



**T.C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖRGÜ (MALATYA) KURŞUN-ÇİNKO CEVHERİNİN
KARAKTERİZASYONU VE FLOTASYONUNUN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ceylan YARLUĞKAL ALTINIŞIK
(201392111035)**

**Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yakup CEBECİ
Eş Danışman: Prof. Dr. Hikmet SİS**

**SİVAS
2019**

Ceylan YARLUĞKAL ALTINIŞIK'ın hazırladığı ve “**GÖRGÜ (MALATYA) KURŞUN-ÇİNKO CEVHERİNİN KARAKTERİZASYONU VE FLOTASYONUNUN ARAŞTIRILMASI**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **Maden MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Prof. Dr. Yakup CEBECİ**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. Ünal AKDEMİR**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. Taki GÜLER**
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu Tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisans Üstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

Ceylan YARLUĞKAL ALTINIŞIK, 2019

Çalışmam sırasında benden desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve değerli eşime...

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu (yönerge)'nda kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili esere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya başka bir üniversitede bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

Ceylan YARLUĞKAL ALTINIŞIK

ÖZET

GÖRGÜ (MALATYA) KURŞUN-ÇİNKO CEVHERİNİN KARAKTERİZASYONU VE FLOTASYONUNUN ARAŞTIRILMASI

Ceylan YARLUĞKAL ALTINIŞIK

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yakup CEBECİ

Eş-Danışman: Prof. Dr. Hikmet SİS

2019, 102 + xvi sayfa

Bu çalışmanın amacı; Malatya ili Görgü (Cafana) bölgesinde bulunan karışık kurşun-çinko cevherinin karakterizasyonu ve flotasyon davranışını araştırmaktır. Bu bölgede jeolojik olarak cevherin üst seviyelerinde sülfürlü mineral oluşumu, derinlere inildikçe meteorik suların etkisi ile karbonatlaşma oluşmuştur. Oluşan aşırı oranda karbonatlaşma flotasyonu zorlaştırmıştır. Çalışmada flotasyon kimyasallarının (toplayıcı, canlandırıcı, dağıtıcılar, bastırıcı, köpürtücü, pH düzenleyici) türü ve miktarının flotasyon verimi üzerine etkisi incelenmiştir. Önce kaba flotasyon yapılmış (Na_2S , KAX, Na_2SiO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, CuSO_4 , ZnSO_4 , MIBC) ve daha sonra temizleme flotasyonu (Na_2S , KAX, Na_2SiO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, CuSO_4 , MIBC) yapılarak cevher örneğinin flotasyon davranışı incelenmiştir. Bölgedeki kurşun-çinko cevherinin kurşun tenörü % 4-4,5 ve çinko tenörü ise % 7,5-8'dir. Kaba flotasyonda kurşun konsantre tenörü % 17,60, kurşun konsantre verimi % 66,55 iken çinko konsantre tenörü % 9,58 ve çinko konsantre verimi % 10,56'dır. Temizleme flotasyonu ile kurşun konsantre tenörü % 26,89'a çıkartılmış, verimi ise % 58,93'e düşmüştür. Çinko konsantre tenörü % 12,40'a yükselirken, çinko konsantre verimi ise % 9,02'ye düşmüştür. Temizleme flotasyonunda tenörde artış olurken, verim düşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Flotasyon, Oksitlenmiş mineral, Sülfürlü mineral, Kurşun, Çinko.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF CHARACTERIZATION AND FLOTATION OF GÖRGÜ (MALATYA) LEAD-ZINC ORE

Ceylan YARLUĞKAL ALTINIŞIK

Master Of Thesis,

Department Of Mining Engineering

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Yakup CEBECİ

Co-Supervisor: Prof. Dr. Hikmet SİS

2019, 102 + xvi pages

The aim of this study is to investigate the flotation behavior and characterization of Görgü (Cafana) complex lead-zinc ore in Malatya province. Sulfidized mineralization had geologically formed at upper levels of ore while carbonation had occurred as going down to the deeper parts of the ore as a result of meteoric waters. Excessive carbonation made flotation process harder. The type and dosage of flotation chemicals (collectors, activators, dispersants, depressants, frothers, pH regulators) on the efficiency of flotation process were studied. The flotation behavior of tested ore sample was investigated first by roughing (Na_2S , KAX, Na_2SiO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, CuSO_4 , ZnSO_4 , MIBC) and subsequent cleaning flotation by using Na_2S , KAX, Na_2SiO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, CuSO_4 , MIBC. The Pb grade of the lead-zinc ore in the region was 4-4.5% and the Zn grade was 7.5-8%. Pb grade and recovery of Pb-concentrate were 17.60% and 66.55% in rougher flotation stage while Zn grade and recovery of Zn-concentrate were 9.58% and 10.56%, respectively. Pb grade of Pb-concentrate of cleaning flotation increased to 26.89% whereas recovery decreased down to 58.93%. In Zn-cleaning flotation, Zn grade of Zn-concentrate increased to 12.40% whereas Zn recovery decreased to 9.22%. Concentrate grade increased in cleaning flotation whereas recovery decreased.

Keywords: Flotation, Oxidized mineral, Sulfide minerals, Lead, Zinc.

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanım Sayın Prof. Dr. Yakup CEBECİ'ye, İnönü Üniversitesi laboratuvarını kullanmamı sağlayan ve tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen eş danışmanım Sayın Prof. Dr. Hikmet SİS'e;

Cevher örneklerinin alınmasında ve analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen ÇEVKUR MADENCİLİK yetkililerine ve Melike KONAKÇI'ya;

Laboratuvar çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma, Maden Yüksek Mühendisi Tufan KIYAK'a, Maden Yüksek Mühendisi Ramazan GÖK'e ve Maden Yüksek Mühendisi Merve BAĞLIOĞLU'na;

Hayatımın her aşamasında yanımda olan ve desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme ve değerli eşime en içten dileklerle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| ÖZET | vii |
| ABSTRACT | viii |
| TEŞEKKÜR | ix |
| İÇİNDEKİLER | x |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xiii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiv |
| SİMGELER DİZİNİ | xvi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Kurşun Hakkında Genel Bilgiler..... | 2 |
| 1.1.1 Önemli kurşun mineralleri..... | 3 |
| 1.1.2 Kurşunun kullanım alanları | 5 |
| 1.2 Çinko Hakkında Genel Bilgi | 7 |
| 1.2.1 Önemli çinko mineralleri..... | 8 |
| 1.2.2 Çinkonun kullanım alanları | 11 |
| 1.3 Kurşun-Çinko Mineralleri | 12 |
| 1.4 Kurşun Çinko Cevherinin Oluşum Tiplerine Göre Yatak Şekilleri | 14 |
| 1.4.1 Gang tipi kurşun-çinko yatakları | 14 |
| 1.4.2 Metazomatik kurşun-çinko yatakları | 14 |
| 1.4.3 Hidrotermal kurşun-çinko yatakları | 14 |
| 1.4.4 Skarn tipi kurşun-çinko yatakları | 15 |
| 1.4.5 Sedimanter kurşun-çinko yatakları..... | 15 |
| 1.5 Türkiye’de Kurşun-Çinko Yatakları | 15 |
| 1.5.1 Biga yarımadası çinko-kurşun yatakları..... | 16 |
| 1.5.2 Bayındır yöresi çinko-kurşun yatakları | 16 |
| 1.5.3 Simav yöresi çinko-kurşun yatakları | 16 |
| 1.5.4 Doğu Karadeniz çinko-kurşun yatakları..... | 16 |
| 1.5.5 Bolkardağı çinko-kurşun yatakları | 17 |
| 1.5.6 Horzum (Kozan-Adana) çinko-kurşun yatakları | 17 |
| 1.5.7 Aladağ (Yahyalı-Kayseri) çinko-kurşun yatakları | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 1.6 Malatya Görgü (Cafana) Kurşun-Çinko Yatağının Jeolojik Özellikleri..... | 17 |
| 1.6.1 Genel jeolojisi..... | 18 |
| 1.6.1.1 Malatya metamorfizmaları | 19 |
| 1.6.1.2 Volkanitler | 19 |
| 1.6.2 Cevherleşmeler | 19 |
| 1.7 Flotasyon | 20 |
| 1.7.1 Flotasyon reaktifleri | 21 |
| 1.7.2 Flotasyonu etkileyen parametreler | 28 |
| 1.8 Kurşun-Çinko Zenginleştirme Yöntemleri | 28 |
| 1.8.1 Sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinin flotasyonu..... | 29 |
| 1.8.2 Oksitli kurşun-çinko cevherlerinin flotasyonu | 30 |
| 1.9 Kurşun-Çinko Zenginleştirilmesine Yönelik Önceki Çalışmalardan Kaynak..... | |
| Özetleri..... | 31 |
| 2. MATERYAL VE METOD | 39 |
| 2.1 Materyal | 39 |
| 2.1.2 Deneyde kullanılan reaktifler | 43 |
| 2.2 Metod | 45 |
| 3. BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 49 |
| 3.1 Cevher Örneği Karakterizasyonu | 49 |
| 3.1.1 Petrografik analizler | 49 |
| 3.1.2 MLA analizleri ve sonuçları..... | 55 |
| 3.1.3 XRD..... | 61 |
| 3.1.4 XRF | 62 |
| 3.1.5 Tane boyu dağılımı..... | 63 |
| 3.1.6 Elementel analiz | 63 |
| 3.2 Flotasyon Çalışmaları | 64 |
| 3.2.1 Kaba Flotasyon Sonuçları | 64 |
| 3.2.1.1 Na ₂ S.xH ₂ O kullanımının flotasyona etkisi | 64 |
| 3.2.1.2 Na ₂ SiO ₃ kullanımının flotasyona etkisi..... | 66 |
| 3.2.1.3 Na ₂ S ₂ O ₅ kullanımının flotasyona etkisi..... | 67 |
| 3.2.1.4 Na ₂ SiO ₃ ve Na ₂ S ₂ O ₅ kullanımının flotasyona etkisi | 69 |
| 3.2.1.5 Aero 404+KAX kullanımının flotasyona etkisi | 70 |
| 3.2.1.6 Na ₂ S.xH ₂ O, Na ₂ SiO ₃ ve Na ₂ S ₂ O ₅ kullanımının flotasyona etkisi . | 71 |
| 3.2.1.7 H ₂ SO ₄ kullanımının flotasyona etkisi..... | 75 |

| | |
|---|------------|
| 3.2.1.8 KAX ve KEX kullanımının flotasyona etkisi..... | 75 |
| 3.2.1.9 CuSO ₄ kullanımının flotasyona etkisi | 78 |
| 3.2.1.10 CMC kullanımının flotasyona etkisi | 80 |
| 3.2.1.11 ZnSO ₄ kullanımının flotasyona etkisi | 81 |
| 3.2.1.12 Armac C (Cocoalkil amin asetat) kullanımının flotasyona etkisi | 82 |
| 3.3 Temizleme Flotasyonu Sonuçları..... | 83 |
| 4. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 85 |
| KAYNAKLAR | 92 |
| EKLER | 96 |
| EK-1. Bulgular | 96 |
| EK-2. Yapılan deneylerde kullanılan kimyasallar ve deney koşulları..... | 97 |
| EK-3. Temizleme deneylerinde kullanılan kimyasallar ve deney koşulları | 101 |
| ÖZGEÇMİŞ | 102 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1 Görgü (Malatya) kurşun-çinko cevherleri..... | 13 |
| Şekil 1.2 Türkiye kurşun-çinko yatakları haritası (url 2). | 13 |
| Şekil 1.3 Çalışma alanının yer bulduru haritası (Kırat, 2017). | 18 |
| Şekil 1.4 Toplayıcıların genel sınıflandırması (Çilek, 2006). | 25 |
| Şekil 1.5 Dedeman (Balıkesir-Balya) işletmesi flotasyon akım şeması (ÇED, 2010). .. | 33 |
| Şekil 1.6 Flotasyon akım şeması (Cebeci vd., 1999). | 35 |
| Şekil 1.7 Tintic-Utah/ABD kurşun-çinko zenginleştirme tesisi akım şeması..... | 37 |
| Şekil 2.1 Flotasyon deneyleri için kurşun-çinko örnek hazırlama akım şeması..... | 40 |
| Şekil 2.2 Deney çalışmalarında kullanılan bazı cihaz ve aletler | 42 |
| Şekil 2.3 Deney genel akım şeması. | 46 |
| Şekil 2.4 Kurşun flotasyonu. | 47 |
| Şekil 2.5 Çinko flotasyonu. | 48 |
| Şekil 3.1 Parlak kesit numunesi üzerinde sfalerit içerisinde galen mineralleri. | 49 |
| Şekil 3.2 Parlak kesit numunesi üzerinde galen, sfalerit ve karbonatlaşma. | 50 |
| Şekil 3.3 Parlak kesit numunesi üzerinde galen ve silikat mineralleri..... | 50 |
| Şekil 3.4 Parlak kesit numunesi üzerinde galen, limonit kesitleri..... | 51 |
| Şekil 3.5 Parlak kesit numunesi üzerinde sfalerit ve pirit mineralleri..... | 51 |
| Şekil 3.6 Parlak kesit numunesi üzerinde karbonatlaşma galen ve sfalerit. | 52 |
| Şekil 3.7 Bir nolu ince kesit görüntüsü..... | 53 |
| Şekil 3.8 İki nolu ince kesit görüntüsü. | 54 |
| Şekil 3.9 Üç nolu ince kesit görüntüsü. | 54 |
| Şekil 3.10 Dört nolu ince kesit görüntüsü. | 55 |
| Şekil 3.11 Galen mineralinin imaj görüntüsü..... | 58 |
| Şekil 3.12 Simitsonit mineralinin imaj görüntüsü. | 58 |
| Şekil 3.13 Sfalerit mineralinin imaj görüntüsü..... | 59 |
| Şekil 3.14 Pirit mineralinin imaj görüntüsü..... | 60 |
| Şekil 3.15 Pb_Kalsit mineralinin imaj görüntüsü..... | 60 |
| Şekil 3.16 Zn_Dolomit mineralinin imaj görüntüsü..... | 61 |
| Şekil 3.17 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesine ait XRD analizi... .. | 62 |
| Şekil 3.18 Na ₂ S.xH ₂ O (1000, 2000, 3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 65 |
| Şekil 3.19 Na ₂ S ₂ O ₅ (1000, 2000, 3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 65 |
| Şekil 3.20 CuSO ₄ (2500, 3000, 5000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 79 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Çizelge 1.1 Kurşunun genel özellikleri (Dündar ve Aslan, 2005)..... | 2 |
| Çizelge 1.2 Dünya metal kurşun kullanım alanları (Yüce, 1998). | 6 |
| Çizelge 1.3 Dünya kurşun rezervi (USGS, 2015). | 6 |
| Çizelge 1.4 Türkiye kurşun rezervi (DPT, 2001). | 7 |
| Çizelge 1.5 Çinkonun genel özellikleri (url 7). | 8 |
| Çizelge 1.6 Önemli çinko mineralleri (DPT, 2001). | 10 |
| Çizelge 1.7 Çinkonun Dünya’da kullanım alanı (url 8). | 12 |
| Çizelge 1.8 Batı ülkelerinde çinkonun kullanım alanları (Çilingir, 1996). | 12 |
| Çizelge 1.9 Önemli kurşun-çinko mineralleri ve bazı özellikleri (Çilingir, 1996)..... | 13 |
| Çizelge 1.10 Kurşun çinko flotasyonunda kullanılan kimyasallar (Yıldız, 2014). | 27 |
| Çizelge 1.11 Tintic–Utah/ABD kurşun-çinko zenginleştirme tesisi verimleri. | 36 |
| Çizelge 2.1 Deney çalışmalarında kullanılan cihaz ve aletlerin kullanım yeri ve amaçları | 41 |
| Çizelge 2.2 Deneyde kullanılan kimyasallar ve özellikleri | 44 |
| Çizelge 3.1 Sadeleştirilmiş model mineralojik bileşim MLA sonuçları | 57 |
| Çizelge 3.2 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesine ait XRF analizi... 62 | |
| Çizelge 3.3 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesinin tane boyu dağılımı | 63 |
| Çizelge 3.4 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesinin elementel dağılımı | 64 |
| Çizelge 3.5 Na ₂ S.xH ₂ O kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 65 |
| Çizelge 3.6 Na ₂ S.xH ₂ O miktarı 1000 g/t’da sabit tutulduğunda Na ₂ SiO ₃ kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 66 |
| Çizelge 3.7 Na ₂ S.xH ₂ O miktarı 2000 g/t’da sabit tutulduğunda Na ₂ SiO ₃ kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 67 |
| Çizelge 3.8 Na ₂ S ₂ O ₅ (1000, 2000, 3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 68 |
| Çizelge 3.9 Na ₂ S ₂ O ₅ (1000, 2000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi. | 69 |
| Çizelge 3.10 Na ₂ SiO ₃ (1000, 2000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi | 69 |
| Çizelge 3.11 Aero 404+KAX (100 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi | 70 |
| Çizelge 3.12 Aero 404+KAX (900 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi | 71 |
| Çizelge 3.13 Na ₂ S.xH ₂ O (3000, 4800 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 72 |
| Çizelge 3.14 Na ₂ S ₂ O ₅ (3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi | 72 |
| Çizelge 3.15 Na ₂ SiO ₃ flotasyon verim ve tenörüne etkisi incelenmiştir..... | 73 |
| Çizelge 3.16 Na ₂ S.xH ₂ O yerine Na ₂ S ₂ O ₅ (3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 74 |
| Çizelge 3.17 H ₂ SO ₄ (2400 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 75 |
| Çizelge 3.18 KAX (300, 500 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi | 77 |
| Çizelge 3.19 KEX (300, 500 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 78 |

| | |
|---|----|
| Çizelge 3.20 CuSO_4 (2500, 3000, 5000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 79 |
| Çizelge 3.21 CMC (1000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi | 80 |
| Çizelge 3.22 ZnSO_4 (1000 g/t) ve $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ (1200, 4800 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi..... | 81 |
| Çizelge 3.23 ZnSO_4 kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi | 81 |
| Çizelge 3.24 Armac C kullanımının flotasyona tenör ve verimine etkisi | 83 |
| Çizelge 3.25 Temizleme flotasyonu Pb konsantresi verim, tenör çizelgesi | 84 |
| Çizelge 3.26 Temizleme flotasyonu Zn konsantresi verim, tenör çizelgesi..... | 84 |



SİMGELER DİZİNİ

- B Zenginleştirme işlemine beslenen cevherin (tüvenan) ağırlığı
b Tüvenan cevherdeki element yüzdesi (tenörü)
K Konsantre ağırlığı
k Konsantre tenörü
A Artık ağırlığı
a Artık tenörü

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve Dünya’da gün geçtikçe artan nüfus ve buna bağlı olarak gelişen teknoloji ve bu teknolojiyi karşılamak için gerekli olan hammadde temini sorunlu cevher oluşumlarının değerlendirilmesine yönelik araştırmaları artırmıştır. Bu cevherlerin başında gelen kurşun ve çinko rezervi yapılan son çalışmalara göre uzun yıllar ihtiyaçları karşılayacak durumdadır. Çünkü yapılan son araştırmalar daha fazla kaynağın olduğunu göstermektedir (Mudd vd., 2017). Görünür metal kurşun rezervi dünyada 100 milyon ton ve çinko rezervi dünyada yaklaşık 200 milyondur. ABD, Kanada, Avustralya, Çin ve Türkiye kurşun ve çinko yatakları bakımından oldukça zengin durumdadır (url 1). MTA’nın 2013 verilerine göre Türkiye’deki kurşun rezervi yaklaşık 861 bin ton ve çinko rezervi yaklaşık olarak 2,5 milyondur (url 2).

Kurşun ve çinko dünya genelinde sanayide kullanılan en önemli metallere aittir. Kurşunun en temel kullanım alanları akü imalatı olup, yeraltı kablolarının kurşunla izolasyonu da en önemli tüketim alanlarından bir başkasıdır. Korozyonu önleyen kurşun oksit boyalar, kurşun tetraetil ve tetrametil formlarında benzin içinde oktan ayarlayıcı bileşikler olarak, kabloların kaplanmasında, radyasyonu çok az miktarda geçiren metal olması nedeniyle x-ışınlarından korunmada, renkli televizyon tüplerinin yapımında ve mühimmat imalinde önemli kullanım alanları oluşturmaktadır.

Çinko; demir, bakır ve alüminyumdan sonra sanayide en çok kullanılan metallere aittir. Bu üç metal başlıca demir ve çeliğin korozyona karşı direncinin artmasında ve döküm sanayinde kullanılan alaşımlar ile pirinç alaşımlarının yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca çinko çatı kaplama malzemelerinde, çinko plakaların yapımında, plastik sanayiinde de kullanım yeri bulunmaktadır (DPT, 2001).

Türkiye’de de birçok önemli kurşun-çinko maden yatakları mevcuttur. Görgü (Malatya) köyü sınırlarında bulunan kurşun-çinko cevherleride ülkemizin önemli kurşun-çinko yataklarından biridir (Önal vd., 1990). Cevher yatağı karmaşık yapıda olup cevher içerisinde sfalerit, galen, simitsonit, demir minerallerine ve karbonatlaşmaya rastlanılmıştır (Sis vd., 2014).

Zenginleştirme tesisinde yaşanan sorunlardan dolayı maden sahasında işletme sürekli olmayıp, zaman zaman cevher üretimi ve zenginleşme tesisi durdurulmaktadır. Bu sorunların çözümünde flotasyon yönteminden yararlanılmak istenmiştir. Flotasyon, çok

ince tane büyüklüğüne sahip minerallerin ayrılmasına uygulanan bir cevher zenginleştirme yöntemidir. Bu yöntemi gravite yöntemlerle zenginleştirilemediği için değersiz kabul edilen, düşük tenörlü ve çok karmaşık yapıları cevher yataklarının değerlendirilmesine olanak sağlayarak madencilik endüstrisinin gelişmesine yol açmış ve ekonomiye büyük katkı sağlamaktadır. Günümüzde flotasyon yöntemi en çok sülfürlü kurşun, bakır ve çinko cevherleri ve ayrıca kömür zenginleştirmede kullanılmaktadır (Atak, 1990; Çilek, 2006).

1.1 Kurşun Hakkında Genel Bilgiler

İlk çağlardan bu yana bilinmekte ve yaygın olarak kullanılmakta olan galen; yer kabuğunda % 0,016 oranında bulunan kurşunun metal, alaşımları ve yaygın mineralidir (Çilingir, 1996).

Galen, en yaygın kurşun minerallerinden biridir. Oksidasyon derecesine bağlı olarak, kurşun cevherleri önemli miktarda seruzit ve anglezit içerir.

Yeryüzünde bulunan elementler arasında 34. sırada yer alan kurşun; değişik alaşımlar olarak kullanılabilir özelliklerine sahiptir. Kurşunun sahip olduğu bu özelliklerinden bazıları da korozyona karşı dayanıklı olması, kolayca şekillendirilebilmesi ve yüksek özgül ağırlığıdır (11,34 g/cm³). Kurşunun düşük bir çekme mukavemetine (1t/in²) sahip olması gerilmenin önemli olduğu hallerde kullanım sahasını sınırlı kılmaktadır. Korozyona en dayanıklı adi metal olmasının yanı sıra tel çekme ve yassılaştırma özelliklerine de sahiptir. Kurşunun genel özellikleri Çizelge 1.1’de verilmiştir (Dündar ve Aslan, 2005).

Çizelge 1.1 Kurşunun genel özellikleri (Dündar ve Aslan, 2005).

| Sembol | Pb |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Atom Numarası | 82 |
| Atom Ağırlığı | 207,2 atomik kütle birimi |
| Erime Noktası | 327,5 ⁰ C |
| Kaynama Noktası | 1525 ⁰ C |
| Elektrik Direnci (20 ⁰ C) | 208 nΩ.m |
| Yoğunluk | 11,34 g/cm ³ |
| Mohs Sertliği | 1,5 |

1.1.1 Önemli kurşun mineralleri

Galen (PbS): Galen yaklaşık olarak % 86,6 Pb ve % 13,4 S'den meydana gelmektedir. Ancak eser miktarda çinko, demir, antimuan, selenyum, altın ve gümüş içerebilir. Gümüş oranı genellikle % 0.01-2.0 aralığındadır. Bundan dolayı simli kurşun adını alır. Sertliği 2,3 olup, özgül ağırlığı 7,4-7,6'dır. Gümüş grisi görünümündedir. Kristalleşmesi kübik sistemde olan galen, üfleç alevinde kolayca erir.

Seruzit (PbCO₃): Gevrek bir yapıya sahip olan seruzitin sertliği 3-3,5 ve özgül ağırlığı 6,5'tir. Genellikle sarı, gri, esmer ve beyaz renklerde olmakla birlikte mineralin saf olanı beyaz renge sahiptir. Gruplar halinde veya yalın halde kristalleri gözlenen seruzit rombik kristal yapısındadır. Galen filonlarının üzerinde bazen stalaktit şekilli kütleler bazen de yoğun ve kristal halinde bulunur. Elmas ışıldamalı görünümündedir.

Anglesit (PbSO₄): Bileşiminde % 68,3 Pb içerir. Sertliği 3 olup, yapısı gevrek ve özgül ağırlığı 6,3'tür. Renksiz olmasına karşın çeşitli renklerde izlenebilen anglesit, rombik sistemde kristalleşir.

Vulfenit (PbMoO₄): Bileşiminde % 56,4 oranında Pb bulunur. Sertliği 3 olan vulfenit tetragonal sistemde kristalleşir ve özgül ağırlığı 6,7-6,9 aralığındadır. Beyazımsı ve balmumu sarısı rengindedir.

Jamesonit (Pb₅FeSb₆S₁₄): Telsi yapılu türleri ile asbesti andıran jamesonit; % 50,8 Pb içermektedir. Sertliği 2-2,5 aralığında olan mineral rombik sistemde kristalleşir ve mineralin özgül ağırlığı 5,5-6 aralığındadır. Gri renge sahip olan mineralin çizgisi de gri renklidir.

Piromorfit (Pb₅Cl(PO₄)₃): Bileşiminde % 75-79 Pb içeren bu minerale galen yataklarında sıklıkla rastlanır. Mineralin sertliği 3,5-4 aralığında, özgül ağırlığı ise 6,5-7 aralığındadır. Hegzagonal sistemde kristalleşen piromorfit, apatitle izomorftur. Keban yataklarında fosforik asit etkisiyle oluşan mineralin tipik kristalleri izlenmektedir. Esmer sarı, elmas parlaklığında ve beyaz renklerde bulunur.

Vanadinit (Pb₅Cl(VO₄)₃): Hegzagonal sistemde kristalleşen mineral piromorfite benzer. Sertliği 3 olup, özgül ağırlığı 6,8-7,1 arasında değişmektedir. Sarı, turuncu veya koyu kırmızı renklerde gözlenebilir ve mineral camsı parlaklıktadır.

Mimetit ($Pb_5Cl(AsO_4)_3$): Mineral piromorfite izomorf olup, sertliği 3,5 ve özgül ağırlığı 6,9-7,3 arasında değişir. Reçinemsiz parlaklıkta olan mimetit açık sarı, turuncu renklerde de olabilir.

Burnoit ($Pb_3Cu_6SbS_6$): Bir sülfür minerali olan burnoit, bakır, kurşun antimuan bileşimindedir. İçeriğinde % 42,6 Pb, % 24,6 antimuan % 19,8 S ve % 13 Cu bulunur. Sertliği 2,5-3 ve özgül ağırlığı 5,7-5,9 arasında değişir. Kristalleşme sistemi rombiktir. Çelik grisi renkte ve metalik parlaklıktadır.

Altait ($PbTe$): Bileşiminde % 61,8 Pb ve % 38,2 Te bulunur. Sertliği 2,5 ve özgül ağırlığı 8,1'dir. Kalay beyazı veya sarımsı renklerde gözlenen mineralin parlaklığı metaliktir.

Krokoyit ($PbCrO_4$): Kromlu kurşun veya kırmızı kurşun olarak da adlandırılır. Genel olarak granitler ve kuvars filonları içinde bulunur. Mineral monoklinik sistemde kristalleşir. Mineralin sertliği 2,5 olup özgül ağırlığı 5,9-6,1 aralığında değişir. Saydam ve gevrek olup, turuncu sarı ve toz renklerde gözlemlenir.

Lanarkit (Pb_2SO_5): Mineral %84,8 PbO içermekte olup sertliği 2,5 ve özgül ağırlığı 6,4-7 arasındadır. Kristallenme sistemi monoklinikdir. Kristalleri uzun ve iğne şeklinededir. Yeşilimsi, beyaz ve gri sarımsı ve renklerde gözlemlenebilir.

Jordanit ($Pb_4As_2S_7$): Mineral monoklinik sistemde kristalleşir. Sertliği 4 olup özgül ağırlığı 6,4'tür. Koyu gri renklidir. Çizgi rengi siyahtır.

Zinkenit ($PbSb_2S_6$): Mineral genellikle antimuan ile birlikte bulunur. Kristallenme sistemi rombiktir. Sertliği 3 ve özgül ağırlığı 5,3'tür. Siyah çizgi rengine sahiptir. Koyu ve mavi renkli olup mavi lekeler izlenir.

Bulanjerit ($Pb_3Sb_2S_6$): Bileşiminde % 55-58 Pb bulunur. Rombik sistemde kristalleşen bulanjerit çok ender bulunan bir mineraldir. Antimuan'a benzer. Mineralin sertliği 2,5 ve özgül ağırlığı 5,8-6,2 arasında olup, rengi gridir.

Geokronit (Pb_5SbS_8): Mineral rombik sistemde kristalleşir. Sertliği 2,3 ve özgül ağırlığı 6,4'tür. Rengi gridir (DPT, 2001).

1.1.2 Kurşunun kullanım alanları

Kurşun ve bileşikleri 8000 yılı aşkın bir süredir boru, oluk, tabak, para ve boya, dekoratif nesnelere süslenmesi, kaselerin parlatılması gibi birçok alanda kullanılmakla beraber kurşunun kullanım alanları şunlardır (Dündar ve Aslan, 2005).

- Makine ve otomotiv imalat sanayii: Akümülatör ve otomobil imalatı kurşunun en geniş kullanım alanıdır. Çeşitli makine ve cihazların üretiminde ise bu ürünlerin yapımında kullanılan yan ürünler kullanılmaktadır.
- Savunma sanayii: Kurşun savunma sanayinde muhtelif silah, mermi çekirdeği ve araç gereç imalatında genelde kullanılmaktadır.
- İnşaat: Kaplama malzemesi başta olmak üzere kurşun; boru, tesisat malzemesi ve kurşun yünü yapımında kullanılmaktadır.
- Kimya sanayii: Kurşun kimya sanayinde birçok kullanım alanı bulmaktadır. Özellikle; kurşun oksit, bazik kromat, kurşun kromat, kurşun borsilikat, toz kurşun gresi ve üstübeç yapımında kullanılabilir. Ayrıca kurşun, kurşun oksit, kurşun kromat, kurşun borsilikat, toz kurşun gresi ve üstübeç yapımında kullanılmaktadır.
- Ambalaj sanayii: Kurşun; paket mühürü kurşunu, muhtelif ambalaj malzemesi yapımında kullanılmaktadır.
- Matbaacılık: Kalıp yapımında ve matbaa harfleri imalatında kullanılmaktadır.
- Diğer: Kurşunun yukarıda sıralananların yanı sıra başka kullanım alanları da bulunmaktadır. Bunlar ise; aside dayanıklı depo içi kaplamaları, x ışınlarından koruma amaçlı araçlar, lehim ve av saçması yapımında titreşim önleyici bloklar gibi kullanım alanları bulunmaktadır (url 5).

Kurşunun görüldüğü gibi birçok kullanım alanı olup Çizelge 1.2’de Dünya metal kurşun kullanım alanları verilmiştir ve Çizelge 1.3’te önemli kurşun rezervleri ve miktarları verilmiştir.

Çizelge 1.2 Dünya metal kurşun kullanım alanları (Yüce, 1998).

| Kullanım Alanı | Tüketim Oranı (%) |
|----------------------------------|--------------------------|
| -Akü imalatı | 60,0 |
| -Kablo izolasyonu | 5,5 |
| -Hadde ve diğer ürünler | 8,0 |
| -Mühimmat | 2,5 |
| -Alaşımlar | 4,0 |
| -Kimyasal maddeler ve pigmentler | 13,0 |
| -Benzin katkısı | 3,0 |
| -Diğer | 4,0 |
| Toplam | 100,0 |

Çizelge 1.3 Dünya kurşun rezervi (USGS, 2015).

| Ülke | Üretim (ton) | | Rezerv (x1000 ton) |
|---------------|---------------------|-------------|---------------------------|
| | 2011 | 2012 | |
| Amerika | 345 | 340 | 5000 |
| Avustralya | 648 | 690 | 36000 |
| Bolivya | 88 | 90 | 1600 |
| Kanada | 59 | 35 | 450 |
| Çin | 2,8 | 3000 | 14000 |
| Hindistan | 118 | 120 | 2600 |
| İrlanda | 51 | 43 | 600 |
| Meksika | 210 | 220 | 5600 |
| Peru | 249 | 250 | 7500 |
| Polonya | 58 | 60 | 1700 |
| Rusya | 95 | 90 | 9200 |
| Güney Afrika | 55 | 52 | 300 |
| İsveç | 62 | 62 | 1100 |
| Diğer Ülkeler | 330 | 350 | 3000 |
| Toplam | 5170 | 5400 | 89000 |

Çizelge 1.4 Türkiye kurşun rezervi (DPT, 2001).

| İL | REZERVLER (x1000 ton) |
|---------------|-----------------------|
| | Toplam |
| Adana | 3407,6 |
| Artvin | 661,7 |
| Balıkesir | 18001,3 |
| Bingöl | 21,6 |
| Bitlis | 14 |
| Çanakkale | 11775,5 |
| Diyarbakır | 43,6 |
| Elazığ | 60 |
| Giresun | 7957,7 |
| Gümüşhane | 2985 |
| İçel | 14,3 |
| İzmir | 3154 |
| K.Maraş | 205 |
| Karaman | 17 |
| Kayseri | 1938,5 |
| Kütahya | 515,2 |
| Malatya | 2776,9 |
| Manisa | 749 |
| Niğde | 1246,8 |
| Ordu | 1568,1 |
| Sivas | 4611 |
| Trabzon | 502,7 |
| Uşak | 1200 |
| Yozgat | 200 |
| TOPLAM | 63572,5 |

Çizelge 1.4'te görüldüğü gibi son araştırmalarda Türkiye'de toplam kurşun rezervi 63 milyon ton olarak açıklanmıştır.

1.2 Çinko Hakkında Genel Bilgi

MÖ 2000'li yıllara kadar uzanan bir tarihi bulunan çinko, Çinli ve Romalılar tarafından alaşım materyali olarak kullandıkları bilinmektedir. Kimya alanında simgesi Zn, atom ağırlığı ise 30 olan çinko doğada oldukça çok miktarda bulunmaktadır. Bakır ve alüminyum madenleri kadar çok kullanılan çinko; sanayi, otomotiv endüstrisinde,

deodorant yapımında kullanılan ve insan sağlığı için de çok önemli olan bir elementtir (url 6).

Ayrıca kimyasal olarak pek çok metalden aktif olması ve başka metallerle kolaylıkla alaşım yapabilmesi özelliğiyle çinko minerali çelik, alüminyum ve bakırdan sonra Dünya’da en fazla tüketilen metaller arasında yer alır (Yıldız, 2014). Çizelge 1.5’te çinkonun genel özellikleri verilmiştir

Çizelge 1.5 Çinkonun genel özellikleri (url 7).

| | |
|--|-------------------------|
| Atom Ağırlığı | 65,41 g/mol |
| Atom Numarası | 30 |
| Yoğunluk (20 °C) | 7,144 g/cm ³ |
| Ergime Noktası | 419,53 °C |
| Kaynama Noktası | 907 °C |
| Elektrik Direnci (20⁰ C) | 59 nΩ.m |
| Kristal Yapısı | Hegzagonal |
| Mohs Sertliği | 2,5 |

1.2.1 Önemli çinko mineralleri

Çinko metalinin üretildiği en önemli mineral sfalerittir. Çinko mineralleri altı grup altında genelde sınıflandırılmaktadır. Önemli çinko mineralleri Çizelge 1.6’da verilmiştir.

Çinko Blend (Sfalerit, zinkblend): Kimyasal formülü ZnS olup % 67 Çinko ve % 33 kükürt içermektedir. Çoğunlukla FeS ile izomorftur. % 20’ye kadar demir oranı yükselebilmektedir. Marmatit siyah renkte olan bu minerale denmektedir. Ayrıca MnS ve CdS ve içermektedir. Sertliği 3,5-4 olup, özgül ağırlığı, 3,9-4,2 arasında değişir. Kuzey Amerika, Kanada, Avustralya, Almanya, Meksika, Türkiye ve Macaristan büyük sfalerit yatakları bulunmaktadır.

Simitsonit (Galmay, Zinkspat): Kimyasal formülü ZnCO₃’dür ve hegzagonal hemihedri sistemde kristalleşmektedir. Çoğunlukla yumrulu, böbreğimsi veya damlataşlarını andıran agregalar şeklinde bulunmaktadır. Simitsonit önemli bir çinko mineralidir ve hidrozinkit, kalsit, kalamın, dolomit gibi minerallerle birlikte

bulunmaktadır. Sertliği ve özgül ağırlığı ise 4,3 arasındadır. Mavimsi, renksiz, yeşilimsi, beyaz sarımsı, kahverengi renklerde bulunmektedir. Bileşiminde önemli miktarda Fe ve Mn bulunmakta ve % 52 Zn içerir. Mineral sfaleritin bozuşmasında ileri gelen çınko sülfat eriyiğinin, kalker veya dolomiti ornatması ile oluşmaktadır. İngiltere, ABD, Kuzey İspanya, Türkiye ve Almanya önemli simitsonit yataklarına sahiptir.

Hemimorfit (Kieselzinkerz, Kalamın): Simitsonit ile beraber bulunan hemimorfitin bileşiminde % 54,2 Zn bulunmakta ve kimyasal formülü $H_2Zn_2SiO_5$ veya $(ZnOH)_2.SiO_2$ 'dir. Kristalleşme sistemi rombik hemiedridir. Saydam veya yarı saydam, yuvarlağımsı, böbreğimsi yapıda, cam cilalıdır.

Zinkit (Rotzinker, Çınko Beyazı): Kimyasal formülü ZnO'dur ve kristallenme sistemi dihegzagonal pramidaldir. Çoğunlukla yaprağımsı ve toprağımsı görünüşte olup, bileşiminde bulunan Mn nedeniyle rengi koyu kırmızıdır. Portakal sarısı çizgi rengine sahiptir. Metamorfik kalkerler içerisinde kalsit, vilemit ve franklinit ile birlikte bulunur.

Vilemit: Kimyasal formülü Zn_2SiO_4 veya $2ZnO.SiO_2$ 'dir. Kristalleşme sistemi hegzagonal hemihedrik olup, görünüşü yağlımsı cilalı, saydam veya yarısaydamdır. Agregaları taneli, kristalleri küçüktür. Çoğunlukla renksiz bazen yeşilimsi sarı renklidir. Mineralin sertliği 5,5 olup, özgül ağırlığı 4,1'dir. Ultraviyole ışık altında floresans özellik gösterir, Rodezya ve Cezayir'de önemli cevherleşmeleri bulunmakta.

Franklinit (Zincoferrit): Mineralin kimyasal formülü $(Zn, Mn)O, Fe_2O_3$ veya $(Fe, Zn, Mn)O, (Fe, Mn)_2O_3$ şeklindedir. Kimyasal bileşimdeki ZnO miktarı % 15-25 olup, MnO ise % 10-16 arasında değer almaktadır. Kristalleşme sistemi kübik olup, çoğunlukla yuvarlağımsı taneler halinde gözlemlenmektedir. Sertliği 6-6,5 arasında ve özgül ağırlığı 5-5,2'dir. Rengi demir siyahı ve metalik pırıltılıdır. Kırmızımsı kahverengi veya siyah çizgi rengine sahiptir. Metamorfik kalkerler içinde franklinit, vilemit ve zinkitle beraber bulunmakta.

Hidrozinkit (Zincblute): Mineralin kimyasal formülü $2ZnCO_3.3Zn(OH)_2$ veya $ZnCO_3.2Zn(OH)_2$ 'dir. Hidrozinkitin bileşiminde çınko % 60 oranında bulunmakta. Çoğunlukla amorf halde bulunmakta ve toprağımsı veya taneli olabilmekle birlikte mineralin sertliği 2, özgül ağırlığı ise 3,2-3,8 arasında değişmektedir. Beyaz, sarımsı

veya grimsi renktedir. Çoğunlukla çinko cevherlerinin bir alterasyon ürünü olarak oluşmaktadır (DPT, 2001).

Çizelge 1.6 Önemli çinko mineralleri (DPT, 2001).

| Mineral Grubu | Mineral adı | Kimyasal Formülü |
|------------------|------------------------|--|
| Sülfürler | Sfalerit | ZnS |
| | Vurtzit | ZnS |
| | ZnS | 4ZnS+ZnOZn ₅ S ₄ O ₄ ZnS.ZnO |
| | Zink-Teallite | (Pb, Zn)SnS ₂ |
| Sülfatlar | Goslarit | ZnSO ₄ .7H ₂ O |
| | Zinc-Melanterit | (Fe, Zn)SO ₄ .7H ₂ O |
| | Zinc-Copper Melanterit | (Fe, Zn)SO ₄ .5H ₂ O |
| Karbonatlar | Simitsonit | ZnCO ₃ |
| | Hidrozinkit | ZnCO ₃ .3Zn(OH) ₂ |
| | Zinkokalsit | (Ca, Zn)CO ₃ |
| | Nicholsonite | (Ca, Zn)CO ₃ |
| | Aurichalcite | 2(Zn, Cu)CO ₃ .3(Zn, Cu)OH ₂ |
| Silikatlar | Hemimorfit | H ₂ Zn ₂ SiO ₅ (ZnOH) ₂ SiO ₃ |
| | Vilemit (Troostite) | Zn ₂ SiO ₄ .2ZnO.SiO ₂ |
| | Hardystonite | Ca ₂ ZnSi ₂ O ₇ .2CaO.ZnO.2SiO ₂ |
| | Danalite | 3(Fe, Zn, Mn)BeSiO ₄ ZnS |
| Oksitler | Zinkit | ZnO |
| | Zinkspinel | ZnO.Al ₂ O ₃ |
| | Zincdibraunite | ZnO.2MnO ₂ .2H ₂ O |
| | Hetaerolite | ZnO.Mn ₂ O ₃ |
| | Kreitonite | (Zn, Fe, Mg)O.(Al, Fe) ₂ |
| | Dysluite | (Zn, Fe, Mg)O.(Al, Fe) ₂ O ₃ |
| Diğer Mineraller | Fanklinit | (Zn, Fe, Mn).(Fe, Mn ₂)O ₄ |
| | Colusit | (Cu, Fe, Mo, Sn, Zn).4(S, As, Te, Sb) |
| | Zincaluminat | 2ZnSO ₄ .4Zn(OH) ₂ .6Al(OH) ₃ .5H ₂ O |
| | Hopeite | Zn ₃ P ₂ O ₈ .4H ₂ O |
| | Tarbuttite | Zn ₃ (PO ₄) ₂ .Zn(OH) ₂ |
| | Descloizite | Pb(Zn, Cu)(OH/VO ₄) |

1.2.2 Çinkonun kullanım alanları

Çinko günümüzde geniş kullanım alanları ile ticari açıdan çok önemli bir metaldir. Çinko demir dışı metaller arasında değerlendirilir ve çelik, bakır ve alüminyumdan sonra miktar olarak yıllık tüketimi en fazla olan metaldir (url 4).

Doğada bol miktarda bulunan çinkonun; toplam çinko tüketimde yaklaşık % 50'sinin galvanize çelik üretiminde kullanıldığı, % 20'si pirinç, % 15'i döküm, % 8'i çinko oksit ve % 7'si yarı fabrikasyon ürünlerde kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca kimyasal yönden aktif olması ve diğer metallerle kolayca alaşım yapabilmesi nedeniyle çinko, endüstride birçok alaşımın ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır. Sektörel ve ticari açıdan çok önemli olan bir metal olması, finans piyasalarında da yoğun ilgi görmesini sağlamaktadır. Çizelge 1.7'de çinkonun Dünya'da kullanım alanları ve çizelge 1.8'de batı ülkelerindeki kullanım alanları verilmiştir (url 7).

Diğer kullanım alanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Çelik gibi diğer metallerin galvanize edilmesinde ve korozyondan korunma amacıyla,
- Genellikle pillerin gövdelerinin yapımında,
- Çoğunlukla otomotiv endüstrisinde döküm kalıplarında,
- Ahşap koruyucu olarak, deodorantlarda ve çinko klorür olarak,
- Çinko metil ($Zn(CH_3)_2$) ve pek çok organik maddenin sentezinde,
- Çinko, günlük pek çok vitamin ve mineral ilaçlarının bileşenini oluşturmaktadır. Kasların ve cildin erken yaşlanmasını önlemekte kullanılmaktadır.
- Çinko sülfür, saatlerin akrep ve yelkovanlarında karanlıkta parlayan pigment olarak kullanılmaktadır.
- Çinko oksit, lastik sanayiinde aktivatör ve sulu boyalarda beyaz pigment olarak kullanılmaktadır. Reçetesiz satılabilen bazı merhemlerin bileşiminde kullanılmakta ve ince bir tabaka halinde uygulandığında cildin su kaybetmesini önlemektedir. Yaz aylarında güneş, kış aylarında ise soğuk yanıklarına karşı koruyucu olarak kullanılabilir. Bebeklerin bez bağlanan bölgelerinde çok az miktarda kullanılarak ciltte oluşabilecek pişikleri önlemekte ve yaşa bağlı göz hastalıklarının tedavisinde de kullanılabilir (url 5).

Çizelge 1.7 Çinkonun Dünya’da kullanım alanı (url 8).

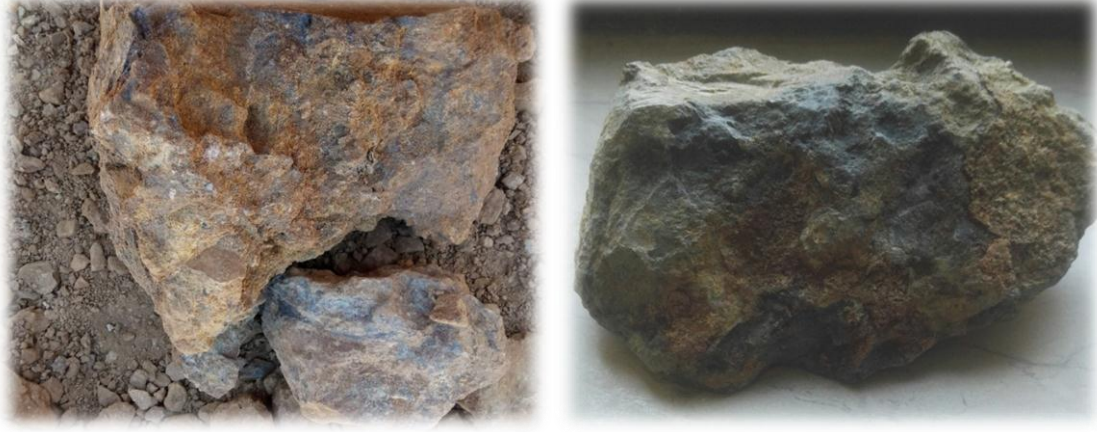
| Kullanım Alanları | ABD | DÜNYA |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|
| Galvenizleme | 52 | 45 |
| Pirinçlerde (alaşım elementi olarak) | 14 | 21 |
| Basınçlı döküm alaşımı | 23 | 15 |
| Diğer kullanım alanları | 11 | 19 |
| Dövme alaşımı olarak | Çok az miktarda | |

Çizelge 1.8 Batı ülkelerinde çinkonun kullanım alanları (Çilingir, 1996).

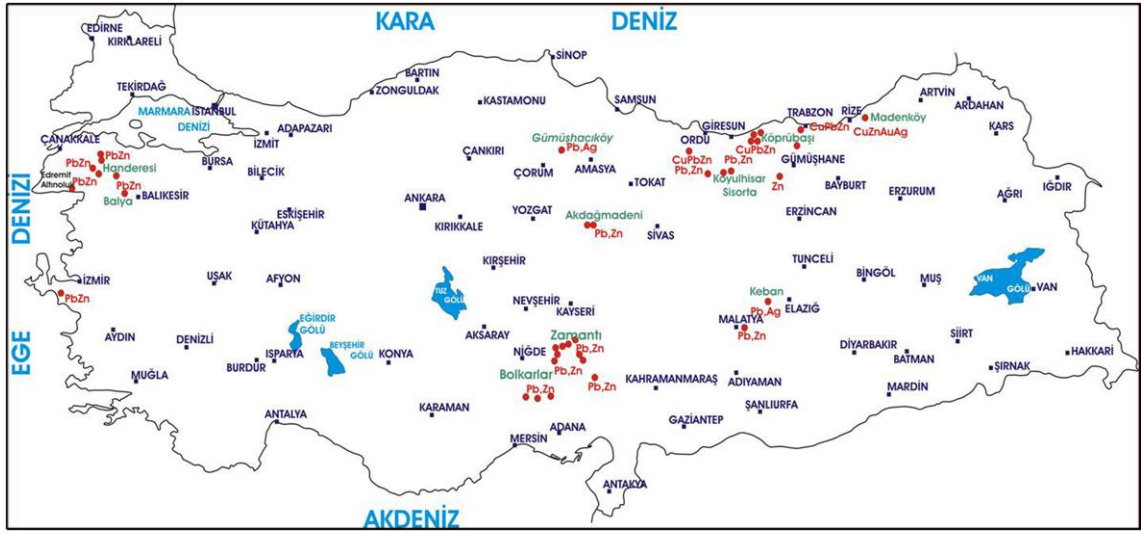
| Kullanım Alanı | Tüketim Oranı (%) |
|--|--------------------------|
| Demir-çelik galvenizleme işleminde (İnşaat sanayii, otomobil, çelik) | 44 |
| Alaşım Üretiminde (Metalurji sanayii) | 20 |
| Dökme çinko parça üretiminde (Ev aletleri sanayii ve otomobil) | 16 |
| Diğer kullanım alanları (Kimya, pil, boya sanayii) | 20 |

1.3 Kurşun-Çinko Mineralleri

Kurşun ve çinkonun yaklaşık olarak yüzelliden fazla mineralinin olduğu bilinmekte olup, bunların en yaygın olanları Çizelge 1.9’da verilmiştir. Kurşun üretimine en büyük katkıyı yaygın olan kurşun mineralinden galen (PbS) sağlamaktadır. Ekonomik olarak yataklanma sadece oksidasyon zonu minerellerinden seruzit ($PbCO_3$) oluşturabilmektedir. Sfalerit (ZnS); çinko üretimine en büyük katkıyı sağlayan en önemli mineraldir. Ekonomik olacak simitsonit de yataklanmalar oluşturabilir. Kurşun-çinko cevherleri ile birlikte primer ve sekonder yataklarda tetraedrit, pirit, kalkopirit, pirotin, arsenopirit ve nadiren kasiterite rastlanır. Kurşun ve çinko cevherinde yüksek oranda sfaleritle birlikte kadmiyum, galenle beraber ise gümüş bulunabilmektedir. Kurşun çinko cevherleri içerisinde nabit olarak veya pirit ve kalkopirit içerisinde de altına rastlanır (Çilingir, 1996). Aşağıda Şekil 1.1’de sahadan alınan kurşun-çinko cevherlerine ait resimleri verilmiştir. Şekil 1.2’de ise Türkiye kurşun-çinko yatakları gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Görgü (Malatya) kurşun-çinko cevherleri



Şekil 1.2 Türkiye kurşun-çinko yatakları haritası (url 2).

Çizelge 1.9 Önemli kurşun-çinko mineralleri ve bazı özellikleri (Çilingir, 1996).

| Mineralin adı | Kimyasal formülü | Yoğunluk (g/cm ³) | Sertlik (Mohs) | Teorik metal (% Pb, % Zn) |
|---------------|--|-------------------------------|----------------|---------------------------|
| Galen | PbS | 7,4-7,6 | 3,0 | 86,6 Pb |
| Seruzit | PbCO ₃ | 6,5-6,6 | 3,0-3,5 | 83,5 Pb |
| Anglezit | PbSO ₄ | 6,1-6,4 | 2,8-3,0 | 73,6 Pb |
| Vulfenit | PbMoO ₄ | 6,8 | 3,0 | 60,7 Pb |
| Sfalerit | ZnS | 3,9-4,1 | 3,5-4 | 67,06 Zn |
| Simitsonit | ZnCO ₃ | 4,3-4,5 | 5,0 | 64,8 Zn |
| Hidrozkinit | 2ZnCO ₃ .3Zn(OH) ₂ | 3,6-3,8 | 3,0-2,5 | 75,24 Zn |
| Kalamin | SiO ₃ (ZnOH) ₃ | 3,4-3,5 | 4,5-5,0 | 67,5 Zn |

1.4 Kurşun Çinko Cevherinin Oluşum Tiplerine Göre Yatak Şekilleri

1.4.1 Gang tipi kurşun-çinko yatakları

Mağmanın oturduğu kayaçların kimyasal, fiziksel yapısı ve çatlak sistemleriyle yakından alakalıdır. Mağmanın içine yerleştiği kayaçlar, magma tarafından etkilenmiyorsa, kurşun-çinko ve diğer metal mineralleri çatlakların boyutlarına ve dağılımına bağlı olarak buraları doldurur. Bu tür yataklar genelde küçük rezervlere sahiptir. Fakat bununla birlikte belli bir bölgede oluşmuş çok sayıdaki ganglar büyük rezervler meydana getirebilirler. Bu tip yataklar dünya kurşun-çinko üretiminin % 15-20'sini karşılamaktadır. Bu tip yataklara örnek olarak A.B.D, Çin ve Almanya'daki kurşun-çinko yatakları örnek verilebilir (Çilingir, 1996).

1.4.2 Metazomatik kurşun-çinko yatakları

Tabaka bağımlı metazomatik kurşun-çinko yataklarında, cevher bulunduran kireçtaşları yüzlerce metre uzunluğunda olabilir. Bu cevherleşmelerin kalınlığı ise 10-20 cm ile 20-30 metre arasında olabilir. Mineralleşme ise iri taneli ağlar veya ince ganglar şeklinde olabilir. Bu minerallerin zenginleştirilmeleri kolaydır. Metazomatik kurşun-çinko yataklarında galen ve sfaleritin yanı sıra pirit ile markazitde bulunabilir. Bu yataklara örnek olarak Kansas, A.B.D'de Missouri ve Oklahama'da bu şekildeki kurşun-çinko yatakları verilebilir (Çilingir, 1996).

1.4.3 Hidrotermal kurşun-çinko yatakları

Silikatik kayaçlar içinde, bu kayaçların yarıklarında, tabaka içlerinde oluşmuş metal sülfürler geniş alanlara yayılarak hidrotermal kurşun-çinko yataklarını oluştururlar. Bu yataklarda düşük tenörlü büyük mercekler olduğu gibi, yüksek tenörlü küçük mercekler ve stokwork tipi hidrotermal oluşumlara rastlamak mümkündür. Hidrotermal kurşun-çinko yataklarında; sfalerit, galenin yanı sıra pirit, kalkopirit, pirotin, manyetit, arsenopirit ve bazen molibdenit bulunur. Mineralin altın ve gümüş tenörleri yüksektir. Gang mineralleri olarak piroksenler, granatlar, turmalin ve amfiboller yer almaktadır. Bunlardan farklı olarak bakır cevherleri damarları da vardır. Bunların mineralleri ise; pirit, kalkopirit ve fahlerz'dir. Bunların gang mimeralleri ise siderit, ankerit ve dolomit mineralleridir. Bu yataklara örnek olarak Rusya, Avusturalya ve Kanada'daki büyük rezervli yataklar verilebilir (Çilingir, 1996; Koç, 2007).

1.4.4 Skarn tipi kurşun-çinko yatakları

Bu tip yataklardaki kurşun çinko cevherleri granitoidlerin sedimanter kayaçlarla birlikte yaptığı kontaklarda yer alır. Bu yataklar kurşun madenciliği yönünden çok önemli olmayan yataklardır. Bu cevherleşmenin şekli ve yapısı; cevherleşmiş kayacın yapısı ve kontağın şekline bağlıdır. Dik kontaklarda cevherleşme derinlere dalan, yatay olarak çok yayılmayan yapıdadır. Az eğimli kontaklarda ise cevherleşme geniş yatay alanları kapsar, ancak kalınlığı azdır. Skarn tipi yataklardaki kurşun ve çinko tenörleri çok değişkendir. Bu tip yataklara örnek olarak Rusya'daki Tetjuhe, Meksika'daki Eulalia yatakları verilebilir (Çilingir, 1996).

1.4.5 Sedimanter kurşun-çinko yatakları

Kurşun-çinko cevherleri çoğunlukla çeşitli şistler içerisinde yer alır ve bazen kireçtaşları içerisinde konkordant olarak bulunurlar. Çoğunlukla kompakt cevherler şeklinde olmalarına rağmen düşük Pb-Zn tenörlü zonlara da rastlamak mümkündür. Sedimanter kurşun-çinko yataklarının en yaygın minerali pirittir ve bunu sırası ile barit, galen ve kalkopirit izler. Cevherin zenginleştirilmesini çok ince taneli kenetlenmiş olmaları güçleştirir. Almanya'daki Meggen ve Rammelsberg yatakları örnek olarak verilebilir (Çilingir, 1996).

1.5 Türkiye'de Kurşun-Çinko Yatakları

Türkiye'de bulunan kurşun-çinko yatakları buldukları tektonik ünite ve oluşum şekillerine göre beş gruba ayrılırlar:

- Toros Kuşağında yer alan damar tipi yataklar,
- Kuzeybatı Anadolu hidrotermal ve kontakt-metazomatik yataklar,
- Doğu Karadeniz Bölgesi masif sülfid yataklarına bağlı hidrotermal yataklar,
- İç Anadolu metamorfik masiflerindeki kontakt-metazomatik yataklardır,
- Menderes masifi stratiform yatakları ve masifin çevresindeki sokulumlara bağlı hidrotermal yataklar (Öztunalı, 1982).

1.5.1 Biga yarımadası çinko-kurşun yatakları

Yörede genel olarak volkanik ve plütonik kayalarla ilişkili birçok yatak bulunmaktadır. Genellikle hidrotermal çözeltilerin ürünüdürler. Başlıca cevherleşmeler; Bağırkaç ve Handeresi (Balıkesir-Kalkan), Çanakkale (Yenice, Balya)'dir (Öztunalı, 1982).

1.5.2 Bayındır yöresi çinko-kurşun yatakları

Yataklanma tipinde en önemli cevherleşme Ulucadere kesiminde görülmektedir. Bu yataklar grafit bulundurmalarından dolayı siyah renge sahip olmuşlardır. Yataklar bol miktarda pirit içerir. Cevherleşmeler üç ayrı seviye şeklindedirler. Yankayaçlarla uyumludurlar. Devamlılığı 1200 m izlenir mostra vermektedir. Cevher mineralleri olarak galenite ve sfalerite pirit, limonit, kalkopirit, rutil ve jamesonit eşlik eder. Sfalerit yan kayalarında şistozitesine paralel dizilim gösterirken hâkim olan gang minerali ise baritten ayrı olarak kuvars, kalsit ve dolomit gözlemlenir. % 20 Zn tenörüne masif kısımlarında ulaşılır. Bölgede ortalama % 11 Zn tenörlü 2 milyon ton ham cevher rezervi bulunduğu bilinmektedir (Temur, 2001).

1.5.3 Simav yöresi çinko-kurşun yatakları

Yatağın çevresinde granit, gnays ve albittonalit türü kayalar yer almaktadır. Granitler ile gnayslar geçişli durumda olup, cevherleşme albittolanitlere bağlı olarak ve damar şeklinde bulunmaktadır. Granit sınırlarında damarlar sıklaşarak 1,5 km takip edilebilen damarlar yer almaktadır. Damar kalınlıkları 10 m'ye kadar çıkabilmekte ve cevher mineralleri olarak pirit, galenit, sfalerit, kalkopirit ve hematit bulunmaktadır. Ana gang minerali ise kuvarstır. Bölgede % 6 Zn tenör içerikli 600000 ton cevher rezervi bulunmaktadır (Temur, 2001).

1.5.4 Doğu Karadeniz çinko-kurşun yatakları

Çinko-kurşun cevherleşmeleri volkano-sedimenter bakır yataklarını içinde barındıran masif sülfid cevherleşmelerinin devamı şeklinde olarak bakır yatakları ile geçişli ve aynı kökenli olarak yer almaktadır. En önemli yatakları ise; Köprübaşı (Harsit-Giresun), Harköy (Giresun), Lahanos (Espiye-Giresun), Tirebolu (Giresun), Sisorta (Sivas) ve Bulancak (Giresun) bölgesinde yer almaktadır (Temur, 2001).

1.5.5 Bolkardağı çinko-kurşun yatakları

Bölgedeki mermerlerinin içine yerleşmiş olan çinko-kurşun yatakları hidrotermal çözeltiler tarafından oluşturulmuştur. Bölgedeki yataklar strata-bound karakterlidir ve karbonatlı kayaçları tercih ederler. Birincil cevherlerin ana mineralleri pirittir, galenit ve sfalerittir. Gang mineralleri ise dolomit, kalsit, barit, klorit, kuvars ve muskovitdir (Temur, 1992).

1.5.6 Horzum (Kozan-Adana) çinko-kurşun yatakları

Bölgedeki çinko-kurşun yatakları karbonatlı kayaçlara bağımlı olarak strata-bound damar tipi cevherleşme gerçekleştirmektedir. Yataklarda ki damar kalınlıkları genelde en fazla 50 m genişlik, 25 m kalınlık ve 110 m uzunlukta bulunmaktadır. Birincil cevher mineralleri sfalerit, galenit ve pirittir bunun yanında gang mineralleri ise kuvars, kalsit, dolomit, barit, klorit ve serisitdir (Temur, 1987).

1.5.7 Aladağ (Yahyalı-Kayseri) çinko-kurşun yatakları

Bölgede yer alan karbonatlı çinko-kurşun yataklarının kökeni hidrotermal yataklardır. Bölgede bulunan birincil cevherleşmeler düşük tenörlü ve sınırlıdır. Karbonatlı kayaçların karstik boşluklarında ikincil olarak zenginleşmiş karbonatlı cevherleşmeler ise esas yataklardır. Yatakların üst kesimlerinde limonitik 1-5 m arasında değişen kalınlıklarda tabaka şeklinde bulunmaktadır. Derine doğru gidildikçe çinko konsantrasyonu artmaktadır (Temur, 2001).

Bölgedeki ana cevher mineralleri limonit, simitsonit ve seruzittir. Bölgede bulunan ham cevher rezervi yaklaşık 500 milyon ton'dur. Yatak tenörlerine göre genelde ortalama % 7 Zn ve % 2,5 Pb içerdikleri bilinmektedir. Bölgede önemli miktarda çinko-kurşun rezervi bulunmakta ve Kayseri ÇİNKUR fabrikalarının hammaddesini karşılamaktadır (Temur, 2001).

1.6 Malatya Görgü (Cafana) Kurşun-Çinko Yatağının Jeolojik Özellikleri

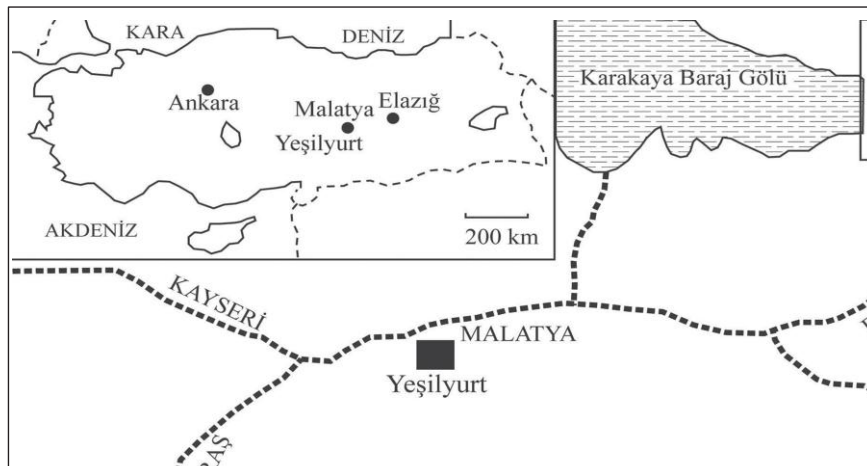
Yaşı belli olmayan volkanitler ile Malatya metamorfiteği içerisinde gelişmiş olan Görgü (Cafana) kurşun-çinko cevherleşmesinin büyük bir kısmı andezitik kayaçlar içerisinde damar şeklinde bulunmaktadır. Cevherleşmenin ana mineralleri galen, sfalerit, markasit, simitsonit, pirit, zinkit, hidro-zinkit, seruzit ve anglezit olan sülfür

cevherleşmesinin gang mineralleri ise dolomit, kuvars, barit ve kalsittir (Kalender vd., 2009).

Başlangıçta cevherleşmeleri sülfürlü cevherler olarak başlamış daha sonra cevherleşmenin yüzeyden itibaren 30-40 m derinliğe kadar olan kısımları meteorik suların işlevleri sonucu karbonatlaşmıştır. Karbonatlı cevherin asıl bileşenleri ise limonit, smitsonit ve anglezit-seruzit oluşturmaktadır. Sülfürlü cevherleşmenin mineralojik bileşimi sfalerit, galen, markazit ve pirit şeklindedir. Barit cevherleşmesi çok dar bir alanda bulunmaktadır (Sağiroğlu, 1998).

1.6.1 Genel jeolojisi

Görgü kurşun-çinko cevherleşmesi, karbonatlı ve sülfürlü olmak üzere iki farklı cevherleşmeden oluşmaktadır. Karbonatlı cevherleşmelere örnek olarak seruzit ($PbCO_3$), simitsonit ($ZnCO_3$) verilebilir ve bu mineraller yüzeyden başlayarak daha derinlerde meteorik suların bulunduğu çatlakların yakınlarında yer alırlar. Bu cevherleşme sarı, kahverengi-sarı renklerde ve limonitçe zengin çinko-karbonat şeklindedir. Cevher mineralleri ise başlıca simitsonit, limonit, hidrozinkit, anglezit-seruzit'tir. Sülfürlü cevherlere ise örnek olarak ZnS ve PbS verilebilir. Sülfürlü cevherler 30-40 m derinlikte başlayarak düşey olarak devam ederler. Genellikle koyu gri renkte ve kireçtaşları içerisinde saçınımlı olarak bulunmaktadırlar. Cevher mineralleri; galen, sfalerit, pirit ve markazit'den meydana gelmektedir. Şekil 1.3'de çalışılan bölgenin yer bulduru haritası verilmiştir (Kırat, 2017).



Şekil 1.3 Çalışma alanının yer bulduru haritası (Kırat, 2017).

Bu alanda yer alan litolojileri iki grupta incelemek mümkündür:

1.6.1.1 Malatya metamorfileri

Çalışma alanının büyük bir kısmını bu bölüm oluşturur. Malatya metamorfileri oluşum şekillerine göre aşağıdan yukarıya doğru şu şekilde sıralanır:

1. Açık gri kireçtaşları,
2. Karışık seri,
3. Koyu gri kireçtaşı,
4. Breşik kireçtaşı.

1.6.1.2 Volkanitler

İkinci kısımda incelenen volkanitler; açık işletme ile desantre arasında yüzeyleyen yaklaşık K 30 B doğrultusunda en fazla 10-15 m arası genişliğinde bir alanda yüzeyleyir. Arazide cevherleşmiş sleyt veya kumlu kireçtaşı ile kolayca karıştırılabilir. Bunun sebebi ise tamamen cevherleşmiş ve altere olmuş halde arazide bulunmasıdır. Volkanik kayalar; konsantrik alterasyon zonları ve morumsu gri renkleri veya mangan dendiritleri ve sarımsı krem renkleri ile diğerlerinden ayırt edilebilir (Sağiroğlu, 1998).

1.6.2 Cevherleşmeler

Görgü (Cafana) karbonatlı kurşun çinko cevherleşmeleri karbonatlı cevherler, zayıf karbonatlı cevherler, saçınımlı ve masif sülfid cevherler olmak üzere farklı özellikler göstermektedir.

- **Karbonatlı cevher:** Cevherli fay zonlarının yüzeyinden 30-40 m veya daha derindeki meteorik su dolanımının olduğu çatlakların hemen çevresinde yer almaktadır. Basit bir mineral bileşimine sahip olan cevherin yapısı genellikle pirit, sfalerit, limonit ve simitsonitten oluşur.
- **Masif sülfid cevher:** Masif sülfid cevher yüzeyden itibaren 30-40 m derinlikten itibaren daha derinlere doğru devam etmektedir. Bu cevherlerde mineral topluluğu galen, markazit, sfalerit ve pirit şeklindedir. Bu bileşenlerden biri veya bir kaç genel olarak baskındır.
- **Saçınımlı cevher:** Masif sülfid cevher mineralleri ile hemen hemen aynı özelliklere sahip olan ve ana fay zonlarında yer alan saçınımlı cevher mineralleri; masif

sülfid cevherde olduğu gibi galen, pirit ve sfalerit şeklindedir. Yalnız sfaleritin galen ve genç pirit tarafından ornatılması olayı burada gelişmemiştir.

- **Barit zonu:** Barit, kireçtaşı ve ona komşu olan çamurtaşını ornatarak gelişmiştir. Kireçtaşını ornatan barit masif görünümde olup, çamurtaşının yapraklanma düzlemine yerleşen barit şisti ise doku görünümündedir. Barit zonunun şisti; baritin bazı yapraklanma düzlemlerinde nadir olarak pirit, yoğun olarak da galen ve sfalerit oluşumu gözlemlenir. Bu minerallere masif cevher zonları olarak rastlanır.

Çalışma alanındaki cevherleşmelerin birincil mineralleri sfalerit, galen ve pirit olup, en yaygın ikincil mineral ise simitsonittir (Kalender vd., 2009).

1.7 Flotasyon

Flotasyon, minerallerin düşük dereceli ve karmaşık cevherlerin ayrılması için kullanılan yaygın bir tekniktir. Son yıllarda flotasyon ile ilgili pek çok yeni gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler esas olarak işlenmesi gereken cevherlerin karmaşıklıklarından kaynaklanmaktadır (Rao, 2013).

Yaygın bir şekilde cevher hazırlamada kullanılan zenginleştirme yöntemlerinden biri olan flotasyon; değerli mineralleri değersiz (gang) minerallerinden ayırmak için minerallerin yüzey veya ara yüzey özelliklerinden yararlanarak cevheri zenginleştirmeye yarar (Çilek, 2006).

Flotasyonun günümüzde çok geniş kullanım alanı bulmasının en büyük sebebi yüksek tenörlü cevherlerin tükenişi ve serbestleştirme tane boyutu bakımından flotasyonun, bazı cevherlerin zenginleştirilmesinde en uygun yöntem olmasıdır (Kaytaz, 1990).

Flotasyon ile zenginleştirme işlemi çoğunlukla bakır, çinko, kurşun, cevherlerinde tamamen; krom, demir ve kömür cevherlerinde ise kısmen zenginleştirme yöntemi olarak kullanılır. Ayrıca endüstriyel minerallerden florit, fosfat, barit ve feldispat gibi minerallerin zenginleştirilmesinde de bu yöntem uygulanabilmektedir. Flotasyon yöntemi, zamanla yüksek tenörlü cevherlerin azalması yüzünden gang içine ince olarak dağılmış cevherin kazanımının zorluğu, yöntemin önemini her geçen gün arttırmaktadır.

Dünyada kurşun ve çinkonun çoğunluğu, galen ve sfaleritin ekseriye ince biçimde dağıldığı ve değişik miktarlarda pirit içeren kireç taşı ve dolomit gibi kayalarda yer değiştirmesi sonucu yer alan yataklardan sağlanmaktadır. Bu yataklarda galen ve sfalerit ekonomik miktarlarda bir arada bulunmaktadır. Besleme tenörleri ile ilgili tipik değerler

% 1-5 kurşun ve % 1-10 çinko mineralleri şeklindedir. Tipik konsantre tenörleri ise kurşun konsantreleri için % 55-70 Pb, % 2-7 Zn, çinko konsantreleri için ise % 50-60 Zn ve % 1-6 Pb şeklindedir. Galen ve sfalerit ana mineraller olmasına rağmen seruzit, anglezit ve simitsonit de olabilir. Bu karbonatlı minerallerin flotasyonunda zorluklar oluşur (Wills ve Finch, 2015).

Flotasyon yöntemi ile zenginleştirme:

- Sülfürlü minerallere,
- Oksitli minerallere,
- Suda az veya çok eriyen tuzlara (silvin, bor, florit, kriyolit mineralleri),
- Polar olmayan minerallere (elmas, grafit, kükürt, kömür vb.) uygulanmaktadır (Cöcen vd., 1998).

1.7.1 Flotasyon reaktifleri

Flotasyon işleminin gerçekleşmesi için pülpe katılan kimyasal bileşikler flotasyon reaktifleri olarak adlandırılır (Yiğit ve Özkan, 2007). Bu reaktifler ile cevherin içindeki minerali duruma göre su sevmez hale getirmeye çalışırken diğer yandan geri kalan minerali su sever hale getirmeye çalışarak, cevherin su ile bulunduğu öğütme aşamasından itibaren pülp içerisine farklı kimyasallar ilave edilerek zenginleştirme yapılmaya çalışılır (Çilek, 2006).

Flotasyon deneylerinde minerallerin köpüğe yapışmasını sağlamak için çeşitli kimyasal reaktiflerden yararlanılır. Bu yapışmayı sağlayan reaktiflere toplayıcı denir. Toplayıcı reaktiflerin, yüzmesi istenen minerallerle reaksiyon yapmasını zorlaştıran veya kolaylaştıran reaktiflere ise bastırıcı veya canlandırıcı reaktifler denir. Dağıtıcı ise, pülp içerisindeki mineral tanelerinin şlamla kaplanmasını engelleyen reaktiflere denir. Pülpte köpük oluşumunu kolaylaştıran ve köpüğün dayanıklılığını arttıran reaktiflere ise köpürtücü reaktifler denir. Çizelge 1.10'da kurşun çinko flotasyonunda kullanılan kimyasallar verilmiştir (Kaytaç, 1990).

Kullanılan bu kimyasallar üç grupta toplanabilir:

1. Toplayıcılar

2. Düzenleyiciler

- pH ayarlayıcılar,
- Canlandırıcılar,
- Bastırıcılar,
- Dağıtıcılar.

3. Köpürtücüler

Bu üç gruptan her biri, flotasyon yöntemi ile zenginleştirilecek cevherin özelliklerine göre oldukça çeşitlilik gösterebilir (Çilek, 2006).

1. Düzenleyiciler

Flotasyonda ilk önce mimeral yüzeylerinin toplayıcılarla kaplanarak su sevmez (hidrofob) hale getirilmesi gerekmektedir. Toplayıcıların mineral yüzeylerini kaplamasına yardımcı olan reaktiflere canlandırıcı reaktifler ve bu toplayıcıların mineral yüzeyini kaplamasına engel olan veya toplayıcılarla kaplanmış yüzeylerin tekrar su sever (hidrofil) yüzeyler haline dönüşmesini sağlayan reaktiflere de bastırıcı reaktifler denir.

Flotasyon işleminde ortam pH'ının da çok büyük etkisi vardır. Ortam pH'ı, toplayıcıların mineral yüzeylerini kaplamasında ve canlandırıcı veya bastırıcı reaktiflerin etkilerini göstermesinde önemli rol oynar (Yiğit ve Özkan, 2007).

• pH Ayarlayıcılar

Flotasyonda $[H_3O^+]$ derişiminin bir fonksiyonu olan ortam (veya pülp) pH'ı oldukça önemlidir. Suyu meydana getiren iyonlar (H_3O^+ ve OH^-), özellikle oksitli minerallerin yüzey yüklerini belirleyici ya da potansiyel belirleyici iyonlar olduklarından, bu tür minerallerin flotasyonunda mineral yüzeyi ile suyun iyonları arasında oluşacak tepkimeler, flotasyonun başarısında anahtar rolü oynayabilir. Diğer taraftan bakıldığında, pülp içine ilave edilecek pH ayarlayıcılar, sadece pülp pH'ını değiştirmekle kalmazlar. Ayrıca, pülp içindeki minerallerin yüzey yüklerinin niteliklerini de belirlediklerinden, bastırıcı veya canlandırıcı olarak da tanımlanabilirler. Flotasyonda pH ayarlayıcı olarak, sönmüş kireç $[Ca(OH)_2]$ veya kireç sütünün yaygın

bir kullanıma sahip olmasının sebebi diğer kimyasallar için de önemli bir ölçüt olan “ucuz olma” ve “kolay bulunabilme” özelliğine sahip olmasıdır. Fakat; kirecin içerdiği Ca^{+2} iyonlarının topaklanmaya neden olabilmesi ve bazı mineraller için canlandırıcı etkisi nedeniyle pH ayarlayıcı olarak, kireç yerine soda külü olarak da bilinen Na_2CO_3 kullanılabilmesi gibi, NaOH (kostik soda) ya da göreceli olarak pahalı olan kimyasallar yüksek pH elde etmek için kullanılabilir. Ayrıca asidik ortam elde etmek için ise çoğunlukla, yine aynı gerekçe ile H_2SO_4 yaygın olarak kullanılır (Çilek, 2006).

- **Canlandırıcılar**

Mineral yüzeyine kollektör adsorpsiyonunu arttıran reaktifler canlandırıcı olarak adlandırılır (Atak, 1990). Flotasyonda canlandırma işlemi yapılması düşünülen bir cevher, cevher içerisinde su sevmez yapılmak istenen hedef mineral, en uygun toplayıcı kullanılsa bile, istenildiği kadar su sevmez duruma getirilemeyebilir. Bunu yapabilmek için de su sevmez yapılacak minerallerin yüzey yükü (işareti) ile su sever halde bırakılacak minerallerin yüzey yükü farkının oluşturulabilmesi gerekmektedir. Bu reaktiflerin tamamı organik olmayan ve suda çözünebilen tuz tipi kimyasal bileşikler (elektrolitler)'dir. Toplayıcı ilavesinden hemen önce kullanılarak, hedef mineral yüzeyi ile toplayıcı molekülleri arasında, ya var olan etkileşimin artmasını ya da etkileşimin olmasını sağlarlar. Canlandırıcılar pülp içine eklendikten sonra ortaya çıkan anyon ve katyonlardan birisi hedef mineral yüzeyine adsorblanır. Bundan sonra, mineral yüzeyi toplayıcının adsorblanabileceği duruma gelmiş olur. Daha sonra ilave edilen toplayıcı iyonları bu yeni yüzeye adsorblanarak minerali su sevmez duruma getirmiş olurlar (Çilek, 2006).

- **Bastırıcılar**

Bastırıcılar bazı minerallerin seçimli flotasyonunu artırmak için hidrofilik, yani su sever duruma getirilip flotasyonun önlenmesi için kullanılır. Birçok çeşitte bastırıcı vardır. Bunların fonksiyonları karmaşık ve değişkendir (Kaya, 1991).

Flotasyonla karmaşık ve çok sayıda değerli mineral içeren cevherlerin zenginleştirilmesi mümkündür. Genellikle cevherin zenginleşmesi için, içerdiği her bir değerli mineralin ayrı ayrı flotasyonun yapılması gerekmektedir, fakat karmaşık ve çok sayıda değerli mineral içeren bir cevherin içerdiği değerli minerallerin flotasyonu ilgilendiren özellikleri birbirine çok benzeyebilir. Flotasyonun seçicilik özelliği böyle bir durumda

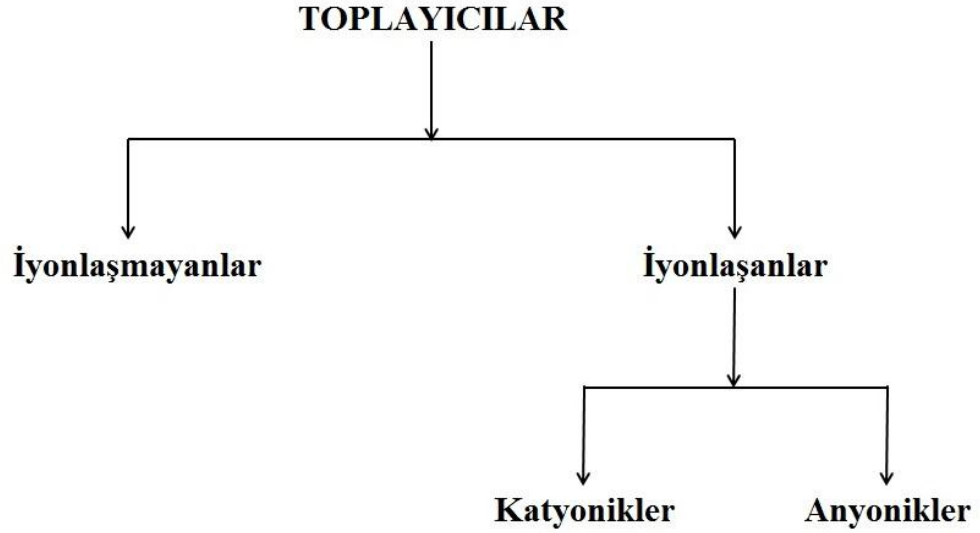
en önemli görevi üstlenir ve “seçicilik” özelliğinin sağlanması gerekir. Cevherin içerdiği değerli minerallerin seçimli olarak ayrı ayrı kazanılabilmeleri için, minerallerden birini su sevmez hale getiren flotasyon şartlarında, diğer minerallerin su sever olarak kalması sağlanmalıdır. Kısaca; hedef mineral olarak kabul edilen bir mineralin su sevmez duruma getirilmesi için pülp içine eklenen toplayıcı sadece hedef mineral yüzeyine adsorblanmalı ve diğer minerallerin yüzeylerine etkisi olmamalıdır. Bu durumu oluşturabilmek için ise, toplayıcının adsorblanmasının mümkün olduğu diğer mineraller için uygun bir kimyasal kullanılarak, toplayıcının bu minerallerin yüzeyine adsorbsiyonunun engellenmesi ile yani bastırılması ile olur. Cevher basit yapılı olsa bile oksit cevherlerinde olduğu gibi; cevheri oluşturan değerli mineraller ile değersiz mineraller benzer özellikte iseler, cevherden değerli mineralin flotasyonla kazanılması için değersiz mineralin bastırılması gerekmektedir. Bu durumda; organik ve inorganik çok çeşitli kimyasal maddeler flotasyonda kullanılmakta ve bu kimyasal maddelerin bir kısmı da çok yönlü etkiye sahiptir (Çilek, 2006).

- **Dağıtıcılar**

Flotasyon esnasında küçük boyutlu tanelerin toplanarak iri boyutlu tanelerin yüzeyini kaplaması istenmez. Topaklanma durumunun tersi olan dağılma ise, pülp içindeki tanelerin birbirinden yeterince uzak, yani dağılmış halde bulunmasını sağlar. Dağıtıcı etkisi olan polifosfat; flotasyon öncesinde pülp içinde bulunan ince tanelerin toplanmasının ve bununla birlikte şlam kaplanmasının önlenmesi yani dağıtılması için kullanılabilir. Ticari ismi “calgon” olarak bilinen sodyum hegzametafosfat, pülp içindeki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları ile karmaşık iyonlar oluşturarak, bu iyonların tanelerin etrafındaki elektriksel çift tabakayı (EÇT) inceltme yönündeki etkilerini en aza indirerek, toplanmayı ve şlam kaplamayı önlemiş olurlar. Bu şekilde; benzer metal iyonlarının, hedef mineral dışındaki minerallerin canlandırılmasını da engellemiş olurlar. Dağıtıcı etkisi olan polifosfat bileşiklerinin bu özelliklerinin yanında, flotasyon işlemi için önemli bir diğer etkisi de bazı mineraller için etkin bir bastırıcı olmalarıdır. Örneğin; sodyum difosfat, sodyum trifosfat ve sodyum hegzametafosfat gibi bileşikler dolomit, kalsit ve apatit için önemli bir bastırıcıdır (Çilek, 2006).

2. Toplayıcılar

Flotasyon esnasında mineral yüzeyini su sevmez (hidrofob) hale getirmek için kullanılan ve yapıları genellikle hidrokarbon olan kimyasal bileşiklerdir. Bazı doğal olarak flote edilebilen birkaç mineral dışında mineral yüzeyleri hidrofil özellik gösterir. Bu yüzeylerin tekrar su sevmez hale dönüştürülmesi toplayıcı reaktiflerle kaplanmaları sonucu olur. Genellikle hidrokarbon kökenli olan bu reaktifler mineral yüzeyine adsorbe olan su sever (hidrofil) özellikli polar bir gruptan veya polar olmayan su sevmez (hidrofob) özellikli hidrokarbon zincirinden oluşurlar. Toplayıcı ile kaplanan mineral yüzeyi flotasyon esnasında hidrofob hidrokarbon bileşiği gibi davranarak pülp içinde mevcut hava kabarcıklarına fiziksel veya kimyasal olarak adsorblanırlar (Yiğit ve Özkan, 2007). Şekil 1.4'te toplayıcıların genel sınıflandırması verilmiş olup, toplayıcılar genel olarak şu şekilde gruplara ayrılır:



Şekil 1.4 Toplayıcıların genel sınıflandırması (Çilek, 2006).

- **İyonlaşmayan toplayıcılar**

Bu çeşit toplayıcılar elektriksel yük açısından nötr ve polar grupları olmayan hidrokarbon zincirlerinden oluşmuş organik bileşiklerdir. Doğada bulunan bazı mineraller sahip oldukları kristal kafes yapısı ve atomlar arası bağın bir sonucu olarak doğal su sevmez özellik gösterirler. Bundan dolayı; böyle minerallerde toplayıcı kullanımına gerek kalmadan sadece köpürtücü kullanılarak da flotasyonla

zenginleştirme işlemine tabi tutulabilirler. Fakat doğal su sevmez olan minerallerin flotasyon başarılarının ve flotasyon hızlarının artırılması için, polar grup taşımayan yağ gazı, motorin gibi organik bileşikler kullanılmalıdır. Bu tür maddeler, polar olmayan hidrokarbon zincirlerinden oluştuklarından, doğal su sevmez minerallerin yüzeylerini sararlar ve böylece doğal su sevmez minerallerin flotasyon başarıları artmış olur (Çilek, 2006).

• İyonlaşan toplayıcılar

Bu toplayıcılar katyonik toplayıcılar ve anyonik toplayıcılar olmak üzere iki genel gruba ayrılırlar.

Katyonik toplayıcılar; polar grup artı yüklü olup eksi yüklü yüzeylerde adsorbe olarak bu yüzeyleri su sevmez (hidrofob) yaparlar. Hidrofob hale gelmiş yüzeyler de pülp içinde mevcut hava kabarcıklarına yapışarak köpük tabakasını oluştururlar.

Genellikle amin bileşiklerinden oluşan katyonik toplayıcılar; primer amin, sekonder amin, tersiyer amin ve kuaterner amin bileşikleridir. Katyonik toplayıcılar eksi yüklü oksitli ve silikatlı minerallerin flotasyonunda kullanılan toplayıcılarıdır.

Anyonik toplayıcılarda polar grup eksi yüklü olup, genellikle artı yüklü mineral yüzeylerinde kolay bir şekilde adsorbe olarak bu yüzeyleri hidrofob hale getirirler. Hidrofob olan yüzeylerin mineralleri, hava kabarcıklarına yapışarak köpük tabakası halinde diğer minerallerden ayrılırlar (Yiğit ve Özkan, 2007).

Bu toplayıcılardan ilk grupta bulunan silikatlar, oksihidriller ve karbonatlar gibi oksit mineralleri için kullanılan ve yapılarında etkin gruplar içerisinde oksijen barındıran uzun hidrokarbon zincirli organik bileşiklerdir. İkincil grupta bulunan sülfidriller ise, sülfür mineralleri için kullanılan ve yapısında etkin grup olarak kükürt bulunduran kısa hidrokarbonlar, zincirli organik bileşiklerdir. Oksihidril grubu toplayıcılarının en yaygın bilineni yağ asitleri veya karboksilatlarıdır. Flotasyon yöntemi en yaygın olarak sülfür minerallerinin zenginleştirilmesinde kullanılır ve sülfidril grubu toplayıcısı olan ksantat en yaygın olanıdır (Çilek, 2006).

3. Köpürtücüler

Flotasyon başarısında en önemli rolü oynayan ve flotasyon esnasında tüm kimyasallar katıldıktan sonra, hücre içine hava verilmeden hemen önce pülp içine ilave edilen son

flotasyon kimyasalı köpürtücülerdir. Köpürtücünün flotasyon esnasında kullanılmasının temel sebebi sadece küçük çaplı kabarcık oluşturmak değildir. Ayrıca, bir diğer kabarcık ile çok kısa süre içinde birleşmeyen kararlı ve küçük boyutlu kabarcıkların oluşturulmasıdır. Köpürtücü; besleme içindeki ince boyutlu tanelerin varlığı, kullanılan köpürtücü cinsi ve buna bağlı olarak su/hava ara yüzey gerilimi, kararlı kabarcıkların oluşumu ve köpüğün kararlılığını etkiler (Çilek, 2006).

Çizelge 1.10 Kurşun çinko flotasyonunda kullanılan kimyasallar (Yıldız, 2014).

| Flotasyon | Kurşun flotasyonu | Çinko flotasyonu |
|------------------|--|--|
| Toplayıcı | Aerofloats Aerophine Ksantatlar | Ksantatlar Dithiophosfatlar |
| Köpük yapıcı | Dow froth Metil izobütilkarbinol Çam yağı | Dow froth Flotal B Metil izobütilkarbinol Çam yağı |
| Canlandırıcı | Alkalin sülfidler Fosfatlar | Bakır sülfat |
| Bastırıcı | Na ve Ca cyanide Sodyum bisülfat Dikromat Çinko hidrosülfat Çinko sülfat | Sülfür dioksit Sodyum hidrojen sülfid Çinko sülfat Sodyum siyanid |
| pH düzenleyici | CaCO ₃ Soda külü NaOH H ₂ SO ₄ | Kireç Soda külü NaOH H ₂ SO ₄ |

1.7.2 Flotasyonu etkileyen parametreler

Flotasyonun uygulanmasında fiziksel ve kimyasal etkenler önemli yer tutar.

1. Fiziksel etkenler

- Sıcaklık,
- pH değeri,
- Pülp yoğunluğu,
- Köpük iriliği,
- Flotasyon süresi,
- Fiziksel absorpsiyon.

2. Kimyasal etkenler

- Fazlar (katı, sıvı ve gaz),
- Kimyasal reaktifler,
- Kimyasal adsorpsiyon (Cöcen vd., 1998).

18 Kurşun-Çinko Zenginleştirme Yöntemleri

Dünya kurşun gereksinimi; günümüzde birincil kaynaklardan, göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir miktarı ise geri dönüşümden karşılanmaktadır. Kurşun ve çinko konsantrelerini üretmek için flotasyon ya da yoğunluğa dayalı zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirme işlemi yapılmaktadır. Maliyeti düşük olmasına rağmen gravite yöntemlerinin zenginleştirme sonrası metal kazanım oranı ve konsantre tenörü düşüktür, bu da istenmeyen bir durumdur. Gravite yöntemleri genellikle ön konsantre üretmek için uygulanmaktadır. Çoklu gravite yöntemi, ortam ayırıcıları, ağır ortam ayırıcısı, spiral, jig ve sarsıntılı masalar, tek başlarına veya birkaçı birlikte minerallerin serbestleşme tane boyutunda zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Günümüzde kurşun-çinko cevherleri zenginleştirmesinde yoğunluğa dayalı zenginleştirme yöntemi; flotasyon tesisine beslenen cevher tenörünü yükseltmek, gangın flotasyona girmesini önlemek için ön zenginleştirme işlemi olarak uygulanmaktadır. Cevherde yeterli oranda iri tane boyunda serbestleşen galen veya sfalerit varsa; bunlardan iri taneli konsantre üretilmeye, flotasyon masrafını azaltmak ve yalnızca yoğunluk zenginleşmesi artıklarını yüzdürmek, flotasyonla zor zenginleşen oksitli kurşun veya çinko cevherlerinden konsantreler üretmek için uygulanmaktadır (Çilingir, 1996).

Son yıllarda Falcon, Knelson Konsantratör ve Multi Gravite Separatör (MGS), Kelsey jigi gibi ince tane jigleri, yeni flotasyon cihazları gibi cihazlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu cihazlardan MGS ve Knelson Konsantratörü bir santrifüj etkisi altında partikül yoğunluğu ile ilgili özelliklerin artırılması esasına göre çalışmaktadır (DPT, 2001).

Flotasyon kurşun ve çinko cevherlerinin zenginleştirilmesinde en etkin yöntemdir. Bu yöntem ile yüksek tenör ve yüksek metal kazanımıyla konsantre ürün elde etmek mümkündür (Cöcen vd., 1998).

Bindokuzyüzlü yıllardan itibaren geliştirilmeye başlanan flotasyon yöntemi, günümüzde karmaşık ve düşük tenörlü sorunlu cevherlerden teknolojinin gelişmesi ile bugünkü gereksinimleri karşılayacak konsantreler üretmeye olanak sağlamaktadır. Uzun yıllardır uygulanan kurşun-çinko madenciliği iri tanede serbestleşen ve yüksek tenöre sahip kurşun-çinko yataklarının yok denecek kadar azalmasına neden olmuştur. Bu deneyle düşük tenörlü ve karmaşık yapıları cevherlerin zenginleşmesinde flotasyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Flotasyon yöntemi ile kurşun-çinko zenginleştirilmesinde;

- 50 μm 'den de ince serbestleşen galen, seruzit, anglezit, sfalerit, hatta simitsonit ve hidrozoinkit yüzdürülerek konsantreye alınabilmekte,
- Bu kurşun-çinko minerallerinden ayrı ayrı kurşun ve çinko konsantreleri üretilmekte,
- Cevherde ekonomik kurşun ve çinko mineralleri ile birlikte bulunan, kalkopirit, kovelin, pirit, piriton, molibdenit, kasiterit, manyetit gibi diğer metal mineralleri kurşun ve çinko konsantrelerinden uzaklaştırılabilmekte veya ayrı konsantreler halinde üretilmektedir (Çilingir, 1996).

1.8.1 Sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinin flotasyonu

Kurşun ve çinko mineralinin önemli bir kaynağı olarak sülfür cevheri, dünya ekonomisinin gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır (Luo vd., 2016). Sülfürlü mineraller kimyasal bileşimlerinde kükürt içeren toplayıcılar kullanılarak kolayca yüzdürülebilen minerallerdir. Sülfürlü minerallerin kolayca flote edilebilmesinde iki ana

nokta vardır. Bunlardan ilki; metalik sülfürlü minerallerin yüzeylerinde bulunan kükürt iyonlarının, metalik oksitli minerallerin yüzeylerinde bulunan oksijen iyonlarına nazaran daha hacimli olmaları dolayısıyla Hidrojen iyonları ile bağ yapmakta daha isteksiz davranmalarındır. Bu durum sülfürlü minerallerin oksitli minerallere göre daha az su sever karakter göstermesine neden olur. Diğeri ise; ağır metallerin sülfidril toplayıcılar ile suda daha az çözünür bileşikler yapmasıdır. Bu durum nedeniyle sülfürlü minerallerin yüzeyinde sülfidril toplayıcılar kolayca adsorbe olup, suda kolayca çözünüp yıkanmaz ve kararlı su sevmeyen yüzeyler oluşturur (Yiğit ve Özkan, 2007).

Kurşun ve çinko cevheri flotasyon ile zenginleştirmeye sülfür halinde bulduklarında uygundur. Ayrıca cevher içinde bulunan kurşun ve çinkonun seçimli olarak birbirinden ayrılması ve altın, gümüş, bakır gibi yan ürünlerin kurşun konsantrasyonu içinde toplanması yapılan zenginleştirme işleminin ekonomikliğini artırır (Yıldız, 2014).

1.8.2 Oksitli kurşun-çinko cevherlerinin flotasyonu

Oksitlenmiş kurşun ve çinko minerallerinin flotasyondan ganglarından ayrılması, ana minerallerin fiziko-kimyasal ve yüzey kimyasındaki benzerlikleri nedeniyle oldukça karmaşıktır. Ayrıca, çinko minerallerinin yüzmesi, diğer sülfidril minerallerinin yüzmesinden daha zordur (Irannajad vd., 2009)

Oksitli mineraller; bileşiminde oksijen içeren oksit, karbonat ve silikat gibi bütün mineraller bu grup içerisinde yer alır. Bu tür mineraller genelde kolayca ıslanabilen ve suyun hidrojen iyonları ile bağ kurmakta çok istekli davranan bileşiklerdir (Yiğit ve Özkan, 2007).

Kurşun çinko gibi oksitli minerallerin kayda değer miktarda bulunduğu yerlerde ilk olarak kurşun sülfürlerini yüzdürmek daha kolay ve pratiktir. Genellikle sülfürleştirici madde olarak sodyumsülfid veya sodyum hidrosülfür kullanılır (Önal vd., 2005).

Oksitlenmiş çinko atıklarının geri kazanımı son yıllarda uygulanan bir yöntem olmakla birlikte bu minerallerin geri kazanımında çoğunlukla flotasyon yöntemi kullanılmaktadır (Ejtemaei vd., 2014).

Genellikle bu mineraller yağ asitleri ve sabunlarla yüzdürülebilirler. Farklı olarak bu minerallerin yüzdürülmesinde sülfat ve sülfonat gibi deterjan benzeri reaktifler, amin benzeri katyonik reaktifler de kullanılabilir (Atak, 1990). Kurşun ve çinko

flotasyonunda; flotasyon esnasında bazen fazla miktarda reaktif kullanılması ile cevher karakterize edilebilir (Pereira ve Peres, 2005).

1.9 Kurşun-Çinko Zenginleştirilmesine Yönelik Önceki Çalışmalardan Kaynak Özetleri

Khaleghi vd. (2016), yapmış oldukları çalışmada oksitli çinko cevherinin katyonik ve anyonik gibi Na_2S , (AC ve AC/KAX), (çam yağı ve MIBC) reaktiflerin kullanımının flotasyon çalışması üzerine miktarları araştırmışlardır. Yapılan bu çalışmada kullanılan reaktiflerin olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiş olup çinko kazanımının en etkili olduğu bastırıcı CMC olduğunu görmüşler ve çinko kazanımı % 97,71 olduğu sonucuna varmışlardır.

Luo vd. (2016)'de yapmış oldukları oksitli karmaşık kurşun-çinko cevherinin çeşitli çalışma parametrelerinin kurşun mineralinin yüzdürme davranışlarına etkisini incelemişlerdir. Bu deneyde sırası ile kullanılan reaktifler; dağıtıcı olarak (kireç, çinko sülfat ve sodyum silikat), toplayıcı olarak (diethylthiocarbamat, amonyum bütül aerofloat, potasyum ksantat ve tiamin ester) ve köpürtücü olarak ise MIBC kullanmışlardır. Toplayıcı olarak optimum sonucu tiamin ester (60 g/t), pH ayarlayıcı olarak CaO (pH 9) kullanarak kurşun geri kazanımını % 27'den % 55'e yükseltmişlerdir.

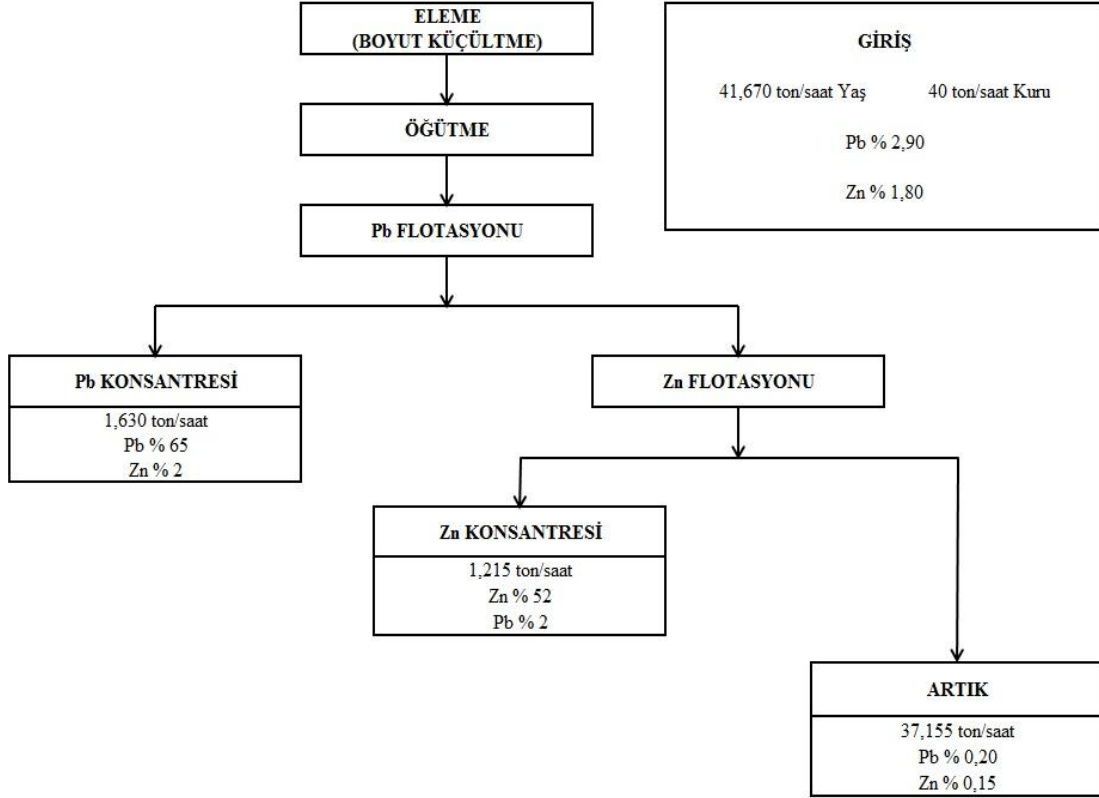
Güven vd. (2010), Balıkesir Balya ilçesindeki atık sahasında bulunan kurşun-çinko atıklarının flotasyon yöntemi ile değerlendirilmesini araştırmışlardır. Bu yapılan çalışmada Aero 3418A, KAX ve Aero 407, toplayıcı olarak ve sodyum metabisülfid ($Na_2S_2O_5$) ve bakır sülfat ($CuSO_4$) kullanarak; % 3,12 Zn, % 3,43 Pb olan değerleri % 43,02 Zn ve % 12,23 Pb çıkartmayı başarmışlardır.

Kostović ve Gligorić (2015), yapmış oldukları çalışma; Sırbistan'daki tipik sülfür kurşun-çinko cevheriyle ilgilidir. Cevher içerisindeki birincil metalik mineraller galen, sfalerit ve pirit iken, gang mineralleri olarak kalsit, kuvars ve dolomit bulunmaktadır. Farklı toplayıcı (KEX, NaIBX, KIBX) ve miktarlarla (17, 26, 35 g/t) yapılan deney sonucunda en uygun toplayıcı potasyum etil ksantat (KEX)'in 17 g/t olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ejtemaei vd. (2011)'de yapmış oldukları çalışmalarında katyonik, anyonik ve karışık (katyonik+anyonik) toplayıcılar kullanarak, çinko oksit (simitsonit) mineralinin

flotasyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. Toplayıcı olarak kullanılan, karışık kolektörler (Cocoalkil amin asetat (Armac C)+KAX) flotasyon verimini artırmıştır. Anyonik/katyonik toplayıcıların mol oranı, simitsonit flotasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. İran'daki Angooran çinko maden ocağında cevher numunelerinin mineralojik bileşimi % 20–22 simitsonit, % 17-18 kuvars, % 33-35 kalsit, % 2-3 hemimorfit, % 4-5 klorit, % 5-7 mika, % 3-4 hematit ve % 2 dolomit bulunmaktadır. Kimyasal analiz sonucunda % 15,8 ZnO, % 23,75 SiO₂, % 19,8 CaO, % 8,5 Al₂O₃, % 3,15 Fe₂O₃, % 1,85 PbO, % 1,52 MgO ve % 0,72 K₂O içerdiği görülmüştür. Deneyde sülfürleyici olarak kullanılan Na₂S (2000, 3000, 4000 g/t) kullanılarak karışık katyonik toplayıcı miktarını 400, 600, 800, 1000 g/t kullanılan deneyde 3000 g/t'dan fazla sülfürleyici kullanıldığında pH 11'de flotasyon veriminin düştüğü görülmekte ve en iyi sonucun 800 g/t karışık toplayıcı kullanarak çinko tenörünü % 19,2'den % 31'e, % 80 verim ile çıkarmayı başarmışlardır.

Balıkesir Balya ilçesinde Dedeman işletmeciliğine ait ocak da % 2,90 Pb ve % 1,80 Zn içerikli tüvenan cevherin maksimum 400-500 mm boyutunda ocak üretimi sonrasında flotasyon ile selektif kurşun ve çinko konsantreleri üretimi için öngörülen proses kademeleri aşağıda detaylı verilmiştir. Yapılan zenginleştirmede Pb sülfür konsantrisi almak için sodyum karbonat ile pH 8,5-9 arasında ayarlanarak ZnSO₄, Na₂S₂O₅ kontrol reaktifleri olarak, potasyum etil ksantat (Z3) toplayıcı reaktif olarak ve MIBC (Metil izobütil karbinol) köpürtücü reaktif olarak kullanılmış ve 15 dk'lık kıvamlandırma işlemi yapılarak, 3 kademeli temizleme işlemi uygulanarak % 65 Pb tenörü elde edilmiştir. Zn devresinde ise pH 11-12 arasında tutularak, kontrol reaktifleri CuSO₄, kollektör reaktifler, KAX ve Aerophine 3418A ve köpürtücü reaktif MIBC kullanılarak ortalama 15 dk bir kıvamlandırma süresi sonrasında flotasyon selüllerine alınmıştır. Çinko konsantrisine 3 kademeli temizleme, devrenin artığına ise 3 kademeli süpürme uygulanarak tenörü % 52 çıkartılmıştır. İşletmenin akım şeması Şekil 1.5'te verilmiştir (ÇED, 2010).



Şekil 1.5 Dedeman (Balıkesir-Balya) işletmesi flotasyon akım şeması (ÇED, 2010).

Kashani ve Rashchi (2008)'de yapmış oldukları oksitlenmiş çinko minerallerinin tortulardan ayrılmasında flotasyon reaktiflerinin etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada katyonik toplayıcının, Na_2S 'in ve dağıtıcıların etkilerini incelemişlerdir. Deney çalışmasında; amin toplayıcısını arttırdıklarında, Zn tenöründe önemli bir etkisi olduğunu görmüşlerdir. En iyi sonuç 356 g/t amin kullanılarak elde edilmiş olup, daha fazla amin kullanımının Zn içeriğini azalttığını görmüşlerdir. Köpürtücü olarak 60 g/t çam yağı kullanılmış ve 3400 g/t Na_2S kullanılarak konsantrede Zn derecesini % 26'ya yükseltmişlerdir. 7000 g/t Na_2S kullanımının ise Zn yüzdesini değiştirmedini görmüşlerdir.

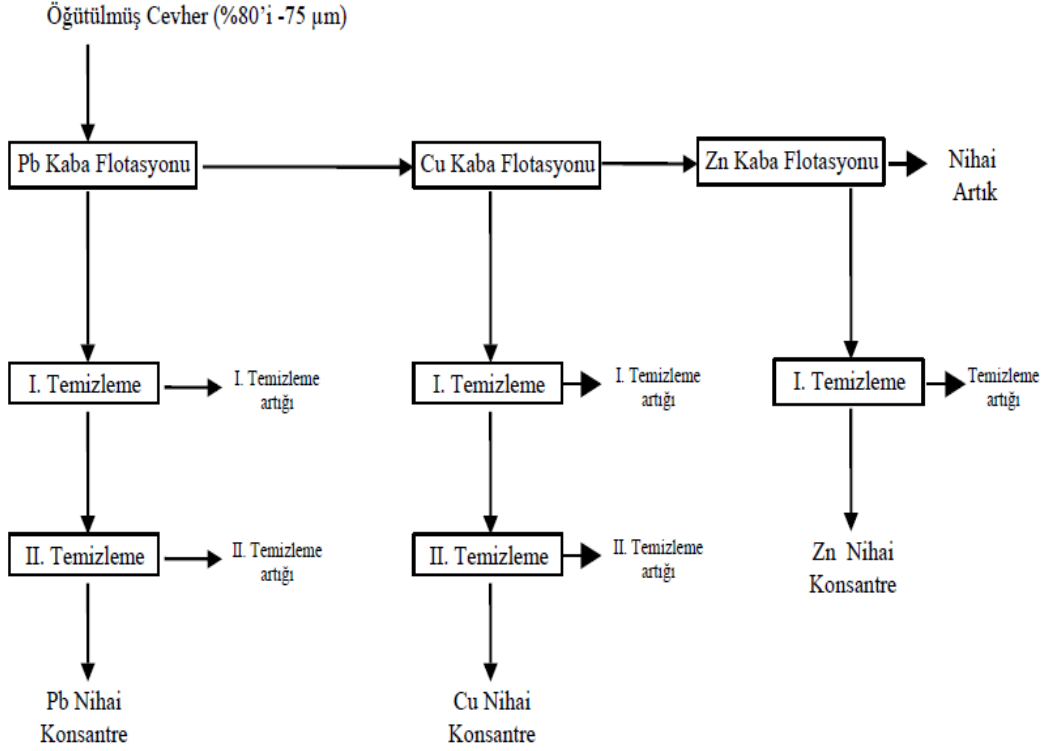
Hosseini ve Taji (2015)'de yapmış oldukları çalışmalarında beslemede bulunan Zn tenörü % 7,68 olarak yapılan çalışmada pH 11,5'de 2000 g/t Na_2S , katyonik toplayıcı (DDA) 300 g/t kullanmışlardır ve tenör değerini % 24,5 verimini ise % 84,5'e çıkartmayı başarmışlardır.

Önal vd. (2005), yapmış olduğu çalışmada Kayseri Aladağ bölgesine ait kurşun-çinko yatağından alınan numune üzerinde flotasyon zenginleştirme yapmışlardır. Tüvenan

cevher % 10,17 Pb ve % 10,98 Zn içermektedir. Bu flotasyon çalışmasında çinkoda iyileştirme yapılamadığından dolayı zenginleştirme işlemini kurşuna yönelik yapılmıştır. Bu çalışmada 6 aşamalı flotasyon yönteminde, toplayıcı olarak 350 g/t KAX, 250 g/t Aero 407 toplayıcı, 4500 g/t Na₂S bastırıcı kullanarak % 65,80'den % 86,5'e çıkarılmıştır.

Ceylan vd. (2002)'de Şebinkarahisar Giresun kurşun-çinko sülfürlü cevherlerin toplayıcısız olarak yüzdürme çalışması yapmışlardır. Analiz sonuçlarında % 3,34 Pb ve % 11,68 Zn içermektedir. Na₂S ve ZnSO₄ (400 g/t) eklenerek 15 dk koşullandırma yapmışlardır ve köpürtücü olarak 90 g/t MIBC kullanılarak doğal pH 8,1'de önce kurşun yüzdürmüşlerdir. Sonra CuSO₄ (660 g/t) eklenmiş ve Na₂S ilave edilerek doğal pH'da Zn yüzdürülerek almışlardır.

Cebeci vd. (1999), Sivas-Koyulhisar'a ait Pb-Cu-Zn kompleks cevherinin gang mineralini bastırmak için gum arabic kullanarak flotasyon yöntemi ile optimum koşulları belirlemeye çalışmışlardır. Bu bölgedeki minerallerin Pb-Cu-Zn tenörleri sırasıyla % 6,54 Pb, % 1,45 Cu ve % 7,47 Zn'dir. Deney sonucundan sonra elde edilen kaba konsantreler daha sonra temizleme flotasyonlarına tabi tutularak; Pb, Cu ve Zn kaba konsantrelerinin tenör değerleri sırasıyla; % 24,33 Pb, % 15,10 Cu ve % 41,43 Zn, konsantre verim değerleri ise sırasıyla % 93,45, % 78,52 ve % 89,57'ye yükseltmeyi başarmışlardır. Bu deneyde sırasıyla; Pb kaba flotasyonu için; pH 8, 40 g/t NaCN, 600 g/t ZnSO₄, 600 g/t Gum Arabic, 120 g/t KAX, 90 g/t 2 etil hekzanol, köpük alma süresi 5 dk, Cu kaba flotasyonu için; pH 8, 400 g/t Gum Arabic, 800 g/t ZnSO₄, 20 g/t NaCN, 100 g/t Na₂Cr₂O₇, 60 g/t KAX, 40 g/t 2 Etil Hekzanol köpük alma süresi 5 dk, Zn kaba flotasyonu için; pH 11, 400 g/t Gum Arabic, 60 g/t NaCN, 250 g/t CuSO₄, 100 g/t KAX, 80 g/t Na₂Cr₂O₇, 90 g/t 2 Etil Hekzanol, köpük alma süresi 5 dk, olarak bulmuşlardır. Kaba konsantrelerin temizleme flotasyonu sonrası Pb, Cu ve Zn nihai konsantrelerinin tenörleri sırasıyla; % 69,26 Pb, % 29,52 Cu ve % 58,14 Zn, konsantre verim değerlerini ise % 72,33, % 66,16 ve % 75,65 bulmuşlardır. Flotasyon akım şeması Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6 Flotasyon akım şeması (Cebeci vd., 1999).

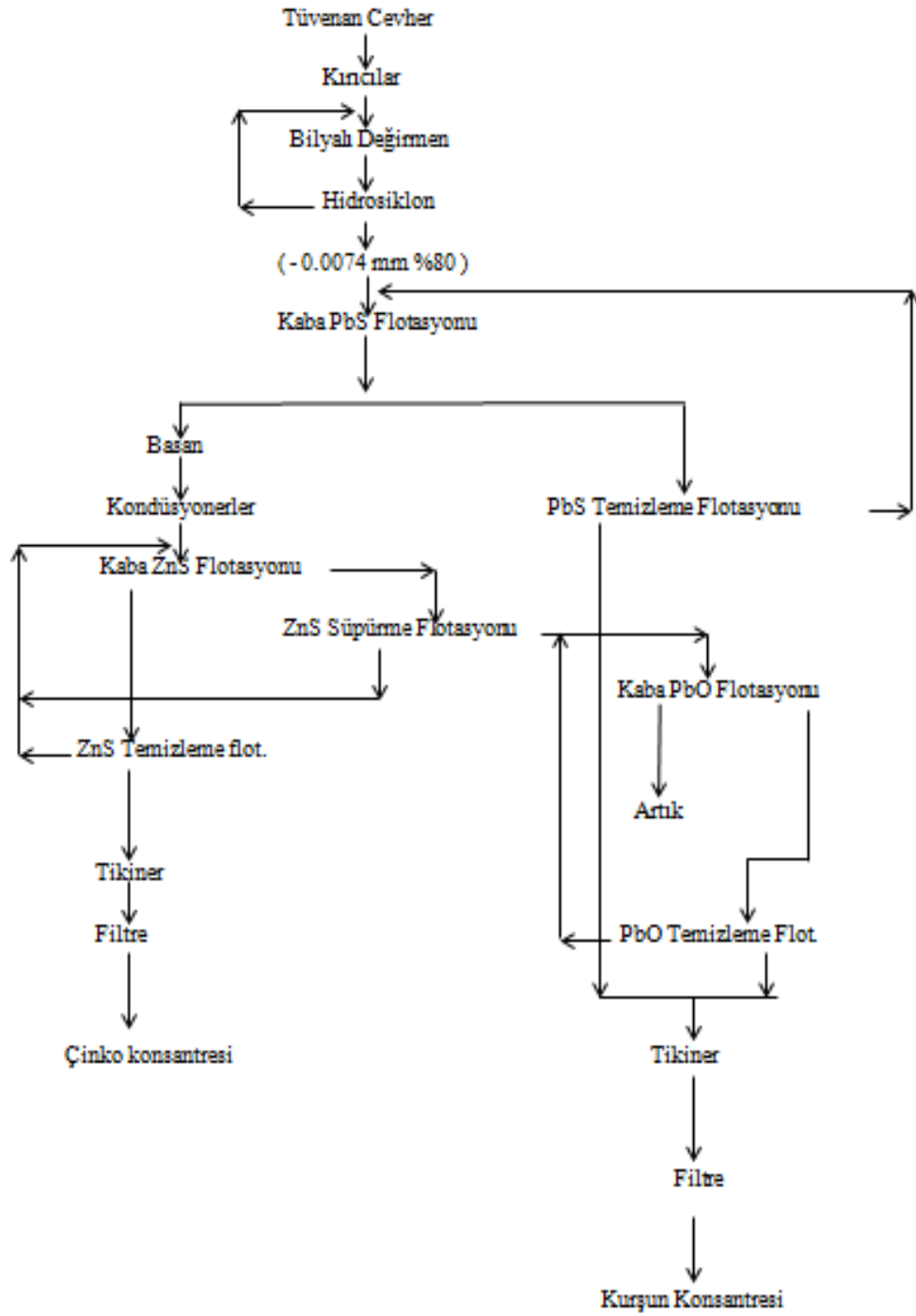
Şentürk vd. (1993), yapmış oldukları çalışmada, Kayseri Zamantı bölgesi kurşun çinko cevherinden flotasyon tekniğiyle kurşun ve çinko konsantrelerini ayrı ayrı elde etmişlerdir. Başlangıçta numune % 6,69 Pb, % 17,1 Zn içermektedir. Kurşun devresinde doğal pH'da toplayıcı olarak Na_2S (4000 g/t) kullanılarak verim % 70,7'den % 74,7'ye çıkartılırken, çinko devresinde pH 11,5'te toplayıcı amin D-Asetat (700 g/t) ve Na_2S (3000 g/t) kullanılarak verimi % 35,19'dan % 49,09'a çıkartmışlardır. Flotasyon deneyleri sırasında en önemli flotasyon parametresinin Na_2S miktarı olduğunu tespit etmişler ve kurşun flotasyonunda 4000 g/t'dan fazla Na_2S kullanımı verimi düşürdüğünü gözlemlemişlerdir.

Tintic-Utah/ABD kurşun-çinko zenginleştirme tesisinde, 500 ton/gün kapasite ile çalışan tesiste kireç taşları içerisinde okside olmuş kurşun-çinko minerallerinin zenginleştirme işlemleri yapılmıştır. Cevherde galen, sfalerit, pirit, anglezit ve seruzit mineralleri bulunmaktadır. Cevherde 250 g/t oranında bulunan gümüşe bütün sülfür minerallerinde rastlanır. Kurşun çinko tenörleri toplamı % 15-30 arasında değer almaktadır. Oksitlere bağlı kurşun tenörü ise % 3-20 arasında değişebilmektedir. Pirit tenörü % 10 kadardır. Sfalerit ise demirce fakir olmasına rağmen % 1'e yakın

kadmiyum bulundurmaktadır. Cevherin silikatik gangında barit, hematit ve rodokrozit yer almaktadır. Öğütülerek -0,074 mm'ye ufalanan cevherde öncelikle galene yüzdürme işlemi uygulanmıştır. Galen flotasyonunda sfaleriti bastırmak için NaCN ve ZnSO₄, galeni yüzdürmek için ksantatlar kullanılmıştır. Tesiste pH 7,3'te bir kaba ve bir temizleme flotasyonu ile galen konsantresi üretilmiştir. Kaba galen devresinin arkasından, CuSO₄'la canlandırılan sfalerit ksantatlarla toplanarak (pH 10,4) bir kaba, bir süpürme ve bir temizleme flotasyonu ile yüzdürülerek alınmıştır. Çinko devrelerinin oksitli kurşun mineralleri Na₂S ile sülfürleştirildikten sonra, pH 10,3'te toplayıcı ksantatların yardımı ile bir kaba bir temizleme devresinde yüzdürülerek oksit ksantatları üretilmiştir. Tintic-Utah Pb-Zn flotasyonunda, 60 g/t Na₂CO₃, 80 g/t NaCN, 330 g/t ZnSO₄, 40 g/t Dowfroth 250, 90 g/t Aerofloat 242, 45 g/t ksantat, 440 g/t CuSO₄, 750 g/t Na₂S, 2400 g/t kireç kullanılmıştır. Tüvenan üretimin yaklaşık % 44'ünü üç farklı konsantreye dönüştüren Tintic-Utah Pb-Zn zenginleştirme tesisinin zenginleştirme başarı tablosu Çizelge 1.1'de ve akım şeması ise Şekil 1.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.11 Tintic-Utah/ABD kurşun-çinko zenginleştirme tesisi verimleri.

| Ürünler | Ağırlık dağılımı (%) | Tenör (%); (g/t) Pb | Tenör (%); (g/t) Zn | Tenör (%); (g/t) Ag | Verim (%) Pb | Verim (%) Zn | Verim (%) Ag |
|-----------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Besleme malı | 100 | 13.1 | 17.2 | 255 | 100 | 100 | 100 |
| PbS-kons. | 16.5 | 61.1 | 13.1 | 900 | 77.4 | 12.6 | 58.9 |
| Okside Pb-kons. | 3.7 | 11.1 | 12.1 | 260 | 3.2 | 2.6 | 3.8 |
| ZnS-kons. | 24.5 | 4.3 | 52 | 230 | 8.1 | 74.2 | 22.2 |
| Artık | 55.3 | 2.7 | 3.3 | 70 | 11.3 | 10.6 | 15.1 |



Şekil 1.7 Tintic–Utah/ABD kurşun–çinko zenginleştirme tesisi akım şeması

Türkiye’de Keban kurşun–çinko işletmesinde, takriben % 5 Pb, % 10 Zn, 160 g/t Ag, 1 g/t Au ihtiva eden cevherden selektif flotasyonla gümüşlü kurşun ve çinko konsantreleri elde etmişlerdir. Bilyalı değirmene çinkoyu ve demir sülfürleri bastırmak için kireç,

sodyum siyanür (400 g/t), sodyum bisülfid (600 g/t), çinko sülfat (600 g/t) ilave edildikten sonra, ilk flotasyon devresinde potasyum etil ksantat (80-120 g/t) ve aerofloat 31 (60 g/t) ile kurşun konsantresi almışlardır. Oksitlenmiş minerallerin de yüzdürülebilmesi için bu devrede 100 g/t miktarında sodyum sülfür ilave etmişlerdir. Kurşun devresi artığı 3 kademeli kıvam tanklarına gönderilerek, düzenleyici olarak kireç ve bakır sülfat (500 g/t) kullanıp çinkoyu yüzdürmüşlerdir. 1980'li yıllarda ekonomik rezervin tükenmesi nedeniyle işletme durdurulmuştur (Atak, 1990).



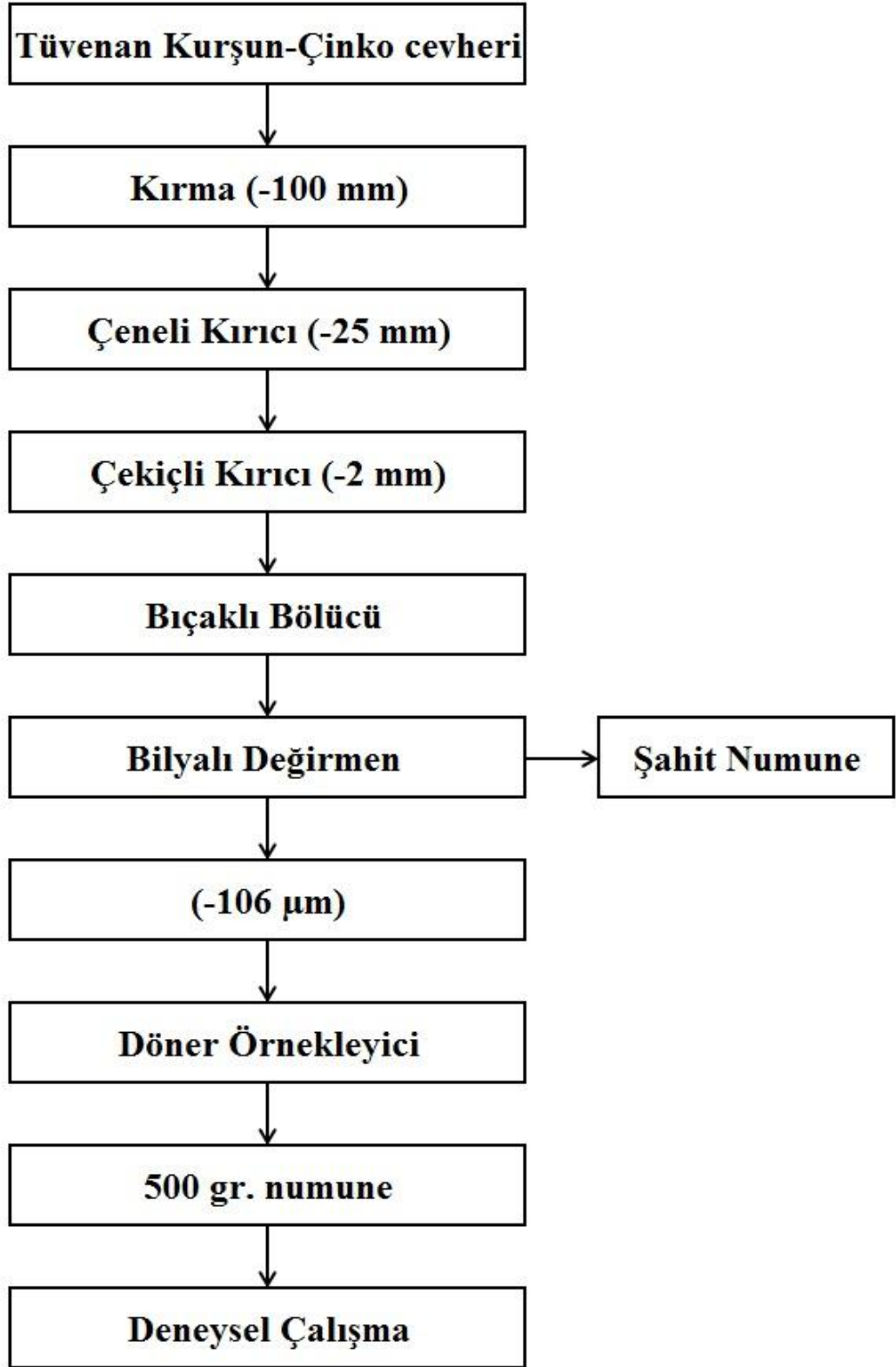
2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Görgü (Cafana) bölgesine ait deneylerde kullanılacak cevher kaba kırma işlemine tabi tutulduktan sonra sırası ile çeneli kırıcı, çekiçli kırıcı ile boyut küçültme işlemine tabi tutulmuş ve daha sonra bilyalı değirmene verilerek -106 µm indirilmiştir. Boyut küçültme işlemi bittikten sonra döner örnekleyici bölücü ile ayırma işlemi yapılmıştır.

Öncelikle kaba kırma işlemi ile -100 mm boyutlarına kadar indirilen cevherden konileme dörtleme yoluyla 1/4 oranında şahit numune ayrılmıştır. 100 mm altına indirilen cevher çeneli kırıcıya beslenmiş ve -25 mm boyutuna kadar indirilmiştir. Bu cevher çekiçli kırıcıya beslenmiş ve -2 mm'ye kadar indirilmiştir. -2 mm boyutlarına indirilmiş olan cevher bilyalı değirmene beslenmiştir. MLA analizi sonucuyla da en iyi olduğuna karar verilen tane serbestleşme derecesi olan -106 µm'luk malzemeler elde edilmiştir. Bu malzemeler döner örnekleyici ile 500 g'lık numunelere ayrılarak poşetlenmiştir. Şekil 2.1'de flotasyon deneyleri için kurşun-çinko örnek hazırlama akım şeması, Şekil 2.2'de deneyde kullanılan bazı cihaz ve aletler verilmiştir. Çizelge 2.1'de ise, deney çalışmalarında kullanılan cihaz ve aletlerin kullanım yeri ve amaçları verilmiştir.

Deneyde kullanılan kurşun-çinko numunelerinin mineralojik bileşenleri ve dokusal özelliklerinin belirlenmesi için; ince ve parlak kesit, XRD, XRF, MLA, tane boyu dağılımı ve elementel içerik analizleri yaptırılmıştır. Yapılan analiz ve sonuçları tezin araştırma ve bulgular bölümünde detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 2.1 Flotasyon deneyleri için kurşun-çinko örnek hazırlama akım şeması.

Çizelge 2.1 Deney çalışmalarında kullanılan cihaz ve aletlerin kullanım yeri ve amaçları

| Cihaz/alet adı | Marka ve model | Kullanım yeri/amacı |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Flotasyon makinası | Denver | Köpük oluşturma |
| pH metre | Metter Toledo | pH ölçümleri |
| Etüv | Nüve FN 500 | Numune kurutma |
| Hassas terazi | Mettler Toledo | Malzeme tartımı |
| Oluklu bölücü | Ünal Müh. ve Mak. Sanayi | Örnek azaltma işlemi |
| Master Sizer | Malvern 2000 Mod | Tane boyut ve oran analiz |
| XRD | Rikagu Miniflexs 600 | Mineralojik analizler |
| XRF | X-MET 8000Expert Geo | Kimyasal analizler |
| Çeneli kırıcı | Çağlayan Mak. Sanayi ve Ticaret | Boyut küçültme |
| Çekiçli kırıcı | Gamak IE2 | Boyut küçültme |
| Bilyalı değirmen | Ünal Müh. ve Mak. Sanayi | Boyut küçültme |
| Elek | Endecotts LTD. | Sınıflandırma |



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.2 Deney çalışmalarında kullanılan bazı cihaz ve aletler
(a) Bilyalı değirmen (b) Çekiçli kırıcı (c) Flotasyon makinası (d) pH metre

2.1.2 Deneyde kullanılan reaktifler

Deneyde kullanılan reaktifler ve bazı özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

- **ZnSO₄ (Çinko Sülfat):** Bastırıcıdır. Pb flotasyon devresinde kontrol reaktifi olarak çinkonun bastırılmasında kullanılmıştır. 500, 1000, 3600, 6500 g/t kullanılmıştır. Sadece Pb flotasyonu aşamasında kullanılmıştır.
- **Na₂S.xH₂O (Sodyum Sülfür, Zırnık):** Bastırıcıdır. Oksitlenmiş sülfürlü mineralleri canlandırmak için kullanılır. Pb flotasyon devresinde 1000, 1200, 1500, 2000, 3000, 3500, 4000, 4800 g/t kullanılmıştır. Zn devresinde ise 200, 500, 800, 1000, 1300, 1500, 2000, 3200, 4800 g/t kullanılmıştır.
- **Na₂S₂O₅ (Sodyum Metabisülfid):** Bastırıcıdır. Pb devresinde 300, 1000, 1500, 2000, 3000, 3400 g/t, Zn devresinde ise 200, 1100, 2000 g/t kullanılmıştır.
- **Na₂SiO₃ (Sodyum Silikat):** Dağıtıcıdır. Özellikle silikatların olması durumunda etkilidir. Pb flotasyon devresinde 500, 1000, 2000 g/t kullanılmıştır.
- **CuSO₄ (Bakır Sülfat):** Çinko aktivatörüdür. Zn devresinde ise 100, 200, 500, 1000, 1200, 2500, 3000 g/t değerlerinde kullanılmıştır.
- **H₂SO₄:** Flotasyonda pH ayarlayıcı olarak kullanılmıştır. Pb devresinde 2400 g/t Zn devresinde ise 400 g/t kullanılmıştır.
- **KAX (Potasyum Amil Ksantat):** Toplayıcıdır. Pb devresinde 20, 40, 100, 140, 200, 400 g/t Zn devresinde ise 30, 60, 100, 140, 200, 250, 300, 500 g/t kullanılmıştır.
- **KEX (Potasyum Etil Ksantat):** Toplayıcıdır. Pb devresinde 400 g/t Zn devresinde ise 300, 500 g/t kullanılmıştır.
- **Armac C (Cocoalkil Amin Asetat):** Toplayıcıdır. Zn devresinde ise 150, 360, 400 g/t kullanılmıştır.
- **CMC (Carboxymethyl Cellulose):** Sfalerit ve kalsit için bastırıcı olarak kullanılmıştır. Pb devresinde 300, 1000 g/t kullanılmıştır.
- **Aero404:** Toplayıcıdır. Pb devresinde 20, 200 g/t, Zn devresinde ise 30, 250 g/t kullanılmıştır.
- **MIBC (Metil izobütil karbinol):** Köpürtücüdür.
- **Kireç (Kalsiyum Oksit):** Bazı deneylerde pH ayarlayıcı olarak kullanılmıştır.
- **Soda:** Bazı deneylerde pH ayarlayıcı ve sabitleyici olarak kullanılmıştır.

Çizelge 2.2 Deneyde kullanılan kimyasallar ve özellikleri

| Kullanılan Kimyasallar | Kimyasal Formülü | Kullanma Amacı |
|--------------------------------|---|---------------------------------|
| Çinko Sülfat | ZnSO ₄ | Bastırıcıdır |
| Sodyum Sülfür (Zırnık) | Na ₂ S | Bastırıcıdır ve canlandırıcıdır |
| Sodyum Metabisülfid | Na ₂ S ₂ O ₅ | Bastırıcıdır |
| Sodyum Silikat | Na ₂ SiO ₃ | Dağıtıcıdır |
| Bakır Sülfat | CuSO ₄ | Canlandırıcıdır |
| Hidrojen Sülfür | H ₂ SO ₄ | pH ayarlayıcı |
| Potasyum Amil Ksantat | KAX | Toplayıcıdır |
| Potasyum Etil Kstantat | KEX | Toplayıcıdır |
| Karboksi Metil Selüloz | CMC | Bastırıcı |
| Aero 404 | | Toplayıcıdır |
| Metil İzobütil Karbinol | MIBC | Köpürtücüdür |
| Kireç | CaO | pH ayarlayıcı ve sabitleyici |
| Soda | NaCO ₃ | pH ayarlayıcı |

2.2 Metod

Görgü (Cafana) bölgesine ait olan numeneler ile flotasyon deneyleri her deneyden en az iki tane yapılmış ve sonuçlarda ortalamaları alınmıştır. Flotasyon deneyleri kademeli olarak gerçekleştirilmiş olup kullanılan flotasyon makinası, devir hızı 1100 dev/dk sabit tutulmuştur. Deneylerde kullanılan kimyasallar değiştirilmiş ve kullanılan bütün kimyasallar günlük olarak hazırlanarak kullanılmıştır. Denver flotasyon makinasında yapılan kademeli flotasyon çalışmalarında -106 µm tane boyutunda 500 g'lık numune ile flotasyon gerçekleştirilmiştir. Flotasyon deneyleri % 25 katı oranında 1,5 lt kapasiteli hücre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Genel flotasyon parametleri farklı olup kaba flotasyon standart deneyi örnek olarak aşağıda Şekil 2.3'de anlatılmıştır. Şekil 2.4'de kurşun flotasyonu, Şekil 2.5'te ise çinko flotasyonuna ait görseller verilmiştir.

İlk olarak 500 gr numune 450 ml su ile 15 dk koşullandırılmıştır. Deneyin kurşun devresinde 1000 g/t ZnSO₄, 1000 g/t Na₂S, 40 g/t KAX mikro pipetlerle ilave edilmiş ve pH 10'da kireç eklenerek tutulmaya çalışılmıştır. 2,5 dakika koşullandırma ve 4 dakika köpük alma işlemi uygulanmıştır. Çinko devresinde ise 500 g/t CuSO₄ ve 60 g/t KAX mikro pipetlerle eklenip pH 11,5'de kireç ilavesi ile tutularak 1,5 dakika koşullandırma ve 5 dakika köpük alma işlemi uygulanmıştır. Ayrıca bazı çinko devresi flotasyonlarında yüzdürme işleminden önce şlam atımı yapılmıştır. 38 µm elekten geçirilen pülpün +38 µm tane boyutu flotasyon hücresine beslenerek yüzdürme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Flotasyon ile alınan kurşun ve çinko konsantre ürünleri ayrı kaplarda toplanıp 60 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan malzemeler saklama poşetlerine alınıp kimyasal analize gönderilmiştir. Yapılan deneyler ve deney koşulları ek olarak raporun sonunda verilmiştir.

1. Deneyde kullanılan kimyasallar:

Na₂S = 50 g/L çözelti

ZnSO₄ = 50 g/L çözelti

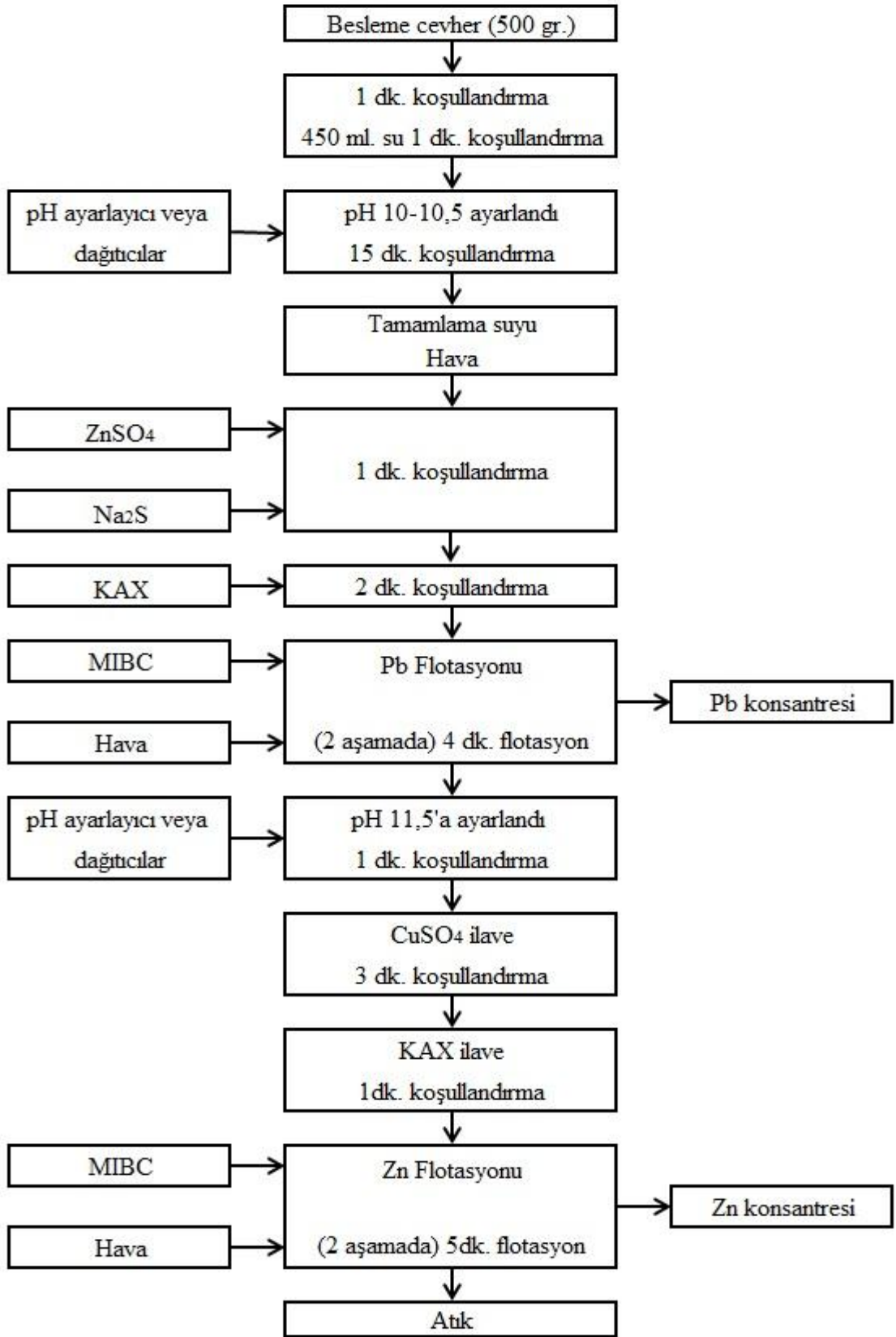
CuSO₄ = 50 g/L çözelti

KAX = 10 g/L çözelti

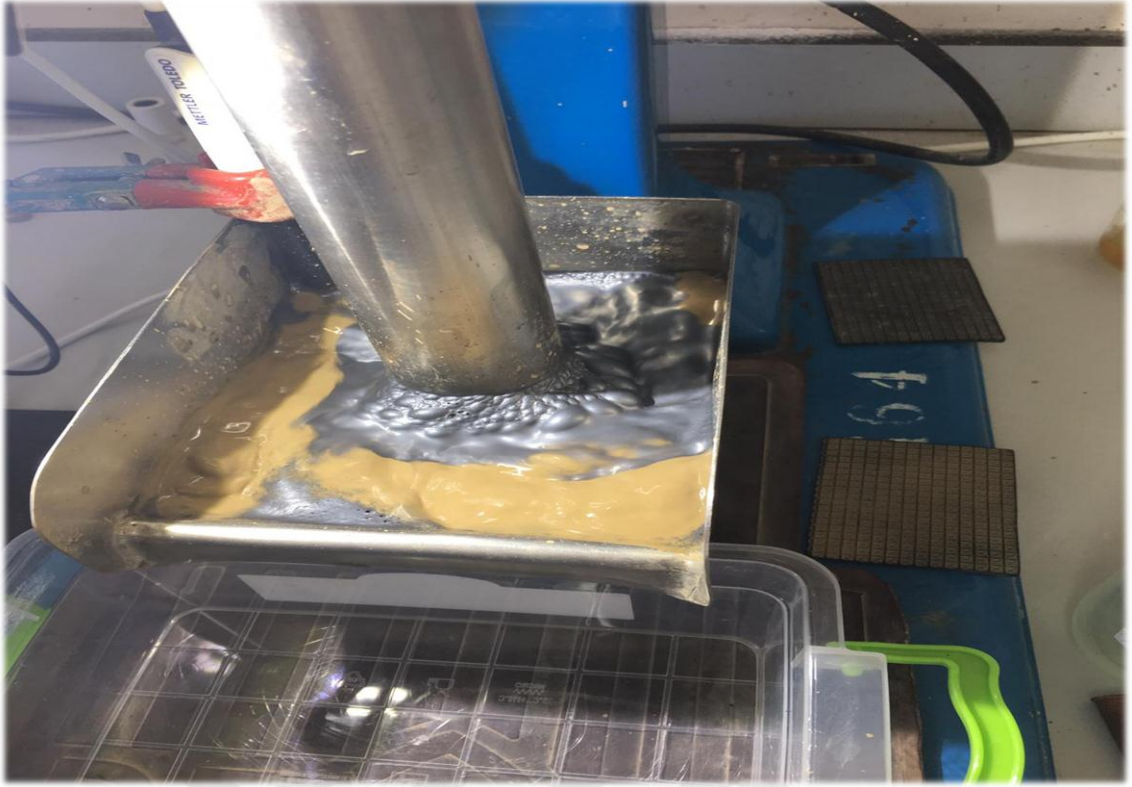
MIBC = damla olarak

Kireç toz olarak

Saf su



Şekil 2.3 Deney genel akım şeması.



(a)



(b)

Şekil 2.4 Kurşun flotasyonu.



Şekil 2.5 Çinko flotasyonu.

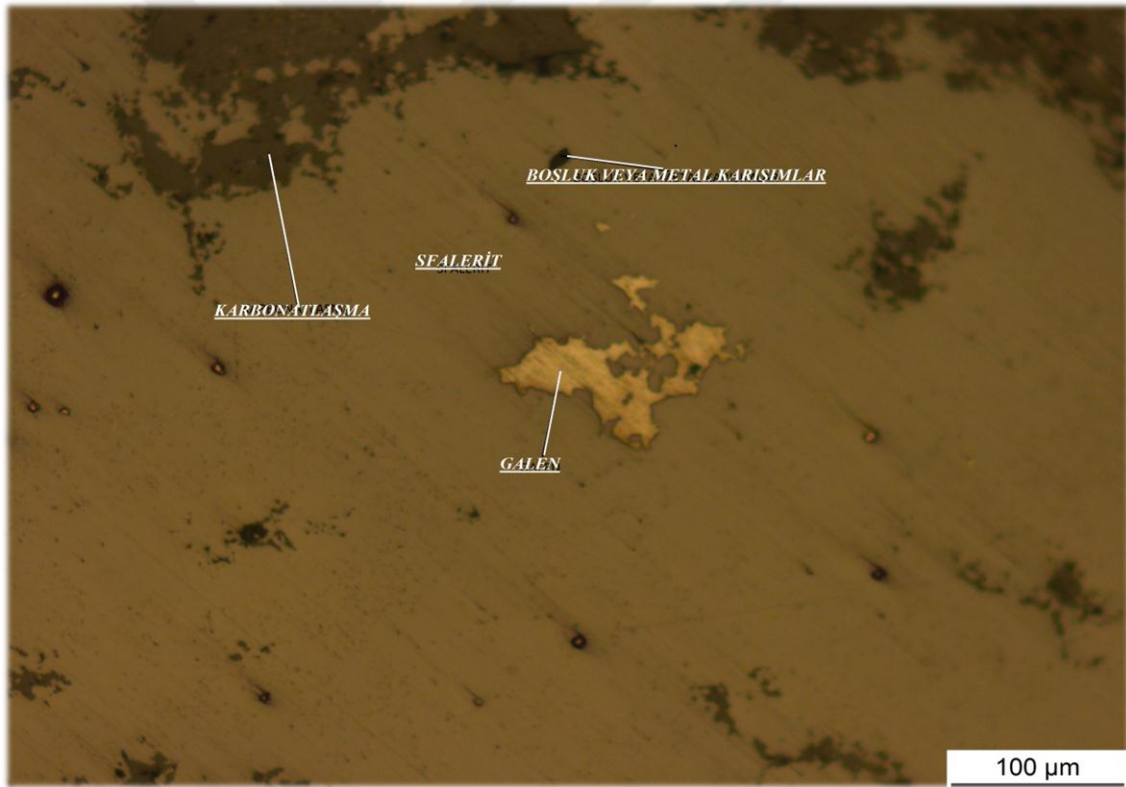
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Cevher Örneği Karakterizasyonu

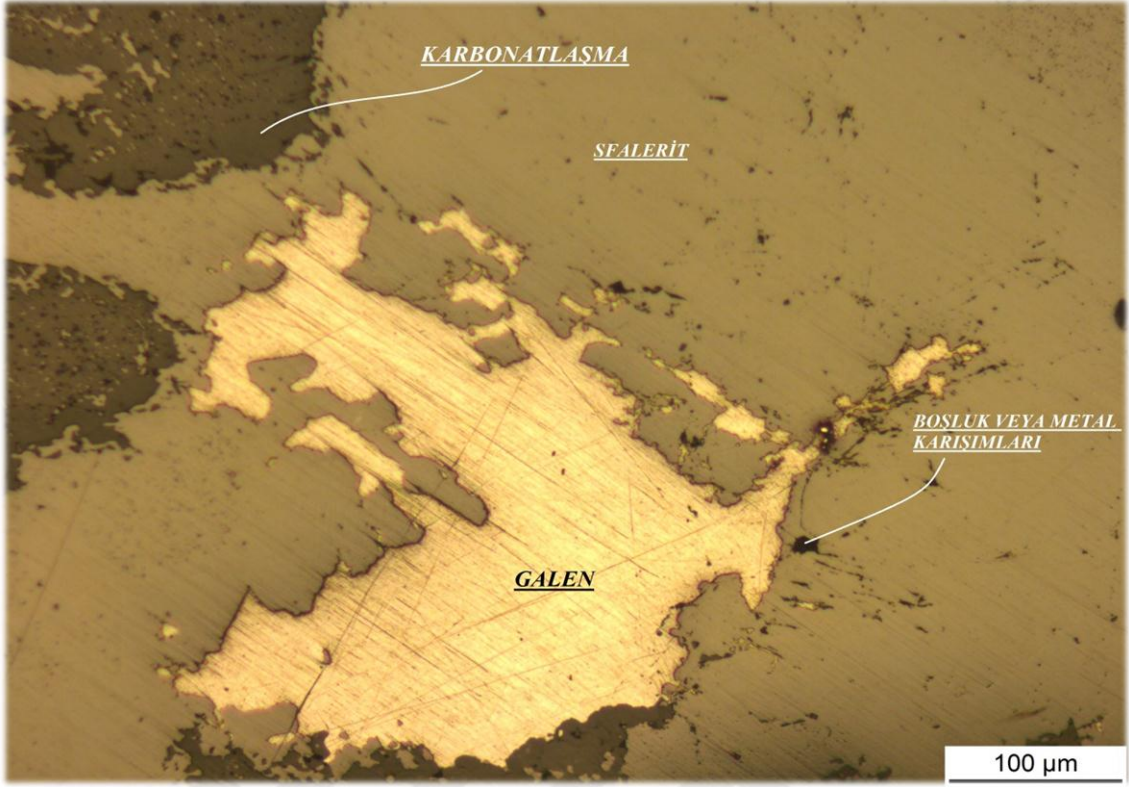
3.1.1 Petrografik analizler

Parlak kesit

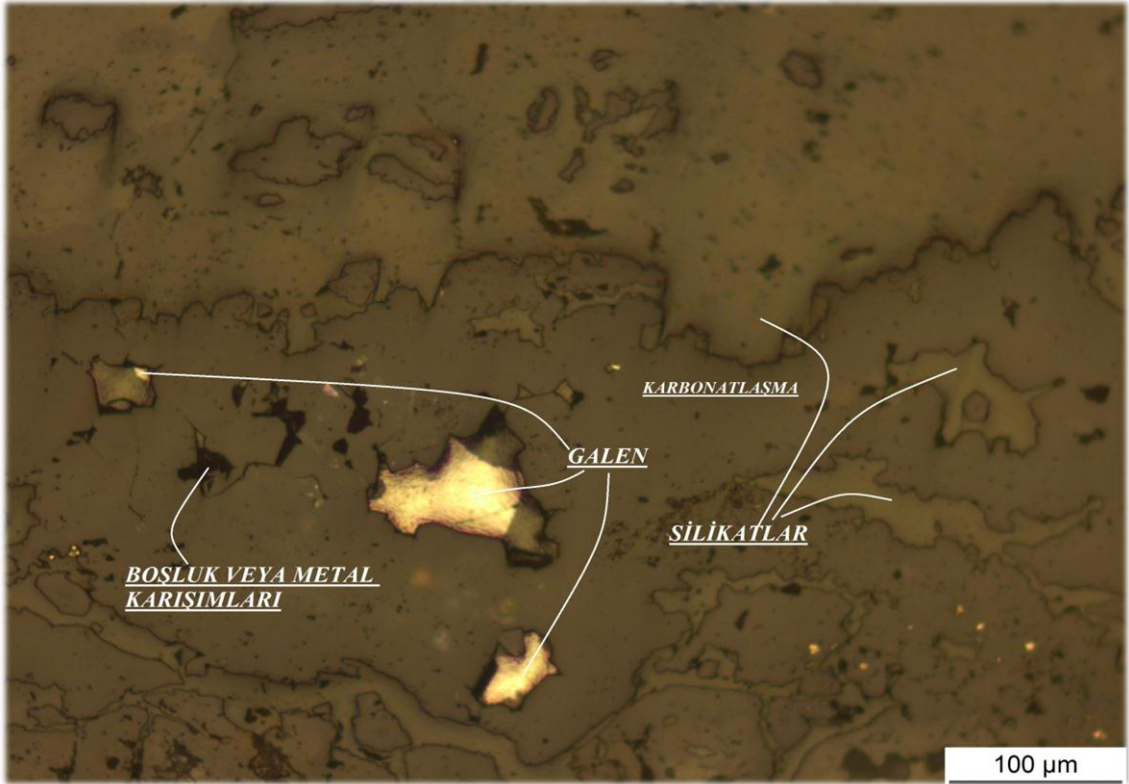
Deneylerde kullanılan kurşun-çinko örneği; Görgü (Cafana-Malatya) bölgesindeki yataklardan alınmış olup bu örneklerin mineralojik bileşimleri ve dokusal özelliklerinin belirlenmesi için Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında incelenen parlak kesit ve ince kesit örneklerinde izlenen cevherleşmeleri pirit (FeS_2), sfalerit (ZnS), galen (PbS), simitsonit (ZnCO_3) ve seruzit (PbCO_3)'dir. Numunelerde karbonatlaşma yaygın şekilde gözükmemektedir. Kayaç genelinde alterasyonlar mevcuttur. Aynı zamanda numunelerde silikatlar da yaygın olarak gözükmemektedir. Aşağıda parlak kesit görüntüleri verilmiştir.



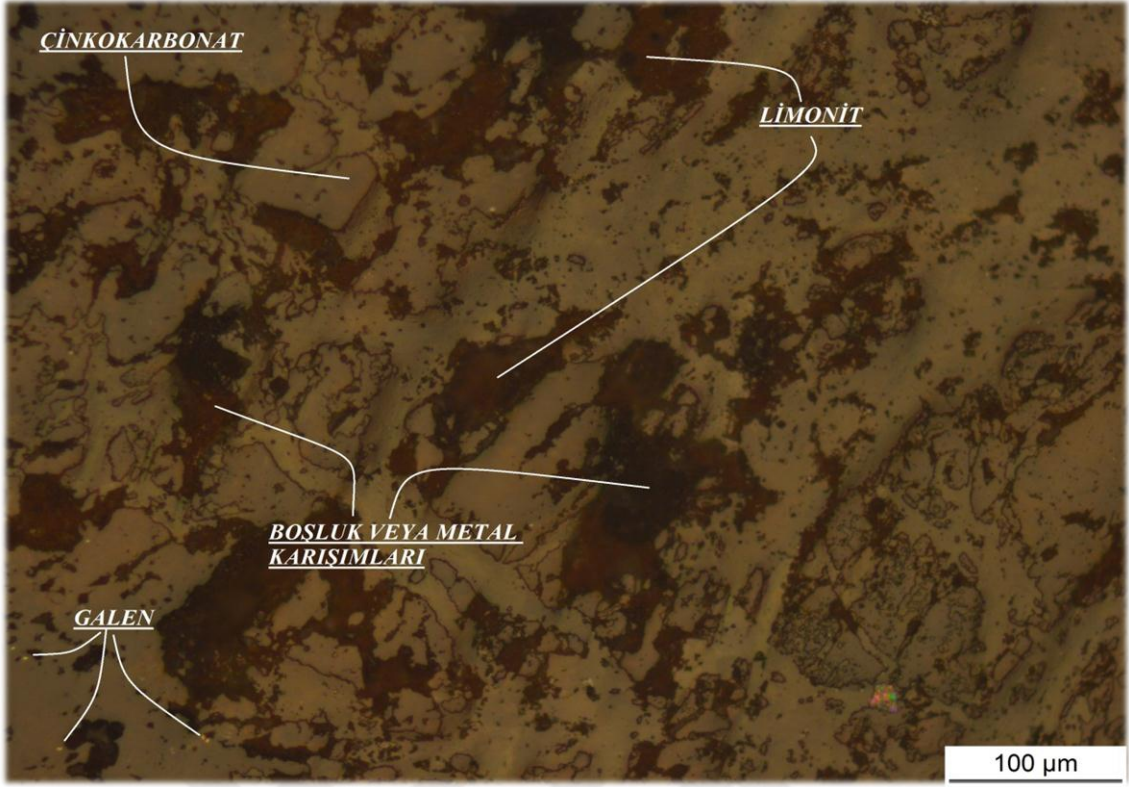
Şekil 3.1 Parlak kesit numunesi üzerinde sfalerit içerisinde galen mineralleri.



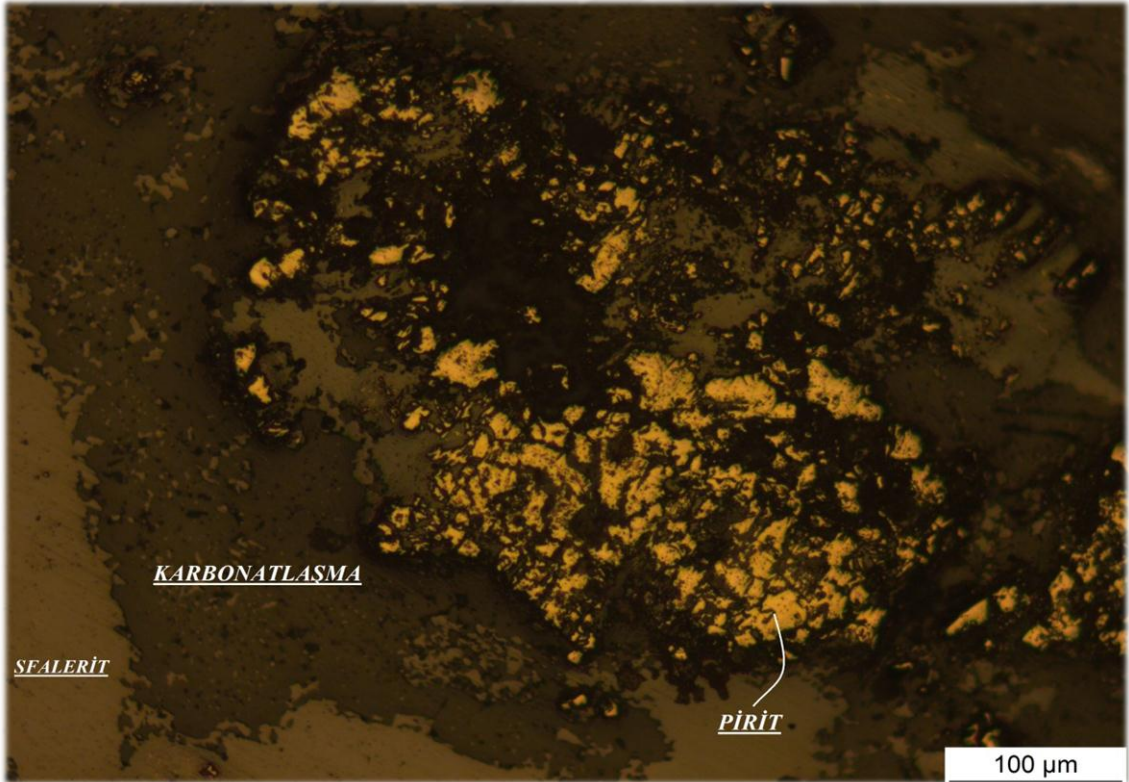
Şekil 3.2 Parlak kesit numunesi üzerinde galen, sfalerit ve karbonatlaşma.



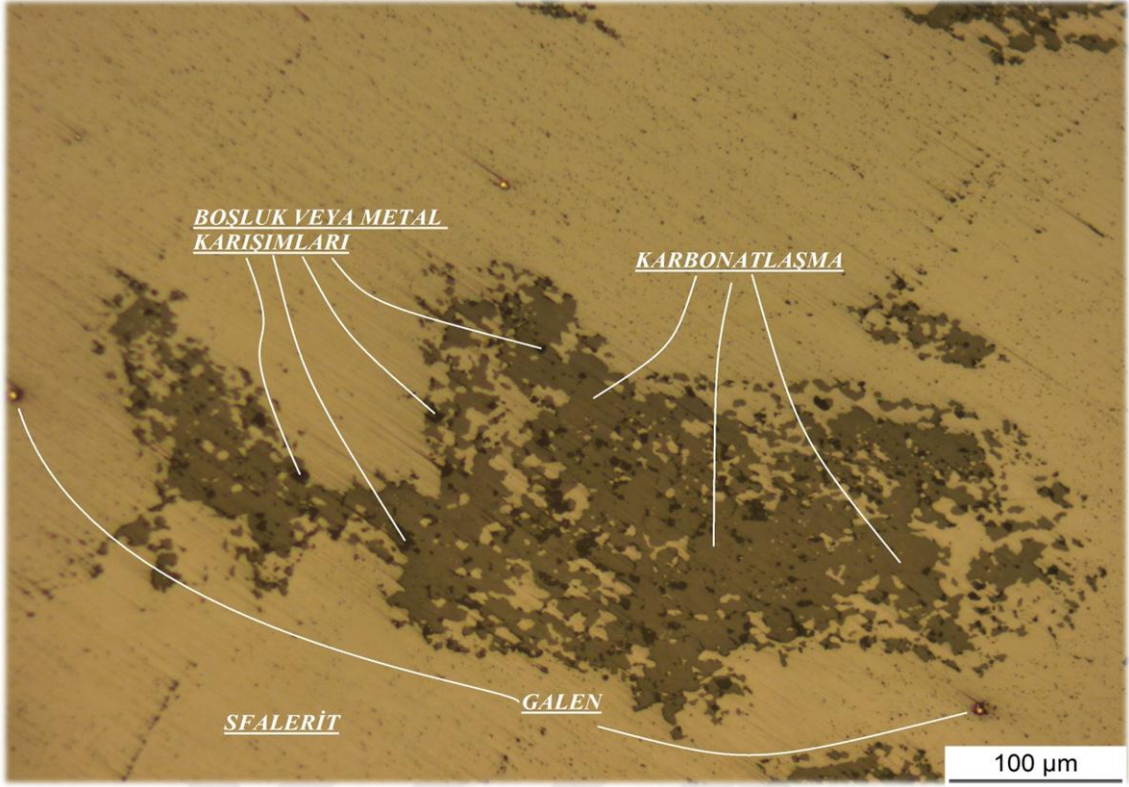
Şekil 3.3 Parlak kesit numunesi üzerinde galen ve silikat mineralleri.



Şekil 3.4 Parlak kesit numunesi üzerinde galen, limonit kesitleri.



Şekil 3.5 Parlak kesit numunesi üzerinde sfalerit ve pirit mineralleri.



Şekil 3.6 Parlak kesit numunesi üzerinde karbonatlaşma, galen ve sfalerit.

İnce Kesit

Görgü (Cafana) bölgesinden alınan numunelerin Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yapılan dört adet ince kesit mikroskopik inceleme sonuçları aşağıdaki verilmiştir ve ince kesit numunelerinde barit ve kuvars kristal zincirleri izlenmiştir.

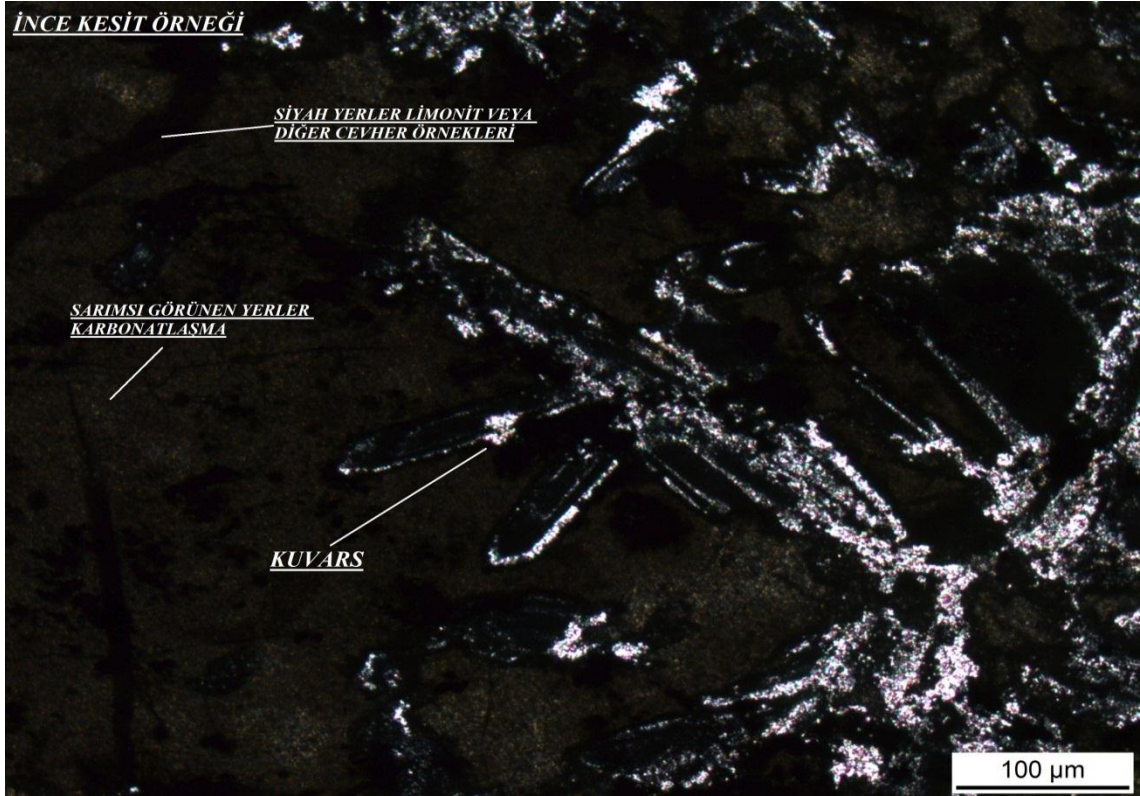
1 nolu ince kesit: Cevher minerali çok yaygın volkanik kayadır. İnce prizmatik latalar halindeki plajiyoklas ve mikrolitik kuvarstan oluşmuştur. Plajiyoklaslar da alterasyon gözlenmektedir ve Şekil 3.7’de bir nolu ince kesit görüntüsü aşağıda verilmiştir.

2 nolu ince kesit: Kayaç karbonatlı bir kayadır. Kayaç değişik boyutlu, öz şekilsiz ve genellikle dilinimsiz ancak yer yer çift yönlü dilinimlidir. Kalsit minerallerinden oluşmuştur. Kayaçta çatlaklanma görülmektedir ve bu çatlaklar boyunca ikincil kalsitler ve silis oluşumları görülmektedir. Cevherleşme kesit içinde yaygın miktarda bulunmaktadır ve aşağıda Şekil 3.8’de iki nolu ince kesit görüntüsü verilmiştir.

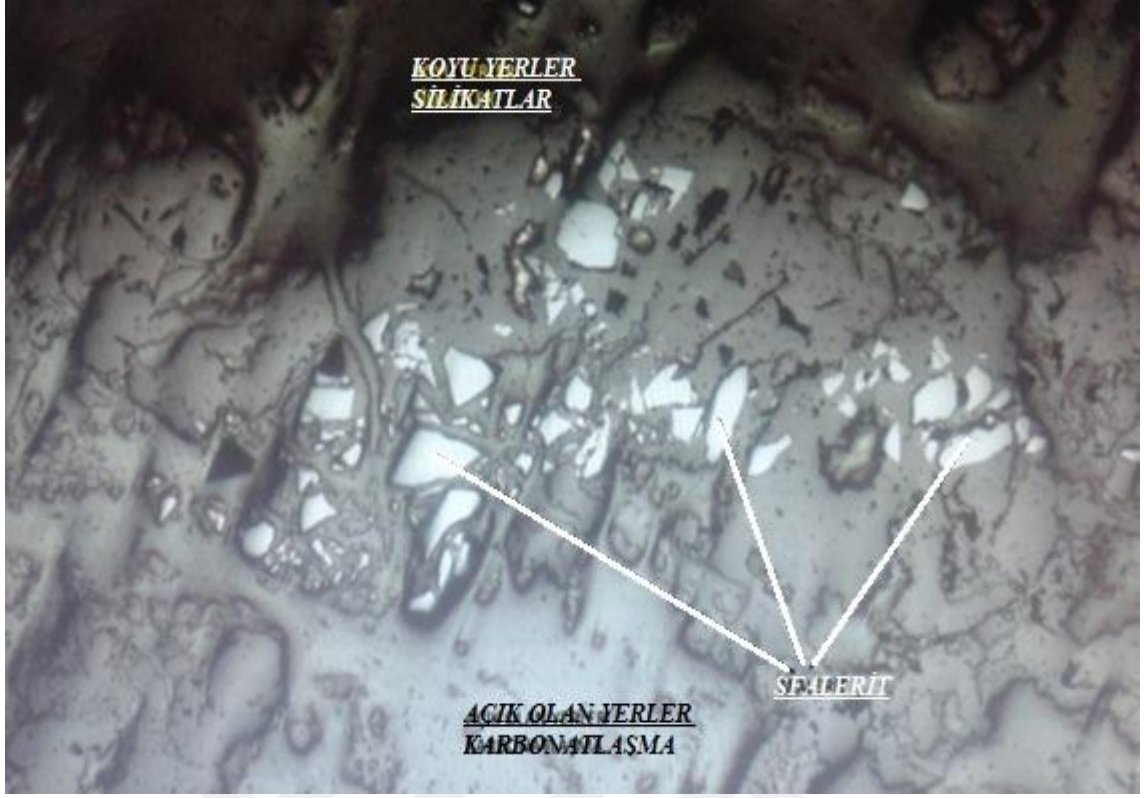
3 nolu ince kesit: Kayaçta karbonatlaşma çok yaygın ve kayaç ince tanelidir. Mineraller yer yer dilinimlidir. Ana kayaçta % 5’in altında plajiyoklas gözükmemektedir. Kayaç

genelinde alterasyon yaygındır. Plajiyoklaslarda seruzitleşme gözükmemektedir. Bu incelenen örnekte cevher minerali baskın değildir. Kayaç genelinde oksitlenme yaygındır. Bazı plajiyoklaslarda kristallerinin kenarları boyunca kemirilmiş-yenmiş şekilde oksitlenmeler gözlenmektedir ve aşağıda Şekil 3.9'da üç nolu ince kesit görüntüsü verilmiştir.

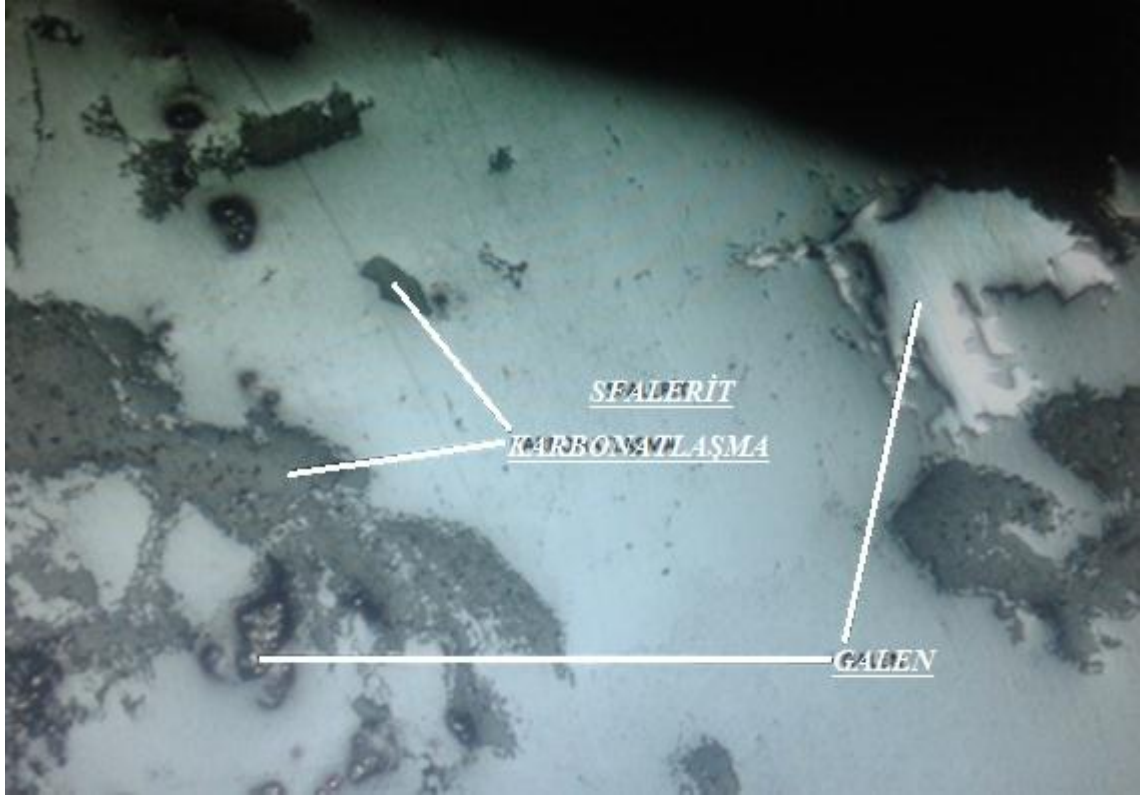
4 nolu kesit: Kayaçta cevher minerali ve alterasyon yoğun şekilde gözükmemektedir. Volkanik bir kayaçtır. Üst şekilsiz plajiyoklas mineralleri yer yer ışınal (variyoitik) dokulu, yer yer de porfirik dokulu bir görünüme sahiptir. Kayaçta ikincil olarak gelişen karbonat (kalsit) ve kuvarslar bulunur ve aşağıda Şekil 3.10'da dört nolu ince kesit görüntüsü verilmiştir.



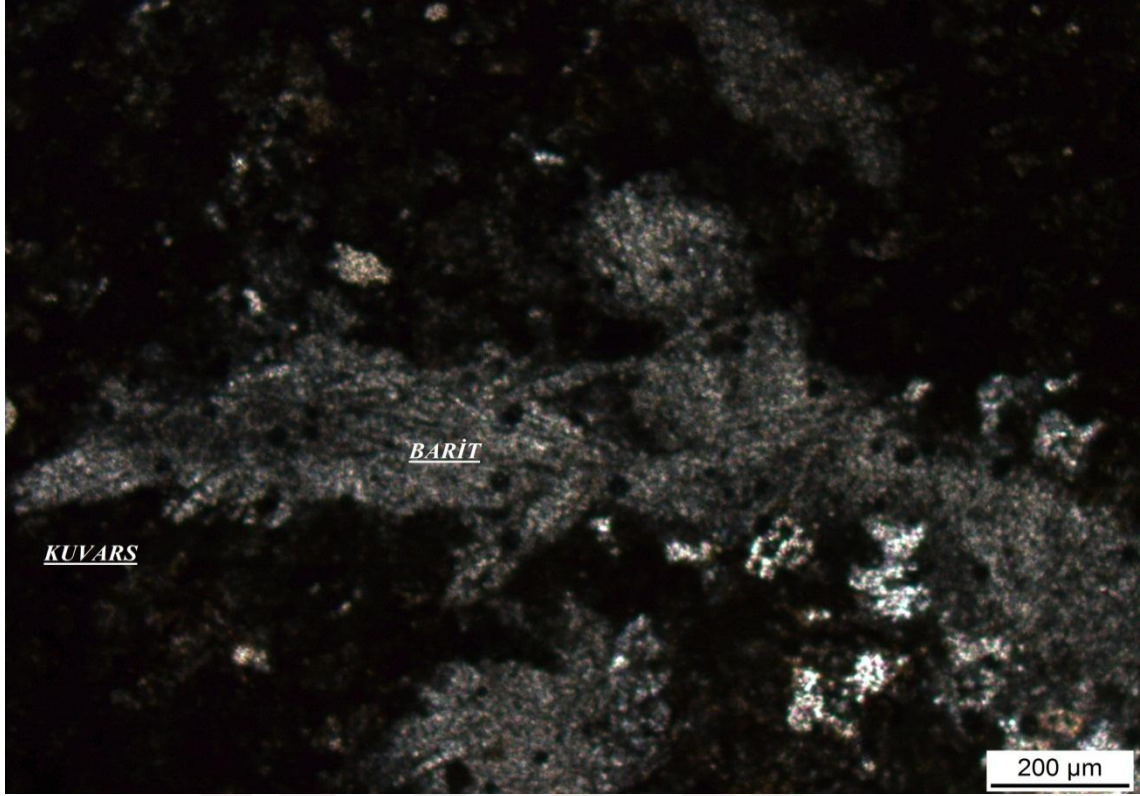
Şekil 3.7 Bir nolu ince kesit görüntüsü.



Şekil 3.8 İki nolu ince kesit görüntüsü.



Şekil 3.9 Üç nolu ince kesit görüntüsü.



Şekil 3.10 Dört nolu ince kesit görüntüsü.

3.1.2 MLA analizleri ve sonuçları

Cevher numunesine ait örneklerin serbestleşme dereceleri analizleri, MTA Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi Başkanlığı tarafından (2017) yapılmıştır. FEI MLA 650 cihazı üzerinde çalışan MLA Suite 3.1 sistem yazılımı ve Bruker Xflash Dual EDS sistemi ile yapılmıştır. 3 adet numune üzerinden mineralin serbestleşme derecesi analizi (MLA) yapılarak numuneye ait kantitatif model mineralojik analiz değerleri, mineral serbestleşme derecesi değerleri ve parçacık parametrelerine ait bilgiler ve görseller aşağıda verilmiştir.

MLA Analizleri: Belirli fraksiyonlara ayrılmış toz haline getirilmiş numune, ilk olarak mikro çeyrekleyici (rotary riffer) cihazı kullanılarak çeyreklenmiştir. Çeyreklenen temsili numuneler ile soğuk kalıplama reçinesi (br. Reçine+1 br. sertleştirici), 30 milimetrik kalıplara dökülerek karıştırılmış ve oda sıcaklığında katılaşması beklenmiştir. Tamamen katılaşmış numuneler kalıplardan çıkarılarak, otomatik aşındırma-parlatma makinesi kullanılarak yaklaşık 8 aşamada yüzeyleri parlatılmıştır.

MLA cihazına yerleştirilmeden önce, parlatılmış numunelerin yzeyleri karbon ile kaplanarak analize uygun hale getirilmiştir.

Numuneler cihaza yerleştirilip gerekli kontrol ve kalibrasyonlar yapıldıktan sonra, cihaz okumaya bırakılmıştır. Bu aşamada tım fraksiyonlardaki parçacıklardan otomatik olarak BSE (BackScatteredElectron) görüntüleri alınarak, her parçacık üzerindeki farklı bileşime sahip noktaların kimyasal analiz (EDS) verileri toplanmıştır. Cihaz tarafından otomatik olarak verilerin toplanmasından sonra tım fraksiyonlarda kullanıcı tarafından sırasıyla; mineral tanımlama, gruplandırma, sınıflandırma, tanımlanamayan parçacıkların (Unknown, Low-Counts, No-Xray) tanımlanması, suni kenetli parçacıkların ayrılması işlemlerine geçilmiştir. Son aşamada ise mineral referans, model mineraloji, hesaplanmış teorik elementsel içerik, elementsel dağılım, mineral serbestleşmesi ve diğer veriler üretilmiş ve rapor hazırlanmıştır.

MLA analiz sonuçlarının değerlendirilmesi:

MLA analiz sonuçları değerlendirilirken modal mineralojik bileşim, hesaplanmış teorik elementsel içerik, elementsel dağılım ve Dolomit, Galenit, Simitsonit, Siderit, Pirit, Sfalerit, Pb_Kalsit ve Zn_Dolomit mineralleri için oluşturulan mineral serbestleşme derecesi tabloları dikkate alınmıştır.

Model mineralojik analiz tablolarına bakıldığında;

Tım numunelerde Dolomit, Galenit ve Simitsonit minerallerinin baskın mineraller olduğu dikkati çekmektedir. Diğer mineralleri, numunelere göre değişen miktarda Zn_Dolomit ve Kalsit ve diğer cevher ve gang mineralleri oluşturmaktadır. Sadeleştirilmiş model mineralojik bileşim Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Hesaplanmış teorik elementsel içerik tablolarına bakıldığında;

Tım numunelerdeki elementsel Pb, Zn ve Fe miktarı değişimlerinin, bunları içeren minerallerin toplam model miktarındaki değişime paralellik gösterdiği dikkati çeker. Numunelerdeki Pb değeri %4,5-5, Zn değeri %7,5-8, Fe değeri % 3,51-3,96 arasında değişmektedir.

Elementsel dağılıma bakıldığında;

Tım numunelerde, toplam elementsel Pb değerinin büyük bir kısmının Galenit mineral kaynaklı olduğu görölmektedir. Galenit mineralinin toplam elementsel Pb değerine

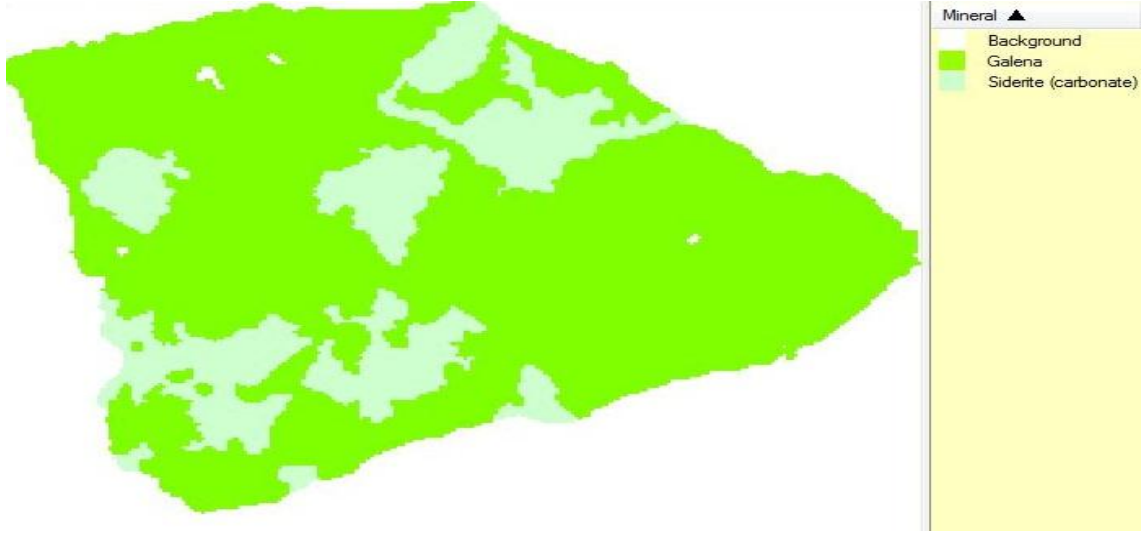
katkısı % 96,38 ile % 97,19 arasında değişmektedir. Toplam elementsel Zn değerinin büyük bir kısmının Simitsonit mineral kaynaklı olduğu görülmektedir. Simitsonit mineralinin toplam elementsel Zn değerine katkısı % 70,28 ile % 72,35 arasında değişmektedir. Toplam elementsel Fe değerinin büyük bir kısmının Siderit ve Fe_oksit mineral kaynaklı olduğu görülmektedir. Siderit mineralinin toplam Fe değerine katkısı % 36,88 ile % 41,75 arasında değişmektedir.

Çizelge 3.1 Sadeleştirilmiş model mineralojik bileşim MLA sonuçları

| | | İRİ | ORTA | İNCE |
|------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|
| Dolomit | CaMg(CO ₃) ₂ | 29,97 | 29,52 | 27,46 |
| Galenit | PbS | 9,83 | 12,37 | 15,48 |
| Simitsonit | Zn(CO ₃) | 20,70 | 18,27 | 17,83 |
| Diğer | | 39,50 | 39,84 | 39,23 |
| Toplam | | 100 | 100 | 100 |

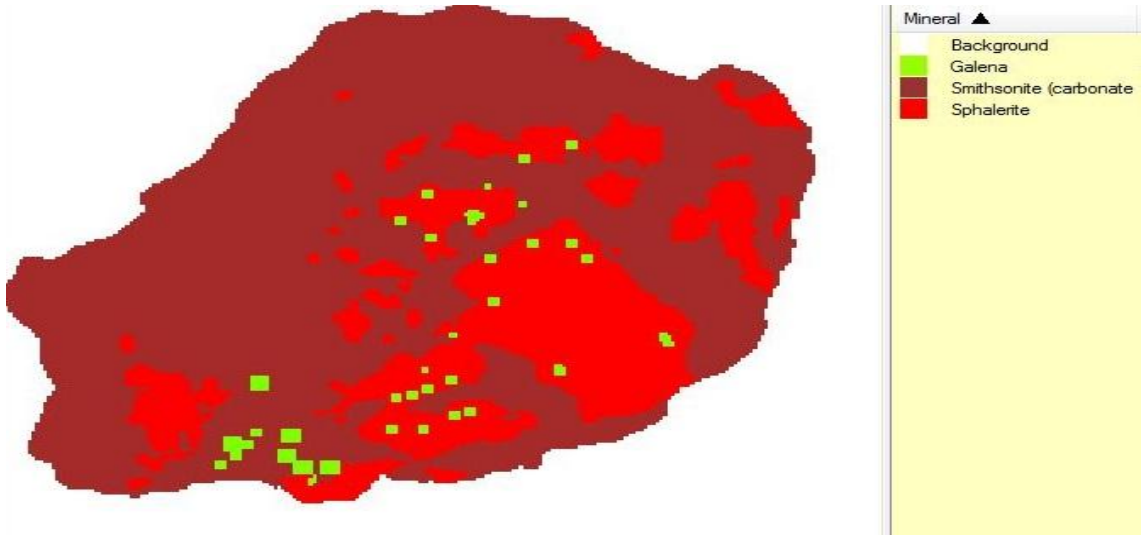
Mineral serbestleşme tablolarına bakıldığında;

Dolomit mineralinin, “İri (-106+75 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 71,93, “Orta (-75+53 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 71,38, “ İnce (-53+38µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 71,65 olarak belirlenmiştir. Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Zn_Dolomit ve Kalsit, değişen daha az oranlarda diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır. Galenit mineralinin, “İri (-106+75 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 70,02, “Orta (-75+53 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 77,04, “ İnce (-53+38µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 82,53, olarak belirlenmiştir. Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Siderit, Simitsonit ve Zn_Dolomit, değişen daha az oranlarda Dolomit ve diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır. Şekil 3.11’de görüldüğü gibi galen mineralinin serbestleşme derecesi verilmiştir.



Şekil 3.11 Galen mineralinin imaj görüntüsü.

Simitsonit mineralinin, “İri (-106+75 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 72,01, “Orta (-75+53 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 73,37, “İnce (-53+38 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 75,12, olarak belirlenmiştir. Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Zn_Dolomit ve Galenit, değişen daha az oranlarda Dolomit, Muskovit ve diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır ve aşağıda Şekil 3.12’de simitsonit mineralinin serbestleşme derecesi verilmiştir.

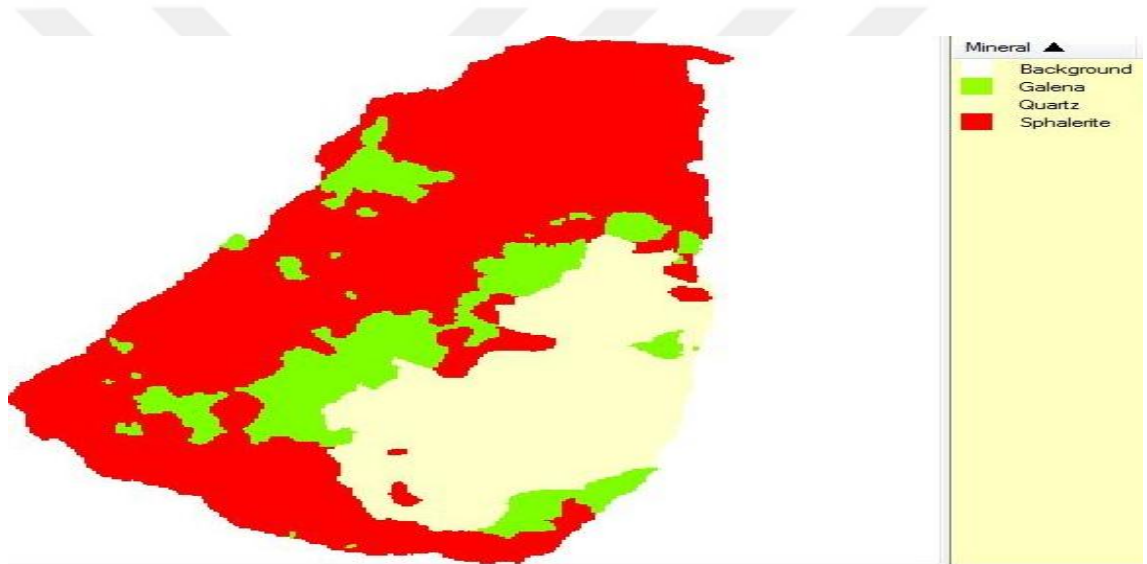


Şekil 3.12 Simitsonit mineralinin imaj görüntüsü.

Siderit mineralinin, “İri (-106+75 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 54,89, “Orta (-75+53 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 55,72, “İnce (-53+38 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 52,89, olarak belirlenmiştir.

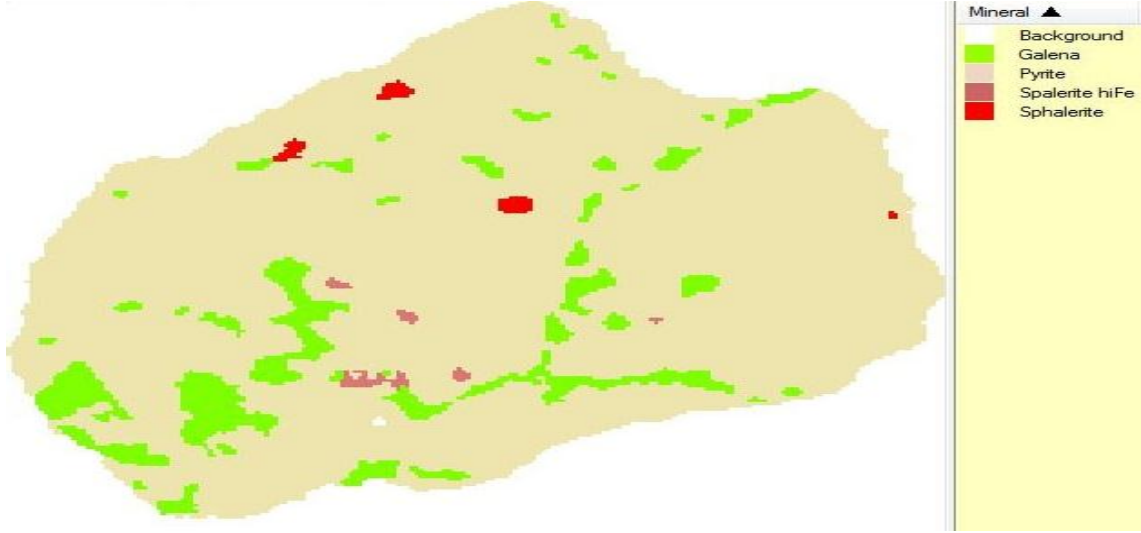
Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Galenit ve Fe_oksit, değişen daha az oranlarda Kalsit, Pb-Fe_oksit ve diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır.

Sfalerit mineralinin, “İri (-106+75 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 65,43, “Orta (-75+53 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 70,02, “ İnce (-53+38 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 72,82, olarak belirlenmiştir. Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Galenit ve Dolomit, değişen daha az oranlarda Barit, Simitsonit ve diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır ve aşağıda Şekil 3.13’de sfalerit mineralinin serbestleşme derecesi verilmiştir.



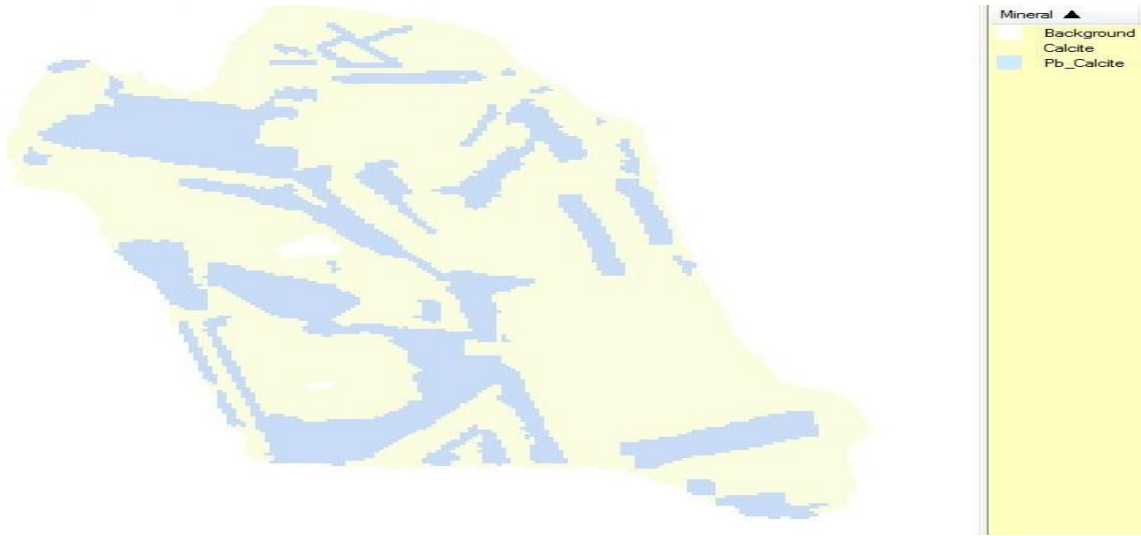
Şekil 3.13 Sfalerit mineralinin imaj görüntüsü.

Pirit mineralinin, “İri (-106+75 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 25,76, “Orta (-75+53 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 31,90, “ İnce (-53+38 μm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 41,63, olarak belirlenmiştir. Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Galenit ve Muskovit, değişen daha az oranlarda Siderit, Kuvars, Jarosit ve diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır. Şekil 3.14’de pirit mineralinin serbestleşme derecesi gösterilmektedir.



Şekil 3.14 Pirit mineralinin imaj görüntüsü.

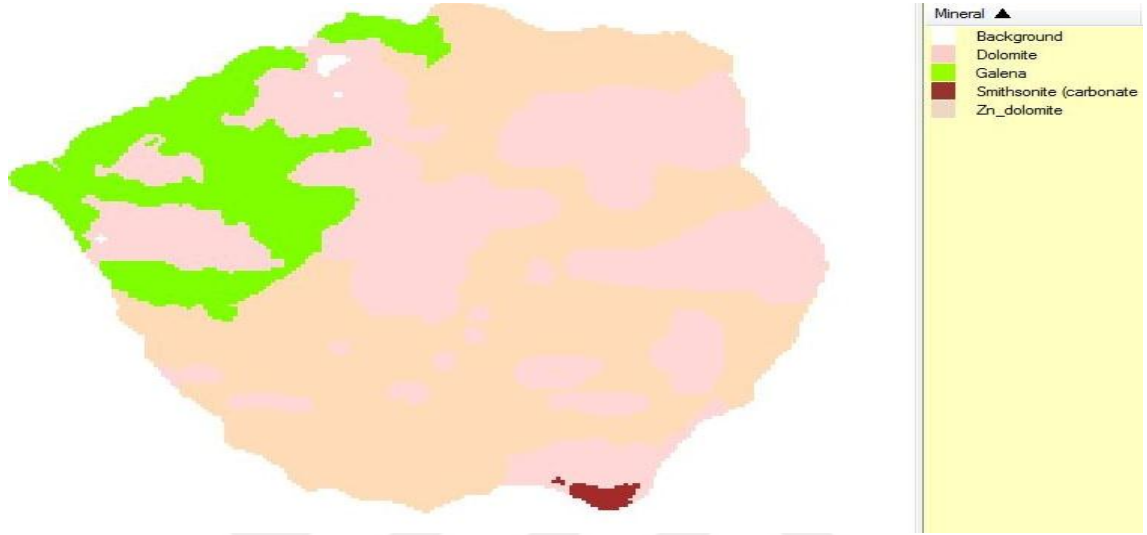
Pb_Kalsit mineralinin, “İri (-106+75 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 17,20, “Orta (-75+53 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 18,45, “İnce (-53+38µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 19,15, olarak belirlenmiştir. Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Kalsit ve Dolomit, değişen daha az oranlarda Zn_Dolomit, Siderit ve diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır ve aşağıda Şekil 3.15’de Pb_Kalsit mineralinin serbestleşme derecesi verilmiştir.



Şekil 3.15 Pb_Kalsit mineralinin imaj görüntüsü.

Zn_Dolomit mineralinin, “İri (-106+75 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 32,94, “Orta (-75+53 µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 31,96, “İnce (-53+38µm)” fraksiyon boyutunda serbestleşme derecesi % 36,06, olarak

belirlenmiştir. Mineral ikili veya üçlü kenetlenmeleri başlıca Dolomit ve Simitsonit, değişen daha az oranlarda Galenit, Pb-Fe_oksit ve diğer cevher mineralleri ve gang mineralleri ile yapmaktadır ve aşağıda Şekil 3.16'da Zn_Dolomit mineralinin serbestleşme derecesi verilmiştir.



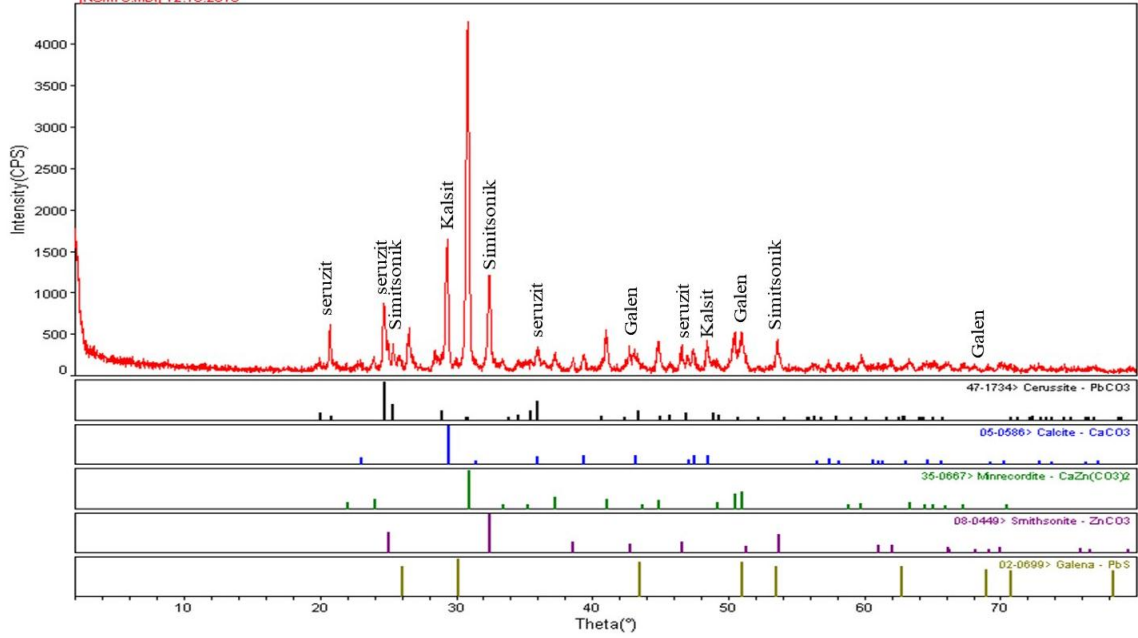
Şekil 3.16 Zn_Dolomit mineralinin imaj görüntüsü.

MLA analizleri sonucunda, minerallerin serbestleşme derecesi ve kenetlilik durumlarının güvenilir ve doğru bir şekilde üretilebilmesi için, hazırlama süreçlerinden (kırma, öğütme, eleme, fraksiyonlara ayırma, çeyrekleme, soğuk kalıplama, vb.) ve mineralojik bileşiminden kaynaklı topaklanma ve suni kenetliliğin mümkün olduğunca az olması gerekmektedir. Topaklanma eğilimi genellikle 30 µm altındaki fraksiyon aralıklarında görüldüğünden, bu çalışmada “İnce (-53+38 µm)” işaretli numune de, söz konusu topaklanma ve suni kenetliliğin önüne geçebilmek amacıyla, numuneye yukarıda verilen miktarlarda grafit eklenmiştir.

3.1.3 XRD

XRD analizinde kullanılan X ışınları ultraviyole ışınlardan daha kısa, gama ışınlarından daha uzun dalga boylarına sahip ışınlardır. X ışınları difraktometresinde malzeme üzerine gönderilen X ışınları düzenli kristal yapı tarafından kırınıma uğrar. Kırınımın olabilmesi için atomlar arası uzaklığın X ışınlarının dalga boyuyla eşit büyüklükte olması ve ışını kıran yapıların çok düzgün olması gerekmektedir. X ışınları malzemenin kristal yapısına göre belirli açılarda ve belirli şiddetlerde kırınıma uğrar. Bu veriler kullanılarak XRD kırınım spektrumları çizilir. Spektrumlardaki pik yükseklikleri ve

genişliklerinden fazların derişimleri ve kristal boyutları hesaplanabilir. Pikler her kristal yapı için parmak izi gibi kendisine özgüdür (Skoog vd., 2007). Şekil 3.17’de cevher numunesine ait XRD analiz görüntüsüne ulaşılmıştır. Analiz sonuçlarında galen, simitsonit, kalsit ve seruzit minerallerine rastlanmıştır.



Şekil 3.17 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesine ait XRD analizi.

3.1.4 XRF

X-ışınları Floresans (XRF) spektroskopisi elemental kompozisyonu belirlemede kullanılan önemli yöntemlerden biri olan XRF kantitatif (nicel) analiz yapar. Numuneye ait belirli tane boyutundaki örneklerde yapılan XRF sonucuna göre cevher içerisinde Pb % 4,5-5 arasında bulunurken Zn % 7,5-8 arasında değer almaktadır. Cevherin içerisinde ayrıca Cu, Ni, Ti, Mn mineralleri de bulunmaktadır. Aşağıda Çizelge 3.2’de Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesine ait XRF analizi sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 3.2 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesine ait XRF analizi

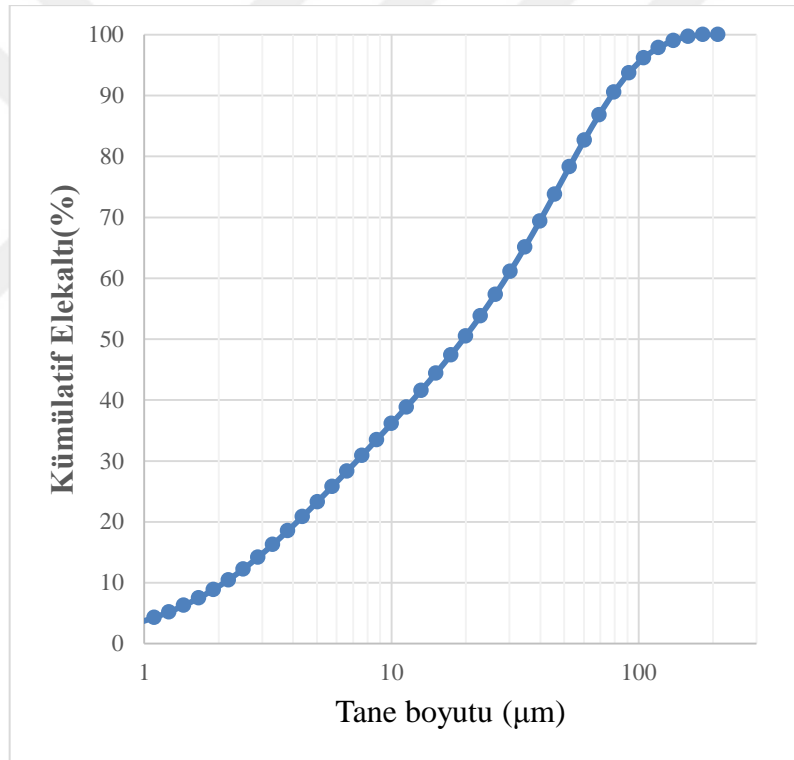
| | <i>Pb</i> | <i>Zn</i> | <i>Ti</i> | <i>Mn</i> | <i>Ni</i> | <i>Cu</i> |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (106 m) numune | 4,43 | 7.69 | 0,270 | 0,325 | 0,024 | 0,022 |

3.1.5 Tane boyu dağılımı

Tane boyut analizi, özellikle serbestleşmenin belirlenmesi, kırma, öğütme ve sınıflandırma gibi birim işlemlerin tasarımında, performans analizinde veya prosesin kontrol aşamalarında başvurulan bir alettir.

Tane boyut dağılımının tayinini için genellikle eleme, elütrasyon, sedimentasyon, elektriksel direnç, mikroskop, mikroelek, lazer ışını saçınımı gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu deneyde tane boyu analizi Mastersizer 2000 cihazı ile dinamik ışık saçılımı yöntemi ile yapılmıştır ve ortalama tane boyu 20 μm 'a denk gelmekte olup malzemenin yaklaşık % 95'i 106 μm 'nin altındadır. Analiz sonuçları aşağıdaki Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesinin tane boyu dağılımı



3.1.6 Elementel analiz

Numuneye ait örneklerin elementel analizleri İnönü Üniversitesi İBTAM'da LECO 932 CHNS cihazı ile yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre cevher içerisinde bulunan karbon oranı fazla iken kükürt miktarı düşüktür. Bu da sülfür minerallerinin cevher içerisinde

az oranda bulunduğunu göstermektedir. Elementel analiz ile cevher içerisinde bulunan C, H, N ve S oranları (cevherin elementel analiz sonuçları) Çizelge 3.4’de yüzde olarak verilmiştir.

Çizelge 3.4 Görgü (Cafana) bölgesine ait kurşun-çinko numunesinin elementel dağılımı

| | % C | % H | % N | % S |
|------------------------------|------|-------|-----|-------|
| Kurşun-çinko numunesi | 8.47 | 0.343 | - | 0.396 |

3.2 Flotasyon Çalışmaları

Yapılan kurşun-çinko flotasyon deneylerinde, literatürde bu cevherler için önerilen reaktif miktarları dikkate alınmıştır. Bu reaktiflerin miktar aralıkları geniş olduğundan, ön denemeler ile elde edilen en iyi sonuçlar baz alınarak flotasyon deney şartları belirlenmiştir.

3.2.1 Kaba Flotasyon Sonuçları

Bu çalışmada Malatya ili, Görgü (Cafana) yöresine ait karışık kurşun çinko cevherinin flotasyon ile zenginleştirilmesi farklı kimyasallar farklı miktarlarda kullanılarak flotasyon verim ve tenörüne etkisi incelenmiştir. Konsantrelere ait deneylerde kullanılan kimyasal ve miktarları Ek-2’de verilmiştir.

3.2.1.1 Na₂S.xH₂O kullanımının flotasyona etkisi

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi hem endüstride hem de bilimsel çalışmalarda yaygın olarak sodyum sülfür veya sodyum bisülfür kullanılmaktadır (Crozier, 1992). Okside olmuş mineraller sodyum sülfür veya sodyum hidrosülfür ile aktifleştirilir, oksitli minerallerin yüksek çözünürlüğünden dolayı yüksek miktarda sülfürleştiriciye ihtiyaç duyulmaktadır (Wills ve Napierm-Munn, 2006). Sodyum sülfür eklendiğinde çözeltide aşağıdaki reaksiyon meydana gelir;

- $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} \longleftrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{S}$
- $\text{NaOH} \longleftrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
- $\text{H}_2\text{S} \longleftrightarrow \text{H}^+ + \text{HS}^-$
- $\text{HS}^- \longleftrightarrow \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$

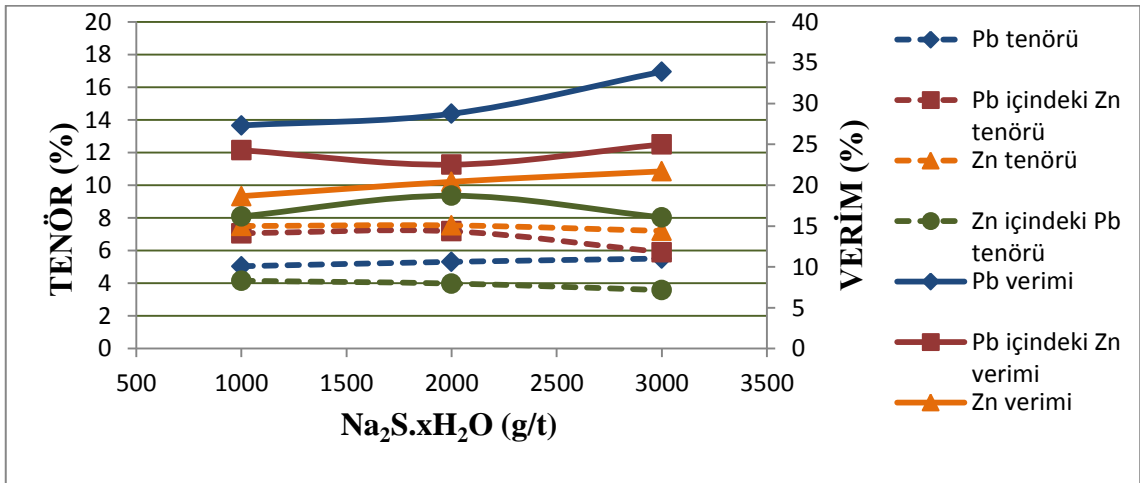
Bu reaksiyon sonucu sodyum sülfür ortamda OH⁻, S⁻ ve HS⁻ iyonları oluşur. Bu iyonlar mineral yüzeyi ile kimyasal olarak etkileşirler ve mineral yüzeyini modifiye ederler. Sülfürleştirmede, sülfür iyonları oksitli minerallerin kafesine girer ve yüzeyde nispeten çözünmez, sülfür tabakası oluştururlar. Bu durumda oksitli mineraller sülfürleştirici kollektörlerle yüzerler. Seruzit mineralinin Na₂S ile sülfürleşme reaksiyonu aşağıdaki gibidir.



Sodyum sülfür kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen bulgular Çizelge 3.5’de verilmiştir. Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde (1000, 2000, 3000 g/t) Na₂S.xH₂O, 1000 g/t ZnSO₄ ve 40 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 500 g/t CuSO₄ ve 60 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.5 Na₂S.xH₂O kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na ₂ S.xH ₂ O (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|--|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 27,73 | 19,94 | 52,33 | 100,00 | 5,04 | 7,06 | 27,32 | 24,29 | 7,50 | 4,15 | 18,66 | 16,18 |
| 2000,00 | 24,76 | 21,49 | 53,75 | 100,00 | 5,31 | 7,18 | 28,75 | 22,52 | 7,54 | 3,98 | 20,42 | 22,52 |
| 3000,00 | 29,43 | 21,46 | 49,11 | 100,00 | 5,51 | 5,91 | 33,91 | 25,01 | 7,02 | 3,58 | 21,72 | 22,99 |



Şekil 3.18 Na₂S.xH₂O (1000, 2000, 3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,57-5,11 arasında değişmekte olup, üretilen konsantrelerin tenörleri ise Şekil 3.18’de görüldüğü gibi % 5,04-5,51 arasında değişmektedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 27,31 ile %

33,91 arasında değişmektedir. Benzer şekilde beslemenin çinko tenörleri % 6,94-8,05 arasındadır. Çinko konsantresindeki çinko kazanım verimleri ise yaklaşık % 20-25 aralığındadır. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi çalışılan reaktif konsantrasyonda zenginleşme sağlanamamıştır. Galenin aşırı oksitlenmesi ile seruzit (PbCO₃) oluşur. Seruzit minerali galenin aksine ksantat ile yüzdürülemez. Ancak sodyum sülfür varlığında tekrar PbS'e dönüştürülerek yüzdürülebilir. Fakat sodyum sülfür ile oksitli minerallerin yüzeyinin yeterlice kaplanamaması veya mevcut sülfürlü minerallerin bastırılmasından dolayı sonuçlardan da görüldüğü gibi çalışılan reaktif konsantrasyonda zenginleşme sağlanamamıştır.

3.2.1.2 Na₂SiO₃ kullanımının flotasyona etkisi

Bilindiği üzere Na₂SiO₃ özellikle karışık kurşun-çinko minerallerinde silikatların bastırılmasında ve şlamı dağıtmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Deneilerin yapıldığı pH değerinde eksi yüklü silikat bileşiklerinin taneler yüzeyine adsorpsiyonu sonucu mineral ıslanabilir yapılmakta ve şlam dağıtılmaktadır (Lagerstrom, 1959).

Sodyum silikat kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen bulgular Çizelge 3.6'da verilmiştir. Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 1000 g/t Na₂S.xH₂O, 1000 g/t ZnSO₄ ve 40 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 500 g/t CuSO₄ ve 60 g/t KAX, konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.6 Na₂S.xH₂O miktarı 1000 g/t'da sabit tutulduğunda Na₂SiO₃ kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na ₂ SiO ₃ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|---|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 26,99 | 20,43 | 52,58 | 100,00 | 5,98 | 7,58 | 34,62 | 14,62 | 7,92 | 3,34 | 19,59 | 24,84 |
| 2000,00 | 27,00 | 19,80 | 51,55 | 100,00 | 8,28 | 8,37 | 47,16 | 25,52 | 8,78 | 2,57 | 19,81 | 10,83 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,66-4,74 aralığındadır. Çizelge 3.6'da görüldüğü gibi, konsantre olarak alınan ürünlerdeki kurşun tenörleri % 5,98, % 8,28 değerlerindedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 34,62, % 47,16'dır. Benzer şekilde beslemenin çinko tenörleri % 8,23- 8,85 arasındadır. Çinko konsantresindeki çinko kazanım verimleri ise % 19,58, % 19,82 değerlerindedir. Çizelge 3.5'den farklı olarak 1000 g/t Na₂S.xH₂O'da 1000 ve 2000 g/t'da Na₂SiO₃ kullanılmıştır.

➤ Aşağıdaki deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 2000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$, 1000 g/t ZnSO_4 ve 40 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 500 g/t CuSO_4 ve 60 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.7 $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ miktarı 2000 g/t'da sabit tutulduğunda Na_2SiO_3 kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na_2SiO_3 (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 31,19 | 21,35 | 47,48 | 100,00 | 5,41 | 8,94 | 37,74 | 20,21 | 6,15 | 4,23 | 15,95 | 33,87 |
| 2000,00 | 30,04 | 19,96 | 50,00 | 100,00 | 6,24 | 8,22 | 40,55 | 13,73 | 7,38 | 3,16 | 17,26 | 28,94 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,50-4,60 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.7'de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörleri % 5,41, % 6,24 değerlerini almaktadır. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 37,74 ile % 40,55 değerlerini almaktadır. Benzer şekilde beslemenin çinko tenörleri % 8,94-8,22 aralığındadır. Çinko konsantresindeki çinko kazanım verimleri % 15,95, % 17,26 değerlerindedir. Bu deneylerde Çizelge 3.6'dan farklı olarak 2000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ kullanılmıştır. Çizelge 3.5, 3.6 ve 3.7'ye bakıldığında en iyi sonucu 1000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ ve 2000 g/t Na_2SiO_3 'ın verdiği görülmektedir. Bu durum önceden açıklandığı gibi $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ kullanılması ile oksitli minerallerin yüzeylerine adsorplanıp canlandırması ve Na_2SiO_3 kullanılarak silikatların bastırılması ile açıklanabilir.

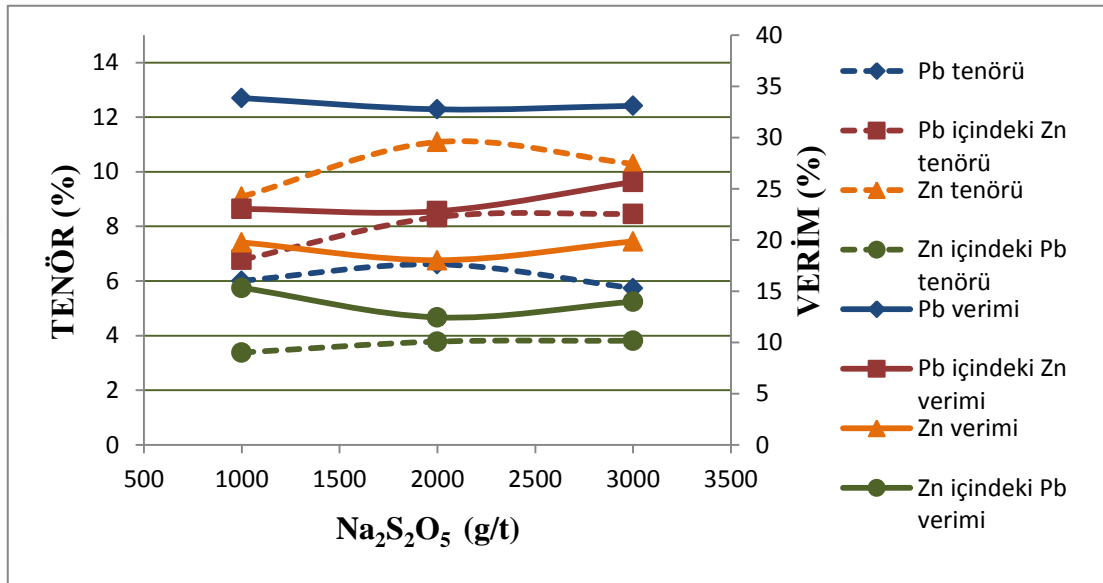
3.2.1.3 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ kullanımının flotasyona etkisi

Yapılan deneylerde özellikle pirit ve protinin bastırılmasında $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ kullanılmıştır. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ litaratür çalışmalarında siyanür ile birlikte kullanıldığı zaman mineralleri sülfürleştirmede iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. Fakat tek başına veya sodyum sülfür ile birlikte kullanıldığı zaman sülfürleştirici etkisi fazla olmamaktadır. Ayrıca $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 'ın önceden okside olmuş sfaleritin flotasyonunu yavaşlatıcı etkisi bulunmaktadır (Bulatovic, 2007). $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ kullanılarak yapılan deney sonuçları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde (1000, 2000, 3000 g/t) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, 1000 g/t ZnSO_4 ve 40 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 500 g/t CuSO_4 ve 60 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.8 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (1000, 2000, 3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|--|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 26,29 | 16,84 | 56,87 | 100,00 | 5,41 | 6,78 | 33,87 | 15,35 | 9,09 | 3,83 | 19,77 | 23,04 |
| 2000,00 | 25,07 | 15,40 | 59,58 | 100,00 | 6,11 | 8,34 | 32,78 | 12,45 | 10,73 | 3,78 | 18,04 | 22,83 |
| 3000,00 | 29,42 | 21,47 | 49,11 | 100,00 | 5,74 | 8,46 | 33,12 | 13,99 | 10,29 | 3,81 | 19,87 | 25,67 |



Şekil 3.19 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (1000, 2000, 3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,10-4,70 arasında değişmekte olup, Şekil 3.19'da görüldüğü gibi konsantre olarak alınan ürünlerdeki kurşun tenörleri ise % 5,41, % 6,11 ve % 5,74 değerlerini almaktadır. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 30,10 ve % 33,90 değerlerindedir. Benzer şekilde beslemenin çinko tenörleri % 7,75-9,20 değerleri arasında değişmektedir. Çinko konsantresindeki çinko tenörleri % 9,10 ile % 10,30 değerlerinde, çinko kazanım verimleri ise % 18,00 ve % 20,00 değerlerindedir. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi çalışılan reaktif konsantrasyonda Çizelge 3.5'ten farklı olarak $\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ yerine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ kullanılmıştır. Çalışılan reaktif konsantrasyonda kurşun ve çinko minerallerinin seçiciliğe önemli bir etkisi olmamıştır. Bu durum cevherde sülfür oranının düşük olması ve $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 'in tek başına kullanımının karbonatlı cevherlerde tam sülfürleşme sağlayamayıp kurşun- çinko flotasyonunda verim ve seçiciliğe katkı sağlayamamasına dayandırılabilir.

3.2.1.4 Na₂SiO₃ ve Na₂S₂O₅ kullanımının flotasyona etkisi

Önceki çalışmalarda belirtildiği Na₂SiO₃ kimyasalı silikatları bastırmada, Na₂S₂O₅ ise pirit ve protin gibi mineralleri bastırmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Crozier, 1992).

Na₂SiO₃ ve Na₂S₂O₅ kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen bulgular Çizelge 3.9'da verilmiştir. Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 1000 g/t Na₂SiO₃, 1000, 2000 g/t Na₂S₂O₅, 1000 g/t ZnSO₄ ve 40 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 500 g/t CuSO₄ ve 60 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.9 Na₂S₂O₅ (1000, 2000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na ₂ SiO ₃ (g/t) | Na ₂ S ₂ O ₅ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|---|--|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 1000,00 | 30,03 | 16,62 | 53,35 | 100,00 | 6,23 | 8,06 | 40,19 | 13,60 | 8,38 | 3,81 | 17,21 | 29,91 |
| 1000,00 | 2000,00 | 23,00 | 17,97 | 59,03 | 100,00 | 6,11 | 5,75 | 30,77 | 17,50 | 7,51 | 4,45 | 19,51 | 19,14 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,50-4,70 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.9'da görüldüğü gibi konsantre olarak alınan ürünlerdeki kurşun tenörleri % 6,23 ile % 6,11 değerlerindedirler. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 40,19 ile % 30,78 değerleri arasındadır. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 8,38-7,51 aralığındadır. Çinko konsantresindeki çinko kazanım verimleri ise % 17,21, % 19,51 değerlerindedir. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi çalışılan reaktif konsantrasyonda Çizelge 3.5'den farklı olarak Na₂S.xH₂O yerine 1000 g/t Na₂SiO₃ ve 1000, 2000 Na₂S₂O₅ reaktifleri kullanılmıştır.

➤ Aşağıdaki deneylerde; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 1000, 2000 g/t Na₂SiO₃, 2000 g/t Na₂S₂O₅, 1000 g/t ZnSO₄ ve 40 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 500 g/t CuSO₄ ve 60 g/t KAX, konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.10 Na₂SiO₃ (1000, 2000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na ₂ SiO ₃ (g/t) | Na ₂ S ₂ O ₅ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|---|--|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 2000,00 | 24,23 | 17,22 | 55,55 | 100,00 | 5,76 | 7,82 | 29,85 | 15,27 | 11,89 | 4,15 | 22,24 | 20,59 |
| 2000,00 | 2000,00 | 25,79 | 16,21 | 58,00 | 100,00 | 6,01 | 9,14 | 33,84 | 12,95 | 9,86 | 3,66 | 18,26 | 26,95 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,50-4,60 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.10'da görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörleri ise % 5,76 ile % 6,01 değerlerindedirler. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 29,86 ile % 33,84 değerleri arasındadır. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 9,20-8,75 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri % 11,89 ile % 9,86 değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 22,24 ve % 18,26 değerlerindedir.

Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10'da görüldüğü gibi çalışılan reaktif ile konsantrasyonda bir miktar zenginleşme olmasına rağmen istenilen zenginleşme sağlanamamıştır. Bu durum; cevher içeriğinde az miktarda bulunan sülfür miktarını arttıracak sülfür reaktifinin az olması veya karbonatlaşmanın tam olarak giderilememesinden kaynaklanıyor olabilir.

3.2.1.5 Aero 404+KAX kullanımının flotasyona etkisi

Genellikle süfürlü cevherlerin flotasyonunda en çok ksantatlarla beraber ditiyofosfatlar kullanılmaktadır. Aero 404'de ditiyofosfat grubu bir toplayıcıdır. Aero 404+KAX eşit miktarlarda kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen bulgular Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 1000, 2000 g/t Na_2SiO_3 , 1000 g/t $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, 1000 g/t ZnSO_4 , 20 g/t KAX ve 20 g/t Aero 404 kullanılmış, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 500 g/t CuSO_4 , 30 g/t KAX ve 30 g/t Aero 404 konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.11 Aero 404+KAX (100 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na_2SiO_3 (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 29,25 | 14,53 | 56,21 | 100,00 | 6,38 | 7,30 | 36,66 | 13,41 | 9,78 | 4,72 | 15,84 | 23,82 |
| 2000,00 | 24,23 | 17,21 | 58,56 | 100,00 | 5,76 | 7,82 | 29,85 | 15,27 | 11,89 | 4,15 | 22,24 | 20,59 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 5,10-4,70 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.11'de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörleri ise % 6,38 ile % 5,76 değerlerindedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 36,66 ile % 29,85 değerleri arasındadır. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 8,96-9,20 değerleri arasındadır. Çinko konsantresinde tenörleri % 9,78 ile % 11,89

değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 15,84 ve % 22,24 değerlerindedir. Bu sonuçlara göre kullanılan reaktifler ile bir miktar zenginleştirme sağlanmıştır fakat istenilen sonuçlara ulaşılamamıştır. Genellikle sülfürlü cevherlerde yüksek miktarda toplayıcı kullanılır. İstenilen sonuca çıkılamaması kullanılan reaktif miktarının az kullanılmış olmasına bağlı olabilir.

➤ Aşağıdaki deneyde; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 2000 g/t Na_2SiO_3 , 3000 g/t Na_2S , 3600 g/t ZnSO_4 , 200 g/t KAX ve 200 g/t Aero404 kullanılmış, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 2500 g/t CuSO_4 , 3000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$, 250 g/t KAX ve 250 g/t Aero 404 konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.12 Aero 404+KAX (900 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| KAX+Aero 404 (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 900,00 | 24,47 | 17,21 | 58,35 | 100,00 | 15,05 | 6,74 | 79,80 | 20,20 | 10,05 | 2,27 | 11,47 | 4,59 |

Deneyler kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,89 değerinde olup, Çizelge 3.12’de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörü % 15,05 değerinde ve kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimi % 79,80’dir. Beslemenin çinko tenörleri % 8,65 değerindedir. Çinko konsantresinde tenör değeri % 11,47 olup, çinko konsantresinde çinko verimi % 11,47 değerlerindedir. Çizelge 3.11’den farklı olarak Çizelge 3.12’de KAX ve Aero 404 miktarı arttırılmıştır. Sülfürlü cevherlerde genellikle yüksek kollektör miktarı kullanıldığı için Çizelge 3.12’de verildiği gibi kurşun-çinko minerallerinde bir miktar zenginleşme sağlanabilmiştir.

3.2.1.6 $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$, Na_2SiO_3 ve $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ kullanımının flotasyona etkisi

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi sodyum sülfür; sülfür cevherlerinin oksitlenmesi durumunda canlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu tür cevherlerin flotasyonunda yüksek miktarlarda sodyum sülfür kullanılarak galen kazanımı sağlanmaktadır. Yüksek miktarlar $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen bulgular Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Bu deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 3000, 4800 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$, 2000 g/t Na_2SiO_3 ve 140 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise

1000 g/t CuSO₄, 2000, 3200 g/t Na₂S.xH₂O ve 200 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.13 Na₂S.xH₂O (3000, 4800 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na ₂ S (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 3000,00 | 29,24 | 14,53 | 56,23 | 100,00 | 9,01 | 6,91 | 88,00 | 49,27 | 8,31 | 1,88 | 15,49 | 4,81 |
| 4800,00 | 43,84 | 17,22 | 38,24 | 100,00 | 10,24 | 5,94 | 85,69 | 35,72 | 8,02 | 1,71 | 19,69 | 5,84 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 5,20-5,55 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.13’de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörleri % 9,01 ile % 10,24 değerleri arasındadırlar. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 88,00 ile % 85,69 değerleri arasındadır. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 7,30-7,60 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri % 8,31 ile % 8,02 değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 15,49 ile % 19,69 değerlerindedir. Bu durum önceden de verildiği gibi kurşun kazanım devresinde yüksek miktarda sodyum sülfürle çalışıldığında kurşun kazanımı artarken tenörün düşmesi ile açıklanabilir.

➤ Önceden bahsedildiği gibi Na₂S₂O₅; yapılan deneylerde özellikle pirit ve protinin bastırılmasında kullanılmakta ve Na₂S₂O₅’in okside olmuş sfaleritin flotasyonunu yavaşlatıcı etkisi bulunduğu bilinmektedir.

Bu deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 3000 g/t Na₂S.xH₂O, 2000 g/t Na₂SiO₃, 3000 g/t Na₂S₂O₅ ve 140 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1000 g/t CuSO₄, 2000 g/t Na₂S.xH₂O, 3000 g/t Na₂S₂O₅ ve 200 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.14 Na₂S₂O₅ (3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na ₂ S ₂ O ₅ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|--|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| - | 54,18 | 14,20 | 31,62 | 100,00 | 9,01 | 6,91 | 88,00 | 49,27 | 8,31 | 1,88 | 15,49 | 4,81 |
| 3000,00 | 50,99 | 19,77 | 29,25 | 100,00 | 9,06 | 8,81 | 83,82 | 49,49 | 8,86 | 1,95 | 20,75 | 6,99 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 5,50-5,55 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.14’de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan ürünlerdeki kurşun tenörleri ise % 9,01 ile % 9,06 değerleri arasındadır. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 88,00 ile % 83,82 değerlerindedir. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 7,60-8,50 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri % 8,31 ile % 8,86 değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 15,49 ve % 20,75 değerlerindedir. Bu durum sodyum metabisülfid, sodyum sülfürle birlikte kullanıldığında bile karbonatlı cevherlerin sülfürleşmesinde yeterli olmayıp, siyanür ile kullanıldığı zaman sülfürleştirici etkisinin artmasından dolayı tek başına ya da sodyum sülfür ile kullanılsa dahi kurşun-çinko mineralinin seçicilik ve verimine önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

➤ Sodyum silikat özellikle karışık kurşun-çinko cevherlerinde silikatların bastırılmasında ve şlamı dağıtmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Lagerstrom, 1959). Aşağıdaki deneylerde, Çizelge 3.13’den farklı olarak sodyum silikat ve pH ayarlamada soda kullanılmıştır.

Bu deneylerde elde edilen bulgular Çizelge 3.15’de verilmiştir. Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 4800 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$, ve 140 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1000 g/t CuSO_4 , 4800 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ ve 200 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.15 Na_2SiO_3 flotasyon verim ve tenörüne etkisi incelenmiştir.

| Na_2SiO_3 (g/t) | Soda | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|------------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|------|
| | | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 2000,00 | - | 43,84 | 17,22 | 38,24 | 100,00 | 10,24 | 5,94 | 85,69 | 35,75 | 8,02 | 1,71 | 19,69 | 5,84 |
| - | 2000,00 | 53,28 | 13,52 | 33,20 | 100,00 | 8,79 | 8,35 | 87,13 | 53,17 | 7,58 | 1,53 | 12,23 | 3,84 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 5,25-5,40 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.15’de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan ürünlerdeki kurşun tenörleri ise % 10,24 ile % 8,79 değerlerindedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 88,69 ve % 87,13 değerlerindedir. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 7,30-8,40 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri % 8,02 ve % 7,50 değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 19,69 ile % 12,23 değerlerindedir. Çizelge 3.15’de görüldüğü gibi sodyum silikat

kullanılmadığı zaman kurşun ve çinko minerallerinin kazanım ve seçiciliğinde bir miktar azalma meydana gelmiştir. Bu durum ise sodyum silikatın, silikatların bastırmasına yardımcı olması durumuna dayandırılabilir.

➤ Aşağıdaki verilen deneylerde Çizelge 3.13'den farklı olarak sodyum sülfür yerine sodyum metabisülfid ve sodyum silikat beraber kullanılmıştır. Önceden de bilindiği gibi sodyum silikat silikatların bastırılmasında ve sodyum metabisülfid ise pirit ve protin gibi minerallerin bastırılmasında kullanılmıştır.

Bu deneylerde elde edilen bulgular Çizelge 3.16'da verilmiştir. Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 3000 g/t Na₂S₂O₅, 2000 g/t Na₂SiO₃ ve 140 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1000 g/t CuSO₄, 2000 g/t Na₂S₂O₅ ve 200 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.16 Na₂S.xH₂O yerine Na₂S₂O₅ (3000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Na ₂ S ₂ O ₅ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|--|-------------|-------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|-------|
| | Pb | Zn | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| - | 43,84 | 17,22 | 38,24 | 100,00 | 10,24 | 5,94 | 85,69 | 35,75 | 8,02 | 1,71 | 19,69 | 5,84 |
| 3000,00 | 42,38 | 12,61 | 50,01 | 100,00 | 5,37 | 8,53 | 48,27 | 41,00 | 10,11 | 4,71 | 14,43 | 12,57 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 5,25-4,70 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.16'da görüldüğü gibi konsantre olarak alınan ürünlerdeki kurşun tenörleri ise % 10,24 ve % 5,37 değerlerindedir. Kurşun konsantrasyonunda kurşun kazanım verimleri % 88,69 ile % 48,27 değerlerindedir. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 7,30 ile % 8,80 değerleri arasındadır. Çinko konsantrasyonunda ki tenörleri % 8,02 ile % 10,11 değerlerini almaktadır. Çinko konsantrasyonunda çinko kazanım verimleri ise % 19,69 ile % 14,43 değerlerindedir. Görüldüğü gibi sodyum sülfür kullanılmadan sodyum silikat ve sodyum metabisülfid kullanımı kurşun ve çinko minerallerinin kazanım ve seçiciliğini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durum ise sodyum sülfür kullanımının kurşun kazanımında ve seçiciliği arttırmada önemli bir etken olmasına dayandırılabilir.

3.2.1.7 H₂SO₄ kullanımının flotasyona etkisi

H₂SO₄ yüksek pH'larda pH'ı düşürmek için kullanılır. H₂SO₄ kullanılarak yapılan deney sonuçları Çizelge 3.17'de verilmiştir. Bu deneyde çizelge 3.13'den farklı olarak H₂SO₄ kullanılmıştır.

Bu deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 4800 g/t Na₂S.xH₂O, 2000 g/t Na₂SiO₃, 2400 g/t H₂SO₄ ve 140 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1000 g/t CuSO₄, 3200 g/t Na₂S.xH₂O, 400 g/t H₂SO₄ ve 200 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.17 H₂SO₄ (2400 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| H ₂ SO ₄ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantre | | | | Zn Konsantre | | | |
|---|-------------|-------|-------|---------|--------------|------|-----------|-------|--------------|------|-----------|------|
| | Pb | Zn | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| - | 43,84 | 17,22 | 38,24 | 100,00 | 10,24 | 5,94 | 85,69 | 35,75 | 8,02 | 1,71 | 19,69 | 5,84 |
| 2400,00 | 49,06 | 19,03 | 31,91 | 100,00 | 8,22 | 7,45 | 82,65 | 45,45 | 8,62 | 2,13 | 20,37 | 8,31 |

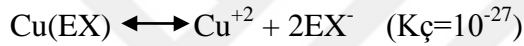
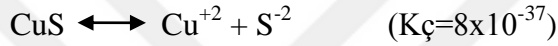
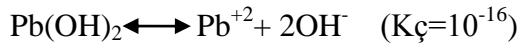
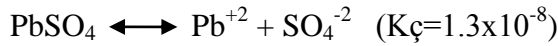
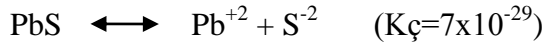
Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 5,25-4,85 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.17'de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörleri ise % 10,24 ve % 8,22 değerlerindedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 88,69 ile % 82,65 değerlerindedir. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 7,30-8,10 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri % 8,02 ile % 8,62 değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 19,69 ve % 20,37 değerlerindedir. Görüldüğü gibi yüksek sodyum sülfür miktarlarında çalışmak kurşun-çinko cevherinde sülfürleşmeyi arttırarak karbonatlaşmayı azalttığı için kurşun ve çinko minerallerinin seçiciliğini arttırmaktadır. Fakat pH ayarlayıcı olarak deneyde H₂SO₄ kullanımı sülfat tuzu oluşumuna neden olduğu için kurşun-çinko flotasyonunda verim ve seçiciliğine etkisi olmamıştır.

3.2.1.8 KAX ve KEX kullanımının flotasyona etkisi

Flotasyon ile zenginleştirme işleminin en çok uygulandığı sülfür minerallerinin zenginleştirilmesi yönteminde ksantatlar en yaygın olarak kullanılan sülfidril grubu toplayıcıdır (Weiss, 1986).

Sülfidril grubu toplayıcıların metal sülfür mineralleri yüzeyine çoğunlukla kimyasal adsorblanırlar. Fakat, bu adsorbsiyon bir sülfür minerali yüzeyinde doğrudan

gerçekleşemez. Yani, bir sülfür mineralleri yüzeyine sülfidrilin adsorblanabilmesi için, sülfidrilin pülp içine ilave edilmeden önce, su içinde çözülmüş oksijenin mineral yüzeyindeki metal ile tepkime vermesi gereklidir. Tepkime gerçekleşmediği durumlarda, sülfidrilin metal sülfür mineralleri yüzeyine adsorblanarak onları su sevmez yapabilmesi kimyasal olarak mümkün olamaz. Çünkü; bir çözelti içinde çözünürlüğü az olan bir bileşik çözünerek, çözünürlüğü çok olan yeni bir bileşik oluşturamaz. Aşağıda verilen tepkimeler ve çözünürlük çarpımı değerleri incelendiğinde bu durum tam olarak anlaşılmaktadır.



Sülfür minerallerinin flotasyonu sırasında, pülp içindeki minerallerle; OH^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} vb. iyonları arasında oluşan tepkimelerin ardından, pülp içine ilave edilen ksantat (X) vb. sülfidril toplayıcılarının bu yüzeylerdeki metallerle oluşturduğu tepkimelerin sonucu olarak sülfür mineralleri susevmez hale gelir.

Bazı çinko flotasyon devresinde şlamsızlaştırmanın da etkisi araştırılmıştır. Oksitlenmiş çinko cevherlerinin şlamsızlaştırma işlemine tabi tutulmasının en önemli nedenlerinden biri, uzun zincirli kollektörlerle flotasyonun zor olmasıdır. Şlamlar yüzmesi istenilen mineral tanelerinin yüzeyini kapladıkları ve kollektörlerin adsorbsiyonunu flotasyonda zorlaştırdıkları için istenmezler (Çilek, 2006; Weiss 1986).

Bu deneylerde elde edilen bulgular Çizelge 3.18'de verilmiştir. Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 4000 g/t $\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$, 3600 g/t ZnSO_4 , 2000 g/t Na_2SiO_3 ve 400 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1200 g/t CuSO_4 , 1500 g/t $\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ve 300, 500 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çinko minerallerinin flotasyon deneylerinde, şlam atmanın yüzebilirlik verimi üzerine etkisini görebilmek için şlamsızlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Şlamı atılan çinko minerallerine yüzdürme flotasyonu yapılmıştır.

Çizelge 3.18 KAX (300, 500 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| Ağırlık (%) | | | | | KAX (g/t) | Pb Konsantresi | | | | KAX (g/t) | Zn Konsantresi | | | |
|-----------------|-----------------|-------|-------|---------|--------------|----------------|------|-----------|-------|--------------|----------------|------|-----------|------|
| Pb Konsantre | Zn Konsantre | Şlam | Atık | Besleme | | Tenör (%) | | Verim (%) | | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 21,07 | 13,00 | - | 65,93 | 100,00 | 400,00 | 17,29 | 7,82 | 76,71 | 19,13 | 300,00 | 9,89 | 1,66 | 14,91 | 4,54 |
| 19,09 | 7,57 | 26,54 | 46,80 | 100,00 | 400,00 | 17,75 | 7,50 | 74,41 | 15,04 | 500,00 | 11,22 | 2,96 | 8,93 | 2,96 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,75-4,55 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.18’de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörleri ise % 17,29 ile % 17,75 değerlerindedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 76,72 ile % 74,41 değerlerindedir. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 8,60-9,50 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri % 9,89 ile % 11,22 değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 19,69 ile % 20,37 değerlerindedir. Çinko mineralinin zenginleştirilmesinde KAX 300 g/t kullanıldığında şlam atımı da yapılmıştır. KAX kullanımı 300 g/t’den 500 g/t’a çıkartıldığı zaman kazanım azalırken, tenör değeri bir miktar artmıştır. Bu durum 300 g/t’da şlam atımı sırasında çinko minerallerinde kayıp olmasına ve KAX miktarının artırılması durumuna dayandırılabilir. Şlam tenörü % 8,24’dür. Şlamla atılan çinko miktarı ise % 23’dür. Şlam atımına bakıldığı zaman ise, ortalama tane boyutunun 20 µm olması nedeniyle şlama kaçma oranı fazla olduğundan ve flotasyon seçiciliğine etkisi olmamıştır.

Çizelge 3.18’de çinko minerallerinin zenginleştirilmesi aşamasında KAX ile yapılan deneylerde 300 g/t ve 500 g/t konsantrasyonlarda çalışılmıştır. Önceki deney bulgularında çinko verim ve tenöründe büyük bir değişiklik gözlemlenmediğinden bu iki miktar dikkate alınmıştır.

➤ Aşağıdaki deneylerde Çizelge 3.18’den farklı olarak KEX kullanılmıştır.

Bu deneylerde elde edilen bulgular Çizelge 3.19’da verilmiştir. Deneyler; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 4000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$, 3600 g/t ZnSO_4 , 2000 g/t Na_2SiO_3 ve 400 g/t KEX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1200 g/t CuSO_4 , 1500 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ ve 300, 500 g/t KEX konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.19 KEX (300, 500 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

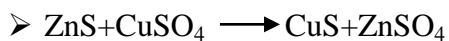
| Ağırlık (%) | | | | | KEX (g/t) | Pb Konsantresi | | | | KEX (g/t) | Zn Konsantresi | | | |
|-----------------|-----------------|-------|-------|---------|--------------|----------------|------|-----------|-------|--------------|----------------|------|-----------|-------|
| Pb Konsantre | Zn Konsantre | Şlam | Atık | Besleme | | Tenör (%) | | Verim (%) | | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 19,86 | 9,64 | - | 70,51 | 100,00 | 400,00 | 14,96 | 6,79 | 66,15 | 14,24 | 300,00 | 9,78 | 5,60 | 9,95 | 12,01 |
| 30,06 | 6,45 | 21,23 | 42,26 | 100,00 | 400,00 | 11,24 | 7,89 | 75,02 | 27,32 | 500,00 | 7,41 | 1,73 | 5,51 | 2,48 |

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,45-4,50 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.19’da görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörleri ise % 14,96 ile % 11,24 değerlerindedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 66,15 ile % 75,02 değerlerindedir. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 9,45-8,70 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri % 9,78 ile % 7,41 değerlerini almaktadır. Çinko konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 14,24 ile % 5,51 değerlerindedir. Çinko mineralinin zenginleştirilmesinde KEX kullanımının kazanım ve seçiciliğe etkisi olmamıştır. Çünkü, KAX’ın metal anyonları ile oluşturduğu bileşiğin çözünürlüğünün, KEX’in metal anyonları ile oluşturduğu bileşiğin çözünürlüğünden daha az olması yani, KAX’ın daha kararlı bileşik oluşturarak mineral yüzeyini daha susevmez (hidrofob) hale getirmesidir. Bu durum oksitli kurşun ve çinko minerallerinin kazanımında KAX kullanımının daha iyi sonuç vermesine dayandırılabilir.

Çinko minerallerinin zenginleştirilmesi aşamasında KEX ile yapılan deneylerde 300 g/t ve 500 g/t konsantrasyonlarda çalışılmıştır. Önceki deney bulgularında çinko verim ve tenöründe büyük bir değişiklik gözlemlenmediğinden bu iki miktar dikkate alınmıştır. Deneyde şlam tenörü % 9,75’dir. Şlamla atılan çinko miktarı ise % 23,84’tür. Şlam atmanın seçicilik üzerine etkisinin olmadığı ve şlam ile kaçan çinko miktarının arttığı anlaşılmıştır.

3.2.1.9 CuSO₄ kullanımının flotasyona etkisi

Çinko flotasyonunda sfaleriti canlandırmak için en yaygın olarak kullanılan canlandırıcı bakır sülfatdır. Bakır sülfat aşağıdaki tepkime sonucu sfaleriti aktifleştirmektedir. Reaksiyondaki iyon değişimi sonucu sfalerit aktifleşmektedir.



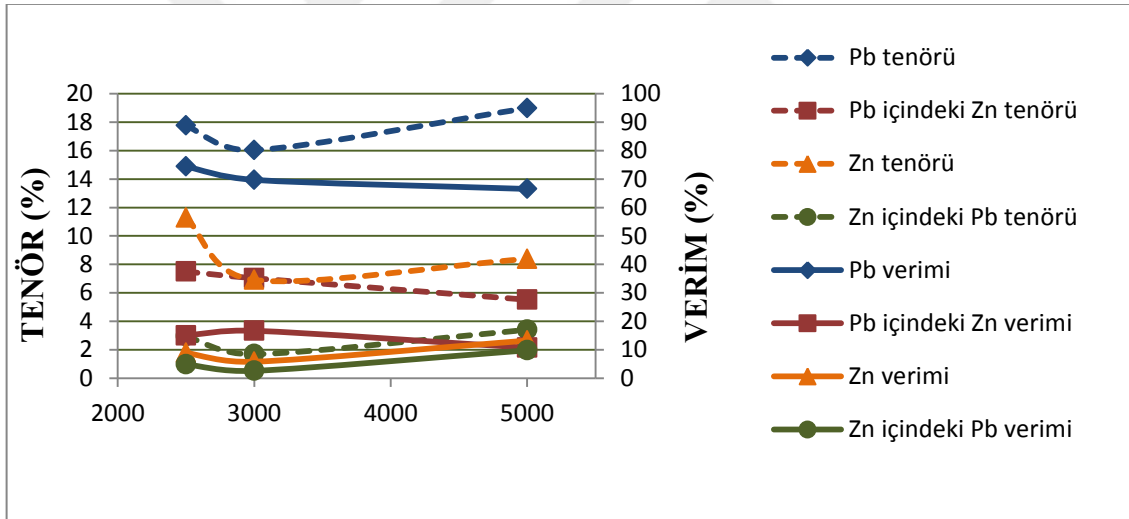
Yukarıdaki reaksiyonda da görüldüğü üzere sfalerit yüzeyindeki çinkonun yerini bakır iyonu almaktadır. Kurşun-çinko minerallerinde kurşun yüzdürüldükten sonra CuSO₄ ile

sfalerit canlandırılarak yüzdürülür (Wills ve Finch, 2015). CuSO_4 kullanılarak yapılan deney bulguları Çizelge 3.20’de verilmiştir.

2500 ve 3000 g/t CuSO_4 kullanılan deneylerin kurşun devresinde; 2000 g/t Na_2SiO_3 , 3600 g/t ZnSO_4 , 4000 g/t Na_2S ve 400 g/t KAX kullanılmış, deneylerden farklı olarak 5000 g/t CuSO_4 kullanılan deneyin kurşun devresinde 6500 g/t ZnSO_4 kullanılmıştır. Çinko devrelerinde ise 3000 g/t Na_2S , 500 g/t KAX ve 2500, 3000, 5000 g/t CuSO_4 konsantrasyonunda yapılmıştır.

Çizelge 3.20 CuSO_4 (2500, 3000, 5000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| CuSO_4 (g/t) | Ağırlık (%) | | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Şlam | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 2500,00 | 19,09 | 7,57 | 26,54 | 46,80 | 100,00 | 17,75 | 7,50 | 74,41 | 15,04 | 11,22 | 2,96 | 8,93 | 2,96 |
| 3000,00 | 18,95 | 6,74 | 18,16 | 56,15 | 100,00 | 16,03 | 7,04 | 69,71 | 16,00 | 6,91 | 1,69 | 5,83 | 2,62 |
| 5000,00 | 15,77 | 12,82 | 15,68 | 55,72 | 100,00 | 18,97 | 5,52 | 67,52 | 10,75 | 8,39 | 3,41 | 13,26 | 9,85 |



Şekil 3.20 CuSO_4 (2500, 3000, 5000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

Deneylerde kullanılan beslemelerin kurşun tenörleri % 4,30-4,55 arasında değişmekte olup, Çizelge 3.20’de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan ürünlerdeki kurşun tenörleri ise % 17,75, % 16,03 ve % 18,97 değerlerindedir. Kurşun konsantresinde kurşun kazanım verimleri % 71,41, % 69,71 ve % 66,52 değerlerindedir. Benzer olarak beslemenin çinko tenörleri % 9,50 ile % 7,70 değerleri arasındadır. Çinko konsantresindeki tenörleri ise % 11,22, % 6,91 ile % 8,39 değerlerini almaktadır. Çinko

konsantresinde çinko kazanım verimleri ise % 8,83, % 5,83 ve % 13,26 değerlerindedir. 2500 g/t kullanıldığında Çizelge 3.20’de da görüldüğü gibi kurşun konsantresinin kurşun tenörü % 17,75 iken verimi % 74,41 olmuş ve kurşunda bir miktar artış sağlanmıştır. Fakat bu değerler satılabilir tenörlerden düşüktür. Çinko konsantresinde çinko tenörü % 11,22 iken verimi % 8,93’dür. Çinko devresinde çok az bir miktar artış sağlanmıştır, fakat bu değerler satılabilir tenörlere göre çok düşüktür. Bu durumda CuSO_4 ’ın çalışılan koşullarda çinko verim ve tenörüne önemli bir etki göstermediğini ortaya koymaktadır. Yapılan deneyle şlam atımı da yapılmıştır. Şlam atımının önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir. Deney koşullarındaki farklılıklar, farklı sonuçların alınmasına etkili olmuştur.

3.2.1.10 CMC kullanımının flotasyona etkisi

CMC silikat minerallerinin bastırılmasında kullanılır. Özellikle demir oksit ve demir hidroksitleri bastırmada kullanılmaktadır (Wills ve Finch, 2015).

CMC kullanılarak yapılan deney bulguları Çizelge 3.21’de verilmiştir. Bu deneyde; kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 4000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$, 2000 g/t Na_2SiO_3 , 3600 g/t ZnSO_4 ve 400 g/t KAX ve 1000 g/t CMC, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 3000 g/t CuSO_4 , 3000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{xH}_2\text{O}$ ve 400 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

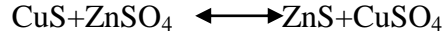
Çizelge 3.21 CMC (1000 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| CMC (g/t) | Ağırlık (%) | | | | | Pb Konsantresi | | | | Zn Konsantresi | | | |
|-----------|--------------|--------------|-------|-------|---------|----------------|------|-----------|-------|----------------|------|-----------|------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Şlam | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 1000,00 | 16,32 | 8,55 | 12,86 | 62,27 | 100,00 | 19,02 | 5,78 | 75,90 | 12,83 | 5,98 | 2,42 | 6,95 | 5,07 |

Deneyde kullanılan beslemelerin kurşun tenörü % 4,23 çinkonun besleme tenörü ise % 7,34’dür. Çizelge 3.21’de görüldüğü gibi konsantre olarak alınan üründeki kurşun tenörü % 19,91 ve kurşun kazanım verimi ise % 75,91’dir. Benzer olarak çinko konsantresinin tenör değeri % 5,98 olup, çinko kazanım verimi ise % 6,96’dır. Bu deneyde tabloda görüldüğü gibi kurşun konsantresi tenörü % 19,02’ye çıkartılmıştır. Fakat çinko konsantre tenörü % 5,98’e düşmüştür. CMC kullanımının çinko devresinde bir etkisi görülmezken, kurşun devresinde bir zenginleşme olmasına rağmen yeterli değildir.

3.2.1.11 ZnSO₄ kullanımının flotasyona etkisi

Çalışmalarda kurşun minerallerinin yüzdürülmesi devresinde çinko minerallerini bastırmak için çinko sülfat kullanılmaktadır. Bilindiği gibi pülpte çinko iyonları konsantrasyonu belli bir değer üzerine çıkıldığında aşağıda verilen reaksiyona göre aktifleştirilmiş yüzeyde tekrar ZnS oluşturularak toplayıcı ile sfaleritin etkileşimi azaltılmakta ve sfalerit bastırılması sağlanmaktadır (Will ve Finch, 2015). ZnSO₄ ile yapılan deney sonuçları Çizelge 3.22’de ve Çizelge 3.23’de verilmiştir.



4800 g/t Na₂S.xH₂O kullanılarak yapılan deneylerin kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 2000 g/t Na₂SiO₃, 1000 g/t ZnSO₄ ve 140 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1000 g/t CuSO₄, 3200 g/t Na₂S.xH₂O ve 200 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır.

1000 g/t Na₂S.xH₂O kullanılarak yapılan deneylerin kurşun minerallerinin yüzdürülme devresinde 2000 g/t Na₂SiO₃, 1000 g/t ZnSO₄ ve 140 g/t KAX, çinko minerallerinin yüzdürülme devresinde ise 1000 g/t CuSO₄, 800 g/t Na₂S.xH₂O ve 200 g/t KAX konsantrasyonunda yapılmıştır. Yüksek ve düşük miktarlarda ve ZnSO₄ kullanılarak ve kullanılmayarak yapılan deney bulguları Çizelge 3.22’de verilmiştir.

Çizelge 3.22 ZnSO₄ (1000 g/t) ve Na₂S.xH₂O (1200, 4800 g/t) kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| ZnSO ₄ (g/t) | Na ₂ S (g/t) | Ağırlık (%) | | | | Pb Konsantre | | | | Zn Konsantre | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|---------|--------------|-------|-----------|-------|--------------|------|-----------|-------|
| | | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| - | 4800,00 | 43,84 | 17,22 | 38,24 | 100,00 | 10,24 | 5,94 | 85,69 | 35,75 | 8,02 | 1,71 | 19,69 | 5,84 |
| 1000,00 | 4800,00 | 46,44 | 16,79 | 36,76 | 100,00 | 10,06 | 8,05 | 86,70 | 44,90 | 8,74 | 1,51 | 17,61 | 4,41 |
| - | 1200,00 | 26,07 | 19,19 | 54,67 | 100,00 | 14,04 | 10,18 | 64,61 | 26,17 | 12,13 | 5,72 | 22,94 | 19,36 |
| 1000,00 | 1200,00 | 31,39 | 20,00 | 48,61 | 100,00 | 13,99 | 9,71 | 74,43 | 29,09 | 12,48 | 3,75 | 23,83 | 12,71 |

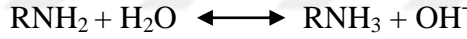
Çizelge 3.23 ZnSO₄ kullanımının flotasyon verim ve tenörüne etkisi

| ZnSO ₄ (g/t) | Ağırlık (%) | | | | | Pb Konsantre | | | | Zn Konsantre | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|---------|--------------|------|-----------|-------|--------------|------|-----------|------|
| | Pb Konsantre | Zn Konsantre | Atık | Şlam | Besleme | Tenör (%) | | Verim (%) | | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | | | | | Pb | Zn | Pb | Zn | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 3600,00 | 19,09 | 7,57 | 26,54 | 46,80 | 100,00 | 17,75 | 7,50 | 74,41 | 15,04 | 11,22 | 2,96 | 8,93 | 2,96 |
| 6500,00 | 15,77 | 12,82 | 15,68 | 55,72 | 100,00 | 18,97 | 5,52 | 67,52 | 10,75 | 8,39 | 3,41 | 13,26 | 9,85 |

Önceden bahsedildiği gibi kurşun flotasyonunda en etkili reaktiflerden birisi $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ 'dür. Fakat reaktifler birlikte kullanıldıkları zaman, reaktif miktarları çok dikkatli ayarlanması gerekmektedir. Reaktifler birlikte tepkimeye girdikleri zaman miktarları doğru ayarlanmazsa kendi işlevlerini yerine getiremeyebilirler. ZnSO_4 kurşun devresinde çinkonun bastırılmasında kullanılır, fakat Çizelge 3.22'de görüldüğü gibi $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ miktarı fazla kullanıldığı zaman kurşun devresinde bastırıcı olarak kullanılan ZnSO_4 flotasyonda bastırıcı etkisini gösterememiştir ve bu yüzden kurşun devresinde çinko canlanmıştır. Bu durumda ZnSO_4 'ün işlevini tam olarak yapamayıp flotasyonun seçiciliğini olumsuz yönde etkilemiştir. $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ miktarı 1200 g/t kullanıldığı devre $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ miktarı 4800 g/t kullanıldığı deneye kıyasla kurşun ve çinko konsantrasyonlarında artış meydana gelmiştir, fakat ZnSO_4 kullanımı kurşun ve çinko konsantrasyonu seçiciliğine bir etkisi görülmemiştir. Bu durum reaktif miktarlarının kullanımından kaynaklanmış olabilir.

3.2.1.12 Armac C (Cocoalkil amin asetat) kullanımının flotasyona etkisi

Flotasyonda katyonik toplayıcı olarak kullanılan organik maddeler beş değerlikli azot bazlı amin bileşikleridir. Aminler, genellikle metal oksitlerin flotasyonunda, kuvars gibi silikatların, barit gibi sülfatların flotasyonunda kullanılabilirler.



Yukarıdaki tepkimede de görüldüğü gibi aminler pülp içine ilave edildiğinde açığa çıkan artı yüklü iyonlar eksi yüklü mineral tanelerinin yüzeylerine çoğunlukla fiziksel ve bazen kimyasal olarak adsorblanırlar. Bu adsorblanma sonucunda mineral tanelerini su sevmez duruma getirirler (Atak, 1990; Çilek, 2006).

400 g/t Armac C kullanılarak yapılan deneyde; 2000 g/t Na_2CO_3 , 750 g/t CuSO_4 , 300 g/t KAX kullanılmıştır. 360 g/t Armac C kullanılarak yapılan deneyde; 2000 g/t NaHMP, 750 g/t CuSO_4 , 300 g/t KAX kullanılmıştır ve 150 g/t Armac C kullanılarak yapılan deneyde ise; 5000 g/t $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$, 2000 g/t NaHMP, 750 g/t CuSO_4 ve 100 g/t Aero 3477 kullanılmıştır. Yapılan deney bulguları Çizelge 3.24'de verilmiştir

Çizelge 3.24 Armac C kullanımının flotasyona tenör ve verimine etkisi

| Armac C (g/t) | Ağırlık (%) | Zn Konsantresi | | | |
|------------------|-------------|----------------|------|-----------|------|
| | Zn | Tenör (%) | | Verim (%) | |
| | | Zn | Pb | Zn | Pb |
| 400 | 63,86 | 11,54 | 1,89 | 19,01 | 5,36 |
| 360 | 58,03 | 12,09 | 2,47 | 18,01 | 6,37 |
| 150 | 49,03 | 11,78 | 2,32 | 14,9 | 5,05 |

Çizelge 3.24’de görüldüğü gibi çinko flotasyonu devresinde farklı miktarlarda katyonik toplayıcı olan Armac C kullanılmıştır. Fakat, çinko flotasyonu devresinde çinko verim ve seçiciliğine önemli bir katkısı olmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum sülfürlü cevherlerin flotasyonunda anyonik toplayıcı kullanımının daha uygun olması durumundan kaynaklanıyor olabilir.

3.3 Temizleme Flotasyonu Sonuçları

Malatya İli, Görgü (Cafana) yöresine ait kurşun çinko cevherinin kaba flotasyonla zenginleştirilme işlemine tabi tutulduktan sonra kurşun ve çinkon minerallerinin konsantrelerine temizleme flotasyonu uygulanmıştır. Kaba flotasyonda en iyi sonuçların alındığı deneylerde aynı kimyasal ve parametrelerle, kimyasal miktarlarını azaltarak kurşun ve çinko minerallerinin verim ve tenör değerleri arttırılmaya çalışılmıştır. Kaba flotasyonda kurşun konsantresi tenörü % 17,60 olup, temizleme flotasyonu sonucu kurşun konsantre tenörü % 26,89’a çıkartılmış, kaba flotasyonda çinko konsantre tenörü % 9,58 iken temizleme flotasyonu sonucu çinko tenörü % 12,40’a çıkartılmıştır. Verim değerleri ise; kaba flotasyonda kurşun konsantre verimi % 66,55’den temizleme flotasyonu sonucu kurşun konsantre verimi % 58,93’e düşmüştür. Çinko devresinde ise kaba flotasyonda çinko konsantre verimi % 10,56 olup, temizleme flotasyonu sonucu çinko konsantre verimi % 9,02’ye düşmüştür. Görüldüğü gibi kurşun-çinko tenörü artarken, verimde azalma olmuştur. Kullanılan kimyasal ve deney koşulları Ek-3’de verilmiştir.

Çizelge 3.25 Temizleme flotasyonu Pb konsantresi verim, tenör çizelgesi

| Miktar | Kurşun Konsantresi | | | | Miktar | Atık | | | |
|--------|--------------------|-----------|-------------|-----------|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | Pb tenörü % | Pb verimi | Zn tenörü % | Zn verimi | | Pb tenörü % | Pb verimi | Zn tenörü % | Zn verimi |
| 32,47 | 25,70 | 36,07 | 5,07 | 3,76 | 55,85 | 11,52 | 27,81 | 8,11 | 10,35 |
| 61,50 | 18,12 | 49,03 | 9,36 | 13,16 | 72,00 | 9,75 | 30,88 | 7,80 | 12,84 |
| 55,00 | 16,76 | 38,04 | 7,88 | 10,08 | 125,00 | 15,22 | 78,52 | 8,70 | 25,29 |
| 56,05 | 26,89 | 58,93 | 8,19 | 11,51 | 30,00 | 5,17 | 6,07 | 8,07 | 6,07 |
| 37,20 | 24,42 | 44,10 | 6,36 | 6,38 | 32,50 | 10,31 | 16,13 | 9,20 | 8,00 |

Çizelge 3.26 Temizleme flotasyonu Zn konsantresi verim, tenör çizelgesi

| Miktar | Çinko Konsantresi | | | | Miktar | Atık | | | |
|--------|-------------------|-----------|-------------|-----------|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | Zn tenörü % | Zn verimi | Pb tenörü % | Pb verimi | | Zn tenörü % | Zn verimi | Pb tenörü % | Pb verimi |
| 22,16 | 12,49 | 6,32 | 3,28 | 3,14 | 15,60 | 8,58 | 3,06 | 7,13 | 4,81 |
| 22,50 | 8,85 | 4,55 | 2,32 | 2,30 | 18,05 | 7,76 | 3,19 | 2,90 | 2,30 |
| 32,68 | 10,76 | 8,20 | 2,77 | 4,05 | 33,50 | 10,18 | 7,96 | 3,86 | 5,79 |
| 29,00 | 12,40 | 9,02 | 4,91 | 5,57 | 39,50 | 8,19 | 8,12 | 15,30 | 23,65 |
| 20,05 | 12,52 | 6,70 | 3,07 | 2,96 | 31,50 | 10,49 | 8,84 | 3,78 | 5,73 |

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yapılan araştırmalarda; Malatya İli, Görgü (Cafana) yöresinde bulunan karışık kurşun-çinko minerallerinin flotasyonla zenginleştirilerek tenörünün artırılması ve endüstriyel anlamda satılabilir kurşun-çinko konsantrelerinin ayrı ayrı elde edilerek bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

106 µm altı boyutundaki kurşun-çinko minerallerinin karakterizasyonu için XRD, XRF, MLA çekimleri ve kimyasal analizler yaptırılmıştır. Tez çalışmasında tüm kaba flotasyon deneyleri ikişerli olarak yapılmış ve bu deneylerde kurşun ve çinko olmak üzere konsantreler alınmıştır. Tez çalışmasında kaba flotasyon ürünü olan konsantrelerin verim ve tenörünü arttırmak için optimum şartlar altında temizleme flotasyonu da yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen konsantreler analize gönderilmiş ve analiz sonuçları değerlendirilerek, en yüksek verim ve tenörün sağlandığı kimyasallar ile deneylere devam edilmiştir.

MLA analizi sonuçları incelendiğinde elementsel içerik olarak galenit, sfalerit, seruzit, anglezit, simitsonit, dolomit, siderit, pirit minerallerine rastlanmıştır. Hesaplanmış teorik içerik verilerine göre numunelerdeki kurşun tenör değerleri % 4,5-5 ve çinko tenör değerleri % 7,8-8 arasında değişmektedir. Elementsel dağılım verilerine göre galenit mineralinin kurşun değerine toplam elementsel katkısı % 96,38 ile % 97,19 arasında değişmektedir. Simitsonit mineralinin toplam elementsel çinko değerine katkısı % 70,28 ile % 72,35 arasındadır. XRD sonuçları (Şekil 3.17) ve XRF sonuçları da (Çizelge 3.2) bu verileri destekler niteliktedir.

Gerçekleştirilen flotasyon deneylerinde karıştırma şiddeti 1100 dev/dk'dır. Karıştırma şiddeti pulp türbülansını etkilediğinden dolayı hava kabarcıkları ile mineral tanelerinin çarpışmalarında etkiler. Artan hava akışı miktarı selüldeki kabarcık kalabalığını (populasyonunu) artırır. Bundan dolayı kabarcık-tanecik arasındaki temas şansı artmaktadır (Wills ve Finch, 2015).

Kademeli ve kademesiz olarak yapılan flotasyon deneylerinde, reaktiflerin kademeli ilavesi tüm reaktiflerin aynı noktaya ilave edilmesine göre, düşük maliyette daha yüksek verimlerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. (Weiss, 1986)

Kurşun-çinko minerallerinin flotasyon deneylerinde, birçok reaktif karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Flotasyon çalışmaları kaba ve temizleme flotasyonu olarak yapılmıştır. Kaba flotasyon deneyleri sonucunda kurşun ve çinko minerallerinin verim

ve tenör değerleri göz önüne alınarak optimum şartlar belirlenmiştir. Belirlenen optimum şartlarda temizleme flotasyonu yapılmıştır. Kaba ve temizleme flotasyon deneylerinin genelinde; kurşun devresi pH 10-10,5'da ve çinko devresinde ise pH 11,5 değerlerinde çalışılmıştır. pH değeri 11,5'i aşarsa sülfid iyonları serbestleşerek flotasyonu olumsuz etkileyecektir. Bazik ortam sağlamak amacıyla pH değerleri genellikle, kireç ve bir deneyde soda ile ayarlanmıştır. Ayrıca bir deneyde de pH değerlerini yükseltmek için, pH ayarlayıcı olarak H₂SO₄ kullanılmıştır. Birkaç deneyde ise Na₂S₂O₅ kullanılarak ortam pH'ı düşürülerek, düşük pH'da flotasyon verim ve tenörüne bakılmıştır. Yapılan oksitli kurşun-çinko flotasyonlarında en iyi verimler bazik ortamda sağlanmıştır (Luo vd., 2016; Hosseini ve Taji, 2015; Şentürk vd., 1993). Oksitlenmiş kurşun çinko flotasyonunda pülpün pH değeri flotasyon açısından büyük öneme sahiptir. Flotasyon esnasında bazı mineralleri yüzdürmek ve bu aşamada bazı minerallerin yüzmesini engellemek için pülpün pH'ını asidik veya bazik ortamda tutmak gerekmektedir. Pülpün bazikliği karmaşık olmasına rağmen flotasyonda önemli bir rol oynamaktadır. Pratikte karmaşık mineral ayırımındaki seçicilik, reaktif konsantrasyonları ve pH arasındaki dengeye bağlı olmaktadır (Wills ve Napiern-Munn, 2006). Flotasyonda pülpü asidik tutmak için genellikle ekonomik asitler (sülfürik asit veya hidroklorik asit vb.) kullanılırken, flotasyonu bazik ortamda tutmak için genellikle ekonomik olan kireç ya da soda gibi kimyasallar kullanılmaktadır. Pülpün pH'ı, aynı zamanda oksitli ve silikatli minerallerin flotasyonunda büyük bir öneme sahip olan yüzey yükü, pH'ın bir fonksiyonudur.

Kaba ve temizleme deneylerinde köpürtücü olarak MIBC kullanılmıştır. Köpürtücü konsantrasyonu arttıkça belli bir değere kadar kabarcık boyutunu azaltır, kabarcık boyutu azaldığında kabarcıkların sayısı ve toplam yüzey alanı artar. Bunun sonucunda çarpışma hızındaki artış flotasyon kinetiğini de arttırmaktadır (Crozier, 1992).

Kaba flotasyon deney sonuçları aşağıdaki gibidir:

Kurşun ve çinko cevheri flotasyon hücresine % 25 pülp katı oranıyla ilave edilmiştir. İlk olarak çinko mineralleri kimyasallar ile bastırılarak kurşun flotasyonu yapılmıştır. Kurşun-çinko minerallerinde, kurşun çinkodan önce yüzdürülür. Şayet bakır varsa bakır da çinkodan önce yüzdürülür. Daha sonra çinko flotasyonu deneylerine devam edilmiştir. Sülfürlü kurşun-çinko minerallerinin flotasyonu, karbonatlı kurşun-çinko

flotasyonuna nazaran kolay bir işlemdir. Fakat bölgede sülfürlü minerallerin flotasyonunda genellikle karşılaşılan problemlerden biri sülfürlü cevherlerin oksitlenmesidir. Oksitlenmiş cevherlerde oksitli mineraller ya sülfürlerle birlikte ya da sülfür flotasyonu yapılarak ayrı ayrı alınmaktadır. Sülfür cevherinin oksitlenmesi durumunda en yaygın olarak kullanılan canlandırıcı Na_2S 'dir. Na_2S kullanarak seruzit, anglezit ve simitsonit gibi minerallerin yüzeyinde bir metal sülfür tabakası oluşturulmakta ve oksitlenmiş olan minerallerin yüzeyleri tekrar eski haline dönüştürülmektedir. Galen gibi oksitlenmiş seruzit minerallerinde pülp içine ilave edilen Na_2S cevherin sülfür minerali gibi davranmasını sağlar. Daha sonra sülfür mineralleri için kullanılan toplayıcılar (ksantatlar, ditiyofosfatlar vb.) kullanılarak galen yüzdürülebilmektedir (Yiğit, 2007; Çilek, 2006; Çilingir, 1996). Bu bilgiler doğrultusunda tez çalışmasında, karbonatlı olan kurşun-çinko cevher örneğini sülfürleştirerek flotasyonu kolaylaştırmak için Na_2S kullanılmıştır. Flotasyon deneylerinde Na_2S Pb devresinde 1000-1200-2000-3000-4000 g/t ve Zn devresinde 800-1500-2000-3000-3200 g/t kullanılmıştır. Deneyler sonucunda her iki cevher için Na_2S miktarı 3000 g/t seçilmiştir. Benzer olarak Ejtemaei vd. 2011'de yaptıkları çalışmada pH 11'de, 3000 g/t Na_2S ile en iyi sonuçlara ulaşmıştır. Tez çalışmasında sülfürleştirici olarak Na_2S yerine $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ denenmiş, fakat kurşun-çinko flotasyonunun verim ve tenör seçiciliğine bir katkısının olmadığı gözlenmiştir.

Kurşun kazanım devresinde yapılan deneylerde, Na_2S miktarı arttıkça verim artmış, ancak 4000 g/t değerinin üzerine çıkartıldığında flotasyon seçiciliğini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Bu durum Şentürk vd. 1993 yılında yaptıkları flotasyon deneyi ile uyumludur.

Pb devresinde çinko mineralini bastırıcı olarak kullanılan ZnSO_4 kullanılmış ancak flotasyon seçiciliğine önemli bir etkisi olmamıştır. Oksitlenmiş kurşun çinko minerallerin flotasyonunda silikat ve kuvars minerallerin bastırılmasında genellikle sodyum silikat (Na_2SiO_3) kullanılmakla beraber ZnSO_4 yalnız olarak veya ZnSO_4 ve NaCN ile beraber sfaleritin bastırılmasında kullanılmaktadır (Yiğit, 2007).

Kurşun kazanımından sonra devam eden deneyde, çinkoyu canlandırmak için CuSO_4 500-1000-1200-2500-3000-5000 g/t kullanılmıştır. En yüksek çinko kazanımı 3000 g/t'da sağlanmıştır. Ceylan vd. 2002 yılında aynı şekilde kurşun kazanımını sağladıktan

sonra, CuSO_4 kimyasalı ile çinkoyu canlandırarak konsantre ürün olarak elde etmişlerdir. Çinko flotasyonunda ise sodyum sülfür öncelikle pH ayarlayıcı olarak davranmaktadır. Flotasyon pülpünü bazik yaparak pH değerini arttırmaktadır. pH değerinin artması verimi ve selektiviteyi arttırmaktadır. pH 10,5-11'de iyi sonuçlar elde edilmektedir. Oksitli çinko flotasyonunda çinkoyu yüzdürmek için CuSO_4 kullanılarak çinko canlandırılmakta, fakat CuSO_4 piritin de canlanmasına neden olduğundan ortam pH'ını (10-12) yükseltmek gerekir (Önal vd., 2014; Yiğit, 2007; Atak, 1990; Rey vd., 1954). Oksitli kurşun ve çinko minerallerinin flotasyonunda kurşun flotasyonuna nazaran, çinko minerallerinin flotasyonu oldukça güçtür. Çinko flotasyonunda kullanılan en önemli canlandırıcı CuSO_4 'dır. Karbonatlaşmış çinko mineralini sülfürleştirmek için Na_2S kullanılır. Sfaleritin ksantatla flotasyonunda bakır sülfat minerallerinin yüzeylerinde metalik ksantat bileşikleri oluşturur. Bu ksantat bileşiklerinin sudaki çözünürlükleri çok az olduğundan, meydana gelen ksantat bileşikleri yüzeyde kalarak su sevmez (hidrofob) bir tabaka oluşturur. Çinko ksantat bileşiğinin çözünürlüğü fazla olduğundan mineral yüzeyinde kalmaz ve çözeltilmeye geçer. ZnS yüzeyinde CuSO_4 ile canlandırma yapıldığından yüzeyde CuS tabakası oluşur ve ZnS bir bakır sülfür gibi davranarak flotasyon gerçekleşir. Oksitli çinko cevherlerinin flotasyon verimleri cevherin kompleks yapısına bağlı olarak genelde % 50-65 arasında kalmaktadır. Cevherin oluşumu ve içerdiği çok ince taneler flotasyon verimini olumsuz etkilemektedir. Bu ince taneler şlam olarak mineral tanelerini sarmakta ve kollektörün adsorpsiyonunu zorlaştırarak flotasyonu olumsuz etkilemektedir. Bazı durumlarda şlam karıştırma ile uzaklaştırılabilirken bazen de sodyum silikat (Na_2SiO_3) gibi bastırıcı kullanılarak şlam dağıtılır ve flotasyon kolaylaşır (Yiğit, 2007; Cöcen, 1998; Ferrara, 1970; Rey, 1953). Yaptığımız deneylerde şlam atımının flotasyon verimi için önemli bir etkisi olmamıştır.

Yapılan kaba flotasyon deneylerinde her iki mineral kazanımı içinde toplayıcı çeşitleri olarak KAX, KEX, KAX+Aero404 ve Armac C kullanılarak flotasyon deneylerinde toplayıcı çeşidi ve miktarı, en yüksek kurşun çinko verim ve tenör değerleri baz alınarak belirlenmiştir. KAX reaktifi kurşun devresinde 20-40-50-100-140-200-400 g/t, çinko devresinde ise 30-60-100-200-250-300-500 g/t kullanılarak yapılmıştır. KEX reaktifi kurşun devresinde 400 g/t, çinko devresinde ise 300-500 g/t kullanılmıştır. % 50 KAX+% 50Aero404 karışımı kurşun devresinde 40-400 g/t, çinko devresinde 60-500

g/t kullanılmıştır. Ayrıca sadece çinko devresinde Armac C 150, 360 400 g/t olarak kullanılmıştır. Toplayıcılar arasında yapılan kıyaslamada hem kurşun hem de çinko flotasyonunda toplayıcı olarak KAX seçilmiştir. Kurşun devresi için 400 g/t KAX miktarında, çinko devresinde ise 500 g/t KAX kullanılarak en yüksek verim ve tenör sağlanmıştır. Tez çalışmasında karbonatlı kurşun çinko cevherini sülfürleştirerek yapılan flotasyon deneylerinde ksantatlarla yapılan deneylerde en iyi sonuçlara ulaşıldığı bilinmektedir (Rey vd., 1954). Önal vd. 2004'te yaptıkları çalışmalarda 350 g/t KAX kullanarak en iyi sonuçlara varmışlardır.

Kaba flotasyon çalışmaları sonucu belirlenen optimum değerler aşağıdaki gibidir:

- Kurşun devresinde pH ayarlayıcı olarak kireç kullanılmış, pH 10,5'te Na₂S 3000 g/t kullanılarak kurşun minerallerini sülfürleştirilip yüzdürülmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Toplayıcı olarak 400 g/t KAX, köpürtücü olarak MIBC kullanılmış, silikatların dağıtılması ve kurşun-çinko ayırmasında silikat ve gang minerallerinin bastırılması için 2000 g/t Na₂SiO₃ kullanılmıştır. Sfalerit ve kalsitin bastırılması için 1500 g/t Na₂S₂O₅ ve 3600 g/t ZnSO₄ kullanılmıştır. Çinko flotasyonunda pH 11'de çinkoyu yüzdürmek için 3000 g/t CuSO₄ ile canlandırılmıştır. 3000 g/t Na₂S ile ortam sülfürleştirilip, 1100 g/t Na₂S₂O₅ ile silikatlar bastırılmış ve sülfür minerallerinin flotasyonunda en çok kullanılan anyonik toplayıcı olan 500 g/t KAX kullanılmıştır. Kurşun-çinko kaba flotasyonu ile kurşun tenörü % 17,60'a % 66,55 verimle, çinko tenörü % 9,58'e % 10,56 verimle kazanılmıştır.

Kaba flotasyonda optimum koşullarda elde edilen kurşun ve çinko konsantrasyonlarının verim ve tenör değerlerinin iyileştirilmesi amacıyla temizleme deneyleri yapılmıştır. Kaba flotasyonda kullanılan kimyasallar, temizleme flotasyonuna uygun olarak azaltılarak yapılmıştır.

Temizleme flotasyonu aşağıdaki gibidir:

- Kurşun devresinin temizleme flotasyonunda kireç ilave edilerek pH 10-10,5 çalışılmıştır. Kurşunu canlandırmak için 1300 g/t Na₂S, silikatı dağıtmak için 1000 g/t Na₂SiO₃, bastırıcı olarak 300 g/t Na₂S₂O₅ ve 100 g/t KAX toplayıcı olarak kullanılmıştır. Kurşunun yüzeyi oksitlenerek kurşun karbonat (seruzit) veya kurşun sülfata (anglezit) dönüşmüş mineraller, sodyum sülfürlü ortamda tekrardan kurşun sülfürle kaplanırlar ve ksantatlarla yüzdürülebilirler. Galen; hafif alkali ortamda pH 9-

10 arasında küçük zincirli ksantatlarla yüzdürülebilir. Ayrıca oksitlenmiş kurşun-çinko minerallerinde galeni yüzdürürken çinko ve demir minerallerini bastırmak gerekir. Demir mineralleri ise ortamı alkali duruma getirmektedir ve demir ve çinko pH 8-10 arasında bastırılabilir. Galen sülfür iyonlarından kolaylıkla etkilenen ve kolaylıkla bastırılabilen bir mineraldir. Galen flotasyonu pH 10,5'ten sonra bastırıcının etkisi ile olumsuz etkilenmektedir (Önal vd., 2014; Yiğit, 2007; Atak, 1990; Rey vd., 1954). Temizleme flotasyonu sonrasında kurşun konsantre tenörü % 17,60'tan % 26,89'a çıkarken, kurşun konsantre verimi ise % 66,55'ten % 58,93'e düşmüştür. Çinko devresinin temizleme flotasyonunda pH 11,5'te çalışılmıştır. Çinkoyu canlandırmak için 500 g/t CuSO₄, bastırıcı olarak 1000 g/t Na₂S₂O₅, toplayıcı olarak 100 g/t KAX kullanılmıştır. CuSO₄ eklendiğinde düşen pH değerini 11,5'ta sabit tutmak için 1000 g/t Na₂S kullanılmıştır. Çinko flotasyonunda ise sodyum sülfür öncelikle pH ayarlayıcı olarak davranmaktadır. Flotasyon pülpünü bazik yaparak pH değerini artırır. pH değerinin artması verimi ve selektiviteyi arttırmaktadır. pH 10,5-11'de iyi sonuçlar elde edilmektedir. Oksitli çinko flotasyonunda çinkoyu yüzdürmek için CuSO₄ kullanılarak çinko canlandırılmakta, fakat CuSO₄ piritin de canlanmasına neden olduğundan, ortam pH'ını (10-12) yükseltmek gerekir (Önal vd., 2014; Yiğit, 2007; Atak, 1990; Rey vd., 1954). Yapılan temizleme deneyleri sonucunda; çinko konsantre tenörü % 9,58'den % 12,40'a çıkartılırken, çinko konsantre verimi % 10,56'dan % 9,02'ye düşmüştür.

Yapılan tez çalışması koşul ve parametreleri (Rey, 1953; Ferrara, 1970; Atak, 1990; Çilingir, 1996; Cöcen vd.,1998; Çilek, 2006; Yiğit, 2007; Ejtemaei vd., 2010; Yılmaz, 2014; Güven vd., 2015; Luo vd., 2016) çalışmaları ile paralellik göstermektedir.

Tez kapsamındaki flotasyon ile zenginleştirme deneylerinde, bölgedeki kurşun-çinko minerallerinde aşırı derecede karbonatlaşma olması nedeniyle, kimyasallar ile sülfürleşme sağlandıktan sonra kurşun kazanımı arttırılmıştır. Çinko kazanımında ise karbonatlaşma tam giderilemediği için zenginleştirme işlemleri sonucu tenör değerlerinde önemli bir artış sağlanamamıştır. Ayrıca; çinko flotasyonunda karıştırma esnasında toplayıcı film tabakasının bozulması nedeniyle çinko konsantresini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Çalışılan koşullarda kurşun flotasyonunda istenilen sonuçlara varılamaması; cevherin büyük ölçüde oksitlenmiş mineralden oluşması, öğütme ve karıştırma sırasında şlamlaşma eğiliminden kaynaklı olabilir. Şlamin flotasyon üzerindeki olumsuz etkisi, yüzmesi istenen minerallerin yüzeyini kaplayarak

kollektör ve diğer reaktiflerin adsorbsiyonunu engellemesidir. Şlam yüzey alanının yüksek olması, reaktif sarfiyatının artmasına neden olmuş olabilir.

Çinko devresinde verim ve seçiciliği arttırmak için daha seçici reaktif veya reaktif kombinasyonlarının etkisi incelenmelidir. Çinko konsantresinin istenilen seviyede zenginleştirilebilmesi için flotasyondan farklı yöntemler; örneğin, hidrometalurjik yöntemler ve flotasyon öncesi ön zenginleştirme (gravimetrik) yöntemleri uygulanabilir.

Ayrıca; özellikle kurşun devresinde temizleme aşamalarının sayısı artırılarak, satılabilir kalitede konsantre üretimi, teknik ve ekonomik olarak değerlendirilmelidir. Aynı zamanda, yüksek tenörlü kurşun konsantreleri ile harmanlanarak değerlendirme olanakları araştırılmalıdır. Ayrıca; Imperial Smelting Proses'i (ISP) ile üretilen konsantrelerin bu proses ile doğrudan veya yüksek tenörlü malzeme ile karıştırılarak uygunluğu araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Atak, S.** (1990). Flotasyon ilkeleri ve uygulamaları, *İTÜ yayınları no 34*, 169-188
- Bulatovic, S. (2007).** Handbook of Flotation Reagents (1 st). Amsterdam, Elsevier.
- Cebeci, Y., Aslan, N., Sönmez, İ., & Kuvvetli, A.** (1999). Koyulhisar Pb-Cu-Zn Cevherinin Gum Arabic İle Optimum Selektif Flotasyon Koşullarının Belirlenmesi.
- Ceylan, H., Hiçyılmaz, C., Güler, T.** (2002). Collectorless flotation of lead and zinc sulphide from Dereköy ore deposit. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 36, 197-208.
- Cöcen, İ., Semerkant, O., Ergin, Z.** (1998). Cevher Zenginleştirme Laboratuvar Ders Notları 3.Baskı *DEÜ Mühendislik Fakültesi Basın Ünitesi*, İzmir
- Crozier, R.D.** (1992). Flotation Theorg, Reagents and Ore Testing, OXFORD, NEW YORK
- ÇED Raporu,** (2010). Dedeman Madencilik San. ve Tic A.Ş Kurşun-Çinko Maden Ocağı ve Zenginleştirme (Flotasyon) Tesisi Balıkesir İli, Balya İlçesi, Kadıköy Köyü
- Çilek, E. C.** (2006). Mineral Flotasyonu. *Süleyman Demirel Üniversitesi*, 33-570.
- Çilingir, Y.** (1996). Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri (Cilt 1) *D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Baskı Ünitesi No: 198*, İzmir.
- DPT,** (2001). 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, *madencilik özel ihtisas komisyonu raporu*, Ankara.
- Dündar, Y., Aslan, R.** (2005). Effects of lead as a life surrounding heavy metal. *The Journal of Medical Kocatepe*, 6(2), 1-5.
- Ejtemaei, M., Irannajad, M., & Gharabaghi, M.** (2011). Influence of important factors on flotation of zinc oxide mineral using cationic, anionic and mixed (cationic/anionic) collectors. *Minerals Engineering*, 24(13), 1402-1408.
- Ejtemaei, M., Gharabaghi, M., & Irannajad, M.** (2014). A review of zinc oxide mineral beneficiation using flotation method. *Advances in Colloid and Interface Science*, 206, 68-78.
- Ferrara, G.** (1970). Treatment methods of oxidized lead-zinc ores at Aram's Mines in Sardinia. *AIME World Symposium on Mining and Metallurgy of Lead and Zinc*, 1, 32-749.
- Güven, O., Burat, F., Bulut, G., & Önal, G.** (2010, October). Evaluation of lead zinc ore tailings by flotation. *In Proceedings of the 12th International Mineral Processing Symposium (IMPS). Cappadocia-Nevşehir, Turkey* (pp. 6-8).

- Hosseini, S. H., & Taji, M.** (2015). Flotation behavior of Iranian oxidized zinc ore using different types of collectors (cationic, anionic and mixed (cationic/anionic)). *International Journal of Mining Engineering and Mineral Processing*, 4(1), 18-27.
- Irannajad, M., Ejtemaei, M., & Gharabaghi, M.** (2009). The effect of reagents on selective flotation of smithsonite–calcite–quartz. *Minerals Engineering*, 22(9-10), 766-771.
- Kalender, L., Kirat, G., Bölücek, C., & Sağıroğlu, A.** (2009). Görgü (Malatya-Türkiye) Pb-Zn Yatağının Eski İmalat Pasalarının Jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Bülteni/Geological Bulletin of Turkey*, 52(2), 239-256.
- Kashani, A. N., & Rashchi, F.** (2008). Separation of oxidized zinc minerals from tailings: Influence of flotation reagents. *Minerals Engineering*, 21(12-14), 967-972.
- Kaya, M.** (1991). Flotasyon el-kitabı. *Anadolu Üniversitesi* (145).
- Kaytaz, Y.** (1990). Cevher Hazırlama Kitabı. *İTÜ Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Anabilim Dalı*, 111.
- Khaleghi, B., Noaparast, M., Shafaei, S. Z., Bayat, S., Aghazadeh, S., & Amini, A.** (2016). Flotation study of oxide zinc ore using cationic-anionic mixed collectors. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*, 57(7), 647-658.
- Kirat, G.** (2017). Pb-Zn-Cd Accumulator Plants Grown Around The Görgü Pb-Zn Mine, *MTA Dergisi*, 155-165.
- Koç, Ş.** (2007). Metalik maden yatakları ders notu, İzmir: *Dokuz Eylül Üniversitesi*
- Kostović, M., & Gligorić, Z.** (2015). Multi-criteria decision making for collector selection in the flotation of lead–zinc sulfide ore. *Minerals Engineering*, 74, 142-149.
- Lagerstrom, B.** (1959). Equilibrium Studies of Polyanions. 3. *Silicate Ions in NaClO₄ Medium*. Vol.13, 722.
- Luo, X., Feng, B., Wong, C., Miao, J., Ma, B., & Zhou, H.** (2016). The critical importance of pulp concentration on the flotation of galena from a low grade lead–zinc ore. *Journal of Materials Research and Technology*, 5(2), 131-135.
- Mudd, G. M., Jowitt, S. M., & Werner, T. T.** (2017). The world's lead-zinc mineral resources: scarcity, data, issues and opportunities. *Ore Geology Reviews*, 80, 1160-1190.

- Önal, G., Ateşok, G., Perek, K.T.,** (2014). Cevher Hazırlama El Kitabı, *Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı Yayınları Baskı Sayısı 1000*, İstanbul, 189-207.
- Önal, G., Bulut, G., Gül, A., Kangal, O., Perek, K. T., & Arslan, F.** (2005). Flotation of Aladag oxide lead–zinc ores. *Minerals Engineering*, 18(2), 279-282.
- Önal, M., Tuzcu, N., Helvacı, C.** (1990). Geological Setting, Mineralogy and Origin of the Cafana (Malatya) Zn-Pb Sulfide and Carbonate Deposit, *Eastern Anatolia, Turkey. IESCA*, 52-58.
- Öztunalı, Ö.** (1982). Türkiye Kurşun-Çinko Yatakları. *Yerbilimlerinde Panel, Türkiye Jeoloji Kurultayı ve TMMOB, Jeoloji Mühendisliği Odası*, 7-2
- Pereira, C.A., Peres, A.E.C.,** (2005). Reagents in Calamine Zinc Ores Flotation. *Minerals Engineering*, 18(2), 275-277.
- Rao, S.R.** (2013). Surface Chemistry of Froth Flotation Volume 1: Fundamentals. *Springer Science & Business Media*.
- Rey, M.** (1953). The flotation of oxidized ores of lead copper and zinc. *Recent Developments in Mineral Dressing Symposium*. IMM, London., 541-548
- Rey, M., Sitia, G., Raffinot, P., Formanek, V.** (1954). Flotation of oxidized zinc ores. *Transaction of the AIME- Mining Engineering*, 416-420
- Sağiroğlu, A.** (1998). Cafana Malatya Karbonatlı Zn-Pb Yatakları *C.Ü Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri Cilt5*, 51.
- Sis, H., Birinci, M., Coşkun, M., Tenekeçigil, E.,** (2014). *XIV. International Mineral Processing Symposium, Kuşadası, Turkey*.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R.** (2017). Principles of instrumental analysis. *Cengage learning*, 325-328.
- Şentürk, B., Özbayoğlu, G., & Atalay, Ü.** (1993). Kayseri Zamantı bölgesi karbonatlı çinko-kurşun cevherinin flotasyon ile zenginleştirilmesi. *Türkiye XIII. Madencilik Kongresi*, 459-465.
- Temur, S.** (1987). Horzum (Kozan Adana) Yöresi Piritli Çinko Kurşun Yataklarının İncelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 13, 31-48.
- Temur, S.** (1992). Bolkardağı (Ulukışla-Niğde) Yöresi Çinko Kurşun Yataklarının Jeokimyasal İncelenmesi. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35-104.

- Temur, S.** (2001). Metalik Maden Yatakları. *Nobel Yayın Dağıtım*, 156-158
- U.S.G.S.**, (2015) Mineral Yearbook. U.S. Geological Survey.
- Weiss, N.L. (1986).** SME Mineral Processing Handbook. Vol 2.
- Wills, B.A., Finch, J.A.** (2015). Mineral Processing Technolog, Eighth edition, Capter, 12.
- Wills, B.A., Napiern-Munn, T.J.** (2006). Mineral Processing Technolog, Seventh edition.
- Yıldız, N.** (2014). Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme Cilt-2 Minerallerin Zenginleştirilmesi, Ankara, 1181.
- Yiğit, E., Özkan, Ş.G.** (2007). Flotasyon Yöntemi ve Uygulamaları, İstanbul, 61.
- Yüce, A.** (1998). Türkiye Kurşun Envanteri. *İstanbul Maden İhracatçıları Birliği*, İstanbul, 28s.
- Url1**<https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0>, alındığı tarih:22.06.2018
- Url2**<<http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgimerkezi/mineraller>>, alındığı tarih: 15.08.2018
- Url-3**<<http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kursun>>, alındığı tarih:15.08.2018
- Url-4**<<http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/cinko>>, alındığı tarih:15.08.2018
- Url-5**<<http://ekutup.dpt.gov.tr>>, alındığı tarih:22.08.2018
- Url-6**<https://bilgihanem.com/cinko-nedir/#cinko_nedir>, alındığı tarih:22.08.2018
- Url-7**<<http://en.wikipedia.org/wiki/çinko>>, alındığı tarih:22.08.2018
- Url-8**<<https://docplayer.biz.tr/35554737-cinko-olasimlari-prof-dr-ramazan-yilmaz-yrd-doc-dr-zafer-barlas.html>>, alındığı tarih:03.09.2018.

EKLER

EK-1. Bulgular

Bu bölümde deneysel bulguların değerlendirilmesi verilmiştir. Değerlendirmelerde verim (%), tenör (%) hesaplarından yararlanılmıştır.

Kurşun ve çinko kazanım verimi;

B= Zenginleştirme işlemine beslenen cevherin (tüvenan) ağırlığı

b= Tüvenan cevherdeki element yüzdesi (tenörü)

K= Konsantre ağırlığı

k= Konsantre tenörü

A= Artık ağırlığı

a= Artık tenörü

$$\text{Verim \%} = (Kk/Bb).100$$

$$\text{Verim \%} = [k(b-a)/b(k-a)].100$$

$$\text{Tenör \%} Bb=Kk+Aa$$

Verim ve tenör hesapları flotasyon sonuçlarını tabloda göstermek için kullanılmıştır (Kaytaş, 1990).

EK-2. Yapılan deneylerde kullanılan kimyasallar ve deney koşulları

Pb Flotasyonu

Na₂S:1000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S:2000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S:3000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S:1000 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S:2000 g/t
Na₂SiO₃:1000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S:2000 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S:1000 g/t
Na₂SiO₃:1000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S₂O₅:1000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu

Na₂S₂O₅:2000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu
Na₂S₂O₅:3000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu
CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu
Na₂S₂O₅:2000 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu
CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu
Na₂S₂O₅:1000 g/t
Na₂SiO₃:1000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:20 g/t
Aero404:20 g/t
pH:10-10,5
kireç
Zn Flotasyonu
CuSO₄:500 g/t
KAX:30 g/t
Aero404:30 g/t
pH:11,5
Kireç

Pb Flotasyonu
Na₂S₂O₅:1000 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu
CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu
Na₂S₂O₅:1000 g/t
Na₂SiO₃:1000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu
CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu
Na₂SiO₃:2000 g/t
Na₂S:4800 g/t
KAX:140 g/t
pH:11,40
Zn Flotasyonu
CuSO₄:1000 g/t
Na₂S:3200 g/t
KAX:200 g/t
pH:11,80

Pb Flotasyonu
Na₂S₂O₅:2000 g/t
Na₂SiO₃:1000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:40 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu
CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu
Na₂S₂O₅:1000 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
KAX:20 g/t
Aero404:20 g/t
pH:10-10,5
kireç

Zn Flotasyonu
CuSO₄:500 g/t
KAX:30 g/t
Aero404:30 g/t
pH:11,5
kireç

Pb Flotasyonu
Na₂SiO₃:2000 g/t
Na₂S:3000 g/t
KAX:140 g/t
pH:10-10,5
Zn Flotasyonu
CuSO₄:1000 g/t
Na₂S:2000 g/t
KAX:200 g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂S₂O₅:3000 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
Na₂S:3000 g/t
KAX:140 g/t
pH:9,50

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1000 g/t
KAX:200 g/t
Na₂S:2000 g/t
Na₂S₂O₅:2000 g/t
pH:10,35

Pb Flotasyonu

Na₂SiO₃:2000 g/t
Na₂S:4800 g/t
KAX:140 g/t
ZnSO₄:1000 g/t
pH:10-10,5

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1000 g/t
Na₂S:3200 g/t
KAX:200 g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂S:4800 g/t
KAX:140 g/t
pH:11,35
soda

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1000 g/t
Na₂S:3200 g/t
KAX:200 g/t
pH:11,85
soda

Pb Flotasyonu

Na₂S₂O₅:3000 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
KAX:140 g/t
pH:8,51

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1000 g/t
KAX:200 g/t
Na₂S₂O₅:2000 g/t
pH:9,55

Pb Flotasyonu

Na₂S₂O₅:3400 g/t
Na₂SiO₃:2000 g/t
Na₂S:4800 g/t
KAX:140 g/t
pH:10-10,5

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1000 g/t
KAX:200 g/t
Na₂S₂O₅:2000 g/t
Na₂S:4800 g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂SiO₃:2000 g/t
Na₂S:4800 g/t
H₂SO₄:2400 g/t
KAX:140 g/t
pH:10-10,5

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1000 g/t
KAX:200 g/t
Na₂S:3200 g/t
H₂SO₄:400 g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:3600 g/t
Na₂S:4000 g/t
KAX:400 g/t
pH:11,09

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1200 g/t
Na₂S:1500 g/t
KAX:300 g/t
pH:11,56

Pb Flotasyonu

Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:3600 g/t
Na₂S:4000 g/t
KAX:400 g/t
pH:11,25

Zn Flotasyonu

CuSO₄:2500 g/t
Na₂S:3000 g/t
KAX:500 g/t
pH:11,88

Pb Flotasyonu

Na₂SiO₃:2000 g/t
ZnSO₄:3600 g/t
Na₂S:4000 g/t
KEX:400 g/t
pH:10-10,5

Zn Flotasyonu

CuSO₄:1200 g/t
Na₂S:1500 g/t
KEX:300 g/t
pH:11,5

Pb FlotasyonuNa₂SiO₃:2000 g/tZnSO₄:3600 g/tNa₂S:4000 g/t

KEX:200 g/t

pH:10-10,5

Zn FlotasyonuCuSO₄:2500 g/tNa₂S:3000 g/t

KEX:500 g/t

pH:11,5

Pb FlotasyonuNa₂SiO₃:2000 g/tZnSO₄:3600 g/tNa₂S:3000 g/t

KAX:200 g/t

Aero404:200 g/t

pH:10-10,5

Zn FlotasyonuCuSO₄:2500 g/tNa₂S:3000 g/t

KAX:250 g/t

Aero404:250 g/t

pH:11,5

Pb FlotasyonuNa₂SiO₃:2000 g/tZnSO₄:3600 g/tNa₂S:3000 g/t

KAX:400 g/t

Na₂S₂O₅:1500 g/t

pH:10-10,5

Zn FlotasyonuCuSO₄:3000 g/tNa₂S:3000 g/tNa₂S₂O₅:1100 g/t

KAX:500 g/t

pH:11,5

Pb FlotasyonuNa₂SiO₃:2000 g/tZnSO₄:3600 g/tNa₂S:4000 g/t

CMC:1000 g/t

KAX:400 g/t

pH:10-10,5

Zn FlotasyonuCuSO₄:3000 g/tNa₂S:3000 g/t

KAX:200 g/t

pH:11,5

Pb FlotasyonuNa₂SiO₃:2000 g/tZnSO₄:6500 g/tNa₂S:4000 g/t

KAX:400 g/t

pH:10-10,5

Zn FlotasyonuCuSO₄:5000 g/tNa₂S:3000 g/t

KAX:500 g/t

pH:11,5

Pb FlotasyonuNa₂SiO₃:2000 g/tNa₂S:1200 g/t

KAX:140 g/t

pH:10-10,5

Zn FlotasyonuCuSO₄:1000 g/tNa₂S:800 g/t

KAX:200 g/t

pH:11,5

Pb FlotasyonuNa₂SiO₃:2000 g/tZnSO₄:1000 g/tNa₂S:1200 g/t

KAX:140 g/t

pH:10-10,5

Zn FlotasyonuCuSO₄:1000 g/tNa₂S:800 g/t

KAX:200 g/t

pH:11,5

EK-3. Temizleme deneylerinde kullanılan kimyasallar ve deney koşulları

Pb Flotasyonu

Na₂S:1000 g/t
Na₂SiO₃:500 g/t
KAX:100 g/t

Zn Flotasyonu

CuSO₄:100 g/t
KAX:140 g/t
Na₂S:200 g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂S:1500 g/t
Na₂SiO₃:500 g/t
KAX:100 g/t

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:60 g/t
Na₂S:1500 g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂S:3500 g/t
Na₂SiO₃:500 g/t
KAX:100 g/t

pH:10-10,5

Zn Flotasyonu

CuSO₄:200 g/t
Na₂S:1500 g/t
Aero404:90 g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂S:1300 g/t
Na₂SiO₃:1000 g/t
Na₂S₂O₅:300 g/t
ZnSO₄:500 g/t
KAX:100 g/t
pH:10-10,5

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500g/t
KAX:100g/t
Na₂S:1000g/t
Na₂S₂O₅:200g/t
pH:11,5

Pb Flotasyonu

Na₂S:1000 g/t
Na₂SiO₃:500 g/t
CMC:300 g/t
KAX:140 g/t
pH:10-10,5

Zn Flotasyonu

CuSO₄:500 g/t
KAX:100 g/t
Na₂S:500 g/t
pH:11,5

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel bilgiler

| | |
|-------------------|--|
| Adı Soyadı | Ceylan YARLUĞKAL ALTINIŞIK |
| Doğum Yeri Tarihi | Malatya, 15.01.1987 |
| Medeni Hali | Evli |
| Yabancı Dil | İngilizce |
| İletişim Adresi | Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas |
| E-posta Adresi | ceylanyarlugkal@hotmail.com |

Eğitim ve Akademik Durumu

| | |
|---------------|---|
| Lise | 20 Mayıs Vafkı Turgut Özal Lisesi, 2004 |
| Ön Lisans | İnönü Üniversitesi Hekimhan Meslek Yüksek Okulu, 2009 |
| Lisans | İnönü Üniversitesi, 2013 |
| Yüksek Lisans | Cumhuriyet Üniversitesi, 2019 |

İş Tecrübesi

| | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 08.08.2014-08.08.2017 | Netmer Madencilik | Yerüstü daimi nezaretçi |
| 13.03.2018-01.11.2018 | Beğen Madencilik | Yerüstü daimi nezaretçi |
| 18.04.2019- | Acemoğulları Madencilik | Yerüstü daimi nezaretçi |