizmet etmiş olabileceği düşünülmektedir. Ancak, bu yataklardaki cevherin bileşimindeki karmaşık değişim farklı bileşimlere sahip sıvılar için başka kanallar olduğunu göstermektedir. Ana fay, orojenez süreçlerinden sonra geç evrelerde, mineralizasyondan sonra ters bir fay olarak yeniden aktivite olmuş ve cevher birikimi sırasında orijinal geometriyi gizlemiştir. Bununla birlikte, fay taban duvarında cevher bulunmaması muhtemelen ters hareketten önceki

aşınmadan kaynaklanmaktadır. Çünkü taban duvarından çıkan birimler cevher barındıran birimlerin altında yatan birimlerle ilişkilidir.

Bu çalışmanın sonuçlarına ve literatürdeki verilere dayanarak Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn yatakları bölgesinin evrimi ve cevherli yapının oluşumu için yorumlamalar aşağıda özetlendiği gibidir:

1. Bölgedeki çökel kayaçlarda (mostra kayaçları) alterasyon türü olarak dolomitleşme meydana gelmiş, bu da daha yüksek gözeneklilik ve geçirgenlik yaratmıştır. Bu da cevherli sıvıların boşluk ve gözenekler içerisine yerleşmesine ve cevher gövdeleri oluşturmaya sebep olmuştur.
2. Cevherli akışkanlar orojenezin başlangıcıyla ilişkili olarak değişken basıncın etkisiyle kayaçlar içerisinde hareket etmişlerdir. Orta derecede tuzlu, metalli sıvılar farklı jeokimyasal bileşimlere sahip olup orojenezin başlangıcından itibaren litolojik temaslar ve faylar boyunca göç etmişlerdir. Göç esnasında bu çeşitli sıvılar geçtikleri litolojik birimlerden ve/veya temel kayaçlardan metalleri toplayarak değişken içerikli Zn, Cd, Fe ve Pb vb. cevherle ilişkili olarak bulunabilecek iz elementleri bünyelerine katmışlardır.
3. Farklı jeokimyasal bileşimlere sahip metalik sıvılar, cevher yataklarının çeşitli stratigrafik seviyelerinde litolojik etkileşime geçerek ana cevher gövdelerinin ve mineralize bölgelerin oluşumuna yol açmışlardır. Cevher oluşumuyla ilgili mineraller diyajenetik ve erken hidrotermal fazlarda mineralizasyonla gelişen As, Ag, Fe, Sb, TI, vb. iz elementlerle beraber çökelmişlerdir.
4. Yüksek konsantrasyonlarda Pb taşıyan sıvıların kademeli olarak cevherli akışkana karışması ile galen ve Fe bakımından zengin sfalerit damarcıkları Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn yataklarında görülmektedir.
5. Cevher oluşturan sıvılar orta-düşük sıcaklık özelliklerine sahiptir. Tuzluluk ve Pb konsantrasyonları üst kabuktan ve orojenik kuşaktan gelmektedir. Bu özellikler temel olarak Mississippi Vadisi yatakları ile tutarlıdır.
6. Ana fay zonlarının farklı zamanlarda yeniden aktif hale gelmesi Yahyalı cevherlerinin mineralize zonlarını dengelemiştir. Yahyalı-Zamantı Bölgesi (Zengan, Erva ve Almıla) Pb-Zn yatakları için bu çalışmadaki sunulan kanıtlar ve cevher modellemeleri ile dünya çapındaki diğer Mississippi Vadisi yataklarına benzer olarak farklı bileşimlere sahip cevherli akışkanların sürekli dolaşımıyla oluştuğunu göstermektedir.

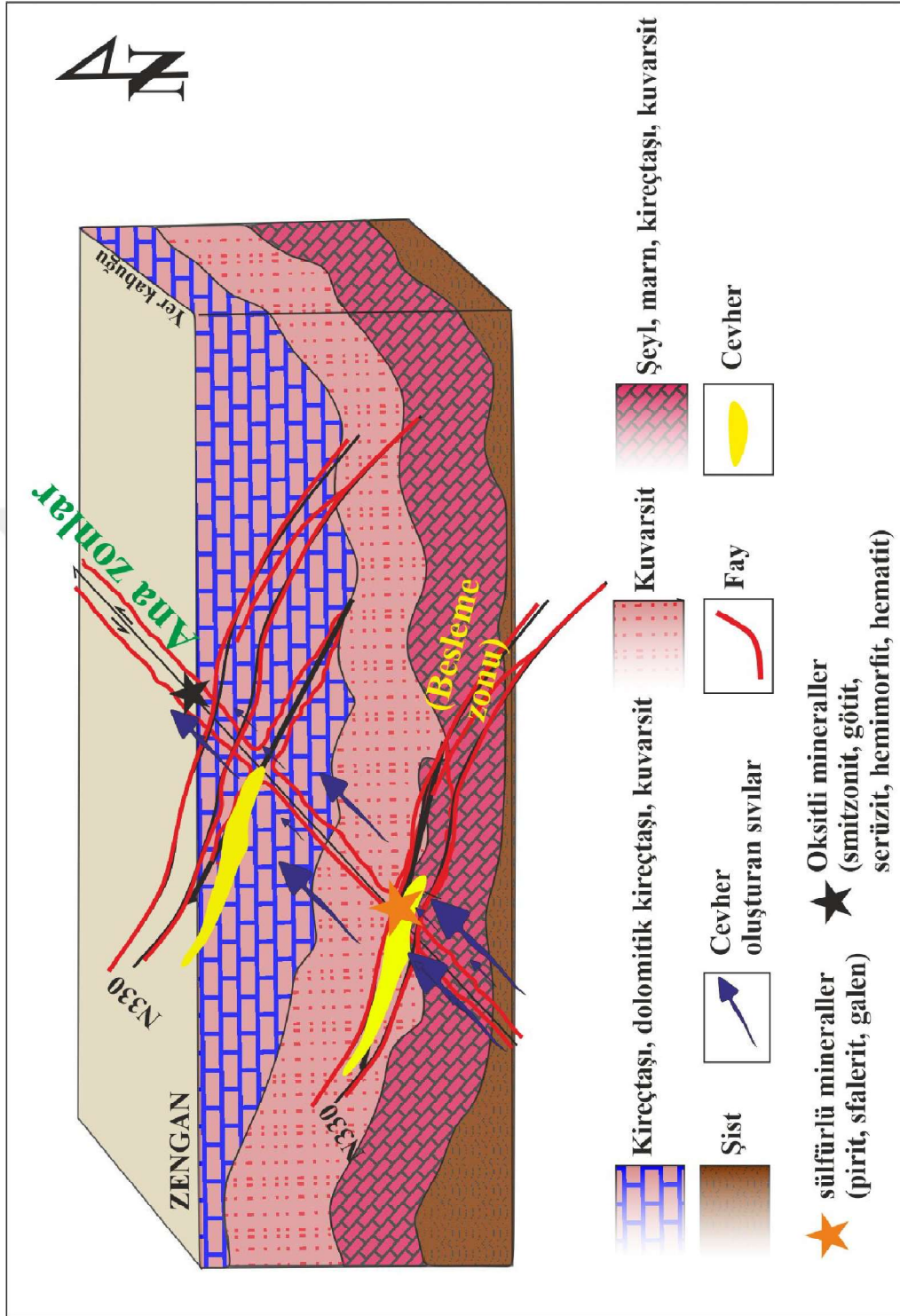
Zengan maden ocağında devasa karstik ve makaslama ürünleri olarak cevher üretimi sağlanmaktadır. Yüzeyde yaklaşık 1000 m² genişliğinde bulunan büyük karstikler 260 m tabana doğru aynı şekilde devam etmektedir. Bu karstiklerin sağında ve solunda (330-220° yönlü makaslama zonu uçlarında) cevherler çıkarılmaktadır. Zengan maden ocağı, yılda yaklaşık 20.000-25.000 ton arası maden üretimi gerçekleştirmektedir. Zengan maden ocağında Üst Devoniyen yaşlı kireçtaşlarında Alt Permiyen yaşlı

tektonizmaya bağlı olarak makaslama zonlarındaki çatlaklar zaman içerisinde karstiklere dönüşürken, Erva ve Almila maden ocaklarında ise bu durum biraz daha yakın jeolojik zamana tekabül etmektedir. Erva ve Almila maden ocaklarında Üst Permiyen-Triyas arasındaki kireçtaşlarında olduğu için büyük karstikler gözlemlenmemiştir. Daha çok kılcal çatlakların içinde bonanzanslara denk gelinmiştir.

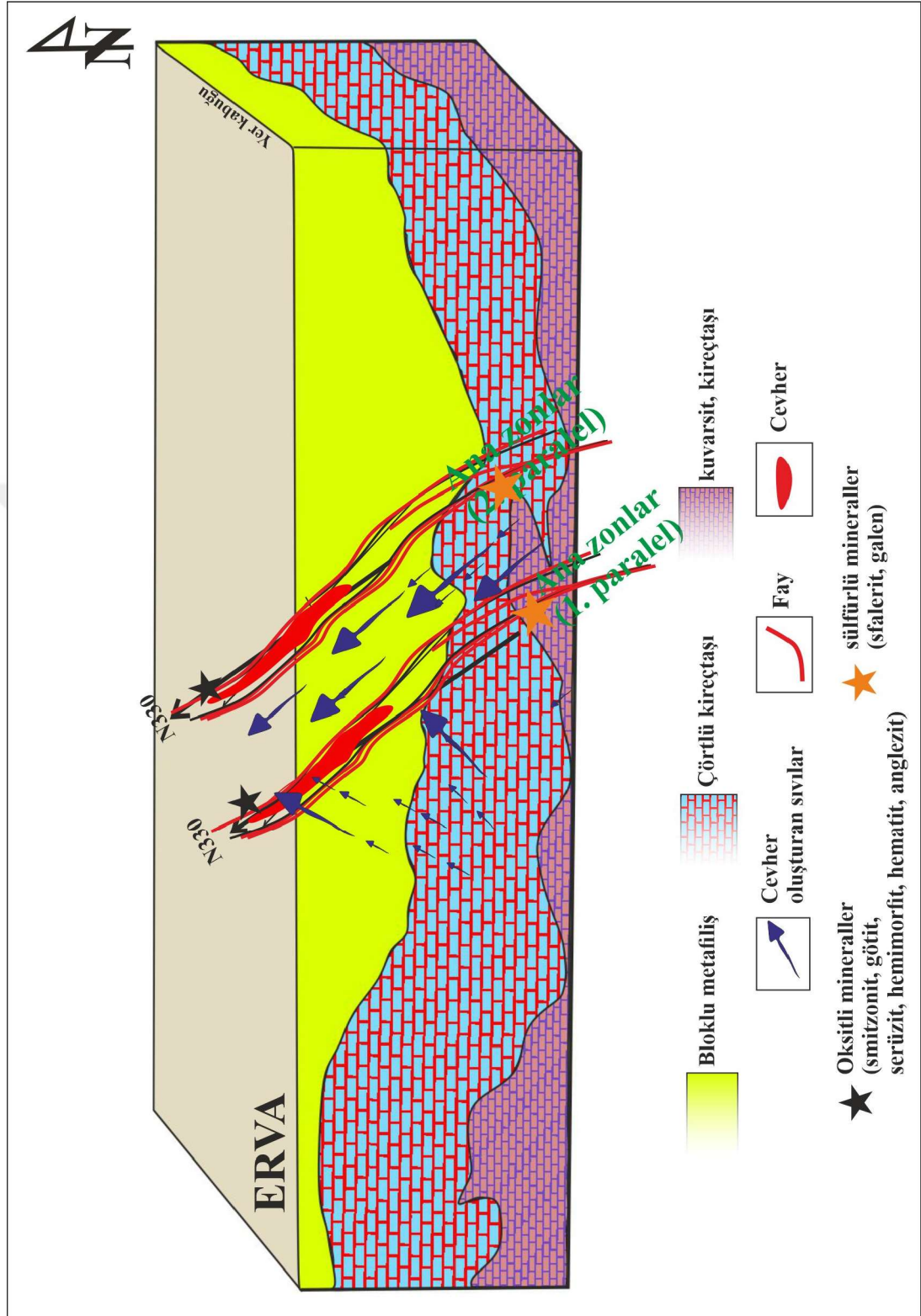
Erva maden ocağı 1450 kotundan başlayıp 1250 kotuna kadar yaklaşık 200-250 m cevher takibi yapılmaktadır. Cevherin uzunluğu ortalama 30-35 m'dir. Cevher genişliği ise 1.5 m'dir. Ambarlama ve kes/doldur (katanfil) maden ocağının üretim yöntemi olarak tercih edilmiştir. 1167 ve 1185 kotlarından girilerek yaklaşık 30 m yüksekliğinde cevher üretimi söz konusudur. Erva maden ocağının en derin kotu 1153 m'dir. 30 m daha kuyu projesi bulunmaktadır. 1130 ve 1132 kotlarında kadar inilecektir. Maden ocağının yanında bulunan Zamantı ırmağının kotu 1157'dir. İnilmesi hedeflenen kot ırmak kotunun yaklaşık 20m aşağısındadır. Sonraki aşamalarda cevherin 1120 kotuna kadar inmesi hedeflenmektedir.

Almila maden ocağının cevher takibi, tavan ve taban taşı arasında fay takibi ile yapılmaktadır. 1598 ana kuyu giriş kotu 1438 ana kuyu sonu (160 m)'dir. Cevher uzunluğu, ortalama 20 m'dir. Cevher genişliği, ortalama 8 m'dir. Cevher yüksekliği ise fay atımlarıyla değişmekle birlikte 20 m olabilmektedir. Arakat oluşturma, tavan kaldırma, ızgara altı şeklinde cevher oluşumuna göre değişen üretim yöntemleri tercih edilmektedir.

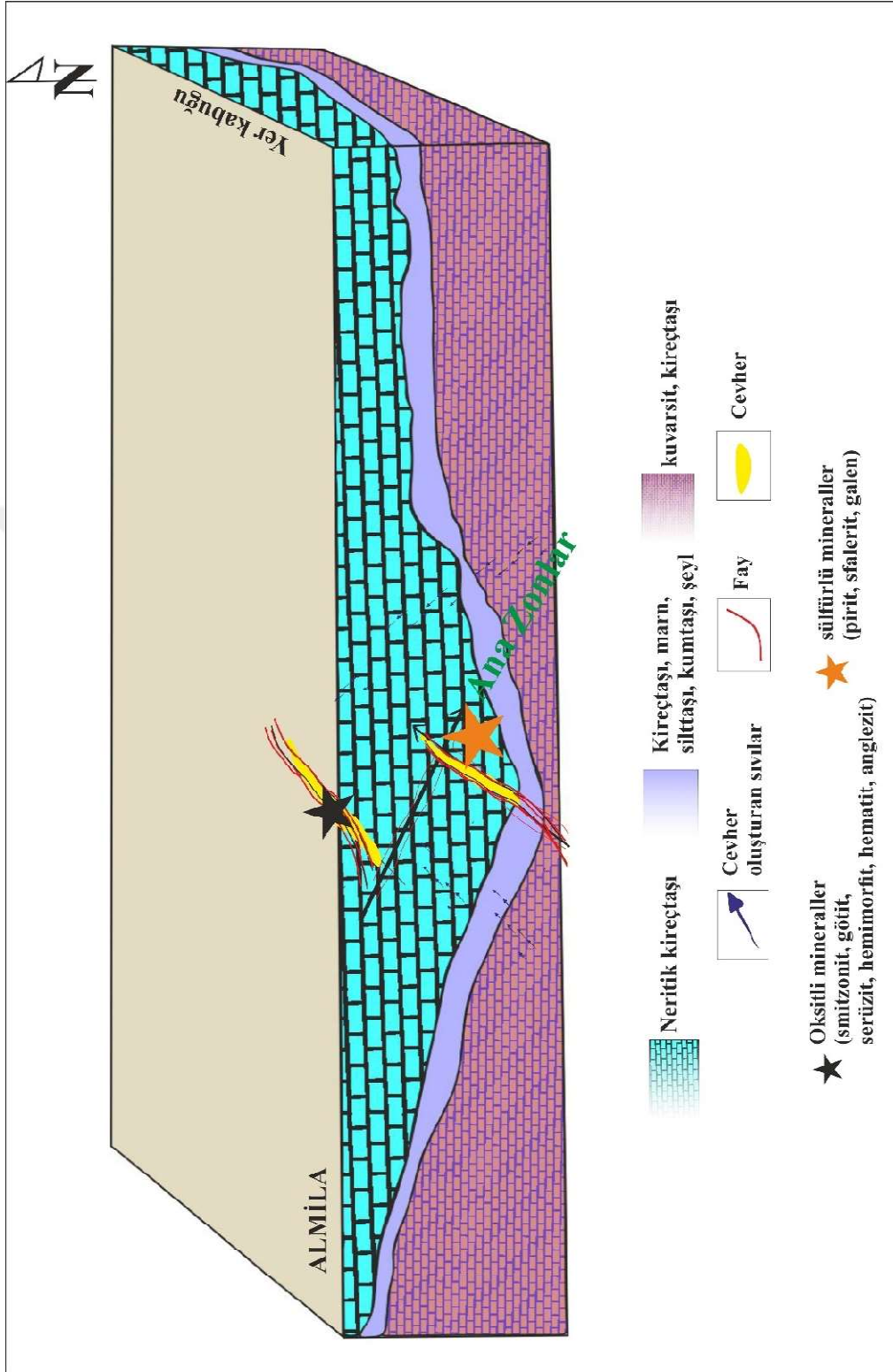
Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarının cevherleşmesi için oluşum modeli Şekil 5.10'da verilmiştir.



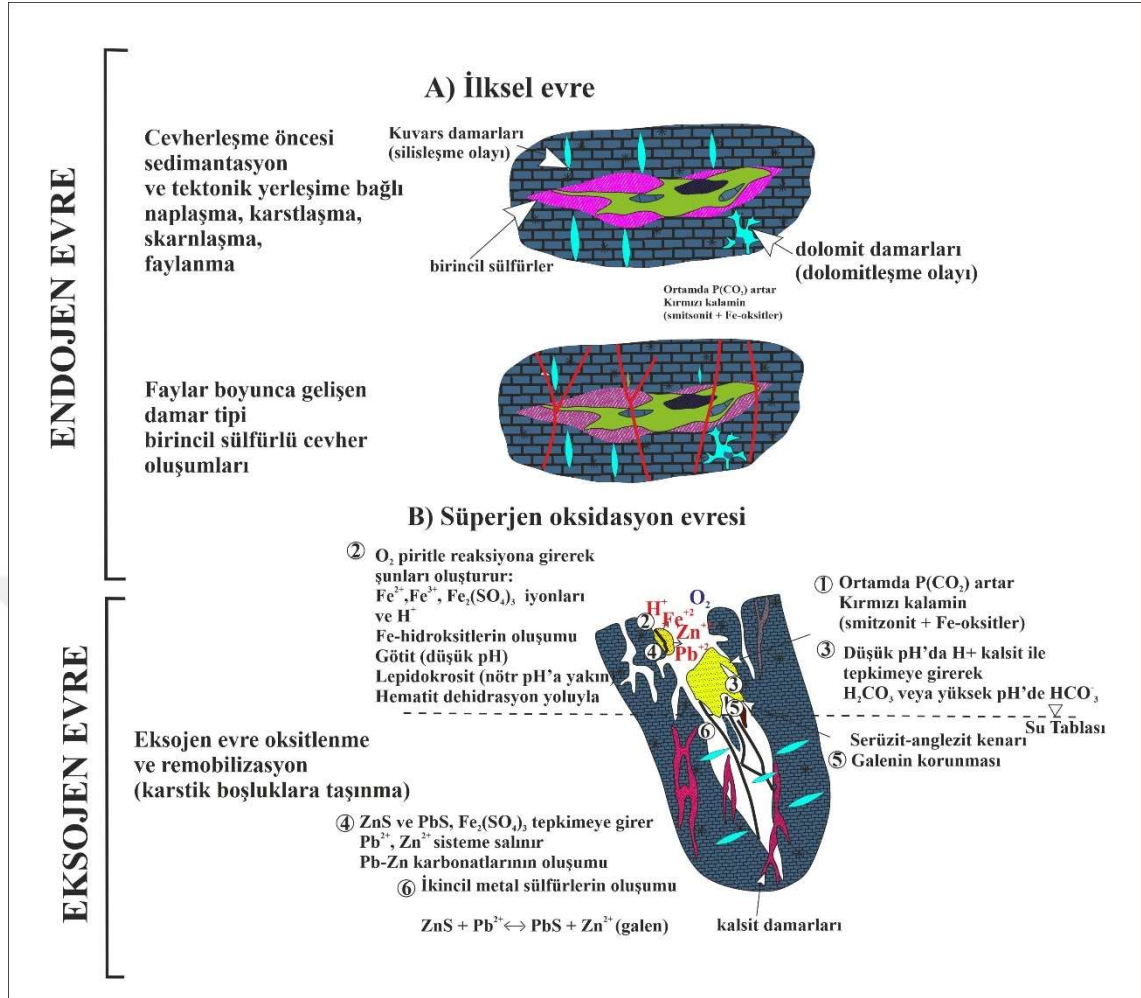
Şekil 5.7. Zengani maden ocağını gösteren şematik model



Şekil 5.8. Erva maden ocağını gösteren şematik model

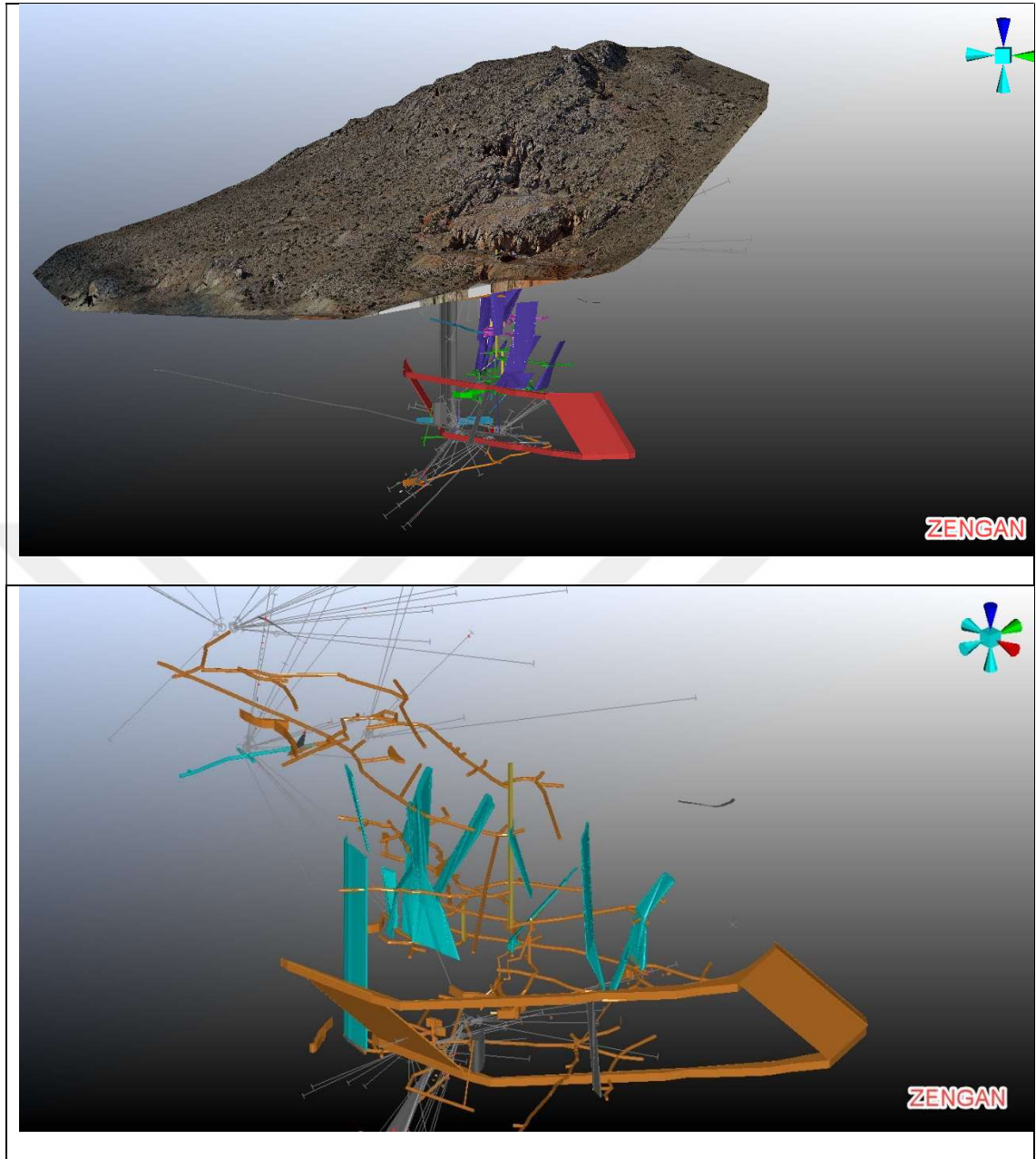


Şekil 5.9. Almıla maden ocağını gösteren şematik model

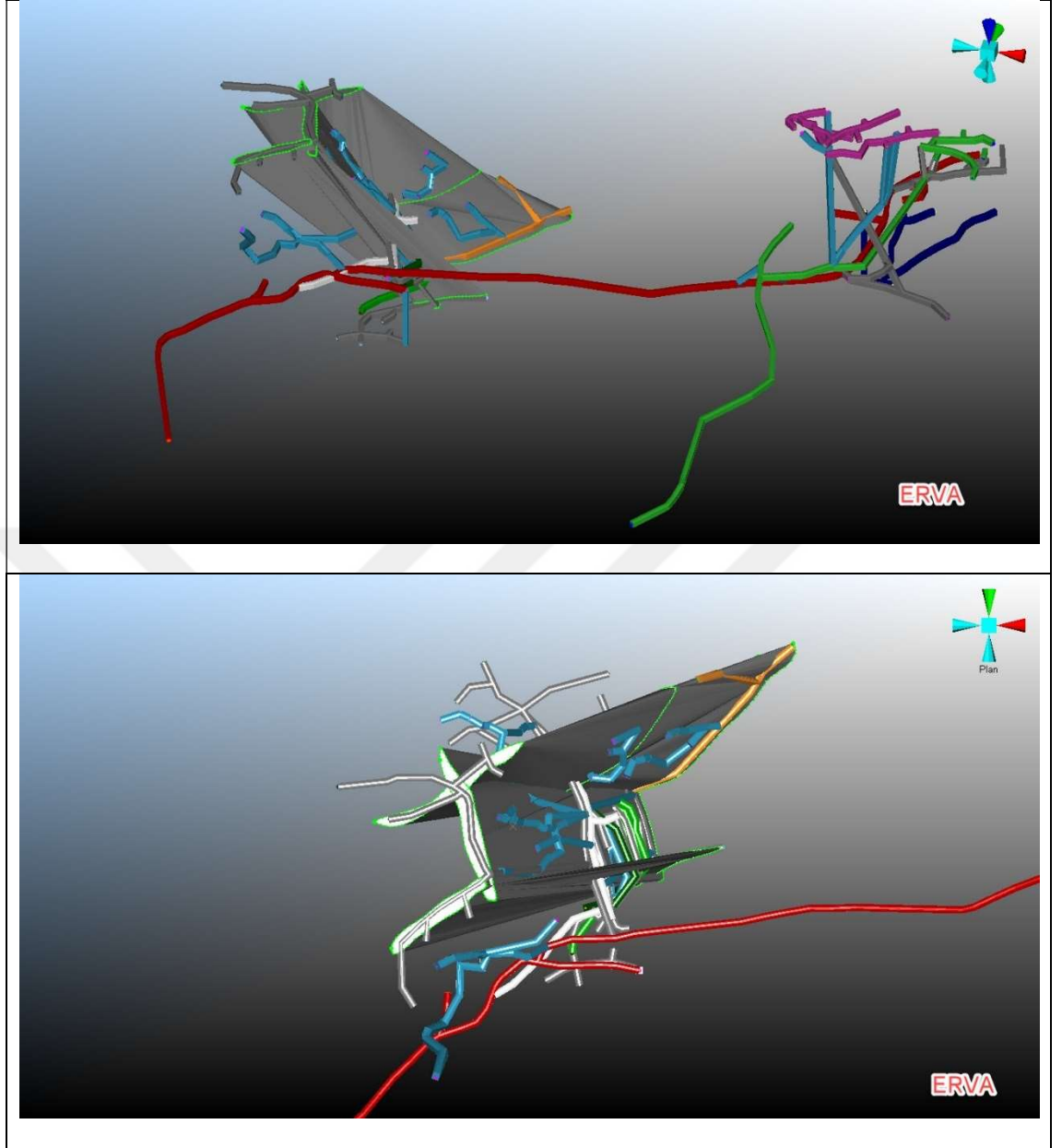


Şekil 5.10. Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarının cevherleşmesi için önerilen oluşum modeli

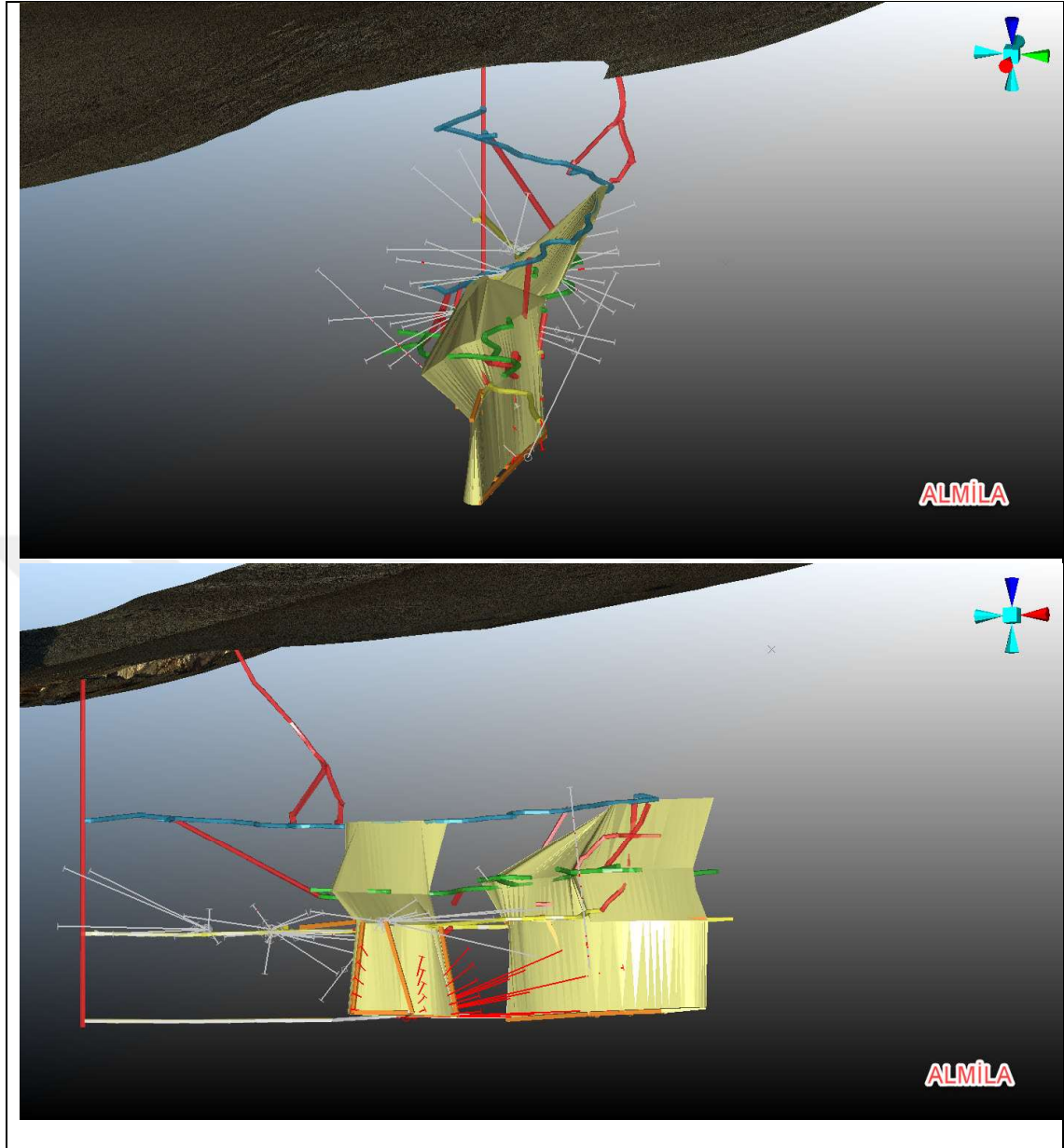
Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarının üç boyutlu cevher geometrileri Netcad 2.95 programı ile yapılmıştır (Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13).



şekil 5.11. Zengan yeraltı maden yatağının üç boyutlu cevher geometrisi



şekil 5.12. Erva yeraltı maden yatağının üç boyutlu cevher geometrisi



Şekil 5.13. Almıla yeraltı maden yatağının üç boyutlu cevher geometrisi

5.3. Pb-Zn Elementlerinin Tıbbi Jeolojik Değerlendirmeleri

Madencilik kaynaklı toksik metallerin çevre ve tıbbi jeolojik değerlendirmeleri amacıyla araştırmacılar tarafından toprak, tortul, maden alanı civarında bulunan bir hidrojeolojik alan (göl, nehir, akarsu, vb.), maden atıkları, kayalar, bitkiler ve madenlerde çalışan erkek işçiler sıklıkla örneklem grubu olarak tercih edilmektedir. Yapılan çalışmaların temel amacı, madencilik faaliyetleri süren alanlarda tüm canlı faunanın sağlığını korumak, ağır metal kontaminasyonu ve maruziyetini azaltmak için saha bazlı olabilecek en etkili stratejileri geliştirmenin önemini vurgulamaktır.

Pb, Zn ve Cd gibi ağır metallerin insan ve diğer canlı metabolizmalara olan toksik etkileri aşağıda derlenmiştir:

Geçiş metallereinden olan Pb, Zn, Cd vb. metaller santimetre küp başına 5 g'dan fazla yoğunluğa sahiptirler (Oves vd. 2012; Qi vd. 2016). Bu metaller insan vücudu için temel yapıtaşı değildir ve hatta yüksek konsantrasyonlardaki maruziyetleri çeşitli tehlikeli sağlık riskleri doğurmaktadır (Qi vd. 2016). Pb metaline yüksek dozda maruziyet bazı kan enzimlerinin aktivitesini bozmaktadır. Aynı zamanda merkezi sinir sistemini ve özellikle çocuklarda IQ gelişimini hasara uğratmaktadır (Kaufmann vd. 2003; Qi vd. 2016). Kandaki Pb konsantrasyonu desilitre başına 10 µg'ın altında olan çocuklarda 3 ve 5 yaşlarındaki IQ puanları ters orantılı görülmüştür. Buradan çıkarılan sonuç, kanda Pb konsantrasyonu desilitre başına 10 µg'ın üstünde bulunması çocukların ilerleyen yaşlarındaki IQ seviyelerinde geri döndürülemez bir şekilde ciddi düşüşe neden olabileceğidir (Canfield vd. 2003; Qi vd. 2016). Zn metali ise insan vücudu ve diğer canlıların büyüme ve gelişiminde önemli bir temel elementtir. Fakat Zn metaline yüksek dozdaki maruziyet insan vücudunda mide kramplarına, mide bulantısına, kolesterol dengesizliğine ve kısırlığa neden olabilmektedir (Zhang vd. 2012; Qi vd. 2016).

Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Th ve Zn insan bünyesine alımı önerilen seviyeleri aştığında olumsuz sağlık etkilerine neden olan öncelikli kirletici metal ve metal(loid)lerdir (USEPA 2014; Tehrani vd. 2023). Fakat burada sıralanan metal(loid)lerden Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Se ve Zn insan vücudu da dahil olmak üzere biyolojik sistemde birçok canlı için temel mikro besin olarak bilinmektedir (Granero ve Domingo 2002; Tehrani vd. 2023). Bu metaller, aşırı seviyelerde bulunduklarında toksik olabilmektedirler. As, Cd, Pb, U, Ba, Sb, Bi, Be, Al, Hg gibi diğer metal(loid)ler ise tamamen toksiktir. Metabolizma için bilinen faydalı biyolojik işlevleri bulunmamaktadır (Granero ve Domingo 2002; Waseem vd. 2014; Shaheen vd. 2016; Barraza vd. 2018; Tehrani vd. 2023). Toprak kirliliğinin ve küresel metal(loid) kirliliğinin en bilinen antropojenik kaynakları ise şu şekilde sıralanmaktadır: endüstriyel faaliyetler, trafik emisyonları, tarımsal uygulamalar, madencilik, cevher işleme ve eritme (Santana vd. 2020; Ran vd. 2021; Zhao vd. 2021; Tehrani vd. 2023). Gelişmekte olan ülkelerde madencilik, cevher işleme ve eritme çalışmaları toprakların ve suların metal(loid)ler tarafından kirlenmesine yol açmaktadır. Bu kirletici etki ekosistemler ve yerel halkın sağlığı için potansiyel tehlikeler yaratmaktadır (Tehrani vd. 2023).

Tehrani vd. (2023) yapılan çalışmada, maden ocağında çalışan erkek işçilerin kan örneklerindeki toksik elementlerin seviyeleri ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlarda toksik maddeler ve hastalık kayıt ajansı (ATSDR) tarafından kabul edilen referans değerlerin üzerinde tespit edilen Cd ve Pb ve işçilerin önemli bir kısmında bulunan As kan düzeyleri ciddi toksik etkiler yaratabileceği düşünülmüştür. Potansiyel toksik etkiler şu şekilde sıralanmaktadır: kronik hastalıklar, kalıcı nörolojik hasar ve/veya subklinik etkiler, farklı kanser türleri. Ayrıca çalışmadan işçilerin Zn açısından yüksek risk altında oldukları bulunmuştur. Aşırı Zn alımının yarattığı toksite sonuçları şu şekilde sıralanmaktadır: Cu eksikliği, bağışıklık sistemi bozukluğu, anemi ve diğer hematolojik anormallikler (Molina vd. 2013; Tehrani vd. 2023). Maden ocağında çalışan işçilerin ve

yakın civarda oturan halkın maruziyetlerini ve risklerini azaltmak ve hafifletmek için iş güvenliği ve sağlığı çerçevesinde stratejiler geliştirilmelidir.

Toprakların doğal bileşiminde ağır metaller yer alsa da tarım, kentleşme, sanayileşme ve madencilik gibi antropojenik faaliyetlerden toprağa ağır metaller karışır. Madencilik faaliyetlerinden olan metal eritme, tehlikeli ağır metallerin ana kaynağıdır. Uzun süreler boyunca yapılan büyük ölçekli madencilik faaliyetleri cevherden toprağa ve diğer süperjen ortamlara büyük miktarlarda Cd, Pb, Zn ve As salınımına yol açmaktadır (Qi vd. 2016). Dolayısıyla ağır metal maruziyeti olan kirlenmiş alanların yakınında yaşayan insanların yüksek sağlık risklerine sahip olabileceği düşünülmektedir (Guo vd. 2019). Örnek olarak, Japonya’da Itai-Itai hastalığı Cd ile kirlenmiş topraklarda yetiştirilen pirinç tüketimi kaynaklıdır (Turkdogan vd. 2003; Guo vd. 2019). Türkiye’de Van ilinde Cd, Cr ve Pb ağır metallerince kirlenmiş topraklarda yetiştirilen meyve ve sebzelerin tüketilmesi kanser vakalarının yüksek yaygınlığı ile ilişkilendirilebilir (Huang vd. 2014; Guo vd. 2019). As, Cd ve Pb ağır metallerinin kronik maruziyeti, eser seviyelerde olsa da dermal, kardiyovasküler, nörolojik, kemik hastalıkları ve kanserler gibi birçok önemli hastalıkla ilişkili olduğu kanıtlanmıştır (Haefliger vd. 2009; Riederer vd. 2013; Schmidt 2014; Guo vd. 2019).

Farklı çeşitli sucul ortamlar (akarsu, nehir, göller, vb.) tüm elementleri bünyelerine yağış, kar erimesi, atmosferik birikim ve jeolojik aşınma yoluyla fiziksel yollarla alabilmektedirler. Bu alanların yakınında özellikle madencilik faaliyetleri varsa kolaylıkla kirlenebilirler. Sulak ortamların fauna ve florasını oluşturan ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin bozulması, tıbbi jeolojik ve sulak alan canlıları üzerinde çok tehlikeli etkiler yaratabilmektedir (Vrhovnik vd. 2013).

Cr, Cu, Cd, Pb ve As elementleri potansiyel olarak en tehlikeli toksik metallerdir (Lei vd. 2010; Adewumi vd. 2021). Maden sahalarında yapılan mineral çıkarma, işleme, arıtma, rafinasyon ve tortu atıkların depolanması gibi insan kaynaklı yapılan eylemler bu elementlerin çevreye yayılmasını kolaylaştırıcı antropojenik faaliyetlerdir. Kirlenmiş topraklarda yetişen meyve ve sebzelerin tüketilmesi, tozların ağız ve burun yoluyla solunması ve dermal adsorpsiyon (toprağın cilde teması) ve özellikle çocukların kasıtlı el-ağız hareketleri ile toprağın yutulması yollarıyla insan metabolizmasına geçer (Adewumi 2021).

Fe, Cu, Ni, Mn, Co, Mo ve Zn gibi elementler, bitki büyüme ve gelişmesinde ihtiyaç duyulan kritik metallerdir. Fakat kabul edilebilir miktarların üzerinde bulunmaları kirlenmeye sebep olabilmektedir (Adewumi 2021).

Cr, Cu As, Cd ve Pb’nin aşırı maruziyeti, beyin, böbrekler, kemikler ve karaciğer gibi vücudun temel fonksiyonlarını sağlayan bölgelerinde birikip ve hatta sonu ölümcül olabilecek sağlık problemlerine sebep olabilir (Kalisinska vd. 2016).

Pb-Zn maden ocaklarına yakın kesimde yaşayan insanlar ve özellikle çocuklar için ağır metal maruziyetini azaltmak için etkili stratejiler geliştirilmelidir. Ağır metaller, nehir yataklarına, akarsulara ve topraklara birikme eğilimindedir. Hidrografik ağ, tarım toprakları ve çevredeki insanlar için uzun vadeli bir kirlenme kaynağı oluştururlar (Yahyaoui ve Amor 2024). Maden sahalarının yakınında bulunan akarsu, göl, baraj, vb. farklı sucul ortamların korunması için toprak, yüzey suyu, akarsu tortusu ve yeraltı suyu kalitesi kirlenme seviyeleri düzenli izlenmelidir (Yahyaoui ve Ben Amor 2024).

Kirletici etkiyi kontrol altına almak için (sınırdan düşükte tutmak) düzenli olarak toprak yüzeyinin, yüzey suyunun, akarsu tortusunun, yeraltı suyunun kalitesinin izlenmesi önerilmektedir. Maden sahalarının yakın çevresindeki yerleşim alanlarının ve tarımın yapılacağı alanların değerlendirilmesi ayrıntılı planlanmalıdır. Maden sahalarından salınan atıklar erozyona maruz kalmakta, toprak ve tortulların kalitesini etkilemekte, bölgede sucul ekosistemlerin kalitesini düşürmektedir. Dolayısıyla insan sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kontrolsüz şekilde sürdürülen madencilik atıkları su ekosistemlerine, insan sağlığına ve tüm çevreye zarar verme potansiyeline sahiptir. Madencilik faaliyetlerinin yapıldığı bölgelerdeki toprakların yutulması (çocuklar ve yetişkinler için) ve dermal temas (çocuklar için) sağlık açısından risk oluşturabilir. Maden sahalarında çalışan erkek işçilerin kanında bulunan metal konsantrasyonlarının yüksek olması beklenebilir. Maruziyet seviyesinin belirlenmesi amacıyla düzenli olarak kan değerleri kontrol edilmelidir.

Madencilik alanlarında hem ekolojik hem de insan sağlığı riskleri ciddi şekilde dikkate alınmalıdır. Bu amaçla toprak kirliliği seviyelerini azaltmak, çevrenin kalitesini iyileştirmek, toplulukların ve çalışanların sağlığını korumak için sahaya özgü etkili yönetim uygulamaları ve stratejileri geliştirilmelidir. Ayrıca yakın yerleşim alanlarında bulunan yaşayan insanlar ellerini ve yiyeceklerini bolca yıkamalıdır. Eve girmeden önce giysilerini ve ayakkabılarındaki tozları sallamalıdır. Evde ayakkabı kullanmaktan kaçınmalıdır. Pencereleri sıklıkla temizlemelidir. Maden sahalarında çalışan işçilerin kıyafetleri ayrı yıkanmalıdır.

5.4. Ekonomik Bir Kaynak Olarak Pb-Zn Yatakları

Ergime sıcaklıkları düşük kurşun-çinkonun kolay alaşım haline gelebilmeleri ve şekil alabilmeleri sebepleri ile bu elementler sanayi ve endüstride çokça tercih edilmektedir. Çinko kaplamalı malzemeler çatı örtü malzemeleri, otomobil sektörü (karbüratör, pompa, jant kapağı, vb.) gibi alanlarda tüketilmektedir. Ayrıca altın ve gümüş işletmelerinde ve eczacılıkta bir miktar çinko tüketimi yapılmaktadır. Kurşunun ise %75'i otomotiv sanayiinde ve akü üretiminde, %20'si elektronik, televizyon tüpleri ve iletişim gibi alanlarda, kalan %5 ise petrol türevleri ve kimya sanayiinde (ateş söndürücüler, tüp ve taşıyıcılar, radyoaktif koruyucu camlar, vb.) tüketilmektedir.

5.4.1. Çinkonun ve kurşunun kullanım alanları

Çinkonun ana cevher olarak kullanıldığı başlıca sekiz alan şu şekilde sıralanmaktadır (Dinlen 2023):

1. **Celik kaplama metali olarak kullanılan çinko (galvanizleme):** çinko cevherinin miktar olarak en fazla kullanıldığı alan galvanizlemedir. Bu yöntem ile çelik alaşımlar korozyona karşı dayanıklı hale getirilir (Dinlen 2023).
2. **Döküm alaşım (zamak) olarak kullanılan çinko:** çinko cevherinin miktar olarak en fazla kullanıldığı ikinci sektör ise zamak alaşımlardır. Çinkonun Al, Mg ve Cu metalleri ile alaşım hale getirilmesidir. Bu metodun amacı çinkonun düşük mekanik özelliklerinin artırılması ve ham madde olarak kullanımının genişletilmesidir. Bu şekilde otomotiv, beyaz eşya, yapı sektörü, vb. alanlarda bağlantı elemanlarının ham maddesi olarak kullanılmaktadır (Dinlen 2023).
3. **Bakırlı alaşımlarda (pirinç, tunç, alpaka) kullanılan çinko:** çinkonun bakırlı alaşımlarla kullanımına pirinç örnek gösterilebilir. Farklı elektriksel ve mekanik özellikler gösteren pirinç alaşımlar için bakır ve çinko oranları değiştirilebilir. Dayanıklılık açısından yüksek beklentinin olduğu dekorasyon, sıhhi tesisat, müzik aletleri, vb. sektörlerde kullanılmaktadır. Standart bir pirinç alaşımın Cu ve Zn oranları şu şekilde sıralanmaktadır: %65 ve %35. Bileşikteki Zn ve Cu oranlarına göre beş tip pirinç çeşidi bulunmaktadır:
 1. **Alfa pirinç:** dövülebilmesi, soğuk olarak işlenebilmesi ve preslenebilmesi gibi mekanik özelliklere sahip alfa pirinç, %65'ten fazla Cu ve %35'ten az Zn içermektedir.
 2. **Alfa-beta pirinç:** alfa pirinçlerden daha parlak olarak bulunan bu pirinç türü sıcak işlenebilir ve %55-65 Cu ve %35-45 Zn içermektedir.
 3. **Beta pirinç:** sadece işlenebilen beta pirinçler, daha sert ve dayanıklı dökümlere uygundur. %50-55 Cu ve %45-50 Zn içeriklidir.
 4. **Gama pirinç:** Ag-Zn; Au-Zn ve Ag-Au alaşımları halinde de bulunabilen gama pirinç, %33-39 Cu ve %61-67 oranında Zn içermektedir.

5. Beyaz pirinç: gümüş görünümünde olan beyaz pirinç %50'den az Cu ve %50'den fazla Zn içermektedir (Dinlen 2023).
4. **Bileşikler (çinko oksit, çinko sülfat, çinko klorür) halinde kullanılan çinko**: lastik, tarım ve seramik alanlarında çinkonun farklı bileşikler halinde kullanımı (ZnO , $ZnCl_2$, ZnS , $ZnSO_4$, $Zn(CH_3)_2$, $2ZnO.3B_2O_3.3.5H_2O$) yaygındır (Dinlen 2023).
5. **Bataryalarda kullanılan çinko**: iyi elektron oluşturma özelliği ile çinko-karbon piller birincil akü tipi gibi tercih edilmektedir (Dinlen 2023).
6. **Levha olarak yapılarda kullanılan çinko**: bina inşaatlarının çatı, cephe kaplanması, vb. uygulamalarında çinko metal levhaları yaygın olarak kullanılmaktadır (Dinlen 2023).
7. **Kaplanmış metal çatı kiremitleri kullanılan çinko**: korozyona karşı uzun süreli dayanıklılık, hafiflik gibi avantajlarıyla Zn çatı kiremitlerinin kaplanması oldukça tercih edilmektedir (Dinlen 2023).
8. **Tüm canlıların sağlığı için kullanılan çinko**: insan vücudunda kemik, ana organların gelişimi, hafıza, bağışıklık, vb. sistemlerin düzgün ve işlevsel çalışabilmesi için çinkoya ihtiyaç bulunmaktadır. Bahsi geçen sistemler üzerinde hayati önemli etkilere sahiptir. Çinkoya olan ihtiyaç, tüm canlılar için söz konusudur. Asgari dozda canlı hücreler tarafından alınması büyüme ve hayatta kalma açısından önem arz etmektedir (Dinlen 2023).

Kurşunun ana cevher olarak kullanıldığı başlıca alanlar şu şekilde sıralanmaktadır: akü imalatı, piller, cam, sır ve cila, ses ve titreşim yalıtımı, kablo izolasyonu, radyasyon kalkanı, titreşim önleyici, kurşun boyalar, PVC ürünleri, mühimmat, alaşımlar, vb (Gençbay 2023).

5.4.2. Çinko ve kurşun üretim yöntemleri

Dünya çapında çinko ve kurşun ocaklarının elverişli derinlikte olmayışı sebebiyle genellikle yeraltı işletmesi olarak çalışmaktadır (Dinlen 2023). Yeraltı maden işletmeciliği aşağıda sıralanan nedenlerle farklı metotlar kullanılarak yapılmaktadır:

1. Cevher yatağının şekli,
2. Cevher yatağının boyutu,
3. Cevher-yan kayaç jeomekanik özellikleri (Dinlen 2023).

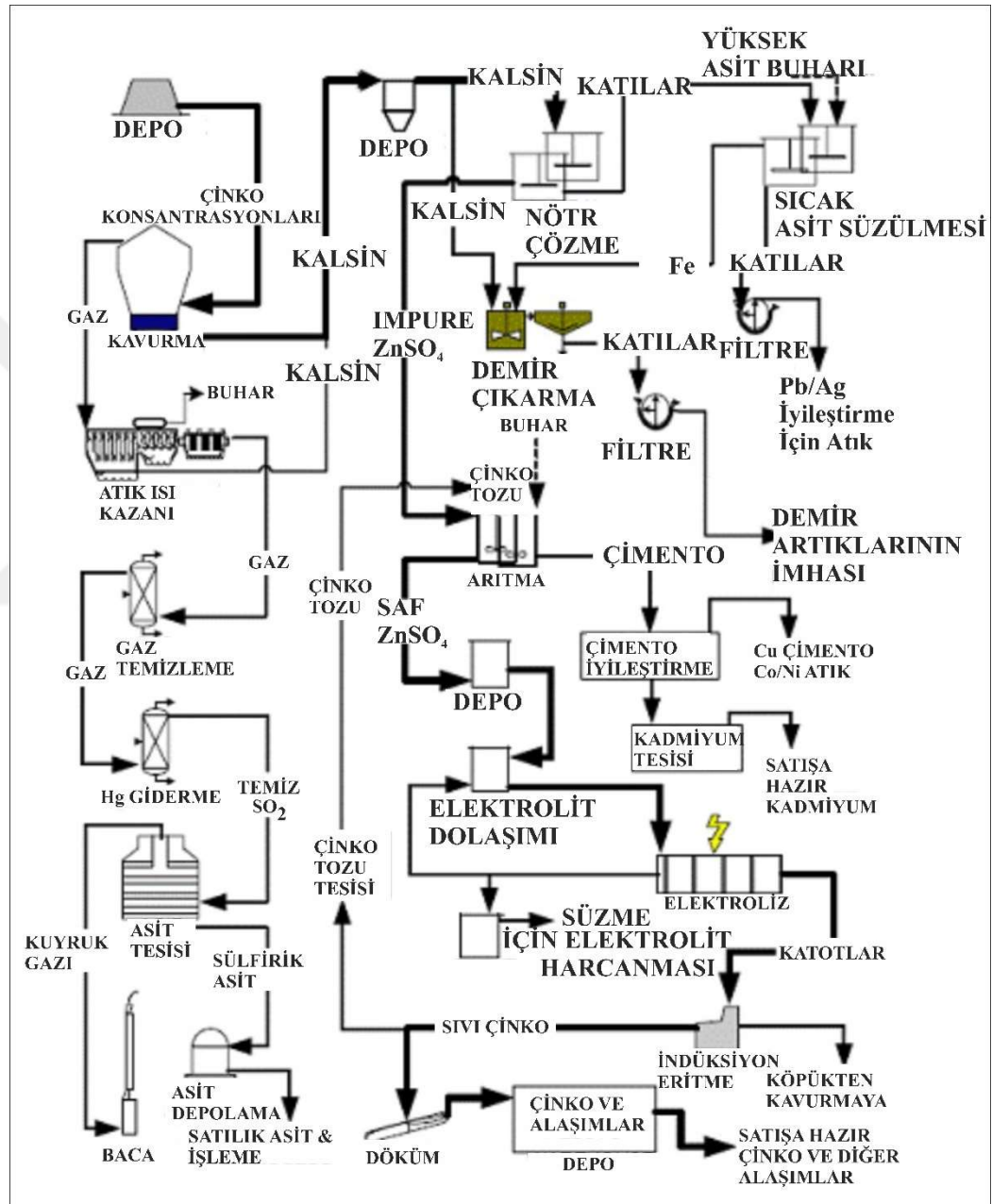
Damar tipi ve masif çinko yataklarında dilimli dolgulu ayak (cut and fill) ve ambarlama (caving) metotları kullanırken; tabakalı ve yatay damarlarda ise oda topuk (room and pillar) metodu kullanılmaktadır (Dinlen 2023).

Çinko üretim yöntemleri:

1. **Çinko zenginleştirme**: yeteri kadar zengin olmayan çinko cevherinin konsantratörlerde zenginleştirilmesi işlemidir (Dinlen 2023).

2. **Kavurma ve sinterleme:** bu işlem ile çinko konsantresi kükürtten uzaklaştırılarak çinko okside dönüştürülmektedir. İşlemin devamında hidrometalurjik yöntemlerle metalik çinko kazanılır (Dinlen 2023).
3. **Hidrometalurjik süreç:** sülfirik asit kullanılarak ZnO'nun kalsine edilmiş malzemeden ayrılması sağlanır (Dinlen 2023).

Çinko üretim aşamaları Şekil 5.14'te verilmiştir.

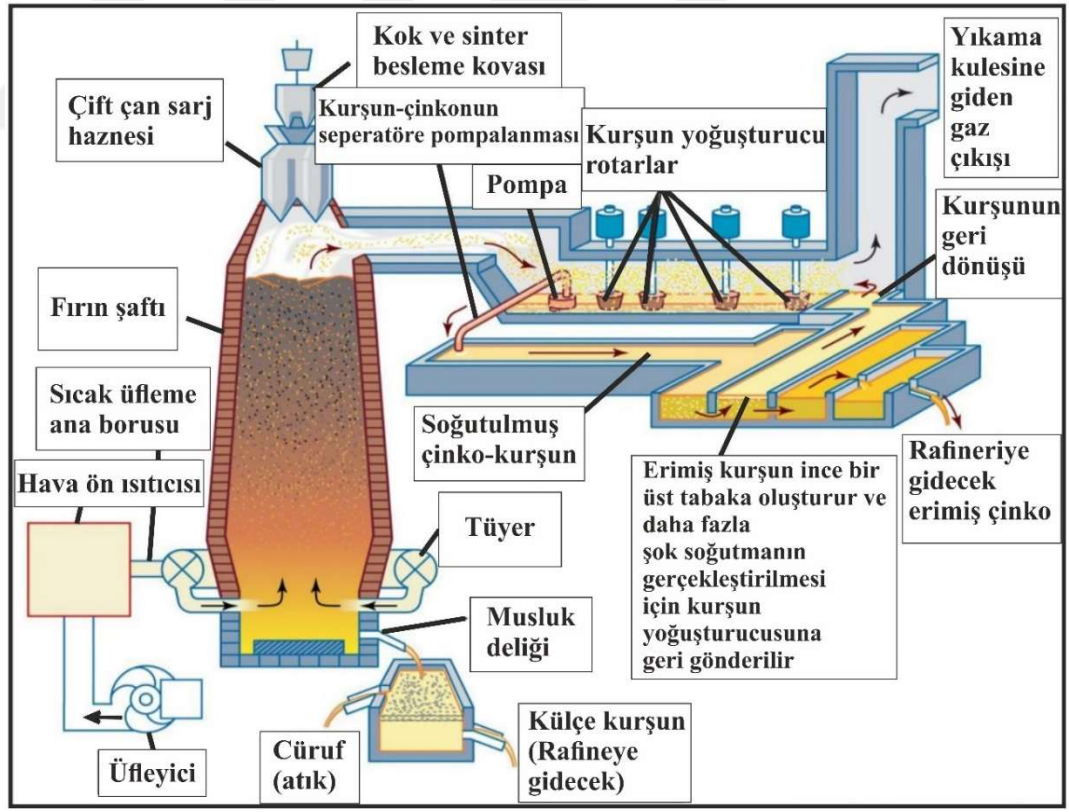


Şekil 5.14. Çinko üretim aşamaları (internet kaynağı 1)

Kurşun üretim yöntemleri:

En yaygın olanı galen olmak üzere, serüzit ve anglezit kurşun üretiminin sağlandığı başlıca 3 mineraldir (Gençbay 2023). Yıllık kullanılan kurşunun yarısı madencilikten, yarısı ise otomobil akülerinin geri dönüşümü yoluyla elde edilmektedir. Kurşun üretim aşamaları Şekil 5.15'te verilmiştir.

1. **Cevherin konsantre hale getirilmesi:** yataktan çıkarılan kurşun, gang minerallerinden daha kolay ayrılabilmesi için öğütülür (Gençbay 2023).
2. **Flotasyon:** bu işlemle kurşun-sülfid olan galen minerali, kükürt içeren kısımlarından ayrılır (Gençbay 2023).
3. **Filtreleme:** flotasyon işleminden sonra, cevher gang ve malzemesinden ayrılabilmesi için çöktürme havuzlarında filtrelenir (Gençbay 2023).
4. **Cevherin kavrulması:** işlemlerden geçen kurşun konsantresi kükürtün uzaklaştırılması için 1400°C'e kadar ısıtılan hava ızgarası üzerine serilir. Erimiş metal kalıplara dökülür (Gençbay 2023).
5. **Rafine etme:** ticari olarak değerli kurşun %99-99.999 saflıkta olması gereklidir. Bir önceki adım olan cevherin kavrulması işleminden kalıplara dökülen erimiş metale yaklaşık 330°C bir sıcaklık uygulanır. Kalıp içinde kalmış olabilecek Cu, vb. elementler uzaklaştırılarak Pb saflığı artırılır (Gençbay 2023).



Şekil 5.15. Kurşun üretim aşamaları (internet kaynağı 2)



6. SONUÇLAR

Zamantı Pb-Zn provensi olarak adlandırılan Aladağların en kuzey-kuzeydoğu kesiminde yer alan, Yahyalı (Kayseri) yöresindeki Pb-Zn mineralizasyon kuşağı Türkiye’deki Pb, Zn, Fe ve Ag için önemli kaynaklardan biridir. Bölgedeki yatakların %50’sinden fazlası Kambriyen’den Pliyosen’e değişen yaşlardaki karbonat kayaçlarında bulunur.

Çalışma sonucunda elde edilen saha, petrografik, jeokimyasal, jeostatistiksel ve izotopik veriler ışığında aşağıdaki önemli sonuçlar elde edilmiştir:

- Yataklardaki cevher oluşturan malzeme temel ve tortul kayaçlardan gelmektedir.
- Pb-Zn yataklarının cevher oluşturan sıvısı, derin kökenli temel kayaçlardan türetilmiştir.
- Bölgesel cevher yataklarının büyük ölçekli mineralizasyonun Kambriyen-Pliyosen zaman aralığında tektonizma etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarının jeokimyasal özelliklerinin ayrıntılı incelemeleri sonucunda yatakların, Karbonat Ornatımlı (CRD) tip Pb-Zn yatakları olarak sınıflandırılabilir.

Çalışmanın sonucunda Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarının cevher oluşumu, metal içeriği, mineraloji ve zonlanma, alterasyon tipi, yapısal kontrol, cevher oluşum sıcaklığı, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$ izotop sonuçları, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop sonuçları ve Elektron Prob Mikronalizleriyle (EPMA) mineral kimyası ile ilgili olarak elde edilen önemli sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. **Cevher oluşumu:** Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarında, Orta Devoniyen-Geç Kretase çökel kayaçlarının yerini alarak veya doldurarak oluşur. Pb baskın sülfür damarları çinko-kurşun karbonat cevherlerini ve ana kireçtaşı keser. Pb-Zn yatak tipleri ve bu yatak tiplerinin yan kayaçları, mineralojik özellikleri ve jeotektonik konumları gibi çeşitli özellikleri göz önüne alındığında Denizovası-Havadan Yöresi Pb-Zn cevherleşmelerinin “Strata-bound Pb-Zn yatakları (Karbonat Yan kayaçlı Cevherleşmeler)” sınıfında yer alması gerektiği gözlenmektedir. Bu tip yatakların en önemli özellikleri karbonat serileri içerisinde, özellikle dolomit ve kireçtaşları içerisinde bulunmaları ve magmatik kütlelerle doğrudan ilişkilerinin bulunmamasıdır.
2. **Metal içeriği:** Zengan, Erva ve Almila maden ocaklarında baskın cevher metalleri Pb, Zn ve Fe’dir. Ayrıca Erva ve Almila ocaklarında, Zengan ocağından farklı olarak tonda 300-400 gram arasında değişen oranda Ag metali bulunmaktadır.

3. **Mineraloji ve zonlanma:** Yahyalı-Zamantı madencilik bölgesinde yer alan Zengan, Erva ve Almıla maden ocaklarının yarmalarından, damarlarında vb. cevherli bölgelerinden derlenen örneklerin cevher mineralojisi incelemeleri ve analitik mineralojik analizleri sonucunda erişilen parajenezleri şu şekildedir: Zengan maden ocağı için birincil mineraller şu şekildedir: smitzonit, götit, serüzit, pirit, hemimorfit, galen, hematit, sfalerit. Gang mineralleri ise şu şekilde sıralanmaktadır: kalsit, kuvars, kaolinit, muskovit, barit, montmorillonit. Erva maden ocağı için birincil mineraller şu şekildedir: serüzit, sfalerit, galen, smitzonit, götit, hematit, hemimorfit, anglezit. Gang mineralleri ise şu şekilde sıralanmaktadır: kalsit, kuvars, montmorillonit, dolomit, muskovit, halloysit, kaolinit. Almıla maden ocağı için birincil mineraller şu şekildedir: smitzonit, serüzit, götit, hematit, galen. Gang mineralleri ise şu şekilde sıralanmaktadır: kuvars. Bu metalik mineral zonlanma deseni, dışa doğru cevher-metal zonlanmasının (Zn, Zn-Pb ve Pb-Ag) olduğu düşünülmektedir. Orta Toros Kuşağı karbonatlı kayaçlarının kuzey-kuzeydoğu kesimini oluşturan Zamantı bölgesinde yer alan Zengan, Erva ve Almıla Pb-Zn cevher yatakları, büyük bir Pb-Zn ve genellikle kurşun baskın sülfür mineralizasyonundan oluşur. Pb-Zn karbonat mineralizasyonu, tortul ve metasomatik yapılar gösteren lamine, masif ve damarlı dokulara sahip serüzit, galen ve smitzonitten oluşur. Pb baskın sülfür mineralizasyonu ise esas olarak galen'den oluşmaktadır.
4. **Alterasyon tipi:** Zengan, Erva ve Almıla maden ocaklarında karbonatlaşma, dolomitleşme ve silisleşme alterasyonu yaygın olarak görülmektedir.
5. **Yapısal kontrol:** Cevheri kontrol eden faylar ve kırıklar mekânsal ve genetik olarak ilişkilidir. Cevher gövdeleri, KB yönelimli faylar tarafından kontrol edilmektedir.
6. **Cevher oluşum sıcaklığı:** Zamantı (Aladağ) Pb-Zn cevherleşmesi gang minerallerindeki (kuvars) cevher aşamasındaki birincil sıvı kapanımlarının homojenizasyon sıcaklıkları 215-500°C arasında değişmektedir.
7. **C-O izotop sonuçları:** Zengan, Erva ve Almıla maden ocakları için C-O izotop kaynağı, başlangıç cevherli akışkanların ağırlıklı olarak karbonatlı kayaçların çözünmesi olarak verilebilmektedir. İzotop sonuçları, karbonatlı çökellerin cevherli akışkanlara C-O katmış olabileceğini göstermektedir.
8. **Pb izotop sonuçları:** Bölgedeki Pb'nin üst kıtasal kabuğa yakın geliştiği ve orojenik bir kökenden geldiği saptanmaktadır.
9. **S izotop sonuçları:** Zengan, Erva ve Almıla maden ocakları için sülfür izotop değerleri magmatik-evaporitik kökenli bir aralığı işaret etmektedir. Ek olarak, $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ değerleri, sülfürün termokimyasal sülfat indirgenmesi (TSR) süreçleri aracılığıyla yerel karbonat-evaporit istiflerinden türeyen hidrotermal akışkanların karışımından kaynaklandığına dair kanıt sunmaktadır.

10. **Elektron Prob Mikroanaliz (EPMA):** Zengan, Erva ve Almila Pb-Zn maden ocakları için derlenen örnekler içerisindeki galen minerali üzerinde yapılan EPMA sonuçlarına bakılarak en yüksek konsantrasyonda Pb değeri Zengan sahasında bulunmuştur. Zengan'ı Almila sahası takip etmiş olup, Erva sahası galen minerali içerisindeki en düşük Pb konsantrasyonuna sahiptir. Zengan sahasındaki galen mineralindeki Pb konsantrasyonu %77.36 – 78.96; S konsantrasyonu ise %5.21 – 5.36 arasında bulunmuştur. Almila sahasındaki galen mineralindeki Pb konsantrasyonu %72.88 – 76.08; S konsantrasyonu ise %4.953 – 5.18 arasında bulunmuştur. Erva sahasındaki galen mineralindeki Pb konsantrasyonu %75.88; S konsantrasyonu ise %5.25 olarak bulunmuştur. Zengan sahasından derlenen örnek üzerindeki hematit mineralinde Fe konsantrasyonu %58.42 – 66.45; Si konsantrasyonu %5.17-9.17 ve Al konsantrasyonu ise %2.06 – 2.38 arasında bulunmuştur. Zengan sahasından derlenen örnek üzerindeki götit mineralinde Fe konsantrasyonu %57.30 – 57.55 ve Pb konsantrasyonu %0.69 – 0.75 arasında bulunmuştur. Almila sahasından derlenen örnek üzerindeki götit mineralinde Fe konsantrasyonu %56.06 – 56.26; Si konsantrasyonu %0.85 – 1.37 ve Pb konsantrasyonu %0.75 – 0.64 arasında bulunmuştur. Almila sahasından derlenen örnek üzerindeki serüzit mineralinde Pb konsantrasyonu %44.99 olarak bulunmuştur.



7. KAYNAKLAR

- potential risk assessment of toxic metals in media from Arufu Pb–Zn–F mining area, northeast Nigeria. *Toxin reviews*, 40(4): 997-1018.
- Aldis, C., Olivo, G.R., Arruda, J.A., Cevik, I.S. 2022. Proterozoic carbonate-hosted Morro Agudo sulfide Pb-Zn district, Brazil: Mineralogical and geochemical evidence of fluid mixing during the ore stage. *Ore Geology Reviews*, 141: 104592.
- Aldis, C., Olivo, G.R., Arruda, J.A., Cevik, I.S. 2022. Proterozoic carbonate-hosted Morro Agudo sulfide Pb-Zn district, Brazil: Mineralogical and geochemical evidence of fluid mixing during the ore stage. *Ore Geology Reviews*, 141: 104592.
- Allan, J. R., & Matthews, R. K. 1977. Carbon and oxygen isotopes as diagenetic and stratigraphic tools: surface and subsurface data, Barbados, West Indies. *Geology*, 5(1): 16-20.
- Altın, D. 1981. Recherches stratigraphiques et micropaleontologiques dans le Taurus Oriental au NW de Pınarbaşı (Turquie). Univ. Geneve, These No: 2005, 450s.
- Altuncu, S. 2000. Meydanyaylası-Karagöl İspirtepe (Çamardı) Karbonat İçerikli Pb-Zn Yataklarının Mineralojisi ve Jeokimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen. Bil. Enst., 96 s.
- Atağözü, O.O., Berberoglu, E., Yalcin, F., Gokaydin, S., Akkopru, E., Yalcin, M.G. 2024. Source identification of heavy metal contamination in beach sediments of the ancient city of Phaselis in Antalya, Türkiye. *International Journal of Sediment Research*, 39(6): 942-959.
- Atağözü, O.O., Yalcin, M.G. 2022. Geostatistical analysis and spatial distribution map of geochemical contents of the Susuzdag Formation limestones. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(6): 851-862.
- Atağözü, O.O., Yalcin, M.G. 2023. Using multivariate statistical analyzes in geochemical data: Example of lead-zinc deposit. In The 6th Mediterranean International Conference of Pure Applied Mathematics and Related Areas (MICOPAM), ss: 300-305.
- Atağözü, O.O., Yalcin, M.G. 2024. Genesis of the Erva Pb–Zn Deposit Kayseri (Yahyalı): Mineralogy and Trace Element Geochemistry. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 1(1): 295-302.
- Atağözü, O.Ö., Yalçın, M.G. 2021. Geochemical characterization of the Sutlegen bauxite deposit, SW Antalya. *Mining of Mineral Deposits*, 15(3): 108-121.
- Attendorn, H. G., Bowen, R. N. C., Attendorn, H. G., & Bowen, R. N. C. 1997. Isotopes in palaeoclimatology and palaeoecology. *Radioactive and Stable Isotope Geology*, ss 397-418.
- Aydın, E., Öztunalı, O. 1981. Occurrence conditions of the Pb-Zn mineralization of the Biga Peninsula. *Yerbilimleri*, 1:10-20.
- Ayhan, A. 1983. Aladağ yöresi karbonatlı kurşun-çinko yataklarının kökeni: Türkiye *Jeol. Kur. Bül.*, 26(2): 105-116.
- Ayhan, A., Lengeranlı, Y., Çeltek, N. Aksoy, E., 1984; Aladağlar (Batı Zamanı) Yöresi

- (Yahyalı-Çamardı) Jeolojisi ve Kurşun-Çinko Etüdləri. MTA Raporu, No: 7501,139 s, Ankara (yayınlanmamış).
- Ayhan, A., Lengeranlı, Y. 1986. Yahyalı-Demirkazık (Aladağlar Yöresi) arasının tektonostratigrafik özellikleri, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 27: 31-45.
- Ayhan, A. Küpeli, Ş. 1991. Batı Zamantı (Aladağlar) kurşun-çinko yatakları ile Mansurlu (Feke-Adana) demir yataklarının karstlaşmaları. Ç.Ü Ahmet Acar Semp. Bild., Adana, ss. 43-54.
- Balcı, V. 2010. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, MTA, Ankara, Adana-M34.
- Bao, Z., Li, Q., Wang, C.Y. 2017. Metal source of giant Huize Zn-Pb deposit in SW China: New constraints from in situ Pb isotopic compositions of galena. *Ore geology reviews*, 91: 824-836.
- Barraza, F., Maurice, L., Uzum, G., Becerram, S., L'opezm, F., Ochoa-Herreram, V., Ruales, J., Schreck, E. 2018. Distribution, contents and health risk assessment of metal(loid)s in small-scale farms in the Ecuadorian Amazon: an insight into impacts of oil activities. *Sci. Total Environ*, ss.106–120.
- Bhuyan, N., Hazarika, P. 2022. Ore genetic implications of pyrite and sphalerite compositions from Rajpura-Dariba and Zawarmala Pb-Zn deposits, Northwestern India. *Geol. J.* 57: 4634–4661.
- Bodnar, R.J. 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57: 683-684.
- Boni, M., Mondillo, N. 2015. The “Calamines” and the “Others”: The great family of supergene nonsulfide zinc ores. *Ore Geol. Rev.*, 67: 208–233.
- Bonsall, C., Voudouris, P., Melfos, V., Vavelidis, M., Mavrogonatos, G., Gkiolmas, A., & Spry, P. G. (2011). The geochemistry of carbonate-replacement Pb-Zn-Ag mineralization in the Kamariza area, Lavrion, Greece: Fluid inclusion, stable isotope, and rare earth element studies. *In Geology of Mineral Deposits of Greece and Cyprus: A Special Publication by the Society of Economic Geologists*, 17:, 297-320.
- Bralia A., Sabatini G., Troja F. 1979. A revaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as geochemical tool in ore genesis problems. *Miner Deposita*, 14(3): 353–374.
- Canfield, R.L., Henderson Jr., C.R., Cory-Slechta, D.A., Cox, C. 2003. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter. *New England Journal of Medicine*, 348(16): 1517–1526.
- Carr, G.R., Dean, J.A., Suppel, D.W., Heithersay, P.S. 1995. Precise lead isotope fingerprinting of hydrothermal activity associated with Ordovician to Carboniferous metallogenic events in the Lachlan fold belt of New South Wales. *Econ Geol*, 90(6):1467–1505
- Chen, X., Duan, D., Zhang, Y., Zhou, F., Yuan, X., Wu, Y. 2023. Genesis of the Giant Huoshaoyun Non-Sulfide Zinc-Lead Deposit in Karakoram, Xinjiang: Constraints from Mineralogy and Trace Element Geochemistry. *Minerals*, 13(7): 842.

- Claypool, G. E., Holser, W. T., Kaplan, I. R., Sakai, H., Zak, I. (1980). The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. *Chemical Geology*, 28(1-2): 199-260.
- Coleman, M. L., & Raiswell, R. 1981. Carbon, oxygen and sulphur isotope variations in concretions from the Upper Lias of NE England. *Geochimica et cosmochimica acta*, 45(3): 329-340.
- Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133(3465): 1702-1703.
- Çevrim, M. 1984. Die Zink-Blei-vererzungen des Aladağ-Giebetes/TÜERKEİ mit betrachtungen zur palaokastentwicklung: Doktora tezi, Aachen, 184 s. (yayınlanmamış).
- Çevrim, M., Echle, W. Friedrich, G. 1986. Aladağlarda Paleokarstlaşmaya Bağlı Pb Zn Mineralizasyonu. *TJK Bülteni*, 29(1): 27-42.
- Çopuroğlu, İ. 1996. Yahyalı Kayseri-Demirkazık Niğde-Çamardı Yöresi Çinko-Kurşun Yataklarının Mineralojisi ve Jenezi. *MTA Dergisi*, 118: 35-46.
- Dalkılıç, H. 2009. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ankara, MTA. Kayseri-L35.
- Dai, C., Zhang, P., Mao, J., Li, W. (2020). Sulfur isotope compositions of sulfides from the Dongguashan Cu-Au deposit, Anhui Province, China: Implications for fluid sources and ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 124: 103632.
- Dehnavi, A.S., McFarlane, C.R.M., Lentz, D.R., Walker, J.A. 2018. Assessment of pyrite composition by LA-ICP-MS techniques from massive sulfide deposits of the Bathurst Mining Camp, Canada: From textural and chemical evolution to its application as a vectoring tool for the exploration of VMS deposits. *Ore Geol. Rev.*, 92: 656–671.
- Demény, A. and Harangi, S.Z. 1996. Stable isotope studies and processes of carbonate formation in Hungarian alkali basalts and lamprophyres: evolution of magmatic fluids and magma-sediment interactions. *Lithos*, 37: 335–49.
- Demény, A., Ahijado, A., Casillas, R., Vennemann, T.W. 1998. Crustal contamination and fluid/rock interaction in the carbonatites of Fuerteventura (Canary Islands, Spain): a C, O, H isotope study. *Lithos*, 44(3–4): 101–115.
- Demirtaşlı, E. 1967. Pınarbaşı-Sarız-Mağara ilçeleri arasındaki sahanın litostratigrafi birimleri ve petrol imkanları. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 3489. (yayınlanmamış).
- Demirtaşlı, E. 1987. Silifke batısında Hacı İshaklı, Büyükeceli, Korucuk ve Akdere köyleri arasında kalan bölgenin jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 8769. (yayınlanmamış).
- Deng, C., Li, C., Rong, Y., Chen, D., Zhou, T., Wang, X., Yin, R. 2021. Different metal sources in the evolution of an epithermal ore system: Evidence from mercury isotopes associated with the Erdaokan epithermal Ag-Pb-Zn deposit, NE China. *Gondwana Research*, 95: 1-9.
- Dinlen, İ. 2023. Dünyada ve Türkiye’de Çinko. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

- Duan, M., Ren, Y., Xue, C., Yang, Q., Hao, Y., Liu, T. 2022. Provenance Tracing and Age Analysis of Lead–Zinc Mineralization in Qiyimuchang, Inner Mongolia, NE China. *Minerals*, 12(9): 1146.
- Erkan, N. E., Özer, S., Sümengen, M. ve Terlemez, İ. 1978. Sarız-Sarkışla-Gemerek Tomarza arasındaki temel jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 6546 (yayımlanmamış).
- Exley, R. A., Matthey, D. P., Clague, D. A., & Pillinger, C. T. 1986. Carbon isotope systematics of a mantle “hotspot”: a comparison of Loihi Seamount and MORB glasses. *Earth and planetary science letters*, 78(2-3): 189-199.
- Fan, T.B., Yu, Y.J., Xia, M.Y., Jiang, G.P., Wang, M. 2017. Geological Features and Prospect for the Huoshaoyun Pb–Zn Deposit in Hotan, In Chinese. Xinjiang. *Acta Geol. Sichuan*, 37: 578-582.
- Feng, Z.J., Yang, T., Yao, X., Brzozowski, M.J., Lei, R.X., Wu, C.Z. 2022. Ore forming and reworking processes in the Xitieshan Pb–Zn deposit, Qinghai Province, China: Constraints from in situ trace-element and S isotope compositions of sulfides. *Ore Geology Reviews*, 149: 105103.
- Field, C. W., & Fifarek, R. H. 1985. Light stable-isotope systematics in the epithermal environment.
- Friedman, I., O’Neil, J.R. 1977. Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest. data of geochemistry, U.S. *Geological Survey Professional Paper* 44: 1–12.
- Gençbay, B. 2023. Dünyada ve Türkiye’de Kurşun. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı.
- Gökçe, A. 1995. Maden yatakları. Cumhuriyet Üniversitesi.
- Granero, S., Domingo, J.L., 2002. Levels of metals in soils of Alcalá de Henares, Spain: human health risks. *Environ. Int.* 28: 159–164.
- Gu, X.X., Zhang, Y.M., Schulz, O., Vavtar, F., Liu, J.M., Zheng, M.H., Zheng, L. 2012. The Woxi W–Sb–Au deposit in Hunan, South China: an example of late Proterozoic sedimentary exhalative (SEDEX) mineralization. *J. Asian Earth Sci.*, 57: 54–75.
- Guo, G., Zhang, D., Wang, Y. 2019. Probabilistic human health risk assessment of heavy metal intake via vegetable consumption around Pb/Zn smelters in Southwest China. *International journal of environmental research and public health*, 16(18): 3267.
- Haefliger, P., Mathieu-Nofl, M., Locicero, S., Ndiaye, C., Coly, M., Diouf, A. 2009. Mass lead intoxication from informal used lead-acid battery recycling in Dakar, Senegal. *Environ. Health. Persp.* 117: 1535–1540.
- Han, R., Yan, Z., Qiu, W., et al. 2023. Geology and geochemistry of Zn–Pb (–Ge–Ag) deposits in the Sichuan–Yunnan–Guizhou Triangle area, China. A review and a new type. *Front. Earth Sci*, 11.
- Han, R.S., Zou, H.J., Hu. B., Hu. Y.Z., Xue, C.D. 2007. Features of fluid inclusions and sources of ore-forming fluid in the Maoping carbonate-hosted Zn–Pb–(Ag–Ge)

- deposit, Yunnan, China. *Acta Petrol Sin* 23(9): 2109–2118 (in Chinese with English abstract).
- Hanilçi, N., Öztürk, H. 2003. Aladağlar'da Karbonatlar İçindeki Pb-Zn Yataklarında Duraylı Kükürt İzotopu ve Mikrotermometrik İncelemeler, Doğu Toroslar, Türkiye. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 56: 112-114.
- Hanilçi, N., Öztürk, H. 2005. Aladağlar-Zamantı (Doğu Toroslar) Bölgesinde Misisipi Vadisi Tipi (MVT) Zn-Pb Yatakları: Ayraklı ve Denizovası Zn-Pb Yatakları, Türkiye. İ.Ü. Müh. Fak. *Yerbilimleri Dergisi*, 18(2): 23-43.
- Harkins, S.A., 2008. Lead Isotope analysis of non-sulfide zinc and sulfide Zn-Pb deposits in the Flinders Ranges, South Australia. *Econ. Geol.* 103 (2): 353–364.
- Harkins, S.A., Appold, M.S., Nelson, B.K., Brewer, A.M., Groves, L.M. 2008. Lead isotope constraints on the origin of nonsulfide zinc and sulfide zinc-lead deposits in the Flinders Ranges, South Australia. *Econ. Geol.*, 103: 353–364.
- He, Y., Wu, T., Huang, Z., Ye, L., Deng, P., & Xiang, Z. 2020. Genesis of the Maoping carbonate-hosted Pb–Zn deposit, northeastern Yunnan Province, China: evidences from geology and C–O–S–Pb isotopes. *Acta Geochimica*, 39: 782-796.
- Hitzman, M.W., Reynolds, N.A., Sangster, D.F., Allen, C.R., Carmen, C.E. 2003. Classification, genesis, and exploration guides for nonsulfide zinc deposits. *Econ. Geol.*, 98: 685–714.
- Hoefs, J. (2018). *Stable Isotope Geochemistry* (7th ed.). Springer.
- Huang, Z., Pan, X.D., Wu, P.G., Han, J.L., Chen, Q. 2014. Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. *Food Control*, 36: 248–252.
- Hutchinson, R.W. 1996. Regional metallogeny of carbonate-hosted ores by comparison of field relationships.
- İmreh, L. 1965. Zamantı Metal Cevherleşmesi Bölgenin Kurşun- Çinko Mineralizasyonları. *MTA Dergisi*, 65: 85-108.
- İnternet kaynağı 1: <https://prezi.com/a7onqzyqhk14/cinko-uretimi/>
- İnternet kaynağı 2: <https://www.britannica.com/technology/lead-processing>, 1 Kasım 2023
- Kalisinska, E., Lanocha-Arendarczyk, N., Kosik-Bogacka, D., Budis, H., Podlasinska, J., Popiolek, M., et al. (2016). Brains of Native and Alien Mesocarnivores in Biomonitoring of Toxic Metals in Europe. *PLoS ONE* 11(8): 0159935.
- Keith, M., Hackel, F., Haase, K.M., Schwarz-Schampera, U., Klemm, R. 2016. Trace element systematics of pyrite from submarine hydrothermal vents. *Ore Geol. Rev.* 72: 728–745.
- Kelley, K. D., Slack, J. F., & Jennings, M. (2004). Sulfur isotope evidence for the origin of sulfide in SEDEX deposits: example from the Red Dog Zn-Pb-Ag deposit, northern Alaska. *Economic Geology*, 99(1): 77-88.
- Kaufmann, R.B., Staes, C.J., Matte, T.D. 2003. Deaths related to lead poisoning in the United States, 1979–1998. *Environmental Research*, 91(2): 78–84.
- Kerridge, J. F. 1985. Carbon, hydrogen and nitrogen in carbonaceous chondrites:

- Abundances and isotopic compositions in bulk samples. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49(8): 1707-1714.
- Keskin, H., Dönmez, M., Akçay, A.E. 2010. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ankara, MTA. Kayseri-L34.
- Kesler, S.E. 2005. Ore-forming fluids. *Elements* 1:13–8.
- Kıran Yildirim, D. 2013. Kuru (Çanakkale) yöresi kurşun-çinko cevherleşmelerinin oluşum mekanizmasının jeokimyasal modellenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 198.
- Kıray, D., Kuşcu, M., Cengiz, O. 2024. Karaduru ve Karaköy (Biga Yarımadası, Çanakkale) Arasındaki Pb-Zn-Cu Cevherleşmelerinin Kökeni, Jeokimyası ve Kükürt İzotop Oranları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 67(3): 361-388.
- Koptagel, O., Efe, A., Ceyhan, F. 1998. Göynük Pb-Zn cevherleşmesinin (Yahyalı-Kayseri) kökeni. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41(2): 53-62.
- Koptagel, O., Efe, A., Ceyhan, F., Erik, D. 2001. Denizovası-Havdan Yöresi (Yahyalı Doğusu-Kayseri) Pb-Zn Cevherleşmelerinin Genel Özellikleri; Köken ile ilgili bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Ankara, 44(3): 15-35.
- Köksal, S., Toksoy-Köksal, F., & Göncüoğlu, M. C. (2017). Petrogenesis and geodynamics of plagiogranites from Central Turkey (Ekecikdağ/Aksaray): new geochemical and isotopic data for generation in an arc basin system within the northern branch of Neotethys. *International Journal of Earth Sciences*, 106(4): 1181-1203.
- Krauskopf, K.B. (1979). Introduction to Geochemistry. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 617 sayfa.
- Kump, L.R., Arthur, M.A. 1999. Interpreting carbon-isotope excursions: carbonates and organic matter. *Chem Geol*, 161: 181–198
- Kunzmann, M., Schmid, S., Blaikie, T.N., Halverson, G.P. 2019. Facies analysis, sequence stratigraphy, and carbon isotope chemostratigraphy of a classic Zn-Pb host succession: The Proterozoic middle McArthur Group, McArthur Basin, Australia. *Ore Geol. Rev.*, 106: 150–175.
- Kuşcu, M., Cengiz, O. 2001. Karbonatlı Kayaçlara Bağlı Orta Toroslar Pb-Zn Cevherleşmelerinin Kükürt İzotopları İncelemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Ankara, 44(3): 59-73.
- Large, D. 2001. The geology of non-sulphide zinc deposits: An overview. *Erzmetall*, 54: 264–276.
- Leach, D.L., Bradley, D.C., Huston, D., Pisarevsky, S.A., Taylor, R.D., Gardoll, S.J. 2010. Sediment-hosted lead-zinc deposits in Earth history. *Econ. Geol.* 105: 593–625.
- Leach, D.L., Sangster, D.F., Kelley, K.D., Large, R.R., Garven, G., Allen, C.R., Gutzmer, J. and Walters, S. 2005. Sediment-hosted Pb-Zn deposits: a global perspective. *Economic Geology*, 100th Anniversary, 561–608.
- Lei, M., Zhang, Y., Khan, S., Qin, P.F., Liao, B.H. 2010. Pollution, fractionation, and mobility of Pb, Cd, Cu, and Zn in garden and paddy soils from a Pb/ Zn Mining

- area. *Environmental monitoring and assessment*, 168(1–4): 215–222.
- Lei, R., Zhang, L., Wang, Y., Zhang, W., Li, Z. (2018). Sulfur isotope composition of hydrothermal sulfide deposits: a review. *Minerals*, 8(7): 296.
- Li, W., Zhang, P., Mao, J., Dai, C. (2019). Multiple sulfur isotope geochemistry of the Dongguashan Cu-Au deposit, Anhui Province, China: Insights into fluid sources and ore genesis. *Journal of Asian Earth Sciences*, 182: 103939.
- Li, B., Zhou, J.X., Huang, Z.L., Yan, Z.F., Bao, G.P., Sun, H.R. 2015. Geological, rare earth elemental and isotopic constraints on the origin of the Banbanqiao Zn–Pb deposit, Southwest China. *J Asian Earth Sci*, 111: 100–112
- Li, H., Xu, X.W., Borg, G., Gilg, H.A., Dong, L.H., Fan, T.B., Li, H. 2019a. Geology and Geochemistry of the giant Huoshaoyun zinc-lead deposit, Karakorum Range, northwestern Tibet. *Ore Geology Reviews*, 106: 251-272.
- Li, Z.L., Ye, L., Hu, Y.S., Wei, C., Huang, Z.L., Nian, H.L., Cai, J.J., Danyushevsky, L. 2019. The trace (dispersed) elements in pyrite from the Fule Pb-Zn deposit, Yunnan Province, China, and its genetic information: A LA-ICPMS study. *Acta Petrologica Sinica*. 35, 3370–3384 (in Chinese with English abstract).
- Liang, X.Y., Li, B., Zhang, C.N., Qin, H.K., Li, G., Zhang, X.Y. 2022. Mineralogical and Geochemical Characteristics of Carbonates and Their Geological Significance to the Fuli Pb-Zn Deposit. Yunnan Province. *Minerals*.12: 1317.
- Liu, J.M. Liu, J.J. 1997. Basin fluid genetic model of sediment-hosted micro disseminated gold deposits in the gold-triangle area between Guizhou, Guangxi and Yunnan. *Acta Mineralogica Sinica*, 17: 448–56 (in Chinese with English abstract).
- Liu, L., Li, J., Zhou, R., Sun, T. 2016. 3D modeling of the porphyry-related Dawangding gold deposit in south China: implications for ore genesis and resources evaluation. *J. Geochem. Explor.* 164: 164–185.
- Liu, L., Sun, T., Zhou, R. 2014. Epigenetic genesis and magmatic intrusion's control on the dongguashan stratabound Cu–Au deposit, Tongling, China: Evidence from field geology and numerical modeling. *J. Geochem. Explor.* 144: 97–114.
- Martínez, C.E., McBride, M.B. 2001. Cd, Cu, Pb, and Zn coprecipitates in Fe oxide formed at different pH: Aging effects on metal solubility and extractability by citrate. *Environ. Toxicol. Chem. Int. J.* 20: 122–126.
- McConnaughey, T. 1989. ^{13}C and ^{18}O isotopic disequilibrium in biological carbonates: I. Patterns. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(1): 151-162.
- Megaw, P. K. M. (1990). The geology of the Santa Eulalia mining district, Chihuahua, Mexico.
- Mehrabi, B., Chaghaneh, N., Fazel, E. T., & Corfu, F. 2023. Geology, fluid inclusions and C–O–S–Pb isotopic compositions of the Chahmoleh Pb-Zn deposit, Central Iran: Implications for ore genesis. *Geological Magazine*, 160(11): 1953-1974.
- Meinert, L. D., Dipple, G.M., Nicolescu, S. 2005. World skarn deposits. *Economic Geology*, 100th Aniv. Vol.
- Meng, Y.M., Hu, R.Z., Huang, X.W., Gao, J.F., Sasseville, C. 2019. The origin of the carbonate-hosted Huize Zn-Pb-Ag deposit, Yunnan province, SW China:

- constraints from the trace element and sulfur isotopic compositions of pyrite. *Mineral Petrol.* 113: 369–391.
- Meng, Y.M., Huang, X.W., Xu, C.X., Meng, S.N. 2022. Trace element and sulfur isotope compositions of pyrite from the Tianqiao Zn-Pb-Ag deposit in Guizhou province, SW China: implication for the origin of ore-forming fluids. *Acta Geochimica.* 41: 226–243.
- Metag-Stolberg, 1971. Zamantı Kurşun-Çinko Projesi Nihai Raporu. DPT Müst. Raporu, 191 s. (yayımlanmamış).
- Metin, S. 1986. Doğu Toroslar’da Bakırdağı ve dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7888. (yayımlanmamış).
- Molina, R.M., Schaider, L.A., Donaghey, Y.H.C., Shine, J.P., Brain, J.D. 2013. Mineralogy affects geoavailability, bioaccessibility and bioavailability of zinc. *Environ. Pollut.* 182: 217–224.
- Mondillo, N., Herrington, R., Boyce, A.J., Wilkinson, C., Santoro, L., Rumsey, M. 2018. Critical elements in non-sulfide Zn deposits: A reanalysis of the Kabwe Zn-Pb ores (central Zambia). *Mineral. Mag.* 82: 89–114.
- Monod, O. 1977. Recherches Géologiques Dans le Taurus Occidental au Sud de Beyşehir (Turquie), These d’état, I’ Univ. de Paris sud, Centre d’Orsay, 442.
- Navarro-Ciurana, D., Campos-Quispe, L.A., Cardellach, E., Vindel, E., Gómez-Gras, D., Griera, A., Corbella, M. 2016. Mineralogical and geochemical characterization of the Riópar non-sulfide Zn-(Fe-Pb) deposits (Prebetic Zone, SE Spain). *Ore Geology Reviews*, 79: 515-532.
- Nayak, A., Ashrit.S., Jena ,M.S., Venugopal, R. 2020. Mineralogical characterization for selection of possible beneficiation route for low- grade lead–zinc ore of Rampura Agucha, India. *Transaction of Indian Institute of Metals* ,73 (3): 775–84.
- Nayak, A., Jena, M.S., Mandre, N.R. 2022. Beneficiation of lead-zinc ores—a review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 43(5): 564-583.
- Ohmoto, H. (1972). Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits. *Economic Geology*, 67(5): 551-578.
- Ohmoto, H., & Goldhaber, M. B. (1997). Sulfur and carbon isotopes. In: Barnes, H. L. (Ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits* (3): 517-611. John Wiley & Sons.
- Ohmoto, H., Rye, R. O. (1979). Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes, H. L. (Ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits* (2): 509-567. John Wiley & Sons.
- Oves, M., Khan, M.S., Zaidi, A., Ahmad, E. 2012. Soil contamination, nutritive value, and human health risk assessment of heavy metals: an overview. *Toxicity of Heavy Metals to Legumes and Bioremediation*, 1–27.
- Özer Atakoğlu, O., Yalcin, M.G., Leventeli, Y., San, B.T. 2023. Geochemistry of red soils in the Kas District of Antalya (Türkiye) using Multivariate Statistical Approaches and GIS. *Minerals*, 13(6): 772.
- Özbaş, F. 2014. Tespihdere (Çanakkale-Lapseki) kurşun çinko yatağının sıvı kapanım incelemeleri (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Özbek, A. C. 2014. Orta ve doğu toroslarda bulunan karbonat yankayaçlı Pb-Zn cevher oluşumlarının alterasyon mineralojisi ve duraylı izotop nitelikleri.
- Özer, Ö. 2020. Sütleğen bölgesi (Kaş-Antalya) boksit yataklarının jenezi ve ekonomik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 125s.
- Özgül, N. 1997a. Bozkır-Hadım-Taşkent (Orta Torosların kuzey kesimi) dolayında yer alan tektonostratigrafik birliklerin stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, S. 119: 113-174.
- Özgül, N., 1997b. Bozkır-Hadım-Taşkent (Orta Torosların kuzey kesimi) dolayında yer alan tektonostratigrafik birliklerin stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, S. 119: 113-174.
- Pan, P., Zhao, C., Zhou, W., & Chang, H., 2024. Numerical simulation of fault-fold structures controlled ore formation: Case studies of the Huize and Maoping lead-zinc deposits in Northeastern Yunnan Province, southwest China. *Ore Geology Reviews*, 165: 105906.
- Pass, H.E., Cooke, D.R., Davidson, G., Maas, R., Dipple, G., Rees, C., Ferreira, L., Taylor, C., Deyell, C.L., (2014a). Isotope Geochemistry of the Northeast Zone, Mount Polley Alkaline Cu-Au-Ag Porphyry Deposit, British Columbia: A Case for Carbonate Assimilation. *Econ. Geol.* 109: 859–890.
- Pass, D. A., Ciobanu, C. L., Cook, N. J., Brugger, J. (2014b). Trace element geochemistry of sulfides from the Candelaria IOCG deposit, Chile: Links to fluid evolution and ore genesis. *Economic Geology*, 109(5): 1319-1342.
- Pearson, F. J., Jr., Goldhaber, M. B., & Rye, R. O. (1988). Stable isotope studies of the Big Mike copper deposit, Nevada. *Economic Geology*, 83(2): 241-260.
- Petrasccheck, E.W. 1967. Batı Toros kalkerlerindeki kurşun-çinko yatakları. *MTA Dergisi*, 68: 38-48.
- Poisson, A.A. 1977. Recherches geologique dans le Taurides Occidentales (Turquie). These, Univ. Du Paris-Sud, Orsay, 795. (yayımlanmamış).
- Qi, J., Zhang, H., Li, X., Lu, J., Zhang, G. 2016. Concentrations, spatial distribution, and risk assessment of soil heavy metals in a Zn-Pb mine district in southern China. *Environmental monitoring and assessment*, 188: 1-11.
- Ran, H., Guo, Zh, Yi, L., Xiao, X., Zhang, L., Hu, Zh, Li, Ch, Zhang, Y. 2021. Pollution characteristics and source identification of soil metal(loid)s at an abandoned arsenic- containing mine, China. *J. Hazard Mater*, 413: 125382.
- Rezaeian, A., Rasa, I., Amiri, A., Jafari, M.R. 2013. Geochemistry of Oxygen and Carbon Stable Isotopes in Non-Sulfide Zn-Pb Deposits, Case Study: Chah-Talkh non-Sulfide Zn-Pb Deposit (Sirjan-South of Iran). *World Appl. Sci.* 24: 1163–1171.
- Riedeerer, A.M., Belova, A., George, B.J. 2013. Urinary cadmium in the 1999–2008 US. National health and nutrition examination survey. *Environ. Sci. Technol.* 47: 1137–1147.
- Roedder, E. 1979. Fluid inclusions as samples of ore fluids. In H.L. Barnes (ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. 2nd edition., New York: Wiley

- Interscience, 684-737.
- Roedder, E., 1984. Fluid inclusions: Reviews in Mineralogy. Mineralogical Society of America, Washington. 12: 644.
- Rye, R. O., & Ohmoto, H. (1974). Sulfur and carbon isotopes and ore genesis: A review. *Economic Geology*, 69(6): 826-842.
- Sakai, H. (1968). Isotopic properties of sulfur compounds in hydrothermal processes. *Geochemical Journal*, 2(1): 29-41.
- Strmic Palinkas, S., Spangenberg, J. E., & Prochaska, W. (2013). Sulfur isotope constraints on ore genesis in the Miocene Vares Pb–Zn–Ba deposit, Bosnia and Herzegovina. *Mineralium Deposita*, 48(4): 481-495.
- Sangster, D.F. 1976. Sulphur and lead isotopes in strata-bound deposits. Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits. Wolf KH Ed, 219-266.
- Sangster, D.F., Outridge, P.M. Davis, W.J. 2000. Stable lead isotope characteristics of lead ore deposits of environmental significance. *Environmental Reviews*, 8: 115–47.
- Santana, C.S., Olivares, D.M.M., Silva, V.H., Cluzardo, F.H.M., Velasco, F.G., de Jesus, R. M., 2020. Assessment of water resources pollution associated with mining activity in a semi-arid region. *J. Environ. Manag*, 273: 111148.
- Santoro, L., Putzolu, F., Mondillo, N., Boni, M., Herrington, R. 2020. Influence of genetic processes on geochemistry of Fe-oxy-hydroxides in supergene Zn non-sulfide deposits. *Minerals*, 10: 602.
- Sawkins, F.J. 1976. Metal deposits related to intracontinental hotspot and rifting environments, *The Journal of Geology*, 84(6): 653-671.
- Seal, R. R., II. (2006). Sulfur isotope geochemistry of sulfide minerals. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 61(1): 579-677.
- Schmidt, C.W. 2014. Low-dose arsenic in search of a risk threshold. *Environ. Health. Perspect*, 122: 130–134.
- Schönenberger, J., Momose, T., Wagner, B., Leong, W., & Tarnawski, V. 2012. Canadian field soils I. Mineral composition by XRD/XRF measurements. *International Journal of Thermophysics*, 33(2): 342-362.
- Searl, A. 1988. Pedogenic dolomites from the oolite group (Lower Carboniferous) South Wales. *Geological Journal*, 23(2): 157-169.
- Shaheen, N., Irfan, N., Khan, I.N., Islam, S., Islam, M.S., Ahmed, MdK. 2016. Presence of heavy metals in fruits and vegetables: health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere*, 152: 431–438.
- Shahhosseini, R., Alipour, S., & Rajabzadeh, M. A. (2020). Sulfur isotopic composition of sulfides from the Kerman porphyry copper deposits, Iran: Implications for fluid sources and ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 124: 103632.
- Sharp, Z. D. (2017). *Principles of Stable Isotope Geochemistry* (2nd ed.). Pearson Education.
- Shepherd T.J., Rankin A.H., Aiderton, D.H.M. 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion

- Studies. Blackie and Son Limited, 239 pp.
- Sillitoe, R.H. 2010. Porphyry copper systems. *Econ. Geol.* 105 (1): 3–41.
- Slobodnik, M., Jacher-Sliwczynska, K., Taylor, M.C., Schneider, J., Dolnicek, Z. 2008. Plumbotectonic aspects of polymetallic vein mineralization in Paleozoic sediments and Proterozoic basement of Moravia (Czech Republic), *Int. J. Earth Sci.* 97 (1): 1–18.
- Song, Y.C., Hou, Z.Q., Liu, Y.C., Zhang, H.R. 2017. Mississippi Valley-Type (MVT) Pb-Zn deposits in the Tethyan domain: A review. in Chinese with English abstract. *Geology in China* 44: 664–689.
- Stacey, J.S. and Kramers, J.D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26: 207–221.
- Stavinga, D. 2014. Trace Element Geochemistry and Metal Mobility of Oxide Mineralization at the Prairie Creek Zinc-Lead-Silver Deposit. Doctoral Dissertation, Queen's University, Kingston, ON, Canada.
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z. R., Şen, M. A., Karaman, T., Dinçer, M. A., Durulcan, E., Arbas, A., Örcen S. ve Bilgi, C. 1989. Çameli (Denizli), Yeşilova (Burdur), Elmalı (Antalya) ve dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9429: 344. (yayımlanmamış).
- Taylor, J.H.P., Frechen, J. and Degens, E.T. 1967. Oxygen and carbon isotope studies of carbonatites from the Laacher See District, West Germany and the Alnö District Sweden. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31, 407–30.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M. 1981. The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 301(1461): 381–399.
- Tekeli, O., Aksay, A., Ertan, G., Işık, A., Ürgün, M.B. 1981. Toros ofiyolit projeleri Aladağ projesi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 6976 (yayımlanmamış).
- Tehrani, G.F., Rubinos, D.A., Kelm, U., Ghadimi, S. 2023. Environmental and human health risks of potentially harmful elements in mining-impacted soils: A case study of the Angouran Zn–Pb Mine, Iran. *Journal of Environmental Management*, 334: 117470.
- Tekeli, O. (1981). Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey. Temur, S. 2001. Metalik maden yatakları. Nobel Yayın Dağıtım. *Geology*, 9: 68–72.
- Traore, M., Çan, T., Tekin, S. 2022. Mapping carbonate-hosted Pb-Zn mineralization zones in Yahyalı Province (Eastern Taurus-Turkey) using ASTER data. *Advances in Space Research*, 69(1): 266–281.
- Turkdogan, M.K., Kilicel, F., Kara, K. 2003. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 13: 175–179.
- Türkecan, A., Acarlar, M., Dönmez, M., Hepşen, N., Bilgin, R. 1998. Kayseri (Bünyan

- Develi-Tomarza) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi, Ankara. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10186 (yayımlanmamış).
- Ulakoğlu, S. 1983-1984. Aladağlar Yahyalı (Kayseri) bölgesinin jeolojisi. İstanbul. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri*. 4: Y2, 1/44.
- USEPA. 2014. Priority pollutant list. <https://www3.epa.gov/region1/npdes/permits/generic/priority-pollutants.pdf>.
- Veizer, J. Hoefs, J. 1976. The nature of $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ secular trends in sedimentary carbonate rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40: 1387–95.
- Vrhovnik, P., Dolenc, M., Dolenc, T., Serafimovski, T., Šmuc, N.R. 2013. Impacts of Pb-Zn mining on Lake Kalimanci and Human Health in Eastern Macedonia. In *E3S Web of Conferences*, 1(40006). EDP Sciences.
- Warren, J. (1999). *Evaporites: Their Evolution and Economics*. Blackwell Science.
- Waseem, A., Arshad, J., Iqbal, F., Saffad, A., Mehmood, Z., Murtaza, G.H. 2014. Pollution status of Pakistan: a retrospective review on heavy metal contamination of water, soil, and vegetables. *BioMed Res. Int.*, 1–29.
- Wei, C., Ye, L., Li, Z.L., Hu, Y.S., Huang, Z.L., Liu, Y.P., Wang, H.Y. 2020. Metal sources and ore genesis of the Wusihe Pb-Zn deposit in Sichuan, China: New evidence from in-situ S and Pb isotopes. *Acta Petrol. Sin.* 36: 3783–3796 (in Chinese with English abstract).
- Wen, L., Li, Y.J., Zhang, G.Y., Tian, Z.J., Peng, G.X., Qiu, B., Zhang, Q. 2017. Evolution of fold-thrust belts and Cenozoic uplifting of the South Tianshan Mountain range in the Kuqa region, Northwest China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 135: 327–337.
- Wilkonsin, J.J. 2001. Fluid Inclusions in Hydrothermal Ore Deposits. *Lithos*, vol.55, Issues 1-4: 229-272.
- Wilson, P. N., Hagemann, S. G., Li, C. (2007). Fluid inclusion and sulfur isotope data from the Big Bell gold deposit, Murchison Goldfield, Western Australia: Evidence for fluid immiscibility and mixing during mineralization. *Economic Geology*, 102(2): 229-256.
- Wu, Y.T., Han, R.S. 2019. C, O, Sr isotope and REE geochemistry of Maozu Pb-Zn deposit in Northeastern Yunnan mineral concentration area. *J. Jilin Univ.* 49: 400–413 (in Chinese with English abstract).
- Xu, R., Chen, W., Deng, M.G., Li, W.C., Chen, F.C., Lai, C. K., Liu, W. 2021. Geology and COS-Pb isotopes of the Fangyangshan Cu-Pb-Zn deposit in the Baoshan block (SW China): Implications for metal source and ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 132: 103992.
- Yalçın, M., Çiftçi, E. 2002. Mineralogic and genetic investigation of Pb-Zn vein-type deposits occurring in the east of Çamardı (Niğde-Central Anatolia): A new genetic model. In 16th International Conference on Basement Tectonics, Rolla, MO.
- Yalçın, M.G., Çiftçi, E., Çopuroğlu, İ. 2004. Bolkardağ (Orta Anadolu-Niğde-Ulukışla) civarında bulunan damar tipi Pb-Zn yataklarının mineralojik incelenmesi. *JMO*, 57: 250-251.

- Yalçın, M.G., Metin, S., Altuncu, S., Çiftci, E. 2002. Germanium contents of carbonate-hosted Pb-Zn ores occurring in Aladağ District (Zamanlı-Niğde). *Geosound*, 40(1): 29-38.
- Yalçın, M.G., Mutlu, E., Olguner, C., Atakoğlu, Ö.Ö., Bat, L., & Özkan, E. Y. 2023. Spatial geochemical structure of soft sediment on shallow littoral of the Gulf of Antalya, the eastern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 193: 115155.
- Yahyaoui, A., Ben Amor, R. 2024. Environmental contamination and health risk assessment of heavy metals in the stream sediments of Oued Kasseb (Northerwest of Tunisia) in the vicinity of abandoned Pb–Zn mine. *Water, Air, Soil Pollution*, 235(4): 230.
- Yang, Q., Zhang, X.J., Ulrich, T., Zhang, J., Wang, J. 2022. Trace element compositions of sulfides from Pb-Zn deposits in the Northeast Yunnan and northwest Guizhou Provinces, SW China: Insights from LA-ICP-MS analyses of sphalerite and pyrite. *Ore Geol. Rev.* 141: 104639.
- Yarluğkal Altınışik, C., Cebeci, Y., Sis, H., & Kalender, L. 2022. A process mineralogy approach to the flotation of complex lead–zinc ores from Görgü (Malatya) Region. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 39(3): 1219-1232.
- Ye, L., Li, Z.L., Hu, Y.S., Huang, Z.L., Zhou, J.X., Fan, H.F., Danyushevskiy, L. 2016. Trace elements in sulfide from the Tianbaoshan Pb-Zn deposit, Sichuan Province, China: a LA-ICPMS study. *Acta Petrol. Sin.* 32: 3377–3393 (in Chinese with English abstract).
- Yu, L. M., Zou, H., Santosh, M., Xiao, B., Li, M., Peng, H. J., Chen, H. F. 2022. The link between Paleo-Tethys subduction and regional metallogeny in the SW Yangtze Block: New evidence from the Zubu carbonate-hosted F-Pb-Zn deposit. *Ore Geology Reviews*, 144: 104809.
- Yu, L., Zou, H., Li, M., Pirajno, F., Cao, H., Xiao, B., Hou, M. 2024. Fingerprinting Pb-Zn mineralization events in the SW Yangtze Block, South China: A case from Yuanbaoshan deposit. *Ore Geology Reviews*, 165: 105878.
- Yu, L.M., Zou, H., Santosh, M., Xiao, B., Li, M., Peng, H.J., Chen, H.F. 2022. The link between Paleo-Tethys subduction and regional metallogeny in the SW Yangtze Block: New evidence from the Zubu carbonate-hosted F-Pb-Zn deposit. *Ore Geology Reviews*, 144: 104809.
- Zartman, R.E., and Doe, B.R. 1981. Plumbotectonics-the model. *Tectonophysics*, 75: 135-162.
- Zhang, R.J. 2020. Metallogenic Metal Source of Jinding Giant Lead-Zinc Deposit, Yunnan Province: Constraints of Trace Elements of Sphalerite and Lead, Zinc and Strontium Isotopic Compositions. Master's Dissertation, China University of Geosciences (Beijing), Beijing, China, (In Chinese).
- Zhang, X., Yang, L., Li, Y., Li, H., Wang, W., Ye, B. 2012. Impacts of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(4): 2261–2273.
- Zhao, D., Han, R., Ren, T., Wang, J., Liu, F., Zhang, X., ... & Li, Z. 2022a. Geology, C–O–S–Pb isotopes, and their implications for the ore genesis of the Xiaohe

- carbonate-hosted Zn–Pb deposit in northeastern Yunnan, China. *Applied Geochemistry*, 142: 105306.
- Zhao, W. C., Jiang, B.B., Zhu, X.Y., Liu, Z., Guan, Y.C., Zhao, D.S., Mao, R.W. 2022b. Metallogenesis of the giant Maoping carbonate-hosted lead–zinc deposit, southwestern Yangtze Craton: New insights from structural geology and whole-rock geochemistry. *Geological Journal*, 57(6): 2235-2254.
- Zhao, W., Gu, Ch., Ying, H., Feng, X., Zhu, M., Wang, M., Tan, W., Wang, X., 2021. Fraction distribution of heavy metals and its relationship with iron in polluted farmland soils around distinct mining areas. *Appl. Geochem*, 130: 104969.
- Zhao, W., Jiang, B., Zhu, X., Guan, Y., Zhao, D. 2023. Structural and geochemical constraints on the genesis of the Kuangshanchang carbonate-hosted zinc–lead deposit, Huize district, southwestern Yangtze Craton. *International Journal of Earth Sciences*, 112(4): 1251-1275.
- Zheng, M.H., Wang, X.C. 1991. Ore genesis of the Daliangzi Pb–Zn deposit in Sichuan, China. *Econ Geol*, 86(4): 831–846.
- Zhong, L., Mao, J., Li, H., Qin, S. (2018). Sulfur isotope systematics of the Nanling large-scale Sn–W–Mo–Bi polymetallic metallogenic belt, South China. *Ore Geology Reviews*, 99: 137-152.
- Zou, H.J., Han, R.S., Hu, B., Liu, H. 2004. New evidences of origin of metallogenic materials in the Maoping Pb–Zn ore deposit, Zhaotong, Yunnan: r-factor analysis results of trace elements in NE-extending fractural tectonites. *Geol Prospect*, 40: 43–48.

8. EKLER

EK-1: XRF Analizi Sonuçları

Çizelge 1. Zengan maden ocağı majör, iz ve REE (ppm) XRF sonuçları

	Cl	V	Cr	Mn	Co	Cu	Ga	Ge	As	Rb	Sr	Y	Ag	Cd	Sn	Sb	Te	Nd	Ta	Ir	Pt	Hg	Bi	Th
Z14b	0.032	0.006	0.010	0.030	0.011	0.008	0.000	0.000	0.000	0.006	0.008	0.004	0.000	0.021	0.002	0.000	0.000	0.000	0.036	0.026	0.002	0.000	0.000	0.000
Z24	0.034	0.004	0.007	0.106	0.060	0.000	0.000	0.000	0.103	0.003	0.008	0.000	0.000	0.049	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170	0.000	0.006	0.000	0.000
Z27	0.020	0.005	0.013	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.003	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000
Z27b	0.036	0.009	0.020	0.051	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.001	0.000	0.003	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.031	0.016	0.000	0.000	0.000
Z30	0.000	0.008	0.012	0.000	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.021	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.014	0.000	0.000	0.000
Z31	0.037	0.017	0.030	0.000	0.095	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.008	0.004	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.011	0.000	0.000	0.000
Z32	0.016	0.000	0.017	0.000	0.135	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.004	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.032	0.000	0.000	0.000
Zengan B. Karstik Kesit	0.027	0.002	0.005	0.056	0.052	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.202	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000
Zengan Zn	0.034	0.000	0.010	0.000	0.076	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.003	0.002	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
Z9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.067	0.000	0.000	0.005	0.005	0.007	0.002	0.000	0.000	0.029	0.009	0.007	0.022	0.000
Z16a	0.044	0.000	0.008	0.020	0.084	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002	0.003	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.005
Z16b	0.062	0.006	0.009	0.027	0.202	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
Z16c	0.032	0.000	0.007	0.019	0.079	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.004	0.002	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
Zengan 45 katı bordo kısımdan	0.058	0.004	0.009	0.022	0.087	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.003	0.000	0.000	0.031	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000
Zengan 45 katı bordo kısımdan Pb	0.048	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.037	0.018	0.000	0.000	0.000
Zengan 45 katı karstik yanı Zn	0.045	0.005	0.008	0.025	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.000	0.050	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.003
Zengan 78 kat ara Zn patlatma Zn	0.052	0.000	0.009	0.030	0.041	0.000	0.000	0.000	0.010	0.003	0.004	0.003	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.000	0.000	0.000	0.004
Zengan desendre karstik	0.034	0.002	0.003	0.024	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.113	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
Zengan fay boşluğu göktepe	0.000	0.224	0.000	0.000	0.085	0.000	0.008	0.000	0.149	0.000	0.114	0.000	0.003	0.016	0.007	0.012	0.003	0.135	0.000	0.060	0.023	0.015	0.000	0.000

(Devamı Arkada)

Çizelge 1'in devamı.

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₄	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	BaO	PbO	Na	Zr	Os	Ac	Pa	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Tm	Yb	LOI
Z14b	1.36	20.30	31.70	0.00	0.19	1.41	15.60	0.44	9.63	8.46	0.01	0.15	2.24	0.18	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	8.09
Z24	1.06	3.30	8.03	0.00	0.23	0.28	13.70	0.16	12.00	52.10	0.00	0.56	2.42	0.35	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	4.97
Z27	0.48	4.10	7.88	0.00	0.00	0.24	0.71	0.00	73.50	7.56	0.00	1.01	3.88	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Z27b	0.79	9.37	12.30	0.00	0.07	0.82	7.68	0.25	55.20	4.72	0.00	1.08	1.60	0.38	0.00	0.00	0.01	0.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.21
Z30	0.53	2.57	5.93	0.00	0.00	0.19	1.44	0.00	40.80	21.70	0.00	6.31	7.81	0.22	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.10
Z31	1.34	14.90	23.10	0.00	0.39	1.89	0.53	0.80	52.10	2.06	0.00	1.44	0.49	0.47	0.00	0.00	0.01	0.07	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Z32	0.44	4.16	7.97	0.00	0.00	0.40	0.29	0.23	70.70	3.60	0.00	4.91	5.86	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72
Zengan B. Karstik Kesit	0.60	1.93	3.94	0.00	0.11	0.14	0.86	0.08	8.69	77.50	0.00	0.14	0.00	0.57	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.09	3.19
Zengan Zn	1.13	14.90	22.60	0.00	0.10	0.74	0.38	0.28	37.00	10.70	0.00	0.13	3.67	0.12	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	7.84
Z9	1.11	1.40	3.83	0.00	0.00	0.08	82.50	0.11	1.42	0.28	0.02	3.09	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	5.37
Z16a	1.24	15.60	22.40	0.00	0.11	0.81	1.45	0.30	30.00	12.50	0.00	0.07	3.17	0.14	0.01	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	11.80
Z16b	1.39	8.70	11.60	0.00	0.09	0.46	1.48	0.17	47.50	23.90	0.00	0.11	3.72	0.21	0.02	0.00	0.00	0.03	0.08	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.01
Z16c	1.41	14.90	21.10	0.00	0.10	0.72	1.04	0.22	28.70	12.10	0.00	0.04	3.97	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.30
Zengan 45 katı bordo kısımdan	0.70	10.20	14.90	0.00	0.11	0.48	1.25	0.19	30.90	32.40	0.00	0.39	5.82	0.25	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1.99
Zengan 45 katı bordo kısımdan Pb	0.34	15.10	16.00	0.00	0.36	0.44	0.38	0.28	54.90	3.86	0.03	2.42	2.73	0.44	0.00	0.00	0.00	0.05	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.34
Zengan 45 katı karstik yanı Zn	0.39	16.50	16.00	0.00	0.13	0.39	0.78	0.12	14.70	34.30	0.00	0.13	14.30	0.47	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	1.33
Zengan 45 katı sol baca zemin zonu	0.89	10.80	13.60	0.00	0.28	0.81	6.38	0.32	58.30	4.55	0.00	1.12	2.29	0.35	0.00	0.00	0.01	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Zengan 78 kat ara Zn patlatma Zn	0.62	6.65	11.10	0.00	0.12	0.45	9.88	0.20	31.90	31.50	0.00	0.16	2.38	0.12	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.49
Zengan desendre karstik	0.63	3.67	6.53	0.00	0.14	0.16	1.85	0.06	6.93	48.00	0.00	0.08	31.20	0.31	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.03
Zengan fay boşluğu göktepe	0.92	2.90	5.50	0.00	4.54	0.15	19.60	2.46	23.20	12.70	3.29	2.81	6.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.41	0.08	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	14.00

Çizelge 2. Erva maden ocağı major iz ve REE (ppm) XRF sonuçları

	Cl	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Nb	Mo	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
E26	0.021	0.017	0.019	0.170	0.000	0.008	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.003
E27	0.025	0.000	0.014	0.090	0.082	0.000	0.000	0.007	0.000	0.120	0.002	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.002
E28	0.014	0.008	0.054	0.000	0.011	0.017	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002
E29	0.024	0.008	0.016	0.024	0.035	0.008	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.003
E30	0.000	0.029	0.009	0.000	0.008	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.009	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
E31	0.021	0.011	0.012	0.000	0.000	0.005	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.010	0.033	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
E32	0.021	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.001	0.000	0.001	0.023	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.004
E33	0.019	0.006	0.009	0.000	0.045	0.000	0.000	0.003	0.000	0.029	0.000	0.000	0.002	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
E34	0.019	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.075	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004
E35	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.002	0.123	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005
E36	0.029	0.011	0.015	0.013	0.027	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000
E37	0.013	0.008	0.016	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.007	0.017	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002
E38	0.017	0.000	0.009	0.005	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.016	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.003
E39	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.014	0.000	0.000
E40	0.018	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.005
E41	0.027	0.010	0.044	0.072	0.016	0.012	0.000	0.015	0.000	0.324	0.000	0.000	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.002
E42	0.109	0.000	0.020	0.000	0.000	0.018	0.000	0.012	0.000	0.661	0.000	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.003	0.000	0.011
E43	0.000	0.006	0.009	0.151	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.683	0.000	0.000	0.000	0.021	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.016	0.000	0.000
E44	0.014	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.030	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.004
E45	0.011	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002

(Devamı Arkada)

Çizelge 2'nin devamı.

	Cl	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Nb	Mo	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
E46	0.020	0.004	0.011	0.007	0.006	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
E47	0.025	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
E48	0.017	0.000	0.009	0.000	0.006	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
E49	0.022	0.006	0.009	0.014	0.007	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002
E50	0.014	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004
E51	0.020	0.009	0.027	0.000	0.029	0.012	0.000	0.012	0.000	0.055	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.002
E52	0.034	0.006	0.032	0.037	0.060	0.000	0.000	0.014	0.000	0.799	0.002	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.020	0.000	0.003
E53	0.000	0.003	0.017	0.075	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.215	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000
E54	0.000	0.006	0.021	0.017	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.002
E55	0.025	0.008	0.021	0.020	0.088	0.000	0.000	0.017	0.000	0.771	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.015	0.000	0.002
E56	0.020	0.005	0.016	0.024	0.017	0.003	0.000	0.004	0.000	0.130	0.000	0.000	0.002	0.018	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.009	0.000	0.003
E57	0.019	0.006	0.013	0.044	0.026	0.005	0.001	0.006	0.000	0.246	0.000	0.003	0.003	0.025	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.009	0.000	0.002

(Devamı Arkada)

Çizelge 2'nin devamı.

	Sb	Te	I	Cs	La	Ce	Pr	Nd	Hf	Ta	W	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Bi	Th	U	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₄	K ₂ O	CaO
E26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.029	0.005	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	8.430	12.100	39.500	0.000	0.000	1.720	17.900
E27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.570	5.020	34.100	0.000	0.230	0.379	2.860
E28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.032	0.005	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	3.560	16.900	42.100	0.000	0.000	1.020	1.540
E29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	0.013	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	1.710	7.250	28.100	0.000	0.090	0.470	0.677
E30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	1.180	30.100	48.600	0.000	7.600	3.180	3.140
E31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	1.770	15.800	37.600	0.000	0.134	2.360	30.800
E32	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.616	2.690	7.640	0.000	0.000	0.396	68.000
E33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.849	15.600	30.200	0.000	0.342	1.460	0.546
E34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.866	2.860	4.720	0.000	0.058	0.386	69.200
E35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.876	3.680	5.100	0.000	0.000	0.360	63.300
E36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.420	12.300	35.100	0.000	0.274	1.150	1.880
E37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.007	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	1.340	24.400	45.200	0.000	0.133	3.040	0.772
E38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.005	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.885	10.900	31.900	0.000	0.044	0.859	30.300
E39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.113	0.000	0.042	0.000	0.128	0.000	0.000	1.800	3.750	11.000	0.000	9.640	0.204	0.850
E40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.900	1.270	2.620	0.000	0.000	0.118	70.200
E41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.540	12.600	32.800	0.000	0.026	0.916	0.944
E42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.021	0.262	0.000	0.103	0.000	0.000	3.710	9.380	33.600	0.246	2.550	0.810	0.860
E43	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.077	0.075	0.000	0.017	0.000	0.078	0.000	0.000	2.990	3.250	10.900	0.000	0.000	0.193	1.620
E44	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.808	2.150	5.880	0.000	0.015	0.154	66.000

(Devamı Arkada)

Çizelge 2'nin devamı.

	Sb	Te	I	Cs	La	Ce	Pr	Nd	Hf	Ta	W	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Bi	Th	U	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₄	K ₂ O	CaO
E45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	3.040	16.500	50.600	0.000	0.056	0.246	1.760
E46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	2.920	24.700	52.300	0.000	0.195	0.394	1.090
E47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	2.710	24.100	50.700	0.000	0.191	0.430	1.010
E48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.740	23.600	50.300	0.000	0.191	0.426	1.070
E49	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.170	23.800	50.100	0.000	0.248	0.533	1.520
E50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.028	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.130	1.950	3.980	0.000	0.000	0.143	76.300
E51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	5.910	8.690	32.200	0.000	0.109	0.460	2.100
E52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.022	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	4.700	9.260	28.400	0.000	0.546	0.713	3.870
E53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.078	0.000	0.028	0.000	0.127	0.000	0.000	5.190	7.140	21.700	0.092	1.810	0.513	0.703
E54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.048	0.018	0.000	0.013	0.000	0.024	0.000	0.004	3.360	10.300	24.100	0.000	0.000	0.806	4.540
E55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.240	9.290	28.500	0.000	0.705	0.577	1.620
E56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.026	0.016	0.001	0.013	0.000	0.015	0.000	0.000	2.731	11.711	29.318	0.011	0.840	0.814	17.566
E57	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.028	0.028	0.004	0.047	0.000	0.038	0.001	0.001	1.850	8.086	16.022	0.047	2.165	0.785	26.794

(Devamı Arkada)

Çizelge 2'nin devamı.

	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	BaO	PbO	Na	Sc	Zr	Tc	Re	Os	Ac	Pa	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	LOI
E26	0.484	4.580	9.610	0.000	0.666	1.680	0.000	0.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.219	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.380
E27	0.139	30.900	10.000	0.000	1.340	3.000	0.000	0.275	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.078	0.000	7.640
E28	0.440	8.230	7.390	0.000	1.320	6.190	0.000	0.192	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.062	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	10.700
E29	0.175	13.500	41.300	0.000	0.498	4.130	0.000	0.377	0.000	0.000	0.078	0.000	0.005	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.300
E30	0.892	4.910	0.075	0.000	0.016	0.000	0.000	0.156	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.005	0.037	0.000	0.000	0.002	0.006	0.000	0.000	0.005
E31	0.785	5.680	0.199	0.000	0.017	0.000	0.000	0.283	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.060	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	4.380
E32	0.152	15.500	1.830	0.000	0.367	1.660	0.000	0.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.246	0.000	0.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.189
E33	0.588	30.200	2.120	0.000	0.136	1.120	0.000	0.257	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.087	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	16.200
E34	0.173	2.670	0.399	0.000	0.093	0.000	0.000	0.489	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.246	0.000	0.097	0.013	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	17.600
E35	0.109	7.300	1.120	0.120	0.322	0.000	0.000	0.539	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.454	0.000	0.231	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	16.300
E36	0.563	6.190	14.000	0.000	0.890	9.460	0.000	0.253	0.000	0.000	0.024	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.014	0.000	16.300
E37	0.918	8.430	5.390	0.000	2.230	3.360	0.000	0.219	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	4.400
E38	0.747	6.670	10.900	0.000	1.020	1.310	0.000	0.383	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.036	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.870
E39	0.108	5.600	14.500	0.000	35.800	16.000	0.000	0.206	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.109
E40	0.081	2.650	0.548	0.000	0.283	0.000	0.000	0.554	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.485	0.000	0.147	0.000	0.000	0.020	0.006	0.000	0.000	20.000
E41	0.379	16.500	18.100	0.000	0.964	5.540	0.000	0.278	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	7.810
E42	0.614	4.590	7.120	0.000	20.300	11.600	0.000	0.207	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.020
E43	0.086	24.300	19.600	0.000	21.200	14.500	0.000	0.155	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007

(Devamı Arkada)

Çizelge 2'nin devamı.

	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	BaO	PbO	Na	Sc	Zr	Tc	Re	Os	Ac	Pa	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	LOI
E44	0.232	4.320	2.250	0.000	0.186	1.510	0.000	0.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.088	0.000	0.076	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	15.800
E45	0.639	10.200	0.470	0.000	0.051	0.619	0.000	0.196	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.313	0.000	0.089	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	15.200
E46	0.663	4.800	0.232	0.005	0.015	0.396	0.000	0.155	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.067	0.000	0.070	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	11.900
E47	0.631	4.590	0.277	0.008	0.025	0.379	0.000	0.157	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.111	0.000	0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	14.500
E48	0.679	4.870	0.290	0.000	0.016	0.422	0.000	0.146	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.070	0.023	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	15.100
E49	0.760	6.190	0.361	0.011	0.030	0.635	0.000	0.261	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.083	0.000	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.100
E50	0.129	3.330	1.720	0.000	0.479	3.370	0.000	0.557	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.204	0.000	0.115	0.025	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	5.470
E51	0.240	18.100	12.800	0.000	0.727	5.150	0.000	0.204	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	13.100
E52	0.334	26.100	17.100	0.000	1.820	4.920	0.000	0.305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.061	0.000	0.689
E53	0.183	14.100	7.450	0.000	27.600	12.000	0.000	0.127	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.660
E54	0.312	19.900	15.500	0.000	5.950	8.280	0.000	0.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000	6.280
E55	0.262	25.600	11.900	0.000	1.240	4.370	0.000	0.225	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.113	0.000	8.230
E56	0.417	11.350	7.818	0.005	4.187	4.053	0.000	0.281	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.109	0.007	0.042	0.004	0.000	0.002	0.006	0.014	0.000	8.375
E57	0.263	8.574	8.845	0.022	9.005	4.508	0.000	0.125	0.000	0.000	0.015	0.000	0.001	0.000	0.000	0.126	0.019	0.058	0.011	0.000	0.005	0.015	0.028	0.000	6.377

Çizelge 3. Almila maden ocağı örneklerinin major iz ve REE (ppm) jeokimyasal analizi sonuçları

	Cl	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Nb	Mo	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb
A1	0.022	0.004	0.010	0.015	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097	0.000	0.006	0.000
A2	0.000	0.010	0.038	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.009	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.005	0.000
A3	0.000	0.032	0.028	0.053	0.023	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000
A4	0.020	0.044	0.076	0.000	0.011	0.036	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.006	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
A5	0.013	0.006	0.102	0.000	0.018	0.035	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000
A6	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004	0.000
A7	0.017	0.019	0.061	0.255	0.012	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.002	0.000
A8	0.021	0.003	0.008	0.000	0.111	0.000	0.000	0.043	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.025	0.000	0.006	0.000
A9	0.021	0.004	0.012	0.033	0.081	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.018	0.000	0.003	0.000
A10	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.006	0.000	0.009	0.000
A11	0.000	0.007	0.045	0.000	0.046	0.000	0.000	0.040	0.012	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A12	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
A13	0.022	0.022	0.038	0.000	0.133	0.000	0.000	0.097	0.044	0.112	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.003	0.010
A15	0.054	0.003	0.018	0.000	0.013	0.008	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.004	0.000
A16	0.000	0.005	0.023	0.000	0.022	0.000	0.000	0.018	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.005	0.000
A17	0.072	0.000	0.008	0.284	0.017	0.007	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.003	0.000
A18	0.022	0.009	0.023	0.041	0.082	0.023	0.000	0.025	0.082	0.077	0.005	0.000	0.002	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000
A19	0.012	0.000	0.033	0.030	0.000	0.024	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.009	0.000	0.000	0.000
A20	0.032	0.003	0.013	0.000	0.056	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
A21	0.037	0.004	0.025	0.014	0.046	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.004	0.000
A22	0.025	0.005	0.022	0.014	0.075	0.000	0.000	0.012	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.000	0.000	0.000

(Devamı Arkada)

Çizelge 3'ün devamı.

	Te	I	Cs	La	Ce	Pr	Nd	Hf	Ta	W	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Bi	Th	U	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₄	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO
A1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	1.620	1.350	2.970	0.000	0.055	0.063	1.040	0.000	22.300	67.700
A2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120	0.047	0.085	0.000	0.185	0.000	0.000	3.170	8.080	17.800	0.057	1.000	0.690	0.933	0.266	10.200	6.620
A3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.000	0.076	0.000	0.141	0.000	0.000	3.740	12.000	25.200	0.204	4.390	0.651	1.860	0.331	10.800	1.190
A4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	4.530	22.100	55.300	0.000	0.101	0.763	4.300	0.803	6.390	1.050
A5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.004	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	5.810	17.700	49.400	0.000	0.000	0.511	3.520	0.709	8.400	1.530
A6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.019	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	9.900	1.540	2.600	0.000	0.000	0.162	66.100	0.113	3.170	2.360
A7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.012	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	3.400	7.160	18.300	0.000	0.000	0.405	41.100	0.477	17.000	2.050
A8	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.470	1.480	4.100	0.000	0.000	0.103	0.971	0.000	30.300	44.200
A9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.610	3.800	9.740	0.000	0.117	0.151	5.040	0.110	22.400	37.100
A10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.067	0.048	0.000	0.045	0.000	0.090	0.000	0.000	0.261	1.140	32.800	0.000	4.370	0.092	0.427	0.584	1.310	0.343
A11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.087	0.000	0.193	0.000	0.000	2.130	6.130	20.600	0.044	0.000	0.411	0.650	0.495	16.400	1.450
A12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.069	0.000	0.054	0.000	0.145	0.000	0.000	1.790	1.370	21.600	0.000	3.840	0.106	1.180	0.610	2.030	0.392
A13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081	0.023	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	4.200	5.430	14.100	0.000	0.000	0.318	4.110	0.307	52.900	3.100
A15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.029	0.011	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	19.000	4.170	8.430	0.000	0.000	0.101	34.100	0.148	12.300	6.660
A16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.000	0.057	0.000	0.120	0.000	0.000	2.300	4.810	24.400	0.000	0.000	0.285	2.280	0.332	14.700	1.160
A17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.020	0.054	0.009	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	23.000	2.170	7.340	0.000	0.000	0.067	31.300	0.112	12.100	2.820
A18	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	5.270	6.200	17.900	0.000	0.246	0.343	0.439	0.164	54.900	4.890
A19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.015	0.000	0.000	0.073	0.000	0.000	13.700	6.360	18.300	0.000	0.922	0.414	17.700	0.270	11.100	3.430
A20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.700	4.270	9.460	0.000	0.022	0.153	11.300	0.166	19.400	17.800
A21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.700	7.620	16.100	0.000	0.000	0.268	14.300	0.303	22.000	14.500
A22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.026	0.010	0.021	0.000	0.025	0.000	0.000	14.000	6.530	14.100	0.000	0.000	0.231	12.600	0.201	22.500	8.280

(Devamı Arkada)

Çizelge 3'ün devamı.

	BaO	PbO	Na	Sc	Zr	Tc	Re	Os	Ac	Pa	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	LOI	Np	Pu
A1	0.000	0.763	0.000	0.000	0.483	0.000	0.000	0.125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.078	0.000	0.000	0.000	0.068	0.000	1.140	0.000	0.000
A2	0.000	39.400	10.300	0.000	0.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.539	0.000	0.000
A3	0.000	31.400	5.860	0.000	0.171	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A4	0.000	1.020	0.796	0.000	0.163	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.008	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	2.380	0.000	0.000
A5	0.000	2.090	1.890	0.000	0.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	7.870	0.000	0.000
A6	0.000	0.399	2.020	0.000	0.412	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.187	0.000	0.070	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	10.800	0.000	0.000
A7	0.000	2.500	2.340	0.000	0.264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.247	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	4.130	0.000	0.000
A8	0.000	1.710	11.500	0.000	0.380	0.000	0.000	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120	0.000	3.190	0.000	0.000
A9	0.000	1.930	5.070	0.000	0.259	0.000	0.000	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079	0.000	11.100	0.000	0.000
A10	0.000	18.900	0.786	0.000	0.289	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	38.300	0.000	0.000
A11	0.000	42.100	8.260	0.000	0.237	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.637	0.000	0.000
A12	0.000	32.000	0.000	0.000	0.409	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.300	0.000	0.000
A13	0.000	5.750	5.650	0.000	0.261	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.098	0.000	3.060	0.000	0.000
A15	0.000	0.532	4.810	0.000	0.423	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.219	0.000	0.138	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.670	0.000	0.000
A16	0.000	25.100	5.840	0.000	0.198	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.200	0.000	0.000
A17	0.000	2.200	3.200	0.000	0.281	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.322	0.053	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	14.500	0.000	0.000
A18	0.000	2.300	3.830	0.000	0.226	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	2.880	0.000	0.000
A19	0.000	13.200	11.300	0.000	0.256	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.730	0.000	0.000
A20	0.000	0.565	5.950	0.000	0.242	0.000	0.000	0.033	0.000	0.003	0.000	0.000	0.063	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.067	0.000	19.600	0.000	0.000
A21	0.000	0.916	5.220	0.000	0.351	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	7.380	0.000	0.000
A22	0.000	7.050	12.300	0.000	0.141	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.000	1.480	0.000	0.000

EK-2: Maden ocağı numunelerinin jeokimyasal analiz verilerinin Pearson korelasyon analizi

Çizelge 4. Zengan maden ocağı numunelerinin jeokimyasal analiz verilerinin Pearson korelasyon analizi

	Cl	V	Cr	Mn	Co	As	Sr	Cd	Ir	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₄	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	BaO	PbO	Na	Zr	Ok	Eu	Gd	Dy	Yb
Cl	1	-0.424	.236	.246	.203	-0.279	.673 ^{ns}	-.005	.123	.103	.335 [*]	.437	-.373	.325	-.473 [*]	.315	.133	.166	-.426	.682 ^{ns}	.009	.335	.347	-.422	.188	.250	.238
V		1	-0.296	-.183	.129	.805 ^{ns}	.811 ^{ns}	-.076	.080	.047	-.231	-.222	.593 ^{ns}	-.160	.128	.955 ^{ns}	-.105	-.096	.996 ^{ns}	.206	.021	.195	-.163	.880 ^{ns}	.249	.279	-.163
Cr			1	-.152	.214	-.300	-.344	-.360	-.206	.020	.349	.372	-.306	.711 ^{ns}	-.420	-.121	.704 ^{ns}	-.423	.134	.134	-.275	.093	-.296	-.228	.418	-.184	-.258
Mn				1	.078	.265	-.266	.435	.595 ^{ns}	.079	-.166	-.128	-.181	-.128	-.074	-.242	-.384	.657 ^{ns}	-.199	-.440	-.056	.010	.813 ^{ns}	-.350	-.240	.002	.552 [*]
Co					1	.093	.078	-.174	.003	.321	-.014	.018	.085	.120	-.307	.150	.263	-.005	.103	.047	-.123	-.224	.001	-.030	.380	.594 ^{ns}	.061
As						1	.617 ^{ns}	.006	.504 [*]	.098	-.290	-.252	.826 ^{ns}	-.198	.117	.773 ^{ns}	-.219	.148	.805 ^{ns}	.088	-.084	.194	.286	.655 ^{ns}	.185	.158	.174
Sr							1	-.202	.027	.050	-.419	-.386	.788 ^{ns}	-.274	.578 ^{ns}	.762 ^{ns}	-.150	-.285	.822 ^{ns}	.465 [*]	-.087	.326	-.282	.833 ^{ns}	.085	.137	-.272
Cd								1	.224	-.273	-.338	-.361	-.067	-.343	-.142	-.175	.518 [*]	.880 ^{ns}	-.069	.269	.321	.325	.445 [*]	-.218	-.375	-.098	.496 [*]
Ir									1	-.244	-.456 [*]	-.405	.074	-.396	-.004	-.041	-.252	.526 [*]	.076	.214	-.019	.046	.712 ^{ns}	-.095	-.374	-.142	.496 [*]
MgO										1	.366	.525 [*]	.051	.552 [*]	.222	.199	-.228	-.243	.030	-.351	-.332	-.446 [*]	-.070	.136	.340	.315	.046
Al ₂ O ₃											1	.949 ^{ns}	-.190	.773 ^{ns}	-.324	-.030	.069	-.365	-.244	-.436	-.130	.391	-.099	-.173	.408	.019	-.040
SiO ₂												1	-.191	.826 ^{ns}	-.281	.001	.036	-.378	-.240	-.424	-.197	-.501 [*]	-.114	-.190	.368	-.039	.013
SO ₄													1	-.145	-.117	.964 ^{ns}	-.116	-.091	.994 ^{ns}	.170	.017	.189	-.146	.891 ^{ns}	.269	.257	-.142
K ₂ O														1	-.226	.106	.217	-.431	-.210	-.255	-.306	-.224	-.226	-.077	.464 [*]	-.073	-.141
CaO															1	.101	-.443	-.220	.149	.214	-.217	.241	-.090	.376	-.195	-.043	-.162
TiO ₂																1	-.053	-.226	.944 ^{ns}	.141	-.086	.148	-.227	.883 ^{ns}	.397	.236	-.183
Fe ₂ O ₃																	1	-.546 [*]	-.122	.307	-.264	.059	.505 [*]	-.055	.336	.018	-.396
ZnO																		1	-.099	-.345	.315	.104	.748 ^{ns}	-.328	-.429	.025	.630 ^{ns}
BaO																			1	.203	.026	.179	-.163	.885 ^{ns}	.222	.267	-.149
PbO																				1	-.065	.264	-.417	.259	-.058	-.136	-.390
Na																					1	-.036	.110	-.131	-.260	.009	-.062
Zr																						1	.009	.228	-.023	-.102	-.071
Os																							1	-.360	-.423	.014	.653 ^{ns}
Eu																								1	.294	.203	-.283
Gd																									1	.225	-.187
Dy																										1	-.211
Yb																											1

*. Korelasyon 0.05 seviyesinde (2 kuyruklu) anlamlıdır.

**. Korelasyon 0.01 seviyesinde (2 kuyruklu) anlamlıdır.

Çizelge 5. Erva maden ocağı numunelerinin jeokimyasal analiz verilerinin Pearson korelasyon analizi

	Cl	Cr	Mn	Co	As	Sr	Ir	Pt	Hg	Bi	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₄	K ₂ O	CaO	TI ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	PbO	Na	Zr	Eu	Tb	Yb	LOI
Cl	1																										
Cr	.114	1																									
Mn	-.111	.066	1																								
Co	.034	.203	.085	1																							
As	.402*	.250	.336	.417*	1																						
Sr	-.153	-.407*	-.120	-.308	-.190	1																					
Ir	-.165	.116	.296	.312	.224	-.163	1																				
Pt	.057	-.055	.271	-.112	.419*	-.102	.360*	1																			
Hg	.798**	.042	-.046	-.129	.428*	-.148	-.075	.528**	1																		
Bi	.098	-.078	.220	-.201	.336	-.086	.175	.965**	.595**	1																	
MgO	.137	.378*	.523**	.306	.413*	-.378*	.045	.147	.115	.147	1																
Al ₂ O ₃	-.037	.086	-.232	-.068	-.225	-.424*	-.352*	-.358*	-.113	-.282	.050	1															
SiO ₂	.132	.273	-.073	.083	-.114	.506**	-.232	-.316	-.019	-.255	.305	.898**	1														
P ₂ O ₅	.756**	.049	-.010	-.148	.408*	-.111	-.213	.488**	.951**	.609**	.167	-.098	-.005	1													
SO ₄	-.111	-.154	-.134	-.121	-.001	-.134	.120	.578**	.271	.552**	-.102	.099	-.026	.181	1												
K ₂ O	-.047	.027	-.027	.012	-.134	-.128	-.143	-.223	-.033	-.186	-.047	.579**	.413*	-.027	.226	1											
CaO	-.083	-.362*	-.174	-.366*	-.285	.721**	-.224	-.248	-.158	-.241	-.444*	.566**	.727**	-.058	.041	.676**	-.422*	1									
TiO ₂	.154	.025	-.285	-.167	-.217	-.367*	-.407*	-.356*	.059	-.266	-.060	.886**	.822**	.058	.176	-.091	-.372*	-.292	1								
Fe ₂ O ₃	-.066	.182	.358*	.768**	.576**	-.263	.321	.114	-.136	.007	.280	-.200	-.043	-.124	-.176	-.091	-.372*	-.341	.407*	1							
ZnO	.034	.250	.351*	.406*	.356*	-.290	.904**	.312	.054	.184	.208	-.296	-.101	-.014	.014	-.120	-.379*	-.300	.041	.234	1						
PbO	.007	-.074	.240	-.171	.326	-.092	.273	.987**	.510**	.985**	.131	-.301	-.279	.492**	.593**	-.186	-.254	-.343	.231	.511**	.857**	1					
Na	.074	.151	.304	.080	.469**	-.253	.485**	.868**	.456**	.826**	.233	-.337	-.233	.409*	.392*	-.176	-.389*	-.343	.231	.511**	.857**	.488**	1				
Zr	.041	-.216	-.162	-.186	-.237	.556**	.033	-.306	-.194	-.362*	-.378*	.567**	.628**	-.209	-.294	-.255	.842**	-.411*	-.221	-.097	-.355*	-.386*	1				
Eu	-.111	-.057	-.081	-.355*	-.325	.549**	-.322	-.299	-.208	-.261	-.186	-.319	-.401*	-.154	-.229	-.290	.684**	-.330	-.301	-.425*	-.287	.488**	.644**	1			
Tb	-.090	-.358*	-.313	-.436*	-.358*	.724**	-.417*	-.331	-.193	-.287	-.442*	-.183	-.376*	-.167	-.181	-.296	.747**	-.208	-.424*	.565**	-.314	.534	.605**	.832**	1		
Yb	.023	.248	.123	.908**	.530**	-.228	.212	-.047	-.085	-.131	.390*	-.106	.030	-.103	-.100	-.012	-.261	-.188	.633**	.270	-.097	.116	-.183	-.295	-.343	1	
LOI	.008	.069	-.431*	-.056	-.373*	.268	-.463**	.528**	-.256	.453**	-.233	.069	.025	-.233	-.406*	-.294	.242	.026	-.205	-.446*	.481**	.469**	.250	.452**	.438*	-.115	1

* Korelasyon 0,05 seviyesinde (2 kuyruklu) anlamlıdır.

** Korelasyon 0,01 seviyesinde (2 kuyruklu) anlamlıdır.

Çizelge 6. Almıla maden ocağı numunelerinin jeokimyasal analiz verilerinin Pearson korelasyon analizi

	Cl	V	Cr	Mn	Co	Ni	Ga	Cd	Ir	Pt	Hg	Bi	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₄	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	PbO	Na	Zr	Os	Eu	
Cl	1	-.190	-.361	.456*	.147	-.105	-.027	.173	.150	-.651**	-.643**	-.701**	-.819**	-.155	-.398	-.351	-.495*	-.427	.474*	-.452*	.171	.143	.685**	-.071	.253	.071	.692**	
V		1	.442*	.048	.060	.495*	.084	-.133	-.272	.023	.113	.028	-.271	.727**	.531*	.458*	.090	.741**	-.186	.434*	.101	-.219	.046	-.122	-.486*	-.188	-.077	
Cr			1	-.024	-.268	.650**	-.132	-.295	-.297	**	.118	.189	-.289	.758**	.857**	.008	.087	.627**	-.257	.882**	-.214	-.431	.156	-.261	-.400	-.389	-.026	
Mn				1	-.164	.042	-.222	.196	.065	-.198	-.201	-.232	.365	-.088	-.164	.002	-.107	-.073	.421	-.089	-.022	-.137	-.201	-.170	-.081	-.117	.707**	
Co					1	-.329	.840**	.117	.292	-.367	-.273	-.375	-.149	-.164	-.336	-.131	-.369	-.215	-.333	-.416	.864**	.405	-.308	.358	-.091	.369	-.343	
Ni						1	-.319	-.271	.591**	.087	-.079	.046	.038	.814**	.685**	.199	.004	.767**	-.128	.462*	-.115	-.334	-.022	-.067	-.447*	-.318	.059	
Ga							1	-.102	.172	-.079	-.069	-.126	-.201	-.171	-.236	-.134	-.295	-.100	-.278	-.207	.743**	.117	-.054	.349	-.099	.120	-.357	
Cd								1	.650**	-.380	-.321	-.342	-.136	-.323	-.412	-.153	-.199	-.375	-.014	-.439*	.125	.829**	-.331	-.230	.571*	.811**	.089	
Ir									1	-.326	-.235	-.287	-.183	.577**	-.432	-.311	.127	.677*	-.105	-.281	.138	.628**	-.231	-.319	.619**	.642**	-.028	
Pt										1	.916**	.965**	-.295	.012	.185	.466*	.467*	.425	-.324	.293	-.296	-.421	.962**	.313	-.244	-.404	-.410	
Hg											1	.952**	-.397	-.006	.174	.606**	.533*	.345	-.378	.290	-.293	-.341	.968**	.261	-.239	-.310	-.394	
Bi												1	-.383	.024	.237	.527*	.542*	.381	-.405	.348	-.362	-.358	.993**	.224	-.228	-.320	-.450*	
MgO													1	-.078	-.293	-.181	-.323	-.242	.558**	-.331	-.089	-.215	-.393	.176	.039	-.289	.611**	
Al ₂ O ₃														1	.820**	.257	-.082	.844**	-.209	.638**	-.128	-.339	-.020	-.073	.607**	-.330	-.044	
SiO ₂															1	.110	.253	.658**	-.372	.903**	-.314	-.482*	.183	-.291	**	-.425	-.170	
P ₂ O ₅																1	.536*	.503*	-.203	.048	-.146	-.163	.544*	.168	-.303	-.142	-.209	
SO ₄																	1	.065	-.291	.347	-.397	-.261	.542*	-.220	-.011	-.201	-.317	
K ₂ O																		1	-.235	.531*	-.089	-.419	.354	.152	.636**	-.411	-.204	
CaO																			1	-.244	-.258	-.216	-.403	-.149	.312	-.234	.777*	
TiO ₂																				1	.408	**	.317	.377	.396	.524*	.097	
Fe ₂ O ₃																					1	.589**	1	.250	-.308	.242	-.194	-.255
ZnO																						1	1	-.348	.029	.409*	.975**	-.178
PbO																								1	.224	-.218	-.310	-.445*
Na																									1	-.323	-.056	-.337
Zr																									1	.448*	.236	
Os																										1	-.179	
Eu																											1	
Gd																												
Tb																												

EK-3: Araziden derlenen numunelerin koordinat bilgileri**Çizelge 7.** Zengan maden ocağından derlenen örneklerin koordinatları

78 KATI ARA ZON	706812.861	42062787.3	1768	
SOL BACA DEMİR ZONU	706799.777	4206225.077	1782	
45 KATI SONDAJ 136. METRESİ	706593.174	4206455.069	1783	
45 KATI BÜTÜMLÜ KİREÇ TAŞI	706648.616	4206273.426	1782	

(Devamı Arkada)

Çizelge 7'nin devamı.

45 KATI KAÇAMAK PB 1777	706852.793	4206276.598	1777	
45 KATI KARSTİK YANI ZN	706745.836	4206290.175	1781	
45 KATI ŞİST ARASI PİRİT	706607.682	4206270.227	1783	

(Devamı Arkada)

Çizelge 7'nin devamı.

45 KATI KARSTİK ARAGONİT	706747.216	4206298.461	1781	
45 KATI BORDO KISIMDAN ZN	706807.33	4206274.236	1781	
45 KATI BORDO PB	706807.33	4206274.236	1781	

(Devamı Arkada)

Çizelge 7'nin devamı.

ZENGAN ARAGONİT	706807.33	4206274.236	1781	
ZENGAN DESANDRE KARSTİK	706778.634	4206231.609	1643	

(Devamı Arkada)

Çizelge 7'nin devamı.

ZENGAN YAN KAYAÇ	706778.634	4206231.609	1643	
ZENGAN DES KARSTİK YAN KAYAÇ	706778.634	4206231.609	1643	

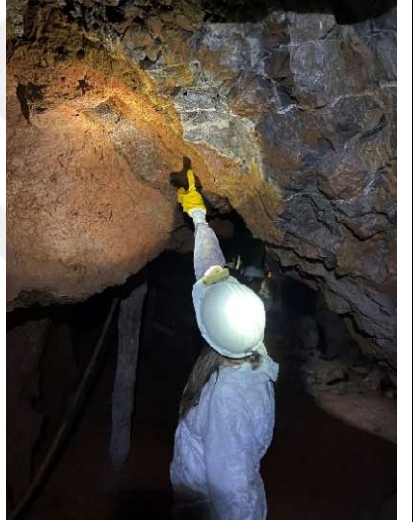
(Devamı Arkada)

Çizelge 7'nin devamı.

ZENGAN QUVARŞİT KRC KONTAK	707309.44	4206199.93	1790	
ZENGAN QUVARŞİT	707309.44	4206199.93	1790	
ZENGAN QUVARŞİT MIK TUTUYOR	707309.44	4206199.93	1790	

(Devamı Arkada)

Çizelge 7'nin devamı.

ZENGAN SERPANTİN YÜZEY	706815.81	4205688.25	1765	
ZENGAN DESANDRE SUCUK YAPI	706869.686	4206242.583	1643	

(Devamı Arkada)

Çizelge 7'nin devamı.

ARAZİ FOTOĞRAFLARI		
-------------------------------	--	---

Çizelge 8. Erva maden ocağından derlenen örneklerin koordinatları

Numune Adı	Numune Koordinatı (Y)	Numune Koordinatı (X)	Numune Koordinatı (Z)	Arazi Fotoğrafı
E26	725970.641	4227417.543	1277	
E27	725970.641	4227417.543	1277	
E28	725953.317	4227421.907	1277	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E29	725953.317	4227421.9 07	1277	
E30	725981.8	4227373.8 47	1276	
E31	726026.19	4227380.2 2	1277	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E32	726135.017	4227439.0 07	1280	
E33	726135.017	4227439.0 07	1280	
E34	726139.337	4227455.9 07	1284	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E35	726139.337	4227455.9 07	1284	
E36	725965.635	4227437.3 85	1251	
E37	725966.307	4227432.2 82	1251	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E38	725966.307	4227432.2 82	1251	
E39	725973.961	4227414.0 85	1251	
E40	726011.603	4227447.1 6	1252	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E41	726011.603	4227447.1 6	1252	
E42	725998.391	4227428.6 63	1251	
E43	725998.391	4227428.6 63	1251	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E44	725916.978	4227339.6 17	1273	
E45	725916.978	4227339.6 17	1273	
E46	725916.978	4227339.6 17	1273	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E47	725916.978	4227339.6 17	1273	
E48	725916.978	4227339.6 17	1273	
E49	725916.978	4227339.6 17	1273	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E50	725896.996	4227228.3 85	1269	
E51	725896.996	4227228.3 85	1269	
E52	725896.996	4227228.3 85	1269	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E53	725896.996	4227228.3 85	1269	
E54	725896.996	4227228.3 85	1269	
E55	725970.641	4227417.5 43	1277	

(Devamı Arkada)

Çizelge 8'in devamı.

E56	725970.641	4227417.5 43	1277	
E57	725953.317	4227421.9 07	1277	
ARAZİ FOTOĞRAFLARI				

Çizelge 9. Almıla maden ocağından derlenen örneklerin koordinatları

Numune Adı	Numune Koordinatı (X)	Numune Koordinatı (Y)	Numune Koordinatı (Z)	Arazi Fotoğrafi
A1	4225371.861	728598.518	1536.983	
A2	4225361.542	728652.679	1542.652	
A3	4225361.542	728652.679	1542.652	

(Devamı Arkada)

Çizelge 9'un devamı.

A4	4225361.542	728652.679	1542.652			
A5	4225361.542	728652.679	1542.652			
A6	4225347.735	728636.317	1537.109			

(Devamı Arkada)

Çizelge 9'un devamı.

A7	4225352.286	728597.563	1500.61	
A8	4225347.789	728601.136	1500.847	
A9	4225347.789	728601.136	1500.847	

(Devamı Arkada)

Çizelge 9'un devamı.

A10	4225351.762	728612.742	1496.04	
A11	4225351.762	728612.742	1496.04	
A12	4225352.516	728608.62	1489.766	

(Devamı Arkada)

Çizelge 9'un devamı.

A13	4225352.516	728608.62	1489.766		
A14	4225352.516	728608.62	1489.766		
A15	4225351.822	728610.125	1489.976		

(Devamı Arkada)

Çizelge 9'un devamı.

A16	4225352.464	728617.763	1489.976		
A17	4225353.127	728614.072	1482.532		
A18	4225353.127	728614.072	1482.532		

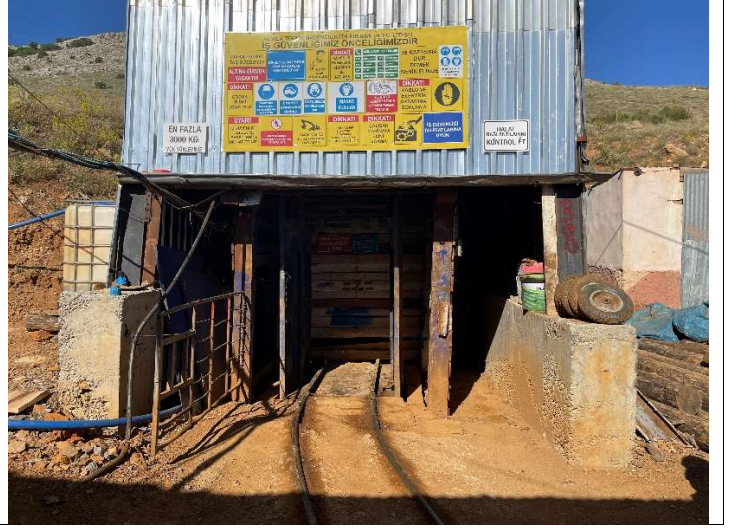
(Devamı Arkada)

Çizelge 9'un devamı.

A19	4225353.127	728614.072	1482.532		
A20					
A21		STOK			

(Devamı Arkada)

Çizelge 9'un devamı.

ARAZİ
FOTOĞRAF
LARI

EK-4. Pb-Zn Yatakları Hakkında Genel Bilgiler (Mineralojisi-Petrografisi ve Jeokimyasal Özellikleri)

Genel olarak Pb-Zn yataklarının işletme aşamasında ortaya çıkan sorunlar, şu şekilde sıralanmaktadır:

I. Çoğunlukla sülfid mineralleri formunda bulunan Pb-Zn, polimetalik oluşumu nedeniyle cevher boyunca ince bir yayılım göstererek karmaşık bir mineralojik yapı sergiler. Bu türlü cevherlerin zenginleştirme süreçleri, maden işleme mühendisleri için zorlu bir görevdir (Nayak vd. 2022).

II. Pb-Zn yatağının bulunduğu çevre, kurşunun radyoaktif özelliği nedeniyle maden işçileri ve maden bölgesinde yaşayan insanlar için tehlike altında olabilir (Nayak vd. 2022).

III. Yeni Pb-Zn yatakları bulunmasından ziyade çoğunlukla var olan kaynaklar tüketilmiştir. Artan taleplere karşılık, ilerleyen zamanlarda düşük tenörlü yataklarında zenginleştirme süreçlerinin üzerine yapılacak çalışmalar önemli bir konudur (Nayak vd. 2022).

Genel itibariyle çinko yatakları beş ana gruba ayrılmaktadır (Dinlen 2023):

1. Masif sülfid çinko yatakları (VMS)
2. Sedimenter-Eksalatif (SEDEX) tipi çinko yatakları
3. Mississippi Vadisi Tipi Çinko Yatakları (MVT)
4. İntrüzyona bağlı gelişen çinko yatakları (CRD, Skarn, Manto, Damar)
-Karbonat ornatımlı çinko yatakları (CRD)
5. Süperjen tip oksitli çinko yatakları (SNSZ)
-Direkt ornatım yatakları
-Karbonat ornatım yatakları
-Kalıntı ve karst dolgu tortuları

1. Masif sülfid çinko yatakları (VMS): volkanojenik (volkanik ilişkili veya volkanik yan kayaçlı) köken oluşumlu masif sülfid yataklarına denilmektedir. Masif ve yarı masif sülfidler sinjenetik katmanlanarak stratiform yataklanırlar. Okyanus diplerinde, epizodik riftleşme bölgelerinde, hidrotermal sıvıların okyanus tabanına akışı sırasında VMS çökelleri oluşmaktadır. VMS yataklarının oluşabilmesi için sıralanan dört koşulun bir arada bulunması gerekmektedir: 1. Hidrotermal sıvı akışı, 2. Isı kaynağı, 3. Akışkanın geçebileceği boşluk, 4. Metal kaynağı (Dinlen 2023).

VMS yataklarının parajenezinde sık rastlanılan mineraller şu şekildedir: pirit, pirotin, kalkopirit, galen, sfalerit. VMS yataklarında, Cu, Pb ve Zn düzenli masif kütleler halinde bulunduğu Kuroko tipi yatak olarak adlandırılır. Tipik örneği ise Japonya'da bulunmaktadır. Türkiye'de VMS yataklarının 3'te 1'den fazlası Doğu Karadeniz Bölgesinin sahile yakın kesimlerinde bulunmaktadır (Dinlen 2023).

2. Sedimenter-Eksalatif (SEDEX) tipi çinko yatakları: Şeyl, karbonatlı ve kırıntılı kayalarla bulunan, lamine, stratiform cevherleşen Zn-Pb-Ag bulunduran yataklara SEDEX denilmektedir. SEDEX tip cevherleşmelerde magmatik jeneze rastlanılmaz. Cevheri oluşturan parajenezde sülfidler bulunmaktadır. Gang mineralleri ise karbonatlar, barit ve kuvars'tır. Cevheri oluşturan ana mineral galen ve sfalerit'tir. SEDEX tipi yataklarda etkin rol oynayan tuzlu sular/akışkanlar, ağırlıkça %2-20 NaCl içerirler ve yüksek sıcaklıklarda ($>350^{\circ}\text{C}$) bulunurlar. SEDEX tipi yataklarda, Zn/(Zn+Pb) oranı genellikle ortalama 0.7 civarındadır. Buradan bu tip yataklar için Zn konsantrasyonlarının Pb'ye oranla daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. Türkiye'de SEDEX tipi Pb-Zn cevher yatağı bulunmamaktadır (Dinlen 2023).

3. Mississippi Vadisi Tipi Çinko Yatakları (MVT): Volkanik aktiviteyle ilişkili gelişmeyen MVT tip yataklar, epijenetiklerdir. Yankayaçlar genellikle kumtaşı, dolomit ve kireçtaşı olabilmektedir. Ana cevher mineralleri, sfalerit'tir, galen, pirit, markazit. Gang mineralleri ise dolomit ve kalsit'tir. Barit ve florit genellikle nadir bulunurlar. Büyük bölgelerde meydana gelen MVT tipi Pb-Zn havzaların platform dizilerinde katmanlar halinde meydana gelmektedir. %10-30 arasında NaCl içeren bazik sıvılarda genellikle cevher taşınır. Cevherleşme sıcaklığı ise $75-200^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermektedir. Cevher kontrol mekanizması, faylar, çözünme boşlukları ve litolojik uyumlu/uyumsuz geçişlerdir. Cevherlerde görülen en yaygın alterasyon dolomitleşmedir. Cevheri oluşturan sülfürler, kristalin ve ince tanelidirler (Dinlen 2023).

Karbonat yan kayaçlı cevherleşmelerin, yan kayacı olan karbonatlı kayaların litolojileri, bunların büyük bir çoğunluğunun ılık denizlerin kıyılarındaki ortamlarda sığ seviyelerde oluştuğunu göstermektedir. Paleo-iklim haritalarında görülen karbonat yan kayaçlı cevherlerin büyük bir çoğunluğu düşük enlem derecelerine oluşmuşlardır. Karbonat yan kayaçlı cevherleşmelerin parajenezinde yer alan ana mineraller esas olarak; galen, sfalerit, florit, barit, simitsonit, serüsit ve anglezit şeklinde sıralanabilmektedir. Bu minerallerin bir cevherleşme içerisindeki varlıkları ya da dağılımları cevherleşmeden cevherleşmeye değişiklik sunabilmektedir. Cevherleşmelerde pirit ve özellikle markazit yaygın olarak gözlenebilmekte, bunun yanı sıra kalkopirite de rastlanabilmektedir. Cevherleşmelerde gang minerali olarak kalsit ve dolomit yaygın olarak yer almakta, bunların yanı sıra değişik karbonat ve silikat mineralleri de gözlenebilmektedir.

Karbonat yan kayaçlı Pb- Zn cevherleşmeleri Sangster (1976) tarafından Mississippi Vadisi Tipi ve Alpin Tipi olmak üzere iki ana kısma ayrılmaktadır. Buna karşın pek çok araştırmacı bu tip cevherleşmelerde herhangi bir ayırım yapmamış ve düşük sıcaklıkta oluşan karbonat yan kayaçlı cevherleri Mississippi Vadisi Tipi olarak belirtmişlerdir. Bazı yazarlar üçüncü bir tip olarak İrlanda Tipini öne sürmüşlerse de bu tip daha çok Alpin tipinde yorumlanmıştır. Mississippi vadisi tipi cevherleşmeler stratabaund özellik göstermektedirler. Cevherler ana kayacın diyajenezinden sonra, epijenetik olarak boşluklar içerisine taşınır orada depolanmışlardır.

Sawkins (1976)'e göre bu tip yataklardaki sfalerit örneklerinde yapılan sıvı kapanımı incelemelerinden elde edilen bilgilere göre cevherli akışkanlar oldukça tuzlu olup (%23.3 Na, CaCl_2 eşdeğeri), 94-120°C arasında değişen ısı değerlerine sahiptirler ve bu yatakların büyük bir çoğunluğu riftleşme ile ilişkilidir. Alpin tipi ise çoğunlukla stratiform ve sinjenetiktir. Bu cevherleşmelerin ilksel kaynağının yan kayaçla aynı yaşlı olduğu ve denizaltı volkanizmasıyla bağlantılı oldukları savunulmaktadır. Alpin tipinde rastlanılan epijenetik yatakların ise ilksel cevherlerin remobilizasyonu sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Hutchinson (1996)'e göre ise karbonat yan kayaçlı Pb-Zn cevherleşmelerini karbonat Yan kayaçlı masif sülfid yatakları, Mississippi Vadisi tipi yataklar ve baca tipi yataklar olarak üç ana kesime ayırmaktadır. Bu oluşumlardan masif sülfidlerin ve baca tipi olanlarının sinSedimenter (ve/veya sinjenetik), Mississippi Vadisi Tipi oluşumların ise epijenetik süreçlerle oluştuğunu öne sürülmektedir. Hutchinson (1996)'e göre her üç tip oluşumda da magmatik aktivitelerin doğrudan bir etkisinin olmadığını vurgulamakta ve cevherleşmelerin oluşumunda deniz suyunun etkin olduğunu belirtmektedir.

Mississippi Vadisi Tipi yataklar olarak bilinen strata-bound çinko kurşun yatakları, epitermal, hidrotermal-Sedimenter, lateral segregasyon gibi çinko yatağı oluşumlarının kesiştiği ve genetik verilerin yetersiz olduğu yataklar için kullanılan bir terimdir. Hemen her zaman karbonatlı (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit) kayaçların içinde yer alırlar. Mineral parajenezinde sfalerit ve galen çok, pirit ve markazit yaygın, kalkopirit ender şekilde bulunur. Gang mineralleri ise barit, florit, kalsit ve kuvars'tır.

MVT tipi Pb-Zn yataklarında bulunan cevher metalleri, havzadaki tabakalardan, hidrotermal akışkanlardan, akış yolu boyunca altta yatan temel kayalar gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilir (Leach vd. 2010; Bao vd. 2017). Kurşun izotopları yatak oluşumunda rol oynamış hidrotermal akışkanların hangi kayaçlarla ilişkili olduğu ve kurşunun kaynağına dair önemli ipuçları sunar (Goldhaber vd. 1995; Slobodnik vd. 2008; Bao vd. 2017). Kurşunun kalkofil özelliklerinin ortaya çıkarılması özellikle hidrotermal ve MVT tip Pb-Zn yatakları için köken tahmini yapılmasını kolaylaştırır (Bao vd. 2017).

Alpin Tipi yataklar: Daha çok kıyı bölgelerinde, organik maddelerce zengin Sedimenter kayaçlarla birlikte ve Sedimenter süreçlerle oluşmuşlardır. Hemen her zaman karbonatlı (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit) kayaçların içinde yer alırlar. Mineral parajenezinde sfalerit ve galen çok, pirit ve markazit yaygın, kalkopirit ender şekilde bulunur. Gang mineralleri ise barit, florit, kalsit ve kuvars'tır.

4. İntrüzyona bağlı gelişen çinko yatakları (CRD, Skarn, Manto, Damar):

Cevher kontrol mekanizmaları faylar ile kontrol edilmektedir. Mineralizasyon sırasında akışkanın yerleştiği kayaç çıkış kaynağına yakın ise baca şeklinde; uzak ise manto şeklinde yataklanma meydana gelir. Cevher takibi için sıkı bir stratigrafi kontrolü gerekmektedir (Dinlen 2023).

Türkiye’den intrüzyona bağlı gelişen çinko yataklarına örnekler Kuzeybatı Anadolu Bölgesi ve Doğu Karadeniz Bölgesinin iç kısımları verilebilir. Magmatik-hidrotermal jenezeye bağlı gelişen yataklarda, Pb konsantrasyonları Zn’ye göre yüksektir. Ayrıca yataklarda Ag’de bulunmaktadır. Karbonatlı kayalarla bulunan yataklarda ve intrüfif kayalarla temas halinde bulunan alanlarda ise skarn tipi yataklar meydana gelmektedir (Dinlen 2023).

-**Karbonat ornatımlı çinko yatakları (CRD):** Metalik mineraller açısından zengin hidrotermal akışkanların Sedimenter kayaları ornatması sonucunda gelişen yataklara karbonat ornatımlı çinko yatakları (CRD) denilmektedir. Hidrotermal akışkanın jenezi, volkanik intrüzyona bağlıdır. Mineralizasyonu, fay düzlemleri ve makaslama kontrollü olarak gelişir. Kimyasal değişime daha yatkın iri taneli kırıklı kayalar, bu tip yataklanmaların daha sık rastlanıldığı zayıf zon olarak görülmektedir. Bu tip yataklar yüksek tenörlü ve nispeten büyük cevherlerden oluşmaktadır. Mineralojik bileşimi intrüzif kayaca uzaklık açısından zonlanma gösterir. İntrüzif kayaktan uzaklaştıkça Pb-Ag ve Zn-Mn zonlarına; yakınlıştıkça ise Cu-Au zonuna rastlanılır. CRD yatakları, ana kayadan daha gençtir. Epijenetik oluşumludur. Oluşum sıcaklıkları 150°C-350°C arasında değişmektedir. CRD tipi yatakların, pasif tektonik sınırlarda oluşan MVT tipi yataklar ile keskin ayrımı da oluşum sıcaklıklarıdır. Cevher kontrolü faylar tarafından sağlanmaktadır. Hidrotermal akışkanlar, dikey (baca) ve yatay (manto) yönlü cevher oluşumları ortaya çıkarmaktadır (Dinlen 2023).

5. Süperjen tip oksitli çinko yatakları (SNSZ): Bu tip yataklar, volkanik ve tortul kayalar içerisinde, daha önce hipojenik olarak var olmuş, Zn açısından bol hipojen sülfid yataklarının yeryüzüne ulaşan kısımlarının oksidasyonu ile meydana gelmektedir. Meteorik su ile oksidasyon tepkimesine giren birincil sülfürlerin çözünmesi ve ikincil olarak sülfür içermeyen çinko cevheri olarak yeniden çökmesi ile meydana gelirler. SNSZ yatakları, açık işletmeciliğe uygundur (Dinlen 2023).

Yağışlı iklim koşullarında, erozyona uğrayan hipojen sülfür cevherleri, su tablasının üzerine yükselerek topografyanın engebeli yapısı içinde oksidasyon süreçleri geçirerek bulundurduğu metalleri serbestleştirir. Bu tip yatakların en önemli özelliği, süperjen çinko cevher kütlelerinin görülmesidir. Fe ve Mn oksidasyon süreçlerinde oksitleyici koşullar altında farklı çözünürlüklerde bulunması sonucunda oluşan çözeltilerde genellikle Fe-Mn gossan şapkalarında birikmesine neden olmaktadır. Karbonatlı ve silikatlı iki ana kayaç türünde SNSZ yatakları, gelişmektedir. Mineral parajenezinde smitzonit, hidrozinkit, hemimorfit bulunmaktadır (Dinlen 2023).

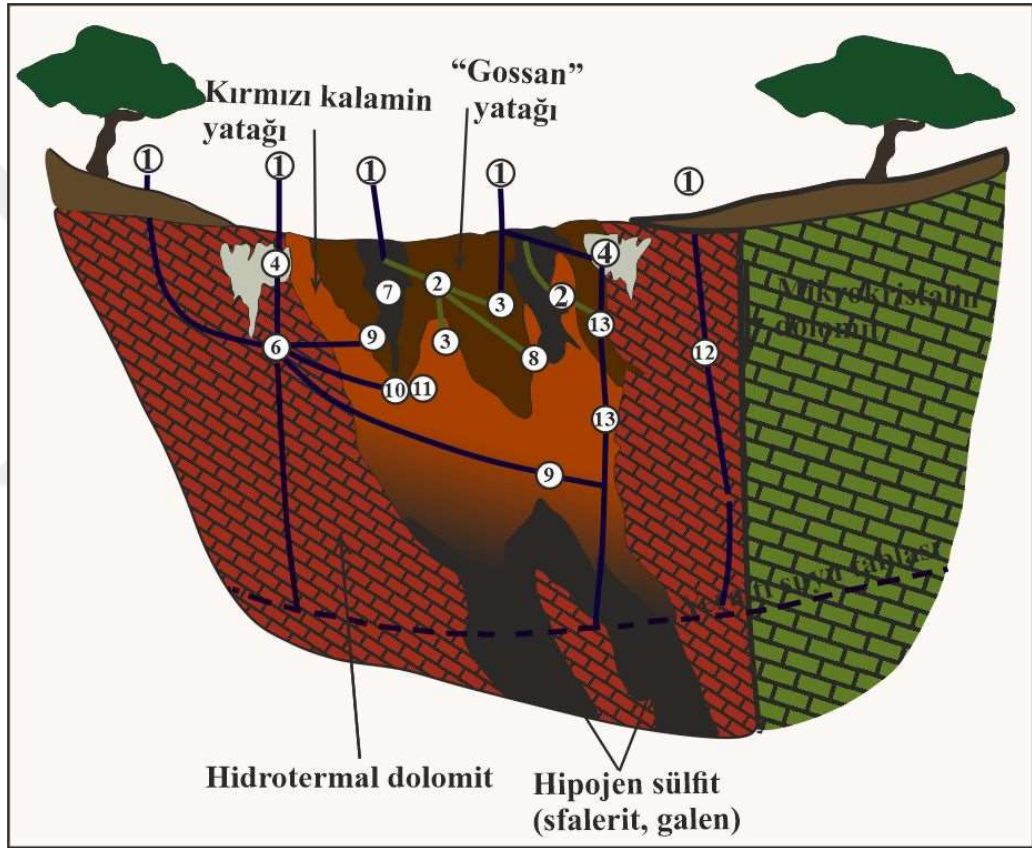
SNSZ yatakları üçe ayrılmaktadır:

-**Direkt ornatım yatakları:** Zn açısından zengin gossanlardır. Sfalerit’in yerini smitzonit ve hidrozinkit almaktadır (Dinlen 2023).

-Karbonat ornatım yatakları: Ana cevher minerali kriptokristalin smitzonit olan bu yataklarda, yeraltısu tablasının altındaki asidik su Zn içeren akışkanın karbonatlı kayalarla olan teması ve meydana gelen tepkimelerle oluşmaktadır. Ana cevher minerali büyük oranda Pb ve Fe'den arınmıştır (Yalcin vd. 2002; Yalcin ve Çiftçi 2002; Dinlen 2023).

-Kalıntı ve karst dolguları: Sekonder Zn mineralinin karst boşluklarında birikmesiyle meydana gelirler. Jenetik sınıflaması güç ve karmaşık yataklardır (Dinlen 2023).

Sülfürlü cevherlerin oksidasyon sürecini gösteren şema Şekil 8.1'de verilmiştir.



Şekil 8.1. Sülfürlü cevherlerin oksidasyon süreci (Navarro-Ciurana vd. 2016'dan değiştirilerek alınmıştır)

Sülfürlü cevherlerin oksidasyon sürecinde geçirdikleri evreler aşağıda verildiği gibidir (Navarro-Ciurana vd. 2016):

1) $H_2O + O_2$ süzülmesi ile ($\delta^{18}O \sim -5\%$; $T: 12-22.5^\circ C$)

“Kırmızı kalamın” ve “Gossan” yatakları

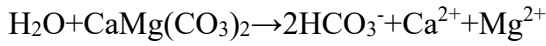
2) $H_2O + O_2$ markazit ile reaksiyona girer: ($pH \downarrow \downarrow$)

- $\text{FeS}_2 + 7/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
- $\text{Fe}^{2+} + 1/4 \text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 1/2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{FeS}_2 + 14 \text{Fe}^{3+} + 8 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 15\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$

3) Fe oksit-hidroksit formasyonu

- **Götit** (düşük pH): $\text{Fe}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeOOH} \downarrow \downarrow + 3\text{H}^+$
- **Hematit** (dehidrasyon): $2\text{FeOOH} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \downarrow \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

4) Tamponlama (konak karbonat çözünmesi)



(pH↑) ^{13}C -zengin kaynak ($\delta^{13}\text{C} \sim 0\text{‰}$)

5) Bitki örtüsünün (organik maddenin) bozulması

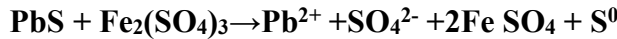
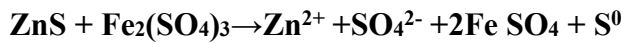
$\text{CO}_{2(g)} \rightarrow ^{13}\text{C}$ -tükenmiş kaynak ($\delta^{13}\text{C} \sim -20\text{‰}$)

6) C'ca zengin kaynak (^{13}C -zengin ve ^{13}C -tükenmiş kaynak)

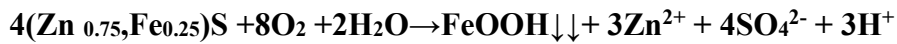
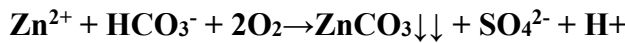
7) O_2 ve H_2O sfalerit ve galenle reaksiyona girer:

- $\text{ZnS} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
- $\text{PbS} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
- $\text{ZnS} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^-$
- $\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^-$

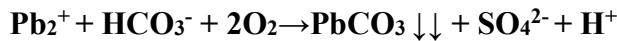
8) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ sfalerit ve galen ile reaksiyona girer:



9) Zn, Pb ve Fe oksit-hidroksit oluşumu (pH) smitsonit ve galen (Sm-I, Sm-II and Ght-I)



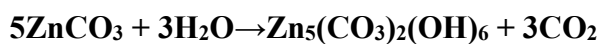
Serüzit (Cer-I)



“Gri kalamın” yatağı

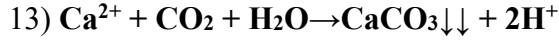
10) Zn ve Pb karbonat (smitsonit; Sm-III; serüzit: Cer-II) gözeneklerde ve boşluklarda

11) Boşluklarda hidrozinkitlerde

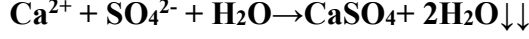


Kalsit ve jips formasyonlarında

12) ^{13}C -zayıf sıvıların etkisiyle **bol miktarda kalsit çökmesi**



Jips çökmesi



Yerkürede Pb ve Zn'nin kazanıldığı en yaygın yatak tipleri esas olarak; porfiri tip, skarn tipi, primitif tip, besshi/kiesleger tipi, kuroko tipi, kıbrıs tipi, taneli Sedimenter-şeyl yan kayaçlı stratiform tip ve karbonat yan kayaçlı cevherleşmeler şeklinde sıralanmaktadır (Gökçe, 1995).

Türkiye Pb-Zn yatakları: Bulundukları tektonik ünite ve oluşum şekillerine göre kabaca beş gruba ayrılabilirler (Aydın ve Öztunalı 1981):

1. Kuzeybatı Anadolu kontakt-metazomatik ve hidrotermal yatakları,
2. Menderes masifi stratiform yatakları ve masifin çevresindeki sokumlara bağlı hidrotermal yataklar,
3. Doğu Karadeniz Bölgesi masif sülfid yataklarına bağlı hidrotermal yataklar,
4. Toros kuşağında yer alan strata-bound damar tipi yataklar,
5. İç Anadolu metamorfik masiflerindeki kontakt-metazomatik yataklar.

Türkiye Cu-Pb-Zn yatakları aşağıda sıralandığı gibidir (Şekil 8.2):

- Biga Yarımadası Pb-Zn yatakları,
- Kalkım (Yenice-Çanakkale) Pb-Zn yatakları,
- Bayındır İzmir Yöresi Pb-Zn yatakları,
- Simav (Kütahya) Pb-Zn yatakları,
- Harşit ve Harköy (Giresun) Pb-Zn yatakları,
- Tirebolu (Giresun) Pb-Zn-bakır yatakları,
- Bolkardağı Pb-Zn yatakları,
- Horzum (Kozan-Adana) Pb-Zn yatakları,
- Aladağ (Yahyalı-Kayseri) Pb-Zn yatakları,
- Çakmaklı Cu (Murgul, Artvin),
- Anayatak Cu (Murgul, Artvin),
- Kutlular Cu (Sürmene, Trabzon),
- Madenköy Cu-Zn (Çayeli, Rize),
- Dereköy Cu-Mo (Kırklareli),
- Lahanos Cu (Giresun),
- Koyulhisar Zn-Pb-Cu (Sivas),
- İnleraylası Zn-Pb (Ş. Karahisar, Giresun),
- Maden Cu (Elazığ),
- Madenköy Cu (Siirt),
- Bakibaba Cu (Küre, Kastamonu),
- Aşıköy Cu (Küre, Kastamonu),

- Altınoluk Pb (Edremit, Balıkesir),
- Arapuçan Pb-Zn (Yenice, Çanakkale),
- Kulakçiftliği Pb-Zn (Dursunbey, Balıkesir),
- Dursunbey Pb-Zn (Dursunbey, Balıkesir),
- Balya Pb-Zn (Balıkesir),
- Akdağmadeni Pb-Zn (Yozgat),
- Keban Pb-Zn-Ag (Elazığ),
- Hüyükli Pb-Zn (Afşin, Kahramanmaraş),
- Bozkır Zn-Pb (Konya),
- Aksu Zn (Develi, Kayseri),
- Anamur Zn (Mersin),
- Tekneli Zn-Pb (Niğde),
- Cafana Zn-Pb (Malatya).



Şekil 8.2. Türkiye çinko rezervleri dağılım haritası **a)** Kuzeyde Cu-Pb-Zn kuşağı (1-18); **b)** Güneydoğu Cu kuşağı (9-10); **c)** Kuzeybatı Pb-Zn kuşağı (11-17); **d)** Güneyde karbonat tipi Pb-Zn kuşağı (18-27). 1. Çakmakaya Cu (Murgul, Artvin), 2. Anayatak Cu (Murgul, Artvin), 3. Kutlular Cu (Sürmene, Trabzon), 4. Madenköy Cu-Zn (Çayeli, Rize), 5. Dereköy Cu-Mo (Kırklareli), 6. Lahanos Cu (Giresun), 7. Koyulhisar Zn-Pb-Cu (Sivas), 8. İnleraylası Zn-Pb (Ş. Karahisar, Giresun), 9. Maden Cu (Elazığ), 10. Madenköy Cu (Siirt), 11. Bakibaba Cu (Küre, Kastamonu), 12. Aşıköy Cu (Küre, Kastamonu), 13. Altınoluk Pb (Edremit, Balıkesir), 14. Arapuçan Pb-Zn (Yenice, Çanakkale), 15. Kulakçiftliği Pb-Zn (Dursunbey, Balıkesir), 16. Dursunbey Pb-Zn (Dursunbey, Balıkesir), 17. Balya Pb-Zn (Balıkesir), 18. Akdağmadeni Pb-Zn (Yozgat), 19. Keban Pb-Zn-Ag (Elazığ), 20. Hüyükli Pb-Zn (Afşin, Kahramanmaraş), 21. Bozkır Zn-Pb (Konya), 22. Aksu Zn (Develi, Kayseri), 23. Aladağ Zn-Pb (Yahyalı, Kayseri), 24. Dereköy Zn-Pb (Yahyalı, Kayseri), 25. Cafana Zn-Pb (Malatya), 26. Tekneli Zn-Pb (Niğde), 27. Anamur Zn (Mersin) (internet kaynağı 1)

ÖZGEÇMİŞ

Özge ÖZER ATAĞOĞLU

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2020-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2018-2020	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Lisans 2012-2016	Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi 2018-Devam ediyor	Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü
--	--

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Özer Atakoğlu Ö., Berberoğlu E., Yalcin F., Gokaydin S., Akköprü E., Yalcin M.G. 2024. Source identification of heavy metal contamination in beach sediments of the ancient city of Phaselis in Antalya, Türkiye. *International Journal of Sediment Research*, 39(6): 942-959.

Yalcin M.G., Mutlu E., Olguner C., Atakoğlu Özer Ö., Bat L., Özkan E.Y. 2023. Spatial geochemical structure of soft sediment on shallow littoral of the Gulf of Antalya, the eastern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 193.

Atakoğlu Özer Ö., Yalçın M.G., Leventeli Y., San B.T. 2023. Geochemistry of Red Soils in the Kas District of Antalya (Türkiye) Using Multivariate Statistical Approaches and GIS. *Minerals*, 13(6): 1-25.

Tumuklu A., Sunkari E. D., Yalcin F., Atakoğlu Özer Ö. 2023. Data analysis of the Gumusler Dam Lake Reservoir soils using multivariate statistical methods (Nigde, Türkiye). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(5): 5391-5404.

Mutlu C., Atakoğlu Özer Ö., Erbaş M., Yalcin M.G. 2023. Advances in the Elemental Composition Analysis of Propolis Samples from Different Regions of Turkey by X-Ray Fluorescence Spectrometry. *Biological Trace Element Research*, 201(1): 435-443.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin F. 2022. Evaluation of the surface water and sediment quality in the Duger basin (Burdur, Turkey) using multivariate statistical analyses and identification of heavy metals. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(7).

Yalcin M.G., Nyamsari D.G., Özer Atakoğlu Ö., Yalcin F. 2022. Chemical and statistical characterization of beach sand sediments: implication for natural and anthropogenic origin and paleo-environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(3): 1335-1356.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G., Özmen S.F. 2021. Determination of radiological hazard parameters and radioactivity concentrations in bauxite samples: the case of the Sutlegen Mine Region (Antalya, Turkey). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 329(2): 701-715.

Özer Atakoğlu Ö., Yalçın F., Tarıncı O.K., Yalcin M.G. 2020. Investigation of Suitability of Marbles to Standards with Inequality Expressions and Statistical Approach Using Some Physical and Mechanical Properties. *Journal of Inequalities and Applications*, 2020(1).

Aydın B., Yalcin F., Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G. 2020. Regression Analysis and Statistical Examination of Knoop Hardness on Abrasion Resistance in Lyca Beige Marbles. *Filomat*, 34(2): 609-614.

Odabaş T., Hajiyev R., Gültekin A., Özer Atakoğlu Ö., Harırlı O.T. 2020. Can We Prevent Coffee Stains on Teeth?. *Journal of Medicinal Food*, 24(12): 1331-1339.

Ulusal hakemli dergide yayımlanan makaleler

Yalcin M.G., Özer Atakoğlu Ö. 2024. Antimonun Çevre ile İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Etkileri ve Gerekli Tedbirler. *Geosound*, 59(1): 1-20.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G. 2021. Explanation of the Sutlegen Bauxites to Some REE Contents by Statistical Approach and Inequality Expressions. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 8(3), 391-401.

Yazıcı İ., Yalcin M.G., Özer Atakoğlu Ö., Yalçın F. 2021. Multivariate Statistical Evaluation of Geochemical Properties of “Alanya Emperador Dark” Marbles.” *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 8(3): 361-372.

İnce Z., Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G. 2021. Multivariate and Spatial Statistical Analysis of Geochemical Data of Dolomite: The Case of Industrial Raw Materials’ Differentiation. *Montes Taurus Journal of Pure and Applied Mathematics*, 3(2): 8-28.

Özer Atakoğlu Ö., Yalçın M.G. 2021. Geostatistical Analysis and Spatial Distribution Map of Geochemical Contents of the Susuzdag Formation Limestones. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences-Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(6): 851-862.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G. 2021. Geochemical characterization of the Sutlegen bauxite deposit, SW Antalya. *Mining of Mineral Deposits*, 15(3): 108-121.

Öz C., Özer Atakoğlu Ö. 2019. Seramik Arkeometrisinde Spektroskopik Yöntemlerin Uygulanması ve Yorumlanması: XRF, XRD. *Seramik Araştırmaları Dergisi*, 136-153.

Uluslararası ve Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Özer Atakoğlu, Ö., Yalcin M.G. 2024. Regression analysis of chemical contents of Erva Pb-Zn deposit Kayseri (Yahyalı). The 35th International Conference of Jangjeon Mathematical Society (ICJMS'2024), Seul, Güney Kore, 20-25 Ağustos.

Unal S., Yalcin M.G., Özer Atakoğlu Ö., Yalçın F. 2022. statistical evaluation of chemical contents of Damlatas (Alanya/Antalya) beach sand. International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM, Heraklion, Yunanistan, 19-25 Eylül.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G. 2024. Genesis of the Erva Pb-Zn Deposit Kayseri (Yahyalı): Mineralogy and Trace Element Geochemistry. 24th International Multidisciplinary Scientific Geoconference: Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, SGEM 2024, Albena, Bulgaristan, ss.295-302, 1-7 Temmuz.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G. 2023. Using multivariate statistical analyzes in geochemical data: Example of lead-zinc deposit. The 6th Mediterranean International Conference of Pure & Applied Mathematics and Related Areas (MICOPAM), Paris, Fransa, ss.300-305, 23-27 Ağustos.

Yalcin M.G., Kurşun B., Özer Atakoğlu Ö. 2022. Statistical assessment of geochemical properties of Alanya barites (Antalya/Türkiye). The 5th Mediterranean International Conference of Pure & Applied Mathematics and Related Areas (MICOPAM), Antalya, Türkiye, ss.168-172, 27-30 Ekim.

Yalcin M.G., Unal S., Özer Atakoğlu Ö., Yalcin F. 2022. Factor analysis of beach sediment at Damlataş Beach (Alanya, Türkiye). III. International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies, Girne, Kıbrıs (Kktc), ss.1269-1274, 15-17 Kasım.

Yalçın M.G., Kurşun B., Özer Atakoğlu Ö. 2022. Correlation of geochemical contents of Alanya (Antalya) barites. The 5th Mediterranean International Conference of Pure & Applied Mathematics and Related Areas (MICOPAM), Antalya, Türkiye, ss.173-178, 27-30 Ekim.

Kurşun B., Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G., Bektay Y., Turysbekova G. 2022. Geochemical analysis and origin interpretation of the Kumluca (Antalya) manganese. International Symposium on Advanced Engineering Technologies (ISADET), Kahramanmaraş, Türkiye, ss.26-27, 16-18 Haziran.

Boztaş S., Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G., Bektay Y., Turysbekova G. 2022. Geochemical analysis and genesis interpretation of the Gazipasa (Antalya) barite deposits. International Symposium on Advanced Engineering Technologies (ISADET), Kahramanmaraş, Türkiye, ss.381-382, 16-18 Haziran.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin F. 2022. Burdur Düğer Havzası yüzey suyunun ağır metal içeriklerinin çok değişkenli istatistikle kullanılarak insan sağlığı açısından değerlendirilmesi. 74. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, 11-15 Nisan.

Mutlu C., Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G., Erbaş M. 2021. Elemental composition determination of propolis samples from different regions of Turkey by X-Ray fluorescence spectrometry. 10th Central European Congress on Food, Sarajevo, Bosna-Hersek, ss.37, Haziran.

Özer Atakoğlu Ö., Yalcin M.G. 2019. Correlation of chemical contents of Sutlegen (Antalya) bauxites and regression analysis. International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM), Rhodes, Yunanistan, 23-28 Eylül.

Özer Ö., Yalcin M.G. 2019. Modeling of elemental distribution of Kas (Antalya) bauxite deposit. International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics 2019 (ICNAAM), Rhodes, Yunanistan, ss. 24-25, 23-28 Eylül.

Tarinc O.K., Özer Ö., Aydın B., Yalcin M.G. 2019. Comparison of physico-mechanical properties of Clova and Lyca marbles in Akcay (Antalya) region by using independent-samples T-test statistics. The 2nd Mediterranean International Conference of Pure&Applied Mathematics and Related Areas, Paris, Fransa, ss. 28-31, 28-31 Ağustos.

Özer Ö., Yalcin F., Nyamsari D., Yalcin M.G. 2019. Contrasting contamination indices

and principal component analysis in metal elements accumulation study of beach sand on Kemer -Sarısu coast line, Antalya. The 2nd Mediterranean International Conference of Pure&Applied Mathematics and Related Areas, Paris, Fransa, ss.32-35, 28-31 Ağustos.

Yazıcı İ., Özer Ö., Yalcin M.G. 2019. Alanya (Antalya) bölgesi koyu fümè mermerlerinin fiziko-mekanik özelliklerinin TSE standartlarına göre değerlendirilmesi. International Symposium on Advanced Engineering Technologies, Kahramanmaraş, Türkiye, ss.1339-1344, 2-4 Mayıs.

Özdemir B., Özer Ö., Yalcin F. 2019. Kız Kalesi (Mersin) plaj kumu örneklerine ait elementel sonuçların hipotez testleri. International Symposium on Advanced Engineering Technologies, Kahramanmaraş, Türkiye, ss.1345-1349, 2-4 Mayıs.

Tarınç O.K., Özer Ö., Yalcin F., Yalcin M.G. 2019. Akçay Köyü (Elmalı, Antalya) bölgesi mermerlerinin kimyasal özellikleri kullanılarak istatistiksel değerlendirmesi. International Symposium on Advanced Engineering Technologies, Kahramanmaraş, Türkiye, ss.1333-1338, 2-4 Mayıs.

Gökdağ İ., Özçelik E.C., Özer Ö., Yalcin M.G. 2019. Kiriş (Antalya) plaj kumlarının jeobirikim indeksi (Igeo) ve insan sağlığı açısından değerlendirilmesi. 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, ss.1061-1064, 28 Ocak-1 Şubat.

Gökdağ İ., Özçelik E., Özer Ö., Yalcin M.G. 2019. Çamyuva (Antalya) plaj kumlarının hiyerarşik dendrogram analizi ve sağlık açısından değerlendirilmesi. 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, ss.1057-1060, Ocak-1 Şubat.

Özer Ö., Yalcin F., Nyamsari D., Yalcin M.G. 2019. Kemer-Sarısu (Antalya) sahil şeridindeki plaj kumlarının istatistiksel anomalileri ile insan sağlığı açısından değerlendirilmesi. 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, ss.1065-1069, 28 Ocak-1 Şubat.

Yalcin F., Ülkütanir Y., Özer Ö. 2019. İstatistiksel analizde bazı parametrik testler için ampirik bir uygulama: akademik başarı değerlendirmesi. International Symposium on Advanced Engineering Technologies, Kahramanmaraş, Türkiye, ss.1446-1512, 2-4 Mayıs.

Aydın B., Yalcin F., Özer Ö., Yalcin M.G. 2018. Statistical classification of Turunçova marbles with physical- mechanical properties, Finike, Antalya. The Mediterranean International Conference of Pure & Applied Mathematics and related areas, Antalya, Türkiye, ss.208-211, 26-29 Ekim.

Tarınç O.K., Özer Ö., Yalcin M.G. 2018. Physical-mechanical and chemical properties of Akçay village Elmalı Antalya region marble block receiving and working principles. International Congress on Engineering and Architecture (ENAR 2018) Alanya/Turkey, Antalya, Türkiye, ss. 2116-2122, 14-16 Kasım.

Özer Ö., Tarınç O.K., Yalcin M.G. 2018. Field work in Elmalı (Antalya) Clova marble quarries. 9th International Symposium of the Eastern Mediterranean Geology, Antalya,

Türkiye, ss. 211-211. 7-11 Mayıs.

İlbeyli N., Yalcin F., Nyamsari D., Battaloglu R., Özer Ö. 2018. Origin of elements from the Hamit Plutonic (Turkey) rocks by multivariate analysis. 9th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Antalya, Türkiye, ss.240-241, 7-11 Mayıs.

Gökdağ İ., Özçelik E.C., İlbeyli N., Güneş A., Özer Ö. 2018. The origin of feldspar and quartz deposits in the Soke Region (Aydın, Turkey). 9th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Antalya, Türkiye, ss.221-222, 7- 11 Mayıs.

Unal S., Yalcin M.G., Özer Ö. 2018. Investigation of lifetime size cancer risk with radioactivity values of serpentinite rocks in Antalya- Kumluca Region. 9th International Symposium of the Eastern Mediterranean Geology, Antalya, Türkiye, ss.234-234, 7-11 Mayıs.

Yalcin F., İlbeyli N., Nyamsari D.G., Battaloglu R., Özer Ö. 2018. Statistical investigation and origin of elements from the Hamit Plutonic (Turkey) rocks by multivariate analysis. 9th International Symposium of the Eastern Mediterranean Geology, Antalya, Türkiye, ss.117-117, 7-11 Mayıs.

Nyamsari D.G., Yalcin M.G., Özer Ö. 2018. ^{238}U – ^{237}Th activity risk evaluation of the bauxite samples of Plateau Deposit. 9th International Symposium of the Eastern Mediterranean Geology, Antalya, Türkiye, ss.15-15, 7-11 Mayıs.

Aydın B., Yalcin M.G., Özer Ö. 2018. Block taking and rehabilitation Lyca Beige (Elmalı, Antalya) Marble Quarry. 9th International Symposium of the Eastern Mediterranean Geology, Antalya, Türkiye, ss.185-185, 7-11 Mayıs.

Ocak S., Unal S., Yalcin M.G., Özer Ö. 2018. Dose rates and activity concentrations of natural rocks. 9th International Symposium of the Eastern Mediterranean Geology, Antalya, Türkiye, ss.226-226, 7-11 Mayıs.