

**OKSİTLİ KURŞUN-ÇİNKO CEVHERİNİN
DEĞİŞİK REAKTİFLERLE VE KOŞULLARDA
FLOTASYON YÖNTEMİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

**Nihat Alpin MÜTEVELLİOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2007**

**OKSİTLİ KURŞUN-ÇİNKO CEVHERİNİN
DEĞİŞİK REAKTİFLERLE VE KOŞULLARDA
FLOTASYON YÖNTEMİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

Nihat Alpin MÜTEVELLİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: PROF. DR. MEFTUNİ YEKELER

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ünal AKDEMİR
Üye : Prof. Dr. Meftuni YEKELER
Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2007

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

.....

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen yönerge doğrultusunda ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan “Yüksek Lisans ve Doktora tez yazım Kılavuzu” adlı klavuza göre hazırlanmıştır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Oksitli Kurşun-Çinko Cevherinin Değişik Reaktiflerle ve Koşullarda Flotasyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi

Nihat Alpin MÜTEVELLİOĞLU

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Meftuni YEKELER

Bu tezin konusu oksitli-karbonatlı Pb-Zn cevherlerinin değişen koşullar altında farklı reaktifler kullanılarak flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmesidir. Zamantı yöresi Kayseri Aladağlar Delikkaya ocağından gelen oksitli-karbonatlı Pb-Zn numunesi % 9,05 Pb , % 11,97 Zn içermekte ve ana mineralizasyon simitsonit ve seruzitten oluşmaktadır. İlk deneyler öğütme ve daha önceki çalışmalarda bulunmuş parametreleri kanıtlamaya yöneliktir. 15+15 dakikalık 2 kademeli öğütme ile numunenin tamamı 106 µm altına indirilmiştir. Yapılan ön flotasyon deneylerinde kurşun için daha önceki çalışmalardakine benzer sonuçlar alınmış fakat çinko için ne pH, ZnSO₄, CuSO₄ ne de AERO 3477, 3501, 8651 gibi toplayıcılar sonuç vermiştir. Bu nedenle bu aşamadan sonra çalışma CMC, Na₂S, Aero promoter gibi reaktiflerin değişik konsantrasyonları ile kurşun konsantrasyonunun tenör ve verimini arttırmaya yönelmiştir. 6 kademeli 350 g/t KAX, 375 g/t Aero 407, 7500 g/t Na₂S, 1000 g/t CMC kullanılan deneyde % 70,93 Pb tenörlü % 71,56 verimli kurşun konsantre, elde edilmiş ve çinkonun ağırlıkça % 91,51'i , % 14,66 Zn tenörü ile artıktaki kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zamantı, Oksitli Kurşun Çinko, Flotasyon

SUMMARY

MSc Thesis

Flotation of Oxide Lead-Zinc Ores Using Different Reagents and Conditions

Nihat Alpin MÜTEVELLİOĞLU

Cumhuriyet University

Graduate School of Naturel and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor : PROF. DR. MEFTUNİ YEKELER

The recovery of oxide-carbonate Pb-Zn ores using different chemicals, under changing conditions by flotation was the objective of this experimental study. Oxide-Carbonate Pb-Zn ore sample containing 9.05 Pb and 11.97 Zn % with a major mineralization of smithsonite, serusite taken from Zamantı region Kayseri Aladağ Delikkaya mine. First experiments were carried out for grinding and proving the previously reported flotation studies. Particles size of -106 μm approached as a result of 15+15 minutes of 2 stage grinding. Pre-flotation tests gave similar results for Pb, but neither pH, ZnSO_4 , CuSO_4 nor collectors like AERO 3477, 3501, 8651 made favorable effect on recovery of Zn. Therefore, the studies were carried out for Pb concentrate by changing the amount of chemicals used such as CMC, Na_2S , Aero promoter. As a result of 6 stage flotation with 350 g/t KAX, 375 g/t Aero 407, 7500 g/t Na_2S , 1000 g/t CMC Pb concentrate of 70,93 % Pb content with 71,56 % recovery achieved and 91,51 % of Zinc remained in tailing with 14,66 % Zn grade.

Key words: Zamantı, Oxide Lead Zinc, Flotation

TEŞEKKÜR

Daniőmanım Sayın Prof.Dr. Meftuni YEKELER'e tezım boyunca beni anlayıőla karőılaması, kolaylık sağlaması, sorularıma açıklıkla yanıt vermesi ve yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Bilgilerini, tecrübelerini ve laboratuvarlarını paylaőan İ.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Cevher ve Kömür Hazırlama, Değerlendirme Anabilim Dalı öğretim üyelerine müteőekkirim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan aileme de őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	3
2.1. Kurşun-Çinko Mineralleri.....	3
2.1.1. Kurşun Mineralleri.....	4
2.1.2.Çinko Mineralleri.....	6
2.1.3. Kurşun-Çinko Mineralleriyle Bulunan Değerli Mineraller.....	9
2.2. Kurşun – Çinko Zenginleştirme Yöntemleri.....	9
2.2.1. Gravite Farkı İle Zenginleştirme.....	10
2.2.2. Flotasyon İle Zenginleştirme	10
2.3. Flotasyonla Kurşun – Çinko Zenginleştirme	11
2.3.1. Flotasyon Mekanizması.....	11
2.3.2. Flotasyon Kimyasalları	12
2.3.2.1. Toplayıcılar	12
2.3.2.2. Kontrol, Düzenleyici Reaktifler	13
2.3.2.2.1. pH Düzenleyicileri	14
2.3.2.2.2. Canlandırıcılar (Aktifleştiriciler)	14
2.3.2.2.3. Bastırıcılar	15
2.3.2.2.4. Koruyucular	15
2.3.2.2.5. Kuvvetlendiriciler	16
2.3.2.3. Köpürtücüler	16
2.4. Flotasyon Makineleri	18
2.5. Cevher Karakterizasyonu ve Flotasyon	20
2.5.1. Selektif Flotasyon	21
2.5.2. Sülfürlü Pb-Zn Minerallerinin Flotasyonu.....	23
2.5.3. Karbonatlı ve Oksitli Pb-Zn Minerallerinin Flotasyonu	25
2.5.4. Kurşun - Çinko Ksantat İlişkisi	27
2.6. Kurşun - Çinko Pazarı.....	31
2.6.1. Kurşun – Çinko Kullanım Alanları.....	32

2.6.2. Kurşun -Çinko Metal-Konsantre'lerinde Aranılan Özellikler ve Fiyatlandırma	33
2.7. Laboratuvar Çalışmaları	36
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	43
3.1. Bölge Jeolojisi ve Deneysel Çalışmalara Esas Malzeme.....	43
3.2. Numunelerin Hazırlanması ve Özellikleri	46
3.2.1. Numunenin Kimyasal Özellikleri	48
3.2.2. Numunenin Minerolojik Özellikleri.....	48
3.2.3. Numunenin Fiziksel Özellikleri.....	49
3.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzeme ve Yöntemler	52
3.3.1. Reaktifler ve Cihazlar	52
3.3.2. Öğütme ve Flotasyon Deneylerinde İzlenen Yöntem	56
3.4. Öğütme Deneyleri ve Bulgular.....	57
3.5. Flotasyon Deneyleri.....	61
3.5.1. Farklı Ksantat Tip Toplayıcılar Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri	64
3.5.2. Toplayıcı olarak sadece KAX, KAX ve Yardımcı Toplayıcının Birlikte Kullanıldığı Flotasyon Deneyleri	67
3.5.3. Farklı Tip Yardımcı Toplayıcı Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri	69
3.5.4. Farklı Boyutlar Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri	71
3.5.5. Farklı Kademe Sayıları Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri ..	73
3.5.6. Farklı Köpürtücüler Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri	76
3.5.7. Farklı ZnSO ₄ Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri ..	78
3.5.8. Farklı Çinko Toplayıcıları Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri	80
3.5.9. pH ve CuSO ₄ 'ün Çinko Devresindeki Etkileri	84
3.5.10. Farklı CMC Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri ..	87
3.5.11. Farklı Na ₂ S Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri ..	91
3.5.12. Farklı Yardımcı Toplayıcı Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri	101
3.5.13. Bulunan Optimum Parametrelerle Yapılan Flotasyon Deneyleri ..	106
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	116
KAYNAKLAR	119
ÖZGEÇMİŞ	121

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çeşitli kurşun minerallerine ait resimler Galenit – Anglezit – Seruzit...	5
Şekil 2.2. Çeşitli çinko minerallerine ait resimler Sfalerit – Simitsonit – Zinkit.....	7
Şekil 2.3. Klasik flotasyon selülü üç boyut ve kesit	18
Şekil 2.4. Seri bağlantı ve selüller arası geçişler	19
Şekil 2.5. Tesislerdeki unit-cell kullanımı.....	20
Şekil 2.6. Denver tipi flotasyon selülü ön ve yan kesiti	20
Şekil 2.7. Türkiye’deki Kurşun - Çinko cevher karakterizasyonu.....	21
Şekil 2.8. Kritik pH toplayıcı ilişkisi.....	22
Şekil 2.9. Klasik selektif flotasyon akım şeması	24
Şekil 2.10. Kurşun - Çinko konsantreleri	25
Şekil 2.11. Sodyum sülfid ilavesinin seruzit flotasyonu üzerindeki etkisi.....	26
Şekil 2.12. Çeşitli ksantatlarla galen flotasyonu	29
Şekil 2.13. Çeşitli ksantatlarla sfalerit flotasyonu.....	31
Şekil 2.14. Kurşun ve Çinko sembolleri.....	31
Şekil 2.15. Dünya kurşun kullanımı.....	32
Şekil 2.16. Dünyada çinko kullanımı	33
Şekil 2.17. Londra metal borsası kurşun fiyatları	35
Şekil 2.18. Londra metal borsası çinko fiyatları	36
Şekil 2.19. Rusya’da uygulama alanı bulmuş oksit kurşun-çinko cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesine ait akım şeması	38
Şekil 3.2. Numune hazırlama akım şeması.....	47
Şekil 3.3. Tüvenan cevher numunesinin tane boyu dağılımı.....	50
Şekil 3.4. Merdaneli kırıcı çıkışı 2 mm altı cevher numunesinin tane boyu dağılımı	51
Şekil 3.5. Cytec firmasına ait Aero promoterlerin kimyasal bağ yapıları.....	53
Şekil 3.6. Cytec firmasına ait Aero promoterlerin kimyasal bağ yapıları.....	53
Şekil 3.7. Flotasyon deneylerinde kullanılan denver tipi flotasyon makinesi	55
Şekil 3.8. Öğütme deneylerinde kullanılan çelik bilyalı değirmen ve bilyalar	55
Şekil 3.9. 10, 15, 20, 30 dakika öğütme deneyleri tane boyu dağılımları.....	59
Şekil 3.10. 15+15 dakika öğütme numunesinin tane boyu dağılımı	60
Şekil 3.11. 3 kademeli flotasyon deneyi kurşun devresi akım şeması	62
Şekil 3.12. 2 kademeli flotasyon deneyi çinko devresi akım şeması.....	62
Şekil 3.13. 6 kademeli flotasyon deneyi kurşun devresi akım şeması.....	63

Şekil 3.14. 4 kademeli flotasyon deneyi çinko devresi akım şeması.....	64
Şekil 3.15. Toplayıcı olarak kex-kax kullanılan flotasyon deneyleri sonuçları	66
Şekil 3.16. Toplayıcı olarak sadece kax, kax+aero (yardımcı toplayıcı) kullanılan flotasyon deneyleri sonuçları.....	68
Şekil 3.17. Farklı yardımcı toplayıcılar kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	70
Şekil 3.18. Farklı boyutlar kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları.....	72
Şekil 3.19. Farklı kademe sayıları kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	75
Şekil 3.20. Farklı köpürtücüler kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	77
Şekil 3.21. Farklı ZnSO ₄ konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	79
Şekil 3.22. Farklı çinko toplayıcıları kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	83
Şekil 3.23. Farklı pH ve CuSO ₄ kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları..	86
Şekil 3.24. Farklı CMC konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	90
Şekil 3.25. Farklı Na ₂ S konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	100
Şekil 3.26. Farklı yardımcı toplayıcılar konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri sonuçları	105
Şekil 3.27. Bulunan optimum parametrelerle yapılan flotasyon deneyleri sonuçları.....	115

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Doğada izlenen diğer kurşun mineralleri	6
Çizelge 2.2. Genel çinko mineralleri sınıflandırması.....	8
Çizelge 2.3. Çeşitli reaktifler ve işlevleri	17
Çizelge 2.4. Firmalar ve ürettikleri flotasyon reaktifleri.....	17
Çizelge 2.5. Çeşitli kurşun bileşiklerinin çözünürlük sabitleri.....	28
Çizelge 2.6. Çeşitli çinko bileşiklerinin çözünürlük sabitleri.....	30
Çizelge 2.7. Kurşun tenörüne göre izabe kayıpları	34
Çizelge 2.8. Çinko tenörüne göre metal kazanma randımanı	34
Çizelge 2.9. Oksit kurşun-çinko cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesine ait metalurjik denge çizelgesi (şlam atılarak yapılan deney)	39
Çizelge 2.10. Oksit kurşun-çinko cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesine ait metalurjik denge çizelgesi (şlam atılmadan yapılan deney)	39
Çizelge 3.1. Tüvenan cevhere ait kimyasal analiz sonuçları	48
Çizelge 3.2. Tüvenan cevhere numunesinin elek analizi sonuçları	50
Çizelge 3.3. Merdaneli kırıcı çıkışı 2 mm altı cevher numunesine ait elek analizi sonuçları	51
Çizelge 3.4. Kurşun devresinde kullanılan Aero promoter'lerin özellikleri	53
Çizelge 3.5. Çinko devresinde kullanılan Aero promoter'lerin özellikleri	54
Çizelge 3.6. Öğütme deneylerinde kullanılan çelik bilyalı değirmenin özellikleri.....	56
Çizelge 3.7. 10 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları	57
Çizelge 3.8. 15 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları	57
Çizelge 3.9. 20 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları	58
Çizelge 3.10. 30 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları	58
Çizelge 3.11. 15+15 dakika iki kademeli öğütme elek analizi sonuçları	59
Çizelge 3.12. Farklı ksantat tip toplayıcılarla yapılan flotasyon deneyleri reaktif sarfiyatı.....	65
Çizelge 3.13. Toplayıcı olarak KEX kullanılan flotasyon deneyi sonuçları	65
Çizelge 3.14. Toplayıcı olarak KAX kullanılan flotasyon deneyi sonuçları.....	65
Çizelge 3.15. Toplayıcı olarak KAX ve yardımcı toplayıcının birlikte kullanıldığı flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	67
Çizelge 3.16. Toplayıcı olarak KAX ve yardımcı toplayıcının birlikte kullanıldığı flotasyon deneyi sonuçları.....	67
Çizelge 3.17. Farklı tip yardımcı toplayıcı kullanılarak kullanılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	69

Çizelge 3.18. Yardımcı toplayıcı olarak AERO 404 kullanılan flotasyon deneyi sonuçları	69
Çizelge 3.19. Yardımcı toplayıcı olarak AERO 412 kullanılan flotasyon deneyi sonuçları	70
Çizelge 3.20. 150 µm altı numune ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları	71
Çizelge 3.21. 74 µm altı numune ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları	72
Çizelge 3.22. 6 Kademeli flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	74
Çizelge 3.23. 6 Kademeli flotasyon deneyi sonuçları	74
Çizelge 3.24. Köpürtücü olarak çamyacı kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	76
Çizelge 3.25. Köpürtücü olarak çamyacı kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	76
Çizelge 3.26. Köpürtücü Flotanol M (Clariant) olarak kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	77
Çizelge 3.27. 1500 g/t ZnSO ₄ kullanılan flotasyon deneyi sonuçları	78
Çizelge 3.28. Farklı çinko toplayıcı kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri reaktif sarfiyatı	80
Çizelge 3.29. Çinko toplayıcı olarak AERO 8651 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	81
Çizelge 3.30. Çinko toplayıcı olarak AERO 3477 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	81
Çizelge 3.31. Çinko toplayıcı olarak AERO 3501 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	82
Çizelge 3.32. Farklı pH kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri reaktif sarfiyatı	84
Çizelge 3.33. pH 7.4'de yapılan flotasyon deneyi sonuçları	85
Çizelge 3.34. pH 10'da yapılan flotasyon deneyi sonuçları	85
Çizelge 3.35. pH 11'de yapılan flotasyon deneyi sonuçları	86
Çizelge 3.36. Bastırıcı olarak farklı CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	87
Çizelge 3.37 . Bastırıcı olarak 0 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	88
Çizelge 3.38. Bastırıcı olarak 250 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	88
Çizelge 3.39. Bastırıcı olarak 500 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	88

Çizelge 3.40. Bastırıcı olarak 750 g/t Cmc konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	89
Çizelge 3.41. Bastırıcı olarak 1000 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	89
Çizelge 3.42. Bastırıcı olarak 1250 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	89
Çizelge 3.43. Bastırıcı olarak 1500 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	90
Çizelge 3.44. 2250 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	92
Çizelge 3.45. 2250 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	92
Çizelge 3.46. 3000 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	93
Çizelge 3.47. 3000 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	93
Çizelge 3.48. 3750 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	94
Çizelge 3.49. 3750 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	94
Çizelge 3.50. 4500 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	95
Çizelge 3.51. 4500 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	95
Çizelge 3.52. 5250 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	96
Çizelge 3.53. 5250 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	96
Çizelge 3.54. 6000 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	97
Çizelge 3.55. 6000 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	97
Çizelge 3.56. 7500 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	98

Çizelge 3.57. 7500 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	98
Çizelge 3.58. 9000 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	99
Çizelge 3.59. 9000 g/t Na ₂ S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	99
Çizelge 3.60. 125 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	102
Çizelge 3.61. 125 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	102
Çizelge 3.62. 375 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	103
Çizelge 3.63. 375 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	103
Çizelge 3.64. 500 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı.....	104
Çizelge 3.65. 500 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	104
Çizelge 3.66. 4500 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	109
Çizelge 3.67 4500 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	106
Çizelge 3.68. 6000 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	107
Çizelge 3.69 6000 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	107
Çizelge 3.70. 7500 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	108
Çizelge 3.71. 7500 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	108
Çizelge 3.72. 9000 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	109
Çizelge 3.73. 9000 g/t Na ₂ S – 500 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları	109

Çizelge 3.74. 6750 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	110
Çizelge 3.75. 6750 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon seneyi sonuçları	110
Çizelge 3.76. 7500 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	111
Çizelge 3.77. 7500 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon seneyi sonuçları	111
Çizelge 3.78. 8250 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	112
Çizelge 3.79. 8250 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon seneyi sonuçları	112
Çizelge 3.80. 8250 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 400 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	113
Çizelge 3.81. 8250 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 400 g/t kullanılarak yapılan flotasyon seneyi sonuçları	113
Çizelge 3.82. 8250 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 350 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı	114
Çizelge 3.83. 8250 g/t Na ₂ S – 1000 g/t CMC – 350 g/t kullanılarak yapılan flotasyon seneyi sonuçları	114

1.GİRİŞ

Kurşun – çinko cevherlerinin geniş kullanım alanları ve yerlerine ikame edebilecek ürünlerin olmaması üretilip ve değerlendirilmeni zorunlu kılmaktadır. Yüksek tenörlü rezervlerin azalması günümüzde ve gelecekte kurşun - çinko madenciliği sonucu üretilen ve üretilecek cevherlerin zenginleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. İhtiyacın büyük çoğunluğu sülfürlü cevherlerden karşılanırsa bile gerek dünyada gerekse ülkemizde küçümsenilmeyecek miktarda oksitli rezervler de bulunmaktadır.

Kurşun ve Çinko cevherleri için çeşitli zenginleştirme yöntemleri bulunmakla beraber flotasyon, ucuz fakat az randımanlı gravite usulleri ile pahalı fakat yüksek randımanlı hidrometalurji arasında, geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Atak, 1974). Bunun sebeplerini kısaca özetlersek ;

- İri boyutta serbestleşen ve yüksek tenörlü yatakların günden güne azalması
 - Triyaj, sarsıntılı masa, jig gibi zenginleştirme yöntemlerinin teknolojik ve ekonomik yeterliliğini kaybetmesi
- Sabit yatırımın ve işletme giderlerinin düşük olması, aynı proses içinde sıfır maliyetle gelen yan ürünler
 - Flotasyon, hidrometalurjik ve pirometalurjik işlemlerle karşılaştırıldığında daha düşük randımanlı fakat yatırım maliyetleri daha düşüktür.
 - Konsantrelerdeki altın, gümüş ve nadir elementler
- Mükemmel katı-katı ayırma performansı
 - Kurşun – Çinko – Demir – Bakır ve diğer değerli minerallerin ayrı ayrı konsantre olarak alınması
- Kimyasalların, Makina-ekipmanların ve parametrelerin çeşitlilik ve değişkenliği
 - Toplayıcılar, köpürtücüler, bastırıcılar, canlandırıcılar, dengeleyiciler
 - Hücre dizaynı, karıştırma, hava akışı, kademe sayısı, oluklar
 - Besleme, parça boyutu, pülp yoğunluğu, sıcaklık

Günümüzde kurşun - çinko cevherleri flotasyon yöntemi kullanılarak başarıyla zenginleştirilebilmektedir. Fakat oksitli kurşun-çinko cevherlerinin zenginleştirilmesi günümüzde sorun teşkil etmektedir. Özgül ağırlık farkı ve manyetik ayırma ile zenginleştirmede metal kurtarma verimleri % 50'ler civarında kalmaktadır. Oksitli cevherlerin klasik flotasyonunda da verim açısından yeterli düzeye ulaşamamaktadır. Ana minerallerin seruzit ve smitsonit olması ve bunların hidrofobik olmamaları flotasyonlarını zorlaştırmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak 1983 yılında Zamantı yöresi Oksitli kurşun - çinko cevherleriyle ilgili olarak zenginleştirme araştırması yapılmıştır. Özellikle flotasyon yönteminin uygulanabilirliğini görmek amacıyla yapılan flotasyon araştırmalarında kurşunda bir zenginleştirme sağlanmış, fakat çinkoda bir ayrılma mümkün olmamıştır (İTÜ, 1983). Yüksek oranda oksitlenmiş Balya kurşun-çinko atıkları ile yapılan araştırmada uygun metal kurtarma verimlerinde kazanımlar olmadığı gözlenmektedir (Bulut,1991). Yapılan diğer bir çalışmada ise ince tanelerin normal flotasyonunda gang minerallerinin köpüğe kaşması ve kıymetli mineral kaybı nedenleriyle yüksek verim elde edilememiştir (Mavros vd., 1988).

Bu tez kapsamında, Zamantı bölgesine ait oksitli karbonatlı kurşun - çinko cevherlerinin selektif olarak flotasyonla zenginleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu araştırmada değişik flotasyon koşulları ve reaktifleri kullanılarak kurşun ve çinko'nun ayrı konsantreler olarak elde edilmesi, tenörlerinin arttırılması ve yüksek verimde satılabilir ürünler elde edilmesine çalışılmıştır.

2.LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Kurşun - Çinko Mineralleri

Önemli kurşun mineralleri galen (PbS), serüzit (PbCO₃), anglezit (PbSO₄), jamesonit (Pb₂Sb₂S₅), jordanit (Pb₄As₂S₇), bulanjerit (Pb₃Sb₂S₆), piromorfit (Pb₅Cl (PO₄)₃) , mimemit (Pb₅Cl₂(AsO₄)₆) ve vulfenit (PbMoO₄)dir. Ekonomik olarak işletilmekte olan yataklarda en çok bulunan kurşun minerali galen olup, genellikle çinko, bakır, gümüş, altın ve demir mineralleriyle birlikte bulunur .

Çinko üretimine en büyük katkıyı sağlayan en önemli minerali sfalerittir (çinko blend : ZnS). Bunun dışındaki ticari değer taşıyan çinko mineralleri ise smitsonit (ZnCO₄), zinkit (ZnO), villemmit (Zn₂SiO₄), franklinit (Fe,Zn,Mn)O.(Fe,Mn)₂O₃ ve hemimorfit (H₂Zn₂SiO₈) tir. (Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001).

2.1.1. Kurşun Mineralleri

Galen (PbS): % 86,6 Pb ve % 13,4 S içerir. Az miktarda demir, çinko, antimuan, selenyum, gümüş ve altın içerebilir. Gümüş içeriği genellikle % 0,01-2.0 arasında değişir. Bu nedenle simli kurşun adını alır. Sertliği 2.3; özgül ağırlığı 7,4-7,6, gümüş grisi rengindedir. Kübik sistemde kristalleşen galen, üfleç alevinde kolayca erir.

Serüzit (PbCO₃): Serüzit, galen filonlarının üzerinde bazen kristaller, bazen de yoğun ve stalaktit şekilli kütleler halinde bulunur. %83,5 Pb içerir. Tek veya gruplar halinde kristalleri izlenen serüzit, rombik kristal yapısındadır. Gevrek yapılı, sertliği 3-3,5, özgül ağırlığı 6,5'tur. Sarı, gri esmer ve beyaz renklerde olan mineralin saf olanı beyaz renklidir. Yağlımsı elmas ışıldamıdır.

Anglesit (PbSO₄): % 68,3 Pb içerir. Yapısı gevrek, sertliği 3, özgül ağırlığı 6,3'tür.Rombik sistemde kristalleşen anglesit, renksiz olmasına karşın çeşitli renklerde görülebilir.

Piomorfit ($Pb_5Cl(PO_4)_3$): Galen yataklarında sıklıkla izlenen mineral % 75-79 Pb içerir. Fosforik asit etkisiyle oluşan mineralin tipik kristaller hegzagonal sistemde kristalleşir. Sertliği 3,5-4, özgül ağırlığı 6,5-7, elmas parlaklığında, sarı ve beyaz renklerde bulunur.

Jamesonit ($Pb_3FeSb_6S_{14}$): % 50,8 Pb içeren mineral telse yapıları ile asbesti andırır. Rombik sistemde kristalleşen mineralin sertliği 2-2,5, özgül ağırlığı 5,5-6 dır. Rengi ve çizgisi gri renklidir.

Vulfenit ($PbMoO_4$): % 56,4 oranında Pb içerir. Tetragonal sistemde kristalleşen mineralin sertliği 3, özgül ağırlığı 6,7-6,9 dur. Rengi beyazımsı, balmumu sarısıdır.

Vanadinit ($Pb_5Cl(VO_4)_3$): Kristalleri piromorfite benzeyen mineral hegzagonal sistemde kristalleşir. Sertliği 3, özgül ağırlığı 6,8-7,1 dir. Camsı parlaklıkta olup, sarı, turuncu ve koyu kırmızı renklerde gözlenir.

Mimetit ($Pb_5Cl(AsO_4)_3$): Piromorfite izomorfdur. Sertliği 3,5, özgül ağırlığı 6,9-7,3 tür. Reçinemsiz parlaklığa sahip mineral açık sarı, turuncu renklerde gözlenir.

Burnoit ($Pb_3Cu_6SbS_6$): Kurşun, bakır, antimuan bileşiminde bir sülfür mineralidir. % 42,6 Pb, % 13 Cu, % 24,6 Sb ve % 19,8 S içerir. Sertliği 2,5-3, özgül ağırlığı 5,7-5,9 olup rombic sistemde kristalleşir. Metalik parlaklığa sahip ve çelik grisi renkte gözlenir.

Krokoyit ($PbCrO_4$): Kırmızı kurşun veya kromlu kurşun olarak da adlandırılır. Genellikle kuvars filonları ve granitler içinde bulunur. Monoklinik sistemde kristalleşen mineralin sertliği 2,5, özgül ağırlığı 5,9-6,1 dir. Rengi turuncu sarı ve toz rengi olup, saydam ve gevrekli.

Altait ($PbTe$): % 61,8 Pb ve % 38,2 Te bileşimindedir. Sertliği 2,5, özgül ağırlığı 8,1'dir. Parlaklığı metalik olup, sarımsı veya kalay beyazı renklerde gözlenir.

Lanarkit (Pb_2SO_5): % 84,8 PbO içerir. Sertliği 2,5, özgül ağırlığı 6,4-7 dir. Monoklinik sistemde kristalleşir. Kristalleri uzun ve iğneşeklinde olup, gri sarımsı, yeşilimsi ve beyaz renklerde gözlenir.

Jordanit ($Pb_4As_2S_7$): Sertliği 4, özgül ağırlığı 6,4 tür. Monoklinik sistemde kristalleşmiş olup, koyu gri renkli ve siyah çizgi rengine sahiptir.

Zinkenit ($PbSb_2S_6$): Genellikle antimuan ile birlikte bulunur. Rombik sistemde kristalleşir. Sertliği 3, özgül ağırlığı 5,3 tür. Koyu ve mavi renkli olup mavi lekeler gösterir. Çizgi rengi siyahtır.

Bulanjerit ($Pb_3Sb_2S_6$): % 55-58 Pb içerir. Çok ender bulunan bir mineral olan bulanjerit, rombik sistemde kristalleşir. Antimuan'a benzer. Sertliği 2,5, özgül ağırlığı 5,8-6,2 olup gri renklidir.

Geokronit ($Pb_5Sb_2S_8$): Sertliği 2,3, özgül ağırlığı 6,4 olan mineral rombik sistemde kristalleşir. Gri renklidir. Balya kurşun madeninde bazı galen minerallerinin gekoronitler tarafından sarıldığı izlenmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.1. Çeşitli kurşun minerallerine ait resimler a) Galenit, b) Anglezit, c) Seruzit (<http://www.mta.gov.tr/mineraller/mineraller.asp>)

Çizelge 2.1. Doğada izlenen diğer kurşun mineralleri (Yüce, 1998)

Linarit	$(\text{H}_2(\text{PbCu})_2\text{SO})$	Embroit	Antimuanlı Pb Sülfür
Arsenomelan	$2\text{PbS}.\text{As}_2\text{O}_3$	Osinkit	Pb Vanadat
Kalodenit	$(\text{PbCu})\text{CO}_3.\text{PbSO}_4$	Hidroalüminli Pb	Sulu Pb alüminat
Serasın	$\text{PbCl}_2.\text{PbCO}_3$	Kurşun okru	Pb oksit (masiko)
Kotunit	PbCl_2	Melauokromat	Pb kromat
Klostalit	PbSc	Fosgenit	Pb kloro-karbonat
Kuproplumbit	$2\text{PbS}.\text{CuS}$	Lilianit	Pb_3BiS_3
Dekenit	PbV_2O_6	Patrinit	PbCuBiS_3
Matlokit	PbOCl_2	Tealit	PbSnS_2
Fonisit	PbCrO_4	Düfrenoizit	PbAs_2S_5

2.1.2.Çinko Mineralleri

Sfalerit (ZnS) : %67 Çinko, %33 Kükürt içermektedir. Genellikle FeS ile izomorfdur. Demir oranı bazen %20'ye kadar yükselebilmektedir. Siyah renkli olan bu minerale marmatit denmektedir. Ayrıca CdS ve MnS de içermektedir.

Smitsonit (ZnCO_3) : Bileşiminde % 52 Zn ile önemli miktarda Fe ve Mn bulunmaktadır. Smitsonit, sfaleritin bozuşmasında ileri gelen çinko sülfat eriyiğinin, kalker veya dolomiti ornatması yolu ile oluşmaktadır. Hegzagonal hemiedri sistemde kristalleşmektedir. Önemli çinko minerali olan smitsonit, kalamın, hidrozinkit, kalsit, dolomit gibi minerallerle birlikte bulunmaktadır. Renksiz, beyaz sarımsı kahverengi, yeşilimsi, mavimsi renklerde bulunmakta olup, sertliği 5, özgül ağırlığı ise 4.3 dür. Dilinimli, gevrek cam cilalı ve yarı saydam görünüştedir.

Hemimorfit ($\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]5\text{H}_2\text{O}$): Kalamın olarakta bilinir, rombik hemiedrid sistemde kristalleşmektedir. Genellikle yuvarlağımsı, böbreğımsi yapıda cam cilalı, saydam veya yarı saydamdır. Bileşiminde %54.2 Zn içermekte ve smitsonit ile birlikte bulunmaktadır.

Zinkit-Hidrozinkit ($ZnO-Zn_5(OH)_6[CO_3]_2$): Dihekzagonal pramidaldır. Genellikle toprağimsı ve yaprağimsı görünüştedir. Rengi bileşiminde bulunan Mn nedeniyle koyu kırmızıdır. Çizgi rengi portakal sarısıdır. Metamorfik kalkerler içerisinde franklinit, vilemit ve kalsit ile birlikte bulunmaktadır. Bileşiminde % 80 - % 59 Zn içermektedirler.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.2. Çeşitli çinko minerallerine ait resimler a) Sfalorit, b) Smitsonit, c) Zinkit (<http://www.mta.gov.tr/mineraller/mineraller.asp>)

Çizelge 2.2. Genel çinko Mineralleri Sınıflandırması (Güney, 1998)

Mineral	Mineral Adı	Kimyasal Formülü
Sülfürler	Sfalerit (Çinko blend, zinkblend)	ZnS
	Vurtzit (Strahlblend)	ZnS
	ZnS	4ZnS+ZnO Zn ₅ S ₄ O-4ZnS.ZnO
	Zink - Teallite	(Pb,Zn) Sn S ₂
Sülfatlar	Goslarit(Zincvitriol)	ZnSO ₄ .7H ₂ O
	Zinc-Melanterit	(Fe,Zn) SO ₄ .7 H ₂ O
	Zinc-Copper Melanterit	(Fe,Zn) SO ₄ .5 H ₂ O
Karbonatlar	Smitsonit(Galmay,Zinkspat)	ZnCO ₃
	Hidrozinkit(Zincblute)	ZnCO ₃ 3 Zn (OH) ₂
	Zinkokalsit	(Ca,Zn)CO ₃ (Bir kalsit çeşitidir)
	Nicholsonite	(Ca,Zn)CO ₃ (Birazagonit
	Aurichalcite	2(Zn,Cu) CO ₃ .3(Zn,Cu) OH ₂
Silikatlar	Hemimorfit(Kalamin,Kieselzinkers)	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) Be SiO ₄ ZnS
Oksitler	Zinkit(Rotzinkerz,Çinko Beyazı)	ZnO
	Zinkspinel(Gahnit,Automolit)	ZnOAl ₂ O ₃
	Zincdibratnite	ZnO.2MnO ₂ .2H ₂ O
	Hetaerolite(Zinc, Hausmanite)	ZnO.Mn ₂ O ₃
	Kreitonite(Zinc,İrongahnit)	(Zn,Fe,Mg)O.(Al,Fe) ₂
	Dysluite(Zinc,Manganes-	(Zn,Fe,Mg)O.(Al,Fe) ₂ O ₃
Diğer Mineraller	Fanklinit(Zincoferrit)	(Zn,Fe,Mn).(Fe,Mn ₂)O ₄
	Colusit	(Cu,Fe,Mo,Sn,Zn) ₄ (S,As,Te,Sb)
	Zincaluminit	Al ₆ Zn ₆ S ₂ O ₂₁ .8H 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)	

2.1.3. Kurşun-Çinko Mineralleriyle Bulunan Değerli Mineraller

Kadmiyum: Genellikle sfalerite bağlı olarak bulunur ve sfaleritteki tenörü % 0,08-0,55 arasında değişmektedir. %0,3-0,4 Cd tenörlü cevher, zengin kadmiyumlu cevher olarak sayılmaktadır. Kadmiyum zenginleştirme işlemleri sırasında çinko konsantrisinde toplanmaktadır

Bizmut: %0,001 Bi tenörünün üzerindeki cevher tenörleri ekonomik olmaktadır. Bizmut, zenginleştirme işlemleri sırasında kurşun konsantrisi içinde toplanmaktadır.

İndiyum: %0,0002 In tenörü üzerindeki cevherler ekonomik olmaktadır.

Molibden: Kompleks Pb-Zn cevherlerinde %0,001-0,03 arası bulunabilmektedir.

Germanyum: Sfalerit cevherinde nadiren bulunan Germanyum, %0,001-0,01 arasında bir değişim göstermektedir.

Kobalt: Pb-Zn parajenezleri ve çeşitli minerallere dahil olabilir. Sfaleritte %0,01-0,02 Co tenörü ekonomik öneme sahiptir. Zenginleştirmede kısmen bakır, kurşun ve çinko konsantrilerinde toplanmaktadır.

Selenyum: Pb-Zn cevheri konsantrileri %0,03 Se içeriyorsa yan ürün olarak zenginleştirilmeleri ekonomik olabilmektedir.

2.2.Kurşun – Çinko Zenginleştirme Yöntemleri

Üretilen kurşun-çinko cevherlerinin doğrudan izabe edilmeleri ekonomik olmadığından, bunların önce çeşitli cevher zenginleştirme yöntemleriyle konsantr olarak elde edilmeleri gerekmektedir. Konsantr eldesinde başlıca iki yöntem uygulanmaktadır (Güney, 1998 ; Bulut, 1991).

2.2.1. Gravite Farkı İle Zenginleştirme

Gravite farkı ile zenginleştirme, minerallerin farklı özgül ağırlıklarından faydalanılana bir yöntemdir. Minerallerin serbestleşme tane boyutunun büyüklüğüne bağlı olarak jig, ağır ortam ayırıcıları, spiral ve sarsıntılı masalar, tek başına veya kombinasyon şeklinde kullanılır.

Gravite yöntemlerinin diğer zenginleştirme yöntemlerine göre, gerek işletme, gerekse yatırım maliyetleri açısından oldukça ucuz olmasına karşılık, metal kazanma verimlerinin düşüklüğü, kaçakların önlenememesi ve selektif ayırmaya tam uyum sağlayamaması dezavantaj olmaktadır. Bu yöntem daha çok ön zenginleştirme amacıyla kullanılmaktadır.

Ayrıca son yıllarda gravite ayırmasında küçük taneli cevherlerin (-0.5 mm) zenginleştirilmesinde geliştirilmiş Multi Gravite Ayırıcısı'da (Multi Gravity Separator-MGS) sarsıntılı masalara bir alternatif olarak yer almaktadır (Billy vd., 1994).

2.2.2. Flotasyon ile Zenginleştirme

Flotasyon ile zenginleştirme tane serbestleşme boyutu çok küçük olan minerallerin selektif olarak konsantre edilebilmesine olanak sağlayan ve minerallerin değişik yüzey özelliklerinden faydalanılarak uygulanan fiziko-kimyasal temellere dayalı bir zenginleştirme yöntemidir (Gaudin, 1939).

Günümüzde özellikle sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinde zenginleştirme hemen hemen tümüyle flotasyon yöntemiyle yapılmaktadır. Diğer yöntemlere oranla daha pahalı ve fazla enerji gerektiren bir yöntem olmasına rağmen düşük tenörlü cevherlerde bile yüksek metal kazanma verimleriyle, yüksek tenörlü konsantreler elde edilebilmesi, flotasyonu en yaygın zenginleştirme yöntemi haline getirmiştir.

Flotasyon maliyetlerinde, cevherin tenörü ve mineralojik özellikleri en etkili faktördür. Bu özelliklere bağlı olarak maliyet girdileri ve metal kurtarma randımanları %60-95 arasında değişir.

Aynı nedenle, bugün Dünya'da üretilen kurşun konsantrelerinin tenörü %50-78 Pb; çinko konsantrelerinin %48-60 Zn, ve bulk (toplu) konsantrelerinin ise %15-35 Pb ve %20-40 Zn olabilmektedir. (Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001).

2.3. Flotasyonla Kurşun – Çinko Zenginleştirme

Flotasyon metodu 20 yüzyılın ilk çeyreği içinde bulunup geliştirilmiş olan bir teknik olup bugün, ana metal minerallerin konsantrasyonunda en önemli cevher zenginleştirme yoludur.

2.3.1 Flotasyon Mekanizması

Çalışma mekanizması mineral ve gang tanelerinin kütlelerinden ziyade yüzeylerinin hava veya su ile temaslarında gösterdikleri farklı davranışlara dayanmaktadır. Flotasyonun meydana gelebilmesi için aşağıdaki şartların ortamda bir arada bulunması gereklidir:

- Komponentlerden biri, diğerine göre su tarafından zor ıslatılabilir, ıslatılamaz (Hidrofob) veya kolay ıslatılabilir (Hidrofil) olmalıdır. Hidrofob veya Hidrofil çeşitli minerallerin birinin diğerine göre suya karşı davranış özelliği suni olarakta temin edilebilir.
- Flotasyon kullanılan kimyasal maddelerden biri su-hava yüzey gerilimini azaltmalı, diğeri de köpük yapmalı ve miktarı da kararlı bir köpük yaratacak kadar olmalıdır.
- Hidrofob mineral tanecikleri hava kabarcıkları tarafından taşınabilmelidir. Bu olayda hava kabarcığı ve mineral tane iriliğinin önemli rolü vardır.

Flotasyon olayının devamlı olabilmesi için:

- Bir mineralin diğlerinden ayrılması için, cevherin yeterli derecede serbestleşmiş olması
- Köpüğün devamlılığının sağlanması
- Mineral taneciklerini, hava kabarcıklarına yapıştıran ortamın devamlı olması gereklidir.

Bütün bu şartların bir araya getirilmesi ile istenilen mineralin yüzeyi yapay olarak değiştirilmekte ve o mineral yüzdürülebilmektedir.

2.3.2. Flotasyon Kimyasalları

Yukarıda belirtilen şartlarda başarılı bir flotasyon sağlanması için kullanılan kimyasal maddelere “Flotasyon Reaktifleri” denir. Bu reaktifler kendi içlerinde üç ayrı grup altında toplanırlar (Orhan C.E., <http://www.geocities.com/capecanaveral/hangar/5555>).

2.3.2.1. Toplayıcılar

Toplayıcıların görevi, minerali hidrofob yapmak, yani yüzeyini değiştirerek aktif hale getirmektir. Toplayıcıların etkili olabilmesi için suda çözülmeleri gerekir. Bir toplayıcı reaktifin kuvveti, mineralin flotasyonu için ihtiyaç duyulan zaman ve verim ile ifade edilir. Toplayıcılar, mümkün olduğu kadar çabuk zenginleştirme özelliğine sahip olacak şekilde ve korozyona mani olacak tarzda imal edilmek istenir.

Toplayıcılar başlıca iki grup altında toplanır:

Anyon aktif grubu

(Organik asitler ve tuzları)

- Karboksilatlar [R.COOH]
- Sülfatlar [R.SO₄H]
- Sülfonatlar [R.SO₃H]
- Merkaptanlar [RSH]
- Ksantatlar [R-CS₂OH]
- Dithiofosfatlar [R₂.PO₂S₂H]

Kasyon aktif grubu

- Aminler [R.NH₃OH]

Esas olarak anyon aktif grubu sülfür flotasyonunda, kasyon aktif grubu ise oksit flotasyonunda kullanılır. Toplayıcıların yapısında bir polar bir de apolar kısım vardır ki, hidrofobik teşekkülüne etkili olan kısım, polar yapıdır. Polar ve apolar yapının tesiri, aynı şekilde olmaktadır. Mineral taneciklerinin toplayıcı tarafından kuşatılması; Minerallerin toplayıcı adsorbe etmesi, ıslanmayan hidrokarbon grubunun bir yağ filmi teşkil etmesi, neticesinde meydana gelmektedir. Mineral yüzünü kaplayan bu yağ filmi ile hava kabarcığı arasında büyük bir adhezyon kuvveti vardır. Toplayıcılardan istenilen bu özelliklere sahip olmaları nedeniyle ksantat örnek verilebilir.

2.3.2.2. Kontrol ve Düzenleyici Reaktifler

Bu reaktifler, ortamdaki şartları istenilen tarzda ayarlamak ve aynı şekilde tutmak gayesiyle devreye muntazam olarak verilir. Bu şartlar yerine getirilerek flotasyon olayının, kararlı şekilde sürdürülmesi sağlanır.

2.3.2.2.1. pH Düzenleyiciler

Selektif flotasyonda ortamın pH'ı değiştirilerek cevheri teşkil eden mineraller sırasıyla kazanılmaktadır. Karışık gibi görünen bu olay, aslında ortamdaki serbest H⁺ iyonu konsantrasyonunun değiştirilmesinden ibarettir. Yani, ortamın karakterini asidik veya bazik yapmaktır.

Flotasyon devrelerinde pH, elektrometrik veya kalorimetrik yolla devrenin bir noktasında devamlı olarak  l l r ve kontrol altında tutulur. pH , ± 0.5, ± 0.1 mertebesinde  l l r. Minerallerin y zd r lme özelliklerine göre asit veya bazik ortamda çalışmak gerekir ki, bu taktirde pH azalır veya artar. pH'ı düşürmede sülfürik asit, yükseltmede ise genellikle sodyum hidroksit veya kalsiyum hidroksit kullanılır. pH faktörü ile kullanılan toplayıcılar arasında yakın bir ilgi vardır. Bu ilgi pH kademeleriyle toplayıcı konsantrasyonunu sınırlamaktadır. Yani belirli bir pH kademesi için belirli bir toplayıcı konsantrasyonuna ihtiyaç vardır. Bu pH derecelerinin altında flotasyon mümkün üstünde mümkün değildir. Flotasyonun mümkün olduğu kritik durumda ksantat iyonu konsantrasyonunun hidroksil iyonu konsantrasyonuna oranı sabittir. Buna Barsky bağıntısı denir.

$$\frac{[X^-]}{[OH^-]} = \text{sabit}(m) \quad [X^-] = m \cdot [OH^-]$$

2.3.2.2.2. Canlandırıcılar (Aktifleştiriciler)

Flotasyon problemlerinin bir çoğunda kullanılan toplayıcılar bazı minerallerin yüzeyini değiştiremezler. Bunun aksine mineral kazanılmak isteniyorsa, bir yardımcı kullanılarak toplayıcıyla mineralin bir yüzey teşkil etmesi sağlanır. Bu maksatla “canlandırıcı” kullanılır. Canlandırma prensibi, sfaleritin bakır sülfat ile aktifleştirilmesi ile izah edilir. Genellikle çok taze bir sfalerit organik toplayıcılar ile y zd r lebilirse de sfalerit bakır sülfat ile birkaç dakika muamele edildikten sonra organik toplayıcılarla gayet kolay yüzdürülmektedir.

Bu işlemde bakır sülfatla sfalerit kimyasal bir reaksiyon yapmakta ve sfaleritin yüzünde Kovelin mineraline özdeş bir zar oluşmaktadır. Bunun gibi bakır sülfat birçok minerali da canlandırmaktadır.

2.3.2.2.3. Bastırıcılar

Bu reaktifler, bazı mineral veya mineral grubunun yüzey gerilimini belirli bir zaman veya flotasyon olayının devamı süresince değiştirmek için kullanılır. Bastırıcıların çoğu inorganiktir, fakat organik olanlar da vardır. Örnek olarak pirit için CaO, galen için ise bikromat iyi birer bastırıcıdır. En önemli bastırıcılardan biri de siyanürdür.

2.3.2.2.4. Koruyucular

Bunların görevi flotasyon olayına mani olan unsurları zararsız hale getirmektir. Flotasyona mani olan unsurlar “flotasyon zehirleri”, ya cevherle birlikte devreye girmekte ya da kullanılan suda tabii olarak bulunmaktadır. Flotasyon sularında genellikle humik asidi mevcuttur ki bu asit, bitki köklerinin ürettiği bir madde olup flotasyon olayına engel olmaktadır. Çamur zerrelere mineral taneciklerinin yüzünü kapladığından toplayıcılar görevini yapamamaktadır.

Ferrik ve alüminyum tuzları ise flotasyona durdurucu etki gösterirler. Koruyuculardan istenen, bu hallerden her birine yerine göre mani olmaktır. Alkaliler bu problemlere karşı kullanılır. Gang çamurunu bastırmada Sodyum silikat, Karboksi metil selüloz (CMC), dextrin de iyi netice vermektedir. Çamur bastırmada kullanılan koruyucuların iyonları, çamur zerrelere elektrik yüküyle zıt işarette olduklarından, bu eriyikler devreye girince, çamur zerrelere yapışmakta ve ufak yumaklar halinde çökmektedirler. Bu şekilde faydalı mineral tanecikleri de serbest kalır.

2.3.2.2.5. Kuvvetlendiriciler

Esas olarak canlandırma olayından pek farklı değildir. Bu olayda mekanizma biraz daha değişiktir. Belirli bir süre için pasifleştirilmiş bir kısım mineral yeniden kazanılmak istendiği takdirde ortama kuvvetlendirici reaktifler ilave edilir. Bu şekilde bunların aktifleştiricilere göre daha zayıf olan toplama özelliklerinden yararlanılmış olur. En önemlilerinin başında sodyum sülfür gelir. Ayrıca bakır sülfat ve çeşitli asitler de bu maksatla kullanılmaktadır.

2.3.2.3. Köpürtücüler

Flotasyon olayında gerekli köpük, sadece temiz su ile yapılamamaktadır. Köpük yapmak için muhakkak surette bir köpürtücü kullanmak gerekir. Köpürtücülerin asıl görevi, flotasyon suyunun yüzey gerilimini azaltmaktır. Bundan gaye, mineral yüklü hava kabarcıklarının su yüzeyine çıktıkları zaman dağılmadan bir köpük tabakası teşkil etmesinin teminidir. Yüzey gerilimi azalmadığı zaman yüzeye çıkan bir kabarcık sert bir zemine çarpmış gibi olmakta ve patlayarak taşıdığı tanecikleri bırakmaktadır. Köpürtücülerin genel formülleri, R-G şeklindedir. R: 6 dan fazla sayılı karbonhidrat, G: Polar grup. -OH, -COOH, NH₂ vs.'den oluşmaktadır.

- Alkoller [R.OH] : Alifatik Alkoller, Kresilik Asit, Çam Yağı
- Hidroksilli Polieterler [HO(RO)xH] : Polipropilen Glikol
- Alkoxy İlaveli Parafinler [(RO)xR] : Triethoxy Bütan

Köpürme olayının azami olduğu bir an vardır ve ortam köpürtücüye doyduğu an köpürme durmaktadır. Ortamdaki köpürtücü konsantrasyonu ile yüzey gerilimi arasındaki bağıntı konsantrasyon arttıkça yüzey gerilimi düşmesi şeklindedir. Yukarıda değinildiği gibi, ortam köpürtücüye doyduğu an köpürme durmaktadır. Yüzey geriliminin düşük olması istenilen hal olmasının yanısıra, flotasyona en uygun durum azami köpürme anıdır ve bu aşamada köpürtücüyü sabit tutmak gerekmektedir.

Bu zorunluluk ise kullanılan köpürtücü miktarını kısıtlar. En önemli köpürtücülerden biri de çamyadır. Açık sarı renkte, terebentin kokuludur. Oldukça dayanıklıdır. Uzun bir zaman sonra bozularak kahverengine yakın bir renk almakta ve etkisini kaybetmektedir. 1 g/l. konsantrasyonlu sulu bir eriyik halinde kullanılır. Sarfiyat, genellikle 10-50 g/t'dur. Diğer bazı köpürtücüler: Terpen, Terpin, Pinen, Terpinöl, Kinöl, Şampon. Bunların dışında suni köpürtücüler de vardır: Flotol, Flotigol, Flotanol gibi ticari isimler altında satılırlar.

Çizelge 2.3. Çeşitli reaktifler ve işlevleri (<http://www.startprospecting.com/html/>)

Sodyum Siyanür	Bastırıcı
Sodyum Bikromat, Nişasta+ Kostik soda	Pb bastırıcı
Sodyum Meta Bisülfid	Galen bastırıcı
Sülfür Dioksit, Çinko Sülfat	Sfalerit bastırıcı
Sodyum Sülfid, Sodyum Hidrosülfid	Sülfürleştirme
Kireç sütü	Sfalerit canlandırıcı pirit bastırıcı
Ksantat (KAX,KEX,SIPX)	Kollektör
Tiyofosfat (Aero)	Sülfür kollektör
Bakır Sülfat	Sfalerit canlandırıcı
MIBC (Amil Alkol), Çam yağı, Kresol	Köpürtücü (yüzey gerilimi düşürücü)
Sülfirik asit, Soda Külü, Sülfür Dioksit	pH dengeleyici
Sodyum silikat, Dextrin, CMC	Gang şlam bastırıcı
Aktif Karbon	Kollektör azaltıcı

Çizelge 2.4. Firmalar ve ürettikleri flotasyon reaktifleri

Reaktif / Firma	Dow	Clariant	Cytec
K etil	Z3	PEX	Aero303
Na etil	Z4	SEX	Aero325
Na izopropil	Z9	SIPX	Aero343
K amil	Z5	PAX	Aero350
Na isobutil	Z11	SIBX	Aero317
MIBC	Dowfroth250	Flotanol	Aerofroth

Üretilen reaktifler yapısı ve formülleri birbirine çok benzer olup üretildikleri firmalarca farklı adlandırılırlar.

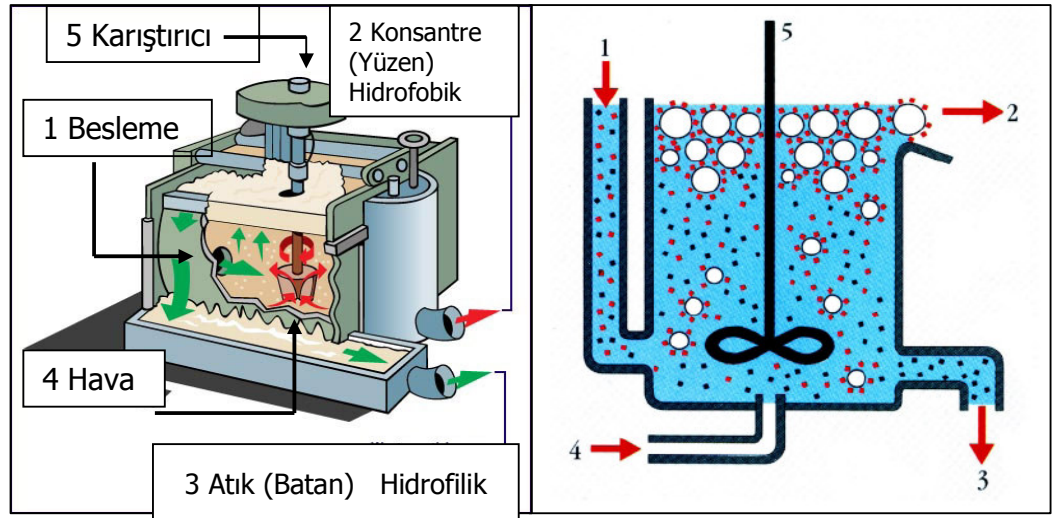
2.4. Flotasyon Makineleri

Cevhere uygulanan ön işlemler ile bazı mineraller yüzebilir hale getirildikten sonra, ayırma flotasyon makinalarının hidrodinamik ve mekanik koşulları ile sağlanır. Beslemenin yapılması, artığın çıkışı ve köpüğün taşınması yanında flotasyon makinaları:

- Mineral parçalarını askıda tutmalı, dispersiyon sağlanmalıdır.
- Hava girişi, köpük oluşumu ve dağılımına yardımcı olmalıdır.
- Parça-hava kabarcığı teması ve bağlanması sağlanmalıdır.
- Fazla hareketli olmayan yüzey bölgesi ile kararlı köpük oluşumu ve köpüğün taşınması sağlanmalıdır.
- Bazı durumlarda reaktiflerle kondisyonlanmaya uygun olmalıdır.

Endüstride flotasyon uygulamalarında günümüze kadar, yüzlerce değişik flotasyon hücresi tipi tasarlanmış , ancak bunların on kadarı uygulamada kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan makinalar :

- Basıncılı hava ile çalışan (Pnömatik)
- Mekanik karıştırma sonucu hava emen (Sub aerasyon)



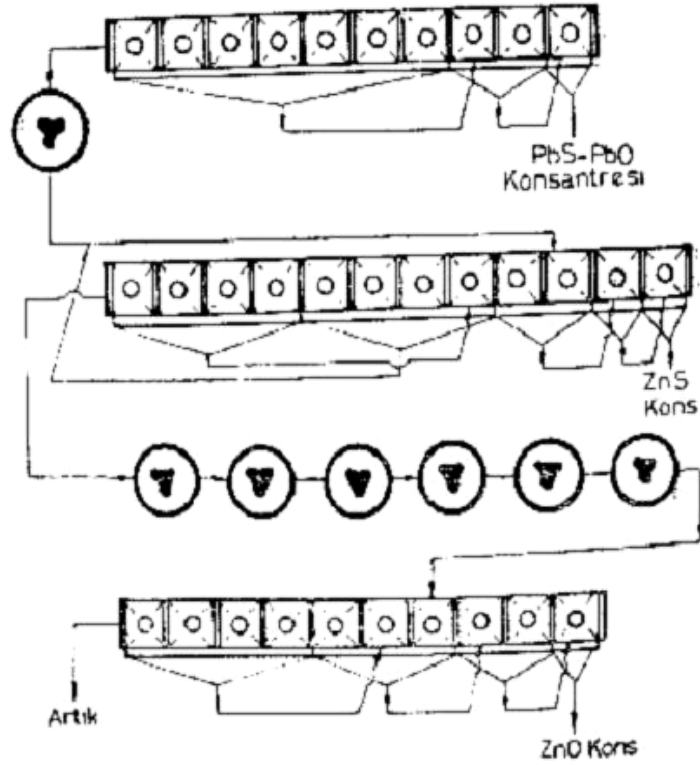
Şekil 2.3. Klasik flotasyon selülu üç boyut ve kesit

(http://www.mcq.org/roc/en/exploitation/explotation_3_1_3.html)

Flotasyon makinalarındaki bu gelişmeler daha basit yapı, daha düşük fiyat, esneklik, az tamir bakım gereksinimi yönünde olmuş , daha büyük makinalara gidilerek tank-mekanizma bileşimi basitleştirilmiştir.

Flotasyon makinaları umumiyetle birbirlerinin aynı olan ve seri halinde bağlanmış selüllerden teşekkül ederler; köpükler bir araya toplanarak temizlenme safhasına geçirilirken, her bir selülün dibinde birikmiş olan maddeler de bir yandaki selüle verilerek içerisinde kalmış olan minerallerin yüzdürülmesine çalışılır.

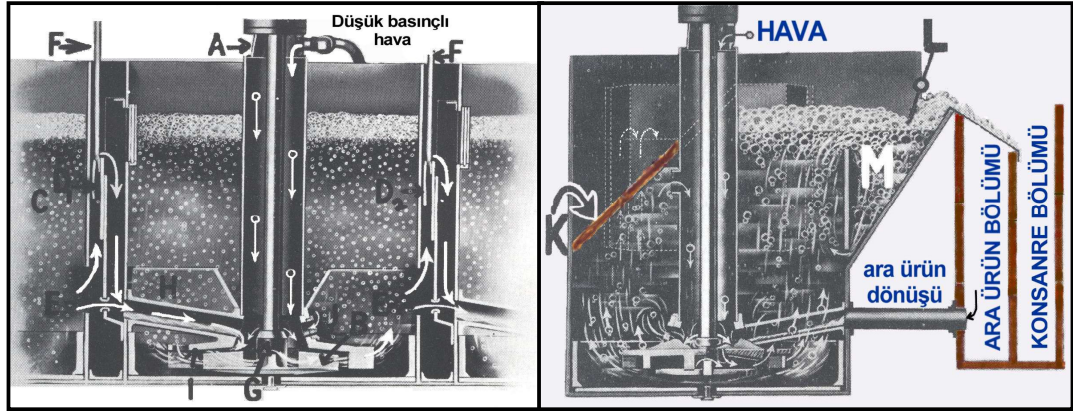
Ayrıca transmisyon kayıplarından dolayı hacim başına güç tüketiminin küçük makinalarda daha fazla olması da birleştirilmiş hacimli flotasyon ünitelerinin (Unit-cell) kullanımına yol açmıştır ((Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001).



Şekil 2.4. Seri bağlantı ve selüller arası geçişler (Atak, 1974)



Şekil 2.5. Tesislerdeki unit-cell kullanımı
(<http://www.mining-technology.com/gallery.html>)



Şekil 2.6 . Denver tipi flotasyon selülü ön ve yan kesiti (Atak, 1974)

2.5. Cevher Karakterizasyonu ve Flotasyon

Karakterizasyonuna göre sülfürlü veya karbonatlı/oksitli, içerdiği değerli mineralin bir veya birden fazla olması durumuna göre cevhere değerli minerallerin tek ürün olarak bulk konsantre şeklinde alındığı kolektif flotasyon ya da farklı değerli minerallerin ayrı konsantreler halinde alındığı selektif flotasyon metodu uygulanır. Yurdumuzdaki cevher karakterizasyonu Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Türkiye’deki Kurşun - Çinko cevher karakterizasyonu (Yüce ve Önal, 2002)

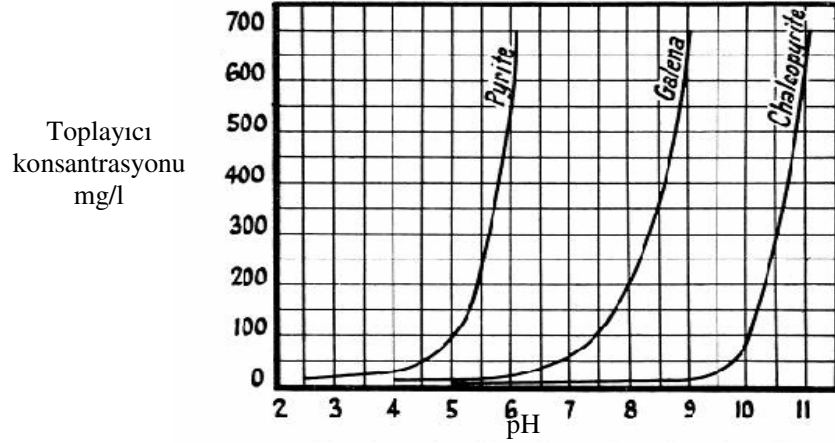
2.5.1. Selektif Flotasyon

Selektif flotasyon, bir mineral veya mineral grubunun diğer bir gruptan yüzdürme yoluyla ayrılmasıdır. Ayrılacak mineralin sayısına göre bir veya daha çok safhali flotasyon işlemi uygulanır.

Bu tip flotasyonda ayrılan mineraller, ayrı konsantreler halinde toplanırlar. Selektif flotasyonda, herbir safhada yüzdürülecek mineral için ayrı bir yüzdürme ortamı hazırlanır.

Genel olarak her mineral diğere göre farklı bir yüzebilme karakteristiğine sahiptir. Bu özelliklerden yararlanarak kazanılması istenen mineraller, sırayla yüzdürülerek ortamdan konsantreler halinde alınır.

Selektif flotasyon minerallerin yüzdüğü optimum ve bastırıldığı kritik pH ile sağlanır. Bu yüzden pH kontrolü çok önemlidir. pH kontrolü için flotasyon reaktiflerinde belirtildiği gibi asitler, bazlar ve toplayıcılar kullanılmaktadır. Wark ve Cox'un 1934 yılındaki çalışmaları (Fuerstenau, 1962) bize eğrilerin sol tarafın minerallerin yüzdüğünü sağ tarafında ise bastırıldığını göstermektedir.



Şekil 2.8. Kritik pH toplayıcı konsantrasyonu ilişkisi (Fuerstenau, 1962)

Örneğin pH 9'da 50 mg toplayıcı konsantrasyonunda sadece kalkopirit yüzerken, galen ve pirit yüzemez. pH 6'da ise galen ve kalkopirit yüzerken pirit basılmış olur. Bu da bize göstermektedir ki istenilen pH durumunun tespiti ile bazı mineraller bastırılırken diğere yüzebilir.

2.5.2. Sülfürlü Pb-Zn Minerallerinin Flotasyonu

Kurşun-çinko cevherleri sülfür halinde buldukları zaman geçerli zenginleştirme yöntemi flotasyondur. Cevherde bulunan kurşun ve çinkonun selektif olarak birbirinden ayrılması ve altın, gümüş bakır gibi yan elementlerin kurşun konsantresi içinde toplanması maksimum gelir sağlamaktadır. Ayrıca çinko konsantresinin mümkün olduğu kadar az piritli olması istenmektedir.

Bu nitelikleri istenen ölçüde sağlamak cevherin mineralojik yapısı nedeni ile güç olabilir. Ayrıca bakır fazla ise bunun bakır konsantresi halinde eldesi mümkündür (Yüce, 1998 ; Bulut, 1991).

Pirit içeren sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinin flotasyonunda genellikle kurşun yüzdürülür, sonra çinko, gerekli ise üçüncü kademede pirit alınır. Galeni yüzdürmek için önce çinko ve demir minerallerinin bastırılması gerekmektedir. Demir mineralleri (özellikle pirit), flotasyon pülpü bazik hale getirilerek (pH=8-10) bastırılır. Burada pH ayarlayıcısı olarak kireç kullanılmaktadır (Önal ve Ateşok 1994, Atak 1974).

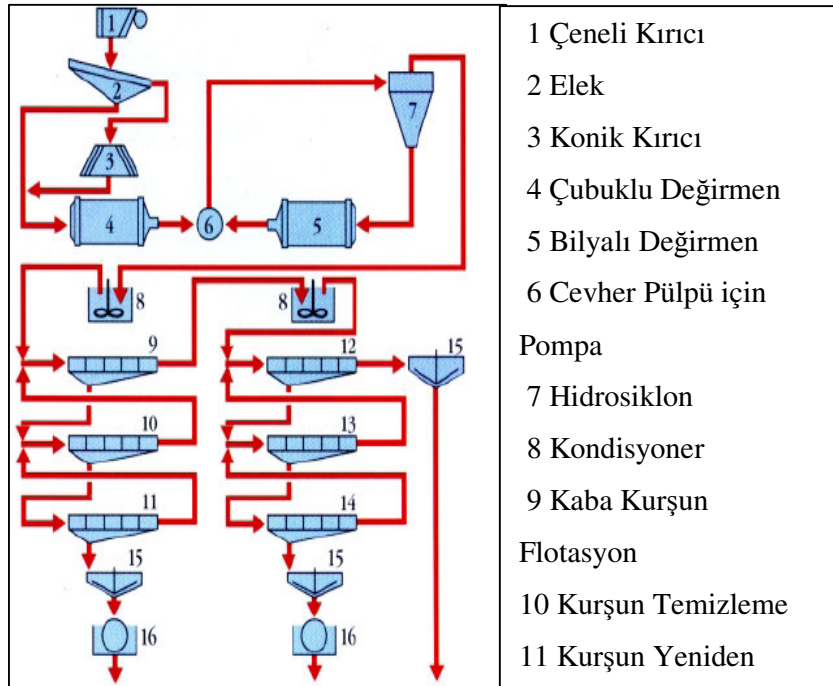
Sfalerit genel olarak, ksantat tip bir toplayıcıyla yüzmez (çinko ksantatın çözünürlüğü oldukça yüksektir), fakat pülpde bulunan Pb^{2+} ve Cu^{2+} iyonları çinkoyu aktifleştirerek yüzmesini sağlayabilir. Bunu önlemek için çinko mineralini bastırmak amacıyla siyanürler (NaCN veya KCN) ve $ZnSO_4$ kullanılmaktadır. Diğer yandan, cevherde mevcut olabilecek, bakır minerallerinin kurşun konsantresi ile birlikte alınması istendiğinden siyanür miktarının bakırı bastırmayacak şekilde çok dikkatli olarak ayarlanması gerekmektedir. Na_2SO_4 , H_2SO_3 veya SO_2 gazı da çinko minerallerini bastırmada kullanılır (Güney 1998, ÖİK 2001).

Pülp pH'sını ayarlayarak sfalerit ve piritin bastırılmasından sonra, galenin yüzdürülmesi için zayıf fakat selektif bir toplayıcı (etil ksantat veya dithiofosfatlar) kullanılır. Aksi halde kuvvetli bir toplayıcı istenmeyen mineralleri de köpükte toplayabilir. Köpürtücü olarak çam yağı, alkol veya suda çözünme özelliğine sahip eter cinsinden köpürtücüler kullanılır.

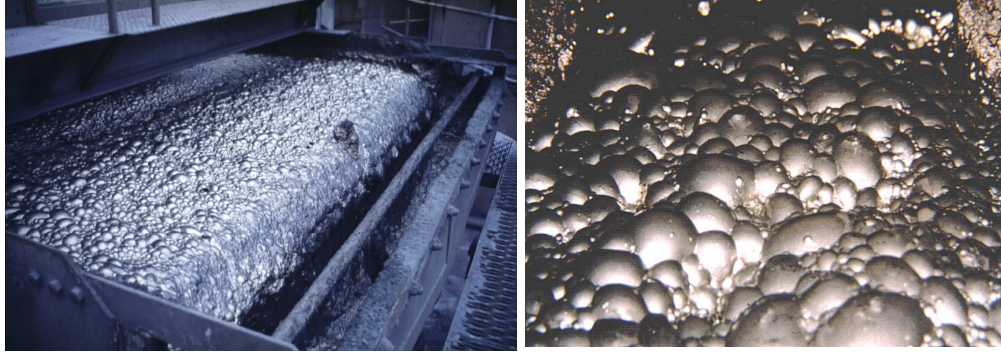
İkinci kademede daha önce bastırılan çinko mineralini yüzdürmek için önce CuSO_4 ile yüzeyler aktif hale getirilir. Burada CuSO_4 ile pirit de aktifleştigiinden pülp pH'sı (10-12) yükseltilmelidir. Çinkonun yüzmesi için uzun hidrokarbon zincirli bir kolektör (amil veya izopropil ksantat) kullanılmaktadır.

Üçüncü kademede ise önceden bastırılmış mineraller (demir vs.) sülfürik asit kullanılarak (pH 4'ün altı) yüzeyleri oksit ve siyanür kompleksinden temizleninceye kadar muamele edilir. Daha sonra uzun karbon zincirli ksantatla demir mineralleri yüzdürülür. Şer ilk kademede alınan kurşun konsantresinin içerisindeki bakır ekonomik değer taşıyorsa içeriğe göre aşağıdaki belirtilen yöntemlerden biriyle alınır.

- Pb bastırılır Cu yüzdürülür : Ortam pH'sı yükseltilerek galen yüzeyinde $(\text{PbO}_2)^-$ plombit anyonu veya potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) meydana getirilir. Bakır mineralleri ksantatla yüzdürülür.
- Cu bastırılır Pb yüzdürülür : Yüksek siyanür ile ortam pH 'sı düşürülerek bakır bastırılır. Ksantat tip toplayıcıyla galen yüzdürülür.



Şekil 2.9. Klasik selektif flotasyon akım şeması



Şekil 2.10. Kurşun - Çinko konsantreleri (<http://www.google.com.tr>)

2.5.3. Karbonatlı ve Oksitli Pb-Zn Minerallerinin Flotasyonu

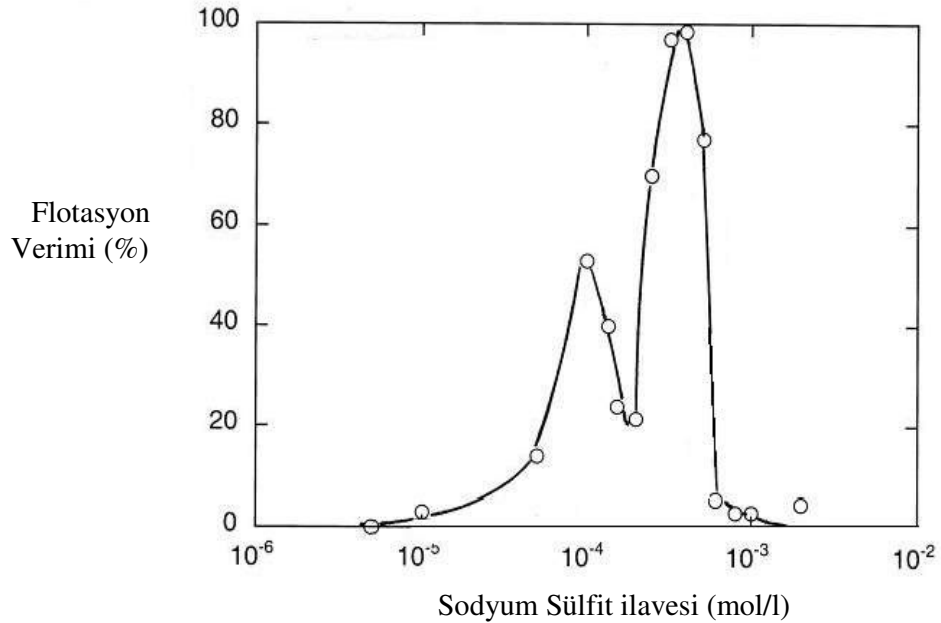
Kurşun-çinko yataklarının az veya çok oksitlenmesi sonucu, galenin bir kısmı veya tamamı Serüzit ve Anglezit'e dönüşebilmektedir. Çinkonun oksidasyon mineralleri, smitsonit, kalamın, hidrozinkit gibi minerallerdir. Cevherin primer durumunda bakır sülfürler mevcutsa, malakit, azurit, kürpit gibi oksit bakır mineralleri de bulunabilmektedir.

Bu tür cevherlerin flotasyonunda, ksantat tipi toplayıcılarla bütün minerallerin yüzdürülmesi güçtür ve fazla ksantat tüketimine yol açmaktadır. Ayrıca bu tip mineraller suda fazla çözündükleri için, kurşun ve çinkonun selektif olarak birbirinden ayrılması da güçleşmektedir. Örneğin flotasyonda bakır verimi pek önemli olmasa bile, oksit bakır minerallerinin bulunuşu ortamdaki bakır iyonu konsantrasyonunu artırmakta ve bakır iyonları sfaleriti canlandırarak, galenden ayrılmasını güçleştirmektedir. Bunu önlemek amacıyla, pülpdeki çeşitli iyonları çöktüren ve kompleks halinde bağlayan kimyasal maddelerin daha fazla miktarda kullanılması gerekmektedir. Örneğin bakır iyonlarını çöktürmek için, ortam pH'sını daha fazla yükseltmek veya siyanür miktarını artırmak gerekmektedir (Çilingir, 1996)

Kurşun ve çinko konsantrasyonlarının metal randımanını artırmak için, oksit minerallerinin de yüzdürülmesi gereklidir. Oksit mineraller, ya sülfürle beraber bir konsantre halinde, veya sülfür flotasyonundan sonra oksit flotasyonu yapılarak, ayrı konsantrasyonlar halinde elde edilmelidir. Oksit bakır cevherlerinde olduğu gibi, sodyum sülfür yada sodyum sülfidrat kullanılarak seruzit, anglezit ve smitsonit minerallerinin yüzeyinde metal-sülfür tabakası oluşturulabilir. Sonra ksantat tipi toplayıcılarla bu mineraller sülfürleri ile birlikte yüzdürülebilmektedir.

Bu flotasyonda sodyum sülfür miktarının dikkatli bir şekilde kullanılması gerekmektedir, fazla sodyum sülfür ilavesi pH artırır bu da seruzit ve angleziti bastırır, flotasyonu olumsuz etkilemiş olur (Atak 1974 ; ÖİK, 2001 ; Bulut, 1991).

Herrera-Urbina 1999 yılında yaptığı çalışmalar (Centenary of Flotation Symposium, 2005) sodyum sulfit'in seruzit üzerindeki etkileri açıkça göstermektedir.



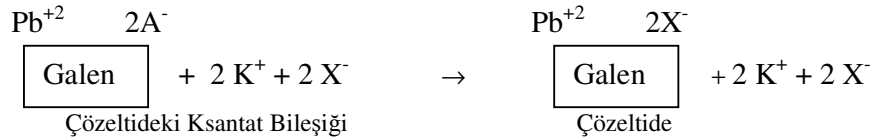
Şekil 2.11. Sodyum sülfid ilavesinin seruzit flotasyonu üzerindeki etkisi
(Centenary of Flotation Symposium, 2005)

Şekil 2.11.'te görüldüğü gibi Seruzit üzerinde PbS tabakası oluşmaya başlar ve bu flotasyon veriminde keskin bir artışa neden olur. PbS tabakası kalınlaştıkça difüzyon değişim reaksiyonunu yavaşlatarak süspansiyon içerisindeki sülfid konsantrasyonunu artırır. Suda çözülmüş sülfid miktarının artması flotasyonda basılmaya neden olur.

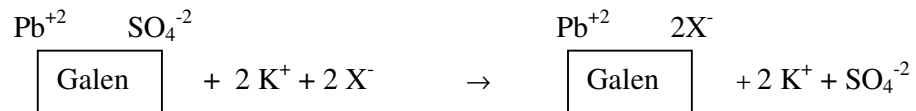
Kalamin ve hidrozinkit gibi minerallerin sülfürleştirme işleminden sonra ksantatlarla yüzdürülmesi oldukça zor olmaktadır. Bu tip minerallerin oksit konsantresi halinde ayrıca alınması gerekli olmaktadır. Bu durumda (10-12) yüksek pH'da aminlerle yüzdürülmektedir. Smitsonit'in yüzdürülmesinde diğer bir yöntem de 60 °C'ye kadar ısıtılmış pülp sodyum sülfür ile kondisyonlanır. Daha sonra bakır sülfatla canlandırılıp ksantatlarla yüzdürülür.

2.5.4. Kurşun - Çinko Ksantat İlişkisi

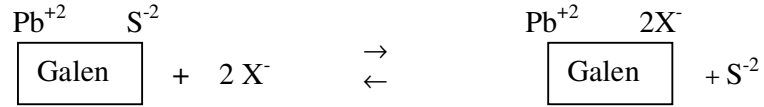
Ksantatla galen yüzeyi arasındaki reaksiyonda ksantat iyonu ile yer değiştiren anyon (A⁻) sülfür anyonu olamaz. Çünkü kimyasal açıdan mineral yüzeyinde çözünürlüğü daha az olan bir bileşik yerine, suda daha fazla çözünen bir bileşik meydana gelmesi imkansızdır. Bu bakımdan ksantatla yer değiştiren anyonun sülfür anyonu değil, bunun oksidasyonu sonucu meydana gelmiş sülfat anyonu olması muhtemeldir (Atak, 1974)



Yapılan deneysel ölçümler neticesinde çözeltide bol miktarda sülfat anyonunun bulunduğu saptanmıştır.



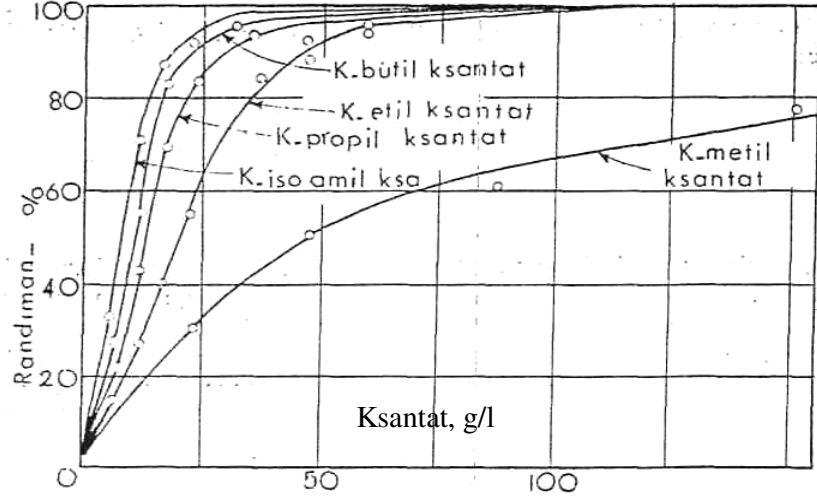
Sülfür iyonu ise galen yüzeyinde çözeltiye geçemez, eğer çözeltide mevcut ise galen yüzeyindeki ksantatla yer değiştirir. Yani reaksiyon sağdan sola doğru meydana gelir ve flotasyon mümkün olmaz.



Çizelge 2.5. Çeşitli kurşun bileşiklerinin çözünürlük sabitleri (Atak, 1974)

Bileşik	Reaksiyon	Reaksiyon Sabiti
PbS	$\text{PbS} \rightarrow \text{Pb}^{+2} + \text{S}^{-2}$	7×10^{-29}
PbSO ₄	$\text{PbSO}_4 \rightarrow \text{Pb}^{+2} + \text{SO}_4^{-2}$	$1,3 \times 10^{-8}$
PbCO ₃	$\text{PbCO}_3 \rightarrow \text{Pb}^{+2} + \text{CO}_3^{-2}$	1×10^{-13}
Pb(OH) ₂	$\text{Pb(OH)}_2 \rightarrow \text{Pb}^{+2} + 2 \text{OH}^{-}$	1×10^{-16}
Pb(EX) ₂	$\text{Pb(EX)}_2 \rightarrow \text{Pb}^{+2} + 2 \text{EX}^{-}$	$6,8 \times 10^{-17}$
Pb(AX) ₂	$\text{Pb(AX)}_2 \rightarrow \text{Pb}^{+2} + 2 \text{AX}^{-}$	1×10^{-24}

Galen flotasyonunda kullanılan ksantatın karbon zinciri de flotasyonda önemlidir. Çizelge 2.5.'de kurşun etil ksantatla kurşun amil ksantın çözünürlükleri incelenirse, amil ksantat bileşiğinin suda çok daha az çözüldüğü görülür. Ksantatın hidrokarbon zinciri uzadıkça, toplayıcının etki derecesi artar ve flotasyon için gerekli toplayıcı miktarı azalır.



Şekil 2.12. Çeşitli ksantatlarla galen flotasyonu (Gaudin , 1957)

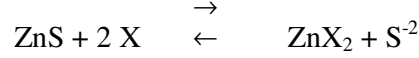
Seruzit, anglezit ve smitsonit belli başlı oksitlenmiş sülfür mineralleridir. Sülfürlerin flotasyonunda, sülfür minerali yüzeyinin oksitlenmesi sonucu ksantatla kaplanma mümkün olduğuna göre oksitlenmiş sülfür minerallerinin ksantatla kolayca yüzdürülebileceği düşünülebilir.



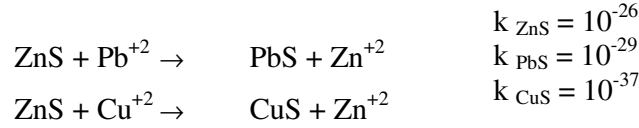
Reaksiyon sabitleri incelendiğinde, reaksiyonun soldan sağa doğru mümkün olacağı görülür. Fakat oksitlenmiş minerallerin yüzeyleri fazla gözenekli olduğundan reaksiyon yüzeyinde kalınlık meydana getiremez, tabaklar halinde içeriye doğru devam eder. Buda fazla ksantat sarfiyatına neden olur. Bu sarfiyat sülfür flotasyonunda kullanılanın yaklaşık 10-15 mislidir. Oksitlenmiş sülfürlerin flotasyonunda fazla ksantat sarfiyatını önlemek için yüzey sülfür iyonu ile önceden sülfürleştirilir.



Reaksiyon soldan sağa doğru çalışır ve oksitlenmiş yüzeyde PbS oluşur, normal veya normalden biraz fazla sarfiyat ile flotasyon mümkün olur. Yapılan araştırmalarda sfaleritin yüzdürülmesi için uzun karbon zincirli ksantatlara ve diğer metal iyonlarıyla canlandırılmaya ihtiyaç duyulduğu kanıtlanmıştır.



Reaksiyon sabitleri bakımından yukarıdaki reaksiyon sağdan sola meydana gelir. Sülfür anyonu yerine mineral yüzeyinde ksantatla anyonu toplanamaz. Fakat kurşun ve bakırın kükürtle yaptıkları reaksiyon sabitleri incelenirse, sfalerit yüzeyinde çinko yerine, kurşun veya bakır iyonlarının geçeceği açıkça anlaşılır.

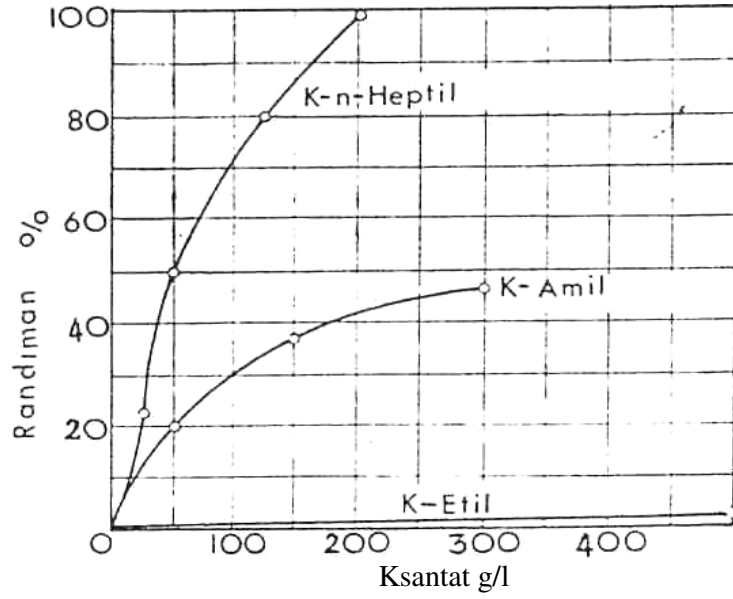


Sülfür anyonuna karşı kimyasal ilgisi daha fazla olan Pb^{+2} ve Cu^{+2} iyonları çözültide mevcutsa, sfalerit yüzeyindeki Zn^{+2} iyonları ile yer değiştirilirler. Bu durumda ksantatla sfalerit flotasyonu mümkün olur.

Çizelge 2.6. Çeşitli çinko bileşiklerinin çözünürlük sabitleri (Atak, 1974)

Bileşik	Reaksiyon	Reaksiyon Sabiti
ZnS	$\text{ZnS} \rightarrow \text{Zn}^{+2} + \text{S}^{-2}$	7×10^{-26}
Zn(OH) ₂	$\text{Zn(OH)}_2 \rightarrow \text{Zn}^{+2} + 2 \text{OH}^-$	1×10^{-15}
ZnCO ₃	$\text{ZnCO}_3 \rightarrow \text{Zn}^{+2} + \text{CO}_3^{-2}$	1×10^{-10}
Zn(HX) ₂	$\text{Zn(OH)}_2 \rightarrow \text{Zn}^{+2} + 2 \text{HX}^-$	$1,4 \times 10^{-14}$
Zn(EX) ₂	$\text{Zn(EX)}_2 \rightarrow \text{Zn}^{+2} + 2 \text{EX}^-$	5×10^{-9}
Zn(AX) ₂	$\text{Zn(AX)}_2 \rightarrow \text{Zn}^{+2} + 2 \text{AX}^-$	$1,5 \times 10^{-12}$

Grafikten görüldüğü gibi çinko sülfür ve çeşitli oksidasyon bileşikleri ile etil ksantat arasında anyon değişimi olmadığı görülmektedir. Ancak amil ve heptil ksantat ile bazı ($ZnCO_3$) oksidasyon bileşikleri arasında iyon alışverişi olabilir. Bu sebepten ötürü sfalerit flotasyonunda canlandırıcı metal iyonları ve daha uzun zincirli (amil veya heptil) ksantatlar kullanılır.



Şekil 2.13. Çeşitli ksantatlarla sfalerit flotasyonu (Gaudin, 1957)

2.6. Kurşun – Çinko Pazarı

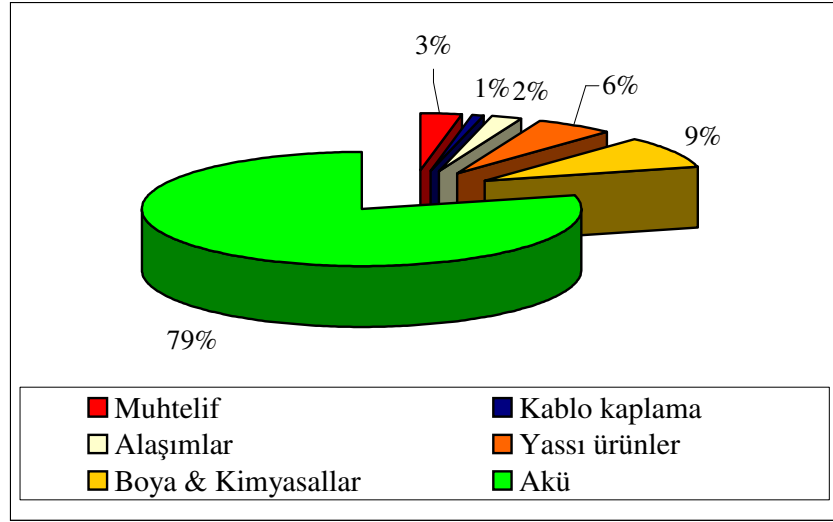
Günümüzde kurşun ve çinko gerek endüstrideki kullanımı gerek yükselen fiyatları ile dünya pazarının en önemli ve sembolü bulunan 6 ana metalden ikisini oluşturmaktadırlar.



Şekil 2.14. Kurşun ve Çinko sembolleri (<http://www.lme.co.uk>)

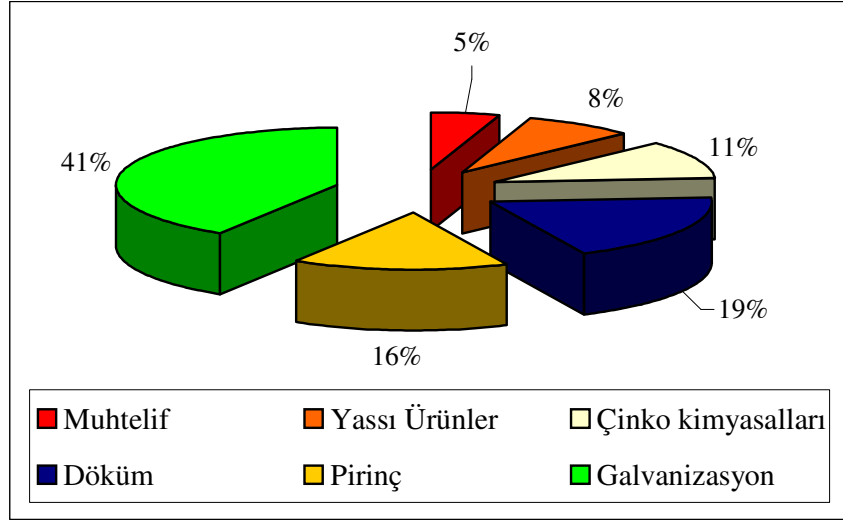
2.6.1. Kurşun – Çinko Kullanım Alanları

Değişik fiziksel ve kimyasal kombinasyonlarıyla kurşun, sanayide bir çok alanda kullanılmaktadır. Yumuşak olması, işlenme kolaylığı, yüksek özgül ağırlığı, yüksek kaynama noktası, düşük erime noktası, aşınmaya karşı direnci, enerji absorpsiyonu, ve kısa dalga ışınları geçirmeme özellikleri ona bir çok kullanım alanında üstünlük sağlamaktadır.



Şekil 2.15. Dünya kurşun kullanımı (<http://www.ilzsg.org>)

Günümüzde çinko; çelik, alüminyum ve bakırdan sonra Dünya’da miktar olarak yıllık tüketimi en fazla olan metaldir. Kimyasal yönden aktif olması ve diğer metallerle kolayca alaşım yapılabilmesi ve kuvvetli elektropozitif özelliğinden nedeniyle çinko endüstride ana ürün olarak kullanılır.



Şekil 2.16. Dünyada çinko kullanımı (<http://www.ilzsg.org>)

2.6.2. Kurşun -Çinko Metal-Konsantre'lerinde Aranılan Özellikler ve Fiyatlandırma

Dünya kurşun-çinko cevher, metal veya konsantrelerinin fiyatlandırılması genellikle Londra Metal Borsa'sı (LME) fiyatlarına göre yapılmaktadır. Kurşun ve çinko için fiyat hesaplaması aşağıda verilmiştir (Çilingir, 1996).

Kurşun için Satış Fiyatı (CIF, \$/Ton) = $\left(\frac{(t-X)}{100} \times M_f\right) - T_c$ dir.

Çinko için Satış Fiyatı (CIF, \$/Ton) = $\left(\frac{(t \times R)}{100} \times M_f\right) - T_c$ dir.

Formülde,

t = Cevher veya konsantre tenörü (Ondalık olarak),

M_f = Metal satış fiyatı (Londra Metal Borsası Fiyatı, \$/Ton)

T_c = (Treatment Charge) 1 Ton cevherin izabe masrafıdır (\$/Ton)

R = Metal kurtarma randımanı (%)

X = İzabe kayıpları

Çizelge 2.7. Kurşun tenörüne göre izabe kayıpları (Çilingir, 1996)

	Tenör	İzabe Kaybı
Kurşun	% 70 altı	% 5
	% 70-75 arası	% 4,5
	% 70-80 arası	% 4
	% 80 üstü	% 3,5

Çizelge 2.8. Çinko tenörüne göre metal kazanma randımanı (Çilingir, 1996)

	Tenör	Randıman
Çinko	53 altı	txR yerine t-8
	53 üstü	% 85

Bu formüldeki metal fiyatı ve izabe masrafları haftada iki kez yayımlanan "Metal Bulletin" ile kote edilmektedir. Bültende izabe masrafları, baz tenördeki cevherler için saptanmış belli bir CIF metal satış fiyatına göre belirlenir. Belirlenen baz metal fiyatında artma ve azalmaların olması halinde, son metal fiyatı ile baz baz metal fiyatı arasındaki farkın %10 veya %13'ü izabe giderlerine ilave edilir veya çıkarılır. Kurşun için Tc, 1983-1984 yıllarında %30-35 iken son yıllarda kurşun metal fiyatının %21-25'ine kadar düşmüştür.

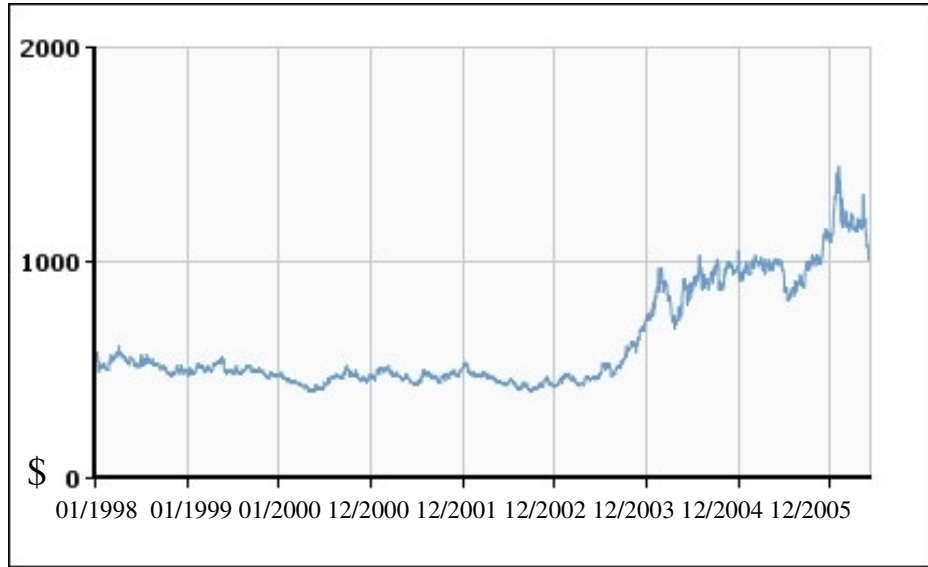
Bulk kurşun-çinko içeren cevherlerin hesabında da yine aynı formüller uygulanmakta olup, yalnız Tc için özel izabe masrafı değerleri alınır. Bu değer normal Tc'nin %15-20 fazlası ile hesap edilir.

Yukarıdaki fiyatlara cevher içinde bulunan diğer faydalı metaller için prim (bonus), zararlı empüriteler için de ceza (penaltı) uygulanır. Prim ve caza uygulamaları firmalara göre az da olsa farklılık gösterir. Kurşun ve Çinko için uygulamada en çok karşılaşılan prim ve ceza oranları aşağıda verilmektedir.

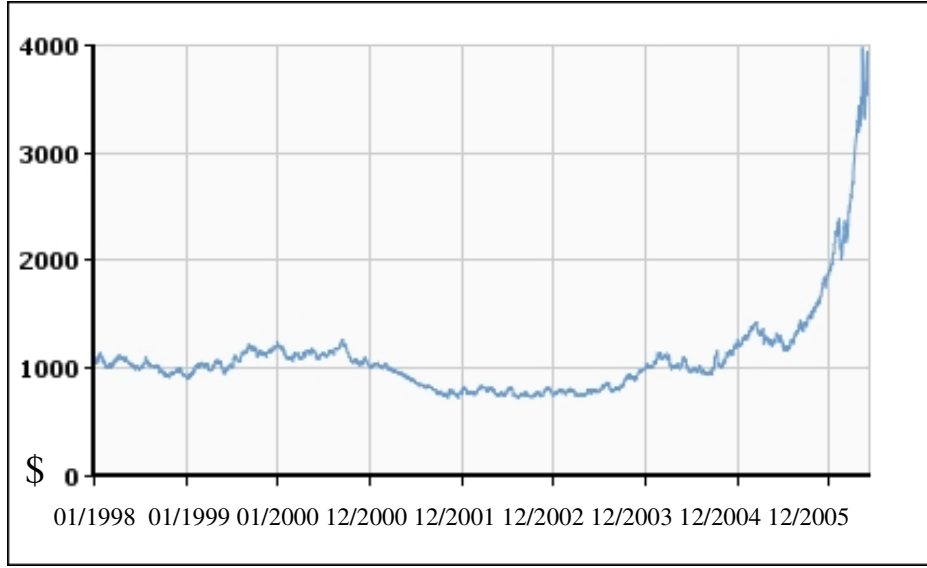
Kurşun konsantrelerde genelde % 65 üstü kurşun içeriği istenir. İçerdiği altın, gümüş ve bakır içeriği için prim çinko'nun (%8), kükürt'ün (%3), antimuan ve arsenik'in, (%1) ve bizmut'un (%0,05) fazlası için ceza ödenir.

Çinko konsantrelerinde ise % 50 üstü çinko içeriği istenir, içerdiği çinko'nun (% 53) altı ve üstüne göre fiyat uygulaması yapılır. İçerdiği kadmiyum, altın, gümüş için prim ; demir'in (%5-13), flor'un (% 0,01), bizmut, kalay, arsenik ve antimuan'ın (% 0,05) fazlası için ceza ödenir.

Primlerde altın için 1gr/ton düşülerek kalanın % 90-100'ü , gümüş için ise 30-150 gr/ton düşülerek kalanı, kadmiyum için % 0,15-0,20 kadmiyum düşülerek kalanın %60-75'i ve bakır için ise %1 üstündeki bakırın %25-60'ı piyasa değeri üzerinden ödenir.



Şekil 2.17. Londra metal borsası kurşun fiyatları (<http://www.lme.co.uk>)



Şekil 2.18. Londra metal borsası çinko fiyatları (<http://www.lme.co.uk>)

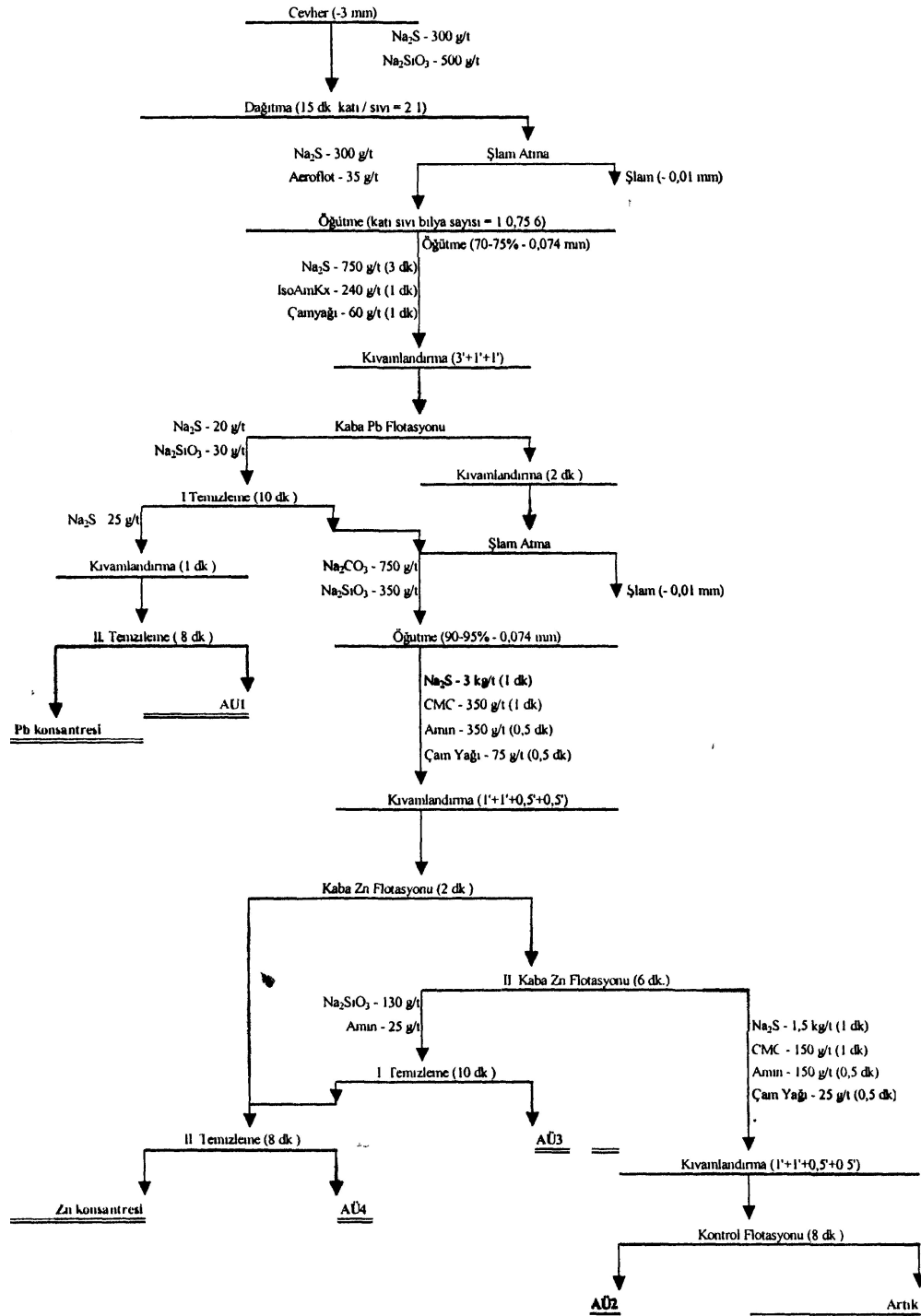
Şekil 2.17. ve 2.18'de de görüldüğü üzere 1998-2003 yılları arasında çinko 1000 \$ ve kurşun 500 \$ altı civarlarda iken cevherler 2004 sonundan 2006'nın başına kadar yükselen bir grafik çizmiş hatta çinko 4000 \$ ve kurşun 1500 \$'a kadar çıkmış olup şimdilerde çinko 3300-3500\$, kurşun 1000-1200 \$ seviyesinde seyretmektedir.

2.7. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

Konu ile ilgili yöre cevherleriyle Engin A., İTÜ ve Sezenler H. tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaların ortak noktasını ana minerallerin seruzit ve smitsonit olması ve flotasyonda pH'nın 7-8 arasında olması gerektiği oluşturmaktadır. Engin (2002) Önal vd. (2005) ve İTÜ (2003) serbestleşme boyutunun saptanmasının zenginleştirme yöntemi seçimi ve verimli bir zenginleştirme yapılmasının şart olduğunu ortaya koymuştur.

Serbestleşme derecesi Engin (2002) 'nin tane sayımı deneyine göre 2,80 mm - 0,125 mm arasında 20 %'den 50 %'ye kadar artmış ve 0,1 mm olarak saptanmıştır. Serbestleşme İTÜ (2003) ' e göre 106 µm altı ve Sezenler (2006)'e göre ise 74 µm altı olarak saptanmıştır. İTÜ (2003) ' e göre cevher tenörleri açısından da ortalama tenörden (9,28 % Pb) yüksek tenörün (12,50 % Pb) 106 ile 38 µm arasında olduğu görülmektedir.

Aynı yöre cevherine daha önce uygulanmış Rusya oksit kurşun-çinko zenginleştirme flotasyon prosesi Şekil 2.23. Bu yöntemin klasik flotasyondan farklı ilk reaktif beslenmeye iri boyutta başlanması (-3mm) ve şlam atılmasıdır.



Şekil 2.19. Rusya'da uygulama alanı bulmuş oksitli kurşun-çinko cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesine ait akım şeması (Abramov, 2000)

Çizelge 2.9. Oksitli kurşun-çinko cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesine ait metalurjik denge çizelgesi (şlam atılarak yapılan deney) (Engin, 2002)

	Miktar (%)	Tenör (%)		Verim (%)	
		Pb	Zn	Pb	Zn
Pb Kons	3,10	46,92	3,71	14,28	1,03
Ara Ürün1	2,00	11,02	9,26	2,16	1,66
Zn Kons	1,10	37,30	8,16	4,03	0,81
Ara Ürün 2	3,70	35,98	10,51	13,07	3,49
Ara Ürün 3	2,10	16,55	14,00	3,41	2,64
Ara Ürün 4	2,60	32,52	10,65	8,30	2,49
Şlam 1	28,10	8,73	9,41	24,08	23,74
Şlam 2	24,50	6,65	11,43	15,99	25,14
Artık	32,80	4,56	13,24	14,68	38,99
Toplam	100,00	10,19	11,14	100,00	100,00

Çizelge 2.10. Oksit kurşun-çinko cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesine ait metalurjik denge çizelgesi (şlam atılmadan yapılan deney) (Engin, 2002)

	Miktar (%)	Tenör (%)		Verim (%)	
		Pb	Zn	(%)	Pb
Pb Kons	3,49	41,52	4,74	17,33	1,49
Ara Ürün1	3,16	10,39	9,77	3,92	2,78
Zn Kons	8,39	42,22	5,75	42,29	4,34
Ara Ürün 2+3	6,02	8,26	13,40	5,94	7,25
Ara Ürün 4	15,63	8,16	10,81	15,23	15,21
Artık	63,32	2,02	12,10	15,29	68,93
Toplam	100,00	8,37	11,11	100,00	100,00

Çizelge 2.9. ve 2.10. görüldüğü gibi her ne kadar kurşunda bir zenginleşme gözlenirse de çinkoda bir ayrılma söz konusu olmamaktadır. Ayrıca, metal kazanma verimleri tatminkar değildir.

Bunun yanı sıra atılan şlamlarda çinko kaybı çok fazla olduğundan şlam atılmadan bir deney yapılmış ve sonuçları şlam atılarak yapılan deneyden pek farklı olmamıştır. Rusya'daki proses akım şeması Aladağ cevherlerine uygulandığında, görüldüğü gibi olumlu sonuçlar vermemektedir. Pazarlanabilir nitelikte konsantre üretilmediği gibi, metal kurtarma verimleri de çok düşük olmaktadır.

Engin (2002) tarafından yapılan çalışmaya göre optimum sonuçlar -100 µm numune, doğal pH'da 2500 g/t ZnSO₄, 1000 g/t Na₂SiO₃, 500 g/t CMC, 2500 g/t Na₂S, 400 g/t KAX, 300 g/t Aeroflot ve 25 g/t Çamyacı 37 dakika kondisyon, 21 dakika flotasyon süresi ile 7 kademeli flotasyon ve 3 kademeli temizleme ile saptanmıştır. Temizleme deneyi sonuçlarında konsantre tenörü yükselirken miktarın düştüğü saptanmıştır.

Engin (2002) ilk 6 ürünün konsantre ve 7. ürün+Artığın birleştirildiği sonuçlarda ise 22,28 % Pb – 7,82 % Zn tenörlü konsantre 84,41 % Pb – 24,41 % Zn randımanı ile kazanılmış, 2,16 % Pb – 12,90 % Zn tenörlü artık 15,59 % Pb – 75,85 % Zn kaybı ile elde edilmiştir. Konsante miktarı beslenen miktarın yaklaşık 34 %'üne karşılık gelmekte olmasına rağmen tenörü satılabilir değerin çok altındadır.

Temizleme sonrası birleştirilmiş sonuçlara bakıldığında ise konsantre, ara ürün ve artık için miktar, kurşun tenörleri, verim-kayıplar 2,77 % - 31,19 % - 66,04 %, 51,70 % Pb – 20,86 % Pb – 2,16 % Pb ve 15,31 % Pb – 69,46 % Pb verim, 15,23 % kayıp şeklindedir. Ara Ürün verimi çok yüksek, konsantre verimi ve artık kaybı birbirine yakın değerlerde olup bulunan sonuçlar gerek miktar, gerektenör ve verim açısından çok düşüktür

İTÜ (2003) tarafından Dedeman Mad. San. Tic. ve A.Ş. adına yapılan projede ve Önal vd. (2005)de ise optimum sonuçlar (-106 µm numune, doğal pH'da 7,28 0 g/t ZnSO₄, 1000 g/t Na₂SiO₃, 500 g/t CMC, 4500 g/t Na₂S, 350 g/t KAX, 250 g/t Aeroflot ve 3 damla Çamyağı 35 dakika kondisyon, 18 dakika flotasyon süresi ile 6 kademeli flotasyon ile saptanmış ve deney sonuçları Çizelge 2.15'te verilmiştir. Bu çalışmada 6 kademeli flotasyonun 3 kademeli flotasyona göre olumlu sonuçlar verdiği bu sebepten Na₂S miktarının 2 katına çıkartılması gerekliliği ve ZnSO₄ kullanımının fark yaratmadığı ortaya konulmuştur.

İTÜ (2003) ve Önal vd. (2005), flotasyonla zenginleştirme deneyinin hesaben birleştirilmiş sonuçları incelendiğinde 65,42 % Pb tenörlü 76,90 % randımanlı konsantre ve 2,16 % Pb tenörlü 23,10 % kayıplı artık elde edildiği görülmektedir.

İTÜ'nün (2003) çalışması yüksek tenör - düşük verim ve Engin A. (2002)'nin çalışması yüksek verim - düşük tenör değerlerine ulaşmıştır. Yine aynı çalışmada gravite artıkları ile yapılan flotasyon deneylerinde yardımcı toplayıcı olarak AERO 407, köpürtücü olarak Çamyağı yerine MIBC kullanımının flotasyona olumlu etkileri ve en önemlisi çinko mineral yüzeylerinin demir oksitlerle kaplı olması nedeniyle çinkonun sülfürleştirilemediği, flotasyonla kazanılmasının mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır.

Sezenler H. (2006) tarafından yöre cevherlerinin gravite artıkları ile yapılan flotasyon deneylerinde optimum sonuçlar -74 µm numune, pH 8, 1250 g/t ZnSO₄, 1000 g/t Na₂SiO₃, 5000 g/t Na₂S, 350 g/t KAX ve 25 g/t Çamyağı 30 dakika kondisyon, 9 dakika flotasyon süresi ile 3 kademeli flotasyon ile saptanmıştır.

Toplayıcı olarak kullanılan KAX'la 300 g/t ile yaklaşık 63 % Pb tenör – 86 % Pb randıman elde edilirken sarfiyatın 350 g/t'a çıkarılması ile tenör açısından çok fazla bir değişiklik olmazken verim 91 %'ler seviyesine çıkmıştır. 350 g/5 KAX'tan 400 g/t KAX' a geçişte ise sonuçlar olumsuz olup verim açısından ek fazla olmasa da yaklaşık 3 %'lük, tenör açısından ise 64 %'den 60 % Pb'ye büyük bir düşüş görülmektedir.

Bu çalışmada artan Na_2S - ZnSO_4 kullanımının flotasyonu olumlu etkisi ve toplayıcı olarak 350 g/t KAX'ın yeterli olduğu saptanmıştır. En iyi sonuçlar bu çalışmada elde edilmiş olup 64 % Pb tenörü 91 % Pb verimi ile miktarca 24 %'lere ulaşan konsante elde edilmiştir.

Bu ulaşılan değerler hem tenör hem de verim ve miktar açısından oldukça tatminkar olup satılabilir ürün haline gelmiştir. Bu deneyin diğer deneylere göre çok iyi sonuç vermesi ve farkı beslenen cevherdeki kurşun içeriğinin diğerlerine göre yaklaşık 60 % fazla olmasından da kaynaklanıyor olabilir

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmaların kapsamı Zamantı yöresi oksitli kurşun-çinko cevherlerinin flotasyonla zenginleştirilmesi olup, bu amaçla öğütme deneyleri, çeşitli reaktifler (toplayıcılar, bastırıcılar, köpürtücüler) ile farklı konsantrasyonlarda ve değişik pH'larda flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bölge Jeolojisi ve Deneysel Çalışmalara Esas Malzeme

Bölge naplı konumlu birçok istifin ve birimin yüzeylendiği bir kesimdir. Farklı jeolojik devirlerde ve farklı çökeltme şartlarında oluşan istiflerin çoğunluğu platform karbonatları şeklindedir. Bölgenin Kuzeyinden itibaren ve alttan üste doğru naplı konumlu olan şu istifler yer almaktadır :

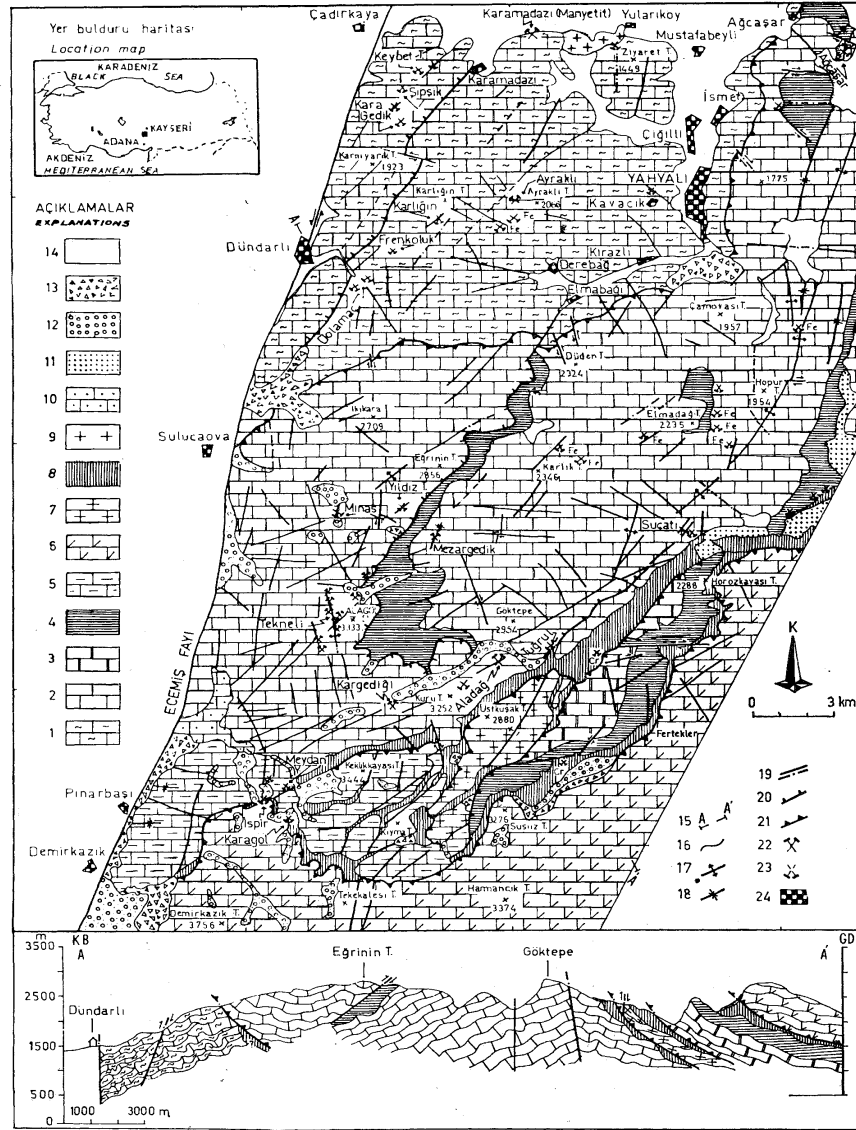
Yahyalı istifi (Siluriyen – Triyas)

Siyah Aladağ istifi (Üst Devon – Jura)

Çataloturan istifi (Karbonifer – Permian)

Beyaz Aladağ istifi (Üst Triyas – Kretase)

Sadece Siyah Aladağ ve Çataloturan istifleriyle ilişkili olan Küçüksu istifi (Alt – Orta Triyas) bir ölçüde bu iki istifin devamı şeklinde düşünülmektedir. Yahyalı ve Siyah Aladağ istifi dokanakları dışında diğer istiflerin arasında Aladağ ofiyolitli melanj kuşakları (Senoniyen) uzanmaktadır. Ayrıca yörenin Kuzeyinde Karamadazı civarında yüzeylenen Granitoitler ve Maden Boğazı kesiminde de Tersiyer yaşlı genç çökeller mevcuttur.



Şekil 3.1. Zamantu kurşun-çinko kuşağının jeoloji haritası ve kesiti (Ayhan, 1983):

1 :Yahyalı istifi (Devoniyen - Triyas), 2 : Siyah Aladağ istifi (Devoniyen - Jura), 3 : Çataloturan istifi (Karbonifer - Üst Permiyen), 4 : Küçüksu istifi (Alt-Orta Triyas), 5 : Minaretepler İstifi (Üst Triyas), 6 : Beyaz Aladağ istifi (Üst Triyas-Jura), 7 — Üstkuşak istifi (Jura), 8 — Aladağ ofiyolitli melanji (Senoniyen), 9 : Plütonik kayaç (Alt Eosen), 10 : Tersiyer çökelleri (Eosen - Oligosen), 11 : Miyosen konglomeraları (Miyosen), 12 : Morenler (Kuvaterner), 13 : Yamaç molozu, 14 : Alüvyon, 15 : Kesit çizgisi, 16 : Dokanak, 17 : Antiklin al, 18 : Senklinal, 19 : Faylar, 20 — Ters fay, 21 :Bindirme hatları, 22 : İşletilen maden, 23 :Terkedilmiş maden, 24 : Yerleşim birimleri

Bölgenin belli başlı büyük yatakları (Tekneli – Delikkaya) Siyah Aladağ istifi içinde yer alır. Tamamen kırık tektoniği ile kontrol edilen Kurşun – Çinko yataklarının birincil kökeni hidrotermaldir. Yahyalı Granitoidlerinden kaynaklanan çözeltilerle şekillenen birincil yatakların sülfütlü cevher mineralleri daha sonra bölgenin yükselmesiyle ilgili olarak çok evreli karstlaşmaya uğrayarak karbonatlı cevher minerallerine dönüşmüştür.

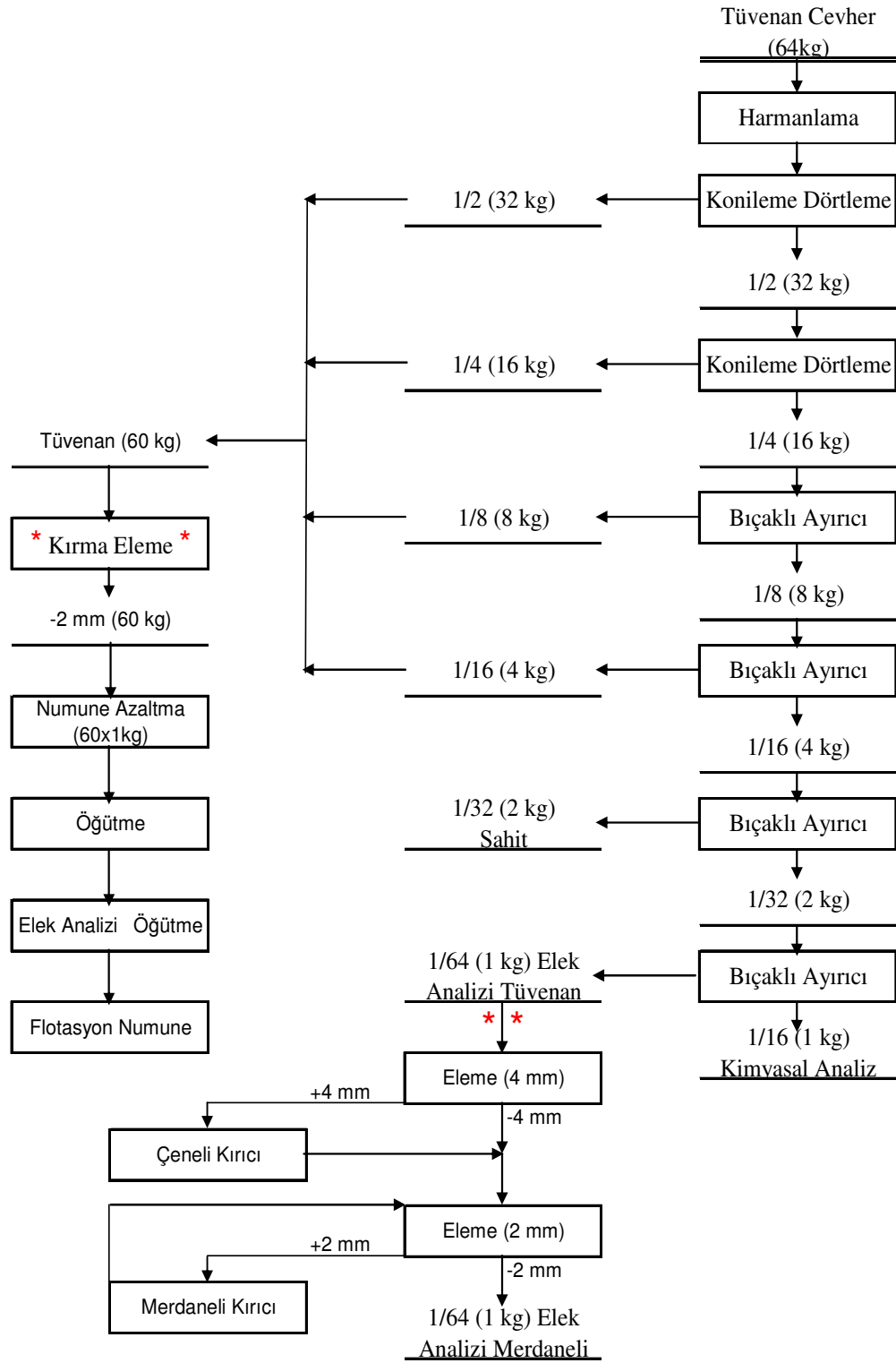
Aladağ bölgesinde kompleks halde Çinko , Kurşun ve Demir cevherleşmesi görülmektedir. Çinko , Kurşun ve Demir mineralizasyonu umumiyetle paragenetik olarak birbirine bağlı , kalkerler içinde meydana gelmiştir.

Çinko , Kurşun ve Demir ana cevherleşmesi N 55 E yönünde üst jura yaşlı masif kalker içinde fleksürlerin antiklinal apekslerinde bulunmaktadır. Mineralizasyon zonunun kalınlığı yüzeyde 25 – 30 m. arasında değişmekte ve NE kısmı N 140 E ya dik stress fayında son bulmaktadır. Mineralize zon lapolit şeklini göstermekte ve besleyici kanal derinlere doğru devam etmektedir. Üst seviyelerde genişleyen cevherleşme metazomatik replasman tipinde yatay bir yayılma göstermektedir. Cevherleşme derinlere damar dolgusu şeklinde devam etmektedir. Cevher zonunun yan kenarlarına doğru demir oksit – hidroksit ve kil bakımından zenginleştiği görülmektedir. Cevherleşme mağmanın son safhalarını temsil eden residual hidrotermal solüsyonlarla ilgili olduğu ve Üst Jura ile kratase devirleri arasında NE –SW tektonik fazı ile sen-tektonik olarak teşekkül ettiği kanısına varılmaktadır.

Deneylerde kullanılan malzeme, Kayseri ili Aladağlar mevki Delikkaya madeninde üretilen kompleks oksitli-karbonatlı Pb-Zn cevheridir. Malzeme, Yeşilhisar stok sahasından alınmıştır.

3.2. Numunelerin Hazırlanması ve Özellikleri

Yeşilhisar stok sahasından alınan yaklaşık 70 kg. Pb-Zn numunesi harmanlanarak numune azaltma yöntemleri (konileme-dörtleme, bıçaklı ayırma) uygulanmak üzere 64 kg'a indirilmiştir. İki kere konilenip dörtlenen numune daha sonra dört kere bıçaklı ayırıcıdan geçirilmiştir. Üçüncü kez bıçaklı ayırıcıdan geçirilen numunenin 2 kg.'ı şahit numune olarak saklanıp dördüncü kez bıçaklı ayırıcıdan geçen numunenin ise 1kg.'ı ile kimyasal analiz, 1 kg.'ı ile elek analizi yapılmıştır. Numunenin geri kalan 60 kg.'ı önce 4 mm.'lik ve sonra 2 mm.'lik elekten geçirilip elek üstleri çeneli ve merdaneli kırıcılara kapalı devre beslenip tamamı öğütme için uygun boyut olan 2 mm altına indirilmiş ve öğütme deneylerinde bu numune kullanılmıştır. Numune hazırlama akım şeması Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Numune hazırlama akım şeması

3.2.1. Numunenin Kimyasal Özellikleri

Deneylerde kullanılan cevher numunesinden temsili olarak ayrılan kısım üzerinde yapılan kimyasal analizler göre cevherin kimyasal bileşimi belirlenmiştir. Söz konusu tüvenan cevhere ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tüvenan cevhere ait kimyasal analiz sonuçları

Eleman	İçerik %
Pb	9,15
Zn	11,97
SiO ₂	13,41
CaO	7,92
MgO	0,94
Al ₂ O ₃	5,86
Fe ₂ O ₃	34,47
S	0,27
Kızdırma Kaybı	16,01
Toplam	100,00
Cd (g/t)	162
Ag (g/t)	58

3.2.2. Numunenin Minerolojik Özellikleri

Cevher numuneleri üzerinde yapılan mikroskobik incelemeler, cevherin büyük çoğunluğunu sfaleritin alterasyonu sonucu oluşan smitsonitin oluşturduğunu göstermiştir. Cevherde izlenen mineraller nabit gümüş, galen, sfalerit, serüzit, smitsonit, anglezit, hemimorfit, pirit, limonit, hematit, kalsit, dolomit ve kuvarstır.

Smitsonit ($ZnCO_3$): Genellikle açık kahve renkli, masif ve toprağımsı görünümde olup, kristallerde bazen kolloform yapı gözlenmektedir. Smitsonit içinde sfalerit kristallerine rastlanmaktadır.

Serüzit ($PbCO_3$): Galence zengin örneklerde, galen tanelerini çevreleyen zonlarda sekonder olarak meydana gelen serüzit mineraline yaygın olarak rastlanılmaktadır. Yine serüzit ve smitsonit içinde de galen kristalleri izlenmektedir. Galence zengin parçalarda ise nabit gümüş minerallerine rastlanılmaktadır.

Galen (PbS): Cevher numunesi içinde miktarca az olup, smitsonitlerin ve karbonatlı gang minerallerinin kırık ve çatlaklarını doldurmuş damarcıklar halinde gözlenmektedir.

Pirit (FeS_2): Miktarca az olup, hem galen hem de smitsonit içinde bazen şekilli kristallerine rastlanılmakla beraber kesitlerde genellikle ayrıışmış ve demir oksitli minerallere dönüşmüş halde izlenmektedir.

Hidrozinkit ($Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$): Cevher numunelerinde smitsonite eşlik eden diğer yaygın mineral olup genellikle donuk beyaz renkli ve yuvarlağımsı kümeler halinde küçük boşlukların çevresinde bol miktardadır. Bu boşluklarda hidrozinkit ile beraber serüzit ve anglezit mineralleri de gözlenmektedir.

Hemimorfit ($Zn_4Si_2O_7(OH)H_2O$): Miktarca az olup, saydam renkli ve grupsal kristallidir yalnızca zenginleştirilmiş ürünlerde rastlanılmaktadır.

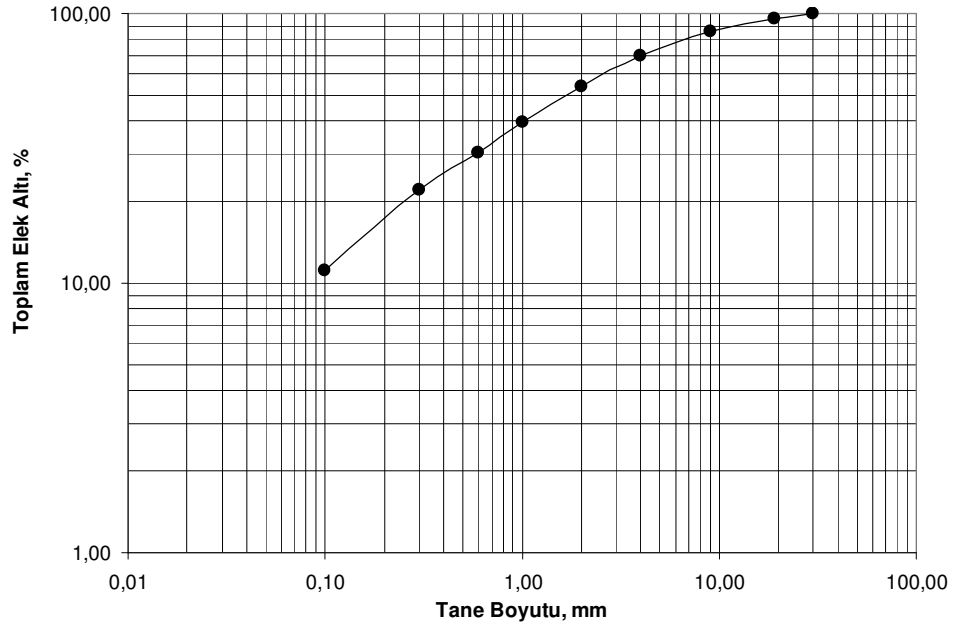
Gang mineralleri: Çoğunluğunu ayrışma sonucu oluşmuş kırmızı ve sarı renkli toprağımsı görünümde demir oksitli minerallerle limonit ve hematit teşkil etmektedir. Ayrıca kalsit ve dolomit genellikle demir oksitli sularla boyanmış halde bazen beyaz renkli romboedrik kristaller halinde bulunmaktadır.

3.2.3. Numunenin Fiziksel Özellikleri

Tüvenan ve merdaneli kırıcı çıkışı 2 mm altı cevher numunelerinin boyut dağılımları incelenmiştir. Tüvenan cevher ve merdaneli kırıcı çıkışı 2 mm altı cevher numunelerinin tane boyut dağılımları Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3. 'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tüvenan cevhere numunesinin elek analizi sonuçları

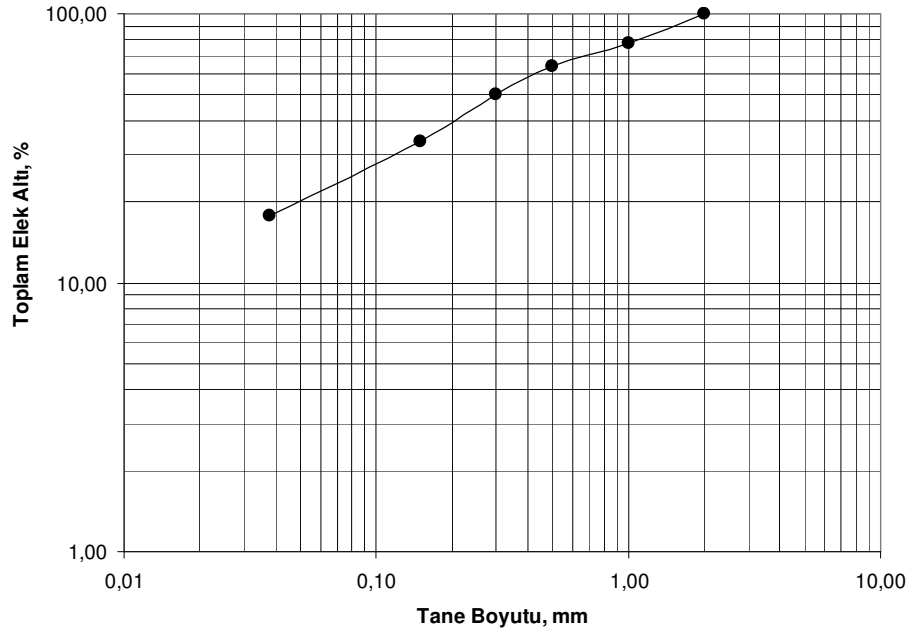
Boyut (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
+19	4,39	4,39	100,00
-19+9	10,11	14,50	95,61
-9+4	15,38	29,88	85,50
-4+2	16,43	46,31	70,12
-2+1	14,12	60,43	53,69
-1+0,6	9,05	69,48	39,57
-0,6+0,3	8,36	77,84	30,52
-0,3+0,1	10,96	88,80	22,16
-0,1	11,20	100,00	11,20
Toplam	100,00		



Şekil 3.3. Tüvenan cevher numunesinin tane boyu dağılımı

Çizelge 3.3. Merdaneli kırıcı çıkışı 2 mm altı cevher numunesine ait elek analizi sonuçları

Boyut (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
-2,00+1,41	3,44	3,44	100,00
-1,41+1,00	12,68	16,12	96,56
-1,00+0,600	18,34	34,46	83,88
-0,600+0,300	16,72	51,18	65,54
-0,300+0,150	14,53	65,71	48,82
-0,150+0,074	10,38	76,09	34,29
-0,074+0,038	8,69	84,78	23,91
-0,038	15,22	100,00	15,22
Toplam	100,00		



Şekil 3.4. Merdaneli kırıcı çıkışı 2 mm altı cevher numunesinin tane boyu dağılımı

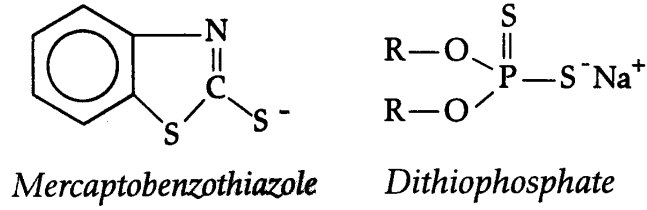
Tüvenan ve merdaneli çıkışı 2 mm altı cevher numunesine ait tane boyu dağılımı ise Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.'de verilmiştir. Şekillere göre tüvenan malzemenin %80'inin elek altına geçtiği boyut yaklaşık 7 mm, merdaneli çıkışı 2 mm altı malzemenin %80'inin elek altına geçtiği boyut ise 0,9 mm. olarak belirlenmiştir.

3.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzeme ve Yöntemler

3.3.1 Reaktifler ve Cihazlar

Deneysel çalışmalarda toplayıcı olarak KEX (potasyum etil ksantat) ve KAX (potasyum amil ksantat), yardımcı toplayıcı olarak Cytec firmasının AERO promoterlerinden kurşun devresi için 404-407-412, çinko devresi için 3477-3501-8651, sülfürleştirici olarak Na₂S, bastırıcı olarak sodyum silikat (Na₂SiO₃) ve karboksi metil selüloz (CMC), köpürtücü olarak metil isobutil karbinol türevli AERO froth 70, Flotanol M ve Çamyacı, canlandırıcı olarak bakır sülfat (CuSO₄) ve pH düzenleyici olarak Na₂CO₃ kullanılmıştır. Kullanılan reaktiflerin özellikleri Çizelge 3.4. ve 3.5.'te, kimyasal bağ yapıları Şekil 3.5. ve 3.6.'da verilmiştir.

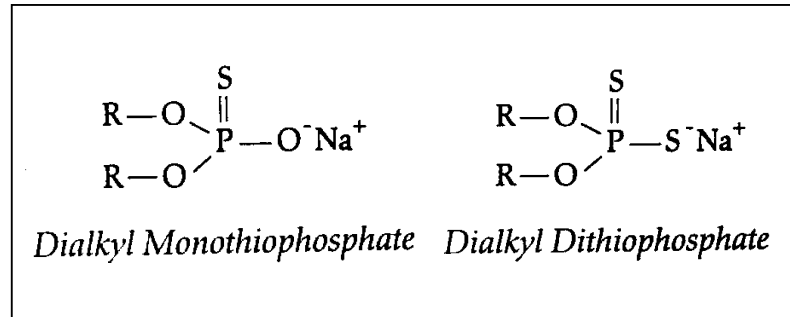
Bölüm 2.7.'de değinilen çalışmalar baz alınarak deneylerde başlangıç olarak 106 µm altı numunenin doğal pH'da 1000 g/t Na₂SiO₃, 500 g/t CMC, 350 g/t KAX, 4500 g/t Na₂S, 250 g/t Aero 407 kullanılarak flotasyon yapılmasına karar verilmiştir. İlerleyen aşamalarda belirlenen parametrelerdeki değerlerin azaltılması ve artırılması suretiyle optimum koşullar bulunmaya çalışılacaktır



Şekil 3.5. Cytec firmasına ait Aero promoterlerin kimyasal bağ yapıları
(Cytec, 2003)

Çizelge 3.4. Kurşun devresinde kullanılan Aero promoter'lerin özellikleri
(Cytec, 2003)

AERO promoter	404	407	412
R=	disekbütül	diizobütül	diizobütül
Görünüm	Açık sarı-yeşil renkli sıvı		
pH	11-12	>12	>11
Özgül Ağırlık (25 °C)	1,166	1,17	1,16
Kaynama Noktası (°C)	104	103	103
Donma Noktası (°C)	-2	-7	9
Viskozite (cps. °C'de)	0 °C	21	20
	30 °C	6	6
			7



Şekil 3.6. Cytec firmasına ait Aero promoterlerin kimyasal bağ yapıları
(Cytec, 2003)

Çizelge 3.5. Çinko devresinde kullanılan Aero promoter'lerin özellikleri
(Cytec, 2003)

AERO promoter	3477	3501	8651
R =	izobütil	izoamly	alkyl amine acetate
Görünüm	Açık sarı-kahverengi renkli sıvı		
pH	>12	>11	
Özgül Ağırlık (25 °C'de)	1,105	1,07	0,93-0,97
Kaynama Noktası (°C)	103	103	+99
Kristallenme Noktası (°C)	2	4	
Viskozite (cps. °C'de)	0 °C	38	41
	30 °C	10	11
Kimyasal Formülü	C ₈ H ₁₈ O ₂ PS ₂ .Na	C ₁₀ H ₂₂ O ₂ PS ₂ .Na	
Molekül Ağırlığı	265	293	

Öğütme deneyleri laboratuvar ölçekli değirmende yaş olarak gerçekleştirilmiştir. Öğütme testlerinde kullanılan değirmen ve bilyalar Şekil 3.8.'de ve onlara ait özellikler Çizelge 3.6.'de verilmiştir. Flotasyon deneyleri Denver tipi flotasyon makinasında 2,5 ve 1,5 lt.'lik hücrelerde 1200 ve 1000 devir/dak karıştırma hızlarında gerçekleştirilmiştir. pH ölçümleri Infolab Level 1 tip pH metre ile yapılmıştır. Kullanılan Denver tipi flotasyon makinesi ve Infolab Level 1 tip pH metre Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Flotasyon deneylerinde kullanılan Denver tipi flotasyon makinesi



Şekil 3.8. Öğütme deneylerinde kullanılan çelik bilyalı değirmen ve bilyalar

Çizelge 3.6. Öğütme deneylerinde kullanılan çelik bilyalı değirmenin özellikleri ve test koşulları

Değirmen	Çap mm	194
	Uzunluk mm	175
	Hacim cm ³	5200
Hız	Çalışma Hızı devir/dakika	(Kritik Hızın%69'ü) 75
Kaldırma Lifti	Sayı	6
Öğütücü Ortam şarjı	Malzeme	Çelik Alaşımli Bilya
	Çap 1, mm	43
	Çap 2, mm	35
	Çap 3, mm	27
	Bilya Yükleme 1, %	33,35
	Bilya Yükleme 2, %	33,11
	Bilya Yükleme 3, %	33,53
	Özgül Ağırlık g/cm ³	7,6
	Bilya Hacim Oranı %	21,17
Malzeme Şarjı	Toplam Malzeme Miktarı gram	1000
	Toplam Bilya Miktarı gram	8371
	Malzeme/Bilya Yükleme Oranı %	33,77

3.3.2. Öğütme ve Flotasyon Deneylerinde İzlenen Yöntem

Öğütme deneylerinde tamamı 2 mm altına kırılmış olan numuneler kullanılmış ve % 60 pülpte katı oranı ve sabit bilya şarjında laboratuvar tipi çelik, bilyalı değirmen ile, farklı sürelerde öğütülmüştür. Öğütme sonrası flotasyon deneyleri kurşun - çinko devresi olmak üzere iki kademedede gerçekleştirilmiş, farklı reaktifler ve konsantrasyonlar kullanılmış. Laboratuvar ölçekte en uygun öğütme ve flotasyon koşulunu belirlemeye yönelik çalışmalarda değerlendirmeler gerek öğütme sonrası malzemenin boyut dağılımı ve gerekse öğütmeyi takiben yapılan flotasyon deneylerinden elde edilen konsantre, artıklardaki metal tenör, kayıp ve verimler baz alınarak yapılmıştır.

3.4. Öğütme Deneyleri ve Bulgular

Boyutun zenginleştirmeye olan etkisini belirlemek için öğütme deneyleri tek kademeli 10, 15, 20, 30 dakika ve ilk kademedan sonra malzemenin 106 µm'den elendiği, elek üstünün beslendiği iki kademeli (kontrollü) olarak yapılmıştır. Öğütme sonrasında her öğütme için ayrı yapılan elek analizleri sırasıyla Çizelge 3.7. , 3.8. , 3.9. , 3.10.'da ve tane boyu dağılımları Şekil 3.9.'da verilmiştir.

Çizelge 3.7. 10 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları

Boyut (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
-0,300+0,212	8,60	8,60	100,00
-0,212+0,180	6,80	15,40	91,40
-0,180+0,150	8,40	23,80	84,60
-0,150+0,106	12,20	36,00	76,20
-0,106+0,074	10,10	46,10	64,00
-0,074+0,053	9,30	55,40	53,90
-0,053+0,038	5,70	61,10	44,60
-0,038	38,90	100,00	38,90
Toplam	100,00		

Çizelge 3.8. 15 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları

Boyut (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
-0,300+0,212	2,60	2,60	100,00
-0,212+0,180	3,00	5,60	97,40
-0,180+0,150	7,50	13,10	94,40
-0,150+0,106	11,60	24,70	86,90
-0,106+0,074	9,80	34,50	75,30
-0,074+0,053	9,70	44,20	65,50
-0,053+0,038	8,40	52,60	55,80
-0,038	47,40	100,00	47,40
Toplam	100,00		

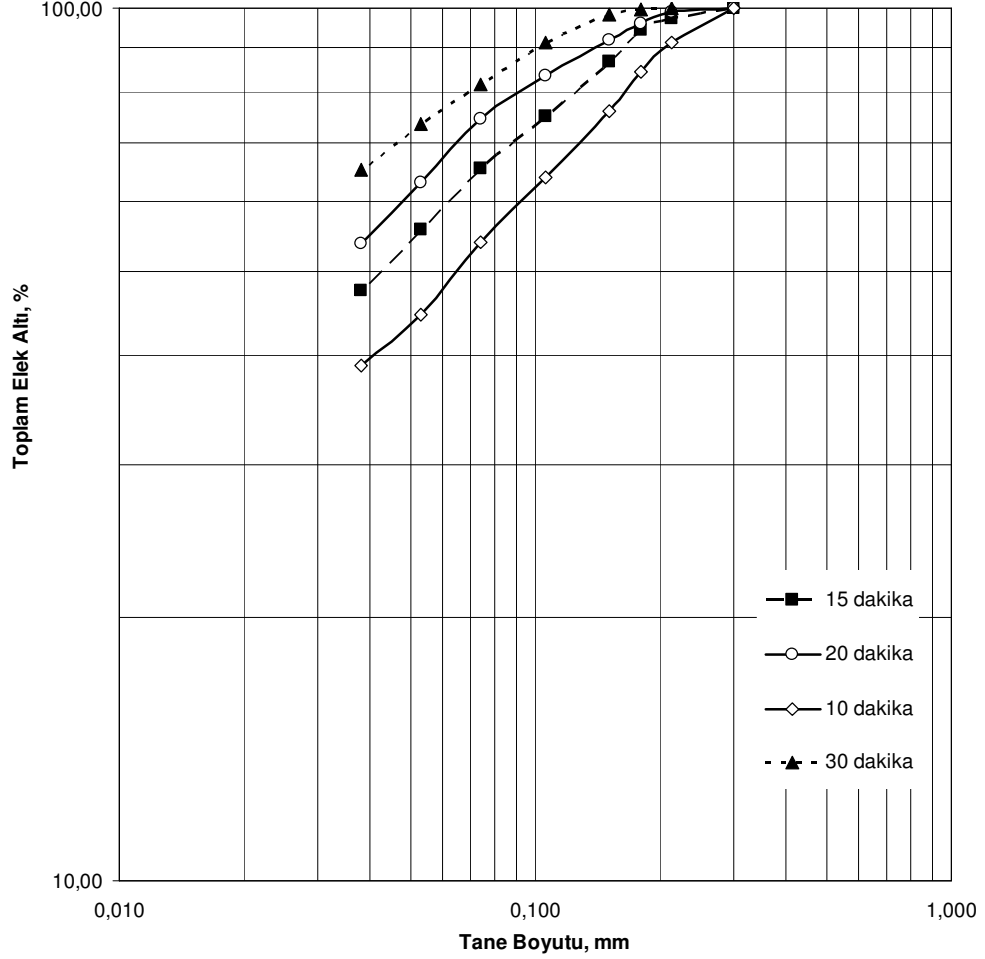
Çizelge 3.9. 20 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları

Boyut (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
-0,300+0,212	1,10	1,10	100,00
-0,212+0,180	2,90	4,00	98,90
-0,180+0,150	4,00	8,00	96,00
-0,150+0,106	8,30	16,30	92,00
-0,106+0,074	8,90	25,20	83,70
-0,074+0,053	11,70	36,90	74,80
-0,053+0,038	9,40	46,30	63,10
-0,038	53,70	100,00	53,70
Toplam	100,00		

Çizelge 3.10. 30 dakika tek kademeli öğütme elek analizi sonuçları

Boyut (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
-0,212+0,180	0,40	0,40	100,00
-0,180+0,150	1,10	1,50	99,60
-0,150+0,106	7,10	8,60	98,50
-0,106+0,074	9,70	18,30	91,40
-0,074+0,053	8,10	26,40	81,70
-0,053+0,038	8,20	34,60	73,60
-0,038	65,40	100,00	65,40
Toplam	100,00		

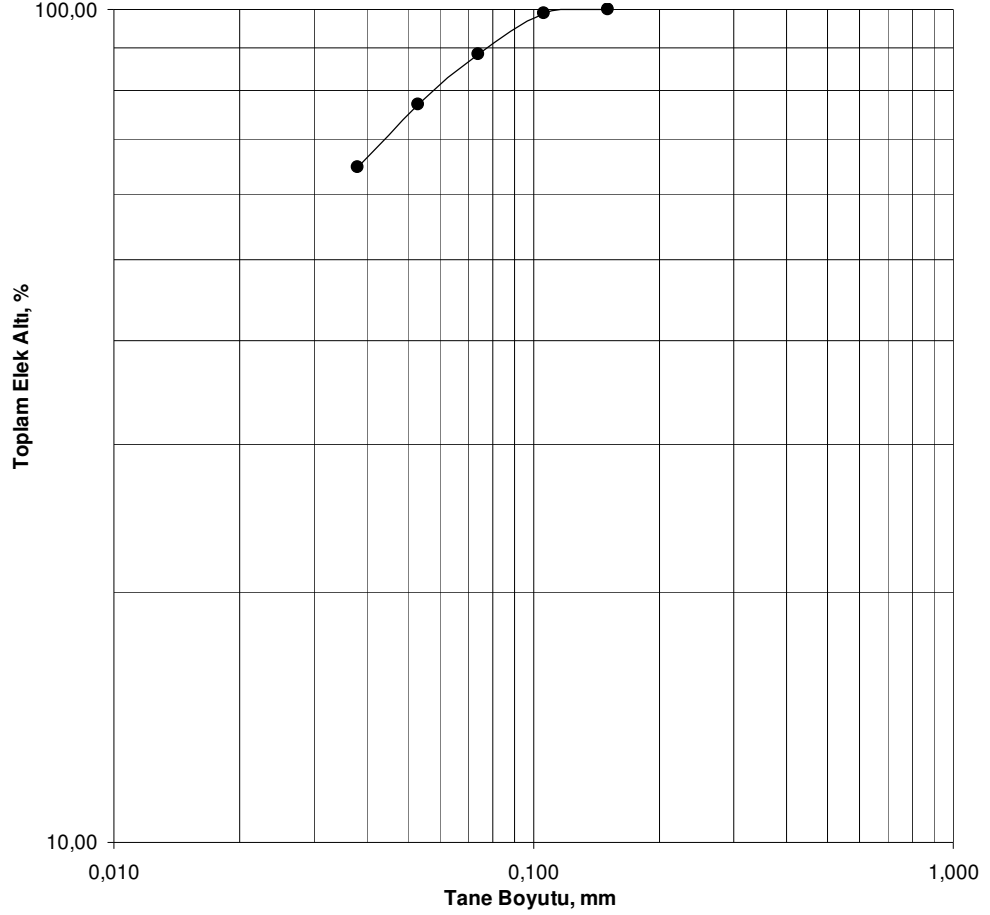
Sırasıyla d_{80} değerleri 161, 120, 90, 67 μm 'dir. Tek kademeli öğütmelerde yeterli serbestleşme , flotasyon için gereken boyut elde edilemediğinden kademeli öğütmeye ihtiyaç duyulmaktadır. İki kademeli öğütme için 15+15 dakika seçilmiş olup elek analizi Çizelge 3.11'de ve tane boyu dağılımı Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.9. 10, 15, 20, 30 dakika öğütme deneyleri tane boyu dağılımları

Çizelge 3.11. 15+15 dakika iki kademeli öğütme elek analizi sonuçları

Boyut (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü (%)	Toplam Elek Altı (%)
-0,150+0,106	0,50	1,00	100,00
-0,106+0,074	10,80	11,80	99,00
-0,074+0,053	11,20	23,00	88,20
-0,053+0,038	12,30	35,30	77,00
-0,038	64,70	100,00	64,70
Toplam	100,00		



Şekil 3.10. 15+15 dakika öğütme numunesinin tane boyu dağılımı

15+15 dakika 2 kademeli kontrollü yapılan öğütme sonucunda Şekil 3.10.'de görüldüğü gibi numunenin tamamı 106 μm altı olup, d_{80} boyutu 60 μm indirilirken 38 μm altı malzeme ise yaklaşık 65 % olarak saptanmıştır. 30 dakikalık ve 15+15 dakikalık öğütmelerin d_{80} boyutları birbirin yok yakın olmasına rağmen 106 μm üstü malzeme miktarı 15+15 dakikalık için 0,50 % iken 30 dakikalık öğütmede bu değer 8,60 %'a yükselmektedir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda flotasyon için en iyi öğütme 15+15 dakika 2 kademeli öğütmedir.

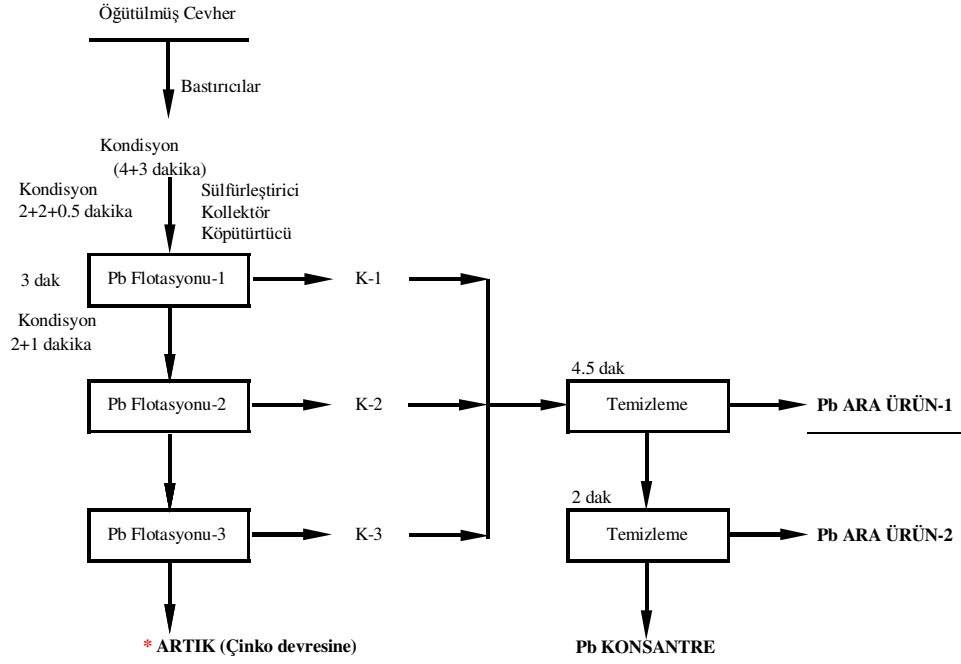
3.5. Flotasyon Deneyleri ve Bulgular

Temin edilen numunelerin flotasyon deneylerinde optimum koşulların belirlenmesi için aşağıdaki sıralama takip edilmiştir. Deneylerde Kondisyon süreleri bastırıcılar Na_2SiO_3 için 4 dak CMC için 3 dak, sülfürleştirici Na_2S için 2 dak, toplayıcı+yardımcı toplayıcı için toplam 2 dak, köpük alma süresi 3 dak ve temizleme devreleri 1.temizleme için 4,5 dak, 2.temizleme için 2 dak olup (Önal vd.,2005) çalışmasına göre seçilmiştir. 1. temizlemede 2,5 lt'lik hücreler, 1200 devir/dak karıştırıcı hızı ve 2. temizlemede 1,5 lt'lik hücreler 1000 devir/dak karıştırıcı hızı ile yapılmıştır.

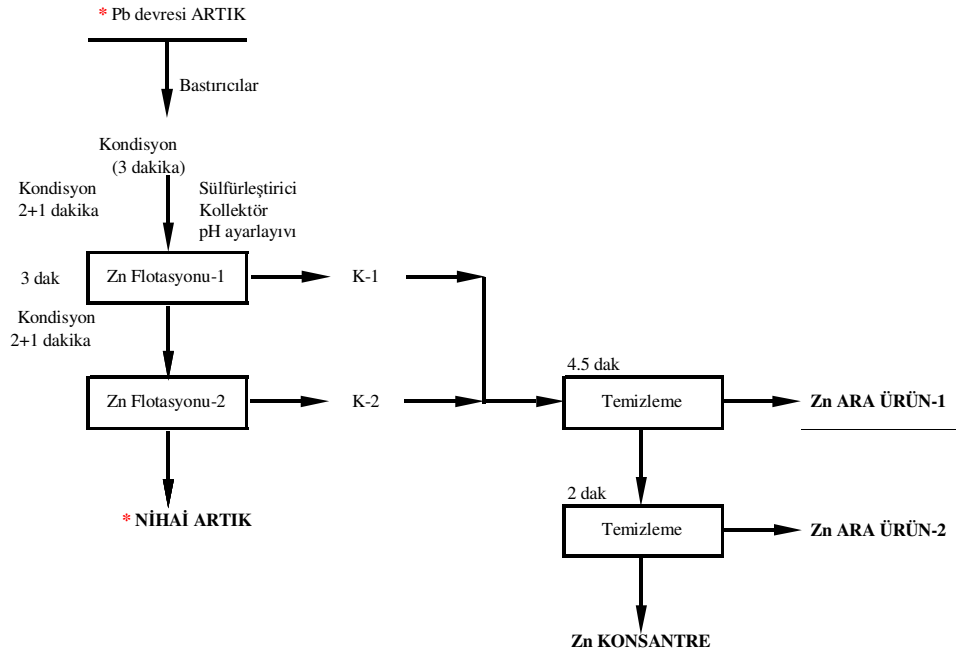
Selüle verilen musluk suyu ve hava miktarı bütün flotasyon deneylerinde sabit tutulmuştur. Çizelgelerde verilen reaktif sarfiyatları g/t cinsindedir. Engin A. (2002)'nin çalışmasında en iyi sonuçlara doğal pH 'da (7,3-7,5) ulaşıldığından ve endüstriyel şartlarda doğal pH ile çalışmanın kolaylıkları, maliyetler göz önüne alınarak deneyler bu şart altın gerçekleştirilmiştir. Yapılan 3 kademe Pb, 2 kademe Zn, 6 kademe Pb ve 4 kademe Zn flotasyon deneylerinin akım şemaları sırasıyla Şekil 3.11. , 3.12. , 3.13. ve 3.14.'de verilmiştir.

Kullanılan Reaktifler

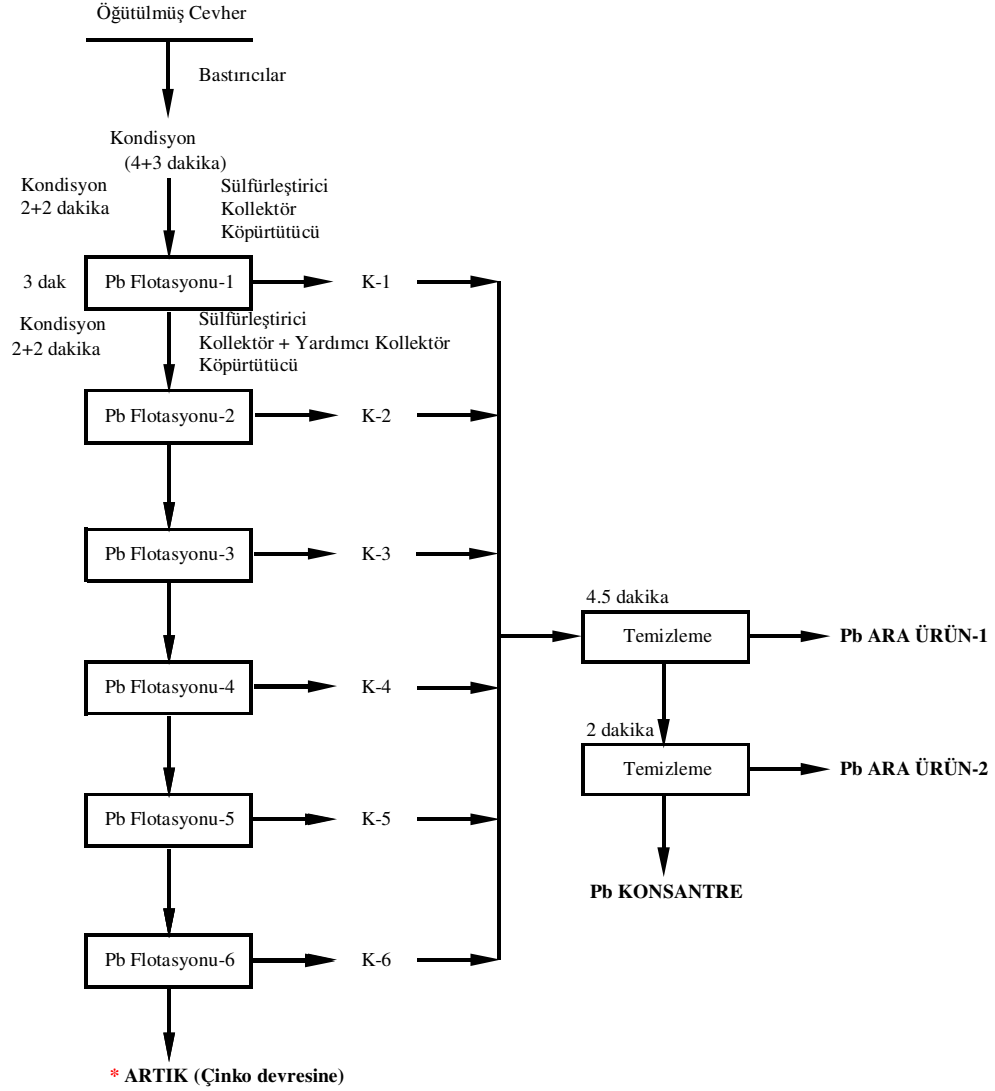
- Bastırıcılar : Sodyum Silikat (Na_2SiO_3), Karboksi Metil Selüloz (CMC)
- Sülfürleştirici : Sodyum Sülfid (Na_2S)
- Toplayıcı :
 1. Toplayıcılar Kurşun için : Potasyum Amil Ksantat (KAX) , Potasyum Etil Ksantat (KEX)
 2. Kurşun için Yardımcı : AERO 404, 407, 412 promoter
 3. Çinko için : AERO 3477, 3501 promoter, AEROMİNE 8651
- Köpürtücü : AERO froth 70, Flotanol M, Çamyacı



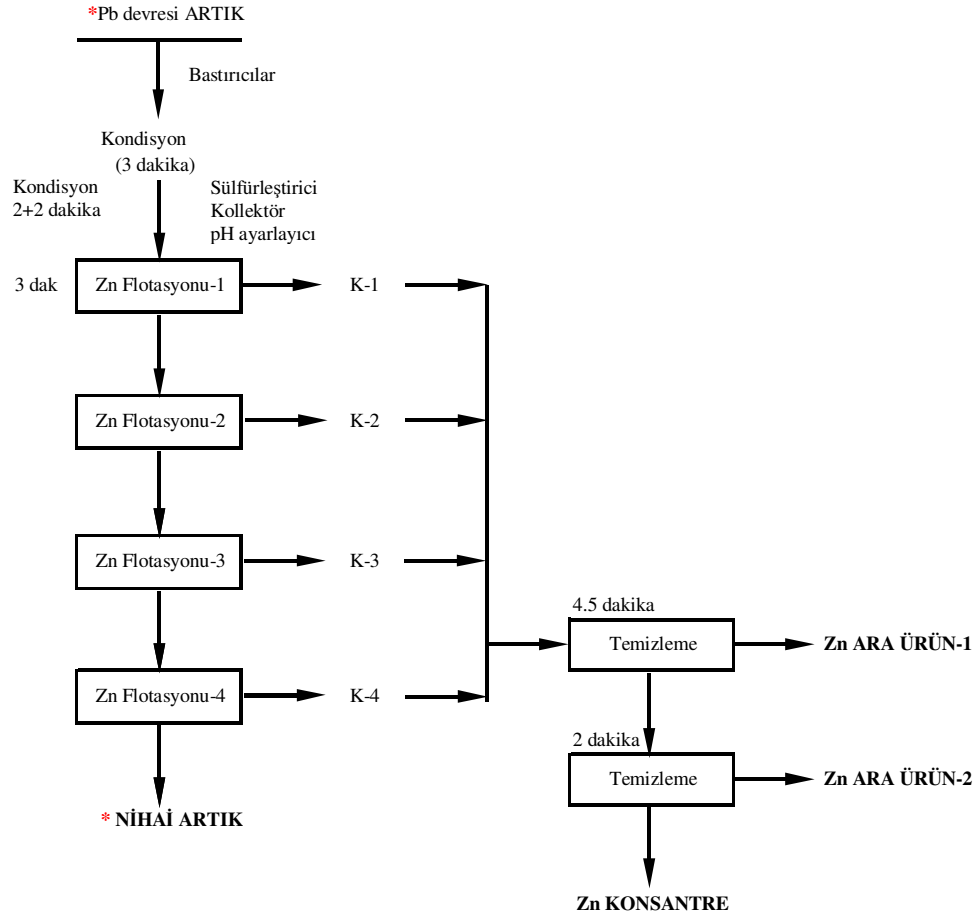
Şekil 3.11. Üç kademeli flotasyon deneyi kurşun devresi genel akım şeması
(Önal vd, 2005)



Şekil 3.12. İki kademeli flotasyon deneyi çinko devresi genel akım şeması



Şekil 3.13. Altı kademeli flotasyon deneyi kurşun devresi genel akım şeması
(Önal vd, 2005)



Şekil 3.14. Dört kademeli flotasyon deneyi çinko devresi genel akım şeması
(Önal vd, 2005)

3.5.1. Farklı Ksantat Tip Toplayıcılar Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler 106 μm altına öğütülmüş ve öğütmeyi takiben 3 kademede flotasyon gerçekleştirilmiştir. Yapılan flotasyon deneylerinde farklı karbon zinciri uzunluğuna sahip iki tip ksantat (KEX, KAX) toplayıcı kullanılmıştır. Böylece, farklı toplayıcı kullanımına bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı tip toplayıcılar için kullanılan reaktif sarfiyatı aynı olup Çizelge 3.12.'de verilmiştir

Çizelge 3.12. Farklı ksantat tip toplayıcılarla yapılan flotasyon deneyleri reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KEX-KAX	MIBC
1.kademe	1000	500	1250	150	20
2.kademe	–	–	500	100	15
3.kademe	–	–	500	100	15
Toplam	1000	500	2250	350	50

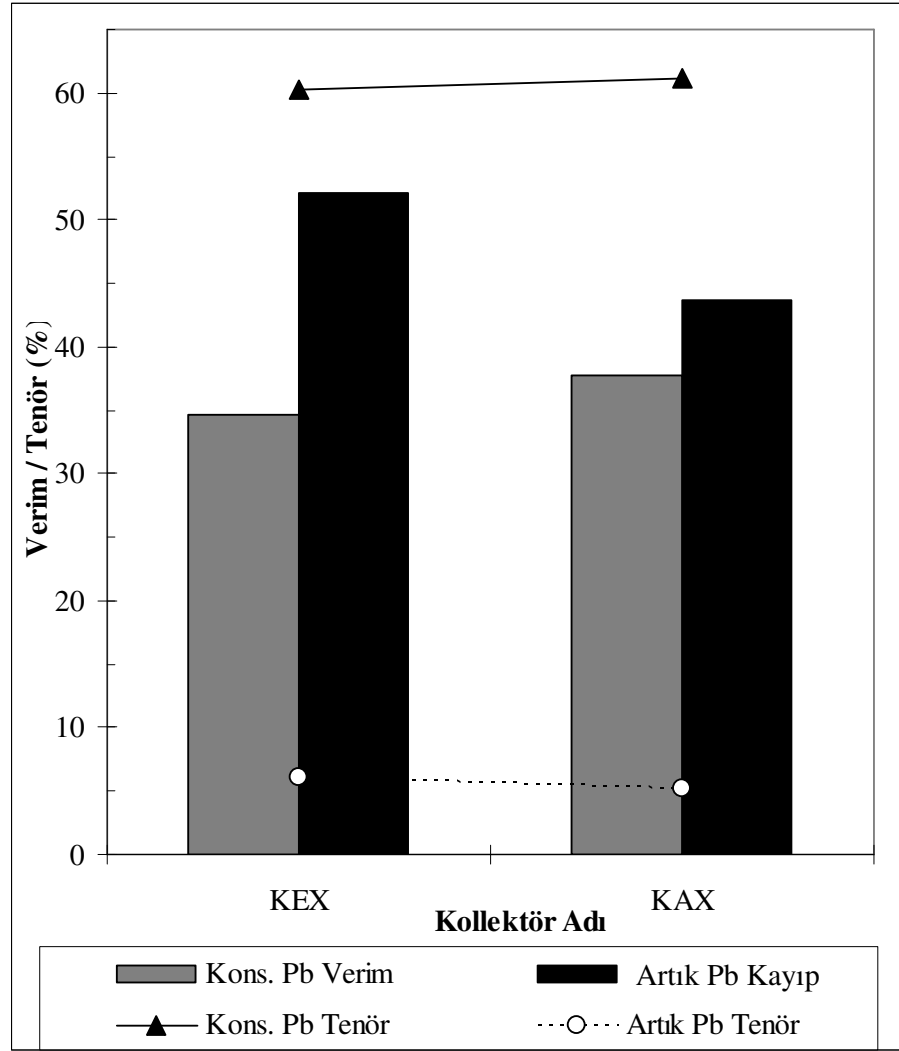
Çizelge 3.13. Toplayıcı olarak KEX kullanılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,30	65,80	29,10	1,53	0,52			
Pb Aü1	1,30	41,71	5,58	10,82	1,10	5,60	60,21	34,68
Pb Aü2	10,60	12,16	13,26	13,76	11,45	10,60	12,16	13,26
Artık	83,80	6,04	52,06	13,21	86,93	83,80	6,04	52,06
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,73	100,00	100,00	9,72	100,00

Çizelge 3.14. Toplayıcı olarak KAX kullanılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,20	63,76	34,16	1,21	0,49			
Pb Aü1	0,80	44,20	3,64	11,85	0,74	6,00	61,15	37,81
Pb Aü2	12,70	14,11	18,46	15,62	15,55	12,70	14,11	18,46
Artık	81,30	5,22	43,73	13,06	83,22	81,30	5,22	43,73
Toplam	100,00	9,70	100,00	12,76	100,00	100,00	9,70	100,00

Pb konsantre ve Pb ara ürün 1 birleştirilerek Pb birleştirilmiş sonuçlar olarak verilmiştir. Pb ara ürün 2 ve Artık aynen alınmıştır. Pb birleştirilmiş sonuçlarda verilen miktar, tenör ve verim % cinsindedir.



Şekil 3.15. Toplayıcı olarak KEX-KAX kullanılan flotasyon deneyleri sonuçları

Çizelge 3.13. ve 3.14.'te verilmiş deney sonuçları incelendiğinde farklı toplayıcıların konsantr ve artık tenörleri (% 60-61 Pb, % 5-6 Pb) açısından pek bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Şekil 3.15.'de görüldüğü gibi verim yönünde incelendiğinde ise KEX kullanımında konsantr için % 34,68, KAX kullanımında konsantr için % 37,81 'dir. Bunun yanı sıra KAX kullanımında artık kaybı düşerken ara ürün verimi de artmıştır. Uzun karbon zincire sahip KAX'ın daha etkili olduğu saptanmıştır.

3.5.2 Toplayıcı olarak sadece KAX, KAX ve Yardımcı Toplayıcının Birlikte Kullanıldığı Flotasyon Deneyleri

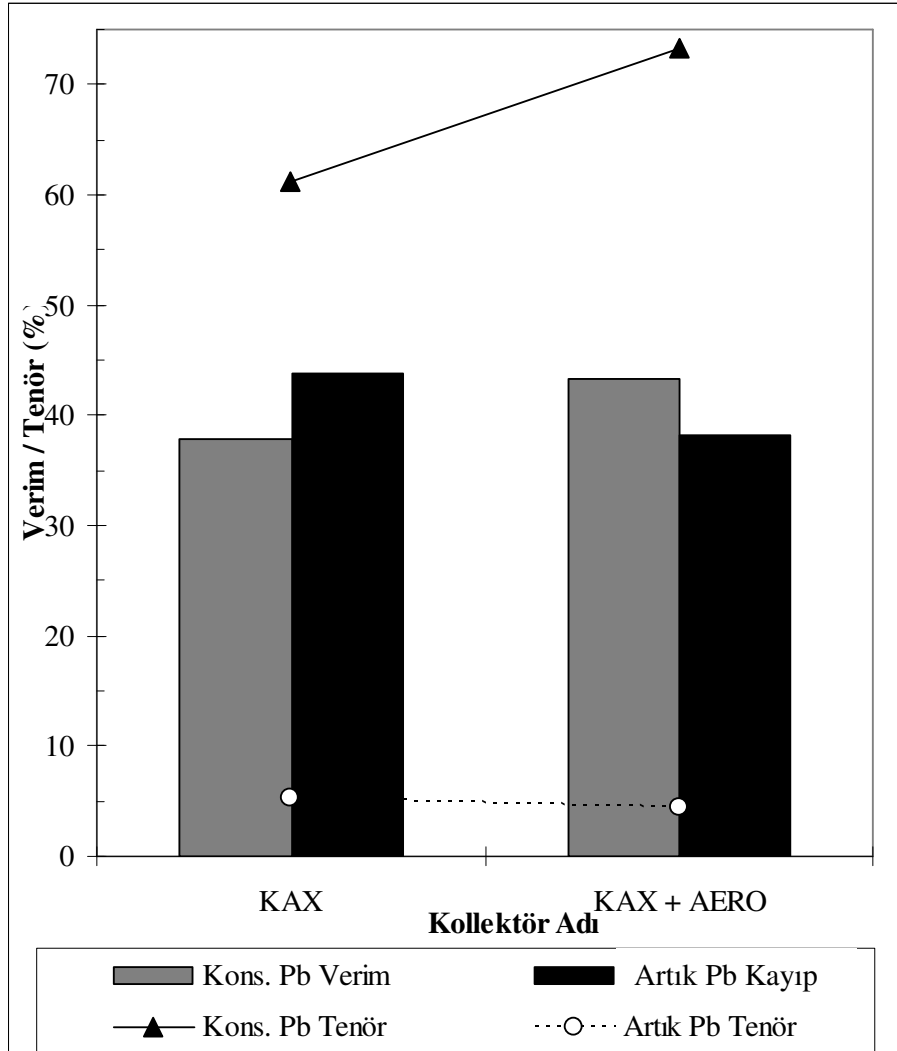
Deneylerde, numuneler 106 µm altına öğütülmüş ve öğütmeyi takiben 3 kademede flotasyon gerçekleştirilmiştir. Yapılan flotasyon deneylerinde sadece KAX ve KAX + yardımcı toplayıcı AERO 407 kullanılmıştır. Böylece, yardımcı toplayıcı kullanımına bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. KAX ve Yardımcı Toplayıcının Birlikte kullanıldığı flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı aynı olup Çizelge 3.15.'de verilmiştir

Çizelge 3.15. Toplayıcı olarak KAX ve yardımcı toplayıcının birlikte kullanıldığı flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	1250	150	50	20
2.kademe	–	–	500	100	100	15
3.kademe	–	–	500	100	100	15
Toplam	1000	500	2250	350	250	50

Çizelge 3.16. Toplayıcı olarak KAX ve yardımcı toplayıcının birlikte kullanıldığı flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,58	78,61	37,10	2,22	0,80			
Pb Aü1	1,15	51,83	6,12	6,97	0,63	5,73	73,25	43,21
Pb Aü2	11,56	15,58	18,55	12,22	11,11	11,56	15,58	18,55
Artık	82,71	4,49	38,24	13,45	87,46	82,71	4,49	38,24
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,72	100,00	100,00	9,71	100,00



Şekil 3.16. Toplayıcı olarak sadece KAX, KAX+AERO (yardımcı toplayıcı) kullanılan flotasyon deneyleri sonuçları

Yukarı Çizelge 3.14. ve 3.16.'da verilmiş deney sonuçları incelendiğinde yardımcı toplayıcı kullanımının verim üzerinde de olumlu etkisi % 37,81'den % 43,21 olmasının yanı sıra Şekil 3.16.'de görüldüğü gibi esas olarak konsantrasyon tenöründe % 61,15'den 73,25 %'e ciddi bir artış gözlenmektedir. Tenörün % 65 üstüne çıkması ile günümüzdeki satılabilir konsantrasyon kriteri sağlanmıştır. Ara ürünler arasında hemen hemen bir fark gözlenmemektedir. KAX'ın yanısıra yardımcı toplayıcı kullanımının daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

3.5.3. Farklı Tip Yardımcı Toplayıcı Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler 106 µm altına öğütülmüş ve öğütmeyi takiben 3 kademe de flotasyon gerçekleştirilmiştir. Yapılan flotasyon deneylerinde üç farklı yardımcı toplayıcı (AERO 404, AERO 407, AERO 412) kullanılmıştır. Böylece, farklı yardımcı toplayıcı kullanımına bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı tip yardımcı toplayıcılar için kullanılan diğer reaktif sarfiyatı aynı olup Çizelge 3.17.'de verilmiştir

Çizelge 3.17. Farklı tip yardımcı toplayıcı kullanılarak kullanılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

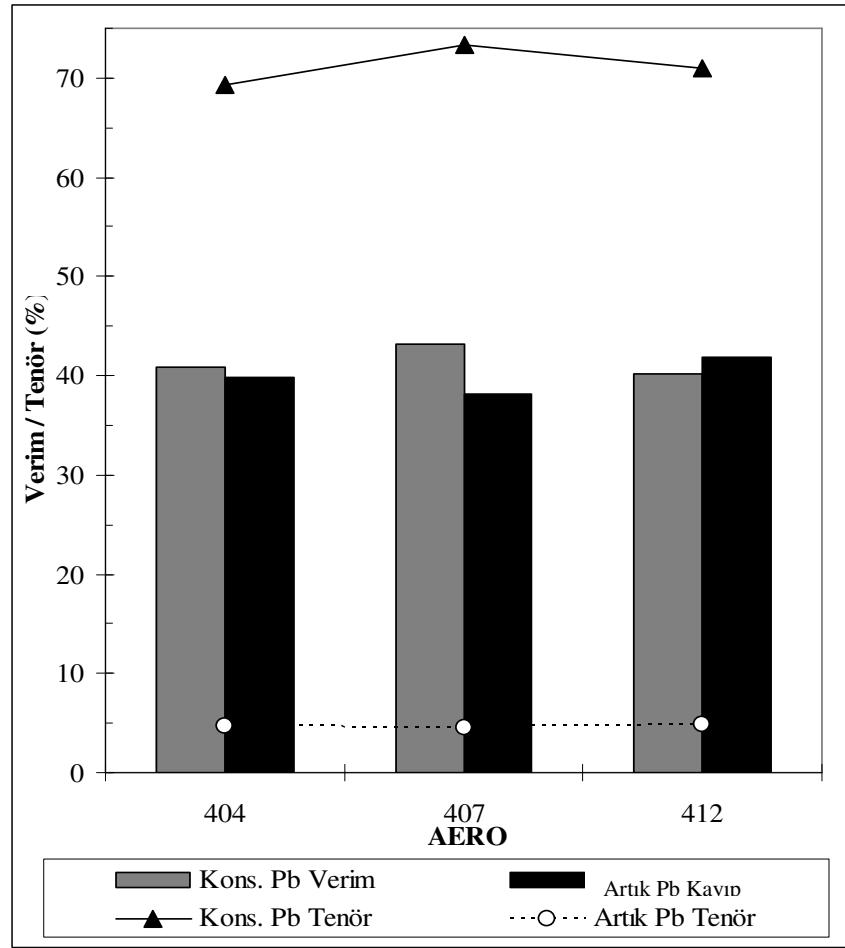
Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 4XX promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	1250	150	50	20
2.kademe	–	–	500	100	100	15
3.kademe	–	–	500	100	100	15
Toplam	1000	500	2250	350	250	50

Çizelge 3.18. Yardımcı toplayıcı olarak AERO 404 kullanılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	3,86	71,63	28,46	2,37	0,72			
Pb Aü1	1,88	64,33	12,45	8,60	1,27	5,74	69,24	40,91
Pb Aü2	12,27	15,22	19,23	13,15	12,69	12,27	15,22	19,23
Artık	82,00	4,72	39,86	13,23	85,32	82,00	4,72	39,86
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,71	100,00	100,00	9,71	100,00

Çizelge 3.19. Yardımcı toplayıcı olarak AERO 412 kullanılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	3,62	75,00	27,98	2,86	0,81			
Pb Aü1	1,86	63,23	12,13	10,63	1,55	5,49	71,00	40,11
Pb Aü2	10,56	16,52	17,96	12,04	9,95	10,56	16,52	17,96
Artık	83,95	4,85	41,93	13,34	87,68	83,95	4,85	41,93
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,77	100,00	100,00	9,71	100,00



Şekil 3.17. Farklı yardımcı toplayıcılar kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

Çizelge 3.18. , 3.19. ve 3.16.'da verilmiş deney sonuçları incelendiğinde yardımcı toplayıcı kullanımı ile konsantre verimleri sırasıyla % 40,91 – 43,21 - 40,11 olup birbirlerine yakın olmasına rağmen Sekbütil yapıdaki 404 kullanımının izobütil olan yapıdaki AERO 407-412' ye göre tenör açısından daha düşük değerler sırasıyla % 69,23 -73,25 – 71,00 Pb verdiği görülmektedir. Şekil 3.17.'de görüldüğü gibi izobütil yapıdaki AERO 407 ve AERO 412 kendi içinde incelendiğinde ise 412'nin kuvvetli yapısının daha çok bakır cevherlerine uygun olduğu ve bu yapıdaki kurşun-çinko cevherlerinde AERO 407'ye göre bastırıcı etki gösterdiği görülmektedir. Deneylerde AERO 404'ün zayıf, AERO 412'nin kuvvetli olduğu AERO 407 ile en iyi sonuçlara ulaşıldığı saptanmıştır.

3.5.4. Farklı Boyutlar Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

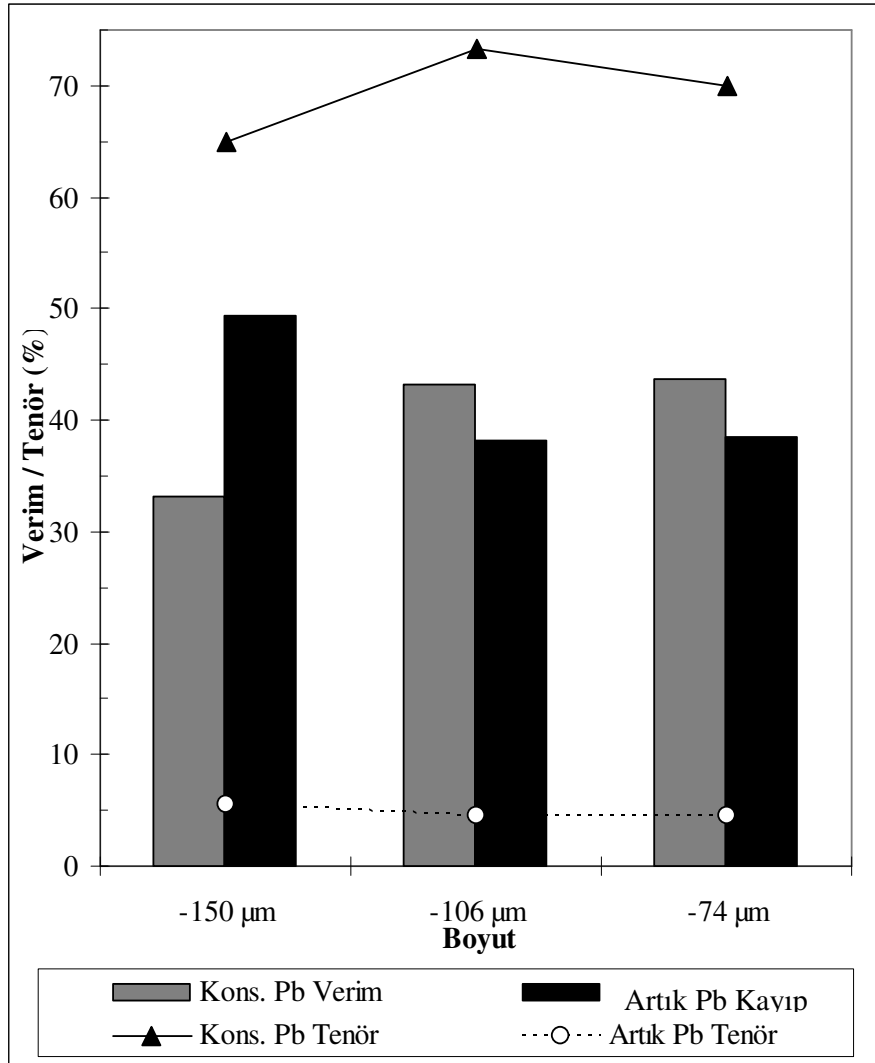
Deneylerde, numuneler, -150, -106, -74 µm boyutlarına öğütülmüş ve öğütme sonunda her öğütme için ayrı elek analizi ve takiben 3 kademede flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece, tane serbestleşmesine bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörü ve metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı boyutlar için kullanılan reaktif sarfiyatı aynı olup Çizelge 3.15. 'te verilmiştir.

Çizelge 3.20. 150 µm altı numune ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,15	68,51	29,28	2,17	0,71			
Pb Aü1	0,81	46,4	3,87	5,97	0,38	4,96	64,90	33,14
Pb Aü2	8,70	19,54	17,51	10,77	7,35	8,70	19,54	17,51
Artık	86,34	5,55	49,34	13,53	91,57	86,34	5,55	49,34
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,76	100,00	100,00	9,71	100,00

Çizelge 3.21. 74 µm altı numune ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,35	73,15	32,75	2,08	0,71			
Pb Aü1	1,72	62,15	11,00	5,02	0,68	6,07	70,03	43,75
Pb Aü2	9,91	17,39	17,74	11,78	9,19	9,91	17,39	17,74
Artık	84,02	4,45	38,50	13,51	89,41	84,02	4,45	38,50
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,70	100,00	100,00	9,71	100,00



Şekil 3.18. Farklı boyutlar kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

150 µm altına öğütme sonrasında yapılan flotasyon deneyi sonuçlarına göre Çizelge 3.20.'de görüldüğü gibi konsantrenin ve artığın kurşun, çinko tenörleri sırasıyla % 68,51 Pb, % 2,17 Zn ve % 5,64 Pb, % 13,53 Zn olmaktadır. 106 µm altına öğütme sonrasında yapılan flotasyon deneyi sonuçlarına göre Çizelge 3.16.'de görüldüğü gibi konsantrenin ve artığın kurşun, çinko tenörleri sırasıyla % 78,61 Pb, % 2,23 Zn ve % 4,49 Pb, % 13,32 Zn olmaktadır. 74 µm altına öğütme sonrasında yapılan flotasyon deneyi sonuçları Çizelge 3.21.'de görüldüğü gibi konsantrenin ve artığın kurşun, çinko tenörleri sırasıyla % 73,15 Pb, % 2,08 Zn ve % 4,49 Pb, % 13,32 Zn olmaktadır. Şekil 3.18.'de görüldüğü gibi daha düşük boyutlarda yapılan flotasyon deneylerinde daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Yukarı verilmiş deney sonuçları incelendiğinde 150 µm'de yeterli serbestleşme olmadığından gerek verim gerek tenör açısından sonuçlar çok kötüdür. 74 µm altına öğütülmüş numunenin sonuçları 106 µm altı öğütülmüş numuneye göre kısmen daha iyi sonuçlar vermiş olmasına rağmen öğütme devrelerinin cevher hazırlama tesislerinde kullanılan enerjinin yaklaşık % 50'si olması ve flotasyonda şlamın oluşturacağı sorunlar gözönüne alınarak daha sonraki deneyler için 106 µm altı tercih edilmiştir.

3.5.5. Farklı Kademe Sayıları Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

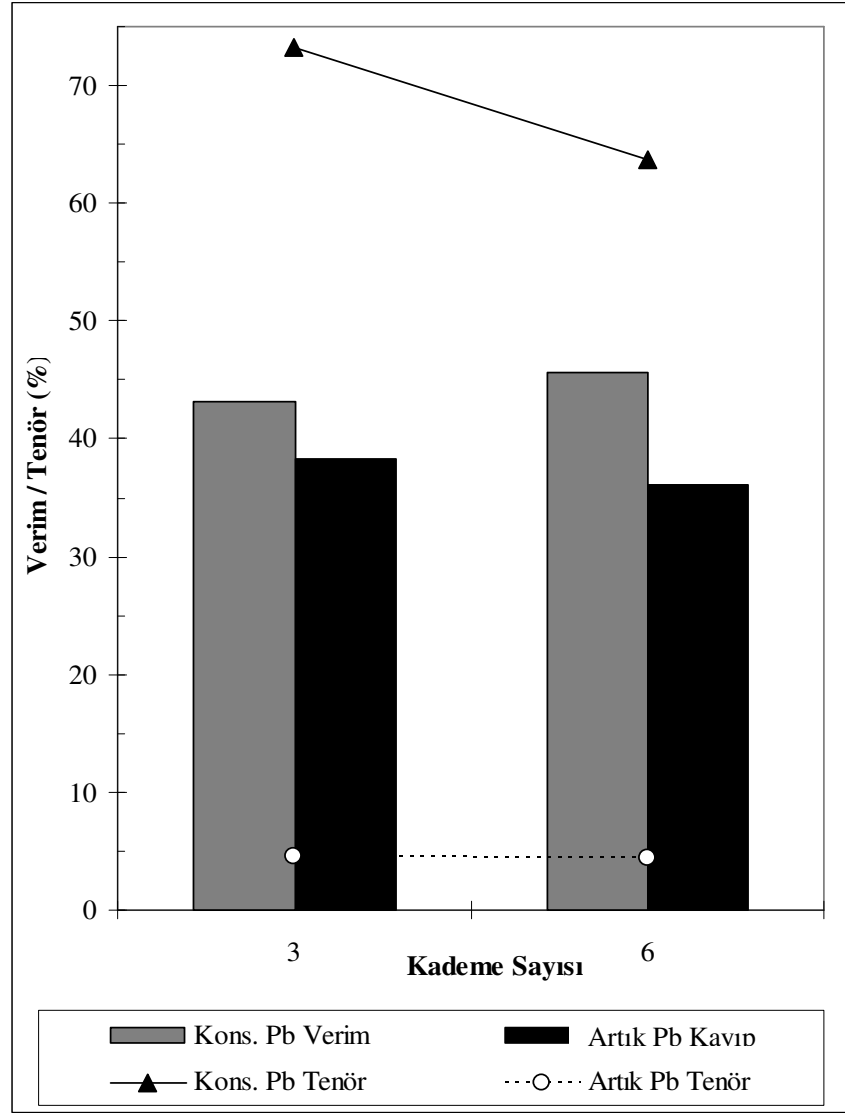
Deneylerde, numuneler 106 µm altına öğütülmüş ve öğütülmeyi takiben farklı kademe sayılarında (3-6) flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece, kademe sayısına bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı kademe sayıları için kullanılan reaktif sarfiyatı farklı olup toplamda kullanılan reaktif miktarları aynı olup Çizelge 3.15. ve 3.22. 'de verilmiştir

Çizelge 3.22. 6 kademeli flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC (Cytec)
1.kademe	1000	500	1000	100	-	20
2.kademe	-	-	250	50	50	15
3.kademe	-	-	250	50	50	-
4.kademe	-	-	250	50	50	10
5.kademe	-	-	250	50	50	5
6.kademe	-	-	250	50	50	-
Toplam	1000	500	2250	350	250	50

Çizelge 3.23. 6 kademeli flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,77	67,99	40,69	2,57	1,16	6,92	63,63	45,69
Pb Aü1	1,15	41,83	5,01	5,97	0,54	13,94	12,61	18,25
Pb Aü2	13,94	12,61	18,25	11,74	12,85	79,14	4,39	36,06
Artık	79,14	4,39	36,06	13,75	85,44	100,00	9,63	100,00
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,74	100,00	100,00	9,63	100,00



Şekil 3.19. Farklı kademe sayıları kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri

Çizelge 3.15 ve 3.23'te verilmiş deney sonuçları incelendiğinde 6 kademe yapılan flotasyonun 3 kademe yapılanına göre verim ve miktar açısından iyi olmasına rağmen Şekil 3.19.'de olarak görüldüğü gibi tenör açısından ciddi bir düşüş yaşanmıştır. Fakat günümüz metal fiyatlarına göre tonajın tenör primine göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. Artan kademe sayısının flotasyon üzerindeki verim açısından olumlu etkisi daha önceki çalışmalarda da gözlenmektedir (İTÜ, 2003).

3.5.6. Farklı Köpürtücüler Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler, 106 µm altına öğütülmüş ve öğütmeyi takiben farklı köpürtücülerle (AERO Froth70, Çamyağı, Flotanol M) 6 kademede flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece köpürtücüye bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı köpürtücüler için kullanılan reaktif sarfiyatı diğer reaktifler açısından aynı olup Çizelge 3.22. ve 3.24.'te verilmiştir.

Çizelge 3.24. Köpürtücü olarak çamyağı kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

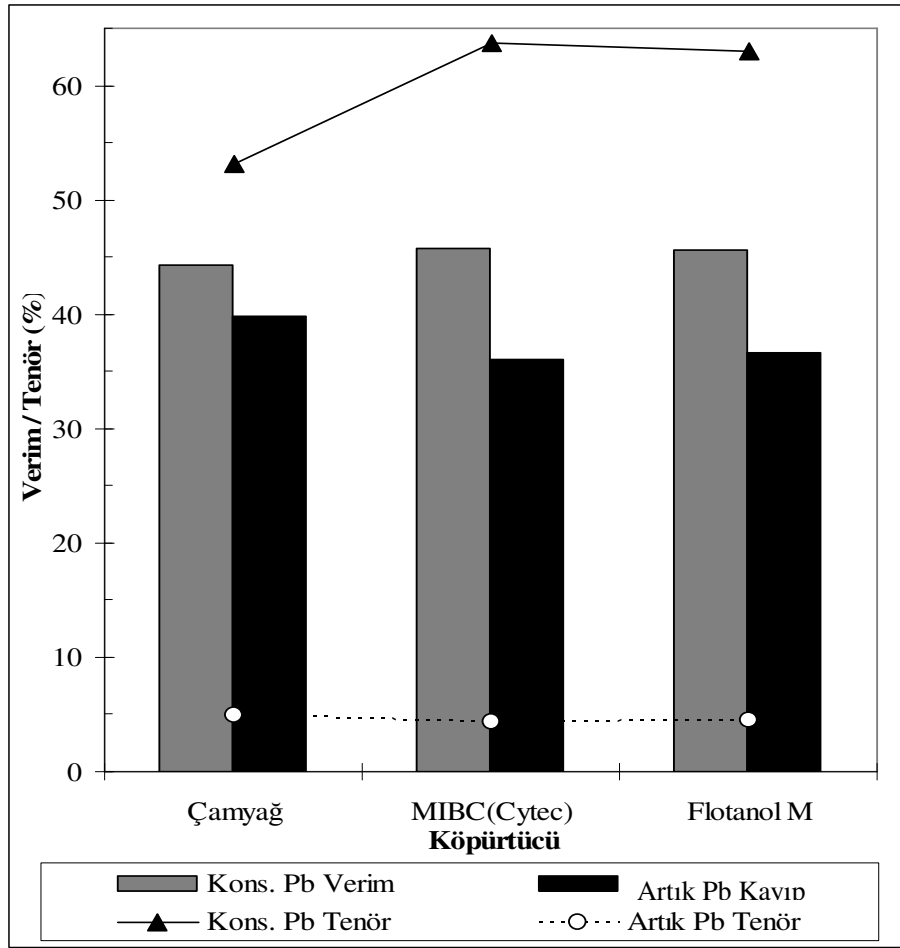
Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yard.Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	Çam yağı
1.kademe	1000	500	1000	100	–	1 damla
2.kademe	–	–	250	50	50	–
3.kademe	–	–	250	50	50	1 damla
4.kademe	–	–	250	50	50	–
5.kademe	–	–	250	50	50	1 damla
6.kademe	–	–	250	50	50	–
Toplam	1000	500	2250	350	250	3 damla

Çizelge 3.25. Köpürtücü olarak çamyağı kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	7,06	60,19	44,23	2,86	1,58	Miktar	Tenör	Verim
Pb Aü1	1,33	15,66	2,17	10,83	1,13	8,39	53,13	46,40
Pb Aü2	13,72	9,67	13,80	12,94	13,92	13,72	9,67	13,80
Artık	77,89	4,91	39,80	13,65	83,37	77,89	4,91	39,80
Toplam	100,00	9,61	100,00	12,75	100,00	100,00	9,61	100,00

Çizelge 3.26. Köpürtücü Flotanol M (Clariant) olarak kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,75	67,55	40,30	2,62	1,18			
Pb Aü1	1,23	41,61	5,32	6,08	0,59	6,98	62,97	45,62
Pb Aü2	13,35	12,82	17,76	11,77	12,32	13,35	12,82	17,76
Artık	79,67	4,43	36,62	13,75	85,91	79,67	4,43	36,62
Toplam	100,00	9,64	100,00	12,75	100,00	100,00	9,64	100,00



Şekil 3.20. Farklı köpürtücüler kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

Çizelge 3.23. , 3.25. ve 3.26. incelendiğinde verimler açısından pek farklı olmamasına rağmen Şekil 3.20.'de görüldüğü gibi tenörler açısından MIBC grubu yüksek selektivite özelliği nedeniyle çam yağına göre daha yüksek değerler elde edildiği saptanmıştır.

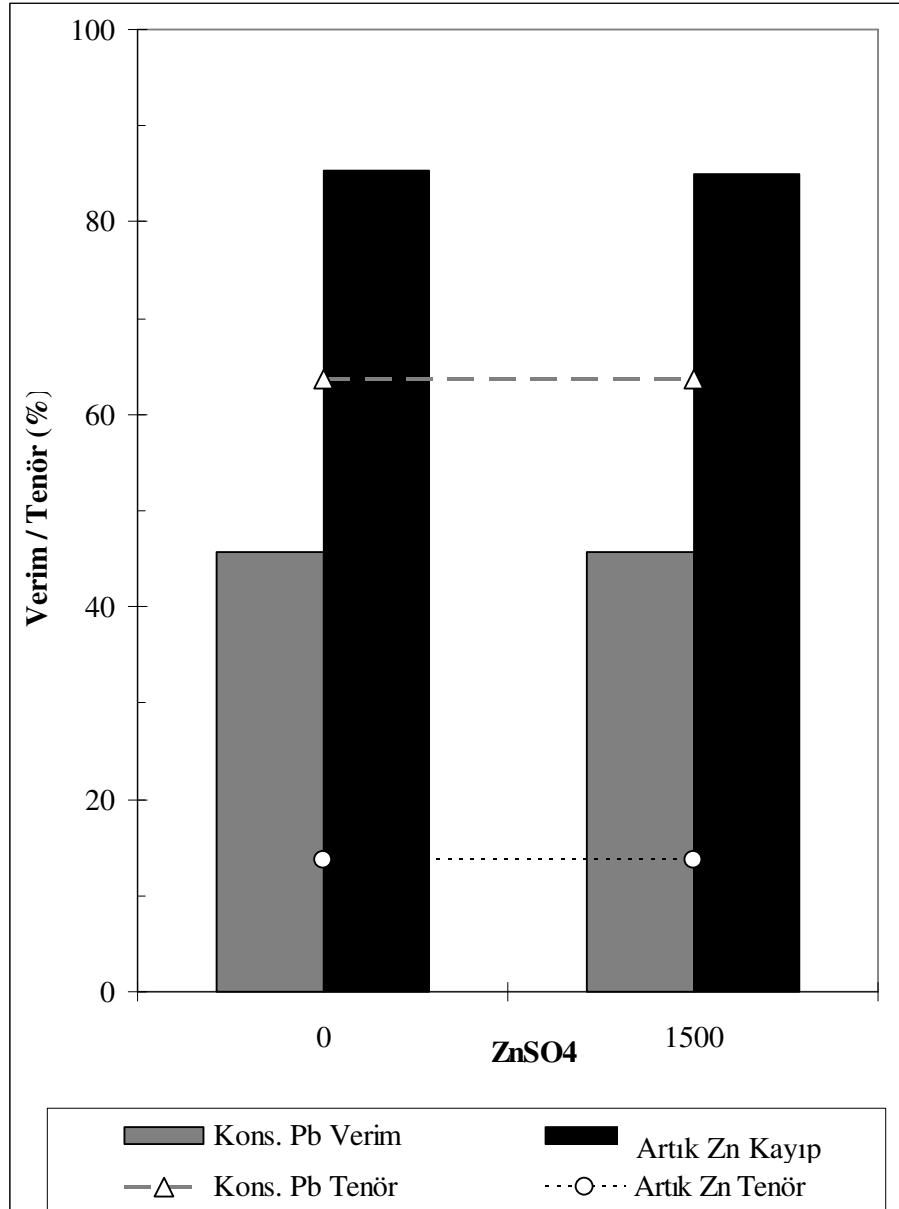
Bu aşamada kurşun devresi için toplayıcı, yardımcı toplayıcı, boyut, kademe ve köpürtücü parametreleri belirlenmiş ve daha önceki çalışmalara yakın olduğundan çinko devresiyle ilgili deneylere geçilmiştir.

3.5.7. Farklı ZnSO₄ Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler 106 µm altına öğütülmüş ve takiben farklı konsantrasyonlarda (0 , 1500 g/t) ZnSO₄ kullanılarak 6 kademede flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece ZnSO₄ konsantrasyonuna bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı ZnSO₄konsantrasyonu için kullanılan reaktif sarfiyatı aynı olup aşağıda Çizelge 3.22.'de verilmiştir.

Çizelge 3.27. 1500 g/t ZnSO₄ kullanılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,70	68,02	40,50	2,31	1,04			
Pb Aü1	1,21	40,93	5,14	5,82	0,55	6,91	63,60	45,64
Pb Aü2	14,06	13,11	19,14	12,22	13,52	14,06	13,11	19,14
Artık	79,03	4,29	35,21	13,65	84,89	79,03	4,29	35,21
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,71	100,00	100,00	9,63	100,00



Şekil 3.21. Farklı ZnSO₄ konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

0 g/t ZnSO₄ Çizelge 3.23. , 1500 g/t ZnSO₄ Çizelge 3.27. ve Şekil 3.21. incelendiğinde bastırıcı olarak ZnSO₄ kullanımının çinko tenörü ve verimi açısından fark yaratmadığı saptanmıştır.

3.5.8. Farklı Çinko Toplayıcıları Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler, 106 µm altına öğütülmüş ve kurşun devresini takiben 3 farklı toplayıcı kullanılarak (AERO 3477, AERO 3501, AERO 8651) 4 kademede flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıplarına bağlı olarak çinko için uygun toplayıcı incelenmiştir. Farklı çinko toplayıcıları için kullanılan reaktif sarfiyatı aynı olup aşağıda Çizelge 3.28.'da verilmiştir. Çinko toplayıcıları kademeler için sırasıyla 100, 50, 50 ,50 olmak üzere toplam 250 g/t kullanılmıştır.

Çizelge 3.28. Farklı çinko toplayıcı kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri reaktif sarfiyatı (g/t)

Devre	Kademe	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yard. Toplayıcı	Köpürtücü
		Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX Zn Kollek	Aero 407 promoter	MIBC
Pb	1.kademe	1000	500	1000	100	–	20
	2.kademe	–	–	250	50	50	15
	3.kademe	–	–	250	50	50	-
	4.kademe	–	–	250	50	50	10
	5.kademe	–	–	250	50	50	5
	6.kademe	–	–	250	50	50	-
Zn	1.kademe	–	–	–	100	–	20
	2.kademe	–	–	–	50	–	10
	3.kademe	–	–	–	50	–	10
	4.kademe	–	–	–	50	–	10
	Toplam	1000	500	2250	350+250	250	50+50

Çizelge 3.29. Çinko toplayıcı olarak AERO 8651 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

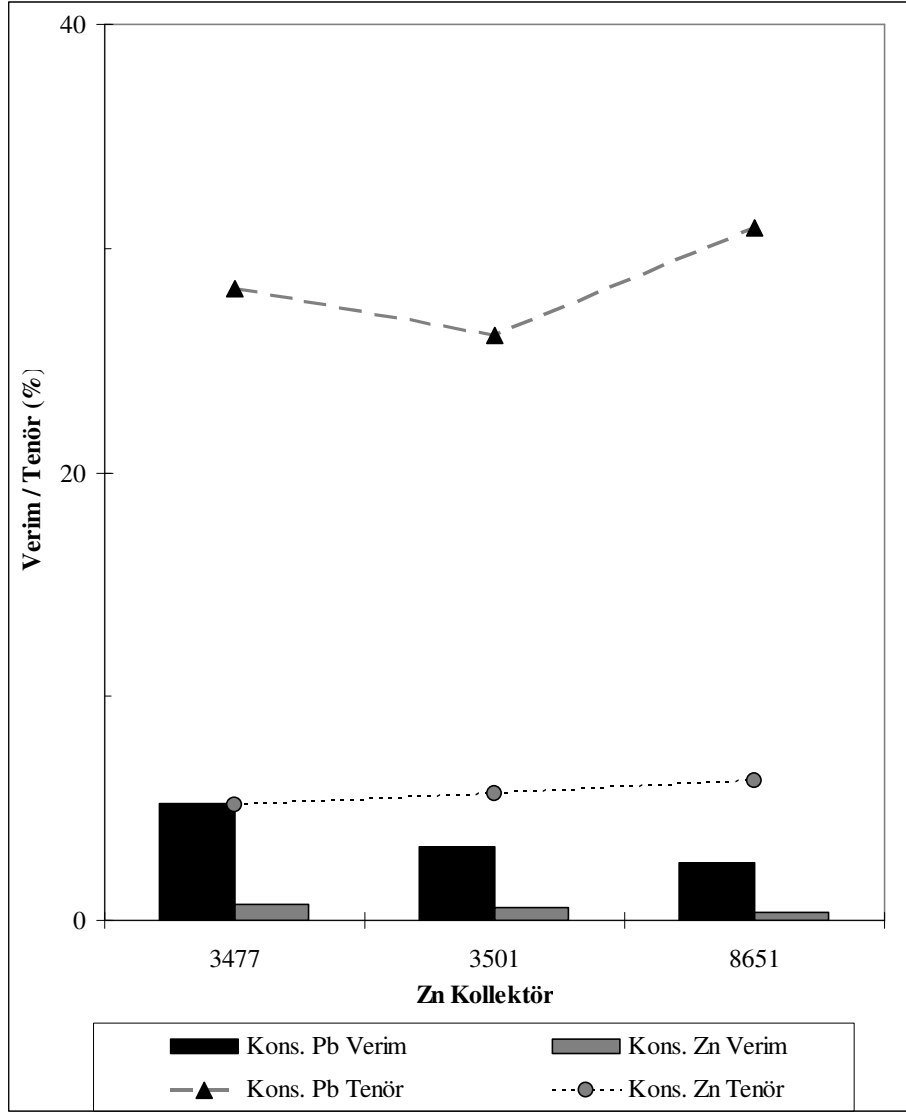
	Miktar (%)	Pb		Zn	
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)
Pb K	5,28	67,99	37,03	2,57	1,07
Pb Aü1	1,45	42,03	6,28	5,97	0,68
Pb Aü2	15,03	13,75	21,29	11,24	13,25
Zn K	0,8	30,93	2,57	6,19	0,39
Zn Aü1	1,52	4,09	0,65	11,54	1,38
Zn Aü2	11,54	5,15	6,17	11,43	10,35
Artık	65,28	3,93	26,64	14,31	73,33
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,74	100,00

Çizelge 3.30. Çinko toplayıcı olarak AERO 3477 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn	
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)
Pb K	6,10	67,54	42,76	2,68	1,29
Pb Aü1	1,32	40,13	5,50	5,69	0,59
Pb Aü2	13,87	12,21	17,58	10,84	11,82
Zn K	1,78	28,22	5,21	5,17	0,72
Zn Aü1	1,62	4,12	0,69	12,36	1,57
Zn Aü2	12,46	5,35	6,92	11,53	11,30
Artık	62,85	3,27	21,33	14,71	72,70
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,72	100,00

Çizelge 3.31. Çinko toplayıcı olarak AERO 3501 kullanılarak yapılan
flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn	
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)
Pb K	6,33	66,44	43,63	2,82	1,41
Pb Aü1	1,43	39,57	5,87	5,76	0,65
Pb Aü2	13,77	11,93	17,04	11,68	12,66
Zn K	1,22	26,13	3,31	5,67	0,54
Zn Aü1	1,58	4,22	0,69	12,26	1,50
Zn Aü2	11,89	5,65	6,97	11,55	10,81
Artık	63,78	3,40	22,49	14,42	72,40
Toplam	100,00	9,64	100,00	12,70	100,00



Şekil 3.22. Farklı çinko toplayıcıları kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

Çizelge 3.29. , 3.30. ve 3.31 incelendiğinde çinko verimleri % 0,39-0,72 ve tenörler % 5,17-6,19 değerler arasında değişmekte olup kullanılan toplayıcılar çinko verim ve tenörleri açısından bir sonuç vermemiştir. Şekil 3.22.'te görüldüğü gibi 4 kademeli çinko devresindeki toplayıcılar bu kademelerde çinkoyu toplamak yerine kurşun temizleme görevi yapmış ve % 26,13-30,93 kurşun tenörlü ürünler elde edilmiştir.

3.5.9. pH ve CuSO₄ 'ün Çinko Devresindeki Etkileri

Deneylerde, numuneler, 106 µm altına öğütülmüş ve kurşun devresini takiben 3 farklı pH (7.4, 10, 11) ve canlandırıcı olarak CuSO₄ kullanılarak 2 kademe de flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıplarına bağlı olarak çinko için uygun toplayıcı incelenmiştir. Farklı pH'lar için kullanılan reaktif sarfiyatı aynı olup aşağıda Çizelge 3.32.'de verilmiştir.

Çizelge 3.32. Farklı pH kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri reaktif sarfiyatı (g/t)

Devre	Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Canlandırıcı	Toplayıcı		Yard. Toplayıcı
		Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	CuSO ₄	KAX	8651	Aero 407 promoter
Pb	1.kademe	1000	500	1250	–	150	–	50
	2.kademe	–	–	500	–	100	–	100
	3.kademe	–	–	500	–	100	–	100
Zn	1.kademe	–	–	250	1500	–	100	–
	2.kademe	–	–	250	–	–	50	–
	Toplam	1000	500	2250+500	1500	350	150	250

Çizelge 3.33. pH 7.4’de yapılan flotasyon deneyi sonuçları

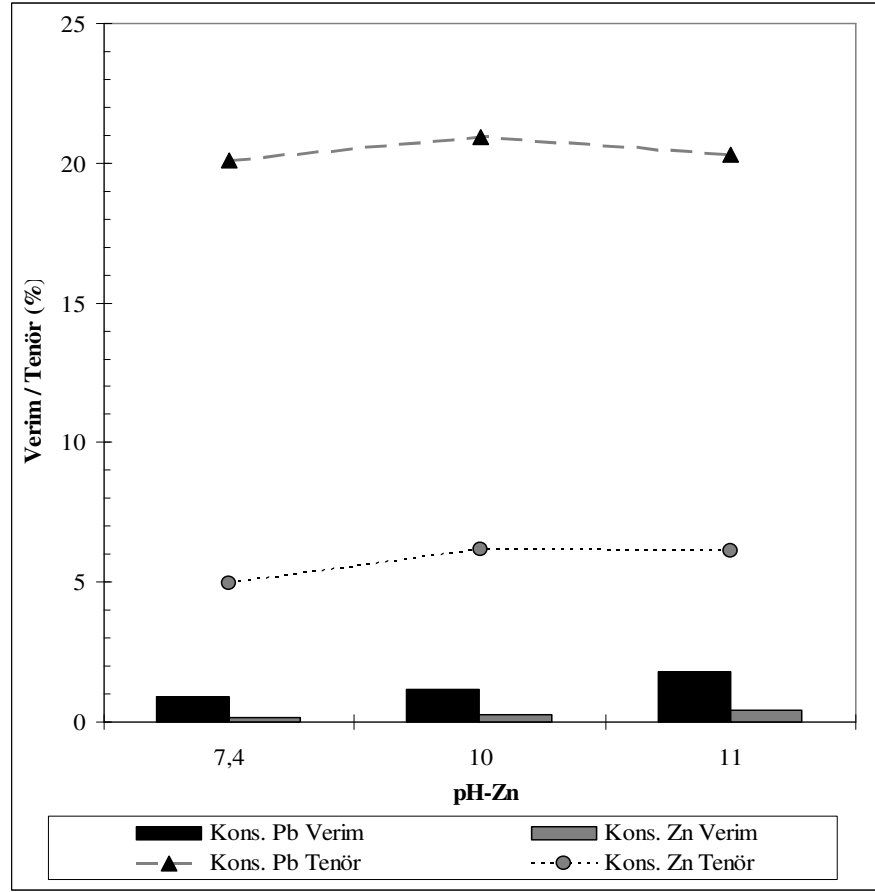
	Miktar (%)	Pb		Zn	
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)
Pb K	4,25	67,22	29,60	3,02	1,01
Pb Aü1	2,02	50,36	10,53	5,44	0,86
Pb Aü2	7,44	15,62	12,04	11,22	6,54
Zn K	0,43	20,12	0,89	4,97	0,17
Zn Aü1	2,13	6,46	1,42	12,95	2,16
Zn Aü2	18,38	9,47	18,04	11,43	16,46
Artık	65,36	4,06	27,49	14,22	72,81
Toplam	100,00	9,65	100,00	12,74	100,00

Çizelge 3.34. pH 10’da yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn	
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)
Pb K	4,62	67,66	32,37	3,30	1,20
Pb Aü1	1,89	51,83	10,14	5,66	0,84
Pb Aü2	7,77	14,61	11,75	11,44	6,99
Zn K	0,53	20,93	1,14	6,19	0,26
Zn Aü1	2,52	5,09	1,33	12,54	2,48
Zn Aü2	17,33	8,55	15,34	12,03	16,38
Artık	65,34	4,13	27,93	14,00	71,86
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,74	100,00

Çizelge 3.35. pH 11’de yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn	
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)
Pb K	4,94	66,00	33,72	3,30	1,28
Pb Aü1	1,79	48,83	9,02	5,75	0,80
Pb Aü2	7,56	14,41	11,28	11,56	6,85
Zn K	0,84	20,33	1,77	6,11	0,40
Zn Aü1	2,00	4,89	1,01	11,66	1,82
Zn Aü2	17,86	8,05	14,88	11,44	16,00
Artık	65,02	4,21	28,33	14,30	72,84
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,74	100,00



Şekil 3.23. Farklı pH ve CuSO₄ kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

Deney sonuçları Çizelge 3.33. , 3.34. ve 3.35 incelendiğinde çinko verimleri % 0,17-0,40 ve tenörler % 4,91-6,19 değerler arasında değişmekte olup Şekil 3.23.'te görüldüğü gibi kullanılan bakır sülfat ve değişen pH'nın çinko verim ve tenörleri açısından olumlu bir sonuç vermemiştir.

Çinko için kullanılan toplayıcıların, bastırıcı, canlandırıcı ve pH'ın olumlu sonuçlar vermemesinden dolayı bu aşamadan sonraki deneyler kurşun tenör ve verimini arttırmaya yönelik reaktif optimizasyonu belirleyen deneylerdir.

3.5.10 Farklı CMC Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler, 106 µm altına öğütülmüş ve takiben farklı konsantrasyonlarda bastırıcı kullanılarak (0-250-500-750-1000-1500 g/t) 3 kademede flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece bastırıcı konsantrasyonuna bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı bastırıcı konsantrasyonu için kullanılan reaktif sarfiyatı farklı olup toplamda kullanılan reaktif miktarları aynı olup aşağıda Çizelge 3.36'de verilmiştir.

Çizelge 3.36. Bastırıcı olarak farklı CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	Değişken	1250	150	50	20
2.kademe	–	–	500	100	100	15
3.kademe	–	–	500	100	100	15
Toplam	1000	–	2250	350	250	50

Çizelge 3.37 . Bastırıcı olarak 0 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan
flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,18	68,68	29,79	2,02	0,66			
Pb Aü1	1,78	54,14	9,98	4,24	0,59	5,96	64,34	39,77
Pb Aü2	7,11	15,12	11,15	10,28	5,75	7,11	15,12	11,15
Artık	86,94	5,44	49,08	13,59	92,99	86,94	5,44	49,08
Toplam	100,00	9,64	100,00	12,71	100,00	100,00	9,64	100,00

Çizelge 3.38. Bastırıcı olarak 250 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan
flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,66	69,70	33,80	0,97	0,36			
Pb Aü1	1,45	55,62	8,39	5,14	0,59	6,11	66,36	42,20
Pb Aü2	12,11	17,21	21,70	8,03	7,65	12,11	17,21	21,70
Artık	81,78	4,24	36,10	14,22	91,41	81,78	4,24	36,10
Toplam	100,00	9,60	100,00	12,72	100,00	100,00	9,60	100,00

Çizelge 3.39. Bastırıcı olarak 500 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan
flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,77	67,99	40,69	2,57	1,16			
Pb Aü1	1,15	41,83	5,01	5,97	0,54	6,92	63,63	45,69
Pb Aü2	13,94	12,61	18,25	11,74	12,85	13,94	12,61	18,25
Artık	79,14	4,39	36,06	13,75	85,44	79,14	4,39	36,06
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,74	100,00	100,00	9,63	100,00

Çizelge 3.40. Bastırıcı olarak 750 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,47	66,87	31,12	2,49	0,88			
Pb Aü1	2,49	64,50	16,68	8,71	1,70	6,96	66,02	47,79
Pb Aü2	8,85	19,13	17,61	12,14	8,44	8,85	19,13	17,61
Artık	84,19	3,95	34,60	13,45	88,98	84,19	3,95	34,60
Toplam	100,00	9,61	100,00	12,73	100,00	100,00	9,61	100,00

Çizelge 3.41. Bastırıcı olarak 1000 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

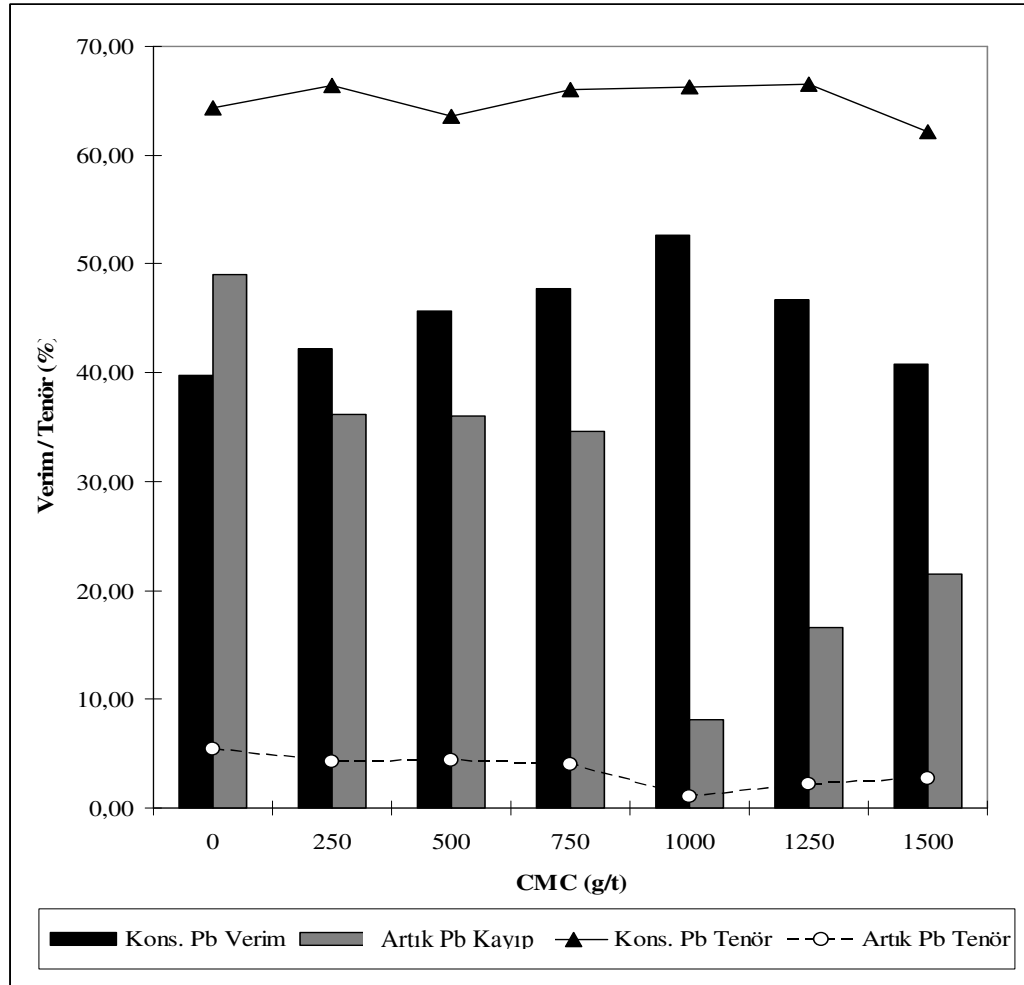
	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,86	74,28	37,49	0,96	0,37			
Pb Aü1	2,79	52,31	15,17	4,11	0,90	7,65	66,26	52,66
Pb Aü2	18,92	19,94	39,19	11,51	17,14	18,92	19,94	39,19
Artık	73,42	1,07	8,16	14,12	81,59	73,42	1,07	8,16
Toplam	100,00	9,63	100,00	12,71	100,00	100,00	9,63	100,00

Çizelge 3.42. Bastırıcı olarak 1250 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,60	72,12	34,49	0,71	0,26			
Pb Aü1	2,15	54,66	12,20	4,82	0,81	6,74	66,56	46,69
Pb Aü2	18,49	19,10	36,74	9,44	13,69	18,49	19,10	36,74
Artık	74,77	2,13	16,57	14,53	85,24	74,77	2,13	16,57
Toplam	100,00	9,61	100,00	12,75	100,00	100,00	9,61	100,00

Çizelge 3.43. Bastırıcı olarak 1500 g/t CMC konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	3,25	70,46	23,82	0,98	0,25			
Pb Aü1	3,05	53,39	16,92	3,65	0,87	6,30	62,20	40,74
Pb Aü2	17,99	20,20	37,77	8,61	12,14	17,99	20,20	37,77
Artık	75,71	2,73	21,49	14,61	86,73	75,71	2,73	21,49
Toplam	100,00	9,62	100,00	12,75	100,00	100,00	9,62	100,00



Şekil 3.24. Farklı CMC konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri

Çizelgeler 3.37-3.43'deki deney sonuçlarına göre karboksi metil selüloz (CMC)'ün artan kullanımı ile konsantre tenöründe fazla değişiklik olmadığı düşük tenör ve kayıplı artık alındığı Şekil 3.24.'de 1000 g/t CMC kullanımında % 10 Pb artık kaybı , % 1,07 Pb artık tenörü ile doyuma ulaşıp artan konsantrasyonların flotasyonu tenör ve verim açısından azalan yönde etkilediği saptanmıştır

3.5.11. Farklı Na₂S Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler, 106 µm altına öğütülmüş ve takiben farklı konsantrasyonlarda Na₂S kullanılarak (2250 – 3000 – 3750 – 4500 – 5250 – 6000 – 7500 – 9000 g/t) 6 kademedeki flotasyon gerçekleştirilmiştir. Böylece Na₂S konsantrasyonuna bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı Na₂S konsantrasyonu için kullanılan reaktif sarfiyatları Çizelge 3.44., 3.46., 3.48., 3.50., 3.52., 3.54., 3.56., 3.58.'da verilmiştir.

Çizelge 3.44. 2250 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yard.Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	1000	100	–	20
2.kademe	–	–	250	50	50	15
3.kademe	–	–	250	50	50	10
4.kademe	–	–	250	50	50	5
5.kademe	–	–	250	50	50	5
6.kademe	–	–	250	50	50	5
Toplam	1000	500	2250	350	250	60

Çizelge 3.45. 2250 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,62	68,46	39,60	2,49	1,10	Miktar	Tenör	Verim
Pb Aü1	1,25	42,13	5,42	6,03	0,59	6,87	63,67	45,02
Pb Aü2	14,57	12,82	19,23	11,54	13,18	14,57	12,82	19,23
Artık	78,56	4,42	35,75	13,82	85,13	78,56	4,42	35,75
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,75	100,00	100,00	9,71	100,00

Çizelge 3.46. 3000 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	1500	100,00	–	20
2.kademe	–	–	300	50	50	15
3.kademe	–	–	300	50	50	10
4.kademe	–	–	300	50	50	5
5.kademe	–	–	300	50	50	5
6.kademe	–	–	300	50	50	5
Toplam	1000	500	3000	350	250	60

Çizelge 3.47. 3000 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,78	76,98	37,77	2,3	0,86			
Pb Aü1	2,10	42,34	9,14	7,19	1,18	6,88	66,40	46,91
Pb Aü2	16,33	11,52	19,33	10,35	13,20	16,33	11,52	19,33
Artık	76,79	4,28	33,76	14,14	84,77	76,79	4,28	33,76
Toplam	100,00	9,73	100,00	12,81	100,00	100,00	9,73	100,00

Çizelge 3.48. 3750 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	2000	100	–	20
2.kademe	–	–	350	50	50	15
3.kademe	–	–	350	50	50	10
4.kademe	–	–	350	50	50	5
5.kademe	–	–	350	50	50	5
6.kademe	–	–	350	50	50	5
Toplam	1000	500	3750	350	250	60

Çizelge 3.49. 3750 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,18	72,19	31,05	2,17	0,71	7,06	68,34	49,70
Pb Aü1	2,89	62,77	18,64	4,48	1,01	15,62	11,39	18,31
Pb Aü2	15,62	11,39	18,31	9,65	11,80	77,31	4,02	31,99
Artık	77,31	4,02	31,99	14,29	86,48	100,00	9,72	100,00
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,78	100,00	100,00	9,72	100,00

Çizelge 3.50. 4500 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	2500	100	–	20
2.kademe	–	–	400	50	50	15
3.kademe	–	–	400	50	50	10
4.kademe	–	–	400	50	50	5
5.kademe	–	–	400	50	50	5
6.kademe	–	–	400	50	50	5
Toplam	1000	500	4500	350	250	60

Çizelge 3.51. 4500 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,11	73,75	38,78	2,03	0,81	7,26	70,37	52,54
Pb Aü1	2,15	62,33	13,76	8,49	1,42	13,29	13,20	18,04
Pb Aü2	13,29	13,20	18,04	10,95	11,31	79,45	3,60	29,41
Artık	79,45	3,60	29,41	14,00	86,46	100,00	9,72	100,00
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,86	100,00	100,00	9,72	100,00

Çizelge 3.52. 5250 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	3000	100	–	20
2.kademe	–	–	450	50	50	15
3.kademe	–	–	450	50	50	10
4.kademe	–	–	450	50	50	5
5.kademe	–	–	450	50	50	5
6.kademe	–	–	450	50	50	5
Toplam	1000	500	5250	350	250	60

Çizelge 3.53. 5250 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	6,19	74,26	47,23	2,52	1,22	Miktar	Tenör	Verim
Pb Aü1	1,70	60,99	10,64	3,47	0,46	7,88	71,40	57,86
Pb Aü2	13,27	15,56	21,23	9,61	10,01	13,27	15,56	21,23
Artık	78,84	2,58	20,91	14,28	88,31	78,84	2,58	20,91
Toplam	100,00	9,73	100,00	12,75	100,00	100,00	9,73	100,00

Çizelge 3.54. 6000 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	3500	100	–	20
2.kademe	–	–	500	50	50	15
3.kademe	–	–	500	50	50	10
4.kademe	–	–	500	50	50	5
5.kademe	–	–	500	50	50	5
6.kademe	–	–	500	50	50	5
Toplam	1000	500	6000	350	250	60

Çizelge 3.55. 6000 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,71	69,91	41,06	2,18	0,98	8,77	69,08	62,26
Pb Aü1	3,05	67,54	21,20	3,89	0,93	17,24	11,17	19,79
Pb Aü2	17,24	11,17	19,79	10,84	14,66	73,99	2,36	17,95
Artık	73,99	2,36	17,95	14,37	83,43	100,00	9,73	100,00
Toplam	100,00	9,73	100,00	12,74	100,00			

Çizelge 3.56. 7500 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	4500	100	–	20
2.kademe	–	–	600	50	50	15
3.kademe	–	–	600	50	50	10
4.kademe	–	–	600	50	50	5
5.kademe	–	–	600	50	50	5
6.kademe	–	–	600	50	50	5
Toplam	1000	500	7500	350	250	60

Çizelge 3.57. 7500 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

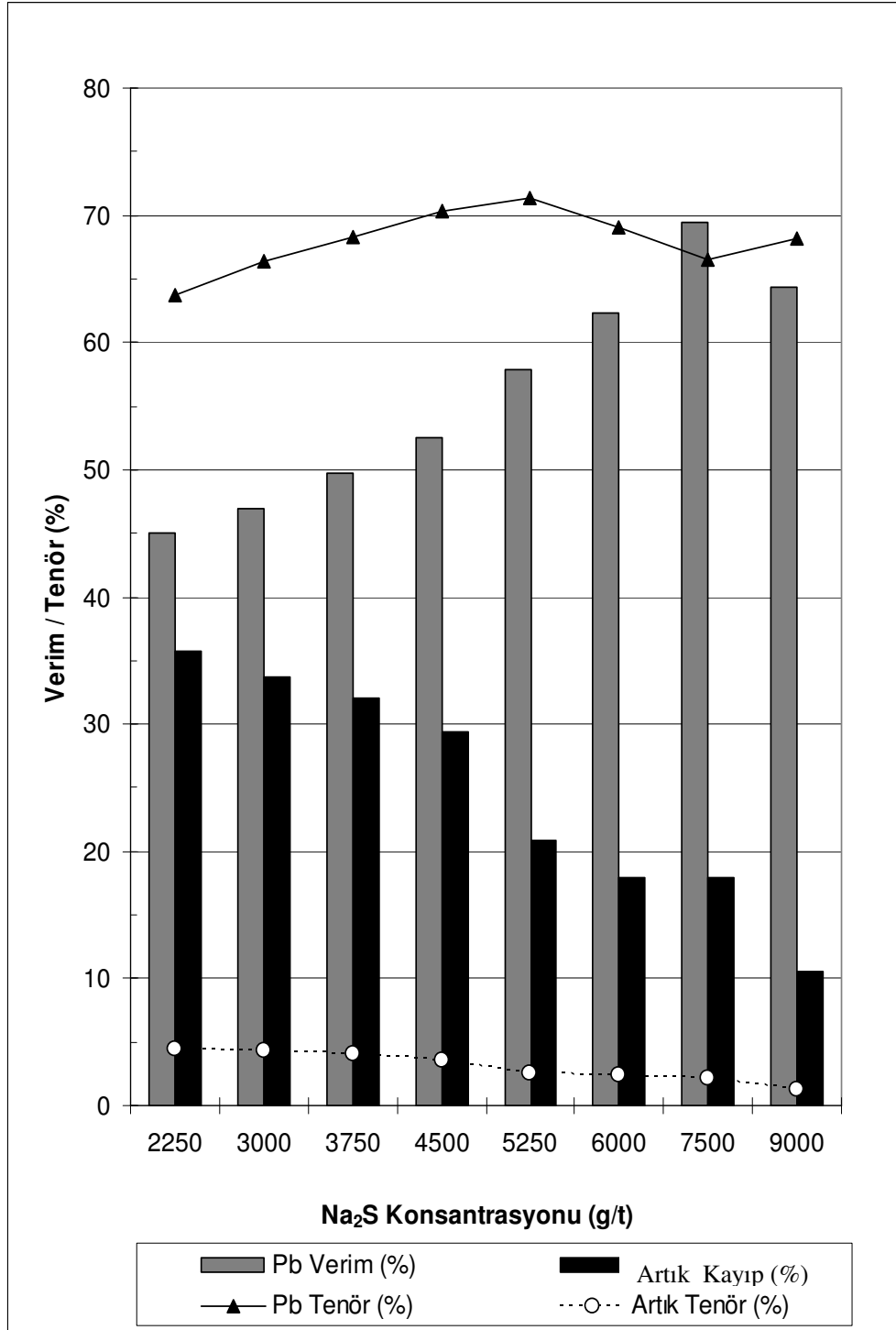
	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	7,74	72,21	57,66	1,31	0,80			
Pb Aü1	2,37	47,91	11,73	6,32	1,18	10,11	66,51	69,39
Pb Aü2	8,05	15,21	12,63	10,34	6,53	8,05	15,21	12,63
Artık	81,84	2,13	17,98	14,24	91,49	81,84	2,13	17,98
Toplam	100,00	9,69	100,00	12,74	100,00	100,00	9,69	100,00

Çizelge 3.58. 9000 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	5500	100	–	20
2.kademe	–	–	700	50	50	15
3.kademe	–	–	700	50	50	10
4.kademe	–	–	700	50	50	5
5.kademe	–	–	700	50	50	5
6.kademe	–	–	700	50	50	5
Toplam	1000	500	9000	350	250	60

Çizelge 3.59. 9000 g/t Na₂S konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	6,62	70,53	48,11	0,62	0,32	9,16	68,17	64,39
Pb Aü1	2,55	62,03	16,28	6,24	1,25	11,91	20,39	25,04
Pb Aü2	11,91	20,39	25,04	10,42	9,76	78,92	1,30	10,57
Artık	78,92	1,30	10,57	14,29	88,67	100,00	9,70	100,00
Toplam	100,00	9,70	100,00	12,72	100,00			



Şekil 3.25. Farklı Na₂S konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

Çizelge 3.45., 3.47., 3.49., 3.51., 3.53., 3.55., 3.57., 3.59.'de verilen deney sonuçlarına göre en iyi kurşun konsantre tenörü % 71,4 ile 5250 g/t Na₂S , en iyi konsantre verimi % 66,93 ile 7500 g/t Na₂S, en düşük artık kaybı ve tenörü sırasıyla % 10,57 , % 1,30 ile 9000 g/t Na₂S ile elde edilmiştir. Na₂S'in fazla kullanımında bastırıcı gibi iş gördüğü bilinmektedir. Şekil 3.25.'de görüldüğü gibi 2250-7500 g/t Na₂S arasında artış gösteren konsantre ve düşen artık kaybı ile 7500 g/t'da doyuma ulaşmış ve 9000 g/t'da mekanizma terse işleyip toplamak yerine bastırıcı vazifesi yapmaya başlamıştır.

3.5.12. Farklı Yardımcı Toplayıcı Konsantrasyonlarında Yapılan Flotasyon Deneyleri

Deneylerde, numuneler, 106 µm altına öğütülmüş ve takiben farklı konsantrasyonlarda AERO 407 kullanılarak (125 – 250 – 375 – 500 g/t) 6 kademedeki flotasyon gerçekleştirilmiştir. Yardımcı toplayıcı 2.kademedeki deneylerde sırasıyla her kademe için 25 – 50 – 75 –100 g/t kullanılmıştır. Böylece AERO 407 konsantrasyonuna bağlı olarak konsantre ve artıktaki metal tenörleri, metal verim-kayıpları incelenmiştir. Farklı AERO 407 konsantrasyonu için kullanılan reaktif sarfiyatı aynı Çizelge 3.60., 3.50., 3.62., 3.64.'da verilmiştir.

Çizelge 3.60. 125 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	2500	100	–	20
2.kademe	–	–	400	50	25	15
3.kademe	–	–	400	50	25	10
4.kademe	–	–	400	50	25	5
5.kademe	–	–	400	50	25	5
6.kademe	–	–	400	50	25	5
Toplam	1000	500	4500	350	125	60

Çizelge 3.61. 125 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	3,91	73,88	29,65	0,94	0,29			
Pb Aü1	2,10	56,19	12,14	4,46	0,74	6,01	67,69	41,79
Pb Aü2	11,02	21,16	23,95	5,26	4,56	11,02	21,16	23,95
Artık	82,97	4,02	34,25	14,47	94,41	82,97	4,02	34,25
Toplam	100,00	9,74	100,00	12,72	100,00	100,00	9,74	100,00

Çizelge 3.62. 375 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	2500	100	–	20
2.kademe	–	–	400	50	75	15
3.kademe	–	–	400	50	75	10
4.kademe	–	–	400	50	75	5
5.kademe	–	–	400	50	75	5
6.kademe	–	–	400	50	75	5
Toplam	1000	500	4500	350	375	60

Çizelge 3.63. 375 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

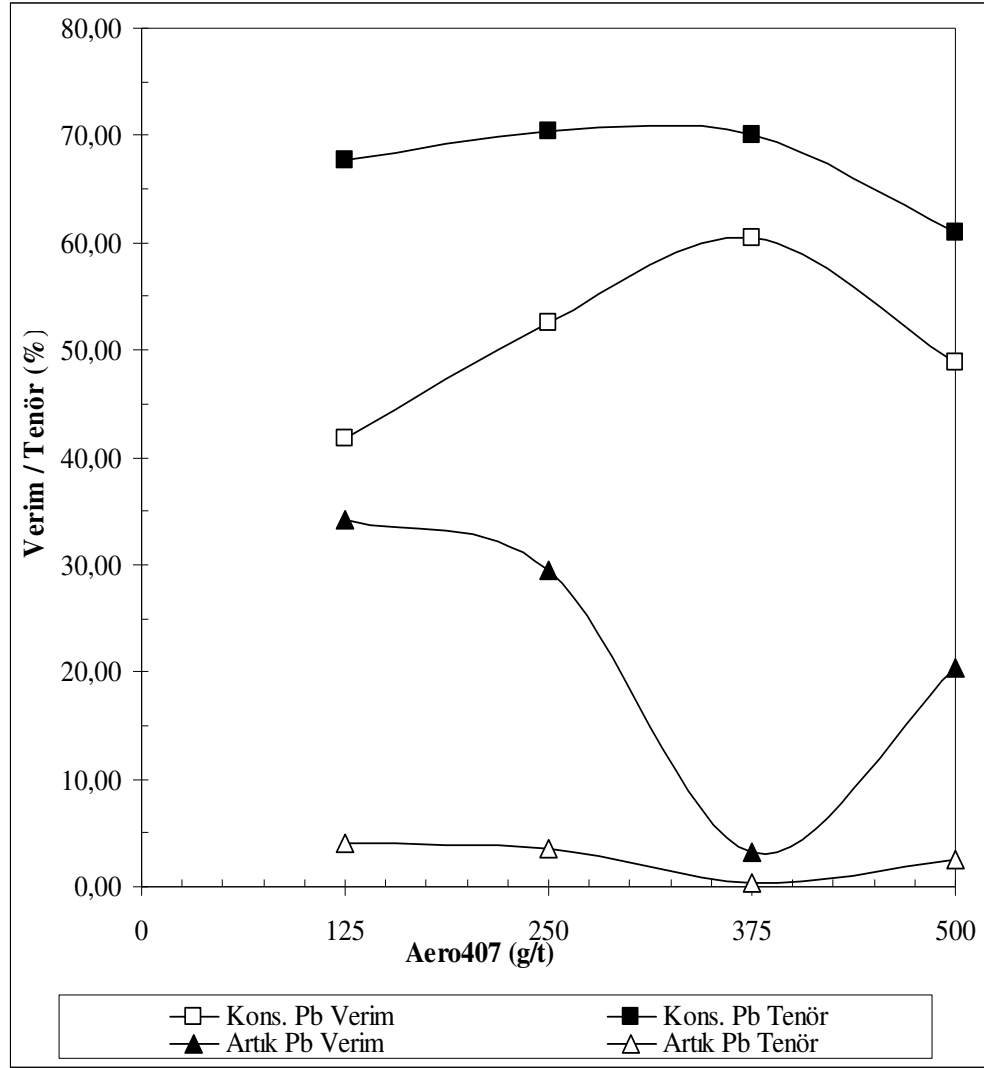
	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,19	76,85	41,05	1,03	0,42	Miktar	Tenör	Verim
Pb Aü1	3,19	59,19	19,46	3,42	0,86	8,38	70,12	60,50
Pb Aü2	12,77	27,57	36,25	10,97	11,02	12,77	27,57	36,25
Artık	78,84	0,40	3,25	14,15	87,70	78,84	0,40	3,25
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,72	100,00	100,00	9,72	100,00

Çizelge 3.64. 500 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	2500	100	–	20
2.kademe	–	–	400	50	100	15
3.kademe	–	–	400	50	100	10
4.kademe	–	–	400	50	100	5
5.kademe	–	–	400	50	100	5
6.kademe	–	–	400	50	100	5
Toplam	1000	500	4500	350	500	60

Çizelge 3.65. 500 g/t AERO 407 konsantrasyonu kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	4,87	72,05	36,10	2,58	0,99	Miktar	Tenör	Verim
Pb Aü1	2,90	42,47	12,68	4,06	0,92	7,76	61,01	48,77
Pb Aü2	12,11	24,67	30,77	10,77	10,24	12,11	24,67	30,77
Artık	80,12	2,48	20,46	13,96	87,85	80,12	2,48	20,46
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,73	100,00	100,00	9,71	100,00



Şekil 3.26. Farklı yardımcı toplayıcı konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

Çizelge 3.61. , 3.51. , 3.63. , 3.65.'deki deney sonuçlarına göre en yüksek konsantre verim, tenörü ve en düşük artık kaybı, tenörü 375 g/t AERO 407 yardımcı toplayıcı kullanımı ile sağlanmıştır. Diğer deneylerle karşılaştırıldığına artıktaki kurşun miktarının çok düşük olduğu ve Şekil 3.26.'da görüldüğü gibi % 0,40 kadar düştüğü dikkat çekmektedir. Yardımcı kollektürün 500 g/t kullanılmasıyla mekanizma olumsuz işlemiştir. Yardımcı toplayıcı kullanılan toplayıcıyla aynı yada yakın miktarda olmasının gerektiği sonucuna varılabilir.

3.5.13. Bulunan Optimum Parametrelerle Yapılan Flotasyon Deneyleri

Bu aşamada maçlanan belirlenmiş optimum parametrelerin yakın değerlerinin denenerek en efektif sonuçların elde edildiği reaktif sarfiyatının bulunması ve bu optimum parametrelerin tek deneyde toplanarak sonuçlarının incelenmesidir. Deneylerde, numuneler 106 µm altına öğütülmüş ve takiben daha önce belirlenmiş optimum konsantrasyonlar ve alt-üst değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.66. 4500 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	2000	100	–	20
2.kademe	–	–	500	50	75	15
3.kademe	–	–	500	50	75	10
4.kademe	–	–	500	50	75	5
5.kademe	–	–	500	50	75	5
6.kademe	–	–	500	50	75	5
Toplam	1000	500	4500	350	375	60

Çizelge 3.67 4500 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t Kullanılarak Tekrar Yapılan Flotasyon Deneyi Sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,38	74,27	41,09	0,74	0,31	5,38	74,27	41,09
Pb Aü1	2,89	64,83	19,26	2,30	0,52	8,27	70,97	60,35
Pb Aü2	12,35	26,78	34,02	9,29	9,02	12,35	26,78	34,02
Artık	79,38	0,69	5,63	14,44	90,14	79,38	0,69	5,63
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,72	100,00	100,00	9,72	100,00

Çizelge 3.51. ve Çizelge 3.67 karşılaştırıldığında AERO 407 konsantrasyonunun 250 g/t'dan 375 g/t'a çıkarılışı ile konsantre tenöründe bir değişiklik olmayıp verim yönünde % 8'lik bir artış sağlanmıştır. Bunun yanı sıra ara ürün tenörü ve verimi iki katına çıkmış, artık tenör ve kaybında ciddi düşüş saptanmıştır.

Çizelge 3.68. 6000 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	3000	100	–	20
2.kademe	–	–	600	50	75	15
3.kademe	–	–	600	50	75	10
4.kademe	–	–	600	50	75	5
5.kademe	–	–	600	50	75	5
6.kademe	–	–	600	50	75	5
Toplam	1000	500	6000	350	375	60

Çizelge 3.69. 6000 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	5,51	74,09	42,01	0,72	0,31			
Pb Aü1	3,31	70,60	24,02	2,82	0,73	8,82	72,78	66,03
Pb Aü2	10,12	28,30	29,47	5,74	4,56	10,12	28,30	29,47
Artık	81,06	0,54	4,50	14,83	94,39	81,06	0,54	4,50
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,74	100,00	100,00	9,72	100,00

Çizelge 3.67. ve Çizelge 3.69. incelendiğinde Na₂S kullanımındaki artışının, 3.55. ve Çizelge 3.69. incelendiğinde AERO 407 kullanımındaki artışın, Şekil 3.27.'de de görüldüğü gibi flotasyonu olumlu etkilediği saptanmıştır.

Çizelge 3.70. 7500 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	4000	100	–	20
2.kademe	–	–	700	50	75	15
3.kademe	–	–	700	50	75	10
4.kademe	–	–	700	50	75	5
5.kademe	–	–	700	50	75	5
6.kademe	–	–	700	50	75	5
Toplam	1000	500	7500	350	375	60

Çizelge 3.71. 7500 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	7,07	73,29	53,23	0,90	0,50			
Pb Aü1	2,79	61,25	17,54	4,22	0,93	9,86	69,88	70,77
Pb Aü2	8,76	27,36	24,63	8,77	6,05	8,76	27,36	24,63
Artık	81,37	0,55	4,60	14,44	92,52	81,37	0,55	4,60
Toplam	100,00	9,74	100,00	12,70	100,00	100,00	9,74	100,00

Çizelge 3.72. 9000 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	500	5000	100	–	20
2.kademe	–	–	800	50	75	15
3.kademe	–	–	800	50	75	10
4.kademe	–	–	800	50	75	5
5.kademe	–	–	800	50	75	5
6.kademe	–	–	800	50	75	5
Toplam	1000	500	9000	350	375	60

Çizelge 3.73. 9000 g/t Na₂S – 500 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	6,45	71,91	47,79	1,60	0,81	Miktar	Tenör	Verim
Pb Aü1	3,23	49,62	16,49	5,96	1,51	9,68	64,48	64,28
Pb Aü2	13,39	23,59	32,55	8,03	8,47	13,39	23,59	32,55
Artık	76,93	0,40	3,17	14,72	89,20	76,93	0,40	3,17
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,70	100,00	100,00	9,71	100,00

Çizelge 3.51, 3.53., 3.55. ve Çizelge 3.67., 3.69., 3.71. paralel olarak karşılaştırıldığında Na₂S konsantrasyonundaki artışın AERO 407 konsantrasyonundaki artışa göre flotasyonu verim açısından daha olumlu etkilediği saptanmıştır. Çizelge 3.71 ve 3.73. incelendiğinde Şekil 3.27.'de de görüldüğü gibi sistemin 7500 g/t Na₂S ile doyuma ulaştığı ve bu yüzden artan Na₂S kullanımının flotasyonu olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Çizelge 3.74. 6750 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	1000	3500	100	–	20
2.kademe	–	–	650	50	75	15
3.kademe	–	–	650	50	75	10
4.kademe	–	–	650	50	75	5
5.kademe	–	–	650	50	75	5
6.kademe	–	–	650	50	75	5
Toplam	1000	1000	6750	350	375	60

Çizelge 3.75. 6750 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	6,53	72,08	48,47	0,72	0,37	Miktar	Tenör	Verim
Pb Aü1	3,46	62,02	22,12	2,82	0,77	9,99	68,59	70,58
Pb Aü2	10,39	22,67	24,25	7,74	6,31	10,39	22,67	24,25
Artık	79,62	0,63	5,17	14,80	92,55	79,62	0,63	5,17
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,73	100,00	100,00	9,71	100,00

Çizelge 3.76. 7500 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	1000	4000	100	–	20
2.kademe	–	–	700	50	75	15
3.kademe	–	–	700	50	75	10
4.kademe	–	–	700	50	75	5
5.kademe	–	–	700	50	75	5
6.kademe	–	–	700	50	75	5
Toplam	1000	1000	7500	350	375	60

Çizelge 3.77. 7500 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	7,11	72,88	53,27	0,90	0,50	7,11	72,88	53,27
Pb Aü1	2,70	65,79	18,29	4,22	0,90	2,70	65,79	18,29
Pb Aü2	11,01	22,17	25,11	8,87	7,68	11,01	22,17	25,11
Artık	79,18	0,41	3,34	14,60	90,92	79,18	0,41	3,34
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,71	100,00	100,00	9,72	100,00

Çizelge 3.71. ve Çizelge 3.77 incelendiğinde aynı Na₂S, AERO 407 konsantrasyonu için CMC konsantrasyonunun 500 g/t'dan 1000 g/t'a çıkması ile çok konsantre, artık tenörlerinde ve konsantre, ara ürün verimlerinde az bir iyileşme sağlanmaktadır.

Çizelge 3.78. 8250 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	1000	4500	100	–	20
2.kademe	–	–	750	50	75	15
3.kademe	–	–	750	50	75	10
4.kademe	–	–	750	50	75	5
5.kademe	–	–	750	50	75	5
6.kademe	–	–	750	50	75	5
Toplam	1000	1000	8250	350	375	60

Çizelge 3.79. 8250 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 375 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	7,57	70,61	55,03	1,60	0,95			
Pb Aü1	2,49	55,30	14,18	4,90	0,96	10,06	66,82	69,20
Pb Aü2	10,56	26,83	29,16	7,92	6,58	10,56	26,83	29,16
Artık	79,38	0,20	1,63	14,66	91,51	79,38	0,20	1,63
Toplam	100,00	9,71	100,00	12,72	100,00	100,00	9,71	100,00

Çizelge 3.75., 3.77. ve 3.79. incelendiğinde Na₂S konsantrasyonundaki artışın yüksek CMC konsantrasyonu ile kullanımının artık tenör ve kaybını düşürerek konsantre ve ara ürün verimini arttırdığı saptanmıştır. CMC'nin 1000 g/t kullanılması ile gangin daha iyi bastırılması ve gangla beraber olan değerli minerallerin alınması sağlanmıştır.

Çizelge 3.80. 8250 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 400 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	1000	4500	100	–	20
2.kademe	–	–	750	50	80	15
3.kademe	–	–	750	50	80	10
4.kademe	–	–	750	50	80	5
5.kademe	–	–	750	50	80	5
6.kademe	–	–	750	50	80	5
Toplam	1000	1000	8250	350	400	60

Çizelge 3.81. 8250 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 400 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	6,04	73,08	45,39	1,60	0,75	6,04	73,08	45,39
Pb Aü1	3,37	67,50	23,37	4,90	1,28	3,37	67,50	23,37
Pb Aü2	10,20	27,51	28,85	7,92	6,28	10,20	27,51	28,85
Artık	80,40	0,29	2,40	14,66	91,68	80,40	0,29	2,40
Toplam	100,00	9,72	100,00	12,86	100,00	100,00	9,72	100,00

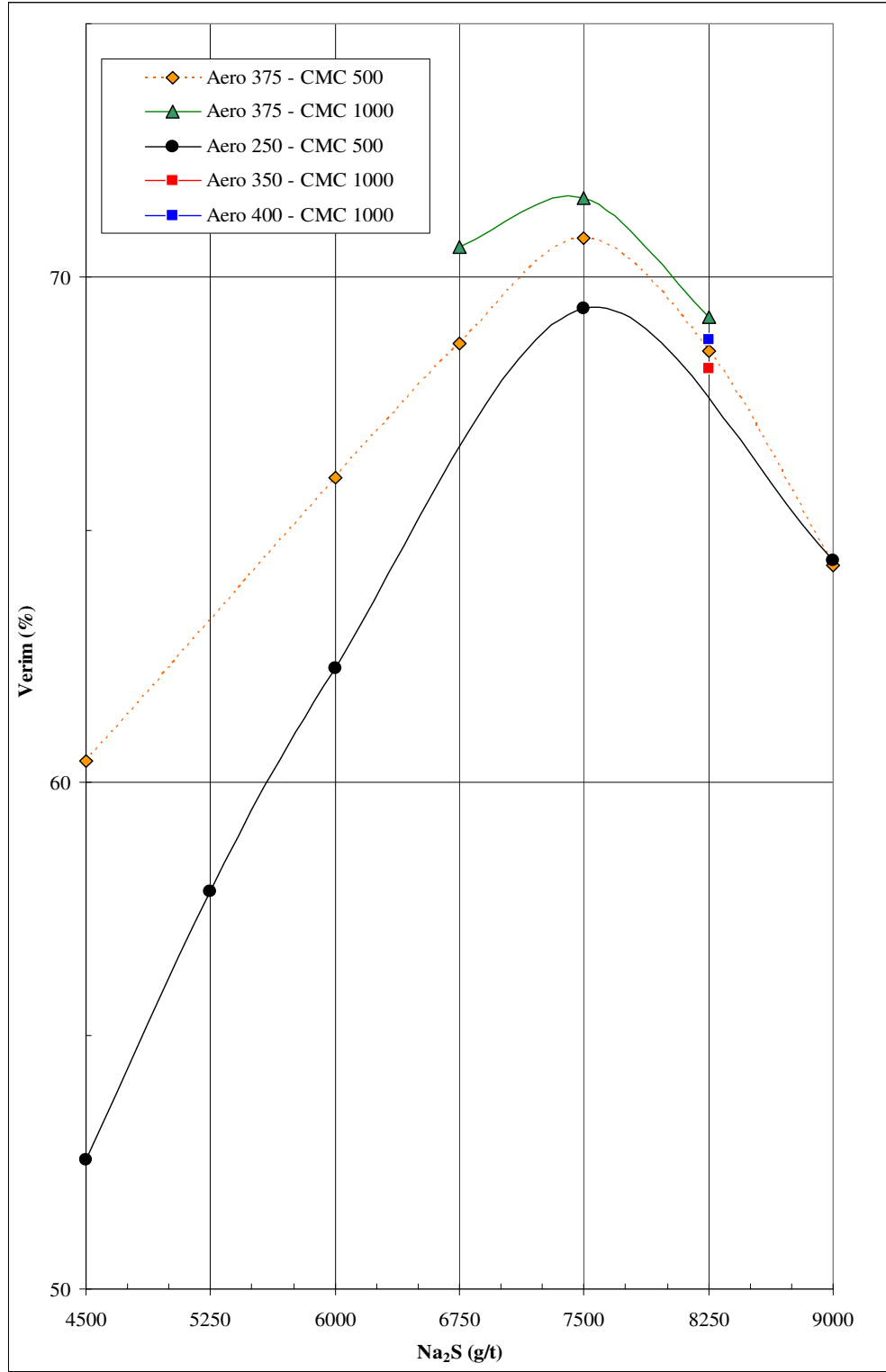
Çizelge 3.82. 8250 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 350 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi reaktif sarfiyatı (g/t)

Reaktif	Bastırıcılar		Sülfürleştirici	Toplayıcı	Yardımcı Toplayıcı	Köpürtücü
	Na ₂ SiO ₃	CMC	Na ₂ S	KAX	Aero 407 promoter	MIBC
1.kademe	1000	1000	4500	100	–	20
2.kademe	–	–	750	50	70	15
3.kademe	–	–	750	50	70	10
4.kademe	–	–	750	50	70	5
5.kademe	–	–	750	50	70	5
6.kademe	–	–	750	50	70	5
Toplam	1000	1000	8250	350	350	60

Çizelge 3.83. 8250 g/t Na₂S – 1000 g/t CMC – 350 g/t AERO 407 kullanılarak yapılan flotasyon deneyi sonuçları

	Miktar (%)	Pb		Zn		Pb Birleştirilmiş Sonuçlar (%)		
		Tenör(%)	Verim(%)	Tenör(%)	Verim(%)	Miktar	Tenör	Verim
Pb K	6,27	73,14	47,30	0,90	0,44	9,86	67,10	68,18
Pb Aü1	3,59	56,52	20,89	4,22	1,19	10,46	25,71	27,71
Pb Aü2	10,46	25,71	27,71	8,87	7,26	79,68	0,50	4,11
Artık	79,68	0,50	4,11	14,60	91,11	100,00	9,70	100,00
Toplam	100,00	9,70	100,00	12,77	100,00	100,00	9,70	100,00

Çizelge 3.79., 3.81., 3.83. incelendiğinde yüksek Na₂S konsantrasyonunda veya Na₂S konsantrasyonu arttıkça AERO 407 konsantrasyonu artışın olumlu etkilerinin azaldığı saptanmıştır. Şekil 3.27.'de görüldüğü gibi Na₂S konsantrasyonunun doyumu ulaşmasından sonraki artışta ise yüksek CMC ve AERO 407'nin flotasyonu olumsuz etkilediği saptanmıştır.



Şekil 3.27. Bulunan optimum parametrelerle yapılan flotasyon deneyleri sonuçları

4.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Zamantı bölgesine ait oksitli karbonatlı kurşun - çinko cevherlerinin selektif olarak flotasyonla zenginleştirilmesinin araştırıldığı bu tez kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Öğütme deneyleri 10, 15, 20 ,30 ve 15+15 dakika şeklinde gerçekleştirilmiştir. d_{80} boyutları sırasıyla 161, 120, 90, 67, 60 μm olup (Çizelge 3.7. – 3.10. ve Şekil 3.9.) en iyi sonuç tamamı 106 μm altına inmiş 15+15 dakikalık öğütme ile elde edilmiştir (Çizelge 3.10. ve Şekil 3.12.).
- KAX – KEX kullanımının tenör yönünden (%61,15 – 60,21 Pb) pek farkı olmamasına rağmen KAX kullanımı ile verim KEX kullanımını göre konsantrede yaklaşık (% 37,81 – 34,68) %8 'lere, ara üründe yaklaşık (%18,46 – 13,26) % 28'lere varan artış (Çizelge 3.13. ve 3.14., Şekil 3.15.)
- KAX'a ilaveten AERO promoter yardımcı toplayıcı kullanımı ile tenör yönünde (% 73,25 – 61,15 Pb) yaklaşık 17 %, verim yönünde (% 43,21 – 37,81) yaklaşık % 13'lere varan artış (Çizelge 3.14 ve 3.16., Şekil 3.16.)
- Kullanılan yardımcı toplayıcılar Aero 404 – 407 – 412 'den 407'nin en yüksek verim (% 43,21) ve tenör (% 73,25 Pb) sonuçları vermesi nedeniyle içlerindeki en uygun yardımcı toplayıcı olduğu (Çizelge 3.16., Şekil 3.17.)
- Kullanılan farklı boyutlardan -150 μm 'nin yeterli serbestleşmeyi vermediğinden flotasyon veriminin (% 33,14) düştüğü (Çizelge 3.20.), -106 ve -74 mikron boyutlarının flotasyon için daha uygun olup birbirine hem verim (% 43,21 – 43,75) hem de tenör (% 73,25 – 70,03 Pb) açısından yakın sonuçlar verdiği (Çizelge 3.21. ve 3.16., Şekil 3.18.)

- Kullanılan farklı kademelerden 6 kademeli flotasyon ile 3 kademeli flotasyona göre tenör açısından düşüş yaşanmasında rağmen (% 63,63 – 73,25 Pb) miktar (% 6,92 – 5,73) ve verim (% 45,69 – 43,21) yönünden artış sağlandığı (Çizelge 3.23. ve 3.15., Şekil 3.19.)
- Kullanılan farkı köpürtücülerden MIBC grubunun (% 63 Pb) çam yağına (% 53) göre tenör açısından daha iyi sonuçlar verdiği (Çizelge 3.23., 3.25. ve 3.26., Şekil 3.20.)
- $ZnSO_4$ 'un flotasyon koşullarına olumlu etkisi olmadığı (Çizelge 3.27. ve Şekil 3.21.)
- Çinko için kullanılan toplayıcıların 3477, 3501, 8651 çinko verim ve tenör açısından etkili olmadığı fakat devrede kurşunu temizlediği elde edilen % 26 – 30 Pb tenörlü Zn konsantrelerden çinko devresinde etkisi olmadığı (Çizelge 3.29. – 3.31. ve Şekil 3.22.)
- pH ve $CuSO_4$ 'un flotasyon koşullarına olumlu etkisi olmadığı (Çizelge 3.33. – 3.35., Şekil 3.23.)
- Kullanılan farklı CMC konsantrasyonlarında tenörler açısından pek bir fark olmazken en iyi sonuç 1000 g/t CMC ile % 66,26 Pb tenör , % 52,66 verim konsantre ve % 1,07 Pb tenörlü temiz bir artık olarak (Çizelge 3.37-3.43. ve Şekil 3.24.)
- Kullanılan farklı Na_2S konsantrasyonlarında tenör açısından 5250 g/t Na_2S % 70+ Pb olsa bile verim olarak % 60'ın altında kalması nedeniyle en iyi sonuç 7500 g/t Na_2S ile % 66,51 Pb tenör , % 69,36 verim olarak (Çizelge 3.45., 3.47., 3.49., 3.51., 3.53., 3.55., 3.57., 3.59. ve Şekil 3.25.)
- Kullanılan farklı yardımcı toplayıcı konsantrasyonlarında en iyi sonuç 375 g/t Aero 407 promoter kullanarak % 70,12 Pb tenör, 60,50 verimli konsantre , % 0,40 Pb tenörü, % 3,25 artık kaybı olarak (Çizelge 3.61., 3.51., 3.63., 3.65. ve Şekil 3.26.)

- Paralel olarak karşılaştırıldığında Na₂S konsantrasyonundaki artışın (% 52,54'den % 69,39'a) AERO 407 konsantrasyonundaki artışa göre flotasyonu daha olumlu etkilediği (Çizelge 3.51, 3.53., 3.55. ve Çizelge 3.67., 3.69., 3.71.); Na₂S kullanımındaki artışın AERO 407 konsantrasyonundaki artışa (% 60,35'den % 70,77'ye) göre flotasyonu verim yönünden daha olumlu etkilediği
- Yüksek CMC konsantrasyonundaki Na₂S kullanımındaki artışın artık tenör ve kaybını düşürerek konsantre ve ara ürün verimini arttırdığı (Çizelge 3.75., 3.77. ve 3.79.)
- Yüksek Na₂S veya artan Na₂S konsantrasyonlarında AERO 407 konsantrasyon artışının olumlu etkilerinin azaldığı (Şekil 3.27.)
- Na₂S konsantrasyonunun doyumu ulaşmasından sonraki artışta ise yüksek CMC ve AERO 407'nin flotasyonu olumsuz etkilediği (Şekil 3.27.)
- Optimum parametrelerin birleştirildiği deney sonuçlarından 1000 g/t CMC, 375 g/t Aero 407, 7500 g/t Na₂S kullanımı ile en iyi konsantre (% 70,93 Pb – % 71,56 verim) elde edildiği (Çizelge 3.77. ve Şekil 3.27.)
- 1000 g/t CMC, 375 g/t Aero 407, 8250 g/t Na₂S kullanımı ile konsantre açısından sonuçlar kötü olmasına rağmen ara ürünlerin hesaben birleştirilmesi durumunda 1000 g/t CMC, 375 g/t Aero 407, 7500 g/t Na₂S kullanıma yakın sonuçlar verdiği (Çizelge 3.79. ve Şekil 3.27.)
- Elde edilen sonuçlar kurşun için endüstri için istenilen tenör ve verim değerlerine sahip ve reaktif sarfiyatının günümüz fiyatları açısından ekonomik olduğu fakat çinko için toplayıcı bulmaya yönelik daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Abramov, A.A., 2000. Physico-Chemical Fundamentals of Nonsulphide Minerals Flotation, Proceedings of 8th International Mineral Processing Symposium, Antalya, Turkey

Atak S., 1974, Floyasyon İlkeleri ve Uygulamaları, İTÜ, İstanbul

Ayhan, A., 1983, Aladağ yöresi Zn-Pb Yatakları: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 107-117.

Billy, S.K. Chan, R.H., Mozley, G.S. ve Childs, C., 1994, Multi Gravity Separator, M.M.O. Madencilik Dergisi, Çeviren : Yüce, A.E., İTÜ, İstanbul.

Bulut, G., 1991, Balıkesir-Balya Yöresi Kurşun-Çinko Artıklarının Değerlendirilmesi, Y.Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Centenary of Flotation Symposium., 2005, Powerpoint Presentation, Australia

Cytec, 2003, Mining Chemicals Handbook

Çilingir Y., 1996, Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri Cilt I

Engin A., 2002, Zamantı Yöresi Oksit Kurşun-Çinko Cevherlerinin Zenginleştirilmesi, Y.Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Fuertenau W.D., 1962, Froth Flotation, 5th Anniversary of AIEM, New York

Gaudin, A.M., 1939, Principles of Mineral Dressing., Mc Graw Hill Book

Gaudin, A.M., 1957, Flotation., Mc Graw Hill Book

Google, Pictures, Flotation, <http://www.google.com.tr>

Güney, A., 1998, Türkiye Çinko Envanteri, İstanbul Maden ve Metaller İhracatçıları Birlikleri (İMİB)

International Lead and Zinc Study Group (ILZSG), <http://www.ilzsg.org> , Statics, End Uses

İTÜ, 1983. Zamantı Yöresi Oksit Çinko-Kurşun Cevherinin Zenginleştirilmesi Deneyleri., İTÜ, İstanbul.

İTÜ, 2003, Dedeman Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş. adına yapılan Aladağ Yöresi Sülfür-Oksit Karışımı Kurşun-Çinko Cevherlerinin Değerlendirilmesi, Araştırma Projesi

London Metal Exchange (LME), <http://www.lme.co.uk> ,Price Chart

Maden Tetkik Arama (MTA), <http://www.mta.gov.tr/mineraler/>

Galenit, Anglezit, Seruzit, Sfalerit, Smitsonit, Zinkit

Mavros, P., Lazaridis, N.K., Matis, K.A., 1988. Fines Processing in A Flotation Column, II.International Mineral Processing Symposium, İzmir, Turkey.

Mining Technology, <http://www.mining-technology.com/gallery.html>

Orhan C.E., <http://www.geocities.com/capecanaveral/hangar/5555>

Sulfide Flotation, Flotasyon

Önal, G. ve Ateşok G., 1994, Cevher Hazırlama El Kitabı, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı (YMGV)

Önal, G. Bulut, G., Gül, A., Kangal, O., Perek, K.T.,and Arslan, F., Flotation of Aladağ oxide lead–zinc ores, Minerals Engineering, Volume 18, Issue 2, February 2005, pp. 279-282

Özel İhtisas Komisyonu Raporu (ÖİKR), 2001, Madencilik (Metal Madenler: Kurşun-Çinko-Kadmiyum), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.

Sezenler H., 2006, The Plant Draft Studies On Jig Rejects Of Kayseri-Yahyalı-Dereköy Oxiidized Pb-Zn Ores By Flotation, IMPC 2006

<http://www.startprospecting.com/html/index.html>, Base Metal Flotation, Flotation Reagents, Froth Flotation

Virtual Museum Canada, Rock’N Metal, http://www.mcq.org/roc/en/exploitation/explotation_3_1_3.html

Yüce, E.A., 1998, Türkiye Kurşun Envanteri, İstanbul Maden ve Metaller İhracatçıları Birliği Yayınları (İMİB)

Yüce, E.A.,Önal G., 2002. “Doğu Karadeniz Bölgesi Baz Metal Kaynaklarının Ekonomiye Katkısı ve Madencilik Açısından Önemi”, Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu, pp.75, 23-25 Ekim 2002, Gümüşhane.

ÖZGEÇMİŞ

Nihat Alpin MÜTEVELLİOĞLU 1980 yılında İstanbulda'da doğdu. 1998 yılında F.M.V. Nişantaşı Işık Lisesi Fen Bölümünü bitirdi. 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünden mezun olup Dedeman Madencilikte işe başladı. 2005 yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programına girmeye hak kazandı.