

23662

KÜTAHYA GÜMÜŞKÖY TESİS ARTIKLARINDAN  
GÜMÜŞ VE BARİTİN KAZANILMASI

İbrahim ALP

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

1992

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

KÜTAHYA-GÜMÜŞKÖY TESİS ARTIKLARINDAN  
BARİT VE GÜMÜŞ'ÜN KAZANILMASI

İbrahim Alp

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

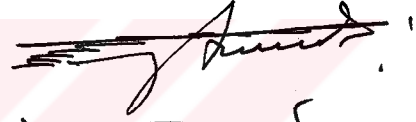
Danışman :Doç.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ

Eylül - 1992

İbrahim Alp'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Kütahya-Gümüşköy Tesis Artıklarından Barit ve Gümüş'ün Kazanılması " başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.09..1.09.1992

Üye :Prof. Dr. Rifat BOZKURT



Üye :Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ



Üye :Yrd.Doç.Dr.Muammer KAYA



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .....EYLÜL.....1992.... gün ve 322-.....7... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA

Enstitü Müdürü A.



## ÖZET

Bu çalışmada, Kütahya Gümüşköy Tesis artıklarından sondaj ve kimya sanayinin önemli bir maddesi olan Barit'in ve ayrıca ekonomik değeri büyük olan Gümüş'ün zenginleştirme olanakları araştırılmıştır.

% 70'i 74 mikron boyutunun altında bulunan, % 20,62 BaSO<sub>4</sub>, % 51,15 SiO<sub>2</sub>, % 11,5 CaCO<sub>3</sub>, % 3,84 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 4,76 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve diğer elementleri (Zn, Pb, Cu, Ag, v.s.) içeren artıktan sallantılı masa, flotasyon ve M.G.S ile barit kazanılmaya çalışılmıştır. Ayrıca karıştırmalı NaCN liçi ile Gümüş çözülmeye çalışılmıştır.

Sallantılı masa ile -74+37 mikron boyutunda % 48,26 verimli % 78,43 BaSO<sub>4</sub> tenörlü, flotasyonla ise -37 mikron boyutunda %48,26 verimli % 51,33 BaSO<sub>4</sub> tenörlü konsantreler elde edilmiştir. M.G.S ile orijinal artıktan % 35,62 verimli % 65 BaSO<sub>4</sub> tenörlü, -37 mikron boyutunda ise % 22,85 verimli % 81.42 BaSO<sub>4</sub> tenörlü konsantreler elde edilmiştir. Elde edilen konsantreler kimya ve sondaj sanayinde kullanılabilir nitelikte değildir.

Gümüş kazanımı ise % 20-30 arasında gerçekleşmiştir. Bu ekonomik bir değer değildir.

## SUMMARY

In this study, Barite, which is important for drilling and chemical industry, and Silver from Kütahya Gümüşköy Concentrator tailings were concentrated.

The sample contains 20.62 %  $\text{BaSO}_4$  , 51.15 %  $\text{SiO}_2$  , 11.5 %  $\text{CaCO}_3$  , 3.84 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  , 4.76 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and other elements (e.g. Zn, Pb, Cu, Ag etc.). The sample size is 70 % -37 mikrons. Gravity (shaking table, Multi gravity separator) and flotation methods were used to recover barite. And silver was dissolved in cyanide solutions.

A product with 48.26%  $\text{BaSO}_4$  recovery and 78.43%  $\text{BaSO}_4$  grade was obtained on -74 +37 micron sample with shaking table while a product with 48.26%  $\text{BaSO}_4$  recovery and 51.33%  $\text{BaSO}_4$  grade was produced on -37 micron sample with froth flotation. Multi Gravity Separator produced a concentrate containing 65.00%  $\text{BaSO}_4$  with a recovery of 35.65% on the original sample and a concentrate containing 81.42%  $\text{BaSO}_4$  with a recovery of 22.85% on -37 micron sample. The concentrate was not in proper quality for drilling and chemical industry.

Between 20% and 30% Silver dissolution recovery was realised. But this is not economically valuable.

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmalarımın yönetimini kabul edip çalıőmalarımda beni değerli fikirleriyle yönlendiren Sayın Hocam Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ 'a sonsuz Őükranlarımı sunarım.

Çeşitli vesilelerle fikir ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Rifat BOZKURT, Sayın Dr. Yaőar UBAŐ ve Kimya Müh. Vedat SEVERCAN'a teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen vefakâr aileme ve tüm dostlarıma teőekkürü bir borç bilirim.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	IV
SUMMARY .....	V
TEŞEKKÜR .....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	X
1. GİRİŞ .....	1
2. KÜTAHYA GÜMÜŞKÖY AKTEPE MADENİNİN TANITILMASI .....	2
2.1. Genel Bilgiler .....	2
2.2. Aktepe Maden Yatağının Statigrafisi .....	2
2.3. Maden Yatağının Oluşumu .....	3
2.4. Aktepe Maden Sahasındaki Cevher Mineralleri .....	3
2.5. Kütahya Gümüşköy Tesislerinde Uygulanan Süreç .....	4
2.5.1. Kırma-eleme-öğütme .....	4
2.5.2. Çözündürme ünitesi .....	5
2.5.3. Katı sıvı ayrımı .....	5
2.5.4. Filtrasyon ve çöktürme .....	5
2.5.5. İzabe-elektroliz .....	6
3. BARİT HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	7
3.1. Genel Bilgiler .....	7
3.2. Barit Yataklarının Oluşumu .....	7
3.2.1. Damar ve dolgu şeklindeki barit yatakları .....	7
3.2.2. Tabakalanmış barit yatakları .....	8
3.2.3. Kalıntı barit yatakları .....	8
3.3. Barit Rezerv Durumu .....	9
3.4. Barit Üretim ve Tüketim Durumu .....	10
3.5. Baritin Kullanım Alanları.....	11
3.5.1. Sondaj sanayii .....	11
3.5.2. Kimya sanayii .....	12
3.5.3. Dolgu ve katkı maddesi olarak kullanımı .....	15

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5.4. Boya sanayii .....	15
3.5.5. Kağıt sanayii .....	15
3.5.6. Plastik ve lastik imalatı .....	16
3.5.7. Sürtünme maddesi imalatı .....	16
3.5.8. Cam endüstrisi .....	16
3.5.9. Seramik endüstrisi .....	17
3.5.10. Radyasyona karşı barit .....	17
3.6. Barit Cevheri Zenginleştirilmesi .....	17
3.6.1. Elle ayıklama ile zenginleştirme .....	18
3.6.2. Gravite zenginleştirilmesi .....	18
3.6.3. Flotasyonla zenginleştirme .....	18
<b>4. GÜMÜŞ HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>22</b>
4.1. Dünyada ve Türkiye'de Gümüş Yatakları .....	22
4.1.1. Ana ürün olarak gümüş yatakları .....	22
4.1.2. Yan ürün olarak gümüş yatakları .....	24
4.2. Gümüş Üretim ve Tüketimi .....	24
4.3. Gümüş Zenginleştirilmesi .....	26
4.3.1. Gravimetrik zenginleştirme .....	27
4.3.2. Amalgamasyonla zenginleştirme .....	27
4.3.3. Flotasyonla zenginleştirme .....	27
4.3.4. Liç işlemiyle cevherlerin zenginleştirilmesi .....	29
4.3.5. Siyanür liçi .....	31
4.3.6. Siyanür liçinde çözünmeyi etkileyen faktörler .....	31
4.3.7. Çözüldüden gümüşün kazanılması .....	35
4.4. Gümüş Cevherleri Zenginleştirme Uygulamaları .....	36
4.4.1. Mc Loughlin-California/A.B.D. Altın, Gümüş zenginleştirme tesisi ..	36
4.4.2. Pamour Parcipine-Ontario/Kanada Altın, Gümüş zenginleştirme tesisi	37
4.4.3. Kalgoorlie/Avustralya Tellurid-Nabit Altın zenginleştirme tesisleri ....	37
4.4.4. Tayoltito-San Luis/Meksika Gümüş zenginleştirme tesisi .....	37



## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5 CEVHER HAZIRLAMA ETÜDLERİ .....	38
5.1. Örneğin Tanımı .....	38
5.2. Kimyasal Analizler.....	38
5.3. Minerolojik Özellikler.....	38
5.4. Örneğin Boyut Analizi.....	40
5.5. Örneğin Sınıflandırılması .....	42
5.6. Örneğin -74 Mikron Altına Öğütülerek Sınıflandırılması .....	43
5.7. -37 Mikronluk Sınıfların Boyut Dağılımı .....	44
6.ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ.....	48
6.1. Sallantılı Masa İle Yapılan Deneyler .....	48
6.1.1. Orjinal örnek masa zenginleştirilmesi .....	49
6.1.2. Sınıflandırılmış örnek masa zenginleştirilmesi .....	50
6.1.2.1. +74 mikron boyutu masa zenginleştirilmesi.....	50
6.1.2.2. -74 +37 mikron boyutu masa zenginleştirilmesi .....	51
6.1.2.3. -37 mikron boyutu masa zenginleştirilmesi .....	52
6.1.2.4. Boyutların masa zenginleştirilmesi sonuçlarının toplama göre dağılımı.....	53
6.1.3. Öğütme sonu sınıflandırılmış örnek masa zenginleştirilmesi .....	55
6.1.3.1. -74 +37 mikron boyutu masa zenginleştirilmesi .....	55
6.1.3.2. Öğütme sonu boyutların masa zenginleştirme sonuçlarının toplama göre dağılımları .....	56
6.2. Flotasyon İle Yapılan Deneyler.....	57
6.2.1. -74 +37 mikron boyutu flotasyon zenginleştirilmesi .....	58
6.2.2. -37 mikron boyutu flotasyon zenginleştirilmesi .....	59
6.2.2.1. -37 mikron boyutu Oleik asit flotasyonu .....	59
6.2.2.2. -37 mikron boyutu Flotiner S-72 ile flotasyonu .....	61
6.2.3. Öğütme sonu boyutları flotasyon sonuçlarının toplama göre dağılımları .....	62
6.3. M.G.S. İle Yapılan Deneyler.....	63
6.3.1. Orjinal artığın M.G.S. ile barit zenginleştirilmesi .....	64
6.3.1.1. Eğimin değiştirilmesi ile yapılan deneyler .....	65
6.3.1.2. Dönme hızının değiştirilmesi ile yapılan deneyler .....	67

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.3.1.3. Yıkama suyunun değiştirilmesi ile yapılan deneyler .....	69
6.3.1.4. Salınım genliği değişimi ile yapılan deneyler .....	71
6.3.1.5. Salınım frekansı değişimi ile yapılan deneyler.....	73
6.3.1.6. Artıktaki %BaSO <sub>4</sub> değişiminin incelenmesi .....	74
6.3.1.7. Yüksek tenörlü konsantre alma çalışması .....	76
6.3.2. Öğütme sonu -37 mikron boyutunun M.G.S. ile barit zenginleştirilmesi.....	77
6.4. NaCN Liçi Yöntemiyle Gümüş Kazanımı Deneyleri .....	80
6.4.1. Orjinal örnek karıştırmalı liç deneyleri .....	81
6.4.2. Öğütme sonundaki fraksiyonların karıştırmalı liç deneyleri .....	84
6.4.2.1. -74 +37 mikron boyutu karıştırmalı liç deneyleri .....	84
6.4.2.2. Öğütme sonu -37 mikron boyutu karıştırmalı liç deneyleri ...	85
7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	87
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	89

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Aktepe Madani Yerbulduru Haritası .....	2
3.1. Baritin Kimyasalları .....	13
3.2. Barit'in pH İle Zeta Potansiyel Değişimi .....	19
3.3. Baritin Çeşitli Kollektör Miktarlarında Hollimond Tüpü İle Flotasyonunda pH-Verim İlişkisi .....	19
5.1. Örneğin X-Işınlari Difraktogramı ve Saptanan Mineraller.....	39
5.2. Örneğin Yaş Elek Analiz Sonuçlarının Grafikselsel Gösterimi .....	41
5.3. -37 Mikron Sınıfının Boyut Dağılımının Grafikselsel Gösterimi .....	47
5.4. Öğütme Sonu -37 Mikron Sınıfının Boyut Dağılımının Grafikselsel Gösterimi .....	47
6.1. Zenginleştirmede Kullanılan Sallantılı Masa Boyutlandırması.....	48
6.2. Deneylerde Kullanılan Denver Tipi Flotasyon Makinası .....	57
6.3. Multi Gravity Separatör Ayırıcısı Görünüşü.....	64
6.4. Karıştırmalı Liç Deney Düzenegi.....	80

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
3.1. Dünya Barit Rezervleri .....	9
3.2. Türkiye'nin Bilinen Barit Rezervleri .....	10
3.3. Yıllara Göre Türkiye Barit Üretimi .....	11
3.4. Yıllara Göre Barit İhracat Gelişimi .....	11
3.5. Tane Boyutuna Göre Seçilen Barit Zenginleştirme Yöntemleri .....	17
4.1. Gümüş Tüketiminin Ülkelere Göre Dağılımı .....	25
4.2. Gümüş Tüketim Alanları .....	25
4.3. Batı Dünyası Gümüş İhtiyacı .....	25
4.4. Cevher Tiplerine Göre Gümüş Zenginleştirilmesinde Uygulanan Yöntemler ...	26
5.1. Örneğin Komple Kimyasal Analiz Sonuçları .....	38
5.2. Yaş Elek Analizi Sonuçları .....	40
5.3. Yaş Elek Analizinde Boyutlara Göre %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı.....	42
5.4. Yaş Elek Analizinde Boyutlara Göre %Ag Dağılımı .....	42
5.5. Sınıflama Boyut Dağılım Sonuçları .....	43
5.6. Sınıflama %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	43
5.7. Sınıflama %Ag Dağılımı .....	43
5.8. Öğütme Sonrası Sınıflama Dağılım Sonuçları .....	44
5.9. Öğütme Sonrası Sınıflama %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	44
5.10 Öğütme Sonrası Sınıflama %Ag Dağılımı .....	44
5.11. -37 Mikron Boyutunun Partikül Boyut Analizi Dağılımı .....	45
5.12. Öğütme Sonundaki -37 Mikron Boyutunun Partikül Boyut Analizi Dağılımı ...	46
6.1. Orjinal Örnek Masa Zenginleştirilmesi %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	49
6.2. Orjinal Örnek Masa Zenginleştirilmesi %Ag Dağılımı .....	50
6.3. Sınıflama Sonu +74 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirme %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.4. Sınıflama Sonu +74 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirme %Ag Dağılımı .....	51
6.5. Sınıflama Sonu -74 +37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	52
6.6. Sınıflama Sonu -74 +37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %Ag Dağılımı .....	52
6.7. Sınıflama Sonu -37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	53
6.8. Sınıflama Sonu -37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %Ag Dağılımı .....	53
6.9. Sınıflama Sonu Masa Zenginleştirme Sonuçlarının Toplama Göre %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	54
6.10. Sınıflama Sonu Masa Zenginleştirme Sonuçlarının Toplama Göre %Ag Dağılımı .....	54
6.11. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış -74 +37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	55
6.12. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış -74 +37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %Ag Dağılımı.....	56
6.13. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış Boyutların Masa Zenginleştirme Sonuçlarının Toplama Göre %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı.....	56
6.14. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış Boyutların Masa Zenginleştirme Sonuçlarının Toplama Göre %Ag Dağılımı .....	57
6.15. -74 +37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	58
6.16. -74 +37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %Ag Dağılımı .....	59
6.17. -37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	60
6.18. -37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %Ag Dağılımı .....	60
6.19. -37 Mikron Boyutu 1500 gr/ton Oleik Asit ile Flotasyonu %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı ..	61

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.20. -37 Mikron Boyutu Flotınor S-72 ile Flotasyonu %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	61
6.21. Öğütme Sonrası Boyutların Flotasyon Sonuçlarının Toplama Göre %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	62
6.22. Öğütme Sonrası Boyutların Flotasyon Sonuçlarının Toplama Göre %Ag Dağılımı .....	62
6.23. 0 <sup>0</sup> lik Eğitimdeki Çalışma Sonuçları .....	65
6.24. 2 <sup>0</sup> lik Eğitimdeki Çalışma Sonuçları .....	66
6.25. 4 <sup>0</sup> lik Eğitimdeki Çalışma Sonuçları.....	66
6.26. 6 <sup>0</sup> lik Eğitimdeki Çalışma Sonuçları.....	66
6.27. 180 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları .....	67
6.28. 200 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları .....	68
6.29. 220 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları .....	68
6.30. 240 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları .....	68
6.31. 1.5 lt/dak Yıkama Suyu ile Çalışma Sonuçları .....	69
6.32. 2.0 lt/dak Yıkama Suyu ile Çalışma Sonuçları .....	70
6.33. 3.0 lt/dak Yıkama Suyu ile Çalışma Sonuçları .....	70
6.34. 4.0 lt/dak Yıkama Suyu ile Çalışma Sonuçları .....	70
6.35. 5.0 lt/dak Yıkama Suyu ile Çalışma Sonuçları .....	71
6.36. 6.0 lt/dak Yıkama Suyu ile Çalışma Sonuçları .....	71
6.37. 10 mm'lik Salınım Genliği ile Çalışma Sonuçları.....	72
6.38. 15 mm'lik Salınım Genliği ile Çalışma Sonuçları .....	72
6.39. 20 mm'lik Salınım Genliği ile Çalışma Sonuçları .....	72
6.40. 4.0 s/sn'lik Salınım Frekansı ile Çalışma Sonuçları .....	73
6.41. 4.8 s/sn'lik Salınım Frekansı ile Çalışma Sonuçları.....	74
6.42. 5.7 s/sn'lik Salınım Frekansı ile Çalışma Sonuçları .....	74
6.43. Artık İnceleme Deneyi Sonuçları %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	75

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.44. Yüksek Tenörlü Konsantre Çalışması %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	76
6.45. Yüksek Tenörlü Konsantre Çalışması %Ag Dağılımı .....	77
6.46. -37 Mikron Boyutu 200 d/dak Dönme Hızında Elde Edilen %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı.	78
6.47. -37 Mikron Boyutu 180 d/dak Dönme Hızında Elde Edilen %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı.	79
6.48. -37 Mikron Boyutu 10 mm, 5.7 s/sn'de Elde Edilen %BaSO <sub>4</sub> Dağılımı .....	79
6.49. -37 Mikron Boyutu 10 mm, 5.7 s/sn'de Elde Edilen %Ag Dağılımı .....	79
6.50. Orijinal Örnek Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	81
6.51. Orijinal Örnek Mikrodalga Fırında 2 dk. Bekletilme Sonrası Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	82
6.52. Orijinal Örnek Mikrodalga Fırında 15 dk. Bekletilme Sonrası Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	82
6.53. NaOH ilavesiz 2 dk Mikrodalga Fırında Orijinal Örneğin Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	83
6.54. Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> İlavesiyle Yapılan Orijinal Örneğin Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları	83
6.55. Örneğin 450 <sup>0</sup> C'deki Kavurma Sonundaki Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları ..	83
6.56. Orijinal Örneğin İlave Hava Verilerek Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	84
6.57. Öğütme Sonu -74 +37 Mikron Boyutu Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	85
6.58. Öğütme Sonu -74 +37 Mikron Boyutu Mikrodalga Fırında 5 dk. Bekletilmiş Örneğin Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	85
6.59. Öğütme Sonu -37 Mikron Boyutu Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	86
6.60. Öğütme Sonu -37 Mikron Boyutu 2 dk. Mikrodalga Fırında Bekletildikten Sonraki Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları .....	86

## 1. GİRİŞ

Kütahya - Gümüşköy - Aktepe madeni, polimetalik gümüş yatağı olup önemli miktarda barit içeren maden yataklarımızdandır. Etibank tarafından uluslararası standartta bir tesis kurularak buradaki gümüş değeri kazanılmaya çalışılmaktadır. Tesis, gümüşün 5-100 mikron boyutlarındaki minerallerinden öğütme sonrası NaCN ile çözeltiye alınması prensibine göre çalışmaktadır. Tesis çalışması kendi eşdeğerindeki tesislere göre karşılaştırıldığında verimsiz olarak görülmektedir.

Tesis artıkları gözönüne alındığında ortalama % 20 BaSO<sub>4</sub> ve 120 ppm Ag içerdiği görülmektedir. İlk bakışta artığın tane boyutunun 74 mikronun altında olması barit ve gümüşün kolay kazanılabileceği fikrini doğurmaktadır. Barit tanelerinin 74 mikron boyutunun altında hemen hemen tamamen serbest hale gelmesi ve gümüş mineral tanelerinin yüzey serbestliğinin artması bu fikri destekler görülmektedir.

Ancak uygulamada barit zenginleştirilmesi sözkonusu olduğunda gravite yöntemlerinde yoğunluğu barite yakın ve fazla olan sülfürlü mineraller, flotasyon yönteminde ise şlam yapıcı minerallerin olumsuz etkisi gözardı edilmemelidir.

Gümüş zenginleştirilmesi düşünüldüğünde ise NaCN sarfiyatını arttıran absorblayıcı minerallerin etkinliğinin, tane boyutunun küçülmesiyle artması önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

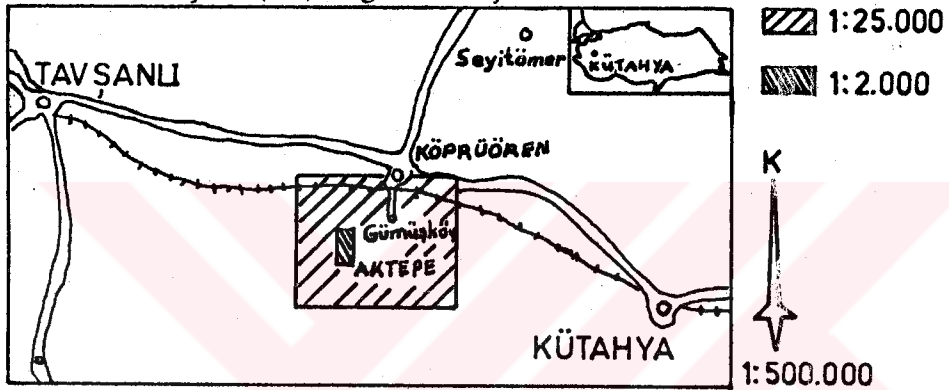


## 2. KÜTAHYA-GÜMÜŞKÖY-AKTEPE MADENİNİN TANITILMASI

### 2.1. Genel Bilgiler

Gümüşköy-Aktepe maden sahası 4000 yıl öncesine dayanan en eski madencilik faaliyetlerinden birinin yürütüldüğü bölgedir. Anadolu'da Truva medeniyetinin hüküm sürdüğü yıllara rastlamaktadır (ETİBANK, 1987).

Aktepe madeni, Kütahya ilinin kuzey batısında kuş uçuşu 21 km kadardır. Köprüören bucağının güney batısına düşer. Gümüşköy-Aktepe maden yatağının yer bulduru haritası şekil (2.1)'de gösterilmiştir.



Şekil (2.1). Aktepe Madeni Yer Bulduru Haritası.

Aktepe bölgesindeki cevherleşmeye ait ilk rapor 1900 yılında Fisch Bach tarafından hazırlanmıştır. Bu raporda altın ve gümüş'ten bahsedilmiştir. Müh. Zeegler 1936 yılında bu bölgede baritleri ve eski çalışmaları incelemiştir.

Etibank, 1972 yılında bölgede arama ve kontrol çalışmalarına başlamış ve bu çalışmalar sonucunda bölgede işletilebilir ve ekonomik gümüş potansiyeli saptanmıştır. Daha sonra Krupp firması ile sözleşme yapılarak, üretim teknolojisini belirleme çalışmalarına başlanmıştır. Tesisler 1987 yılında üretime geçmiştir.

### 2.2. Aktepe Maden Yatağının Stratigrafisi

Aktepe ve yöresi kayaçların yaşlıdan gence doğru yerleşimi şu şekilde belirtilmiştir (KAFKAS, 1991).

(i) Paleozoik : Aktepe yöresinin en eski formasyonları paleozoik yaşlı kristalen şistler ve mermerlerdir. İşletme sahasının tabanını kristalen şistler oluşturmaktadır.

(ii) Mesozoik : Bu formasyonda karmaşık seri bulunmaktadır. Alt seviyelerde serpantinleşmiş peridotitler içermektedir.

(iii) Senozoik : Senozoik'in alt katı olan tersiyerde iki formasyon oluşmuştur. Bunlar tuf ve tüfitler ile kireç taşlarıdır. Genç olan üçüncü formasyon ise kuaterner boyunca çökelen alüvyonlardır.

### 2.3. Maden Yatağının Oluşumu

Aktepe madeni, polimetalik gümüş yatağı olup, cevherleşme tersiyer yaşlıdır. Cevherleşme volkanik hidrotermal bir kökene sahiptir. Volkanizmaya bağlı polimetalik saçınımlı (içirimli) ve damar tipi cevherleşme göstermektedir. Damarlar sistematik olmayan, gelişi güzel kırık ve faylara yerleşmiştir.

İki tip cevherleşme evresi vardır. Bunlar birincil ve ikincil cevherleşme olup, birincil cevherleşme derin kökenli, ikincil cevherleşme yüzey kökenlidir. Birincil cevherleşme devresinde kırık ve boşluklara barit yerleşmiş durumdadır. Barit'in çoğu iri kristalli ve öz biçimli yassıdır.

### 2.4. Aktepe Maden Sahasındaki Cevher Mineralleri

<b>Gümüş mineralleri</b>	Arjantit	$Ag_2S$
	Nabit gümüş	Ag
	Pirarjirit	$Ag_3SbS_3$
	Prustit	$Ag_3SbS_3$
	Tetraedrit	$(Cu, Fe, Zn, Ag)_{12}Sb_4S_{13}$
<b>Kurşun mineralleri</b>	Galen	PbS
	Seruzit	$PbCO_3$
	Anglezit	$PbSO_4$
<b>Çinko mineralleri</b>	Sfalerit	ZnS
	Simitsonit	$ZnCO_3$
	Hemimorjit	$(ZnOH)_2SiO$
	Adamit	$Zn_2(AsO_4)(OH)$
<b>Antimuan mineralleri</b>	Stipnit	$Sb_2S_3$
	Valentinit	$Sb_2O_3$
	Senormontit	$Sb_2O_3$
<b>Baryum mineralleri</b>	Barit	$BaSO_4$
	Viderit	$BaCO_3$

<b>Arsenik mineralleri</b>	Realgar	AsS
	Orpiment	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
<b>Bakır mineralleri</b>	Kovellin	CuS
	Kalkozin	Cu <sub>2</sub> S
	Kalkopirit	Cu <sub>2</sub> FeS <sub>2</sub>
	Enarjit	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub>
	Malakit	Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> /CO <sub>3</sub>
	Azurit	Cu <sub>3</sub> (OH/CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
	<b>Demir mineralleri</b>	Pirit+Markazit
	Götit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Mangan mineralleri</b>	Piroluzit	MnO <sub>2</sub>
	Psimolen	MnO <sub>2</sub> . H <sub>2</sub> O
<b>Talyum mineralleri</b>	Stipnit	(Sb, Tl, As) <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
	Amorf Tl-Sb Sülfür	TlSb <sub>11</sub> S <sub>12</sub>

## 2.5. Kütahya-Gümüşköy Tesislerinde Uygulanan Süreç

Gümüşköy konsantrasyon ve izabe tesisleri, açık işletme yöntemiyle maden sahasından alınan muhtelif tiplerdeki cevherlerden ham gümüş çökeleği elde eden konsantrasyon tesisi ve bu çökeleğin izabe ve elektrolizi ile % 99 saflıkta gümüş külçesi elde edebilecek ünitelerden meydana gelmiştir. Proses artıklarının atılacağı artık barajı, yardımcı ve yan tesisler ile soy metal üretimleri konusunda ülkemizdeki tek tesis olup, bütün sistemler otomatik kontrol ve işleme bağlı olarak çalıştırılmaktadır(ETİBANK,87).

### 2.5.1. Kırma-eleme-öğütme

Açık işletme yöntemi ile maden ocağından çıkarılan çeşitli cevherler, kırma-eleme ünitesi yakınındaki stok sahasına yığılmaktadır. Bu stoklardan, tesis rantabilitesine uygun olacak şekilde muhtelif oranlarda paçal yapılmak suretiyle kapasitesi 70 t/saat olan siloya boşaltılmaktadır. Silo üzerindeki ızgara ile 1000 mm'den büyük parçalar tutulmaktadır. Daha küçük parçalar bir titreşimli elek ile çeneli kırıcıya beslenmektedir. 80 mm'nin altındaki ince malzeme kırıcıya beslenen cevherden ayrılmaktadır. Çeneli kırıcı tüvenan cevheri 250 mm'nin altına kırmaktadır.

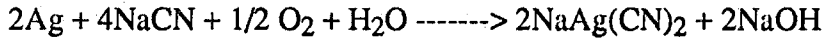
Kırılan tüvenan cevher, ikinci konik kırıcıya beslenmektedir. Burada 50 mm'nin altına indirilen cevherde -12 mm olanlar bir bant konveyörle ince cevher silosuna

taşınmaktadır. 12 mm'nin üstündeki cevher ise 12 mm'nin üzerine indirilmek üzere üçüncül konik kırıcılara beslenmektedir. Buradan çıkan -12 mm cevher de ince cevher stok sahasına taşınır.

İnce cevher silolarından gelen cevher, siklon altlarının ve çökeltme devresinden geri dönen suyun eklenmesiyle iki adet bilyalı değirmende yaş olarak öğütülmektedir. Her bir bilyalı değirmen 4 m çapında ve 5,75 m uzunluğundadır. Değirmenlerden çıkan yaklaşık % 80'i -0,074 mm olan cevher, hidrosiklonlara beslenmekte ve siklon altları da bilyalı değirmenlere geri dönmektedir. Siklon üstleri ise liç devresine beslenmektedir. pH'ı 10'dan büyük tutmak için bilyalı değirmen pompa havuzuna kireç eklenmekte ve böylece öğütme esnasında zehirli gazların oluşması önlenmektedir.

### 2.5.2. Çözündürme ünitesi

Çözündürme işlemi, herbiri 200 m<sup>3</sup>'lük 9 adet karıştırma tankında sürekli olarak yapılmaktadır. Çözündürme süresi ortalama 48 saat olup 1-3-6 no'lu tanklara %10'luk siyanür ilave edilmektedir. pH değerinin ayarlanması için ise 1 ve 9 nolu tanklara kireç sütü ilave edilmektedir. Çözündürme prosesi esnasında siyanür çözeltilisinin etkisiyle cevherden yaklaşık % 55-80 arasında gümüş eriyik hale getirilmektedir. Ortalama gümüş çıkarma miktarı % 70'tir. Çözündürme esnasında aşağıdaki kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir:



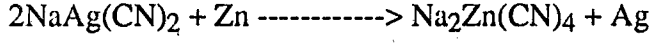
### 2.5.3. Katı-sıvı ayrımı

Katı-sıvı ayrımı, 5 adet 24 metre çapında yüksek kapasiteli tiknerlerde yapılmaktadır. Tiknerler, ara karıştırıcılar ve hava alma tanklarıyla donatılmıştır. Proses dizaynı % 35-45 katı oranı arasında değişen alt çıkış yoğunluğuna ve 2,3-3,5 arasında değişen yıkama oranlarına dayandırılmıştır. Tiknerlere polimer ilavesi, her tikner altı boşaltma sistemi içine monte edilmiş nükleer göstergesi tarafından otomatik olarak kontrol edilmektedir. Liç artıkları tiknerlerde ters akım ile yıkama prensibine göre yıkanmaktadır ve son tikner alt çıkışı artık barajına pompalanmaktadır.

### 2.5.4. Filtrasyon ve çöktürme

Katı sıvı ayrımı ünitesindeki ilk tiknerin taşıntısı bir depolama tankına toplanır. Bu depolama tankından gelen gümüş içeriği yüksek çözelti 4 adet ince filtrede temizlenir. Ve

hava alma kulesinde oksijenden arındırılarak çinko tozu ile muamele edilip gümüşün çökmesi sağlanır. Daha sonra filtrepres ile temizlenen çökelek izabe elektroliz ünitesine gönderilmektedir.



### 2.5.5. İzabe-elektroliz

Üç ana proses bölümünü içermektedir: (i) İzabe döküm, (ii) Elektroliz ve filtrasyon (ii) Curuf muamele

İzabe döküm bölümünde yaklaşık % 50 gümüş ihtiva eden ham gümüş çökeleği, çeşitli reaktiflerle muamele edilerek 2200 kg/gün'lük yükü iki saatte ergitebilen Dore fırınına gönderilir. Fırından çıkan metal elektroliz ünitesine verilir.

Elektroliz ve filtrasyonda ise Dore fırınından çıkan anot dökümler elektroliz yolu ile 850 x 650 x 600 mm'lik Maebius kabında rafine edilmektedirler. Elektroliz esnasında gümüş ve bakır anottan çözünmektedir. Gümüş katotta birikirken bakır eriyikte kalmaktadır. Elektroliz tesisinden kuru gümüş kristalleri, 20 lt kapasiteli kroze ergitme fırınına gönderilir ve döküm masasında % 99,9 saflıkta gümüş külçe olarak dökülmektedir.

Curuf muamele ise Dore fırını başlama maddesinin metalurjik muamelesi ve izabe esnasında curuf içine karışan gümüş kayıplarını telafi etmek amacıyla yapılmaktadır.

### 3.BARİT HAKKINDA GENEL BİLGİLER

#### 3.1. Genel Bilgiler

Baryumun (Ba) sülfatla yaptığı (SO<sub>4</sub>) bileşikle oluşan yeryüzündeki en yaygın ve en bilinen "Baryum" mineralidir. Teorik olarak saf barit; % 65,7 BaO ve % 34,3 SO<sub>3</sub>'ten oluşur. Sadece Baryum oranı ise % 58,8'dir. Mohs sertliği 2,5-3,5 arasında değişirken 4,5 gibi yüksek özgül ağırlığıyla anglezitten sonra en yüksek yoğunluğa sahip sülfat olarak tanınır.

Barit ortorombik kristal sisteminin dipramidal sınıfında kristalleşir. Genelde tabuler görünümlü barit gülü denilen şekilde bulunur. Dilinimi üç yönlüdür. Genelde beyazdır. İçerdiği yabancı maddelerden dolayı çeşitli renklerde görülebilir. İçersinde demirin bulunması durumunda; kırmızı, kahverengi, sarı, karbonlu maddelerin bulunmasında ise siyah, sarı ve mavi renkleri alabilir. Nadir olarakta beyaz ve saydam olabilir. Rengi, ısıtıldığında veya güneş gördüğünde soluklaşır.

Barit su ve asit içinde erimez. Ancak bir birim barit 18<sup>0</sup>C'lik 400.000 birim suda eriyebilir. Üfleçte ise alevi yeşilimsi renge boyar ve çatırdayarak ergir. Barite doğada genellikle kuvars, kalsit, dolomit, siderit, selesit, fluorit, pirit, kalkopirit, galen, sfalerit gibi sülfürlü ayrıca çeşitli oksitli mineraller eşlik ederler.

#### 3.2. Barit Yataklarının Oluşumu

Barit yatakları doğada bulunuşlarına göre 3 grupta incelenebilirler.

- (1) Damar ve dolgu şeklindeki yataklar.
- (2) Tabakalanmış yataklar.
- (3) Kalıntı yataklar.

##### 3.2.1. Damar ve dolgu şeklindeki barit yatakları

Bu yataklar hidrotermal olarak fay boyunca, çatlak boşluklarında ve breş zonlarında, filonlar, damarlar şeklinde oluşmuşlardır. Baryum içeren sıcak eriyikler metazomatoz yoluyla kalker ve dolomitler arasında damarlar şeklinde bariti oluştururlar. Damar ve boşluk dolgusundaki barit genellikle ağır ve serttir. Sedimanter, magmatik veya metamorfik kayalar arasında bulunmaktadır. Bu oluşumlarda şu şekilde kısaca çeşitlendirilebilir:

- (i) Fluoritli barit filonları.

- (ii) Kurşunlu barit filonları.
- (iii) Kobaltlı barit filonları.
- (iv) Bakırlı barit filonları.
- (v) Antimonitli barit filonları.
- (vi) Manganlı barit filonları.

### 3.2.2. Tabakalanmış barit yatakları

Bu tip yataklar sedimanter kayalar arasında zengin kütleler halinde, masif ve ince taneli (tane çapı  $< 0.1$  mm) halde bulunur. Genellikle koyu griden siyaha değin bir renk gösterir. Zenginleştirmesi daha kolay yataklardır. Bazı yataklar % 50 ile % 95 arasında barit içerirler. Baritin yanında kuvars, çört, pirit ve sekonder demir oksit, stronsiyanit, vidvit gibi minerallere rastlanır.

### 3.2.3. Kalıntı barit yatakları

Bu tip yataklar önceki barit yataklarının aşınıp taşınması sonucu sedimanter kayalar arasında yeniden oluşmuşlardır. Genellikle yaşlı kireçtaşları ve dolomitler içinde yataklanmışlardır. Baritler beyaz, yarı saydam ve opak olup lifli, ince taneli yapı gösterir. Baritin yanında genellikle pirit, galen, sfalerit, bazen çört ve jasperoid bulunur. Bu yataklarda, barit tenörü % 10-20 ile % 50 arasında değişebilir. Yatağın derinliğinde farklılık gösterebilir.

Kalıntı barit yataklarında yer yer baritli, fluoritli, kalsitli ve kuvarslı dolgu damara, bazen piritte, kalkopirite, galene ve sfalerite rastlanır.

Bu yatakların dışında, oluşumları bakımından bilimsel değeri olan, ancak ekonomik değeri olmayan küçük barit yatakları da vardır. Büyüklük ve nitelik bakımından işletilmeye elverişli olmayan bu yataklar şöyle özetlenebilir.

- (i) Deniz hayvan kabuklarından oluşan küçük barit yatakları.
- (ii) Okyanus dibinde oluşan barit yumruları.
- (iii) Kumtaşlarının bağlayıcı maddesi olarak bulunan baritler
- (iv) Şeyller arasına dağılmış baritin oluşturduğu yataklar.
- (v) Şeyl ve kumtaşları arasında görülen oolitik, pizolitik ve rozet biçimli baritin oluşturduğu yataklar.

### 3.3. Barit Rezerv Durumu

Dünyada ve Türkiye'de görünür ekonomik barit rezervleri sağlıklı bir biçimde belirlenmiş değildir. Dünya barit kaynakları 1,2 milyar ton civarında olduğu halde bunun ancak 584 milyon tonu belirlenmiş durumdadır. Dünya barit rezervleri Çizelge 3.1'de görülmektedir. Türkiye'nin bilinen barit rezervleri de Çizelge 3.2.'de gösterilmiş olup, Türkiye'nin dünya rezervleri içindeki payı; görünür rezervde % 0.68 ve toplam rezervde % 2.40'dür. Görüldüğü gibi Türkiye'nin barit rezervleri belli başlı ihracatçılar olan Çin ve Hindistana göre oldukça az olmakla birlikte gerek kalite yönünden üstünlüğü ve gerekse önemli ithalatçılar olan Ortadoğu ülkeleri, Avrupa ülkeleri ve S.S.C.B'ye yakınlığı nedeniyle dünya barit ticaretinde daha etkin rol oynayabilecek potansiyeli vardır (OKTAR, 1990).

Çizelge 3.1. Dünya Barit Rezervleri (milyon ton)

<u>ÜLKELER</u>	<u>GÖR.REZERV</u>	<u>TOPLAM REZERV</u>
Çin	150	160
Hindistan	125	215
Polonya	110	200
A.B.D.	60	91
Meksika	15	105
Şili	10	15
Fas	11	18
Tayland	15	14
Yugoslavya	9	11
Türkiye	20	55
Diğerleri	59	331
<b>TOPLAM</b>	<b>584</b>	<b>1215</b>



Çizelge 3.2. Türkiye'nin Bilinen Barit Rezervleri (Ton)

<u>BULUNDUĞU YER</u>	<u>GÖR. REZERV</u>	<u>TOPLAM REZERV</u>
Antalya	2.114.242	8.254.546
Adana	23.490	93.960
Çanakkale	60.000	60.000
Diyarbakır	2.250	2.250
Giresun	----	2.750.000
Gümüşhane	17.000	17.000
İçel	2.250	2.250
K.Maraş	41.344	74.700
Konya	1.000.000	8.100.000
Muş	755.000	6.235.000
Nevşehir	3.000	3.000
<b>TOPLAM</b>	<b>4.018.576</b>	<b>25.592.706</b>

### 3.4. Barit Üretim ve Tüketim Durumu.

Türkiye'de biri devlet sektörü diğerleri özel sektör olmak üzere barit üretimi, öğütülmesi ve ihracatı ile ilgili 15-20 firma bulunmaktadır. Bunların içinde 3-4 kadarı bilinçli madencilik yapmakta diğerleri mostra madenciliği yada cevherin en kolay ve en kârlı bölümünü üretecek şekilde çalışmaktadır. Tek devlet sektörü olan Etibank Beyşehir Barit İşletmesi 1984 yılından bu yana 190-200 bin ton dolayında olan toplam barit ihracatının 40-50 bin tonunu üretmekte ve dolaylı olarak ihracata katılmaktadır.

Türkiye'nin barit tüketimi büyük ölçüde petrol ve doğal gaz aramalarında kullanılmak üzere T.P.A.O. ve M.T.A. tarafından yapılmaktadır. Bu miktar yılda 15-20 bin ton dolayında olup ayrıca 2000 ton kadarının da diğer sektörlerde kullanıldığı sanılmaktadır. İç tüketim tümüyle öğütülmüş olarak yurt içinde sağlanmaktadır. Türkiye baryum kimyasallarını ise ithal yoluyla sağlamaktadır. Son yıllardaki barit üretimi Çizelge 3.3'de, ihracat gelişimi ise Çizelge 3.4'de gösterilmektedir. Türkiye'nin barit ihracatı dalgalanmalar göstermekle beraber son yıllarda genel bir artış görülmektedir (OKTAR,1990).

Çizelge 3.3. Yıllara Göre Türkiye Barit Üretimi

<u>YILLAR</u>	<u>ÜRETİM (TON)</u>
1979	100.000
1980	128.300
1981	188.555
1982	114.928
1983	78.974
1984	198.031
1985	176.560

Çizelge 3.4. Yıllara Göre Barit İhracat Gelişimi

<u>YILLAR</u>	<u>MİKTAR(TON)</u>
1979	95.844
1980	81.666
1981	187.931
1982	171.484
1983	162.508
1984	215.931
1985	192.533
1986	193.672

### 3.5. Baritin Kullanım Alanları

#### 3.5.1. Sondaj sanayii

Barit 1926 yılından beri gaz ve petrol sondajlarında kullanılan sondaj çamurunun temel maddesidir. Sondaj çamuru su, kil ve baritin karışımından oluşur. Barit, çamura ağırlık maddesi olarak katılır. Çamurun özgül ağırlığı 2,5 olacak şekilde ayarlanır, matkap ucu soğutulur, sondaj kuyu duvarlarını sıvayarak çökmeyi önler. Dünya sondajlarında barit tüketimi 1982'de 6.250.000 ton olup üretimin % 84'üdür. Az aşındırıcı ve ucuz olmasından dolayı daha fazla tercih edilmektedir. Sondajlarda barit alternatifi olarak kurşun tozu, demir tozu, hematit tozu, kalsit vs. gibi maddelerde kullanılabilir.

Sondajlarda kullanılacak baritin özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

Özgül ağırlığı	:	4,2
% BaSO <sub>4</sub>	:	% 90-94
Suda çözünebilir katı maddeler	:	% 0.1'den az
Demir oksit	:	çok az
Boyut	:	% 90-95'i 44 mikrondan (325 meşh) az

### 3.5.2. Kimya sanayii

Baritin sondaj sanayinden sonra en çok kullanıldığı alan kimya sanayiidir. Yılda 0,6 milyon ton tüketilmektedir. Bu tüketim geçen yıllara göre bir düşüşü de göstermektedir. Alternatif olarak stronsiyum ve titan oksitin kullanılması bu tüketim azalmasına neden olmaktadır. Yüksek özgül ağırlığı, parlaklık özelliğini kaybetmemesi ve radyasyon emici özelliğinden dolayı kullanım alanlarını sürdürmektedir.

Kimyasal alanda kullanılacak baritin özellikleri şu şekilde belirtilebilir:

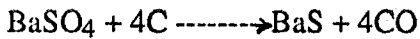
%BaSO <sub>4</sub>	:	% 95 ve fazlası
Demir oksit	:	% 1'den az
Stronsiyum sülfat	:	% 1'den az
Fluorin	:	çok az
Boyut	:	4.76-0.841 mm (4-20 meşh)
Silis	:	% 1'den az

#### 3.5.2.1. Baryum sülfür (BaS)

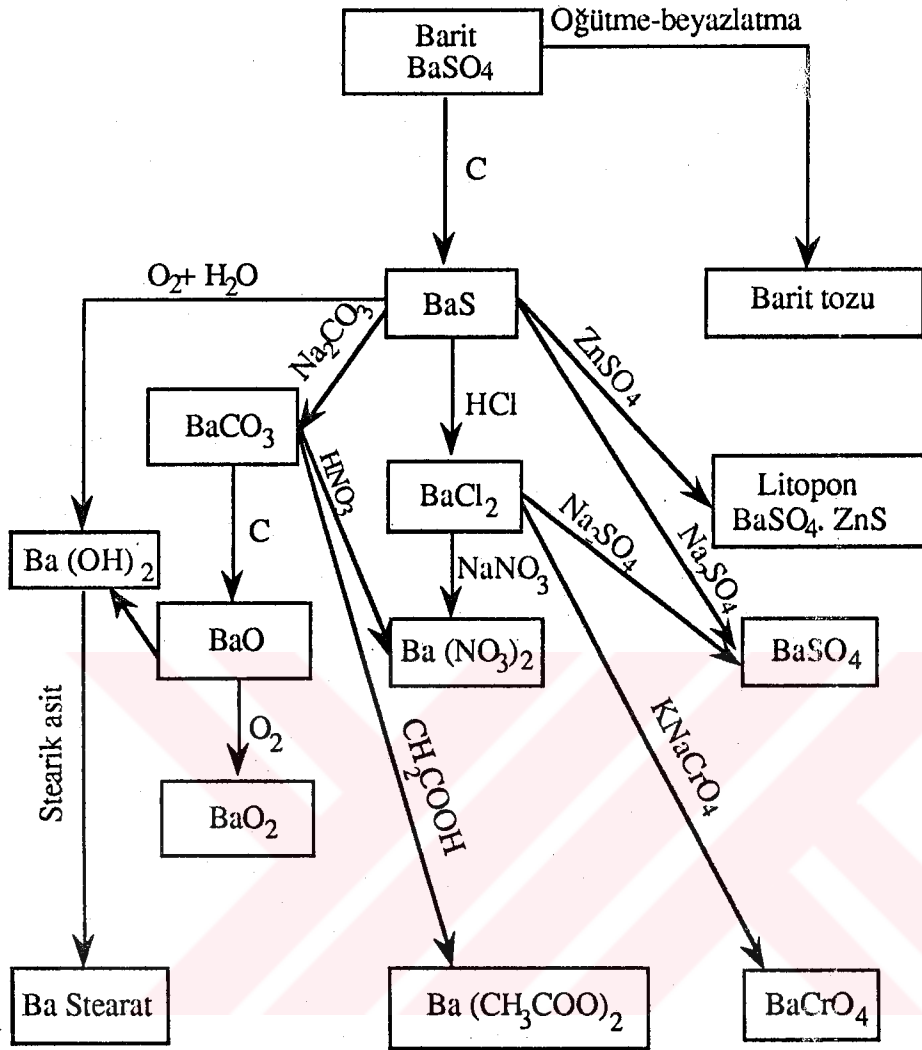
"Black Ash" siyah kül olarak tanınan baryum sülfür birçok baryum tuzlarının ve baritin karışımı sonucu baryum sülfatın indirgenmesiyle oluşur. % 80-85 BaS içerir. Kullanılacak baritin çok temiz olması gerekir. SiO<sub>2</sub> ve demir bileşiklerinin çok az olması istenir. Bu bileşikler reaksiyon verimini düşürürler.

Elde edilen BaS, litresinde 200 gr. olacak şekilde su ile karıştırılır, filtre edilerek metal iyonlarından temizlenir. Böylece diğer baryum kimyasallarının ana maddesi üretilmiş olur (INDUSTRIAL, 1984).

BaS; BaSO<sub>4</sub> 'ün kömür ile indirgenmesiyle 1100-1250<sup>0</sup>C'de oluşur.



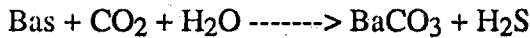
Teknik bakımdan bu işlem döner fırınlarda ince kömür tozlarının ve baritin karışımı sonucu oluşabilir.



Şekil 3.1. Baritin Kimyasalları

### 3.5.2.2. Baryum Karbonat (BaCO<sub>3</sub>)

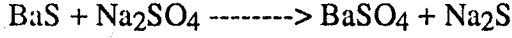
Önemli bir kimyasal maddedir. Cam, seramik, kimya, demir-çelik ve diğer alanlarda kullanılır. BaS'den, iki yöntemle elde edilebilir:



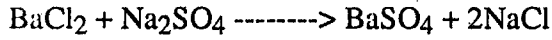
Kimyasal olarak elde edilen baryum karbonat zehirleyicidir. "Elkadur" adlı pigment % 50 BaCO<sub>3</sub>, % 30 ZnS ve % 20 BaSO<sub>4</sub>'ten oluşmakta ve dış hava etkilerine dayanıklı yağlı boya olarak kullanılmaktadır. Stronsiyum karbonat nedeniyle renkli televizyon tüpü imalatında kullanımı azalmasına rağmen seramik endüstrisinde yerini korumakta ve arttırmaktadır.

### 3.5.2.3. Sabit beyaz pudrası ve pastası

Sabit beyaz pudrası, baryum sülfürün solüsyonu çok temiz Glauber tuzu solüsyonu ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) ile reaksiyonu sonucu elde edilir.

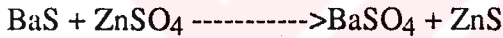


Elde edilen madde sentetik baryum sülfattır. Reaksiyonun konsantresine ve sıcaklığına göre taneciklerin boyutu değişir. Sabit beyaz pastası; baryum klorür ve sülfatlara dayalı özel bir yöntemle, ayrıca litopon yapımında yan ürün olarakta elde edilir. Kalitesi çok yüksektir.



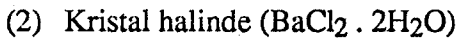
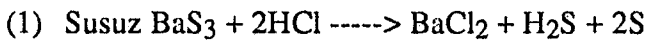
### 3.5.2.4. Litopon

1871 yılından beri bilinen (beyaz boya olarak) litopon, baryum sülfürle çinko sülfat karışımı bir maddedir. Çökelti halinde meydana getirilir. %95-98  $\text{BaSO}_4$ , %1'den az demir oksit içermesi gerekir. Beyaz boya yapımında kullanımı, titanyum oksitin rekabeti sonucu giderek azalmasına rağmen diğer kullanım alanlarında yerini korumaktadır.



### 3.5.2.5. Baryum klorür ( $\text{BaCl}_2$ )

Baryum klorür, hidroklorik asitle veya klor gazı reaksiyonuyla baryum sülfürden doğrudan elde edilmektedir. İki çeşidi kullanılmaktadır:



Susuz baryum klorür, çeliklerin ısı banyosunda kullanılır. Kristal baryum klorür ise, çeşitli sistemlerden sülfat artıklarının uzaklaştırılmalarında, ayrıca deri ve tekstil endüstrisinde renklerin kalıcı olmasını sağlamak amacıyla, tuzlu su arıtmasında ve emaye işlemlerinde kullanılmaktadır.

### 3.5.2.6. Baryumun diğer kimyasal bileşikleri

Baryumun birçok kimyasalı vardır. Baryum hidroksit, baryum karbonat, baryum azit, baryum süfosiyanit, baryum manganat, baryum fluorür, baryum alaşımları ve baryum metali kullanım alanları çok çeşitlilik arzeden özel baryum kimyasallarından bir kaç tanesidir.

### 3.5.3. Dolgu ve katkı maddesi olarak kullanımı

Barit sondaj sanayii dışında en çok dolgu ve katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Barit, beyaz pasta ve litoponun yoğunluğu, parlaklığı, düşük özgül ağırlığı, aşınmaya karşı dayanıklılığı ve radyasyon emiciliğinden dolayı dolgu ve katkı maddesi olarak kullanımı çok fazladır.

Avrupada kullanılan en önemli yüksek kalitede dolgu maddesi olan Rutenia baritinin özellikleri şöyle sıralanabilir:

<u>Özelliği</u>	<u>Rutenia G</u>	<u>Rutenia FF</u>
% BaSO <sub>4</sub>	en az 97,0	en az 98,0
% SiO <sub>2</sub>	en çok 3,0	en çok 2,0
% Eriyebilir tuzlar	en çok 1,0	en çok 0,1
Tane boyutu(% 99'u daha ince)	40 mikron	20 mikron
4,4 mikron %'si	max 0,2	max 0,01
Yağ emilimi	11,5	11,0
Parlaklık yansımaları	en az 95	en az 95
Özgül ağırlık	4,4	4,4

### 3.5.4. Boya sanayii

Boya sanayiinde dolgu özelliği taşıyan barit ve tuzları daha çok tüketilir. Ev işlerinde badana tipi boyalarda beyazlaştırıcı pigment olarak, yağlı boyalarda inceltici olarak kullanılır. Yağlı boyalarda en uygun % 15 veya daha azı katılır. Bu alanda kullanılacak barit; % 94 BaSO<sub>4</sub>, % 0.05 den az Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 0.02 suda eriyebilir madde, % 0.5 nem, % 2 yabancı madde içermelidir.

### 3.5.5. Kağıt sanayii

Barit, kağıt endüstrisinde dolgu maddesi olarak, beyaz pastanın imalatından önce seyrek olarak kullanılmaktaydı. Ancak beyaz pasta imalatıyla dolgu maddesi olarak kullanımı artmıştır. Bu madde opak olup, mürekkep sarfiyatını azaltır, parlaklığı artırır, kağıt kaplamada yüzeylerin pürüzsüz olmasını sağlar.

Beyaz pastanın kullanım alanlarından biride siyah beyaz fotoğraf kağıdı imalatıdır. Bunun miktarına göre kağıtlar, mat, yarı mat, parlak durumlar alır. Yıllık tüketimi 100 tondan azdır.

### 3.5.6. Plastik ve lastik imalatı

Otomobil endüstrisinde, baritin önemi artış göstermektedir. Bu sanayide aşağıdaki alanlarda kullanılır:

- (i) Vantilatör kayışı
- (ii) Hortum
- (iii) Paspas, altlık
- (iv) Conta
- (v) Ses geçirmez madde

En çok kullanım ses geçirmez madde imalatıdır. Bu sanayide kullanılan baritin % 80'i ses geçirmez plastiklerin yapımında harcanır.

### 3.5.7. Sürtünme maddesi imalatı

Fren ve kavrama (debriyaj) sisteminin, sürtünen kısımlarında sabit dolgu maddesi olarak kullanılır. Dolgu miktarı % 10 ile % 40 arasında değişir. Baritin özgül ağırlığı 4.34, yağ adsorbsiyonu 10.5-12.0, boyutu % 99-75 mikron olması gerekir.

### 3.5.8. Cam endüstrisi

Geniş bir kullanımı vardır. Ülkelerin tükettiği  $BaSO_4$ 'ün Avrupa'da % 35'i, Japonya'da % 60'ı, A.B.D'de % 30'u bu alanda harcanır.

Bu endüstride kullanılacak barit şu özellikleri taşımalıdır:

$BaSO_4$	: % 96-98
$Fe_2O_3$	: % 0.1-0.2'den az
$TiO_2$	: % 0.1-0.2'den az
$SiO_2$	: % 1.5
$Al_2O_3$	: % 0.15

Camın kalitesini, kırma indisini, sertliğini, çizilmeye ve sürtünmeye karşı direncini, parlaklığını arttırmaktadır. İmalat sırasında akışkanlığı sağlamakta ve özel camlara dayanıklılık kazandırmaktadır. Televizyon tüpü imalatında renkli T.V tüplerinde yerini stronsiyum karbonata bırakmasına rağmen siyah beyaz T.V tüplerinde kullanımı sürmektedir.

Baryum oksit, züccaciye, kristal cam imalatında önemli olup, yüksek kırılma indisi, düşük ışın dağılması ve sertlik sağlar.

### 3.5.9. Seramik endüstrisi

Baryum karbonat tüketiminin % 25'i bu alanda gerçekleşir. Seramikte, maddelerin bağlanmasını, pişmiş maddelerin hava ile temasında ufalanmamasını, tuğla ve çinicilikte renklerin değişmemesini sağlar. Baryum klorür ve hidroksit'de kullanılır. Sırlama işleminde baryum oksit, sırn parlaklığını ve dayanıklılığını artırır. Baryum karbonat, korozyona ve aşındırmaya karşı seramiğin direncini yükseltir. Baryum karbonat için pekişme alanı; elektro seramik, baryum-titan ( $BaTiO_3$ ), baryum-ferrit ( $BaFe_2O_4$ -Manyetik)'tir.

### 3.5.10. Radyasyona karşı barit

Radyasyona karşı mükemmel koruyucu özelliği olan bir maddedir. Radyoaktif ve x-ışınlarını absorbe ettiğinden, röntgen odalarının sıvalarında ve nükleer enerji santralleri yapımında beton içinde kullanılmaktadır.

### 3.6. Barit Cevheri Zenginleştirilmesi

Baritin zenginleştirilmesinde uygulanan yöntemler ve uygulanabildikleri tane boyutları Çizelge 3.5 'de gösterilmektedir. Genelde zenginleştirme sürecinin randımanı, malzeme boyutu inceldikçe düşme gösterdiğinden, cevherin hazırlanmasında düşük kırma oranlarında ve kapalı devre olarak çalışan çeneli veya konik kırıcıların kullanılması kırılabilir bir mineral olan baritte oldukça önemlidir. Burada dikkat edilmesi gereken baritin serbestleşme boyutunun bilinmesidir.

Barit zenginleştirilmesinde şu yöntemler uygulanabilir: Elle ayıklama, gravite ayırması ve flotasyon.

Çizelge 3.5. Tane Boyutuna Göre Seçilen Barit Zenginleştirme Yöntemleri

<u>Zeng. süreci</u>	<u>Max <math>\mu</math> - min <math>\mu</math></u>	<u>Kullandığı özellik</u>
Triyaj	---- -50.000	Boyut, renk
Ağır ortam	50.000-550	Özgül ağırlığı
Jig	50.000-500	----
Sallantılı masa	3.000-50	----
Spiral	500-50	----
Flotasyon	1.000-10	Yüzey kimyası



### 3.6.1. Elle ayıklama ile zenginleştirme

Barit ile gang mineralleri arasındaki, boyut, renk ve yapı farklarından yararlanılarak cevher ocağında veya kırma işlemlerinden sonra yapılan elle ayırma işlemidir. Cevher yüzeyi kille kaplanmış olduğu durumlarda çok katlı elek ve tamburlarda yıkama yapılır (ÖNAL, 1980).

### 3.6.2. Gravite zenginleştirme

Mineral taneleri arasındaki özgül ağırlık farklılığı kullanılarak yapılan zenginleştirme işlemidir. Barit zenginleştirmesinde ağır ortam, jig, sallantılı masa veya spiraller kullanılabilir. Bu zenginleştirme yönteminde randımanlı çalışabilmesi için öncelikle cevherin dar tane boyutlarına sınıflandırılması gerekir. Barit ve yantaşının zenginleştirme kriterinin 1.25'in üstünde olduğu durumlarda randımanlı bir ayırma işlemi gerçekleştirilebilir (ÖZDAĞ, 1991).

### 3.6.3. Flotasyonla zenginleştirme

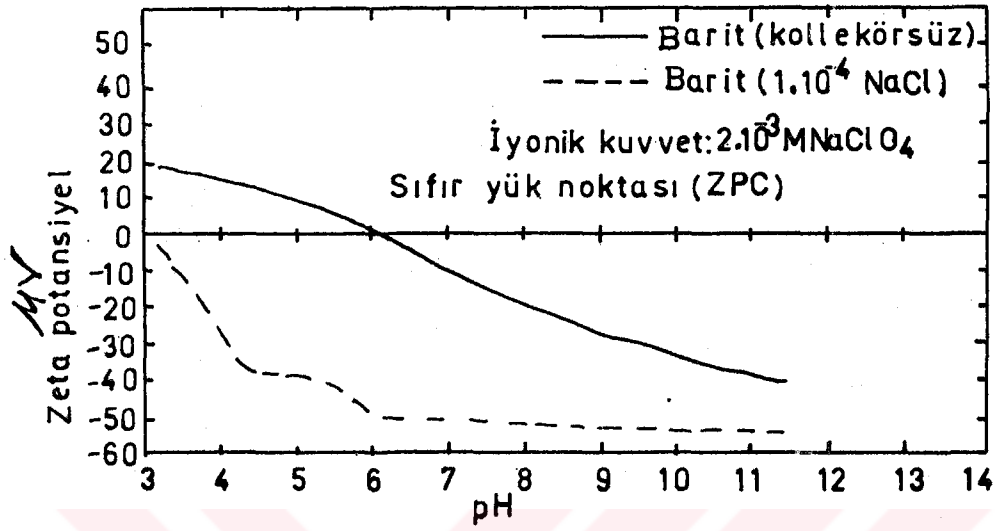
Barit, yağ asitleri ile kolaylıkla yüzdüğü gibi, sülfat ve sülfanatlarla da yüzdürülebilir. Genellikle gang mineralleri de bu reaktiflerle yüzdüğünden, bastırıcıların dikkatli seçilmesi ve kullanılması gerekir.

Kuvars, fluorit ve karbonatlardan, baritin selektif flotasyonu alkali ortamda (pH: 9.5-11), alkali sülfat ve sülfanat gibi kolektörlerle başarıyla yapılabilir. Ortama ilave edilen  $BaCl_2$  ise baryumu aktive eder (ATAK, 1982).

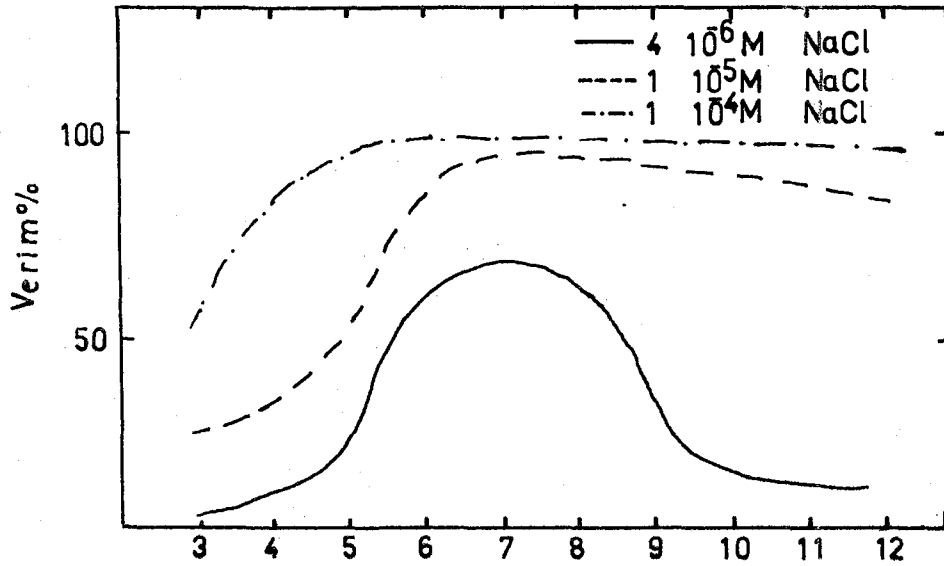
Demir oksitli minerallerden baritin flotasyonu ise yüksek pH'ta (pH: 11) sodyum silikat kullanılarak yağ asitleri ile flotasyonu yapılabilir. Tamamen temiz konsantre elde edebilmek için ya seyreltik sülfirik asitle liç yapılarak demir oksitler çözeltiye alınır, yada asitli ortamda (pH: 3) sülfanatlarla demir oksitler yüzdürülür.

Kuvars-Barit flotasyonunda talloil, tannik asit, guebracho, valonia extract (doğal tannig) ve sodyum silikat çok iyi birer kontrol reaktifi olarak kullanılabilir. Sodyum silikat, silikatları bastırarak, çeşitli gang minerallerini aktive eden  $Ca^{++}$  kationlarının etkisini yok eder ve dispersiyon özelliği gösterir (KURAMA, 1991).

Barit cevherinin karbonat ve sülfid içermesi durumunda yağ asitleri ile flotasyonda pH: 9'dan az değerlerde davranış göstermektedir. Barit, kalkerli bir cevherden sodyum silikatın yüksek konsantrasyonunda ve sülfosuccinamate gibi kolektörlerle başarıyla yüzdürülmektedir.



Şekil 3.2. Baritin pH ile Zeta Potansiyel Değişimi



Şekil 3.3. Baritin Çeşitli Kollektör Miktarlarında Hallimond tüpü ile Flotasyonunda pH-Verim İlişkisi

Bariti yüzdüren kollektörlerin fazla kullanılması durumunda barit yüzeyinde iki tabaka oluşturarak onun bastırılmasına neden olur. Ayrıca düşük pH'da  $Fe^{+3}$  ve  $Ba^{++}$  iyonlarının baritin flotasyonunu engellediği, yüksek pH'da oluşan  $Fe(RSO_3)_2$  gibi komplekslerin flotasyonu hızlandırdığı da görülmektedir.

Barit flotasyonunda, ucuz olan anyonik yağ asiti veya daha pahalı olan alkali sülfat ve petrolyum sülfonat tipi kollektörler kullanılabilir. Fazla etkili olmamakla beraber katyonik olarakta amin kollektörü kullanılabilir. Petrolyum sülfonat; bazik ortamda, yağ asitli sülfonat; asit, nötr ve bazik ortamda, alkali sülfat; bazik ortamda, sodyum torat; asit, nötr ve bazik ortamda başarılı olarak kullanılabilir. Yağ asitleri ise nötr ve bazik ortamlarda iyi sonuçlar vermektedirler.

Yapılan çalışmalar sonunda baritin yüzey yükünü sıfır yapan pH: değerinin (z.p.c. : zero point of charge) pH: 6 olduğu, ortama kollektör ilavesinde pH'nın 3'ün altına düşebildiği saptanmıştır. Bu baritin kimyasal adsorbsiyon özelliği ile açıklanabilir.

### **3.6.3.1. Baritin flotasyonla zenginleştirilmesinde örnek çalışmalar**

Etibank-Konya Beyşehir barit işletmesinin düşük tenörlü barit cevheri üzerinde yapılan çalışmalar sonucu genel olarak % 90-97.5  $BaSO_4$  tenörlü, % 95.5-80.0 verimli konsantreler elde edilmiştir. Optimal flotasyon koşulları şu şekildedir:

Tane iriliği :	% 93.3'ü -0.1
pH değeri :	8
Bastırıcı :	$Na_2SiO_3$ (1750 g/t) + Qeuracho (400 g/t)
Canlandırıcı :	$Pb(NO_3)_2$ (1000 g/t) veya $BaCl_2$ (1000 g/t)
Toplayıcı :	R 107/A veya DBİS (%100) veya AERO 845 (1000 g/t)
Köpürtücü :	Frother SS (50 g/t)

Amerikan Cyanamid Firması kendi üretimi olan AERO 825 ve AERO 845 tipi petrolyum sülfanat kollektörlerini iki tip cevher üzerinde denemiş ve başarılı sonuçlar elde etmiştir. A. tip cevherde Fluospar ve kalsitli % 55  $BaSO_4$  tenörlü baritten % 92.5 verimle % 96.6  $BaSO_4$  tenörlü konsantre elde edilmiştir (CYANAMİD, 1976). Bu flotasyon şartları şu şekilde belirtilmiştir:

Cevherin mineralojik yapısı : %55 Barit, %20 Fluospar, %10 Kalsit , %1 Selesit

- Tane iriliği : %95'i -74 Mikron (-200 meşh)
- Kondisyonlama : 3 dak.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (2,5 kg/t)
- Kaba flotasyon : pH: 9.8 Zaman: 5 dk. Aerofroth 71 A (10 g/t),  
AERO 845 (0.3 kg/t)
- Temizleme flotasyonu : Zaman: 5 dk. , AERO 845 (25 g/t)  
AEROFROTH 71 A (15 g/t)
- Son temizleme flotasyonu : Zaman: 5 dk. AERO 845 (25 g/t)  
AEROFROTH 71 A (15 g/t)

B tipi cevherde % 75  $\text{BaSO}_4$ , % 10 Kalsit ve % 15 Kuvarslı cevherden ise % 89.2 verimle % 93.0  $\text{BaSO}_4$  tenörlü konsantre elde edilmiştir. Bu çalışmanın koşulları ise şöyledir:

- Cevherin mineralojik yapısı : % 75 $\text{BaSO}_4$ , % 10 Kalsit, % 15  
Kuvars, Mika ve Demir oksitler
- Tane iriliği : % 95.5'i -74 mikron (-200 meşh)
- Kondisyonlama : 3 dakika,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (2 kg/t)
- Kaba flotasyon : pH: 8 , Zaman: 5 dk.  
AERO 845 (0.25 kg/t),  
AEROFROTH 71 A (40 g/t)
- Temizleme flotasyonu : 5 dk. Reaktif ilavesiz.

#### 4. GÜMÜŞ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Gümüş parlak, beyaz ve dövülgenlik-çekingenlik açısından altından sonra gelen soy metallere dendir. Tüm elementler arasında en iyi ısı ve elektrik iletkenidir. Oksijen varlığında değişime uğramadığı halde lava ile temasında kararır. Bu kararma hidrojen sülfür taneciklerinin gümüşe saldırarak, üstünde ince siyah bir tabaka halinde gümüş sülfür ( $Ag_2S$ ) oluşturmasıyla oluşur.

Gümüş soy metallere den biri olduğundan hidroklorik asit ( $HCl$ ) gibi yükseltgenmez asitlerin içinde çözünmez; fakat nitrik asit ( $HNO_3$ ) gibi yükseltgen asitlerde kolayca çözünür. Gümüş periyodik olarak ikinci uzun devirin on birinci elementidir. Çoğu bileşiklerde  $Ag^+$  iyonu olarak bulunur. Ağır yükseltgenme koşulları altında, gümüşün değerliklerinin +2 ve +3 olduğu bileşikler üretilebilmektedir.

Gümüş bileşikleri, gümüş tuzu çözeltilerinin bazlarla işlenmesi sonucu elde edilen gümüş oksidi ( $Ag_2O$ ) ve metalin nitrik asitle çözündürmesiyle oluşan gümüş nitrat'ı kapsar. Çok kolay çözünen birkaç gümüş tuzundan biri olan gümüş nitrat, % 1 oranında çözeltide çok az miktarda  $KNO_3$  ile eritildiğinde de yakıcı etken olarak kullanılır. Öteki gümüş bileşikleri gümüş nitrit ( $Ag_3N$ ) ve gümüş fülminattır ( $AgONC$ )

Bir mineralde yada mineralin çözündürmesiyle elde edilen bir çözeltide gümüşün varlığını saptamak için tuzlardan birini çöktürmek ve niteleyici rengine bakmak gereklidir. Örneğin; gümüş klorür beyaz, gümüş sülfür siyah, gümüş kromat kırmızı, gümüş fosfat sarı renktedir.

#### 4.1. Dünyada ve Türkiye'de Gümüş Yatakları

Dünyadaki gümüş yatak tipleri üretimleri açısından ikiye ayrılır.;

- (i) Ana ürün olarak gümüş yatakları.
- (ii) Yan ürün olarak gümüş yatakları.

Ana ürün olarak dünya üretiminin ancak % 25'ini , yan ürün olarak gümüş elde edilen yataklar ise % 75'ini oluştururlar .Ekonomik dalgalanmalara bağlı olarak her iki gurup yatakta da gümüş üretimine devam edilmektedir.

##### 4.1.1 Ana ürün olarak gümüş yatakları

Bu tür yataklar 21. yüzyıl öncesi gümüşün para birimi olarak kullanıldığı dönemlerde çok yoğun bir madencilğe sahip olmuştur. Yüzeğe yakın kısımları hemen hemen tamamiyle alınmış olduğundan bugün gümüş fiyatlarındaki dalgalanmalara bağlı olarak işletilmektedir.

#### 4.1.1.1. Epitermal Au- Ag yatakları (Coustock/Nevada tipi)

Subvolkanik bacalar ya da volkanik lav ve tüfler içinde damar, cevherleşmiş ezik zonlar ve saçılmış gövdeler biçiminde bulunabilir. Alterasyon mevcut olup asidik karakterli volkanitlerde görülürler. Bu yatakların çoğunda nabit altın, altın tellarit ve selenitler baskındır. Kimilerinde nabit gümüş, gümüş mineralleri ve gümüş kapsayan Cu-Pb-Zn ve sülfidler öne geçer. Gang, kuvars, barit ve kalsit olabilir. Gümüş tenörü 30g/ton ile 1-2 kg/ton arasında değişir.

Arapdağ/Karşıyaka ve Kartaldağ/Çanakkale altın filonlarında bulunan gümüş bu gruba dahildir.

#### 4.1.1.2. Epitermal gümüş yatakları

Bir önceki tipin özel şeklidir. Burada gümüş mineralleri iyice ön plana geçmiştir. Altın yan ürün olarak elde edilir. Çoğunlukla volkanik kayalara bağlı damarlar biçimindedir. Damar minerali kuvars, kalsedon, opal, kalsit, rodakrozit yada zeolit olabilir. Gümüş altının 140 ile 400 katı daha fazladır. Meksika dünyanın en zengin gümüş yataklarına sahiptir.

Genelde bu tür Epitermal gümüş damarları yüzyıllardan beri işletilmektedir. San Luis Potası, Hidalgo ortaç volkanitler içinde yer alan ünlü Meksika yataklarıdır.

Kütahya-Gümüşköy'de silisleşmiş dasitik tüfler içerisinde bulunan Ag-Pb-Zn-Sb cevherleşmesi bu tipe dahil edilebilir.

#### 4.1.1.3. Pb-Ag-Zn yatakları

Gümüşçe zengin Pb-Zn damarları biçimindedir. Derinlik kayalarına yada subvolkanik kayalara bağlı olarak meydana gelebilirler. Çeşitle Ag mineralleri yanında Pb-Zn ve Cu'nun sülfid ve sülföz tuzlarını kapsayabilirler. Başlıca gang mineralleri kuvars, siderit, fluorit, barit ve rodoksittir. Gümüş bu yatakların kiminde ana, kiminde yan ürün olarak üretilir. Idaho-A.B.D'deki Coeur d'Alene gümüş kuşağındaki damarlar bu tipten sayılabilir. 1968 yılına kadar 25.000 ton gümüş üretilmiştir. Kimi ocaklar 2700 m derine ulaşmıştır. Cevher 750 gr/ton Ag ve %0.75 Cu ve toplam %10-12 Pb-Zn kapsar. Güney Amerikanın diğer yerlerinde ve Meksika'da bu türe uyan pekçok gümüş yatağı bulunmaktadır. Türkiye'de simli kurşun yatakları diye anılan, derinlik ve yüzen kayalarına bağlı pekçok yatak vardır. Buralardan gümüş üretimi zaman zaman ön plana çıkmıştır.

#### 4.1.1.4. Ag-Co-Ni-Bi-U formasyonu

Bu parajenezde dünyanın birçok maden provensinde rastlamak olanaklıdır. Asidik ve bazik sokulum kayalarına bağlı olarak gelişmişlerdir. Özellikle uranyum ve kobalt yönünden zengindirler.

#### 4.1.1.5. Sn-Ag-Bi formasyonu

Kalay, bizmut ve wolfram mineralleri kimi hallerde düşük hidrotermal derecelerde oluşmaktadır. Bu durumda kalay, sülfidler biçiminde bağlanarak stannin, teolit ve ender kalay sülfitleri meydana getirmiştir.

Dünyanın en ünlü kalay kapsayan gümüş yatağı Bolivya'daki Cerro Rico Potası'dır.

1545-1960 yıllarında 30.000 ton üzerinde gümüş üretilmiştir. Türkiye'de bu tür yataklara rastlanmamıştır.

#### 4.1.2. Yan ürün olarak gümüş yatakları

+1 değerli gümüş, +1 değerli bakır'la kolayca yer değiştirebildiğinden kompleks Cu-Pb-Sb sülfid bileşikleri ve sülfü tuzları içinde çoğunlukla gümüşe rastlanır. Galenit içinde mikroskobik ve submikroskobik kapanımlar halinde, sfalerit içinde saçılmış olarak serbest gümüşe yada gümüş minerallerine rastlamak olanaklıdır.

A- Superior Gölü tipi serbest Cu yatakları.

B- Sudbury tipi Ni-Cu yatakları.

C- Kıbrıs tipi Cu yatakları.

D- Porfiri bakır yatakları.

E- Skarn tipi Cu-Pb-Zn yatakları.

F- Mississippi vadisi tipi Pb-Zn yatakları

G- Eksalatif sedimanter Cu ve Cu-Zn yatakları

#### 4.2. Gümüş Üretim ve Tüketimi

1985 yılında dünya gümüş rezervi 335.400 ton dolayındadır. Ancak dünya toplu gümüş potansiyelinin 777.500 ton olduğu tahmin edilmektedir. Dünya rezervinin 1/3'ü gümüş ve altının ana ürün olarak çıkartıldığı, 2/3'ü ise gümüşün yan ürün olarak kazanıldığı yataklara düşmektedir.

Türkiyede gümüşün ana ürün olarak işletildiği tek yatak Kütahya-Gümüşköy madenidir. Bu yatağın gümüş rezervi 3.700 ton olarak hesaplanmış ve jeolojik rezervle, potansiyel rezervin 4.000 ton dolayında olabileceği tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.1. Gümüş Tüketiminin Ülkelere Göre Dağılımı

<u>Ülkeler</u>	<u>%Tüketim</u>
A.B.D.	40
Japonya	15
Fransa	8
B.Almanya	7
Diğer Ülkeler	30

Çizelge 4.2. Gümüş Tüketim Alanları

<u>Tüketim Alanı</u>	<u>%Tüketim</u>
Fotoğraf sanayii	40-50
Elektrik sanayii	20-30
Para ve madalya yapımı	3-5
Süs eşyası ve takı	10
Alaşımelerde	5
Dişçilikte	5
Yapay yağmur yağdırma	5

Çizelge 4.3. Batı Dünyası Gümüş İhtiyacı (EMJ, 1990).

<u>Milyon Oz</u>	<u>1987</u>	<u>1988</u>	<u>1989</u>	<u>1990</u>
A.B.D	118	120	125	128
Japonya	87	98	102	106
B.Avrupa	91	105	110	115
Diğerleri	93	100	105	105
-----				
Toplam	389	423	442	454
Para basımı	30	30	30	30
-----				
Genel Toplam	419	453	472	484



### 4.3. Gümüş Zenginleştirilmesi

Soy metallerden altın ve gümüş cevherlerinin ekonomik teknördeki değerlerine göre, ana yada yan ürün olarak elde edilirler. Bunlar cevher karakteristiğine göre çeşitli yöntemlerin uygulanmasını gerektirir. Ana ürün olarak gümüş içeren zengin cevherler, gravimetrik yöntemle zenginleştirildikten sonra konsantreleri doğrudan izabe edilebilirler. Üretim de büyük payı olan fakir gümüş cevherlerinin gümüşü, hidrometalurjik yöntemlerle çözündürülüp ekstrakte edilir. Yüksek oranda gümüş içeren çözeltilerden altın ve gümüş çöktürülerek veya elektrolizle kazanılır. Gümüş cevherleri genelde aşağıda sıralanan nedenlerden dolayı hidrometalurjik işlemlerden önce kavurma zenginleştirme gibi ön işlemlerden geçirilmektedir. Bu işlemlerin amaçları;

- Ekstraksiyon işleminin, yatırım ve işletme maliyetlerini azaltmak için gang minerallerini atmak.
- Ekstraksiyon işlemini engelleyen veya fazla kimyasal madde tüketimine neden olan bileşikleri uzaklaştırmak.
- Hidrometalurjik işlemin verimini arttırmak.
- Doğrudan izabe edilebilir konsantreler üretmektir.

Genel olarak, fiziksel, fiziko-kimyasal, kimyasal ve metalurjik olarak sınıflandırılırlar. Çizelge 4.4'de cevher tiplerine göre zenginleştirme kombinezonları sıralanmaktadır.

Çizelge 4.4. Cevher Tiplerine Göre Gümüş Cevherleri Zenginleştirilmesinde Uygulanan Yöntemler

#### Cevher Tipi

Nabit gümüş cevherleri

Sülfürlü gümüş cevherleri

Klorürlü gümüş cevherleri

Tellüridli gümüş cevherleri

Manganezli gümüş cevherleri

Gümüşlü Pbs-ZnS cevherleri

Gümüşlü kurşun-çinko oksit cevherleri

Gümüşlü bakır sülfür cevherleri

Silikatlı gümüş

#### Zenginleştirme Yöntemleri

Gravimetrik zenginleştirme-Amalgamasyon-Siyanürleme

Uzun süreli siyanürleme

Siyanürleme

Gravimetrik Zenginleştirme- Flotasyon-Amalgamasyon- Pirometalurjik işlemler

MnO<sub>2</sub> Uzaklaştırma - Siyanürleme

Flotasyon-İzabe-Rafinasyon

Flotasyon artığının siyanürlenmesi

Flotasyon-İzabede rafinasyon

NaCl kavurması-öğütme-siyanürleme

#### 4.3.1. Gravimetrik zenginleştirme

Gravimetrik yöntemler genellikle ön zenginleştirme işlemi içerirler. İri boyutta gerçekleşen serbestleşmeler için kullanılırlar. Tane iriliğine göre iriden inceye doğru sistem gereği ekipmanlar değişir ve çeşitlenir. Bunlar jig, spiral, tavalama, sarsıntılı masa, oluk ve kadife kaplı yüzeylerdir. Hidrosizer ve ağır ortam siklonları da bunlara dahil edilebilir.

#### 4.3.2. Amalgamasyonla zenginleştirme

Altın ve gümüşün civa ile ara yüzey gerilimi bu iki asil metalin su ile ara yüzey geriliminden çok düşüktür. Nabit altın ve nabit gümüş yüzeyleri pulp içinde civa ile temas edince yüzeyleri civa ile tamamen kaplanarak  $Ag_8Hg$  gibi civa-gümüş bileşikleri yaparlar. Dış yüzeyi bu civa ile kaplı nabit gümüş parçacıkları civa içine hapsedilirler. Çok ince boyutlarda amalgamlama işlemi zorlaşmaktadır. Ayrıca ortamda demir oksitlerin, demir sülfürlerin, tellüritlerin, arsenik, antimuan ve bizmutun varlığı amalgamasyonu güçleştirmekte ve civa sarfiyatını arttırmaktadır.

Amalgamasyon işlemine hazırlanan cevher, civa sürülmüş bakır levha üzerinden akıtılarak amalgam oluşturulmaktadır. Daha sonra bu amalgamların levha üzerine yapışanları kazınarak, pulpla birlikte akanları ise süzülerek ayrılır. Preste sıkılarak civa akıtılır. Isıtılarak civa buharlaştırılır ve gümüş elde edilir. Amalgamlama yüzeyleri çeşitli şekillerde dizayn edilmektedirler. Bunlar tava, tambur ve masa şeklinde yapılmaktadırlar. Bu yöntem civanın zararlı etkisi nedeniyle terk edilmiş bir yöntemdir.

#### 4.3.3. Flotasyonla zenginleştirme

Gümüş cevherleri; pirodin, Cu, As, Sb içeren mineraller gibi siyanitleri ve bitümlü karbon ve grafit içeriyorsa bu elementler siyanür liçi işleminde güçlük çıkarırlar. Ayrıca cevherde bulunan tellürid minerallerin siyanür liçiyle çözündürme verimleri oldukça düşüktür. Bu nedenlerle;

- Siyanürlenecek cevherdeki zararlı elementleri uzaklaştırmak,
- Siyanürlemede çözünmeyen tellüridleri kazanmak,
- Gravite zenginleştirilmesi ve amalgamasyon işlemlerinin artıklarındaki gümüş kaçaklarını geri kazanmak,
- Yüksek tenörlü altın ön konsantreleri üretmek için cevherler flotasyonla zenginleştirilmek zorunda kalır.

Az miktarda köpürtücü ve yalnızca grafitte karşı aktif toplayıcı kullanılarak, grafit, bitümlü karbon içeren gümüş cevherlerinin önce grafit ve karbonu yüzdürülür. Daha sonra gümüş ve bu metallerin sülfürleri flotasyonla konsantre edilir. Gümüş içeren sülfürlü Cu, Pb, Zn, As, Sb cevherleri selektif veya kollektif-selektif olarak zenginleştirilirler. Tellürid içeren cevherlerdeki nabit gümüş, siyanür liçi ile çözündürülüp alındıktan sonra, liç artıklarındaki tellüridler flotasyonla yüzdürülerek konsantre edilir.

Nabit gümüşün flote edilebilirliği tane iriliğine ve tane şekline bağlıdır. Pulsu taneler, küresel tanelere göre daha kolay yüzerler. 200 mikrondan iri gümüş tanelerini flotasyonla yüzdürmek olanaksızdır. Flotasyonla üretilen konsantrelerde gümüş yüzeyini kaplayan ksantojen siyanürleme işlemini güçleştirir ve verimi düşürür. Bu nedenle flotasyon konsantreleri pirometalurjik yöntemlerle değerlendirilirler.

Gümüşün, gümüşlü sülfür minerallerinin birlikte bulunduğu cevherlerin flotasyonla yüzdürülmesinde; sülfidril toplayıcılar (ksantatlar, disiofosfatlar), köpürtücü olarak krezilik asit ve çam yağı kullanılır. Gümüş ve sülfürlü minerallerin yüzeyleri su ve hava hafif temastan sonra toplayıcı reaktiflerle kolayca bağ kurarlar. Metallerin kimyasal aktivitelerinin etkisiyle gümüş iyonları içeren pulpteki oksijen, bu ağır metaller tarafından indirgenerek hidrojen peroksit, dolayısıyla aktif oksijen oluşturur. Bu aktif oksijen gümüşün ve sülfür tanelerinin yüzeylerini etkileyerek toplayıcının bağlanmasını sağlar. Gümüşün, tellüridlerin ve sülfürlerin yüzeyi ancak ortamda yeterli oksijen bulunuyorsa kolaylıkla ksantatlarla kaplanabilir. Ortamda kolayca okside olabilen bakır ve demir sülfür mineralleri bulunduğundan fazla oksijen tüketimini karşılamak için ortama uzun süreli ve ilave basınçlı hava verilerek kondüsyonlanmalıdır.

Cevherin kirliliği durumunda, zayıf alkali ortamda maksimum dispersiyon sağlanabilmektedir. Killeri bastırmak için soda ile  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ve bazan  $\text{Na}_2\text{S}$  kullanılır.

Flotasyonda uzun zincirli ksantatlarla kısa zincirli ksantatlar karıştırılarak köpük gerilim artırılabilir. Böylece flotasyon hızlandırılır, selektivite artırılır ve toplayıcı sarfiyatı azaltılır.

Gümüş; nabit gümüş, tellüridler, sülfürler halinde bulunduğu gibi altından farklı olarak holojenli ve oksitli mineraller de oluşturabilmektedir. Gümüş yataklarında farklı gümüş minerallerinin bir arada bulunması, cevherin flotasyon davranışının çok iyi etüd edilmesini zorunlu kılar.

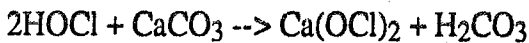
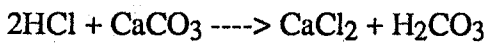
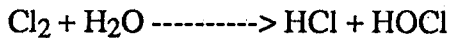
Gümüş cevheri flotasyonunda daha ziyade ditiofosfatlar (Aerofloat 242, Aero 3477, Phosokresoller) ve gerekirse ksantatlar kullanılmaktadır (Çilingir, 1990).

#### 4.3.4. Liç işlemleriyle cevherlerin zenginleştirilmesi

1970'li yıllardan itibaren değerlendirilmeye başlanan düşük tenörlü altın cevherlerine de uyum sağlayan liç yöntemleri; altın, gümüş cevherleri zenginleştirmesinde küçük, orta ve büyük boy tesislerde yaygın olarak uygulanmaktadır. Çözündürme yöntemleri olarak çok fakir cevherlere yığın, fakir ve zengin cevherlere karıştırma liçi uygulanır. Çözündürücüler dikkate alındığında siyanür liçi, thiourea liçi, thiosülfat liçi, bromin liçi, klorin liçi, iodin liçi söz konusudur. Altın ve gümüş ekstraksiyonunda thiourea liçi kullanılmakla beraber en yaygın olarak kullanılan yöntem siyanür liçidir.

Thiourea ( $\text{NH}_2\text{-CS-NH}_2$ ) ile cevherdeki altın, gümüş çözündürülüp, filtrelerde çözelti çözünmeyenden ayrılır. Altın, gümüşlü çözeltiden altın ve gümüş aktif karbonla adsorblanıp altınlı karbonlar çözeltiden ayrıldıktan sonra değerlendirilir. Altını alınmış çözelti tekrar liç devresine beslenir. Thiourea içinde ortamın pH'sı 1.4'e ayarlanır. Ayrıca redükleyici olarak  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  ilave edilir. Ortamı redükleyici gerilim altında tutmak için 150-250 ml arasında elektriki gerilim uygulanır. %1 oranında thiourea bulundurulmuş liç çözeltmesinden, 2 kg/ton thiourea sarfiyatı ile Arnidole yakınlarındaki New England Antimuan İşletmesinin Sb konsantresinin altını başarı ile 15 dakikalık liç süresinde çözündürülmektedir. Thiourea ile, siyanisitler içeren cevherler sorunsuz çözündürülebilir. Buna rağmen thioureanın toksitik özelliği nedeniyle kullanımında büyük özen gerekir. Siyanürle liç yapılacak altın gümüş cevherlerinde veya konsantrelerinde siyanisitler varsa, liç işleminden önce bu siyanisitleri etkisiz hale getirmek için ön işlem uygulanır.

Altın cevherlerinin karbon veya hümik asit gibi bileşenler içermesi durumunda, doğrudan siyanürlemede altın kurtarma verimi %30'u geçmemektedir. Çözeltiye  $\text{Au}(\text{Cn})_2^-$  şeklinde geçen altın karbonlu bileşikler tarafından soğurulur. Karbonun oksitlenerek etkisiz hale getirilmesi gerekir. Oksitleme işlemi,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ , permanganat gibi birçok yükseltgeyici maddelerle gerçekleştirilmektedir. Ancak ekonomik olan, kimyasal oksitleme işlemi olup, bu yöntem pulpa doğrudan klor gazı verilerek uygulanmaktadır. Pulpa verilen tepkimeler sonucunda hipoklorik asit, ayrıca ortamda kalsiyum karbonat varsa hipoklorür oluşmaktadır. Aşağıda oluşan tepkimelerin denklemleri verilmektedir.



Hipoklorit bileşikleri, karbonlu bileşikleri oksitleyerek etkisiz hale getirmekte ve altın kazanma verimi % 30'dan % 85'in üzerine çıkmaktadır. Ayrıca pulpe doğrudan

NaOCl verilmesiyle veya pulpe NaCl ilavesinden karıştırma tankını bir elektroliz hücresine dönüştürüp, katotta üretilen oksiklorürün ( $\text{OCl}^-$ ) kullanılması sonucunda da yüksek verim elde edilir.

Bitümlü karbon ve grafit içeren cevherlerin siyanisit özelliği daha basit ve ucuz olan yüzey kaplaması işlemiyle de etkisiz hale getirilebilmektedir. Öğütme devresine beslenen gazyağı, mazot, fuel oil ile grafit ve karbon taneciklerinin yüzeyleri kaplanır. Yüzeyleri yağlarla kaplanarak pasifleştirilen bu tanecikler, çözeltideki altın ve gümüşü adsorplayamazlar.

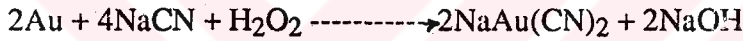
Kavurma işlemleri ile de karbon ve grafit yakılarak yok edilebilir. Ayrıca altın gümüş cevherlerindeki arsenopirit, pirit, stibnit ve pirotinin siyanisit etkisi kavrularak giderilir. Zengin refrakter cevherler bu nedenle  $450-600^{\circ}\text{C}$ 'de kavrulurlar. Kavrulma sonunda demir sülfür mineralleri gözenekli hematite dönüşür. Arsenik ve antimuan oksit olarak ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) gaz halinde baca gazına karışır, soğutma ile süblime edilerek filtrelerde tutulur. Kavrulma sıcaklığı  $500^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olması halinde siyanür liçi verimi düşük olmaktadır. Arsenopirit, pirit içeren altın gümüş cevherleri sülfatlama kavurmasından sonra, zayıf sülfirik asit çözeltisinde liç edilip süzülerek arsenik, antimuan ve demir sülfat halinde çözeltiye alınır. Çözünmeyen alıntı çökelti liç veya pirometalurjik yöntemlerle değerlendirilir.

Arsenopirit ve pirit içeren altın cevherlerindeki arsenik ve piritin çözündürülüp sülfat halinde uzaklaştırıldığı diğer bir yöntemde bakteri liçidir. Güney Afrika Cumhuriyetindeki Barberton Altın İşletmesinde üretilen altınlı arsenopirit konsantresinin yarısı "Thiobacillus Ferrooxidans"larla liç edilip süzülürken arsenik sülfat ve demir sülfat çözeltisi kireçle kalsiyum demir arsenat şeklinde çöktürülüp atılmaktadır. Biyolojik ön zenginleştirilmiş konsantreden siyanür liçiyle altın üretilmektedir. Konsantrenin diğer yarısı kavrulduktan sonra siyanür liç elde edilmektedir. Kavurma-liç işleminin altın verimi % 90, bakteri liçi-siyanür liç işleminin altın verimi % 95'tir.

Ekstraksiyon öncesi bir ön işlem olan kavurma yerine altın içeren piritli cevherlerin pulp içinde havalandırılarak oksitlenmesi, daha ucuz ve daha kontrolünün kolay olması nedeniyle tercih edilmektedir. Oksitleme işlemi sodyum karbonat içeren pulpa ( $82^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılmış pulp) hava verilerek karıştırma yoluyla sağlanmaktadır (Çilingir, 1990).

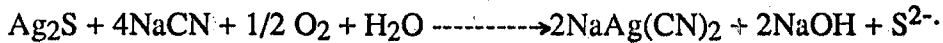
#### 4.3.5. Siyanür Liçi

Siyanür çözeltilerinin metalik altın çözündürmesi 1783 yılından beri bilinmektedir. Daha sonraları metalik altınla siyanür arasındaki tepkimede oksijenin önemli bir yer tuttuğu gözlenmiştir. Bu olguya rağmen gümüş ve altının kazanılmasında 1900 yılına kadar klorlama ve sodyum tiosülfat liç yöntemleri kullanılmıştır. Yaklaşık bu yüzyılın başından itibaren siyanür liç yöntemi diğerlerinin yerini almaya başlamıştır. Siyanürleme süreçleri perkalasyon liçi ve karıştırma liçi olmak üzere iki yöntemden oluşmaktadır. Kullanılan siyanür, sodyum siyanür yapısında olup genellikle % 0,3 derişiminde kullanılmaktadır. Çözeltinin pH'ı NaOH, CaO veya NaCO<sub>3</sub> kullanılarak, 10-10,5 arasında tutulmaya çalışılarak siyanürün hidrolizi dolayısıyla kaybı önlenir. Metalik altınla NaCN arasında gerçekleşen tepkimeler aşağıdaki şekillerde önerilmişlerdir;



Bu tepkimelerin elektrokimyasal doğası, jel yapısındaki KCN içine batırılmış küçük bir altın kürenin bir tarafından hava verilmesiyle denenmiştir. Deney sonunda altın kürenin havayla daha az ilişkide olan yüzeyinde kimyasal aşınma olduğu ortaya çıkmıştır. O<sub>2</sub> ile daha az ilişkide olan yüzey anot gibi davranırken, O<sub>2</sub> ile doğrudan ilişkide olan yüzey ise katot olarak davranmıştır (Özdağ, 1985).

Metalik gümüş seyreltik siyanür çözeltisinde, O<sub>2</sub>'nin varlığında, metalik altının çözünme hızının yarısı gibi bir hızla çözünür. Ancak doğada metalik gümüş saf olarak bulunmaz. Gümüş daha çok sülfürlü minerali olarak oluşur. Gümüş sülfürün sodyum siyanürle tepkimesi aşağıdaki şekilde önerilmektedir;



#### 4.3.6. Siyanür liçinde çözünmeyi etkileyen faktörler

##### 4.3.6.1. Tane boyutu

Tane boyutu, üretim hızında ve üretim veriminde, diğer süreç değişkenleri kadar önemlidir. Bu konuda yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda görülmüştür ki tane boyutu küçüldükçe, çözünme hızı ve buna bağlı olarak belli bir liç süresinde gümüş kazanma veriminde artmaktadır. Bu nedenle, tane boyutu mümkün olan miktardaki gümüşün

çözünebilmesi için uygun boyutta olmalıdır. Bu boyut metalik gümüş için, liç süresi 48 saat tutulduğunda, yaklaşık olarak 0.080 mm civarındadır. Bu durumda, teorik olarak siyanürle temas halinde bulunan bu boyuttaki metalik gümüşün tamamı liç süresinde çözünecektir.

Ancak boyut küçültme belli ekonomik sınırlar içerisinde gerçekleştirilebilir. Liç, flotasyon ve doğrudan konsantreye alma süreçlerinden farklıdır, çünkü mineralin serbestleşmesi gerekmez. Genellikle daha ince öğütme daha iyi verim sağlar. Bu noktada öğütmenin ekonomik limit durumunu aşması önem kazanır. Yani fazla üretimle kazanılan, daha ileri öğütmenin maliyetini karşılamaz yada üretim artışı son durumdaki reaktif artışıyla dengelenir. Bu kavram, çatlak vermeye eğimli kayalarda etkilenir. Çünkü tanelerde çatlak oluşturulabiliyorsa, tane boyutu çatlaksız tanelerin boyutuna göre daha iri tutulabilir. Bu nedenle öğütmenin ekonomik limiti belirlenmesi için, genellikle her cevherde deneysel çalışmalar yapılmalıdır (Özdağ, 1991).

Tipik bir liç'te altın ve gümüş için önerilen besleme boyutları ise aşağıdaki gibidir;

Gümüş cevheri	:%100	-0,210 mm
Altın cevheri	:%100	-0,210 mm
Sülfürlü altın konsantresi	:%100	-0,044 mm

#### 4.3.6.2. Siyanür konsantrasyonu

Siyanür çözeltilerinde gümüşün çözünmesi esnasında bir eşdeğergram gümüş için iki mol siyanür harcanmaktadır. Buradan çözünme hızı, siyanür harcama hızının yarısı olacaktır. Bu ancak temiz çözeltilerde yapılan çözüldürme işlemi için doğru sonuçlar verir. Cevher bazında çözünme hızı bu şekilde hesaplanamaz.

Gümüş çözünme hızı bir maksimum değere kadar artan siyanür konsantrasyonu ile lineer olarak artar, bunun ötesinde siyanür artışı gümüşü çözmez, fakat tersi durumda önemli bir geciktirme etkisi yapar. Araştırmacılara göre bu maksimum nokta çeşitli olarak önerilmektedir. Yalnız % 0,001 NaCN'den daha düşük konsantrasyonlarda çözünmenin olmadığı ve çözünmenin durduğu maksimum konsantrasyon ise % 0,25 olarak kabul edilebilir.

Teorik olarak hesaplamak istersek; öncelikle siyanür çözeltilisine göre daha küçük gümüş yüzeyinin bulunduğunu ve gümüş yüzeyinde oluşan tepkime ürününün karıştırmayla mümkün olan en kısa sürede uzaklaştırılabildiği kabul edilmelidir. Bu durumda gümüş çözünme hızını kontrol eden faktör oksijen konsantrasyonu olacaktır. Deneylerin atmosfer şartlarında gerçekleştirildikleri düşünülürse, deniz seviyesindeki 8

mgr/lt 'lik oksijen konsantrasyonuna karşılık maksimum çözünme hızı % 0,0098 NaCN konsantrasyonunda gerçekleşmelidir. Ancak bu değerler cevher bazında düşünülemez. Çünkü hemen hemen tüm altın ve gümüş cevherlerinde ya siyanistler yada oksijen tüketen mineraller söz konusudur.

#### 4.3.6.3. Oksijen konsantrasyonu

%0,1'den yüksek siyanür konsantrasyonlarında çözünme hızı doğrudan oksijenin kısmi basıncıyla orantılıdır. Oksijen basıncının tek başına artmasıyla hız artmaz. %0,1'den düşük siyanür konsantrasyonlarında ve yüksek oksijen basıncında, çözünme hızı yalnızca siyanür konsantrasyonuna bağlıdır. Çözünme hızının maksimum olması için çözültideki oksijen konsantrasyonu 4,62 - 7,65 (10<sup>-3</sup> mol) arasında olmalıdır.

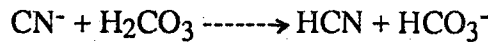
#### 4.3.6.4. pH

Siyanür çözeltilerinde alkalitenin fonksiyonu aşağıdaki gibi sıralanabilir:

(1). Hidrolizle siyanür kaybının önlenmesi; siyanür aşağıdaki tepkimeye göre hidrolize uğramaktadır ve tepkime sonucu serbestleşen HCN gazının gümüş üzerine çözücü bir etkisi yoktur.



(2). Atmosferik CO<sub>2</sub> etkisiyle siyanür kaybının önlenmesi; siyanür aşağıdaki tepkimeye göre bozuşur:



(3). Cevherin siyanür devresinden önce, bikarbonatlarının bozuşumu ve demir tozları gibi asidik bileşiklerin nötralizasyonu,

(4). Cevherde bulunan değişik minerallerin bozuşumu sonucu oluşan asidik bileşiklerini nötralleştirmek,

(5). Siyanürleşmiş cevherden temiz çözelti elde ederken ince cevher parçalarının çökerek ayrılmasına yardımcı olmak,

(6). Yüksek alkalitede çok kolay bozuşan tellürlerin işlenmesinde üretim kolaylığı.

Alkalilik sağlamak amacıyla NaOH, Kireç ve Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> gibi diğer alkaliler kullanılabilir. Alkalite Ca(OH) ile sağlandığında, pH=11'e yakın değerlerde



çözünme hızının hızlı bir şekilde azaldığı ve çözünmenin pH=12 değerinde olmadığı belirtilmektedir. Alkalilik NaOH ile sağlandığında ise çözünme hızı pH=12,8'e kadar yavaşlamamaktadır. Pratikte ise siyanür liçinde çözeltilinin pH'ı genellikle 11-12 arasında tutulmaktadır.

#### 4.3.6.5. Hidrojen peroksit

Araştırmalar sonucu ortama hidrojen peroksit eklenmesi ile gümüş çözünme hızının 18 kat arttığı sonucuna varılmıştır. Molar olarak çözünen gümüşün oluşan hidrojen peroksit oranında 2,06-2,50 olarak önerilmektedir.

#### 4.3.6.6. Karıştırma hızı

Siyanür çözeltilerinde gümüş ve altının çözünmesi çalışmalarında karıştırma hızıyla çözünme hızının arttığı bilinmektedir. Altın 150 d/d'dan sonraki hızlarda çözünme hızında artış göstermemektedir.

#### 4.3.6.7. Sıcaklık

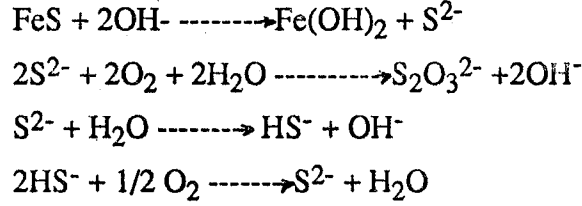
Metalik gümüş içeren siyanür çözeltilerine ısıtma uygulandığında, çözünme hızını iki karşıt faktör etkileyecektir. Sıcaklığın artması çözeltilinin aktivitesini artırır, böylece gümüşün çözünme hızında artar. Aynı zamanda çözeltideki okjen miktarında çözünürlülüğü azalacağından, azalacaktır. Bu durum gümüşün metalik olarak bulunduğu avantaj sağlamaktadır. Pratikte, sıcak çözeltilerin kullanılmasının çeşitli dezavantajları vardır. Pulp'un ısıtma maliyeti, bakır ve demir sülfürler gibi cevher içindeki siyanisitlerin tepkimenin hızlanması nedeniyle siyanür sarfiyatını arttırması ve sıcaklıktan dolayı siyanürün bozuşumu sayılabilir.

#### 4.3.6.8. Yabancı iyonların etkisi

$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{SO}_4^-$  gibi bazı iyonlar siyanür çözeltilerinde gümüş çözünme verimini etkilemez. Bunların geciktirme yada hızlandırma etkisi yoktur.

Pb, Hg, Talyum ve Bizmut'un az miktarları çözünmeyi hızlandırır.  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ve  $\text{B}^{2+}$  gibi metalik kationların çözelti içinde bulunması geciktirici bir etkiye sebep olur. Ancak, kalsiyum ve baryum iyonları yalnızca yüksek alkalitede bu etkiye sahiptirler. Geciktirme etkisi çeşitli nedenlerden dolayı gerçekleşmektedir.

(1).Çözeltideki oksijenin harcanması;



(2).Serbest siyanür tüketimi; çeşitli şekillerde gerçekleşir. Bazı demir, bakır ve çinko mineralleri siyanür çözeltilerinde çözünerek kompleks siyanür oluşturur ve siyanür kaybına neden olur. Cevher sülfür mineralleri içerdiğinde, serbestleşen sülfür iyonları, gümüşe etkimeyen tiyosiyanat oluştururlar. Alüminasilikatlar, kuvars ve demir hidroksitler güçlü bir siyanür adsorblayıcı olarak davranarak siyanür azaltırlar.

(3) Metal yüzeyi üzerine film oluşumuyla; düşük miktarlardaki sülfür iyonları ve pH=11,5'da kalsiyum iyonları çözünme hızını azaltırlar.

#### 4.3.7. Çözeltiden gümüşün kazanılması

Gümüşün çözeltiliye alınmasından sonra, gümüş siyanür çözeltilisinden çinko ile çöktürülüp süzülerek alınan gümüş çamuru, önce %10'luk sülfürik asit çözeltilisinde işlenir.



H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile çöktürme işleminden arta kalan çinko tozu ZnSO<sub>4</sub> olarak çözdürülüp, süzülerek uzaklaştırılır. Çökelek 500-650°C'de bir kaç saat ısıtılır. Kalsine ürün curuf yapıcı katkı maddelerle karıştırılarak profit potalarda ergitilir. Ergimiş metal kalıplara dökülür, saflaştırılmak için elektron edilir.

Gümüş elektrolizi 0.5-3 gr/lt nitrik asit ve 40 gr/lt gümüş içerikli çözeltilerle porselen veya plastik kaplarda yapılır. Katod olarak özel "Vanodium çeliği" kullanılır. Anod olarak kullanılan gümüş elektrodların (ham gümüş) alt tarafına altın şlamını toplamak için biz torbalar yerleştirilir. Sorunsuz gümüş elektrolizi için ham gümüş anodlar %0.3'ten az kurşun ve %0.7'den az bakır içermelidir. Gümüş elektrolizinde akım yoğunluğu 220-300 A/m<sup>2</sup>, gerilim 1.5-2.6 volt'tur. Bir ton elektrolitik saf gümüş için (%99.999 Ag); 80 litre nitrik asit (HNO<sub>3</sub>), 600 kwh elektrik enerjisi harcanır. Katotta toplanan gümüş sıyrılarak alınır. Daha sonra pota fırınlarında ergitilerek 8 kg'lık külçeler halinde dökülür.

#### 4.4. Gümüş Cevherleri Zenginleştirme Uygulamaları

Farklı özellikteki gümüş minerallerini ekonomik tenörlerde içeren gümüş yatakları bir çok zenginleştirme yöntemi birlikte kullanılarak ekonomik olarak değerlendirilmektedir. Gümüş cevherleri zenginleştirmesinde genelde siyanür liçi uygulanır. Cevherde liç işleminin optimal uygulamasını engelleyen mineraller varsa; bu Ag mineralleri diğer yöntemlerle konsantre edilip, yardımcı işlemlerle siyanürlemeye uygun hale getirilmektedir. Liç dışındaki yöntemlerle üretilen altın gümüş konsantrelerinden bazen liç işleminden geçirilmeden de külçe gümüş üretilebilmektedir. Gümüş cevheri zenginleştirme tesis uygulamalarından bazıları aşağıda verilmiştir (Çilingir, 1990).

##### 4.4.1. Mc Loughlin-California/A.B.D. Altın, Gümüş zenginleştirme tesisi

3000 ton/gün kapasiteli tesiste Mc Laughlin yatağındaki 12 tip farklı altın gümüş oluşumu harmanlanarak işlenmektedir. Hidrotermal oluşmuş yatak daha sonra alterasyona uğramıştır. Bütün oluşumlarda altın 20 mikrondan ince, disemine dağılmış nabit sülfür mineralleri ile kenetlenmiştir. Nabit altın %18-26 gümüş içerikli elektrüm şeklindedir. Altın primer olarak, gümüş-antimuan sülfür mineralleri olan miorgiritler ( $AgSbS_2$ ), pirorgiritler ( $Ag_3SbS_3$ ), polibasiller ( $Ag, CuS_{16}Sb_2S_{11}$ ) içersinde oluşmuştur. Gang mineralleri ile ince kenetlenmiş nabit altın tanecikleri de vardır. Cevherde fazlaca bulunan piritin yanında az miktarda kalkopirit, sfalerit ve zinober bulunur. bu arada bazı cevherleşmelerde az miktarda karbonatlara ve killere rastlanır. Mc Laughlin yatağında ortalama 4.5 gr/lt altın tenörlü 19 milyon ton cevher bulunmaktadır.

Mc Laughlin cevherinin zenginleştirilmesi için, NaCl kavurması, Thio sülfat liçi, thiourea liçi, klasik siyanür liçi yöntemleri denenmiş, tatmin edici sonuçlar alınamamıştır. Klasik siyanür liçinde altın, gümüş kazanma verimleri %5-80 arasında değişken sonuçlar vermiştir. En iyi sonucu cevherin yüksek oksijen basıncı altında  $H_2SO_4$  çözeltisinde çözüldürüldükten sonra NaCN ile altın ve gümüşün çözüldürülmesi işlemi sağlamıştır.

7 cm'ye kırılan cevher yarı otojen değirmen-bilyalı değirmen-hidrosiklon devresinde %80'i 74 mikrondan ince olacak şekilde öğütülür. Öğütülmüş cevher yoğunluk ayarlama tikinerlerine beslenerek katı/sıvı oranı %42-48'e ayarlanmaktadır. Tikiner üstü direkt siyanürleme ünitesine gönderilir. %42-48 katı oranlı pulpun 320 lb/inc<sup>2</sup> oksijen basıncı altında 175<sup>0</sup>C'de 1.5-2 saat süreyle sülfirik asitle (15-25 mg/litre  $H_2SO_4$ ) otoklavlarda, altın ve gümüşü hapseden metal sülfürleri çözüldürülür. Çözeltideki liçi güçleştiren metal iyonları etkisiz hale getirildikten sonra, altın ve gümüş

NaCN ile çözündürülür. Bu zenginleştirme işleminin altın, gümüş kazanma verimi %90'ın üzerinde gerçekleşmektedir.

#### 4.4.2. Pamour Parcipine-Ontorio/Kanada Altın, Gümüş zenginleştirme tesisi

1700 t/gün kapasiteli Pamour Porcupine tesisinde ortalama 4.1 g/t Au tenörlü cevher işlenmektedir. Cevherde iri ve ince taneli nabit altın ve pirit, pirotin ve markonitle ince tanede kenetlenmiş altın bulunur. Yan kayaç kil ve kuvarstır.

Kırılıp, bilyalı değirmen-klasifikatör devresinde kaba öğütülen cevher sınıflandırılır. İri mal jiglerde işlenerek iri taneli nabit altın konsantreye alınır ve rafinasyonla külçe altın üretilir. Jig artıkları tekrar öğütme devresine beslenmektedir.

İnce malın kili ve serbestleşmiş kuarsı kaba flotasyonla yüzdürülür. Yüzen ürün bir temizleme flotasyonundan geçirilerek altınsız killer atılır. Basan ürün (flotasyon konsantresi) tikinerlerin ve yoğunlaştırıldıktan sonra öğütülür. Çok ince öğütülen altınlı ön konsantre siyanürleme ile çözündürmeden önce katı/sıvı oranı ayarlaması için tikinerlenir. Tesisin genel altın kazanma verimi % 90'ın üzerindedir.

#### 4.4.3. Kalgoarlie/Avustralya Tellurid-Nabit Altın zenginleştirme tesisleri

Batı Avustralya'nın Kalgoarlie bölgesinde nasit altın ve telluridler içeren altın yatakları bulunur. Prekambrium döneminde şistler, kuars dolozitler, yeşil kumtaşları içerisinde oluşmuş mineralleşmede tetraedrit bulunur. Nabit altın daha ziyade, çok ince taneli, yan kayaçla kenetlenmiş veya pirit içerisinde, öğütlemeyle de serbestleşmeyecek incelikte mikro tanecikler şeklinde bulunur.

Kayda değer iri nabit altını bulunmayan 8.5 g/t altın tenörlü, Kalgoarlie telluridleri 500 t/gün kapasiteli bir tesiste değerlendirilmektedir. Bu tesiste ince öğütülen cevher önce NaCN ile çözündürülür. Çözünmeyip liç artıklarına geçen telluridler flotasyonla yüzdürülüp konsantreye alınır. Tellurid konsantresi kavrulur. Telluridler kalsine olarak liç devresine beslendiğinde kolaylıkla çözünerek siyanür çözeltisine geçmektedir.

#### 4.4.4. Tayoltito-Sen Luis/Meksika Gümüş zenginleştirme tesisi

450 ton/gün kapasiteli Tayoltito tesisinde 450-500 g/t Ag, 0.6-0.7 g/t Au içeren gümüş cevheri işlenmektedir. Cevherin gümüş içeriği altınlı arjantinilere (AgS) bağlıdır. Cevherde çok az miktarda kalkopirit ve galen bulunur. Yan kayaç kuarslardan oluşur, arjantinitle çok ince kenetlenmiştir. Tesiste cevher ince öğütülüp NaCN ile gümüş ve altın mineralleri çözündürülür. Berraklaştırma ve oksijen uzaklaştırma işlemlerinden sonra temiz gümüş çözeltisinden toz çinko ile gümüş çöktürülerek külçe gümüş üretilmektedir.

## 5. CEVHER HAZIRLAMA ETÜTLERİ

### 5.1. Örneğin Tanımı

Etibank-Gümüşköy tesis artıklarından harmanlanarak alınan örnek 10 cm kalınlığında bir tabaka halinde kuru zemine serilmiş 16 saat oda şartlarında bekletilerek nemi kurutulmuştur. Kurutulan malzeme 4 meşh'lik elekten geçirilmiş ve elek altı-elek üstü olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Elek üstü merdaneli kırıcıya beslenerek 4 meşh altına indirilmiştir. Tüm örnek sistematik bir şekilde harmanlanmıştır.

### 5.2. Kimyasal Analizler

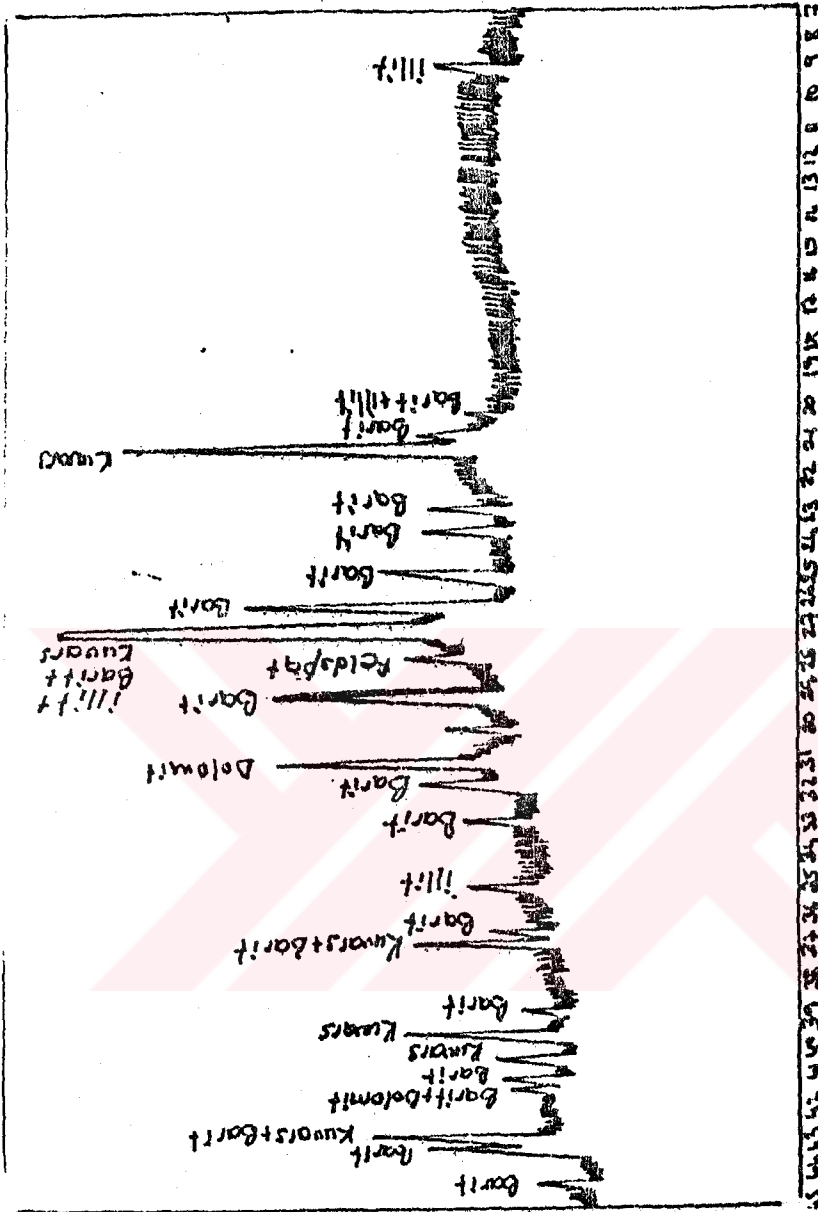
Örnek  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3$  ile eritip yapılarak çözeltiye getirilip çözeltiden gravimetrik yöntemle;  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ , kolorimetrik yöntemle;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , volumetrik yöntemle CaO tayini yapılmıştır. Diğer aşamalardaki NaCN tayini de volumetrik yöntemle, Ag tayini ise aletli analiz (atomik adsorbsiyon) yöntemiyle yapılmıştır. Örneğin komple kimyasal analizi Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Örneğin Komple Kimyasal Analiz Sonuçları.

Madde	% Miktarı
$\text{SiO}_2$	51.15
$\text{BaSO}_4$	20.62
$\text{CaCO}_3$	11.42
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3.84
$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.76
Diğer (Zn, Pb, Ag, v.s)	8.21
Toplam	100.00

### 5.3. Minerolojik Özellikler

Örneğin x-ışınları difraktametre biriminde minerolojik yapısı incelendiğinde saptanan mineraller ve difraktagramları Şekil 5.1'de gösterilmiştir. İncelemede örneğin esas olarak kuvars, bir miktar barit ve çeşitli miktarlarda fe'dspat, dolomit ve illit minerallerinden oluştuğu görülmüştür.



Kuvars	: $\text{SiO}_2$
Barit	: $\text{BaSO}_4$
Feldspat	: $(\text{Na, K}) \text{AlSi}_3\text{O}_8$
Dolomit	: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Illit	: $\text{K-Na-Mg-Fe-Al-Si-O-H}_2\text{O}$

Şekil 5.1. Örneğin x-ışınları difraktogramı ve saptanan mineraller.

#### 5.4. Örneğin Boyut Analizi

Örnekten harmanlanarak konileme-dörtleme yöntemi ile elek analizi için örnek alınmıştır. Alınan örneğin yaş olarak elek analizi yapılmış ve boyutlara göre BaSO<sub>4</sub> ve Ag tenörleri tayin edilmiştir.

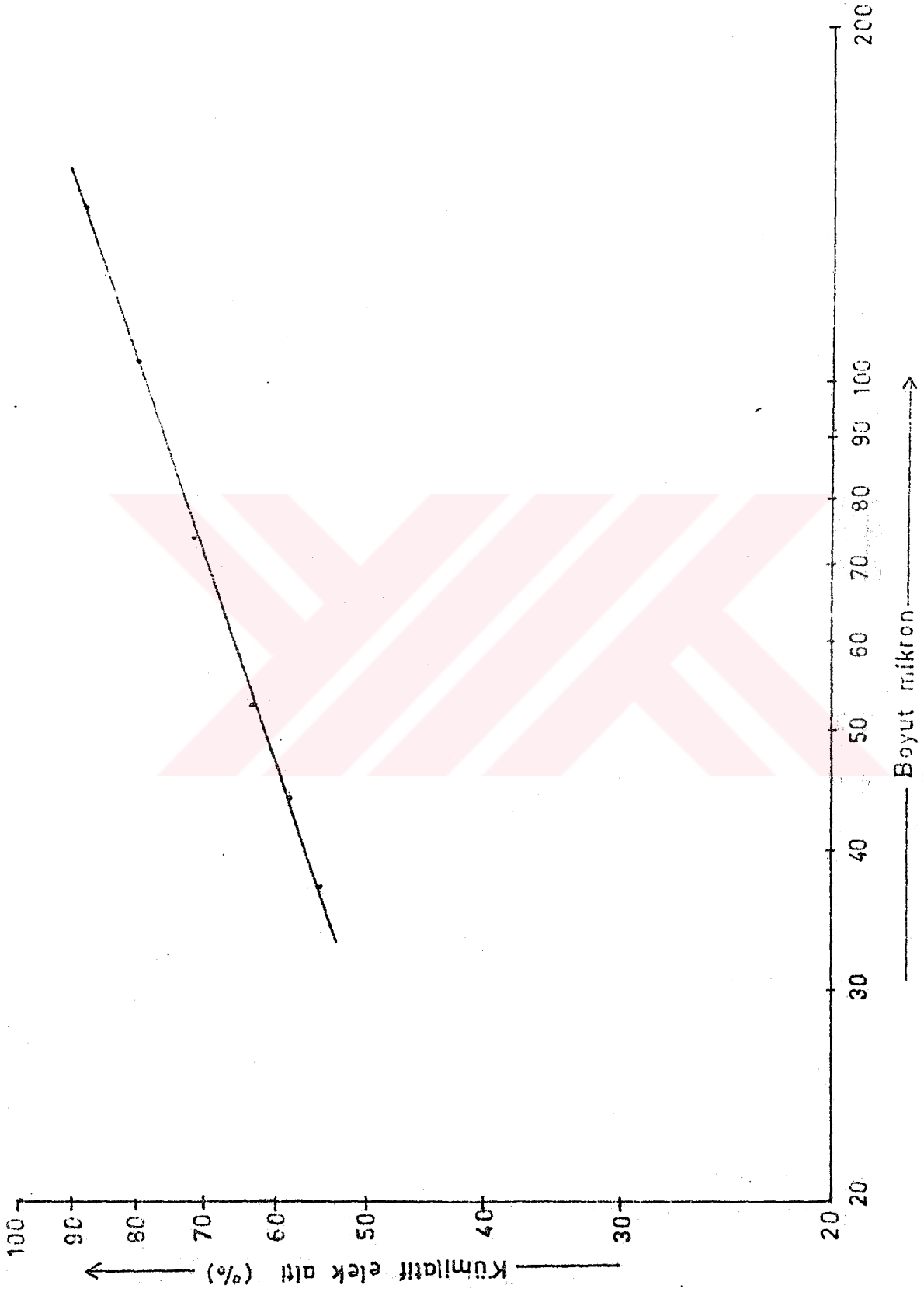
Elek analizinin dağılım sonuçları Çizelge 5.2'de, grafiksel olarak ise Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Elek analizi sonuçlarına göre örneğin % 55.88'lik bir kısmını -37 mikron boyutunun oluşturduğu görülmektedir. -74 mikron altı ise % 71.37'lik bir değerdedir.

Çizelge 5.3'de boyut sınıflarına göre BaSO<sub>4</sub> dağılımları, Çizelge 5.4'de de boyut sınıflamasına göre Ag dağılımları görülmektedir. BaSO<sub>4</sub> miktarı iri boyutlarda düşük tenörde bulunmakta ve boyut inceliğiyle tenör değeri yükselmektedir. -37 mikron boyutunda tenör kısmen düşmekle beraber miktar olarak toplam baritin % 57'lik bir kısmı bu boyutta bulunmaktadır.

Gümüş ise tenör olarak iri boyutlardan ince boyut sınıflarına doğru bir azalma göstermektedir. +149 mikron boyutunda 160 ppm'lik gümüş tenörü -37 mikron boyutunda 73 ppm değerine kadar düşmektedir. Buna rağmen toplam gümüşün % 41'i -37 mikronluk kısımda toplanmaktadır.

Çizelge 5.2. Örneğin Yaş Elek Analizi Dağılımı Sonuçları

Boyut (mikron)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Σ Elek altı %	Σ Elek üstü %
--- + 149	170	11.70	---	11.70
- 149 + 105	127	8.74	88.30	20.44
- 105 + 74	119	8.19	79.56	28.63
- 74 + 53	113	7.78	71.37	36.41
- 53 + 44	58	3.99	63.59	40.40
- 44 + 37	54	3.72	59.60	44.12
- 37 ---	812	55.88	55.88	---
Toplam	1453	100.00	---	---



Şekil 5.2. Örneğin yaş elek analiz sonuçlarının grafiksel gösterimi.



### 5.3. Yaş Elek Analizinde Boyutlara Göre %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Boyut (mikron)	Miktar %	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> verimi (%)
+ 149	11.70	8.80	5.01
- 149 + 105	8.74	17.91	7.62
- 105 + 74	8.19	23.63	9.43
- 74 + 53	7.78	29.15	11.05
- 53 + 44	3.99	20.69	4.02
- 44 + 37	3.72	27.54	4.99
- 37	55.88	21.27	57.88
Toplam	100.00	20.53	100.00

### Çizelge 5.4. Yaş Elek Analizinde Boyutlara Göre %Ag Dağılımı.

Boyut (mikron)	Miktar (%)	Tenör ppm Ag	Ag verimi %
+149	11.70	160	18.85
-149 +105	8.74	133	11.70
-105 +74	8.19	133	10.97
-74 +53	7.78	113	8.86
-53 +44	3.99	107	4.30
-44 +37	3.72	113	4.24
-37	55.88	73	41.08
Toplam	100.00	99.29	100.00

### 5.5. Örneğin Sınıflandırılması

Deneysel çalışmalarda yeterli gelecek miktarda örnek alınıp 74 mikron ve 37 mikronluk eleklerden yaş olarak elemek suretiyle 3 ayrı sınıf örnek elde edilmiştir. Bu sınıflandırılmış boyut aralıklarındaki numunelerin miktar olarak, %BaSO<sub>4</sub> ve %Ag olarak dağılım sonuçları Çizelge 5.5, 5.6 ve 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Sınıflama Boyut Dağılım Sonuçları.

Boyut (mikron)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Σ Elek altı %	Σ Elek üstü %
--- +74	2590	32.37	---	32.37
-74 +37	1055	13.19	67.63	45.56
-37 ---	4355	54.44	54.44	---
Toplam	8000	100.00	---	---

Çizelge 5.6. Sınıflama %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı

Boyut (mikron)	Miktar %	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> verimi (%)
+74	32.37	16.89	25.25
-74 +37	13.19	27.25	16.60
-37	54.44	23.13	58.15
Toplam	100.00	21.65	100.00

Çizelge 5.7. Sınıflama %Ag Dağılımı.

Boyut (mikron)	Miktar (%)	Tenör ppm Ag	Ag verimi %
+74	32.37	183.28	51.50
-74 +37	13.19	111.43	12.76
-37	54.44	75.63	35.74
Toplam	100.00	115.20	100.00

### 5.6. Örneğin -74 Mikron Altına Öğütülerek Sınıflandırılması

Deneysel çalışmalara yetebilecek miktarda alınan örnek 74 mikronluk eleklerle elenerek elek altı ve elek üstü ayrı ayrı alınmış; elek üstü kuru olarak bilyalı değirmende kademeli olarak öğütülerek 74 mikronluk elekten geçirilmiştir.

Tamamı 74 mikron altına indirilen örnek 37 mikronluk ya da olarak eleklerle elenerek +37 ve -37 mikronluk olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Ayrılmış boyutların dağılım

sonuçları, %BaSO<sub>4</sub> dağılımları ve %Ag dağılımları Çizelge 5.8-5.9 ve 5.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.8. Öğütme Sonrası Sınıflama Dağılım Sonuçları.

Boyut (Mikron)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Σ Elek Altı (%)	Σ Elek Üstü (%)
--- + 37	43.05	28.70	---	28.70
- 37 ---	10695	71.30	71.30	---
Toplam	15000	100.00	---	---

Çizelge 5.9. Öğütme Sonrası Sınıflama %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Boyut (mikron)	Miktar %	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> verimi (%)
- + 37	28.70	23.17	33.98
- 37 -	71.30	18.12	66.02
Toplam	100.00	19.57	100.00

Çizelge 5.10. Öğütme Sonrası Sınıflama %Ag Dağılımı.

Boyut (mikron)	Miktar %	Tenör (ppm Ag)	Ag verimi (%)
- + 37	28.70	140	38.50
- 37 -	71.30	90	61.50
Toplam	100.00	104.35	100.00

### 5.7. -37 Mikronluk Sınıfların Boyut Dağılımı.

Bu aşamada örneğin büyük bir miktarını oluşturan -37 mikronluk boyut sınıfının boyut analizi yapılmış ve bu kısım tanınmaya çalışılmıştır. inceleme; öğütme öncesinde sınıflandırma sonundaki ve öğütme sonu sınıflamayla elde edilen olmak üzere iki ayrı 37 mikron altı boyutta yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bu boyutlarda asıl yığılmanın 5,20 mikron arasında olduğu görülmektedir ve 10 mikron altı kısım %50-60 civarındadır.

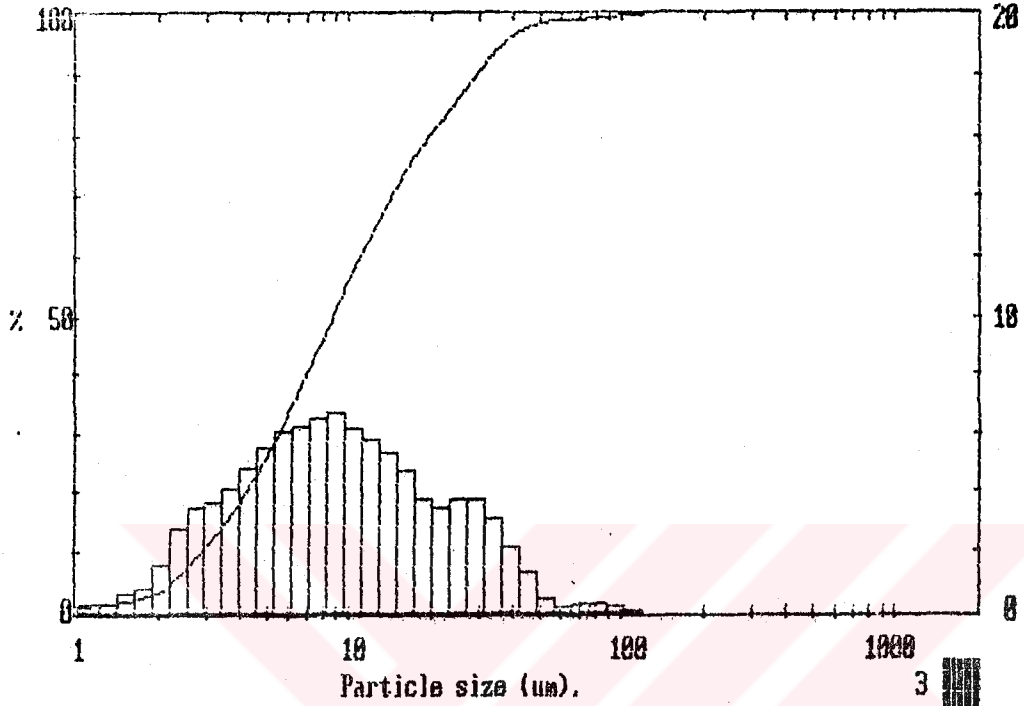
Öğütme öncesindeki örneğe göre % 58.7 olan bu oran öğütme sonrasındaki örnekte % 54.1 olarak düşüş göstermiştir. 5 mikronun altında kalan kısımda yaklaşık % 25'lik bir kısmı teşkil etmektedir. Sonuçlar Çizelge 5.11 ve 5.12'de tablo olarak, Şekil 5.3 ve 5.4'de de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.11. - 37 Mikron Boyutunun Partikül Boyut Analizi Dağılımı

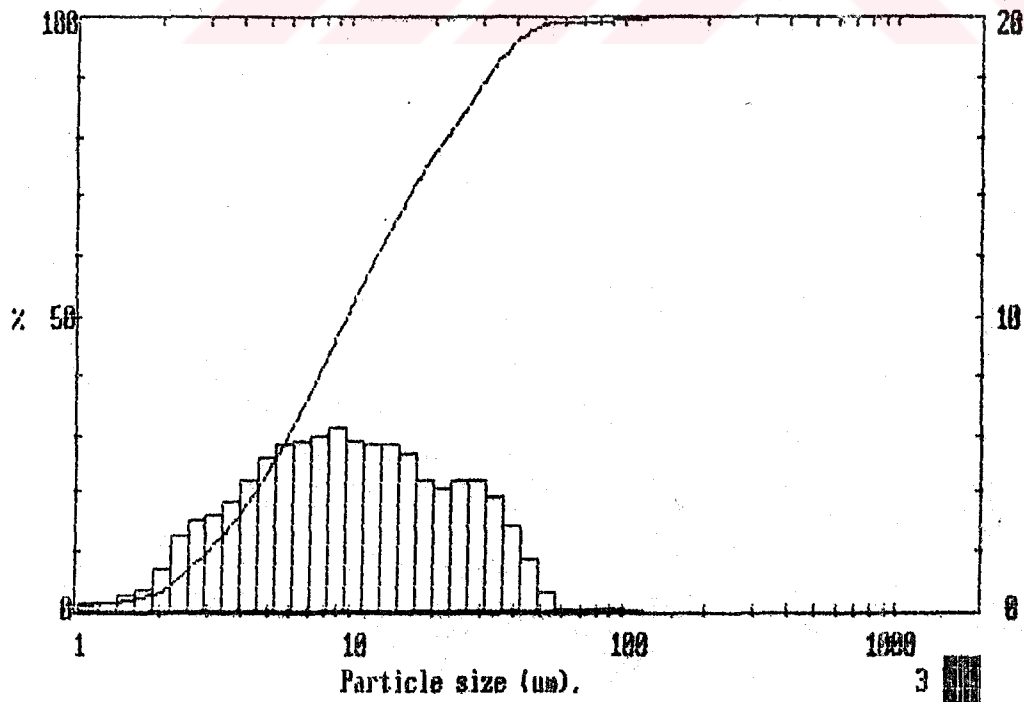
Boyut (mikron)	Miktar (%)	$\Sigma$ Elek altı (%)	$\Sigma$ Elek üstü (%)
+ 54.9	1.0	---	1.0
- 54.9 + 33.7	5.4	99.0	6.4
- 33.7 + 23.7	8.9	93.6	15.3
- 23.7 + 17.7	7.3	84.7	22.6
- 17.7 + 13.6	8.8	77.4	31.4
- 13.6 + 10.5	9.9	68.6	41.3
- 10.5 + 8.2	11.3	58.7	52.6
- 8.2 + 6.4	10.9	47.4	63.5
- 6.4 + 5.0	10.1	36.5	73.6
- 5.0 + 3.9	8.5	26.4	82.1
- 3.9 + 3.0	6.5	17.9	88.6
- 3.0 + 2.4	5.6	11.4	94.2
- 2.4 + 1.9	3.1	5.8	97.3
- 1.9 + 1.5	1.1	2.7	98.4
- 1.5 + 1.2	0.5	1.6	98.9
- 1.2	1.1	1.1	---
Toplam	100.00	---	---

Çizelge 5.12. Öğütme Sonundaki -37 Mikron Sınıfının Boyut Dağılımı.

Boyut (Mikron)	Miktar (%)	$\Sigma$ Boyut Altı (%)	$\Sigma$ Boyut Üstü (%)
+ 54.9	0.4	---	0.4
- 54.9 + 33.7	7.1	99.6	7.5
- 33.7 + 23.7	10.4	92.5	17.9
- 23.7 + 17.7	8.5	82.1	26.4
- 17.7 + 13.6	9.7	73.6	36.1
- 13.6 + 10.5	9.8	63.9	45.9
- 10.5 + 8.2	10.6	54.1	56.5
- 8.2 + 6.4	10.1	43.5	66.6
- 6.4 + 5.0	9.6	33.4	76.2
- 5.0 + 3.9	7.7	23.8	83.9
- 3.9 + 3.0	5.6	16.1	89.5
- 3.0 + 2.4	5.0	10.5	94.5
- 2.4 + 1.9	2.8	5.5	97.3
- 1.9 + 1.5	1.0	2.7	98.3
- 1.5 + 1.2	0.5	1.7	98.8
- 1.2 ---	1.2	1.2	---
Toplam	100.0	---	---



Şekil 5.3. -37 Mikron Sınıfının Boyut Dağılımının Grafikselleştirilmesi.



Şekil 5.4. Öğütme Sonu -37 Mikron Sınıfının Boyut Dağılımının Grafikselleştirilmesi.

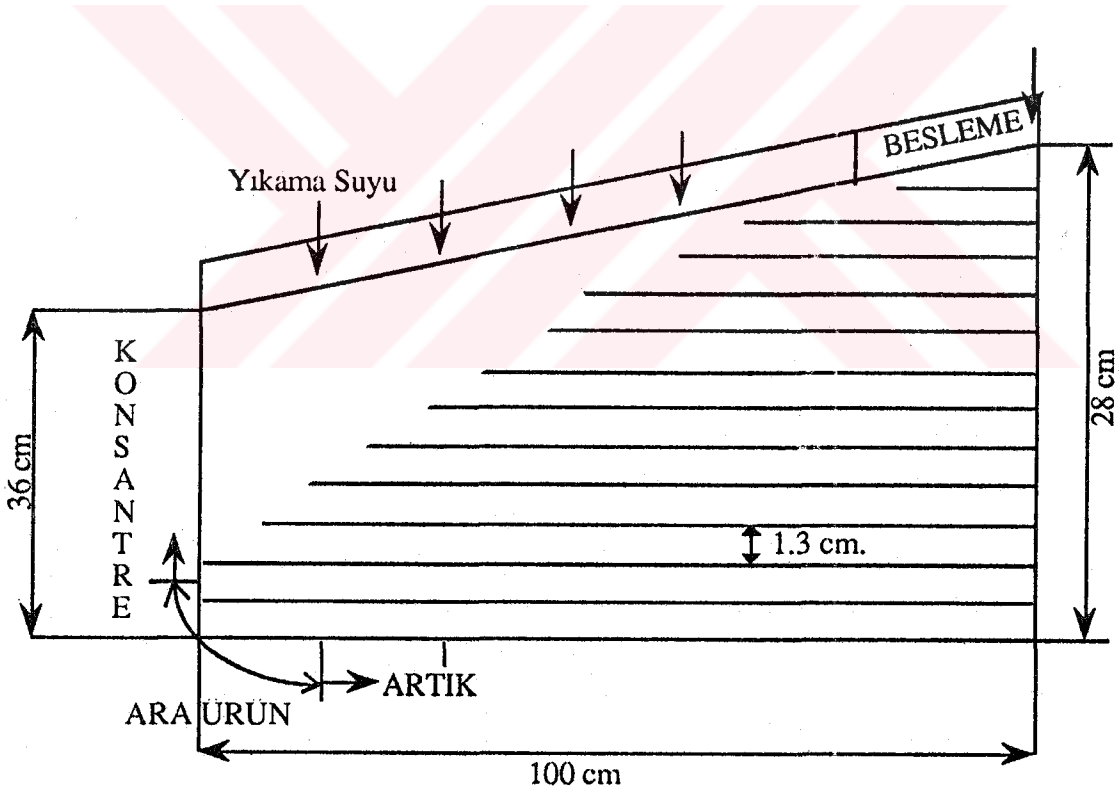
## 6. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

Cevherin zenginleştirilmesi iki aşamada düşünülmüştür. Birinci aşamada barit ( $BaSO_4$ ) kazanımı için sallantılı masa; flotasyon ve Multi Gravity Seperatör ile çalışılmıştır. Bu çalışmalarda barit kazanımları incelendiği gibi Ag dağılımları da izlenmeye çalışılmıştır. İkinci aşamada Ag kazanımı için siyanür liç yöntemi kullanılmıştır.

Deneylerde öncelikle orjinal örnek olduğu gibi zenginleştirilmeye çalışılmış daha sonra sınıflanmış ürünler üzerinde deneylere devam edilmiştir.

### 6.1. Sallantılı Masa İle Yapılan Deneyler

Masa zenginleştirme deneyleri laboratuvarında bulunan standart eşikli, düşük kapasiteli masada yapılmıştır. Masa boyutlandırılması Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Zenginleştirmede kullanılan sallantılı masa boyutlandırması.

Çalışmalar tane boyutunun ince olması gözönünde bulundurularak masanın enine ve boyuna eğimleri küçük olacak şekilde ayarlanarak gerçekleştirilmiştir. Sallanma genliğinin az ve frekansının büyük seçilmesiyle ince boyut ayırma etkinliği artırılmaya

çalışılmıştır. Yıkama suyu ince boyutlarda daha az, iri boyutlarda ise daha fazla olacak şekilde kullanılmıştır. Besleme ise %30 pulp yoğunluğundaki besleme kabından besleme pompası ile sabit hızla ve homojen bir şekilde yapılmaya çalışılmıştır. Konsantre ve ara ürün ayırma bıçakları ise örneğin ayrılma konumlarına göre ayarlanmıştır.

### 6.1.1. Orjinal örnek masa zenginleştirilmesi

Orjinal örnek su içerisinde homojen olarak karıştırılıp dağıtılarak pompa ile masaya beslenmiştir. Çalışma şartları aşağıdaki gibidir;

Pulp yoğunluğu	: %30
Besleme hızı	: 0.25 kg/dak
Yıkama suyu	: 6 lt/dak
Sallanma genliği	: 10 mm
Sallanma frekansı	: 6.5 salınım/sn
Boyuna eğim	: 2°
Enine eğim	: 2°

Deney sonuçları %BaSO<sub>4</sub> dağılımında konsantre tenörü %34.50'ye çıkmakla beraber verimi %21.65'dir. Artıkta ise baritin %51.40'ı %16.52 BaSO<sub>4</sub> tenörlü olarak bulunmaktadır. Tane boyut dağılımının geniş bir aralıkta olması ayırma etkinliğini düşürmüştür (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. Orjinal Örnek Masa Zenginleştirilmesi %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	12.46	34.50	21.65
Ara Ürün	25.80	20.73	26.95
Artık	61.74	16.52	51.40
Toplam	100.00	19.85	100.00

Orjinal örneğin masa zenginleştirilmesi Ag dağılımı incelendiğinde konsantre ve ara üründe daha yüksek tenörlerde bulunduğu, artıktaki ise düşük bir tenör değerinde olmasına rağmen toplam gümüşün %53.82'sinin bulunduğu görülmektedir (Çizelge 6.2).



Çizelge 6.2. Orjinal Örnek Masa Zenginleştirilmesi Ag Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	12.46	120	14.02
Ara Ürün	25.80	133	32.16
Artık	61.74	93	53.82
Toplam	100.00	106.6	100.00

### 6.1.2. Sınıflandırılmış örnek masa zenginleştirilmesi

+74, -74 +37, -37 mikron boyutlarına sınıflandırılmış örneklerden yeterli miktarlarda alınarak masaya beslenmiştir. Masa şartları tane boyutları dikkate alınarak ayarlanmıştır. Deney sonuçları BaSO<sub>4</sub> dağılımı ve Ag dağılımları incelenerek verilmiştir. Tüm deneylerden sonra sınıf aralıklarının masa zenginleştirilme sonuçları toplama göre düzenlenerek daha iyi yorumlamaya olanak sağlanmıştır.

#### 6.1.2.1. +74 mikron boyutu masa zenginleştirilmesi

Çalışma şartları;

Pulp yoğunluğu	: %30
Besleme hızı	: 0.25 kg/dak
Yıkama suyu	: 6 lt/dak
Sallanma genliği	: 10 mm
Sallanma frekansı	: 5.0 salınım/sn
Boyuna eğim	: 1°
Enine eğim	: 3°

Sonuçlar Çizelge 6.3 ve 6.4'de verilmiştir. Konsantre ve baritin %39.68'i %47.46 BaSO<sub>4</sub> tenörlü olarak bulunmaktadır. Artık ise baritin %45.18'ini %12.17 BaSO<sub>4</sub> tenörlü olarak bulundurmaktadır. Gümüş artıktaki 210 ppm değerinde bulunduğu gibi toplam gümüşün %71.66'lık bir kısmını oluşturmaktadır.

Çizelge 6.3. Sınıflama Sonu +74 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirmesi %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör % BaSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub> Verimi %
Konsantre	14.09	47.46	39.68
Ara Ürün	23.36	10.92	15.14
Artık	62.55	12.17	45.18
Toplam	100.00	16.85	100.00

Çizelge 6.4. Sınıflama Sonu +74 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirmesi %Ag Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	14.09	120	9.22
Ara Ürün	23.36	150	19.12
Artık	62.55	210	71.66
Toplam	100.00	183.28	100.00

#### 6.1.2.2. -74 +37 mikron boyutu masa zenginleştirmesi

Çalışma şartları;

Pulp yoğunluğu : %30

Besleme hızı : 0.25 kg/dak

Yıkama suyu : 6 lt/dak

Sallanma genliği : 10 mm

Sallanma frekansı : 5.0 salınım/sn

Boyuna eğim : 1°

Enine eğim : 2°

Sonuçlar Çizelge 6.5 ve 6.6'da verilmiştir. Konsantre olarak %83.94 verimli %61.66 BaSO<sub>4</sub> tenörlü ürün alınmıştır. Gümüş ise ara ürün ve artıktaki daha fazla miktarda bulunmaktadır.

Çizelge 6.5. Sınıflama Sonu -74 +37 Mikron Boyutu Masa Zenginleşirmesi %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	36.81	61.66	83.94
Ara Ürün	36.24	7.22	9.68
Artık	26.95	6.40	6.38
Toplam	100.00	27.03	100.00

Çizelge 6.6. Sınıflama Sonu -74 +37 Mikron Boyut Masa Zenginleşirmesi %Ag Dağılımı

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	36.81	81	26.76
Ara Ürün	36.24	133	43.25
Artık	26.95	124	29.99
Toplam	100.00	111.43	100.00

### 6.1.2.3. -37 mikron boyutu masa zenginleşirmesi.

Çalışma şartları;

Pulp yoğunluğu : %30

Besleme hızı : 0.15 kg/dak

Yıkama suyu : 5 lt/dak

Sallanma genliği : 10 mm

Sallanma frekansı : 6.5 salınım/sn

Boyuna eğim : 1°

Enine eğim : 1°

Baritin %5.83'lük kısmı %46.48 BaSO<sub>4</sub> tenörlü olarak konsantreye alınabilmiştir.

Verimsiz bir ayırma gerçekleşmiştir. Gümüş ise hemen hemen değişmeden kalmıştır.

Sonuçlar Çizelge 6.7 ve 6.8'de görülmektedir.

Çizelge 6.7. Sınıflama Sonu -37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	2.90	46.48	5.83
Ara Ürün	4.77	26.59	5.48
Artık	92.33	22.22	88.69
Toplam	100.00	23.13	100.00

Çizelge 6.8. Sınıflama Sonu -37 Mikron Boyutu Masa Zenginleştirilmesi %Ag Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	2.90	88	3.38
Ara Ürün	4.77	79	4.98
Artık	92.33	75	91.64
Toplam	100.00	75.56	100.00

#### 6.1.2.4. Boyutların masa zenginleştirilmesi sonuçlarının toplama göre dağılımı

Ayrı ayrı masa zenginleştirilmesi yapılan boyutların sonuçları toplama göre düzenlenip %BaSO<sub>4</sub> ve %Ag dağılım tabloları yapılmıştır. Bu tablolar Çizelge 6.9 ve 6.10'da görülmektedir.

%BaSO<sub>4</sub> değişimi incelendiğinde %22.22 BaSO<sub>4</sub> tenörlü olarak bulunan ve baritin %52.79'unu bulduran -37 mikron artığı en önemli miktarı oluşturduğu görülmektedir. Artıkların toplamı toplam baritin %65'e yakın bir kısmını teşkil etmektedir. Gümüş ise +74 mikron ve -37 mikron artıklarında büyük miktarlarda bulunmaktadır.

Sonuç olarak, ayırmanın -74 +37 mikron boyutunda etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesine karşın miktar olarak az olması (örnekte) asıl önemin -37 mikron boyutuna verilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Gümüş için ise +74 mikron boyutunun ürünler toplamı toplam gümüşün %52'si kadarını oluşturduğundan bu boyutun öğütülerek sadece gümüş zenginleştirilmesi uygulanması düşünülmeye yol açmaktadır.

Çizelge 6.9. Sınıflama Sonu Masa Zenginleşirmesi Sonuçlarının Toplama Göre %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Bölümler	Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
+ 74	Konsantre	4.70	47.76	10.44
	Ara Ürün	7.78	10.92	3.95
	Artık	20.84	12.17	11.80
- 74 + 37	Konsantre	4.18	61.66	11.99
	Ara Ürün	4.12	7.22	1.38
	Artık	3.06	6.40	0.91
- 37	Konsantre	1.61	46.48	3.48
	Ara Ürün	2.64	26.59	3.26
	Artık	51.07	22.22	52.79
Toplam	---	100.00	21.50	100.00

Çizelge 6.10. Sınıflama Sonu Masa Zenginleşirmesi Sonuçlarının Toplama Göre %Ag Dağılımı.

Bölümler	Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
+ 74	Konsantre	4.70	120	4.88
	Ara Ürün	7.78	150	10.10
	Artık	20.84	210	37.88
- 74 + 37	Konsantre	4.18	81	2.93
	Ara Ürün	4.12	133	4.74
	Artık	3.06	124	3.28
- 37	Konsantre	1.61	88	1.23
	Ara Ürün	2.64	79	1.81
	Artık	51.07	75	33.15
Toplam	---	100.00	115.5	100.00

### 6.1.3. Öğütme sonu sınıflandırılmış örnek masa zenginleştirilmesi

+74 mikron boyutunun kademeli olarak öğütülmesi sonucunda sınıflandırılarak +37 mikron ve -37 mikron boyutlarına ayrılan cevher masaya beslenerek zenginleştirilmeye çalışılmıştır. -37 mikron boyutu yeterli verim elde edilemediğinden masa zenginleştirilmesine uygulanmayıp sadece +37 mikron boyutunda çalışılmıştır.

#### 6.1.3.1. -74 +37 mikron boyutu masa zenginleştirilmesi

Çalışma şartları;

Pulp yoğunluğu : %30

Besleme hızı : 0.20 kg/dak

Yıkama suyu : 6 lt/dak

Sallanma genliği : 10 mm

Sallanma frekansı : 6.5 salınım/sn

Boyuna eğim : 1°

Enine eğim : 1°

Çalışma sonuçları Çizelge 6.11 ve 6.12'de görülmektedir. Deney sonunda %48.26 verimle %78.43 BaSO<sub>4</sub> tenörlü konsantre elde edilmiş, artıktaki ise 31.48 verimli %9.96 BaSO<sub>4</sub> tenörlü ürün kalmıştır. Verim olarak düşük olmasına rağmen tenör olarak yüksek bir değer elde edilebilmiştir. Gümüş ise %80.12'lik bir kısmı 150 ppm değeriyle artıktaki bulunmaktadır.

Çizelge 6.11. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış -74 +37 Mikron Boyut Masa zenginleştirilmesi %BaSO<sub>4</sub> dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	14.26	78.43	48.26
Ara Ürün	12.48	37.63	20.26
Artık	73.26	9.96	31.48
Toplam	100.00	23.17	100.00

Çizelge 6.12. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış -74 +37 Mikron Boyut Masa zenginleştirilmesi %Ag dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	14.26	81	8.42
Ara Ürün	12.48	126	11.46
Artık	73.26	150	80.12
Toplam	100.00	137.2	100.00

6.1.3.2. Öğütme sonu boyutların masa zenginleştirme sonuçlarının toplama göre dağılımları

Zenginleştirme çalışmalarından sonra alınan ürünlerin toplam örneğe göre %BaSO<sub>4</sub> dağılımları Çizelge 6.13, %Ag dağılımları Çizelge 6.14'de verilmiştir. BaSO<sub>4</sub> ve Ag yönünden de -37 mikron boyutunun büyük bir miktar olarak bulunması bu boyutun daha verimli bir şekilde başka bir yöntemle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca toplam örneğin %30.45'lik bir AG miktarını 150 ppm değerinde içinde bulunduran -74 +37 mikron boyutu masa artığı da önemli bir kısmı oluşturmaktadır.

Çizelge 6.13. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış Boyutların Masa Zenginleştirme Sonuçlarının Toplama Göre %BaSO<sub>4</sub> dağılımı.

Boyut	Ürün	Miktar (%)	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
	Konsantre	4.10	78.43	16.42
- 74 + 37	Ara Ürün	3.58	37.63	6.88
	Artık	21.02	9.96	10.68
- 37	---	71.30	18.12	66.02
Toplam	---	100.00	19.57	100.00

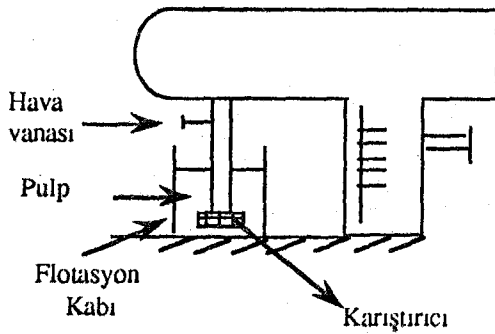
Çizelge 6.14. Öğütme Sonu Sınıflandırılmış Boyutların Masa Zenginleştirme Sonuçlarının Toplama Göre %Ag Dağılımı.

Boyut	Ürün	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
	Konsantre	4.10	81	3.21
- 74 + 37	Ara Ürün	3.58	126	4.36
	Artuk	21.02	150	30.45
- 37	---	71.30	90	61.98
Toplam	---	100.00	103.50	100.00

## 6.2. Flotasyon İle Yapılan Deneyler

Flotasyon çalışmaları; Denver tipi flotasyon makinasında %20 pulp yoğunluğunda, oda sıcaklığındaki çeşme suyu kullanılarak yapılmıştır. Karıştırma hızı sabit olup hava hızı ayarlanabilir özelliindedir. Hücre olarak 1 lt hacimli kap kullanılmıştır.

Flotasyonda; kollektör olarak Oleik asit ve Flotinor S-72 reaktifleri, pH ayarlamak için NaOH, canlandırıcı olarak BaCl<sub>2</sub>, bastırıcı olarak Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ve köpürtücü olarak Dowfroth 250 reaktifleri kullanılmıştır. Deneylede barit minerali yüzdürülmeye çalışılıp gang mineralleri bastırılmıştır.



Şekil 6.2. Deneylede Kullanılan Denver Tipi Flotasyon Makinası.



Deneyler; öğütme sonu sınıflandırılmış -74 +37 mikron ve -37 mikron boyutlarındaki örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir ve en iyi sonuçların elde edildiği deneyler ve sonuçları verilmiştir.

### 6.2.1. -74 +37 mikron boyutu flotasyon zenginleştirilmesi

Bu boyuttaki örnek üzerinde toplayıcı olarak Oleik asit kullanılmıştır.

Çalışma şartları;

pH	: 10.5 (NaOH)
Pulp yoğunluğu	: %20
Kıvam zamanı	: 10 dk
Flotasyon zamanı	: 15 dk
Oleik asit miktarı	: 1000 gr/ton
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> miktarı	: 3000 gr/ton
BaCl <sub>2</sub> miktarı	: 200 gr/ton

Çalışma sonuçları %BaSO<sub>4</sub> dağılımı Çizelge 6.15, %Ag dağılımları ise Çizelge 6.16'da verilmiştir. Deneyde önce kaba konsantre alınıp, bu kaba konsantre daha sonra bir kez temizlenerek temiz konsantre alınmaya çalışılmıştır. Deneyde düşük tenörde yüksek verimde barit konsantresi kazanılmıştır. Artıkta 190 ppm değerli gümüş toplam gümüşün %62.88'lik bir kısmını teşkil etmektedir.

Çizelge 6.15. -74 +37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	25.00	40.99	46.22
Ara Ürün	27.50	34.42	42.68
Artık	47.50	5.18	11.10
Toplam	100.00	22.17	100.00

Çizelge 6.16. -74 +37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %Ag Dağılımı.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	25.00	90	15.20
Ara �r�n	27.50	118	21.92
Artık	47.50	196	62.88
Toplam	100.00	148	100.00

### 6.2.2. -37 mikron boyutu flotasyon zenginleştirmesi

Bu boyutun flotasyon zenginleştirme alışmaları Oleik asitin yanısıra Flotınor S-72 ile de denenmiştir. Oleik asit ile yapılan çalışmalarda oleik asit miktarı artırılarak verim ve tenör artırılmaya çalışılmıştır.

#### 6.2.2.1. -37 mikron boyutu Oleik asit flotasyonu

Çalışma şartları;

pH	: 10.5 (NaOH)
Pulp yoğunluğu	: %20
Kıvam zamanı	: 10 dk
Flotasyon zamanı	: 15 dk
Oleik asit miktarı	: 1000 gr/ton
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> miktarı	: 3000 gr/ton
BaCl <sub>2</sub> miktarı	: 200 gr/ton

Flotasyonda önce kaba konsantre alınmış daha sonra iki kez temizleme yapılmıştır. Reaktif miktarları toplam olarak verilmiştir. Ara  r n iki temizlemenin artığı toplanarak verilmiştir. Çizelge 6.17 ve izelge 6.18'de %BaSO<sub>4</sub> ve %Ag dağılım değişimleri görülmektedir.

Çizelge 6.17. -37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	12.00	47.97	29.67
Ara Ürün	31.20	29.53	47.49
Arık	56.80	7.80	22.84
Toplam	100.00	19.40	100.00

Çizelge 6.18. -37 Mikron Boyutu Oleik Asit Flotasyonu %Ag Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	12.00	83	8.90
Ara Ürün	31.20	112	31.22
Arık	56.80	118	59.88
Toplam	100.00	111.9	100.00

Aynı boyutta Oleik asit miktarı artırılıp diğer şartlar aynı tutularak deney yapılmış ve sonuçları Çizelge 6.19'da verilmiştir.

Çalışma şartları;

pH : 10.5 (NaOH)

Pulp yoğunluğu : %20

Kıvam zamanı : 10 dk

Flotasyon zamanı : 20 dk

Oleik asit miktarı : 1500 gr/ton

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> miktarı : 3000 gr/ton

BaCl<sub>2</sub> miktarı : 200 gr/ton

Deneyde önce kaba konsantre alınıp daha sonra iki kez temizleme yapılmıştır. Temizlemede şartlar aynı alınmıştır. Reaktif miktarları toplam olarak verilmiştir. Temizleme artıkları ara ürün olarak toplanmıştır.

Çizelge 6.19. -37 Mikron Boyutu 1500 gr/ton Oleik Asitle Flotasyonu %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	16.08	51.33	48.26
Ara Ürün	30.36	11.32	20.11
Artık	53.56	10.15	31.63
Toplam	100.00	17.10	100.00

## 6.2.2.2. -37 mikron boyutu Flotiner S-72 ile flotasyonu

Çalışma şartları;

pH : 10 (NaOH)

Pulp yoğunluğu : %20

Kıvam zamanı : 10 dk

Flotasyon zamanı : 10 dk

Oleik asit miktarı : 1000 gr/ton

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> miktarı : 4000 gr/ton

BaCl<sub>2</sub> miktarı : 200 gr/ton

Flotasyon tek aşamada gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Çizelge 6.20'de verilmiştir.

Çizelge 6.20. -37 Mikron Boyutu Flotiner S-72 Flotasyonu %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (%BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
Konsantre	16.00	61.96	49.44
Artık	84.00	12.09	50.66
Toplam	100.00	20.05	100.00

### 6.2.3. Öğütme Sonu Boyutları Flotasyon Sonuçlarının Toplama Göre Dağılımları

Oleik asitle yapılan flotasyon sonuçları toplama göre dağıtılarak Çizelge 6.21 ve 6.22 elde edilmiştir.

Çizelge 6.21. Öğütme Sonrası Boyutların Flotasyon Sonuçlarının Toplama Göre %BaSO<sub>4</sub> Dağılımı

Boyut	Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> Verimi (%)
- 74 + 37	Konsantre	7.18	40.99	14.57
	Ara Ürün	7.89	34.42	13.44
	Artık	13.63	5.18	3.50
- 37	Konsantre	8.56	47.97	20.33
	Ara Ürün	22.24	29.53	32.52
	Artık	40.50	7.80	15.64
Toplam		100.00	20.19	100.00

Çizelge 6.22. Öğütme Sonu Boyutların Flotasyon Sonuçlarının Toplama Göre %Ag Dağılımları.

Boyut	Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
- 74 + 37	Konsantre	7.18	90	5.28
	Ara Ürün	7.89	118	7.62
	Artık	13.63	196	21.84
- 37	Konsantre	8.56	83	5.81
	Ara Ürün	22.24	112	20.37
	Artık	40.50	118	39.08
Toplam		100.00	122.29	100.00

### 6.3. M.G.S. İle Yapılan Deneyle

M.G.S. (Multi Gravite Separatör), laboratuvar ve pilot tesis çapında, sıvı süspansiyon içindeki farklı özgül ağırlıklı minerallerin sürekli veya süreksiz ayırımında kullanılan gravite ayırıcısıdır. Ayırma boyutunun 1 mikrona kadar indiği ve çok ince taneler için verimli ayırmalar yapabildiği belirtilmektedir.

M.G.S. ayırıcısı saat yönünde dönme yapan ve çok az konik şekilli, bir eksen üzerinde sinüsoidal çalkalanma yapan açık yüzü tamburdan oluşmaktadır. Besleme tambur içerisine orta kısımdan delikli yüzükler aracılığı ile yapılmaktadır. Yıkama suyu da benzer şekilde tambur konsantre kenarına yakın bölgesinden delikli yüzük yardımıyla tambur içerisine verilmektedir. Tambur içersinde tamburun çalkalanması ile yanı yönde fakat biraz daha hızlı hareket eden sıyrıcı bıçaklar bulunmaktadır.

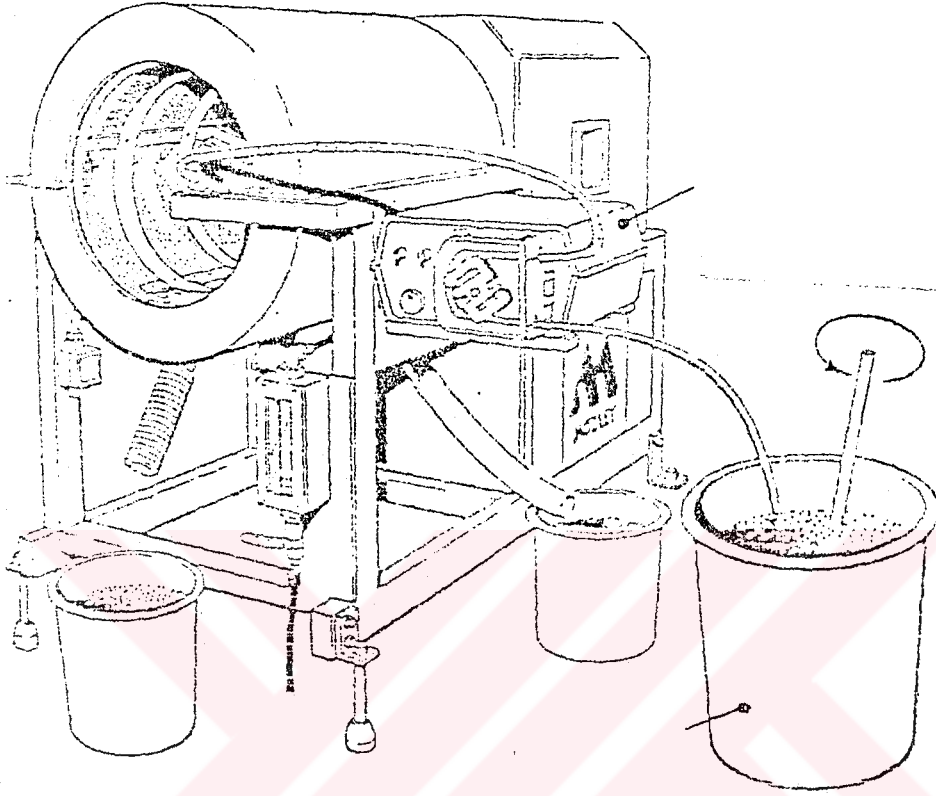
Çalışma sırasında dönme etkisi ile ağır taneler ileriye doğru (konsantre kenarı) itildiği gibi ağır tanelerin tambur yüzeyine daha fazla yapışması sağlanmaktadır. Periyodik olarak yapılan çalkalanma ile ağır taneler konsantre çıkışına doğru itilmektedirler. Sıyırma bıçakları ise pulpun her bir tanesine daha fazla şans vermek için karıştırma yapmaktadır. Tüm bu konsantre çıkışına doğru itme kuvvetlerine karşılık makinanın eğim açısının etkisiyle taneleri ters tarafa (artık kenarına ) doğru sürükleyen yıkama suyu akışı vardır.

Tipik olarak uygulama alanları;

- Değerli metal yada minerallerin ayırımı
- Ağır metallerin yada endüstriyel minerallerin (barit, kromit, kömür, vb.) önkonsantrelerinin elde edilmesi
- Metal oksitlerin, sülfidlerin ve uranyum gibi nadir elementlerin birincil cevherden ayrılması.
- Alüvyonel cevherlerin değerlendirilmesi olarak belirtilmektedir.

Bazı çalışma özellikleri aşağıda verilen M.G.S. ayırıcısı Şekil 6.3'de görülmektedir.

Kapasite	: 0.2 (ton/h)'e kadar
Besleme boyutu	: 500 mikron altı
Besleme pulp yoğunluğu	: %10-50 (ağırlıkça) arası
Dönme hızı	: 1.00-2.80 rpm (d/dak)
Çalkalanma frekansı	: 4.0 -4.8 - 5.7 cps gidip gelme/saniye
Çalkalanma genliği	: 10 -15 - 20 mm
Eğim açısı	: 0 - 9 <sup>0</sup> arası
Yıkama suyu	: 0 - 10 lt/dak arası.



Şekil 6.3. Multi Gravity Separator Ayırıcısı Görünüşü.

M.G.S. ile yapılan çalışmalar, orjinal örnek ve öğütme sonunda sınıflandırmayla elde edilen -37 mikron boyutlu örnekler üzerinde yapılmıştır. Orjinal örnek ile makina çalışma parametreleri ayrı ayrı denenmiş, sonrasında yüksek verim veya yüksek tenör almalarına göre parametreler seçilerek denemeler yapılmıştır. -37 mikron boyutundaki çalışmalarda seçilen parametrelere göre konsantre elde edilmeye çalışılmıştır.

### 6.3.1. Orjinal artığın M.G.S. ile barit zenginleştirilmesi

İlk olarak çalışmalarda örnek miktarı, pulp yoğunluğu ve çalışma zamanları sabit tutularak sırasıyla, eğim, dönme hızı, yıkama suyu miktarı, salınım frekansı, salınım genliği, salınım frekansı ve besleme zamanı değiştirilerek tenör ve verim değişimleri incelenmiştir. Daha sonra artıktaki tenör değişiminin incelenmesi için iki adet deney yapılmıştır. Son olarak seçilen parametreler doğrultusunda iki çalışma yapıp barit ve gümüş dağılımları araştırılmıştır.

### 6.3.1.1. Eğimin değiştirilmesi ile yapılan deneyler

Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 204 d/dak
Salınım genliği	: 10 mm
Salınım frekansı	: 5.7 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 3 lt/dak
Çalışma zamanı	: 4 dak
Eğim	: 6 <sup>0</sup> , 4 <sup>0</sup> , 2 <sup>0</sup> , 0 <sup>0</sup>

Eğim değişimiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.23, 6.24, 6.25, 6.26'da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde eğim açısı küçükten büyüğe doğru verim düşme gösterirken tenör artmaktadır. Yalnız çok yüksek açı değerlerinde tanelerin yıkama ürünü olarak yani makina içerisinde kalması nedeniyle yüksek miktarda değer kalmaktadır. Bu durumun çalışma süresinin arttırılmasıyla giderilebileceği düşünülebilir. Yalnız sürenin artması ile birlikte tambur içerisinde bulunan örnek miktarının azalması ve tanelerin yarı yarıya artık ve konsantre kenarlarından alınabilme durumları da gözardı edilmemelidir.

Çizelge 6.23. 0<sup>0</sup>lik Eğimdeki Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	43.50	30.42	64.18
Yıkama	7.10	33.52	11.46
Artık	49.40	10.18	24.36
Besleme	100.00	20.64	100.00



Çizelge 6.24. 20<sup>o</sup>lik Eğitimdeki Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	38.20	32.47	60.66
Yıkama	8.90	34.22	15.00
Artık	52.90	9.40	24.34
Besleme	100.00	20.40	100.00

Çizelge 6.25. 40<sup>o</sup>lik Eğitimdeki Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	26.50	39.29	49.75
Yıkama	12.00	41.99	24.18
Artık	61.50	8.88	26.07
Besleme	100.00	20.92	100.00

Çizelge 6.26. 60<sup>o</sup>lik Eğitimdeki Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	19.00	30.30	28.33
Yıkama	15.40	51.73	39.18
Artık	65.60	10.10	32.49
Besleme	100.00	20.37	100.00

### 6.3.1.2. Dönme hızının değiştirilmesi ile yapılan deneyler

Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 180, 200, 220, 240 d/dak
Salınım genliği	: 10 mm
Salınım frekansı	: 5.7 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 3 lt/dak
Çalışma zamanı	: 4 dak
Eğim	: 4°

Dönme hızının değiştirilmesiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.27, 6.28, 6.29, 6.30'da verilmiştir. Tenör değeri dönme hızı artarken azalmakta ve en iyi tenör düşük hızda yani 180 d/dak'da elde edilmektedir. Verim ise tenöre göre ters olarak değişmekte, hız artışında verimde de artış görülmektedir. En iyi verim 240 d/dak'da elde edilmesine rağmen tenör çok düşük bir değerde kalmaktadır.

Çizelge 6.27. 180 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	6.76	67.02	23.76
Yıkama	11.89	48.35	30.13
Artık	81.35	10.81	46.11
Besleme	100.00	19.07	100.00

Çizelge 6.28. 200 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	18.35	41.60	34.00
Yıkama	16.04	41.73	29.80
Artık	65.61	12.39	36.20
Besleme	100.00	22.45	100.00

Çizelge 6.29. 220 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	33.68	28.72	47.58
Yıkama	13.72	31.20	21.06
Artık	52.60	12.12	31.36
Besleme	100.00	20.03	100.00

Çizelge 6.30. 240 d/dak Dönme Hızında Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	45.82	26.58	60.92
Yıkama	12.15	26.79	16.28
Artık	42.03	10.84	22.80
Besleme	100.00	20.00	100.00

### 6.3.1.3. Yıkama suyunun değiştirilmesi ile yapılan deneyler

Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 200 d/dak
Salınım genliği	: 10 mm
Salınım frekansı	: 5.7 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 1.5, 2, 3, 4, 5, 6 lt/dak
Çalışma zamanı	: 4 dak
Eğim	: 4 <sup>0</sup>

Yıkama suyunun değiştirilmesiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.31, 6.32, 6.33, 6.34, 6.35, 6.36'da gösterilmektedir. Yıkama suyunun artışı ile birlikte tenör değerlerinde artış görülmektedir. Verim değerlerinde ise çok büyük değişimler olmamakta yıkama olarak alınan üründe azalma görülmektedir. En iyi tenör değeri 6.0 lt/dak'lık yıkama suyu ile yapılan çalışmada elde edilmiştir. Burada %60.47'lik bir BaSO<sub>4</sub> tenörü elde edilmiştir.

Çizelge 6.31. 1.5 lt/dak Yıkama Suyu İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	27.95	30.45	38.73
Yıkama	15.94	42.68	30.95
Artık	56.11	11.88	30.32
Besleme	100.00	21.98	100.00

Çizelge 6.32. 2.0 lt/dak Yıkama Suyu İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	23.46	31.60	38.32
Yıkama	14.28	45.73	33.75
Artık	62.26	8.68	27.93
Besleme	100.00	19.35	100.00

Çizelge 6.33. 3.0 lt/dak Yıkama Suyu İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	19.92	36.67	36.02
Yıkama	14.94	42.28	31.15
Artık	65.14	10.22	32.83
Besleme	100.00	20.27	100.00

Çizelge 6.34. 4.0 lt/dak Yıkama Suyu İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	17.10	48.02	43.67
Yıkama	13.48	28.98	20.77
Artık	69.42	9.63	35.56
Besleme	100.00	18.80	100.00

Çizelge 6.35. 5.0 lt/dak Yıkama Suyu İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	15.59	51.28	45.91
Yıkama	12.28	31.85	22.46
Artık	72.13	7.64	31.63
Besleme	100.00	17.41	100.00

Çizelge 6.36. 6.0 lt/dak Yıkama Suyu İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	12.15	60.47	37.99
Yıkama	12.75	38.78	25.55
Artık	75.10	9.73	36.46
Besleme	100.00	19.34	100.00

#### 6.3.1.4. Salınım genliği değişimi ile yapılan deneyler

##### Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: %30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 200 d/dak
Salınım genliği	: 10 - 15 - 20 mm
Salınım frekansı	: 5.7 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 3 lt/dak
Çalışma zamanı	: 4 dak
Eğim	: 4 <sup>0</sup>

Salınım genliği değişimiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.37, 6.38, ve 6.39'da verilmektedir. Salınım genliği arttığı durumlarda tenörlerde bir artış görülmekte verimde ise tersi olarak azalma görülmektedir. Burada konsantre miktarının da azalması, salınım genliğinin artmasıyla iri tanelerin zenginleştirildiği durumu göstermektedir.

Çizelge 6.37. 10 mm'lik Salınım Genliği İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	19.92	36.67	36.02
Yıkama	14.94	42.28	31.15
Artık	65.14	10.22	32.83
Besleme	100.00	20.27	100.00

Çizelge 6.38. 15 mm'lik Salınım Genliği İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	11.00	64.63	33.85
Yıkama	6.00	47.83	13.67
Artık	83.00	13.27	52.48
Besleme	100.00	21.00	100.00

Çizelge 6.39. 20 mm'lik Salınım Genliği İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	4.97	78.88	18.55
Yıkama	7.55	49.85	17.83
Artık	87.48	15.37	63.62
Besleme	100.00	21.13	100.00

### 6.3.1.5. Salınım frekansı değişimi ile yapılan deneyler

Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 200 d/dak
Salınım genliği	: 10 mm
Salınım frekansı	: 4 - 4.8 - 5.7 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 3 lt/dak
Çalışma zamanı	: 4 dak
Eğim	: 4 <sup>0</sup>

Salınım frekansı değişimi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 6.40, 6.41, 6.42'de verilmektedir. Salınım genliğinin 4.0'dan 5.7'ye doğru artışında tenörde çok az bir değişim olmasına karşın verimde düşme görülmektedir.

Çizelge 6.40. 4.0 s/sn'lik Salınım Frekansı İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	30.12	33.88	48.14
Yıkama	15.66	34.17	25.23
Artık	54.22	10.41	26.63
Besleme	100.00	21.20	100.00



Çizelge 6.41. 4.8 s/sn'lik Salınım Frekansı İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	26.53	34.50	42.40
Yıkama	14.69	38.85	26.45
Artık	58.78	11.44	31.15
Besleme	100.00	21.58	100.00

Çizelge 6.42. 5.7 s/sn'lik Salınım Frekansı İle Çalışma Sonuçları.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	19.92	36.67	36.02
Yıkama	14.94	42.28	31.15
Artık	65.14	10.22	32.83
Besleme	100.00	20.27	100.00

#### 6.3.1.6. Artıktaki % BaSO<sub>4</sub> değişiminin incelenmesi

Artıktaki % BaSO<sub>4</sub> değerinin değişimini incelemek için yapılan bu çalışmada verimin yüksek olması düşünülmüş ve çalışma şartları buna uygun olarak seçilmiştir. Artığa gelen ürün, çalışma zamanı içinde her bir dakikada ayrı ayrı alınmış ve % BaSO<sub>4</sub> dağılımları yapılmıştır.

#### Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 220 d/dak
Salınım genliği	: 10 mm

Salınım frekansı	: 4 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 4 lt/dak
Çalışma zamanı	: 5 dak
Eğim	: 2 <sup>0</sup>

Sonuçlar Çizelge 6.43'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde artıktaki % BaSO<sub>4</sub> değerini giderek azaldığı görülmektedir. En yüksek kaçak beslemenin yapıldığı zaman aralığındaki 1.artıktır. Bu durum örnek içindeki barit tanelerinin çok ufalanmış şekilde bulunduğu ve yıkama suyu ile artığa geldiği şeklinde açıklanabilir. Diğer bir açıdan da ince tanelerin tambur iç yüzeyi ile temas edememesi nedeniyle yıkama suyu akışından daha fazla etkilenmesi sözkonusu olabilir. İnce tanelerin masa yüzeyine teması santrifüj kuvvetin artırılması veya engelli çökme etkisinin ortadan kaldırılması yani daha az malzeme beslenmesi ile sağlanabileceği düşünülebilir. Tambur içinde homojen bir karıştırma ile belli bir yoğunluktaki pulp; belli yoğunluk değerine ulaşarak çok ince tanelerin askıda kalmasına neden olmuş olabilir.

Çizelge 6.43. Artık İnceleme Deneyi Sonuçları % BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	47.28	28.82	67.37
Yıkama	7.36	25.47	9.26
1. Artık	19.95	13.19	13.02
2. Artık	8.40	12.66	5.26
3. Artık	7.14	9.54	3.37
4. Artık	4.20	4.53	0.94
5. Artık	2.52	3.52	0.44
6. Artık	3.15	2.20	0.34
Besleme	100.00	20.22	100.00
Toplam Artık	45.36	10.41	23.37

### 6.3.1.7. Yüksek tenörlü konsantre alma çalışması

Satılabilir tenör değerine yaklaşabilmek amacıyla çalışma şartları seçilerek çalışma yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 6.44 ve 6.45'de görülmektedir. Tane boyut dağılımının geniş bir aralıkta olması ince barit tanelerinin yanında iri gang tanelerinin de konsantreye gelmesi konsantrenin yüksek tenörlere çıkmasını engellemektedir. Örneğin dar boyut sınıflaması ile ayrı ayrı çalışılması ile çok daha iyi sonuçların alınabilmesi büyük bir olasılıktır. Yalnız boyut sınıflamanın endüstriyel çapta maliyet artışı sebebiyle zorunluluklar halinde seçilmekte olduğu bir gerçektir.

#### Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 180 d/dak
Salınım genliği	: 10 mm
Salınım frekansı	: 5.7 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 3 lt/dak
Çalışma zamanı	: 5 dak
Eğim	: 2 <sup>0</sup>

Çizelge 6.44. Yüksek Tenörlü Konsantre Çalışması % BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	11.20	65.00	35.62
Yıkama	4.20	41.40	8.51
Artık	84.60	13.50	55.87
Besleme	100.00	20.44	100.00

Çizelge 6.45. Yüksek Tenörlü Konsantre Çalışması % Ag Dağılımı.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	11.20	75	7.37
Yıkama	4.20	95	3.50
Artık	84.60	120	89.13
Besleme	100.00	113.90	100.00

### 6.3.2. Öğütme sonu -37 mikron boyutunun M.G.S. ile barit zenginleştirilmesi

Öğütme sonunda sınıflandırılarak elde edilen -37 mikron boyutlu örnek, daha önce yapılan çalışmalara gözönünde tutularak zenginleştirilme işlemine başlanmıştır. Çalışmalarda dönme hızı, sallanma hızı ve genliği değiştirilerek en iyi sonuç alınmaya çalışılmıştır. Diğer parametreler sabit bırakılmıştır.

İlk olarak dönme hızı 200 d/dk., sallanma genliği 15 mm ve sallanma frekansı 4.8 olarak seçilerek deney yapılmıştır. Bu durumda % 49.68 verimli % 43.25 BaSO<sub>4</sub> tenörlü konsantre elde edilmiştir. Artıktaki barit miktarı ise % 46.09 civarındadır (Çizelge 6.46).

Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 200 d/dak
Salınım genliği	: 4.8 mm
Salınım frekansı	: 15 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 3 lt/dak
Çalışma zamanı	: 5 dak
Eğim	: 2 <sup>0</sup>

Çizelge 6.46. -37 Mikron Boyutu 200 d/dak Dönme Hızında Elde Edilen % BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Urünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	23.00	43.25	49.68
Yıkama	2.00	40.43	4.23
Artık	75.00	12.29	46.09
Besleme	100.00	20.00	100.00

Deney, diğer şartlar aynı kalırken dönme hızı düşürülerek yapıldığında ise % 22.85 verimle % 81.42 BaSO<sub>4</sub> tenörlü konsantre kazanılabilmektedir. Baritin % 67.57'si artıktadır (Çizelge 6.47).

#### Çalışma şartları;

Örnek miktarı	: 0.5 kg
Pulp yoğunluğu	: % 30
Besleme zamanı	: 1 dak
Dönme hızı	: 180 d/dak
Salınım genliği	: 15 mm
Salınım frekansı	: 4.8 salınım/saniye
Yıkama suyu	: 3 lt/dak
Çalışma zamanı	: 5 dak
Eğim	: 2°

Çizelge 6.47. -37 Mikron Boyutu 180 d/dk. Dönme Hızında Elde Edilen % BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	5.21	81.42	22.85
Yıkama	3.10	57.40	9.58
Artık	91.69	13.67	67.57
Besleme	100.00	18.56	100.00

Son olarak sallanma genliği 10 mm ve sallanma frekansı 5.7 salınım/saniye yapılarak tenör ve verimde artış elde edilmiştir. Konsantre % 84.15 BaSO<sub>4</sub> tenörlü ve % 36.05 verimlidir. Artıkta ise % 52.95'lik bir barit kalmaktadır (Çizelge 6.48). Ürünlerin Ag dağılımları incelendiğinde tenör boyut değişimleri gözlenmezken miktar olarak fazla olan artık; Ag'nin %'sini bulundurmaktadır (Çizelge 6.49).

Çizelge 6.48. -37 Mikron Boyutu 10 mm, 5.7 s/sn'de Elde Edilen % BaSO<sub>4</sub> Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (% BaSO <sub>4</sub> )	Verim (%)
Konsantre	8.25	84.15	36.05
Yıkama	3.45	61.40	11.00
Artık	88.30	11.55	52.95
Besleme	100.00	19.26	100.00

Çizelge 6.49. -37 Mikron Boyutu 10mm, 5.7 s/sn'de Elde Edilen % Ag Dağılımı.

Ürünler	Miktar (%)	Tenör (ppm Ag)	Ag Verimi (%)
Konsantre	8.25	70	5.85
Yıkama	3.49	85	2.97
Artık	88.30	102	91.18
Besleme	100.00	98.77	100.00

#### 6.4. NaCN Liçi Yöntemiyle Gümüş Kazanımı Deneyleri

Yapılan siyanür liç deneyleri için tesiste uygulanan karıştırmalı liç baz alınmıştır.

Bu koşulların en önemlileri şöyle sıralanabilir;

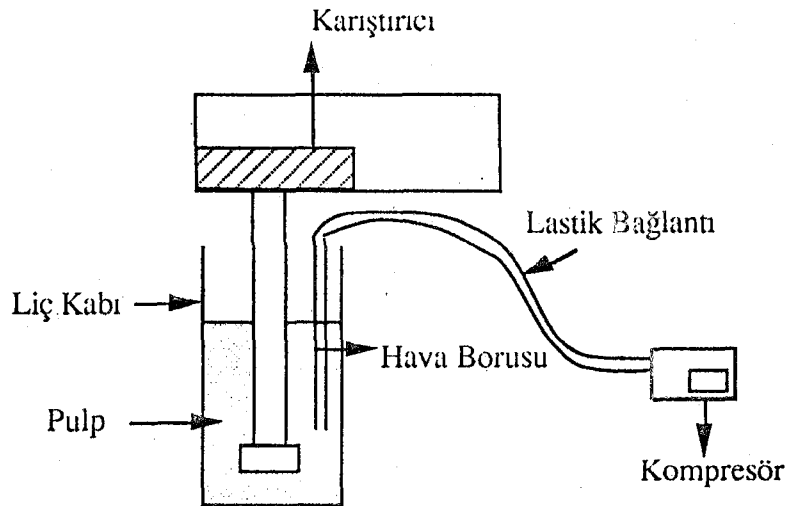
NaCN konsantrasyonu	: 1.50 gr/lt
pH	: 10.5-11.0
Liç Süresi	: 48 saat
Katı Oranı	: % 30
$d_{80}$	: 0.074 mm.

Bu koşulların yanı sıra karıştırma hızı 500 d/dak olarak alınmış ve sıcaklık oda koşullarında tutulmuştur. Deneylerde normal olarak karıştırma ile pulp içine alınan havanın yanında sabit bir pompa ile de hava verilerek oksijen konsantrasyonu belli bir değerde tutulmaya çalışılmıştır.

Deneyler esnasında çözünmenin gelişimini saptamak için, 1, 6, 24, 48 saatlerde örnekler alınmış ve bu örnekler üzerinde NaCN saptaması ile Ag saptaması yapıp verimler hesaplanmıştır.

İkinci aşamada yapılan deneylerde deney süresi 24 saat alınarak verim ve NaCN tayini 24 saat sonunda yapılmıştır. pH ise belli aralıklarla kontrol edilerek 10.5-11.0 değerinde tutulmaya çalışılmıştır.

Deney düzeneği Şekil 6.4'de görülmektedir. Deneylerde 300 gr. katı; 700 ml su + reaktif çözeltiler kullanılmıştır. pH ise NaOH ile sağlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 6.4. Karıştırmalı Liç Deney Düzeneği.

#### 6.4.1. Orijinal örnek karıştırılmalı liç deneyleri

Örnek üzerindeki karıştırılmalı liç deneyleri 48 saatlik ve 24 saatlik olmak üzere yapılmıştır. Öncelikle örneğin mikro dalga fırın ile liç verim değişimi incelenmiş daha sonra  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , hava miktarı ve kavurma etkileri araştırılmıştır.

Çalışma şartları aşağıdaki gibidir;

Örnek	: Orijinal artık
Miktar	: 300 gr.
Pulp yoğunluğu	: % 30
Sıcaklık	: Oda Koşulları
Karıştırma Hızı	: 600 d/dak.
pH	: NaOH ile 10.5-11.0
NaCN miktarı	: 1.5 gr/lt

Yapılan deneylerde önce örneğin normal koşullarda karıştırılmalı liç deneyi yapılmıştır (Çizelge 6.50). Bu aşamada gümüş kazanma verimi 48 saat sonunda % 25.16 olarak gerçekleşmiştir. Mikro dalga fırında NaOH ilave edildikten sonra 2 dk. bekletildikten sonraki karıştırılmalı liç deneyi sonucu Çizelge 6.51'de görülmektedir. Burada gümüş kazanma verimi % 32.66 olarak gerçekleşmiştir. Aynı şartlarda mikro dalga fırında 15 dk. tutularak yapılan karıştırılmalı liç deneyi sonucunda ise gümüş kazanma verimi % 27.66'dır (Çizelge 6.52). NaCN değişimi gümüş kazanma verimi ile bir ilişki halinde olmadığı görülmektedir.

Çizelge 6.50. Orijinal Örnek Karıştırılmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		İlave edilen		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	NaCN (gr/lt)	NaOH (ml)	
0	1.5	10.5	---	---	---
1	1.4	10.0	0.1	1	21.00
6	1.25	10.0	0.25	1	22.10
24	1.00	10.5	0.50	0.5	23.33
48	1.36	10.5	---	---	25.16



Çizelge 6.51. Orijinal Örnek Mikrodalga Fırında 2 dk. Bekletilme Sonrası Karıştırılmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		İlave edilen		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lit)	pH	NaCN (gr/lit)	NaOH (ml)	
0	1.3	11.0	---	---	---
1	1.32	10.5	0.18	1	26.15
6	1.32	10.5	0.18	1	28.70
24	1.36	10.5	0.14	1	31.16
48	1.10	10.5	---	---	32.66

Çizelge 6.52. Orijinal Örnek Mikrodalga Fırında 15 dk. Bekletilme Sonrası Karıştırılmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		İlave edilen		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lit)	pH	NaCN (gr/lit)	NaOH (ml)	
0	1.6	11.0	---	---	---
1	1.5	10.5	---	0.5	18.33
6	1.4	10.5	0.1	0.5	22.00
24	1.4	10.5	0.1	0.5	24.16
48	1.4	10.5	---	---	27.66

Mikrodalga fırında NaOH ilave edilmeden 2dk. bekletilen örneğin 24 saatlik karıştırılmalı liç deneyi sonucu Çizelge 6.53'te verilmiştir. Gümüş kazanma verimi % 22 olarak kalmaktadır.

Çizelge 6.53. NaOH İlavessiz 2 dk. Mikrodalga Fırında Bekletilen Orijinal Örneğin Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	
0	2.00	11.0	---
24	1.80	10.5	22.00

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ilavesinin liç üzerine yapabileceği etki araştırılmak için pulp içine 1.2 gr/lt'lik miktarda Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ilave edilerek kondüsyonlanmış ve daha sonra karıştırmalı liç deneyi yapılmıştır. Gümüş kazanma veriminde büyük değişiklik gözlenmemiştir (Çizelge 6.54).

Çizelge 6.54. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> İlavesiyle Yapılan Orijinal Örnek Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	
0	2.00	11.0	---
24	1.80	10.5	23.68

Örneğin, 450<sup>0</sup>C'de 1.5 saatlik kavurulması sonucunda yapılan karıştırmalı liç deneyi sonucu ise Çizelge 6.55'tedir. Burada gümüş kazanma verimi düşmüş ve % 16.93 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 6.55. Örneğin 450<sup>0</sup>C'deki Kavurma Sonunda Karıştırma Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	
0	2.00	11.0	---
24	1.45	10.0	16.93

Şu ana kadar yapılan 24 saatlik deneylerde liç ortamına hava normal karıştırma ile pulp içine alınan hava ile sağlanmıştır. 48 saatlik yapılan ve belli aralıklarla verim ve NaCN kontrolü yapılan çalışmalarda ise ortama ilave olarak pompa ile hava verilmiştir. Ortama ilave olarak verilen havanın etkisini incelemek için 24 saatlik şartlarda ortama ilave hava verilerek Ag'nin değişimi incelenmiş ve büyük bir değişimin olmadığı görülmüştür (Çizelge 6.56).

Çizelge 6.56. Orjinal Örneğin İlave Hava Verilerek Karıştırmalı Liç Deney Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lı)	pH	
0	2.00	11.0	---
24	1.76	10.5	23.17

#### 6.4.2. Öğütme sonundaki fraksiyonların karıştırmalı liç deneyleri

Öğütme sonunda sınıflandırılarak oluşturulan -74 +37 mikron ve -37 mikron boyut fraksiyonları ayrı ayrı liç edilip gümüş kazanma verimleri incelenmiştir. Burada amaç, gümüş kazanımının boyutlara göre değişimini incelemek olduğu kadar, gümüş tenörünün yüksek olduğu 74 mikrondan büyük olan tanelerin öğütülmesi sonunda verimin artış değişiminde görülmesidir. Ayrıca her boyut mikrodalga fırında belli süreler tutularak boyutlara göre etkileşim farklılıklarında görülmeye çalışılmıştır.

##### 6.4.2.1. -74 +37 mikron boyutu karıştırmalı liç deneyleri

Bu boyutta iki deney yapılmıştır. İlk deneyde örneğin normal karıştırmalı liç deneyi yapılmıştır. % Ag verimi ve NaCN değişimleri Çizelge 6.57'de görülmektedir. İkinci olarak NaOH ilave edilerek mikrodalga fırında 5 dk. bekletilen örnek üzerinde karıştırmalı deney yapılarak % Ag ve NaCN değişimleri incelenmiştir (Çizelge 6.58). İlk durumda gümüş kazanma verimi % 21.10 olarak gerçekleşirken, ikinci durumda verim % 32.46 olarak yükselmektedir.

Çizelge 6.57. Öğütme Sonu -74 +37 Mikron Boyutu Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		İlave edilen		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	NaCN (gr/lt)	NaOH (ml)	
0	1.5	11.0	---	---	---
1	1.10	10.5	0.40	1	17.15
6	1.26	10.5	0.24	1	18.34
24	0.92	10.5	0.58	1	18.97
48	1.04	10.5	---	---	21.10

Çizelge 6.58. Öğütme Sonu -74 +37 Mikron Boyutu Mikrodalga Fırında 5dk. Bekletilmiş Örneğin Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		İlave edilen		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	NaCN (gr/lt)	NaOH (ml)	
0	1.5	11.0	---	---	---
1	1.46	10.5	0.04	1	20.83
6	1.26	10.5	0.24	1	24.16
24	1.12	10.5	0.38	1	27.27
48	1.20	10.5	---	---	32.46

#### 6.4.2.2. Öğütme sonu -37 mikron boyutu karıştırmalı liç deneyleri

Bu boyutlarda ilk olarak karıştırmalı liç deneyi yapılmış ve verim % 37.03 olarak gerçekleşmiştir. İkinci olarak ise NaOH ilavesinden sonra mikrodalga fırında 2 dk. bekletildikten sonra karıştırma liç deneyi 24 saatlik olarak yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 6.59 ve 6.60'da verilmektedir.

Çizelge 6.59. Öğütme Sonu -37 Mikron Boyu Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları

Zaman (saat)	Saptanan		İlave edilen		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	NaCN (gr/lt)	NaOH (ml)	
0	1.5	11.0	---	---	---
1	1.37	10.5	0.13	1	22.15
6	1.36	10.5	0.14	1	25.80
24	1.20	10.0	0.30	2	30.40
48	1.34	10.5	---	---	37.03

Çizelge 6.60. Öğütme Sonu -37 Mikron Boyutu 2 dk. Mikrodalga Fırında Bekletildikten Sonraki Karıştırmalı Liç Deneyi Sonuçları.

Zaman (saat)	Saptanan		Verim (% Ag)
	NaCN (gr/lt)	pH	
0	2.00	11.0	---
24	1.66	10.5	37.77

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elek analizi sonuçlarına göre Barit ince boyutlarda, Gümüş ise iri boyutlarda yüksek tenörlü olarak bulunmaktadır. Ancak 37 mikron (400 meşh)'dan daha ince olan kısım örneğin büyük bir kısmını teşkil ettiğinden bu boyuttaki barit ve gümüşün kazanılması önem kazanılmaktadır. Bu boyutun % 58.70'lik bir kısmı 10 mikrondan daha ince olarak bulunmaktadır.

Sallantılı masa ile yapılan deneylerde orijinal artığın ve -37 mikron boyutunun ayrılması etkin bir değerde gerçekleştirilememiştir. En iyi sonuçlar -74 +37 mikron boyutlarında elde edilmesine rağmen verimleri düşüktür. Tenör ise satılabilir değerlere ulaşmamıştır. Masa parametrelerinin daha iyi etüd edilmesiyle daha olumlu sonuçlar elde edilebilir. Masadan elde edilen ön konsantrelerin flotasyon ile temizleme yapılarak satılabilir tenör değerlerine ulaşmak mümkündür.

Flotasyon ile yapılan deneyler hem tenör hem de verim açısından başarılı olarak görülmektedir. Verimde % 50'nin üzerine çıkılamazken en yüksek tenör değeride % 61.96 olarak gerçekleşmektedir. Barit flotasyonu için özel olarak geliştirilmiş olan Petrolyum Sülfonat tipi toplayıcılar (Aero 825, Aero 845) ve köpürtücü olarak daha küçük çapta köpük oluşturabilen köpürtücü (Dowfroth 250) kullanımıyla daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca ince tanelerde daha etkin olan Kolon Flotasyonu ile çok daha iyi sonuçlar alınabilir.

İnce boyutlarda etkin olarak dizayn edilen M.G.S ayırıcısı ile yapılan çalışmalarda hiçbir sınıflama yapılmadan orijinal cevherden % 35.62 verimli % 65 BaSO<sub>4</sub> tenörlü konsantre elde edilmiştir. Sınıflama sonundaki -37 mikron boyutunun kazanımı ise % 22.85 verimle % 81.42 BaSO<sub>4</sub> tenörlü konsantredir. -74 +37 mikron boyutunun sallantılı masa ile, -37 mikron boyutunda M.G.S ile çalışıldığı düşünüldüğünde toplam verim % 30.14 olurken ortalama tenör ise % 80.55 BaSO<sub>4</sub> olmaktadır. Bu değerle satılabilir tenör değerine ulaşamadığı gibi verim de oldukça düşüktür.

M.G.S ile yapılan çalışmalarda artıktaki tenör değişimi incelendiğinde olması gerekenden farklı olarak BaSO<sub>4</sub> değeri ilk anlarda yüksek sona doğru düşük olarak artışa kaçmaktadır. Bu durum -37 mikron boyutunun içinde bulunan ve % 58'lik bir kısmını teşkil eden 10 mikrondan küçük tanelerin zenginleştirme aşamasına girmeden yıkama suyu ile atıldığı fikrini doğurmaktadır. Bu; ayırıcı içindeki zenginleştirme şartlarının da (ince tanelerin fazlalığı nedeniyle) uygun olarak gerçekleşmediğinden de kaynaklanabilir. Sürekli çalışmalarda örneğe şlam atma işlemi uygulanarak bu boyut ayrılabilir. Ayırma

işlemi sonucunda şlamı atılmış kısım rahatça zenginleştirilir şlam olarak ayrılan kısım ise özel şartlarda (yüksek dönme hızı, düşük pulp yoğunluğu, düşük yıkama suyu değerlerinde) zenginleştirme yapılmalıdır.

Yapılan çalışmalarda barit tenör değeri izlenirken Ag tenörleri de takip edilmeye çalışılmıştır. Sonuçta Ag tenör değerinin  $BaSO_4$  değeri ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği görülmüştür. Ag tenörü;  $BaSO_4$  değerinin artışı ile azalmakta fakat 70ppm'in altına düşmemektedir. Buna göre Ag'nin büyük çoğunluğunu gravite ayırmalarında artığa kaçan taneler içinde bulunduğunu, az bir kısmının ise barit taneleri ile bulunduğunu söylenebilir.

Yalnız bu durum bir seri flotasyon çalışmalarından sonra kesinlik kazanabilir. Örneğin; sülfür flotasyonu, silikat flotasyonu ve barit flotasyonu ile Ag değişimleri incelenerek doğru bir yorum yapılabilir.

Örnekten gümüş kazanımı için karıştırmalı NaCN liç deneyleri yapılmıştır. Burada Ag kazanma verimleri % 20 ile % 30 gibi düşük değerlerde gerçekleşmektedir. Verim, ince tanelerde iri tanelere göre daha yüksektir. Mikro dalga ile yapılan çalışmalarda büyük verim değişimleri gözlenmemektedir. Kısa süre mikro dalga fırında bekletilen örneğin gümüş kazanma verimi çok az artış göstermektedir.  $Na_2SiO_3$  ilavesi ile yapılan liç deneyi sonunda gümüş kazanma verimleri değişmemiştir.  $450^{\circ}C$ 'de yapılan bir saatlik kavurma sonunda ise verim düşmektedir.

Gümüş kazanmanın etkin olarak yapılabilmesi için gravite ve flotasyon ile ön zenginleştirme yapılmalıdır. Bunun sonuçlarına göre karıştırmalı liç deneyleri yönlendirilmelidir. Bu aşamada maliyetler dikkate alınarak, çözünmesi çok zor olan gümüş mineralleri gözönüne alınarak pirometalurjik yöntemler araştırılmalıdır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Atak, S. , 1982, Flotasyon ilkeleri ve uygulamaları, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, sayı 222, İstanbul, 220 s.
- Chan, B.S. , Mozley, R.H. and Childs, G.J.C. , Extended trials with the high tonnage Multi-Gravity Separator, Cornwall, U.K.
- Burkin, A.R. ,1988, Hidrometlurjik süreçlerin kimyası, (Çev.T.Utine), M.M.O.B.Yayını, Ankara, 176 s.
- Cyanamid, 1976, AERO 800 Prometers Anionic Series, 16 p.
- Cyanamid, 1976, Mining chemicals handbook ,Mineral dressing notes, no.26, U.S.A.,109 p.
- Çilingir, Y., 1990, Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri, Dokuz Eylül Üni. Yayınları, İzmir.
- Ergin, Z. ,Cöçen, i. ,Semerkant, O, 1989, Cevher zenginleştirme labratuar ders notları, Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Müh. Böl., sayı EY-191, 140 s.
- Etibank, 1985, Bülten.
- Etibank, 1987, Bülten.
- Etibank, 1987, 100.Yıl Gümüş Madeni İşletmeleri Müessesesi Müdürlüğü tanıtım broşürü.
- Industrial Minerals, no. 201, June 1984, 21-30 p.
- Kafkas, A. , 1991, Gümüşköy cevherinin minerolojik yapısının saptanmasının gerekliliği ve yararları.
- Kurama, H., 1991, Oksitli minerallerin flatasyon mekanizması, Anadolu Ün.Maden Müh. Böl. Mesleki gelişme seminerleri,Esk.,40 s.
- Operating Manual, Multi-Gravity Separator, Cornwall, U.K.
- Oktar, M.G. , 1990, Endüstriyel hammaddelerin incelenmesi, D.P.T., 395-445 s.



**KAYNAKLAR DİZİNİ**

- Önal, G., 1980, Flotasyon dışındaki cevher hazırlama yöntemleri, İ.T.Ü.Maden Fakültesi, İstanbul, 70-146 s.
- Özdağ, H., 1985, Hidrometalurjik süreçler, Anadolu Ün.Müh. Fak. Dergisi, cilt 11, sayı 2 149-157 s.
- Özdağ, H., 1989, İleri hidrometalurji, Anadolu Ün.Mad. Müh. Bölümü ders notları.
- Özdağ, H., 1991, Gravite ayırması, Anadolu Ün. Mad. Müh. Bölümü Mesleki gelişme semineri, Esk., 37 s.
- Yiğitgüden, H. Y., 1987, Gümüş madenlerinde proses mineralojisi ve Gümüşköy örneği, 10. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik kongresi, Ankara, 233-234 s.