

50389

**KURŞUN - ÇİNKO CEVHERLERİNİN
OPTİMAL FLOTASYON ŞARTLARININ TESBİTİ**

Metin UÇURUM

Ç.Ü.

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eylül - 1996

ADANA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
ARAŞTIRMA FONU
Proje No : FBE 95-59

KURŞUN - ÇİNKO CEVHERLERİNİN
OPTİMAL FLOTASYON ŞARTLARININ TESBİTİ

Proje Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr. Oktay BAYAT

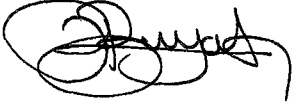
Yardımcı Araştırmacı : Maden Müh. Metin UÇURUM

Eylül - 1996

ADANA

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne ;

Bu çalışma jürimiz tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.



BAŞKAN : Yrd. Doç. Dr. Oktay BAYAT



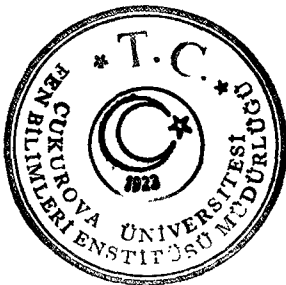
ÜYE : Doç. Dr. A. Hakan ONUR



ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Kod No : 1132

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.



Prof. Dr. Ural DİNÇ
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÇİZELGE LİSTESİ	I
ŞEKİL LİSTESİ	II
RESİM LİSTESİ	III
ÖZ	IV
ABSTRACT	V
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
2. ÇİNKO CEVHERLERİ VE ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ.....	3
2.1. Giriş	3
2.2. Çinko Mineralleri	4
2.3. Kurşun - Çinko Cevherleri	5
2.4. Çinko Konsantrelerinde Aranan Özellikler	10
2.5. Çinko Cevherlerinin Zenginleştirme Yöntemleri	11
2.5.1. Flotasyonla Çinko Cevherlerinin Zenginleştirilmesi	13
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	17
3.1. Jeolojik Çalışmalar	17
3.1.1. Coğrafi Durum	17
3.1.2. Stratigrafi ve Litoloji	17
3.1.3. Ekonomik Jeoloji	18
3.1.4. Sondaj Çalışmaları	20
3.1.5. Tenör ve Rezerv	21
3.2. Cevher Zenginleştirme ile İlgili Çalışmalar	22
4. MATERYAL ve METOD	28
4.1. Materyal	28
4.2. Metod	30

4.2.1.	Kimyasal Analiz	30
4.2.2.	Kırma-Eleme	30
4.2.3.	Öğütme-Eleme	31
4.2.4.	Spiral	31
4.2.5.	Sallatılı Masa	33
4.2.6.	Multi Gravity Seperatör (MGS)	34
4.2.7.	Flotasyon	35
5.	ARAŞTIRMA BULGULARI	36
5.1.	Kimyasal Analiz	36
5.2.	Kırma-Eleme Deneyleri	37
5.3.	Öğütme-Eleme Deneyleri	42
5.4.	Spiral Deneyleri	62
5.5.	Sallantılı Masa Deneyleri	65
5.5.1.	Normal Cevher ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi	65
5.5.2.	Zengin Cevher ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi	66
5.5.3.	Flotasyon Tesisi Artığı ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi	66
5.5.4.	Flotasyon Tesisi -0,180 mm Artık ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi	67
5.6.	Multi Gravity Seperatör (MGS) Deneyleri	68
5.7.	Optimum Tane İrilinin Tesbiti İçin Yapılan Flotasyon Deneyleri	70
5.8.	Normal Cevher ile Yapılan Sallantılı Masa Deney Ürünlerinin Flotasyonu ...	73
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER	76
	ÖZET	82
	SUMMARY	83
	KAYNAKLAR	84
	TEŞEKKÜR	85
	ÖZGEÇMİŞ	86

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Cizelge No</u>	<u>Sayfa No</u>
1. Endüstrileşmiş batı ülkelerinde 1982 yılında tüketilen çinkonun tüketim sektörüne göre dağılımı	4
2. Yaygın çinko mineralleri ve bazı özellikleri	4
3. Oksitli çinko minerallerinin flotasyonunda kullanılan reaktifler	15
4. Temsili numunenin tam kimyasal analizi	23
5. Pirit ve kurşun'un analizleri	23
6. En uygun flotasyon şartları	26
7. Normal cevher kimyasal analizi	36
8. Normal cevher kırıcı çıkışı elek analizi	37
9. Zengin cevherin elek analizi ..	40
10. 3 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek analiz sonuçları.....	43
11. 5 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek analiz sonuçları.....	45
12. 8 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek analiz sonuçları.....	47
13. 10 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek analiz sonuçları	49
14. 15 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek analiz sonuçları	51
15. 20 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek analiz sonuçları	53
16. Değişik öğütme süreleri ile öğütülen temsili numunenin öğütme sürelerine bağlı olarak kümülatif (E.A) tane iriliği dağılımının karşılaştırılması	55
17. Değişik öğütme süreleri ile öğütülen temsili numunenin öğütme sürelerine bağlı olarak normal dağılım oranlarının (% Ag/Δd) karşılaştırılması	55
18. Tesis kalsifikatör taşanı elek-metal analizi	58
19. Flotasyon tesisi artığının elek analizi	58
20. % 18 Katı 100 kg/s ile yapılan normal cevher spiral deney sonuçları.....	62
21. % 10 Katı 200 kg/s ile yapılan normal cevher spiral deney sonuçları.....	62
22. % 20 Katı 400 kg/s ile yapılan tesis flotasyon artığı spiral deney sonuçları.....	63
23. Normal cevher ile yapılan sallantılı masa deney sonuçları.....	65

24.	Zengin cevher ile yapılan sallantılı masa deney sonuçları.....	66
25.	Flotasyon tesisi artığı ile yapılan sallantılı masa deney sonuçları	66
26.	Flotasyon tesisi -0.180 mm artık ile yapılan sallantılı masa deney sonuçları	67
27.	Flotasyon tesisi artığı üzerinde yapılan sallantılı masa deney sonuçları ...	69
28.	Optimum tani iriliğinin tesbiti için yapılan flotasyon deney şartları	70
29.	Optimum tani iriliğinin tesbiti için yapılan flotasyon deney sonuçlarının karşılaştırılması	71
30.	Kaba konsantre devresinde kullanılan flotasyon şartları	73
31.	Temizleme devresinde kullanılan flotasyon şartları	73
32.	Normal cevher ile yapılan sallantılı masa deney ürünlerinin flotasyon sonuçları	74
33.	Ara ürünün dağıtılmış hali	74

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
1. Cevherden numune almada izlenilen yol	29
2. Normal cevher kırıcı çıkışı Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	39
3. Zengin cevher kırıcı çıkışı Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	41
4. 3 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	44
5. 5 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	46
6. 8 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	48
7. 10 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	50
8. 15 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	52
9. 20 dk Süre ile öğütülen temsili numunenin Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	54
10. Değişik öğütme süreleri ile öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağlı olarak Σ E.A. tani iriliği dağılımının karşılaştırılması	56
11. Değişik öğütme süreleri ile öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağlı olarak normal dağılım oranlarının ($\% Ag / \Delta d$) karşılaştırması.....	57
12. Tesis klasifikatör taşı Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	59
13. Flotasyon tesis artığının Σ E.A. ve normal dağılım eğrileri	60
14. Normal cevher spiral deney sonuçları	64
15. Optimum tane iriliğinin tesbiti için yapılan flotasyon deney sonuçlarının karşılaştırılması	72
16. Normal cevher sallantılı masa akım şeması	76
17. Zengin cevher sallantılı masa akım şeması	78
18. Tüvenan (normal) cevher için önerilen akım şeması	80
19. Zengin cevher için önerilen akım şeması	81

RESİM LİSTESİ

<u>Resim No</u>		<u>Sayfa No</u>
1.	Humphrey Spirali.....	32
2.	Flotasyon Makinası	35



ÖZ

Bu çalışma, Adana Madencilik Ltd. Şirketine ait ve Adana ilinin Kozan ilçesine bağlı Horzum yaylası sınırları dahilinde bulunan çinko maden yatağından üretilen cevher ile gerçekleştirilen deneysel çalışmaları içermektedir. Cevherleşme; normal cevher (% 6.02 Zn) olarak nitelendirilen ve mevcut flotasyon tesisinin işlediği cevher ile zengin cevher (% 27,44 Zn) olarak nitelendirilen ve birkaç bin ton kadar üretilmiş olan malzemelerden ibarettir. Tüvenan cevherdeki başlıca cevher ve gang mineralleri ZnS , FeS_2 , MgO ve CaO 'dır.

İşletmede normal cevher ile çalışan flotasyon tesisinden elde edilen kaba konsantre, 3 kademe temizleme flotasyonu sonrası % 50 Zn civarında nihai konsantreye ulaşılmaktadır.

Deneysel çalışmalarda; öncelikle normal ve zengin cevher bir ön gravimetrik zenginleştirmeye tabi tutulmuşlardır. Bu zenginleştirmede spiral ve sallantılı masa cihazları kullanılmış olup spiralden sonuç alınamamıştır. Fakat sallantılı masa hem normal cevher için hem de zengin cevher için iyi sonuçlar vermiştir. Tesis flotasyon artığı ile yapılan spiral, sallantılı masa ve MGS çalışmalarında başarılı bir sonuç alınamamıştır.

Normal cevher ile yapılan sallantılı masa deney ürünlerinin (Konsantre + Ara ürün) ortalama tenörü % 10.37 Zn olup % 85.60 metal kazanma verimi elde edilmiştir. Daha sonra bu ürün ile yapılan flotasyon deneyi ile tek kademeli temizlemede % 53.98 Zn tenörü ile % 90.67 metal kazanma verimine ulaşılmıştır .

Zengin cevherde ise sallantılı masa deneyi sonucunda %47.75 Zn tenörü ve %62.35 metal kazanma verimi sağlanmıştır.

ABSTRACT

This study covers the researches and studies about the ores which were obtained from the zinc mine belongs to Adana Mining Corporation Ltd. in Horzum plateau regions near Adana-Kozan. In this mining have two type zinc ores. One is normal ore (6.02 % Zn) and the another is rich ore (27.47 % Zn). The one basicly consists of ZnS, FeS₂, MgO minenals.

The flotation section of the concentrator with normal ore and the above-mentioned department produces the rough concentration 50 % Zn content can be obtained after three stage cleaning operations.

In the experimental studies for the tuvenan ores, firstly gravimetric processing merhods, such as. humphrey spiral and shaking table were used in order to prepare the concentrate before the flotation experiments. Satisfactory concentration result was not obtained in the spiral workings . Whereas the shaking table has given succesful results both normal and rich ores.

In addition to these, the flotation tailings were gravimetrically concentrated by using spiral, shaking table and MGS but any possitiv result was not observed.

The average content (concentrate and intermediate product) and the metal recovery of the shaking table products conducted with normal ore has been obtained as 10.37 % of Zn and 85 % of metal recovery respectively.

Then, in the first stage cleaning the flotation experiment, the following results have been obtained.

- a. Zn content 53.98 %
- b. metal recovery of 90.67 %

In the other hand, the rich ore with the shaking table experiments results in,

- a. Zn content 47.75 %
- b. metal recovery of 62.35 %

1. GİRİŞ

Jeokimyasal olarak, kurşunla benzer davranışlar gösteren; doğal olarak genelde kurşunla birlikte oluşan çinko; yerkabuğunda % 0.08 oranında ve kurşundan 5 kat daha fazla bulunur 7.4 gr/cm^3 yoğunluğundaki çinko metali, 420°C de ergir ve 906°C de buharlaşır.

Yukarda belirtildiği gibi, genelde kurşunla birlikte bulunan çinko, içinde ekonomik olarak, yalnızca çinko mineralleri ve bazende pirit bulunduran çinko yataklanmalarında sözkonusudur. Bu tip cevherlerdeki kurşun, bakır ve diğer element mineralleri yok denecek kadar azdır. Bu cevherlerdeki değerlendirilebilecek ana mineral sfalerit ve smithsonitdir.

Bahsedilen ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek yalnızca çinko minerali (sfalerit) içeren bir çinko yatağında Adana Madencilik Ltd. Şirketine ait ve Adana ilinin Kozan ilçesine bağlı Horzum yaylası sınırları dahilinde bulunan çinko maden yatağıdır.

Adana Madencilik Ltd. Şirketi burada halen üretim yapmakta ve aramaları sürdürmektedir. Horzum da çok eskiden madencilik çalışmaları yapılmış fakat ne zaman kimler tarafından yapıldığı bilinmemektedir. 1972 yılında cevherleşme tesbit edildikten sonra Toros Madencilik Şirketi tarafından işletilmeye başlatılmış ve halen Adana Madencilik Ltd. Şirketi tarafından cevher işlemektedir.

Flatasyon tesisinde elde edilen kaba konsantre 3 kademe temizleme flatasyonuna tabi tutulduktan sonra nihai konsantreye ulaşılmakta ve söz konusu konsantre yurtdışına satılmak suretiyle değerlendirilmektedir.

1.1. Amaç

Yukarda bahsedilen maden ocağından sürekli olarak üretilen ve normal cevher olarak nitelendirilen (% 6.02 Zn) ve flotasyon tesisinin işlemekte olduğu çinko cevheri ile zengin cevher olarak nitelendirilen (% 27.74 Zn) ve birkaç bin tondan ibaret olan yüksek çinko tenörlü cevher ve flotasyon tesis artığı üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Yüksek Lisans tezi olarak yapılan bu çalışmanın amacı; Normal cevher olarak nitelendirilen cevherin ön bir gravimetrik zenginleştirmeye, tenör artışına gitmek ve flotasyon tesisine tenörü nisbeten yükseltilmiş cevher beslemektir. Zengin cevher üzerine

yapılan çalışmaların amacı ise, gravimetrik zenginleştirme sonucu tenörün yükseltilmesi ve satılabilir bir konsantre elde edilmesi şeklinde özetlenebilir. Artık için yapılan çalışmalardaki amaç ise, artığın % 2 Zn tenörünün yükseltilmesi suretiyle artıktaki çinkonun kazanılabilirliğinin araştırılmasıdır.



2. ÇİNKO CEVHERLERİ VE ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

2.1 Giriş

Çinko minerallerinin veya kurşun minerallerinin bir diğerini bulundurmada, yalnız başlarına oluşturdukları, ekonomik olarak değerlendirilebilecek yataklar oldukça azdır. Çinko yataklarında ekonomikliği artırıcı oranda kurşun minerallerine, ekonomik değere sahip kurşun yataklarında ekonomikliği artırıcı oranda çinko minerallerine raslanır. Kurşun ve çinko yataklarındaki kurşun ve çinko mineralleri genelde aynı madencilik işlemleri ile üretildikleri gibi aynı zenginleştirme tesislerinde birbirinden veya ekonomik değer taşıyan diğer kıymetli minerallerden ve gang minerallerinden ayrılırlar. Bu nedenle kurşun çinko cevherlerini ve zenginleştirme yöntemlerini bir bütün olarak ele almak yerinde olacaktır.

Jeokimyasal olarak kurşuna benzer davranışlar gösteren; doğal olarak genelde kurşunla beraber oluşan çinko yerkabuğunda %0,08 oranında ve kurşundan 5 kat daha fazla bulunur. 7.4 gr/cm³ yoğunluğundaki çinko metali 420°C de ergir, 906°C de buharlaşır. Gri renkli ve yumuşak olan çinko, tel ve levha halinde kolay işlenebilir. Çinko metalinin üst yüzeyi kısa zamanda oksitlenerek ince bir oksit filmi oluşur. Hava ve su geçirmez bu çok ince oksit tabakası kapladığı tabakaların oksidasyonunu önler. Bu nedenle dünya çinko üretiminin %40-50 si demir ve çeliğin galvanizlemesinde kullanılır. Ayrıca çinko diğer metallerle ve bilhassa bakırla kolay işlenebilen, pirinç (Cu-Zn), kızıl (Cu-Sn-Zn-Pb) yeni gümüş (Cu-Zn-Ni) v.b. gibi alaşımlar yapar. İlk çağlarda çinko alaşımları yapılarak kullanılan çinkonun, saf metali ancak onsekizinci yüzyılda üretilmiştir. Çinko metalinin 906°C de buharlaştığı saptandıktan sonra reaksiyon ergitmesi-buharlaştırması-sublimasyon işlemleriyle onsekizinci yüzyılda oldukça saf çinko üretimi gerçekleştirilmiş ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1981 yılında 4.1 milyon ton metalik çinko üretimi, galvanizlemede, alaşım yapımında, boya ve cam sanayiinde tüketilmiştir. 1982 yılında 4.8 milyon ton olan çinko üretiminin tüketim yerlerine göre dağılımı aşağıdaki Çizelge 1 de verilmektedir.

Çizelge 1. Endüstrileşmiş batı ülkelerinde 1982 yılında tüketilen çinkonun tüketim sektörüne göre dağılımı (Çilingir, 1990)

Tüketim Sektörü	Dağılım (%)
Demir-Çelik galvanizleme (otomobil, çelik, inşaat sanayii)	44
Alaşım üretimi (Metalurji sanayii)	20
Dökme Çinko parça üretimi (otomobil, ev aletleri sanayii)	16
Diğerleri (kimya, boya, pil sanayii)	20
Toplam	100

2.2. Çinko Mineralleri

Çinko üretimine en büyük katkıyı sağlayan, en önemli mineral sfaleritdir. Smithsonit de ekonomik olabilecek yataklanmalar oluşturur. Çinko cevherleriyle birlikte kurşunun yanı sıra primer ve sekonder yataklarda pirit, kalkopirit, tetraedrit, arsenopirit, pirotin, ve nadiren kasiterite raslanır. Sfaleritle beraber kadmiyum çinko cevherlerinde yüksek oranlarda da bulunabilmektedir. Çinko cevherlerinde nabit olarak veya pirit ve kalkopirit içerisinde altına rastlanır. Ayrıca çinko cevherlerinde indium ve germanyum da bulunur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yaygın çinko mineralleri ve bazı özellikleri (Çilingir, 1990)

Mineral	Formül	Yoğunluk (gr/cm ³)	Sertlik	Teorik Metal %. Zn
Sfalerit	ZnS	3.9-4.1	3.5-4	67.06
Smithsonit	ZnSO ₃	4.3-4.5	5.0	64.8
Hydrozinkit	2ZnCO ₃ .3Zn(OH) ₂	3.6-3.8	2.5-3.5	75.24
Kalamin	SO ₃ (ZnOH) ₂	3.4-3.6	4.5-5.0	67.5

2.3. Kurşun-Çinko Cevherleri

Kurşun-çinko mineralleri yalnız başlarına ekonomik yataklar şeklinde cevherleşmeler oluşturdıkları gibi genelde kurşun ve çinko minerallerinin ve hatta diğer metal minerallerinin birlikte bulunduğu yataklar daha yaygındır. Kurşun-çinko cevherleri içerdikleri ekonomik mineral çeşitleri dikkate alınarak cevher zenginleştirme yönünden aşağıdaki gruplara ayrılır.

Kurşun Cevherleri

Bu cevherler yalnızca kurşun mineralleri içerirler. Çinko mineralleri yok denecek kadar azdır. Cevher içinde kıymetli element olarak yüksek oranda gümüş bulunur. Bazı kurşun cevherlerinde kurşun mineralleri yanında ekonomik olarak değerlendirilebilecek oranda barit bulunur. Kurşun mineralleri olarak galen, seruzit ve anglezit değerlendirilir.

Çinko Cevherleri

Cevher içinde ekonomik olarak değerlendirilebilecek yalnızca çinko mineralleri ve bazen pirit bulunur. Cevherdeki kurşun, bakır ve diğer element mineralleri yok denecek kadar azdır. Bu cevherdeki değerlendirilebilecek ana mineral sfalerit veya smithsonit; sfalerite bağlı olarak bulunan diğer elementlerde (kadminyum, indium,germenyum) yan ürün olarak kazanılarak değerlendirilebilir.

Çinko-Kurşun-Bakır Cevherleri

Çok yaygın olarak rastlanan bu tip cevherlerde “polymetalik cevherler” denir. Çinko, kurşun, bakır, mineralleri ile beraber pirit bazen de barit bulunur. Bu cevherlerden üretilen konsantrallerden yan ürün olarak gümüş ve altının yanına nadir elementlerde kazanılır.

Çinko-Kurşun Cevherleri

Çinko-kurşun cevherinde ekonomik değerde yalnızca kurşun ve çinko mineralleri bulunur. Cevherde bulunulabilen gümüş, altın ve kadminyum da yan ürün olarak değerlendirilir. Bu tip cevherlerde pirit ve kalkopirite raslanırsa da değerlendirilecek oranda bulunmazlar.

Çinko-Kurşun-Kalay Cevherleri

Sfalerit, galen, arsenopirit, pirit, stannin içeren bu tip cevherler nadiren oluşmuşlardır. Cevherleşmede bazen soy ve nadir metal bileşiklerine de rastlanır. Bu durumlarda gümüş, indium, galyum gibi kıymetli metaller yan ürün olarak kazanılır.

Çinko-Kurşun-Kalay-Molibden cevherler

Sovyetler birliğinde örnekleri bulunan bu tür cevherler çok nadirdir. İçerdikleri kıymetli mineraller yönünden farklılıklar gösterirler. Genelde; sfalerit, galen, kasiterit, molibden bazan pirit, kalkopirit içerirler. Ayrıca yukardaki kıymetli metal mineralleriyle beraber bulunan nadir elementlerde değerlendirilip yan ürün olarak kazanılabilir.

Yukarda zenginleştirme yönünden gruplandırılarak verilen kurşun-çinko cevherleri oluşum şekillerine göre farklılıklar gösterirler. Kurşun-çinko cevherlerinin oluşum şekillerine göre yatak tipleri ve bunların özellikleri özet olarak aşağıda verilmektedir. Fakat burada genelde çinko ile beraber bulunan kurşunda ele alınmıştır.

(i) Gang tipi Çinko-Kurşun Yatakları

Bu yataklardaki cevher özelliği; içeriği, mağmanın yerleştiği kayaçların fiziksel, kimyasal yapısı ve çatlak sistemleriyle yakından ilgilidir. Mağmanın yerleştiği kayaçlar, mağma tarafından etkilenmiyorsa, çatlakların boyutlarına ve dağılımına bağlı olarak buraları kurşun-çinko ve diğer metal mineralleri doldurmaktadır. Subvolkanik olarak yüzeye yakın oluşmuş bazı cevherleşmelerde, gang dolgularından ayrı, gangın çevresinde çok geniş

sahalara yayılan ağ şeklinde kurşun-çinko mineralleşmelerine rastlanır. Gang tipi yatakların oluşturduğu yan kayaçlarda mağmadan etkilenen kayaçlar bulunması halinde gangların yanısıra, etkileşim bölgelerinde de büyük boyutlu metazomatik cevherleşmeler oluşur. Bu yataklardaki metal tenörleri (%5-50 Pb, %8-25 Zn) çok değişkendir. Çok daha yüksek tenörlü kese ve gang dolgularına rastlanırken yan kayaçın ince çatlaklarında %0.8-%0.5 Zn kurşun-çinko mineralleşmeleri görülür.

Gang tipi yatakların rezervleri küçüktür. Fakat bir bölgede oluşmuş çok sayıdaki ganglar büyük rezervler meydana getirirler. Gang tipi kurşun çinko yataklarından dünya kurşun-çinko üretiminin %15-20 si karşılanır. Feriberg/Almanya, Couer de Alene/USA, Hunan/Çin'deki kurşun çinko cevherleri bu tip yataklara örnek olarak gösterilebilir.

(ii) Metazomatik Çinko-Kurşun Yatakları

Tabaka bağımlı metazomatik yataklarda cevher içeren kireçtaşları yüzlerce metre uzunluğunda olabilir. Cevherleşme kalınlığı ise 10-20 cm ile 20-30 cm arasında değişir. Mineralleşme ince ganglar veya iri taneli ağlar şeklindedir. Zenginleştirilmeleri kolaydır. Bu yataklarda galen ve sfaleritin yanısıra pirit ile markazit'e de rastlanır. Monomineralli cevherlerde diğer metal tenörleri yok denecek kadar azdır.

Galen-sfalerit cevherleşmeleri %3-5 Pb, %3-5 Zn tenörlerindedir. Gümüş tenörleri oldukça azdır. A.B.D de Missouri, Kansas ve Oklahama da bu şekilde oluşmuş önemli kurşun-çinko yatakları bulunmaktadır.

Mezotermal yataklarda cevherleşmeler düzenli dizensiz ganglar, sütunlar, mercekler şeklinde görülür. Bazen geçirgen olmayan kayaçların (şıstlerin) içine tabaka bağımlı yerleşmiş olanlarına da rastlanır. Sfalerit ve galenin yanısıra bulonjerit, bornonit, kalkopiriti, tetraed, pirit bazen nikel-kobal-gümüş mineralleri oluşur. Cevherlerin kurşun tenörleri %5-10 Pb, çinko tenörleri %5-15 Zn arasında değişir. Fazla miktarda gümüşle beraber altın da bulunur. Pirit içerikleri fazla olduğundan, pirit konsantreleri de üretilir. 10 000-20 000 tonluk küçük cevherleşmeler olduğu gibi 10-20 milyon ton rezervli yataklar da oluşmuştur. Çok sayıda ve önemli yataklar mezotermal-metazomatik yataklardır. A.B.D deki Tintic ve Leadville yatakları, Rodezya'daki Broken Hill ile Yugoslavya'daki Treptscha yatağı bu tipin örnekleridir. Kireçtaşları içindeki pirimer mineraller oksitlenmiş durumda da olabilmektedir. Bazen oksitlenmenin güçlü olduğu yataklarda, pirimer kurşun-çinko

mineralleri tamamen karbonatlara dönüşmüşlerdir. Mineralojik yapı, cevher zenginleştirme yönteminin seçimi etkilediğinden, bu tip yataklarda oksidasyona uğramış cevher zonları ayrıntılı etüd edilmelidir.

(iii) Hidrotermal Çinko-Kurşun Yatakları

Silikatlı kayaçlar içinde, bu kayaçların çatlaklarında, tabaka aralarında oluşmuş metal sülfürler geniş alanlara yayılarak bu tip yatakları oluştururlar. Yüksek tenörlü küçük mercekler olduğu gibi düşük tenörlü büyük merceklerle ve stockwert tipi hidrotermal oluşumlara rastlanır. Bu tip yataklarda galen, sfaleritin yanı sıra kalkopirit, pirit, piriton, arsenopirit manyetit ve bazen molibdenit bulunur. Cevherin gümüş ve altın tenörleri oldukça yüksektir. Gang mineralleri olarak granatlar, proksenler, amfiboller ve turmalin bulunur.

Sullivan/Kanada, Broken Hill/Avustralya, Savinsko/Rusya'da örnekleri görülebilen bu tip yataklar büyük rezervli yataklardır. Yataklardaki kurşun tenörleri % 6-15 Pb, çinko tenörleri % 5-12 Zn arasında değişir .

Hidrotermal kurşun-çinko cevherlerinden Keratöfürler, porfürler, porfiritler veya bunların tüfleri arasında ve şişlerin kırılma zonları boyunca oluşanları önemli ekonomik değere sahiptirler. Zira günümüzde fazla üretim yapılmamakla beraber bilinen rezervlerin %15 i bu tip yataklarda bulunmaktadır. Rusya'daki yatakların büyük çoğunluğu, Bulgaristan'ın Rodop masifinde ve Yugoslavya'nın Sase kentindeki kurşun çinko yatakları bu tip yataklardır. Cevherleşme litolojik farklı iki katmanın kontağında veya bu katmanların kırık ve çatlaklarında oluşmuştur. Kıymetli minerallerin yerleştikleri yerlere göre sütunsal, mercekssel ve ağ şeklinde cevherleşmelere raslanır. Kırılma zonlarında oluşan sütunsal ve mercekssel cevherleşmeler yüksek metal tenörlerine sahiptir. Kayaç içerisine dağılmış impregnasyon tipi cevherleşmelerde metal tenörleri oldukça azalır.

Bu cevherlerde galen ve sfaleritin yanı sıra, değerlendirilebilecek oranda kalkopirit, pirit, piriton, bazen tetraedrit ve bornit bulunur. Galene bağlı olarak gümüşün ve kalkopirit, pirit, piritonla beraber altının fazla olarak bulunması bu tip cevherleri daha değerli kılar. Cevherdeki kurşun tenörleri % 5-15 Pb, çinko tenörleri % 5-10 Zn arasında değişir. Daha da zengin zonların yanı sıra, büyük rezervler oluşturacak şekilde % 2-5 Pb+Zn tenörlü

impregnasyon türünde cevherleşmeler bulunur. Bir kaç milyon tonluk büyük rezervli yataklar şeklinde veya 20 000-30 000 tonluk belirli bir havzaya dağılmış çok sayıda yataklar arasında olarak rastlanırlar. Bölgesel müterek değerlendirmenin ekonomikliği artırıp artırmayacağı etraflı etüd edilmelidir.

(iv) Skarn Tipi Çinko-Kurşun Yatakları

Skarn tipi kurşun-çinko cevherleri granitoidlerin sedimanter kayaçlarla (bilhassa kireç taşlarıyla) yaptığı kontaklarda oluşur. Kurşun madenciliği yönünden fazla önemli olmayan yataklardır. Cevherleşmenin şekli ve yapısı; cevherleşmiş kayacın yapısı ve kontağın şekline bağlıdır. Dik kontaklarda cevherleşme derimlere dalan, yatay olarak fazla yayımayan yapıdadır. Az eğimli kontaklarda cevherleşme geniş yatay alanları kapsar, fakat kalınlığı azdır. Kıymetli minerallerin değerlendirilebilecek oranda bulunduğu kısımlar skarn zonunun çok az kısmını kaplar. Yataktaki kurşun ve çinko tenörleri çok değişkendir (% 2-20 Pb, % 5-15 Zn).

Genelde çinko tenörleri kurşun tenörlerinden yüksektir. Bu tip yataklarda bir kaç milyon ton ve hatta 10-15 milyon ton muhtemel rezervlere rastlanabilir. Fakat işletilebilir rezervler relatif küçüktür. Galen ve sfaleritin yanısıra pirit, pirotin, kalkopirit bulunur. Kurşun ve bakır minerallerinin selektif olarak kazanılması gerekir. Skarn kayaçlar sağlam yapıları olduklarından ufalanmalarındaki enerji tüketimi diğer cevherlere oranla % 20-25 fazladır. Bu tip cevherlere örnek olarak Rusya'daki Tetjuhe, Meksika'daki Eulalia yatakları örnek verilebilir.

(v) Sedimanter Çinko-Kurşun Yatakları

Kurşun-çinko cevherleri genelde çeşitli şistler içerisinde ve bazen kireçtaşları içerisinde konkordant olarak bulunur. Daha ziyade kompakt cevherler şeklinde olmalarına rağmen düşük Pb-Zn-tenörü zonlara da rastlanır. Bu tip yatakların en yaygın minerali pirittir. Piriti sırasıyla barit, sfalerit, galen ve kalkopirit izler. Çok ince taneli kenetlenmiş olmaları, bu değerli cevherlerin zenginleştirilmelerini güçleştirir. Kompakt cevherlerde %20-50 pirit, % 10-15 Zn, % 5-10 Pb, % 2-3 Cu tenörlerine rastlanır. Bu tip cevherlere örnek olarak Almanya'daki Rammelsberg ve Meggen yatakları gösterilebilir.

2.4. Çinko Konsantrelerinde Aranan Özellikler

Çinko konsantrelerinden çinko üretimi;

(a) Kavurma-aglomerasyon-redükleme-destilasyon,

(b) Kavurma-sülfirik asit liçi- elektroliz,

işlemleriyle yapılır. Ayrıca Pb/Zn oranları 1/1 veya daha büyük olan kurşun-çinko konsantrelerinden “İmperial Smelting” yöntemiyle ham kurşun-çinko üretilir.

Kavurma-liç elektroliz yönteminde, çözünerek çözeltiye geçtiği için, metalurjik yöntemlerde de ferrozinkt oluşturarak cürufa çinko kaçırdığı için konsantrelerin demir tenörlerinin oldukça az olması istenir. Fakat kurşun-çinko yataklarında doğal olarak pirit ve piriton bulunması ve yine doğal olarak Fe-iyonlarının sfaleritin kafes sistemine karışmaları nedeniyle demirsiz çinko konsantresi üretmek olanaksızdır.

Çinko: Çinko konsantreleri için, kurşunda olduğu gibi pazarlık usulu ile çinko, ile çinko, kadminyum tenörlerine, zararlı element oranlarına göre fiyat anlaşmaları yapılır. %53 ten fazla çinko içeren konsantrelere;

f_{zn} = %98-98.2 Zn li çinko metalinin ton fiyatı,

T = Konsantrenin çinko tenörü (%),

Mi = bir ton konsantre için gerekli izabe masrafı,

fk = konsantre fiyatı ise

$$fk = f_{zn} . 85/100 . T/100 - Mi$$

formülü ile fiyat hesaplanabilmektedir. % 53 ten az çinko içeren konsantrelerin fiyatı ($fk = f_{zn} . T - 8/100 - Mi$) formülü ile hesaplanır. Buradaki izabe masrafları çinko ve zararlı element tenörlerine göre değişmektedir. Yukardaki formülden de görüleceği üzere yüksek çinko tenörlü konsantreler çok yüksek fiyatlardan satılırlar. Çinko konsantrelerinin Zn-tenörleri genelde % 50 den fazla olmalıdır.

Kadminyum: Çinko mineralleri (bilhassa sfalerik) içinde % 0.01-0.5 oranında iç yapıya bağlı olarak kadminyum bulunur. Çinko konsantrelerinde genelde 3 kg/t kadminyum vardır. Konsantredeki kadminyum 2 kg/t dan fazla ise, konsantrenin kadminyum değerinin %65-75 i pazarlığa göre pirim olarak ödenir.

Gümüş: Çinko konsantrelerindeki gümüşün 150 g/t dan fazlasının % 65 inin parasal karşılığı pirim olarak ödenir.

Altın: Konsantrede bulunan altının 3 g/t dan fazlasının parasal değerinin % 75-95 i pirim olarak ödenir.

Demir: Yukarıda belirtildiği gibi demir, çinko üretiminde çinko kaybına neden olur. Fakat demirsiz çinko konsantresi üretmek de olanaksızdır. Çinko konsantrelerinde demir tenörü % 5 ten az ise pirim ödenir. % 5-%13 demir tenörlü konsantrelere katlanılır. Demir cezası (C), aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$C = \frac{F_{zn} (T_{fe} - 13)}{2 T_{zn}}$$

Burada (F_{zn}) 1 ton Zn-konsantresinin fiyatını, (T_{fe}) çinko konsantresinin demir tenörünü, (T_{zn}) çinko konsantresinin çinko tenörünü ifade eder.

Diğer zararlı elementler: Çinko konsantrelerinde demirden başka; florun % 0.01 den ve bizmut, kalay, arsenik, antimuanın % 0.05 den az olması istenir. Çinko konsantreleri kavurma-liç-elektroliz yöntemi ile değerlendirilebilecekse bakır için de (% 1-1.5 Cu dan fazla) ceza uygulanır.

2.5. Çinko Cevherlerinin Zenginleştirilme Yöntemleri

Yüksek tenörlü cevherlerin verimli izabe edilebilmesi fakat diğer taraftan yüksek tenörlü cevher çıkarılan yataklarda daha düşük tenörlü ama büyük rezervli zonların bulunması bu zonların zenginleştirilerek değerlendirilebilmesini ön plana çıkarmıştır. Böylece zamanla geliştirilen gravite yöntemleriyle konsantreler başlamıştır.

Bu kısımda önceden de belirtildiği gibi çinko mineralleriyle genelde birlikte bulunan kurşun da ele alınarak işlenecektir. Galen ve sfaleritin gang minerallerine göre yüksek yoğunlukta olmaları düşük tenörlü iri tanede serbestleşen cevherlerden yüksek Zn-Pb tenörlü konsantreler üretmeye olanak sağlamıştır. Çinko-kurşun madenciliğinde sallantılı masalarla ve jiglerle zenginleştirme uzun süre uygulanmıştır. Çinko-kurşun cevherlerinde sfalerit ve galenin yanında diğer metal sülfürlerinde bulunuşu ve bunların sallantılı masalarda

Çinko-kurşun konsantrelerinden uzaklaştırılmaması bu karışımların çinko-kurşun izabesinde sorunlar meydana getirmesi, daha kaliteli konsantrelerin üretimini zorlaştırmıştır.

1900 lü yılların başlarından itibaren geliştirilmeye başlanan flotasyon yöntemi günümüzde sorunlu çinko-kurşun cevherlerinden de bugünkü teknolojinin gereksinimlerine cevap verecek konsantreler üretilmeye imkan sağlamıştır. 1500 yıldan fazla bir zamandır çinko ve kurşun madenciliği nedeniyle iri tanede serbestleşen ve yüksek Zn-Pb tenörlü yataklar yok denecek kadar azalmıştır.

Bu nedenle çinko ve kurşun değerlendirilmesinde flotasyon zenginleştirme temel zenginleştirme yöntemidir. Flotasyon çinko ve kurşun zenginleştirilmesinde;

i- İnce tanede, 50 mikrondan da ince serbestleşen sfalerit, serüsir, galen, anglezit hatta sinithsonit ve hidrozinkit yüzdürülerek konsantreye aldırılabilmekte,

ii- Bu çinko-kurşun minerallerinden ayrı ayrı çinko ve kurşun konsantreleri üretilmekte,

iii- Cevherlerde ekonomik kurşun ve çinko mineralleri ile birlikte bulunan, kolkopirit, kovelin, pirit, pirotin, molibdenit, kasiterit, manyetit gibi diğer metal mineralleri çinko ve kurşun konsantrelerinde uzaklaştırılabilmekte veya ayrı konsantreler halinde üretilmektedir.

Günümüz çinko kurşun cevherlerinin zenginleştirilmesinde yoğunluğa dayalı zenginleştirme yöntemi;

i- Flotasyon selülüne beslenen cevherin tenörünü yükseltmek ve cevhersiz gangin flotasyona girmesini önlemek için ön zenginleştirme işlemi olarak

ii- Cevherde yeterli oranda iri tanede serbestleşen sfalerit veya galen varsa; bunlardan iri taneli konsantre üreterek, flotasyon masraflarını azaltmak ve yalnızca yoğunluk zenginleştirme artıklarını flote etmek için,

iii- Flotasyon zor zenginleşen oksitli çinko veya kurşun cevherlerinden konsantreler üretmek için uygulanmaktadır.

Günümüzün büyük kapasiteli işletmelerin yoğunluğa göre ön zenginleştirme tesislerinde jigler ve yüzdürme-batırma konsantratörler kullanılmaktadır. Bu yüzdürme batırma konsantratörlerinde ağır ortam malzemesi olarak ince öğütülmüş galen veya ferro silisle çalışmaktadır. Sallatılı masalar, jig ve yüzdürme-batırma konsantratörler de nihai konsantreler üretmek için kullanılır.

Yüksek çinko tenörlü, smithsonit cevherleri kavurma liç-elektroliz yöntemleriyle değerlendirilebilmektedir. Örneğin ülkemizde Kayseri/Zamantı bölgesindeki çok sayıda ocaktan üretilen % 22 Zn, % 2 Pb, % 0,072 Cd tenörlü oksitli çinko cevheri, Çinkur A.Ş. tesislerinde önce waelz fırınlarında 600-700°C de kavrulduktan sonra üğütölüp sülfirik asitte çözöndürölür, süzölür. Temizlenmiş çözeltiden, elektrolizle elektrolitik çinko üretilir. Yan ürün olarak kadmiyum elde edilir.

2.5.1. Flotasyonla Çinko Cevherlerinin Zenginleştirilmesi

Çinko ve kurşun minerallerinin genellikle birlikte bulunmasından dolayı bu bölümde iki mineral baz alınarak flotasyonla zenginleştirme izah edilecektir.

Çinko-kurşun cevherleri flotasyonunda cevher sfalerit, galen, pirit ve gangtan ibaretse önce galen yüzdürölür, diğlerleri bastırılır. İkinci aşamada sfalerit yüzdürölür. Cevherde sfalerit, serusit, anglezit, galen ve smithsonit varsa, önce galen yüzdürölerek, diğlerleri bastırılır. Daha sonra sırasıyla canlandırılarak sfalerit, serusit, anglezit ve en sonunda smithsonit yüzdürölür.

Bu tip cevherlerde bazen, galenle beraber, serusit ve anglezit sülfirleştirilerek yüzdürölürken, çinko mineralleri ile gang mineralleri bastırılır. Daha sonra sfalerit canlandırılarak yüzdürölülebilir. En sonunda smithsonit sülfirleştirilerek yüzdürölür.

Cevherde sfalerit, galen, pirit ve gang minerallerinin yanında kalkopirit, kovelin gibi sülfürlü bakır mineralleri de varsa, önce sülfürlü bakır mineralleri galen ile birlikte yüzdürölerek Pb-Zn konsantresi üretilir. Bastırılan sfalerit daha sonra canlandırılarak yüzdürölür. Bu işlemde değeriendirilebilecek oranda pirit varsa, asidik ortamda pirit yüzdürölür. Bastırılan gang içerisinde ekonomik değerde barit varsa oksit flotasyonu ile barit yüzdürölerek konsantre edilir.

Çinko-kurşun cevherlerinin flotasyonunda, kurşun devresinde bastırılan sfalerit ve marmatifi yüzdürmek için bu çinko mineralleri (ağır metal iyonları) CuSO_4 ile canlandırılır. Kireçle pH 9.5-11.5 arasında (cevher tipine göre ayarlanarak, veya Z200 ve köpürtücü ilave edilerek çinko mineralleri yüzdürölür. Pirit ve pirotin bastırmak için az miktarda siyanürle kondisyonlama ve yüksek pH yeterlidir. Fakat kolay yüzeabilen bazı pirit ve pirotinler kaba flotasyonda çinko konsantresine karışabilirler, bu durumda Burunswickte

olduğu gibi pH 5 te ısı ve SO_2 etkisiyle sfalerit bastırılarak pirit yüzdürölür böylece çinko konsantresi temizlenir.

Bazen kurşun oksitler veya yüzeysel oksitlenmiş PbS , galen flotasyonunda yüzmeyip, sfalerit yüzdürme kademesinde yüzebilirler. Bu durumda temiz çinko konsantresi üretmek için kurşundan temizleme işlemi uygulanır. Bu işlemde, kaba çinko konsantresi pulpundeki fazla reaktifler önce aktifleştirilmiş ve sfalerit pasifleştirilmiştir. Buradaki galen uygun bir toplayıcı ile yüzdürölerek batan ürünündeki sfalerit temiz çinko konsantresi olarak kazanılır.

Çinko oksit minerallerinin yüdürölmesi biraz daha güçtür, fakat imkansız değildir. Kısmen sülfürleştirilip Na_2SiO_3 ile disperse edilen cevherin şlamı atılırsa flotasyon başarısu artar. Fakat bu işlemin metal kayıpların fazla olmaması gerekir. Böylece şlamı atılmış cevherdeki Smithsonit (ZnSiO_3), hidrozinkid ($\text{ZnCO}_3 \cdot 2\text{Zn(OH)}_2$), kalmin ($\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Willemite (Zn_2SiO_4) sodyum sülfür veya sodyum sülfür + sodyum sulfudrat karışımı ile sülfürleştirildikten sonra alifatik aminlerle yüksek pH ta (10-12) yüzdürölülebilir. Bu metodla yüksek kil ve limonit içeren cevherlerde başarı elde edilmemektedir. Fakat ksantatlarla yapılan yüzdürmede olduğu gibi pulpü ısıtmaya gerek yoktur. Kili ve limoniti atılmış cevherlerde yüksek tenör ve randumanlara ulaşılır.

Smithsonit yüzdürmede diğeri bir yöntemde 60°C den fazla ısıtılmış pulp Na_2S ile kondisyonlanır. Sülfürleştirilmiş oksitli çinko mineralleri CuSO_4 ile canlandırılıp ksantatlar ve çamyag yardımcıyla yüzdürölür. Oksitli çinko minerallerinin flotasyonunda kullanılan reaktifler Çizelge 3’de verilmektedir.

Çizelge 3. Oksitli çinko minerallerinin flotasyonunda kullanılan reaktifler
(Çilingir, 1990)

Toplayıcılar	pH-Ayar layıcılar	Sülfürleştirici- ciler	Köpürtü cüler	Diğerleri
Armac C	$\text{Na}_2 \text{CO}_3$	$\text{Na}_2 \text{S}$	Çamyacı	$\text{Na}_2 \text{SiO}_3$
Stearylamin- asetatlar				Polyfosfatlar
Cocoamin asetatlar				CuC Maftolsul- fanatlar Fueloil
Cataflot(C18-aminler +katyonik toplayıcı				Gaz yağı Cu SO_4
Ksantatlar				

Her iki yöntemde de kil ve demir oksitler tenör ve randuman yönünden olumsuz etkiler. Ayrıca yine her iki yöntemde de, pirit, talk ve diğer sülfür iyonu absorbe eden mineraller çinko mineralleri ile beraber yüzerler. Bu nedenle oksitli çinko minerali yüzdürülmesinden önce, bu istenmeyen mineraller pulptan uzaklaştırılmalıdır.

Ekonomik değere sahip yalnız çinko mineralleri içeren cevherlerde flotasyonla zenginleştirilirler. Bu durumda istenmeyen mineraller bastırılarak, istenen mineralin yüzdürülmesi yukarda açıklanan şartlarda gerçekleştirilerek çinko konsantreleri üretilir. Örneğin İzmir/Bayındır ilçesindeki % 5-15 Zn tenörlü sfalerit cevherden gang mineralleri ve pirit bastırılıp sfalerit yüzdürülerek % 54-56 Zn, % 1-4 Pb tenörlü çinko konsantresi üretilmiştir. Diğer bir örnek ise Adana Madencilik A.Ş. nin Adana/Kozan-Horzum yaylasındaki işletmede % 18-25 ZnS , % 35-40 FeS tenörlü çinko cevheri flotasyonla zenginleştirilerek % 50-55 Zn tenörlü sfalerit konsantresi üretilmektedir. Cevherdeki kalsit, dolomit kuvars mikadan oluşan gang mineralleri Na_2SO_3 ile pirit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile (pH 10-11) bastırılıp, sfalerit CuSO_4 la canlandırıldıktan sonra u-amilksantat u-Etilksantat ve çam yağı yardımıyla yüzdürülmektedir. Tesisin çinko kazanım verimi % 85-95 tir.

Ekonomik değerde sfalerit galen kalkopirit içeren fakat çok ince boyutlu selektif serbestleşme derecesine ulaşan veya hiç ulaşamayan cevherler de yalnız kollektif flotasyon ile, bulk konsantre üretilerek değerlendirilebilmektedir . Örneğin Hurşit-Köprübaşı/Giresun inko-kurşun-bakır yatağındaki % 3-6 Zn, % 2-4 Pb, % 0.6-1.1 Cu, % 0.4-0.18 Sb, % 7-12 Fe, 60-199 gr/ton Ag tenörlü cevher, çok ince tanede selektif serbestlik derecesine ulaşamadığından kollektif konsantre üretilerek değerlendirilmektedir.



3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3.1 Jeolojik Çalışmalar

Adana Madencilik Ltd Şirketinin Horzum ve Pınargözü sahalarında maden jeolojisine yönelik çalışmalar 1978 yılında M.T.A. Enstitüsü tarafından başlatılmış olup çinko cevherleşmelerini kapsayacak şekilde Kozan M35 C1-C4 paftalarında 15 km² alanın 1/10 000 ölçekli; 1979 yılında aynı yerlerde 1.5 km² alanın 1/2 000 ölçekli detay jeolojik haritaları yapılmıştır. Bu süre içinde çoğu Horzum'da olmak üzere 1 500 metreyi aşkın galerilerin 1/500 ölçekli durum planları çıkarılarak jeoloji işlenmiştir. Şirket burada halen üretim yapmakta ve aramalarını sürdürmektedir.

Yeni ocakta da sülfürlü cevherlere girildikten sonra, şirket tarafından ana galerinin açılması planlanmıştır. 1983 yılında işletmecii kuruluşun isteği üzerine, cevher uzanımlarının, stratigrafik ve tektonik ilişkilerinin saptanması, görünür rezervinin artırılması, açılacak galeriyi etkileyecek verilerin toplanması amacıyla 600 metreden fazla, galeri etüdü daha yapılmıştır. Açılması düşünülen galerinin yer seçimi için yeni ocakta verilen lokasyon yerlerinde üç kuyuda toplam 227.15m sondaj yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre 41 067 ton ile 61 600 ton arasında değişen bir görünür rezerv artışı sağlanmıştır.

3.1.1. Coğrafi Durum

Horzum çinko cevherleşmeleri Kozan'ın yaklaşık 30 km kuzeyinde yer alan Horzum'un bir kaç km kuzeybatısındadır. Yöre oldukça engebeli ve dik yamaçlıdır. Kıvrım kanatlaşmasındaki kireçtaşları, en büyük yükseltileri oluşturur. Köpekkayaşı T.1139 m ve Zeytinçalı T.932 m en yüksek yerlerdir.

Akdeniz ikliminin egemen olduğu yörede bulunan cevherleşme alanı, asfalt yola yakınlığından dolayı da yaz kış ulaşımına elverişlidir.

3.1.2. Stratigrafi ve Litoloji

Horzum'da birimler, paleozojik yaşlı tortul kayalardan oluşur.

Alt Kambriyen : Kuvarst, kireçtaşı, arkoz, fillet

Orta Kambriyen	:Siyah dolanit kireçtaşı ve gri kireçtaşı
Kambro-Ordovisiyen	:Alacalı kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı
Ordovisiyen	:Şeyl
Siluriyen	:Taban çakıltası. şeyl
Devoniyen	:Yumrulu, killi kireçtaşı, kum taşı şeyl

ile temsil edilmektedir.

3.1.3. Ekonomik Jeoloji

Horzum'da çok eskiden madencilik yapılmıştır. Ne zaman ve kimler tarafından yapıldığı bilinmemektedir. Eski işletmelerden kalma yaklaşık 80x80 cm boyutlarında galeriler bulunmaktadır. Bunlardan kurşun cevheri çıkarılmış olabileceği düşünülmektedir.

1972 yılında karbonatlı cevherleşmeler bulunduktan sonra Toros Madencilik Şirketi tarafından işletilmeye başlanmıştır. Şimdi Adana Madencilik Limited Şirketi tarafından işletilmektedir.

Horzum'da Arapocakları, Vartalocakları ile Oruç ocaklarının katları olan, kızılacak, kesene Fedai bu şirketler tarafından işletilmiştir. Halen Bahçeli ve yeni ocakta üretim Adana Madencilik Limited şirketi tarafından sürdürülmektedir.

1978-79 yıllarında M.T.A. Enstitüsü tarafından Maden Jeolojisine yönelik çalışmalar sırasında 15 km² 1/10 000 ölçekli ve 1.5 km² 1/2 000 ölçekli detay jeolojik harita, ayrıca 1500 metreden fazla da galeri çalışması yapılmıştır.

1983 yılında şirketin başvurusu üzerine 600 metreden fazla galerinin jeolojisi daha yapılmış ve saptanan yerlerden sondaj önerilmiştir. Yeni ocakta, toplam 227.15 m derinliğinde üç adet sondaj gerçekleştirilmiş ve görünür rezerv 41 067 ila 61 600 ton arasında artırılmıştır.

Cevherleşme karbonatlı-oksitli ve sülfürlü kısımlardan oluşmuştur. Kısmen şeylerle kontrol edilen yeraltı su seviyesinin üstünde kalan cevher oksitlenerek simithsonit, ziakit, limonit gibi ikincil minerallere dönüşmüştür. Bahçeli katından itibaren alt katlara doğru sülfürlü cevher izlenir. Ancak kırıklar karbonatlanmıştır.

Karbonatlı Cevher: Toprağımsı, böbreğımsi kırmızı ve kahve renkte kabuk şeklinde, simithsonit, zinkit ve limonit gibi mineralleri oluşmuştur. Yer yer seyrek olarak sfaleritli galenitli cevher parçaları içerir ve alt katlara doğru sülfür oranı artmaktadır.

Sülfürlü Cevher: Çoğunluğunu sfaleritin oluşturduğu sülfürlü cevher, masif damarlı ve saçınımlı kısımlardan oluşur. Büyük bölümü masif sfalerit ve piritten oluşmuştur. Bazen sfalerit içinde pirit gözle görülmeyecek kadar azdır. Damarlı ve saçınımlı cevher, masif cevher etrafında yan kayadaki kalsit ve dolomit damarları zon içinde izlemektedir. Cevher, sfalerit, pirit, az galenit ve eser oranda kalkopiritten oluşan sülfürlerle kalsit, dolomit barit, kuvars gibi gang minerallerinden oluşmuştur.

Sfalerit : Cevher içinde en çok bulunan minerallerdir. Genellikle siyah renkli, bazen cevher tavanında kahve rengi, sfalerit ince bir zon oluşturur. Çok fazla oranda özbiçimli piritten sonra en yaşlı olan sfalerit içinde öz ve yaşı öz biçimli 0.3x0.5 cm boyutunda saçınımlar şeklinde pirit, eser oranda kalkopirit saçınımları içermektedir. Piriti onartmış ve korazyona uğratmış olan sfalerit iri taneli ve açık sarıdan kırmızı kahverengine değişen iç reflekse sahiptir. Kalkopiritte aynı zamanda oluşmuş ve kalkolastik bir doku gösterir.

Pirit: Çoğunluğu idiomorf, hipidiyomorf, bazen de kataklastik tekstür göstermekte olup max 3-4mm boyutundadır. İçerisinde ve çatlaklarında karbonat ile sfalerit sokulumları görülmektedir. Ayrıca sfalerit damar çatlaklarını kesen az oranda piritin sonradan geldiği anlaşılmaktadır.

Galenit : En geç sülfür minerali olup çok az oranda sfalerit içerisinde damarcık ve sokulumlar şeklinde görülmektedir. Üst katlarda daha fazladır.

Kalkopirit : En az bulunan sülfürit. Eser oranda çok küçük tanecikler şeklindedir.

Gang Mineralleri : Çoğunluğu dolomit, kalsit gibi karbonatlardan oluşmakta az oranda kuvars ve barit içermektedir.

Bunlarda hidrotermal orijinli olup tane boyları çok değişmektedir. Max 3-4 mm boyutunda olup bazen basınç ikizleri gösterdiklerinden daha sonradan tektonizmaya uğradıkları anlaşılmaktadır. Gang içindeki sfaleritin çok küçük kapanımlar şeklindeki durumu zenginleştirme anında belli ölçüde kayıba uğrayacağını göstermektedir.

Görülen şöyle özetlenebilir. Önce pirit, sonra sfalerit, kalkopirit, dolomit daha sonra yine ilkinde göre az da olsa ikinci bir pirit gelimi söz konusudur. Dolomit, ya kayacı oluşturan kireçtaşı çoğu yerde dolomitlenmiştir.

Karbonatlı cevherlerden alınan örneklerin yapılan optik spektrografik yarı kalitatif analiz sonuçları aşağıdaki sınırlar içinde değişmektedir.

Zn % 2.93-58.64	Cu % 0.007-0.003
Pb % 0.7-0.9	Cd % 0.017-0.12
Ag % 0.003-0.004	Ge % 0.07

Altın ve indium elementleri görülmektedir. S₂ sondajından alınan sülfürlü cevher örneğinin Çinkur tarafından yapılan analizinde;

Zn % 24.5	S % 12.68
Pb % 0.4	Cd % 0.14
Fe % 22.4	

Bu sonuçlara göre (Fe % 22.4 ve Zn % 24.5) kükürt tenörünün % 37 olması gerekirken % 12.68 gelmesi ilgi çekicidir.

Büyük olasılıkla ya kayaç sonradan yerleşen cevherleşmenin kaynağı ve yaşı hakkında kesin bir şey söylenemez. Ancak ilksel cevherin belirli doğrultulardaki fay ve kırıklara yerleşmesi ve parajenezi yönünden hidrotermal yataklarla benzerlik gösterdiği söylenebilir.

3.1.4. Sondaj Çalışmaları

Yapılan çalışmalar sonunda Horzum'da yeni ocak galerisinde (752 Katında) cevher uzanımını, stratigrafik ve tektonik ilişkilerini saptamadaki 680 katında açılması planlanan ana galeri için gerekli verileri sağlamak amacıyla önerilen lokasyon yerlerinde 3 sondaj yapılmıştır. Cevher uzanımı doğrultusu ve eğimi göz önüne alınarak yapılan toplam 227.15 metre sondaj yeterli görülmüştür.

S1 Sondajı ; Yeni ocak galerisinde damar içinde dalım ve eğim yönünde uygun olarak yapılmıştır. Sondaj 0.00-68.50 metre arası cevher kesip 76.50 metrede de durdurulmuştur.

S3 Sondajı ; S1 sondajı 68.50 metrede cevherden çıkınca, damarın bu noktadan sonraki sürekliliğini araştırmak ve tavandan tabana doğru keseceği düşüncesi ile niteliğini bilmek açısından yapılmıştır. Bunun içindeki 36 metrelik cevher yönünde sel galerileri

açılmıştır. Sondaj umulan seviyede yani alacalı serinin altında gri kireçtalarından cevheri kesmeyince 90.45 metrede durdurulmuştur.

S2 Sondajı ; S3 sondajı cevher kesmeyince damarın bittiği düşüncesinden hareketle ve yukarda değinildiği gibi tavandan tabana doğru keseceğinden sfalerit, pirit durumunu daha somut bir şekilde görebilmek için yapılmıştır. Sonuçta 41.50-49.00 metre arasında cevher 49.00-50.80 metreler arasını da boşluk kat ederek cevhersiz gri kireçtaşı girmiştir.

3.1.5. Tenör ve Rezerv

Bahçeli ve yeni ocak katındaki sülfürlü cevherlerde makroskobik olarakta farkedileceği gibi çinko tenörü yüksektir. S1 sondajında ortalama çinko değeri %11.76 Zn dir. Ancak bu yanıltıcı bir sonuçtur. Çünkü, damardaki içten dışa doğru olan zonlanma pirit sfalerit şeklindedir.

Yeni ocağın ortalama çinko yüzdesiyle S2 sondajının çinko değerinin ortaya koyacağı ortalama değer doğruya en yakın olanıdır.

S2 sondajı analizi işletmecisi kuruluş tarafından Çinkur 'a yaptırılmıştır.

Bu damarın Yeni ocak katı ve altındaki ortalama tenörü, (Bingöl, Yıldırım, 1983)

$$tort = \frac{t1 * l1 + t2 * l2}{l1 + l2} = \frac{29.78 + 18 - 24.5 * 8}{18 + 8} = 28.15 \text{ (Zn)}$$

t1= yeni ocaktaki çinko tenörü İ.T.Ü. 'ye yaptırılmış sfaleritli yerden fazlaca alındığı için tenörün 27 alınması şirket müh. tarafından tavsiye edilmiştir.

l1 = Yeni ocak katında damarın kesitteki kalınlığı

t2 = S₂ sondajındaki çinko tenörü

l2 = S₂ Sondajında cevherli kısmın kesitteki kalılığı

Damarın yeni ocaktaki gerçek kalınlığı 16 boyu 25 metredir. Uzunluğu ise kesitten 77 metre ölçülmüştür. Yoğunluk testi yapılmamış olduğundan ortalama yoğunluk 4 g/cm³ kabul edilmiştir. (sfalerit 3.94, pirit 5.05, dolomit 2.85 ton/m³).

Birinci belde dikdörtgen prizma şeklinde düşünülerek yapılan hesapta rezerv; İkinci belde dikdörtgen pramit şeklinde düşünülerek yapılan hesapta Rezerv, 61 600 ton, ikinci belde dikdörtgen pramit şeklinde düşünerek yapılan hesapta rezerv 41 067 ton olarak bulunmuştur.

Buradan hareketle eldeki verilere göre bu damardaki cevherin yeni ocak katı katı altında 41.067 ton ile 61.600 ton arasında değişen görünür rezervi vardır.

Ayrıca yani ocakta Bahçeli kat arasında $16 \times 25 \times 38 \times 4 = 60\ 800$ ton ile Bahçeli fedai katı arasında bir miktar sülfürlü cevher daha vardır.

3.2. Cevher Zenginleştirme ile İlgili Çalışmalar

Adana Madencilik Ltd. Şirketinin başvurusu üzerine, şirkete ait Kozan Çamdere Köyü çinko madeninde üretilen sfalerit-pirit cevherinin değerlendirilmesine ışık tutucak sfalerit-pirit selektif flotasyonu deneyleri İ.T.Ü Maden Fakültesi, Maden Müh. Bölümü Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalı laboratuvarlarında yapılmıştır.

Sfalerit halinde bulunan çinko ile pirit'in ayrı konsantreler halinde elde edilmesi hedefleyen teknoloji etütde, tane serbestleşmesi boyutuna ulaşmayı sağlayacak boyut küçültme deneyleri ile sfalerit-pirit ve gang minerallerini ayırmak üzere flotasyon deneyleri yapılarak uygun boyut ve flotasyon şartları tesbit edilmiştir.

Temsili olarak numunenin tam kimyasal analizi yapıp, minerolojik özellikleri ve boyut dağılımı saptanmıştır.

Kozan Çamlıdere Çinko madeninden, üretimi temsil edecek şekilde kurallarına uygun numune, Öğr. Gör. Güven ÖNAL'ın nezaretinde alınmış, bilhare kırılıp ufalanarak bölünen numunesinin 300 kg'lık kısmı deneysel çalışmalar için İ.T.Ü Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Laboratuvarına teslim edilmiştir.

Bunun dışında, maden ocağından gerekli analizler yapılmak üzere, biri 100 tonluk kurşun stoğundan, diğeri de üretilen cevherden elle ayıklama ile ayrılan pirit'den olmak üzere 2 numune alınmıştır.

Deneysel çalışmalara esas olan temsili numunenin tam kimyasal analizi Çizelge 4'de, ayıklama sonucu ayrılan pirit ile kurşun stoğundan alınan numunelerin analizleri de Çizelge 5' de görülmektedir.

Çizelge 4. Temsili numunenin tam kimyasal analizi (Bayraktar, 1983)

Element	%
Zn	29.78
Pb	0.12
Cu	0.03
Fe	22.04
Mn	0.06
S	34.62
SiO ₂	0.58
CaO	4.30
MgO	3.05
CO ₂	6.30
Ag	8 gr/ton
Au	- gr/ton
Toplam	100

Çizelge 5. Pirit ve kurşun'un analizleri (Bayraktar, 1983)

Madde	Pirit	Kurşun stok
Zn (%)	3.32	23.50
Pb (%)	0.14	46.75
Ag (grlton)	-	385

Cevher numunenin seçilen örneklerin makroskobik gözlemleri ile bu örneklerden hazırlanan parlak kesitlerin mikroskobik incelemeleri sonucunda aşağıdaki mineraller tesbit edilmiştir. Cevherin minerolojik bileşiminin tesbitinde Leitz SM-LUX üstten aydınlatmalı mikroskobu kullanılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucu, cevher numunesinin büyük bir çoğunluğunun sfalerit (ZnS) ile pirit (FeS₂) den oluştuğu, galen (PbS) ve kalkopirit (CuFeS₂) minerallerinin ise

çok az miktarda bulunduğu anlaşılmıştır. Cevher minerallerine eşlik eden gang minerallerini dolomit ($MgCaCO_3$) ve kalsit ($CaCO_3$) teşkil etmektedir.

Sfalerit en yaygın bulunan mineraldir. Seçilen örneklerin hemen hemen hepsinde ve yapılan kesitlerde hakim olduğu gözlenmektedir. Sfalerit genellikle koyu kahve renkli bazen siyahımsı görünümünde, yarı şekilli-şekilsiz taneler halinde bulunup yer yer boşluklarda gelişmiş kristallerine rastlanmaktadır. Örneklerde sfalerit çoğunlukla, tektonik deformasyon sonucu kırılanmış ve kataklastik bir yapı kazanmış olan pirit kristalleri ile gang minerallerini birbirine bağlayan çimento vazifesini görmektedir. Sfalerit hem kırılanmış pirit tanelerini çevreleyen çimento vazifesi görmekte hem de kataklastik pirit çatlakları boyunca ve yer yer piritin yerini alarak gelişmektedir.

Bazı örneklerde ise boyutları 10 ila 600 mikron arasında değişen genellikle şekilsiz sfalerit taneleri, kısmen kenarlı kısmende serbest halde şekilli-yarışekilli ve boyutları 5 ila 100 mikron arasında değişen pirit kristalleri ile beraber gang mineralleri dolomit içinde kırık ve çatlaklar boyunca gelişerek ağırsı bir yapı oluşturduğu gözlenmektedir.

Pirit, cevher numunesinin diğer yaygın minerali olup, sfalerit ile birlikte kompakt bir yapı oluşturmaktadır. Çoğunlukla şekilli-yarışekilli kristallerine hem sfalerit hem de dolomit içinde rastlanmaktadır. Kataklastik yapı özellikle büyük pirit kristallerinde görülmektedir. Bilhassa kırılanmış yarı şekilli pirit kristallerinin içinde boyutları 1 ila 30 mikron arasında değişen sfalerit ve hematit kapanımlarına yaygın olarak raslanmaktadır. Pirit kristallerinin dilinim yüzeylerine paralel olarak ayırıcı kırık ve çatlaklarda ayrışma sonucu oluşan limonitleşme yer yer izlenmektedir.

Galen miktarca çok az olup, yalnız mikroskopik incelemeler sırasında, genellikle şekilsiz taneler halinde, kısmen pirit içinde 5-30 mikron, kısmen de sfalerit içinde 15-300 mikron arasında değişen boyutlarda izlenmektedir.

Kalkopirit ise, sfalerit içinde 5-30 mikron arasında değişen boyutlarda ve yer yer sfaleritin kristallografik doğrultusuna paralel olarak dağılmış ekssülasyon halinde bulunmaktadır.

Cevhere eşlik eden gang minerallerinin çoğunluğunu dolomit ile az miktarda kalsit ve kuvars teşkil etmektedir. Dolomit, donuk beyaz renkli, masif bir görünümde olup boşluklarda gelişmiş kristalleri de gözlenmektedir. Bazı örneklerde boyutları 0.2-2mm arasında değişen yuvarlağımsı bazen köşeli dolomit parçalarının sfalerit ile birlikte birleşik bir yapıda oluşturduğu gözlenmektedir. Aynı zamanda dolomit ve kalsit breşleşmiş eski

dolgularında yer yer çimentolaşmaktadır. Kuvars miktarca az olup, pirit kristallerinin boşluklarında izlenmektedir.

Yapılan minerolojik ve kimyasal incelemelerden cevherin takriben % 45 sfalerit % 40 pirit ve % 15 oranında gang minerallerinden oluştuğu tesbit edildiğinden cevherin doğrudan selektif flotasyon ile zenginleştirilmesinin uygun olacağı saptanmıştır. Yapılan tane serbestleşmesi etüdü, 0.2 mm altında sfaleritin % 90, pirit ise % 85 oranında serbest kaldığını göstermiştir.

Flotasyon deneyi öncesinde tane serbestleşmesi boyutuna ulaşmak üzere kademeli boyut küçültme (kıрма ve öğütme) deneyleri yapılmış ve sonuçlar elek analizi ile değerlendirilmiştir.

Kırma Deneyleri : Tüvenan cevher laboratuvarı tipi çeneli kısıcıda 10 mm altına kademeli olarak kırılmış ve elek analizine tutulmuştur.

10 mm'nin altına kırılan cevher, 6 mm'den elendikten sonra, elek üstü laboratuvar konili kırıcısında kırılıp, tamamı kademeli olarak 6mm altına indirilmiştir.

6 mm altı cevher 1 mm'den elendikten sonra elek üstü laboratuvar merdaneli kırıcısında kademeli olarak kırılıp, tamamı 1 mm altına indirilmiştir.

Öğütme Deneyleri : Cevherin tamamı serbestleşme boyutu olan 0.2 mm altına öğütülmek üzere 24.5 cm çaplı laboratuvar bilyalı değirmeni kullanılarak öğütme deneyleri yapılmıştır.

1 mm altı merdane ürünü kullanılarak, ve (0.5+1+1+2) dakika aralıklarla toplam 4.5 dakika öğütmenin yeterli olduğu tesbit edilmiştir.

Kademeli öğütmenin her aralığında numune değirmenden çıkarılarak 0.2 mm'den elenip ayrılmış ve elek üstü değirmene konularak tekrar öğütülmüştür.

Flotasyon Deneyleri : % 45'i sfalerit, % 40'ı pirit, ve % 15'i gang minerallerinden (dolomit, kuvars) oluşan cevher, üzerinde sfaleritden piriti ayırmak üzere ön flotasyon deneyleri uygulanarak kullanılacak reaktiflerin cins ve miktarları tesbit edilmiş, ayrıca bu ön deneyler sonucunda flotasyonun kademeleri ile uygulanış şekli belirlenmiştir.

Belirlenen flotasyon şartlarına göre, önce pirit bastırılarak sfalerit yüzdürülmüş, bunu izleyerek pirit canlandırılıp yüzdürülmüştür. Piritin bastırılması pH=11.7'de kireç kullanılarak, piritin canlandırılması ise sülfirik asit ile pH=4.5 civarında bakır sülfat kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Gerek sfalerit, gerekse pirit yüzdürmede toplayıcı reaktif olarak potasyum amil ksantat, köpürtücü olarakta çamyacı kullanılmıştır. Ayrıca flotasyona en uygun öğütme boyutunun ve sfalerit flotasyonu temizleme kademelerinin tesbiti için sistematik deneyler yapılmıştır. Deneylerde 2 lt hacimli Wemco ve Denver laboratuvar flotasyon hücreleri kullanılmıştır.

En uygun cevher boyutunun tesbiti için yapılan deneyler sonucunda 0.210 mm altına öğütülen cevherle yapılan en iyi sonucu vermiştir. Boyut küçüldükçe sfalerit-pirit selektivitesinin azaldığı, hem çinko tenörünün hemde çinko kazanma veriminin düştüğü gözlenmektedir.

Sfalerit flotasyonunda temizleme kademe sayısının tesbiti için yapılan çalışmalarda 1, 2 ve 3 kademe temizleme içeren deneyler yapılmış, birinci kademe % 59.79 Zn tenörü ile % 96.28 kazanma verimi, ikinci kademe % 62.55 Zn tenörü ile % 95.05 kazanma verimi ve üçüncü kademe % 62.47 Zn tenörü ile % 91.14 kazanma verimi elde edilmiştir.

Buradan 3 kademeli temizleme ile çinko tenörünün % 62.47'ye çıkarılabildiği ancak çinko kazanma veriminin düştüğü görülmektedir. Tek kademeli bir temizleme işlemi ile % 60 civarında Zn tenörlü konsantre üretilebilmekte ve bu işlemin Zn kazanma verimi de % 96 civarında olmuştur.

Yapılan deneysel çalışmalar sonunda en uygun flotasyon şartları aşağıdaki gibi tesbit edilmiştir (Bayraktar, 1983).

Çizelge 6. En uygun flotasyon şartları (Bayraktar, 1983)

Sfalerit Flotasyon Devresi

pH	11.7
Kireç Miktarı	3 kg/ton
Pulp Yoğunluğu	%25 katı
CuSO ₄	250 gr/ton
Amil ksantat (KAX)	80 g/ton
Kıvamlandırma Süresi	10 dk
Çam Yağı Miktarı	20 gr/ton
Flotasyon Süresi	7dk

Sfalerit Temizleme Flotasyon Devresi

pH	11.7
Pulp Yoğunluğu	%22 katı
Flotasyon Süresi	5 dk

Pirit Flotasyonu Devresi

pH	4.5
H ₂ SO ₄	7.5 kg/ton
K. Amil Ksantat	20 gr/ton
Kıvamlandırma Süresi	10 dk
Pulp Yoğunluğu	%17 katı
Çam Yağı	20 gr/ton
Flotasyon Süresi	5 dk

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Adana ilinin Kozan ilçesine bağlı Horzum yaylasının çıkışında bulunan ve halen Adana Madencilik Ltd. Şirketi tarafından, yeraltı üretim yöntemiyle üretilen ve flotasyon tesisinde zenginleştirilen çinko cevherinden temsili numuneler alınmıştır.

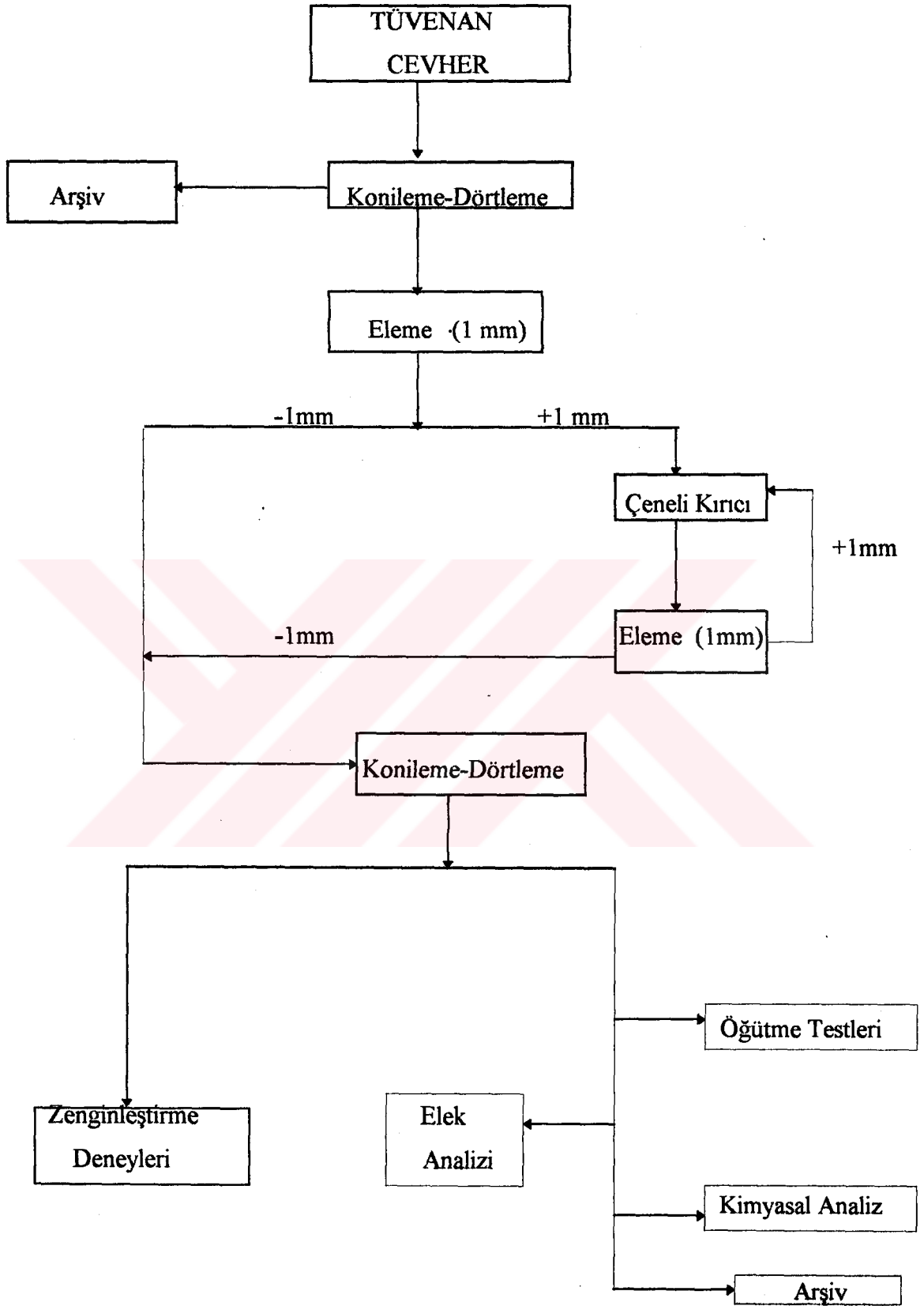
Bu numunelerden ilki tesisin normal cevher stoğundan, ikincisi klasifikatör taşanından, üçüncüsü flotasyon tesisi artığından ve dördüncüsü ise zengin cevher olarak nitelendirilen ve birkaç bin ton kadar üretilmiş olan tüvenan çinko cevherinden alınmıştır. Daha sonra bu numuneler deneylerde kullanılmak üzere Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama laboratuvarına getirilmiştir.

Bu numunelerden ilki olan normal cevher konileme-dörtleme metodu ile yaklaşık 15 kg kadara azaltılarak 1 mm'lik elekten elenmiş, elek üstü fraksiyonu laboratuvar tipli çeneli kırıcıdan geçirilerek tekrar aynı eleme işlemine tabi tutulmuştur. İşleme, malzemenin hepsinin elek altına geçinceye kadar kırıcı elek kapalı devre çalıştırılmasıyla devam etmiştir.

Deneylerde kullanılacak normal cevher numunelerin hazırlanması elek analizi ve kimyasal analiz numunelerinin elde edilmesi için izlenen yol Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tesisten alınan diğer bir temsili numune olan klasifikatör taşanı önce laboratuvarda etüvde kurutulmuştur. Kurutulan numune konileme dörtlemeye tabi tutularak azaltılmış daha sonra kareleme ile, elek analizi ve kimyasal analiz için temsili numuneler alınmıştır.

Tesisten üçüncü olarak alınan flotasyon tesis artığı, klasifikatör taşanında olduğu gibi önce kurutulmuştur. Daha sonra konileme dörtlemeye tabi tutularak numune azaltılmış ve kareleme ile elek ve kimyasal analizleri için numuneler elde edilmiştir.



Şekil 1. Cevherden Numune Almada İzlenen Yol.

Tesisten alınan son temsili numune olan zengin cevher, öncelikle konileme-dörtlemeye tabi tutularak 15 kg kadar numune alınmıştır. Bu numune laboratuvar tipli çeneli kırıcıdan geçirilerek 1mm'lik elek ile elenmiş, elek üstü fraksiyon tekrar çeneli kırıcıya beslenmiş ve bu şekilde cevher, kırıcı-elek kapalı devresine tabi tutularak -1mm boyutuna indirgenmiştir.

4.2. Metod

4.2.1. Kimyasal Analiz

Kimyasal analizlerin yapılmasında PERKIN ELMER mikroprosesör gaz kontrollü, 3100 Model Atomik Absorbsiyon Cihazı (AAS) kullanmıştır.

10-20 gram kadar örnek, laboratuvar tipi titreşimli değirmende 20 dakika süreyle öğütüldükten sonra, 105 °C'de 1 saat kadar etüde kurutulmuştur. Desikatörden soğutulan örneklerden 0.5-1 gr tartılmış ve teflon krozede 15 ml HF (Hidroflorik asit) ve 5 ml HClO₄ ile parçalanıp sıvıya aktarılmıştır. Ortamdaki silisyum SİF halinde ortamdan uzaklaştırılmış, daha sonra diğer elementler HCl ile çözülüp balon jojede 100 ml tamamlanarak Atomik Absorbsiyon Cihazında bütün metaller okunmuştur.

4.2.2. Kırma-Elleme

Kırma-eleme deneyleri Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Cevheri Hazırlama Laboratuvarında mevcut çeneli kırıcı ile gerçekleştirilmiştir.

Bu deneylerde önce normal cevher kullanılmış ve cevher 1 mm 'lik elekten geçirildikten sonra elek üstü fraksiyonu kırıcıya beslenerek numune -1 mm boyutuna kırılmıştır. Daha sonra aynı şekilde zengin cevher - 1 mm boyutuna indirgenmiştir.

Her iki cevherden alınan temsili numunelerin boyut dağılımını belirlemek için yapılan elek analizleri, laboratuvar elek serisi (0.425, 0.300, 0.180, 0.150, 0.125, 0.075, 0.0625, 0.045 mm) kullanılarak yaş eleme metodu ile gerçekleştirilmiştir.

4.2.3. Öğütme-Eleme

Öğütme deneylerinde kırılma-öğütme laboratuvarında mevcut 20 x 20 cm boyutunda bilyalı değirmen kullanılmıştır. Söz konusu değirmen toplam ağırlığı 2 kg olan muhtelif çaplarda bilya dolgusu ile çalıştırılmıştır.

Bilyalı değirmende normal cevher 3,5,8,10,15 ve 20 dakikalık süreler için yaş öğütme deneylerine tabi tutulmuş ve her bir öğütme işleminden sonra yaş eleme (0.250, 0.180, 0.150, 0.125, 0.075, 0.0625, 0.045 mm) elek serisi kullanılarak yapılmıştır.

4.2.4. Spiral

Deneyler esnasında kullanılan spiral cihazı, spiral şeklinde bir oluk olup, ortalama hatve yarıçapı 12.5 cm, hatveler arası mesafe 33 cm olan 5 hatveli spiral oluk, Humphrey spirali adını alır.

Günümüzde, tabaka halinde akan akışkanlar içinde zenginleştirmenin endüstriyel uygulamasında en çok kullanılan aygıtlardan biridir.

Spiraldeki ayırma mekanizması oldukça karışık olup, farklı özgül ağırlıktaki minerallerin ayrılması, tabaka halinde akan su ve merkezkaç kuvvetinin birlikte etkisiyle gerçekleşir. En üstte bulunan besleme kutusundan beslenen cevher-su karışımı pulp, tabaka halinde aşağı doğru akar.

Akan tabaka merkezkaç kuvvetinin etkisiyle hatve merkezine yakın kısımlarda ince, yan tarafta ise kalındır. Bu durumda iri ve ağır mineraller merkeze yakın kısımda toplanırken, ince ve hafif mineraller hatvenin yan tarafına doğru tırmanırlar. Ağır minerallerin içine karışan hafif mineralleri uzaklaştırmak için, merkezden yana doğru yıkama suyu verilir. Ağır mineraller, spiral merkezine yakın kısımlardaki konsantre deliklerinden, hafif minerallerde oluğun sonunda alt kısımdan alınır.

Spiral deneylerinde önce flotasyon tesisi klasifikatör taşı ile %18 katı ve 100 kg/s'lık debi kullanılarak deney yapılmış olup daha sonra aynı klasifikatör taşı ile ikinci kez %10 katı ve 200 kg/s'lık debi ile tekrarlanmıştır. Diğer bir spiral deneyi tesis flotasyon artığı ile %20 katı ve 400 kg/s'lık debi kullanılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.



Resim 1. Humphrey spirali

4.2.5. Sallantılı Masa

Sallantılı masa, cevher yapısı, içerisindeki minerallerin özgül ağırlık farkından yararlanarak, zenginleştirme işlemini gerçekleştiren bir yoğunluğa göre ayırma cihazıdır. Sallantılı masa, hafif eğimli, üzerinde akışkan bir akımı olan, dikdörtgen, paralel kenar, dikdörtgene yakın yamuk, veya V şeklinde bir tablodur. Bu tablo, uygun bir mekanizma ile, uzun eksen doğrultusunda ve geriye doğru olan hareketi daha hızlı olmak üzere, ileri-geri hareket ettirilir. Masa yüzeyi genellikle dar ve uzun eşiklerle kaplıdır. Bu ileri-geri hareket ve masa üzerindeki eşikler yardımıyla yoğunluğa göre bir ayırma işlemi yapabilmektedir.

Sallantılı Masalarda zenginleştirme parametreleri, kapasite, beslenen malzeme boyutu ve zenginleştirme kriterlerine bağlı olarak değişir. Cevherde beslenen malzeme boyutunun 1.5 mm civarında olduğu durumlarda 2 t/s kadar çıkan kapasite, ince boyutta 1 t/s, (0.100-0.150 mm) boyutta ise 0.5 t/s'in altına düşmektedir.

Sallantı masa deneyleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama laboratuvarında bulunan masa ile gerçekleştirilmiştir. Masa da, frekans ve genlik ayarları otomatik olarak yapılabilmektedir. Masa dizaynı her ürünü ayrı ayrı oluklardan almayı mümkün kılmaktadır. Normal boyut masası ve şlam masası olmak üzere iki adet portatif masaya sahip olup bunların montajı ve demontajı oldukça pratiktir. Söz konusu masaların eşikleri sonradan montaj olmayıp kendi yapısı dahilinde dizayn edilmiştir.

Deneyler esnasında şlam masası kullanılmıştır. Deney şartlarının belirlenmesi amacıyla öncelikle birkaç deney yapılarak aşağıda belirtilen optimum masa şartları deneylerde kullanılmak üzere tesbit edilmiştir.

Besleme hızı	: 15 kg/h
Su miktarı	: 10 lt/dk
Frekans	: 450 d/dk
Genlik	: 12 mm
Eğim	: 2°

Sallantılı masa deneylerine, normal cevher, zengin cevher, normal tesis artığı ve - 0.180 mm tesis artığı tabi tutulmuştur.

4.2.6. Multi Gravity Seperator (MGS)

Sallantılı masa yüzeyinin bir tambur şekline dönüştürülerek kullanılabilmesi prensibi ile tanımlanabilir. Bir ucu açık olan bu tamburun belirli bir hızla döndürülmesiyle; mineral tanelerine karşı etkili olan yerçekimi kuvvetinden daha büyük bir merkezkaç kuvvetinin etkisi altında tanelerin tambur üzerinde yarı katı bir tabaka oluşturması ve yardımcı üniteler aracılığı ile ayrılmasını gerçekleştirmektedir. MGS ünitesinde; tambur dönüş hızı, titreşim büyüklüğü, tambur eğim açısı, yıkama suyu miktarı ve besleme katı oranı önemli işletme parametreleri olmaktadır. Ayrıca besleme tane boyutu ve mineraller arasındaki özgül ağırlık farkı da önemli parametrelerdir.

Tambur dönüş hızı ayırmayı iki yönde etkiler. İlk olarak, pülp akışını eksenel doğrultudan tamburun alt çıkış ucuna doğru hızlandırır. İkinci olarak tanelerin atalet kütlelerini arttırarak tambur yüzeyine yapışmasını sağlar. Tambur dönüş hızı 100-280 d/dk arasında değişebilir. Tambur dönüş hızının artması verimi artırırken tenörün azalmasına sebep olmaktadır.

Titreşim yoğunluğu; frekansın 3/2. kuvvetinin genellikle çarpımı olarak tanımlanır. Titreşim frekansı 4.0/4.8/5.7 d/sn, titreşim genliği ise 10/15/20 mm arasında değişebilir.

Yıkama suyu, tambur üst (konsantre) çıkış ağzına yakın bir noktadan verilir. Yıkama suyu miktarı, pülp yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte 0-10 lt/dk arasında değişebilir.

Tambur eğim açısı ise tambur eksenini ile yatay eksen arasındaki açı olup; malzemenin özelliğine bağlı olarak 0-9° arasında ayarlanabilir. İnce boyutlu ve düşük yoğunluklu mineraller için küçük, iri boyutlu ve yüksek yoğunluklu mineraller için ise büyük eğim açıları tavsiye edilmektedir.

Pülp yoğunluğu ise beslenen malzemenin ağırlıkça % 10-50 arasında değişebilir. Daha yüksek yoğunluklar ise yıkama suyu miktarı ile ayarlanabilmektedir.

MGS deneyleri sadece tesis flotasyon artığı üzerinde değişik tambur hızları kullanılarak yapılmıştır.

4.2.7. Flotasyon

Çeşitli flotasyon makinaları içerisinde en çok kullanılanlar şunlardır;

- 1) Kendi kendine havalandırmalı, mekanik hücre (Agitation)
- 2) Hava üflemeli mekanik karıştırılmalı hücre (Sub-aerasyon)
- 3) Hava üflemeli, hava ile karıştırma yapan hücre (Pnömatik)

Flotasyon usulünün tatbiki başladığı zamandan beri, çeşitli firmalar tarafından yapılan flotasyon makinaları istenilen özellikleri sağlayacak şekilde geliştirilmektedir. Flotasyon makinaları zamanımızda dahi devamlı bir gelişme halindedir. Çeşitli yenilikleri, hücrelerin daha mükemmel olarak istenilen fonksiyonları yerine getirilmesine çalışılmaktadır.

Laboratuvarında mevcut olan ve deneylerde kullandığımız flotasyon makinasında kendi kendine havalandırmalı mekanik hücre tipindedir. Bu makinalarda çeşitli farklar olmakla beraber genel prensibi aynıdır.

Flotasyon deneyleri, önce, tane serbestleşme boyutunun hangi öğütme sonrası en iyi tesbit etmek maksadıyla öğütme-eleme deneylerinden sonra yapılmıştır. Daha sonra ise normal cevher ile yapılan sallantılı masa deney ürünler kullanılarak flotasyon deneyleri yapılmıştır.



Resim 2. Flotasyon makinası

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Kimyasal Analiz

Normal cevher (% 6.02) için gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Cevherde mikroskobik incelemeler sonucunda Sfaleritin en yaygın bulunan mineral olduğu gözlenmiştir. Sfalerit genellikle koyu kahverenkli bazen siyahımsı görünümde yarı şekilli - şekilsiz taneler halinde bulunmaktadır. Pirit cevher numunelerinin diğer yaygın minerali olup, sfalerit ile birlikte kompakt bir yapı oluşturmaktadır. Çoğunlukla şekilli - yarı şekilli kristallerine hem sfalerit hem de dolomit içinde rastlanmaktadır. Galen miktarda çok az olup, yalnızca mikroskobik incelemeler esnasında genellikle şekilsiz taneler halinde kısmen pirit içinde kısmen sfalerit içinde değişen boyutlarda izlenmektedir.

Cevhere eşlik eden gang minerallerinin çoğunluğunu dolomit ($MgCaCO_3$) ile az miktarda kalsit ($CaCO_3$) ve çok az miktarda da kuvars (SiO_2) teşkil etmektedir. Dolomit, donuk beyaz renkli, masif bir görünümündedir.

Çizelge 7. Normal cevher kimyasal analizi.

Element	%
Zn	6.02
Pb	0.12
Fe	22.53
SiO_2	0.68
MgO	35.21
CaO	22.40
Diğerleri	13.04
Toplam	100.00

Kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında çinko tenörünün nisbeten düşük olduğu, buna karşın demir tenörünün ise oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca çinko ile

genellikle birlikte bulunan kurşunun ise oldukça düşük tenöre sahip olduğu dikkati çekmektedir.

Ayrıca, cevher minerallerine eşlik eden gang mineralleri içinde dolamitin (MgCaCO_3) oldukça fazla yer aldığı analiz sonuçlarından anlaşılmaktadır. Bunun yanında kalsitinde (CaCO_3) fazla bulunduğu açıkça görülmektedir. Çizelgede diğerleri olarak adlandırılan elementlerin ise çoğunlukta S, çok az miktarlarda Cu, Mn teşkil edebileceği düşünülmektedir.

Zengin cevherin ve tesis klasifikatör taşanının elek-metal çizelgesinin oluşturulması için kimyasal analizler yapılmış ve Çizelge 9, 18 de gösterilmiştir.

5.2. Kırma-Eleme Deneyleri

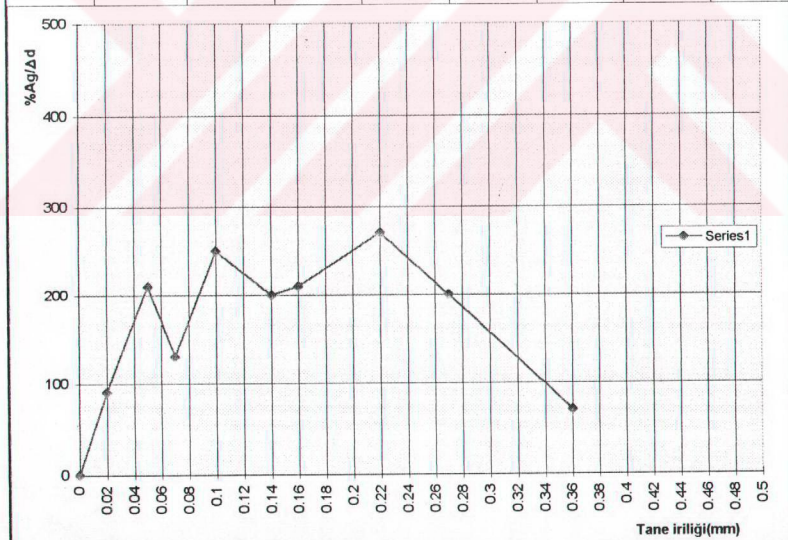
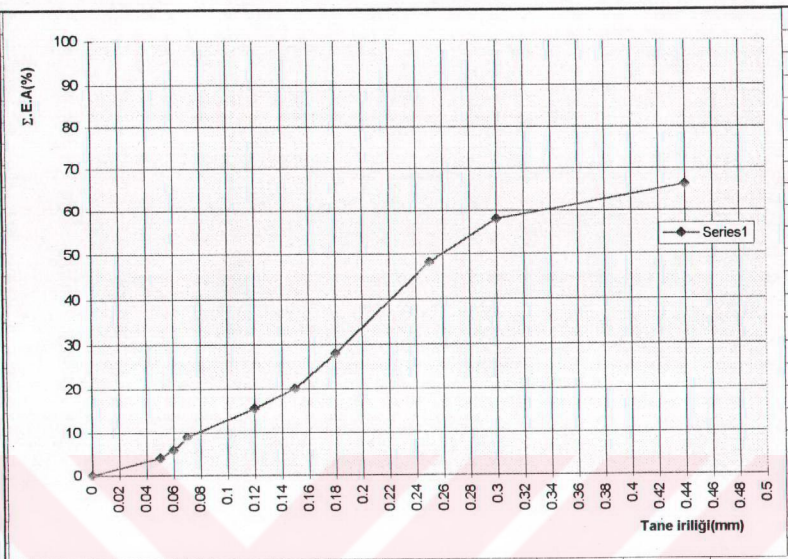
Kırma eleme deneylerine, ilk önce normal cevher tabi tutulmuştur ve cevher, 1mm'lik elekten geçirildikten sonra elek üstü fraksiyonu laboratuvar tipli çeneli kırıcıya beslenerek numune -1mm boyutuna kırılmıştır. Bundan alınan temsili numune elek analize tabi tutulmak suretiyle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 8. Normal cevher kırıcı çıkışı elek analizi.

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		Σ E.Ü	Σ E.A	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.425	62.95	31.50	31.50	100.00	-
0.425-0.300	17.76	9.88	40.38	68.51	71.04
0.300-0.250	21.94	10.97	51.35	59.67	219.40
0.250-0.180	40.02	20.01	71.36	48.70	285.86
0.180-0.150	13.42	6.71	78.07	28.69	223.66
0.150-0.125	11.28	5.64	83.72	21.98	225.60
0.125-0.075	13.20	6.60	90.32	16.34	132.00
0.075-0.0625	3.64	1.82	92.14	9.74	140.00
0.0625-0.045	7.60	3.83	95.97	7.92	212.78
0.045	8.19	4.09	100	4.09	90.88
Toplam	200.00	100.00			

Kırma-eleme testine tabi tutulan ikinci numune ise zengin cevher olmuştur. Cevher önce daha evvel belirtildiği gibi konileme-dörtlemeye tabi tutularak azaltılmıştır. Daha sonra 1 mm'lik elekten geçirildikten sonra elek üstü fraksiyonu çeneli kırıcıya beslenerek cevher 1mm boyutuna indirgenmiştir.

Aşağıda -1mm boyutundaki zengin cevherin Elek-metal çizelgesi ve grafikleri verilmiştir.

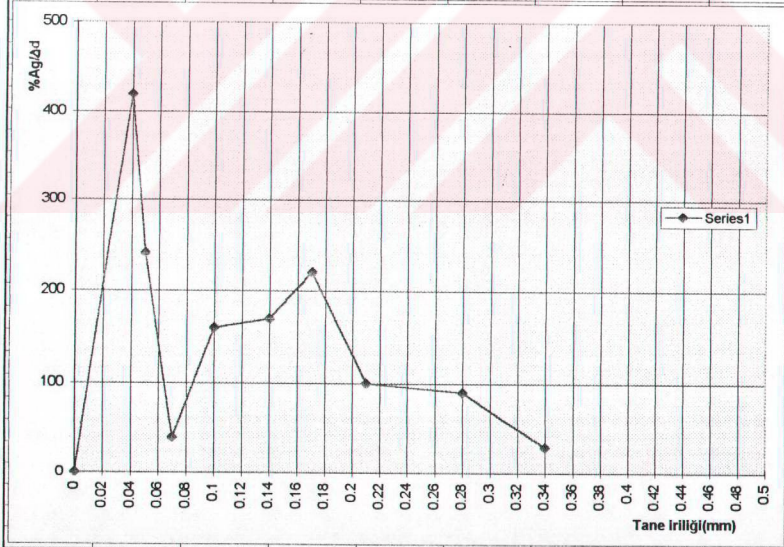
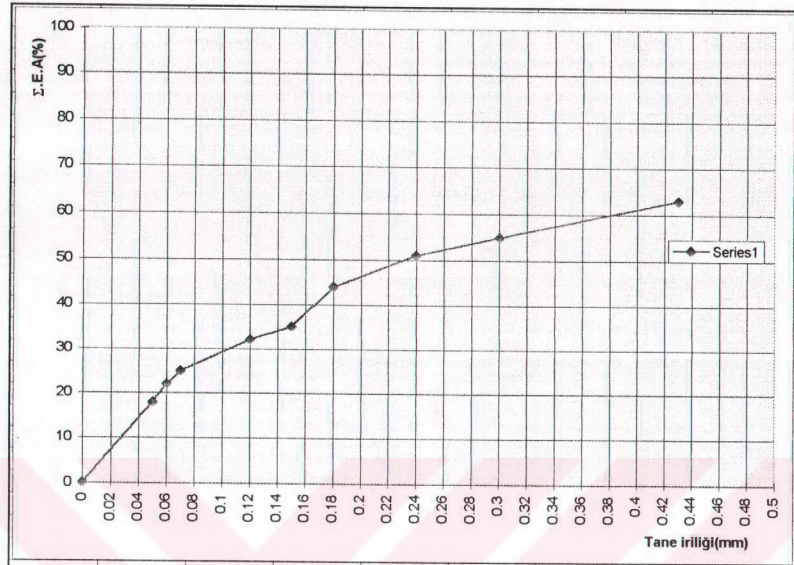


Şekil-2- Normal Cevher Kırıcı Çıkışı Σ.E.A ve Normal Dağılım Eğrileri

Çizelge 9. Zengin cevherin elek analizi.

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		$\Sigma.E.\ddot{U}$	$\Sigma.E.A$	Tenör % Zn	Normal Dağılım oranı
	gr	%				
0.425	74.85	37.43	37.43	100.00	30.38	-
0.425-0.300	12.22	6.11	43.54	62.58	34.47	48.88
0.300-0.250	9.93	4.97	48.51	56.47	34.39	99.4
0.250-0.180	16.43	8.22	56.73	51.50	32.81	117.43
0.180-0.150	13.10	6.55	63.28	43.28	32.81	218.33
0.150-0.125	8.51	4.25	67.53	36.73	31.11	170.00
0.125-0.075	15.38	7.69	75.22	32.48	34.62	153.80
0.075-0.0625	4.20	2.10	77.32	24.79	30.80	33.60
0.0625-0.045	8.74	4.37	81.69	22.69	35.43	249.71
0.045	36.64	18.32	100.00	18.32	21.88	407.11
Toplam	200.00	100.00			30.22	

Normal cevher ve zengin cevher üzerinde gerçekleştirilen kırma-eleme deneyleri esnasında cevherlerin her ikisinde çeneli kırıcıdan kolaylıkla -1 mm boyutuna indirgenmesi cevherin çok kırılğan olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca çizelgeler incelendiğinde normal cevherde + 0.425 mm boyutunda malzemenin % 31.50 si toplanırken - 0.425 mm boyutunda % 68.50 gibi yüksek bir oran toplanmaktadır. Aynı şekilde zengin cevherinde yaklaşık aynı sonucu göstermesi malzemenin çok kırılğan olduğu doğrular niteliktedir.



Şekil-3- Zengin Cevher Kırıcı Çıkışı Σ.E.A ve Normal Dağılım Eğrileri

5.3. Öğütme-Eleme Deneyleri

Öğütme işleminde, kırma-öğütme laboratuvarlarında mevcut 20x20 cm boyutunda bilyalı değirmen kullanılmıştır. Söz konusu değirmen toplam ağırlığı 2 kg olan muhtelif çaplarda bilya dolgusu ile çalıştırılmıştır. Daha önce, çeneli kırıcıyla kapalı devre çalıştırılarak -1mm boyutuna indirgenen, normal cevher öğütme-eleme testlerine tabii tutulmuştur.

Optimum öğütme süresini tesbit edebilmek amacıyla aynı şartlarda, çeşitli sürelerde öğütmeler yapılmış, ve takiben elek analizleri gerçekleştirilmiş, daha sonra değişik irilikteki bu ürünlerden aynı şartlarda flotasyon deneyleri tekrarlanmıştır. Böylece flotasyon deneyleri sonrasında hangi tane iriliği dağılımında yeterli sfalerit serbestleşmesi olduğu tesbit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen maksatla, bilyalı değirmende 3, 5, 8, 10, 15 ve 20 dakikalık süreler için yaş öğütme deneyleri yapılmış, her bir öğütme sonunda yaş eleme yapılarak sonuçları sırayla ayrı ayrı çizelgeler halinde sunulmuştur. Bu çizelgelerin elek altı eğrileri ve normal dağılım eğrileri çıkartılmıştır. Ayrıca bu (Çizelge 10-17) elek altı eğrileri ile normal dağılım eğrileri de karşılaştırmalı olarak çizilmiştir.

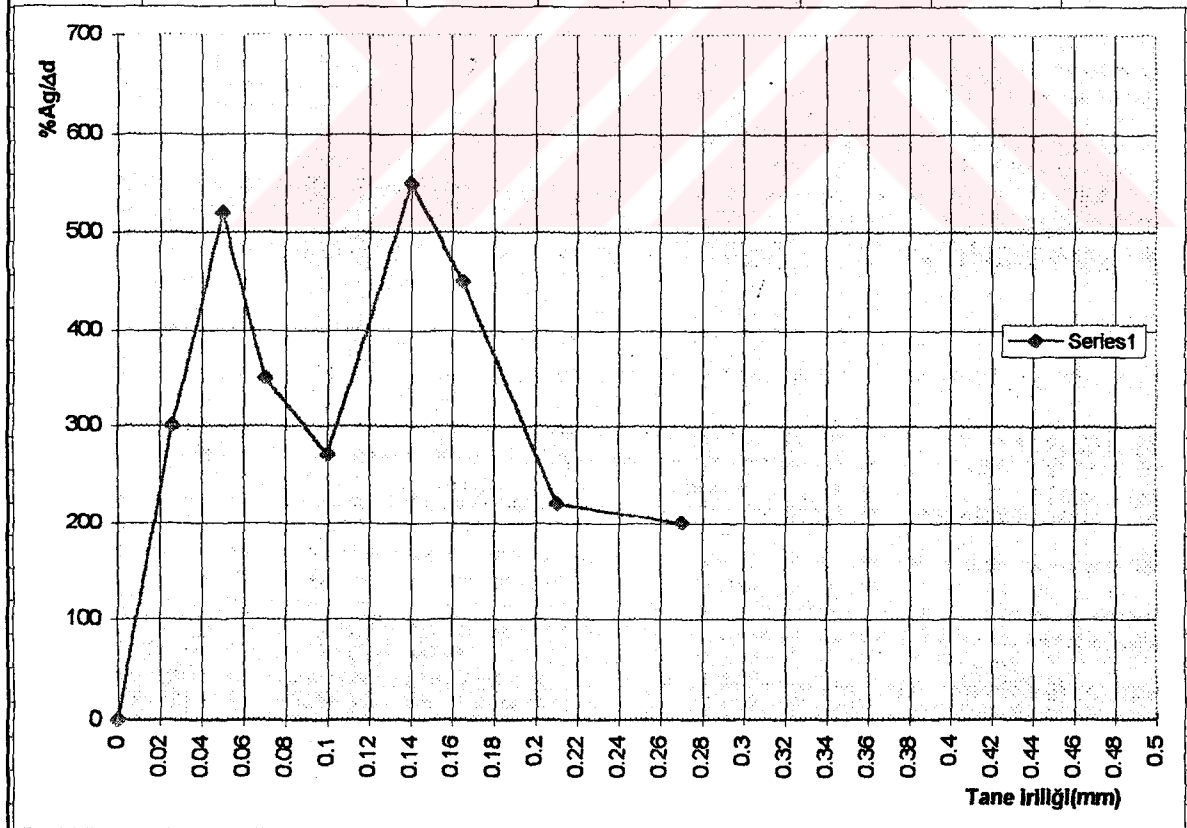
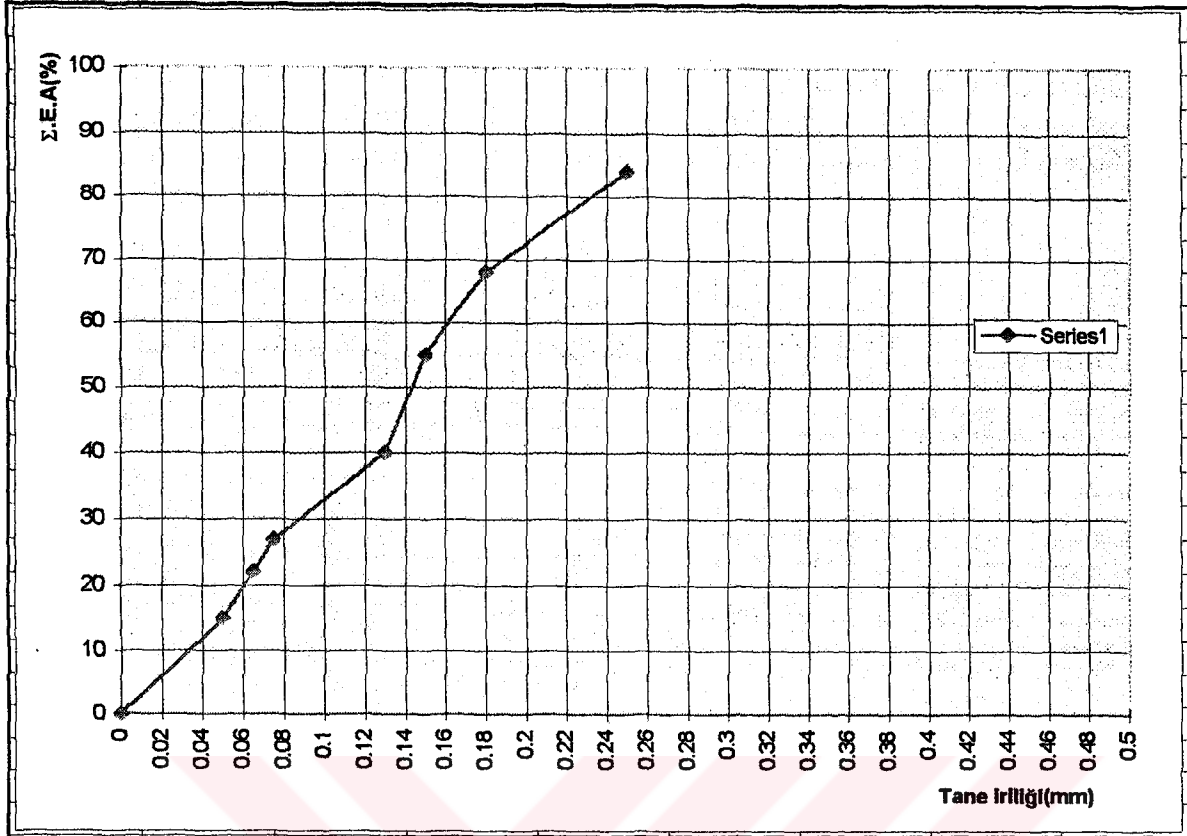
Tesisten alınan diğer bir numune olan flotasyon tesisi klasifikatör taşı, elek-metal analizine tabi tutulmuştur. Öğütme şartları olarak flotasyon tesisinde bulunan tesis değirmeninin şartları geçerli olup, aşağıda bulunan Çizelge 18'de elek-metal analiz sonuçları görülmektedir.

Öğütme Şartları

Öğütme Süresi	= 3 dk
Numune Miktarı	= 700 gr
Bilya Miktarı	= 2000 gr
Değirmen Boyutu	= 20x20 cm
Değirmen Hızı	= 58 d/dk
Öğütme Cinsi	= yaş (%70 katı)
Eleme Cinsi	= yaş
Elenen malzeme miktarı	= 200 gr

Çizelge 10. 3dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek-analiz sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		Σ.E.Ü	Σ.E.A	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.250	30.86	15.43	15.43	100	-
0.250-0.180	31.26	15.63	31.06	84.58	223.28
0.180-0.150	27.38	13.69	44.75	68.95	456.33
0.150-0.125	27.92	13.96	58.71	55.26	558.40
0.125-0.075	27.18	13.59	72.30	41.30	271.80
0.075-0.0625	8.87	4.44	76.74	27.71	355.20
0.0625-0.045	18.30	9.15	85.89	23.27	522.86
0.045	28.23	14.12	100	14.12	313.78
TOPLAM	200.00	100.00			



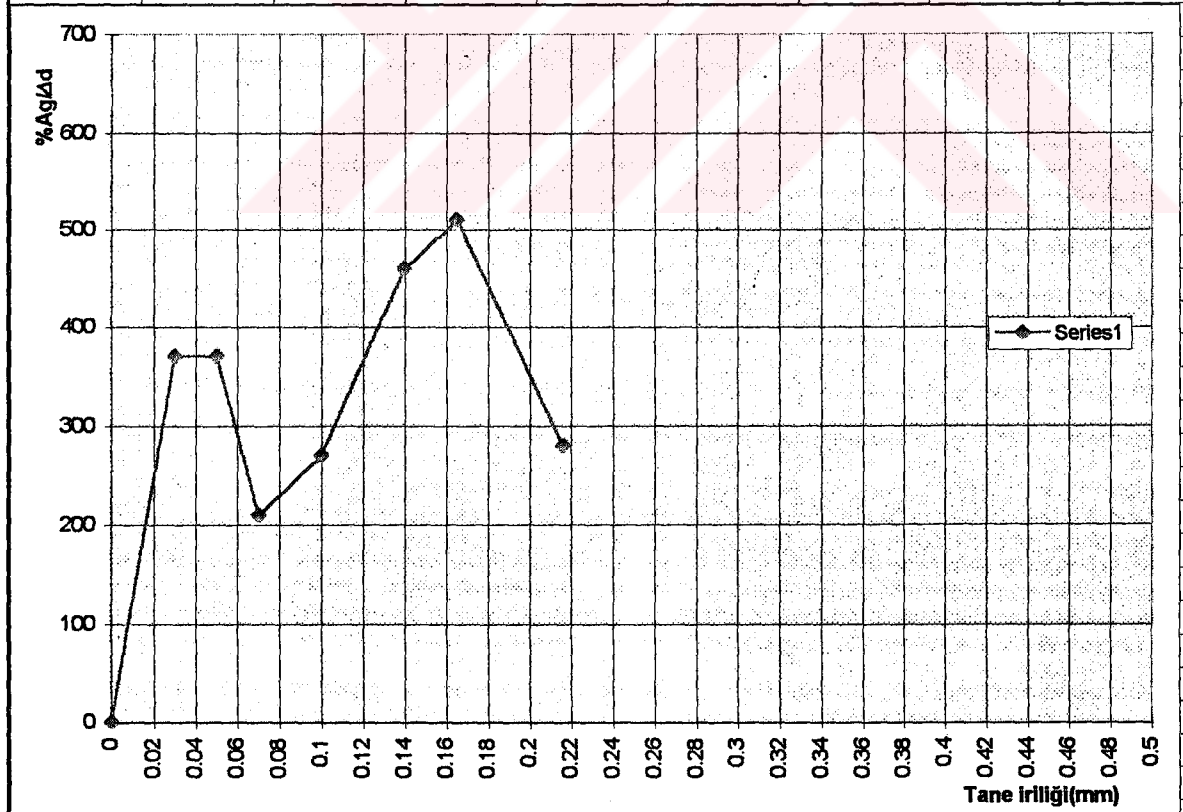
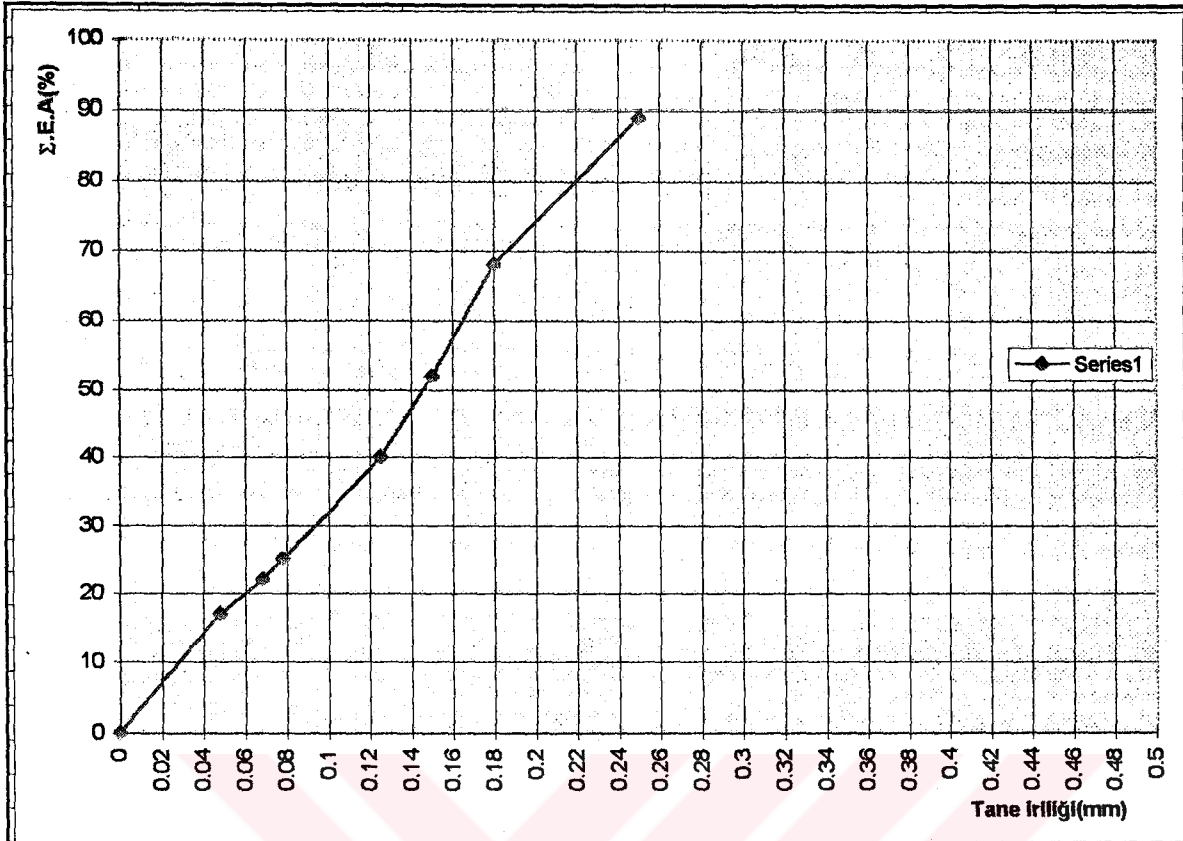
Şekil-4- 3 dk Süre İle Öğütülen Temsili Numunenin Σ.E.A ve Normal Dağılım Eğrileri

Öğütme Şartları

Öğütme Süresi	= 5 dk
Numune Miktarı	= 700 gr
Bilya Miktarı	= 2000 gr
Değirmen Boyutu	= 20x20 cm
Değirmen Hızı	= 58 d/dk
Öğütme Cinsi	= yaş (%70 katı)
Eleme Cinsi	= yaş
Elenen malzeme miktarı	= 200 gr

Çizelge.11. = 5dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek-analiz sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		Σ.E.Ü	Σ.E.A	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.250	21.96	10.98	10.98	100.00	-
0.250-0.180	41.90	20.95	31.93	89.04	299.28
0.180-0.150	30.68	15.34	47.27	67.09	511.33
0.150-0.125	24.44	12.22	59.49	52.75	488.80
0.125-0.075	28.55	14.27	73.76	40.43	285.40
0.075-0.0625	5.66	2.85	76.67	26.26	228.80
0.0625-0.045	11.85	5.93	82.54	23.41	388.86
0.045	34.96	17.48	100.00	17.48	388.44
TOPLAM	200.00	100.00			



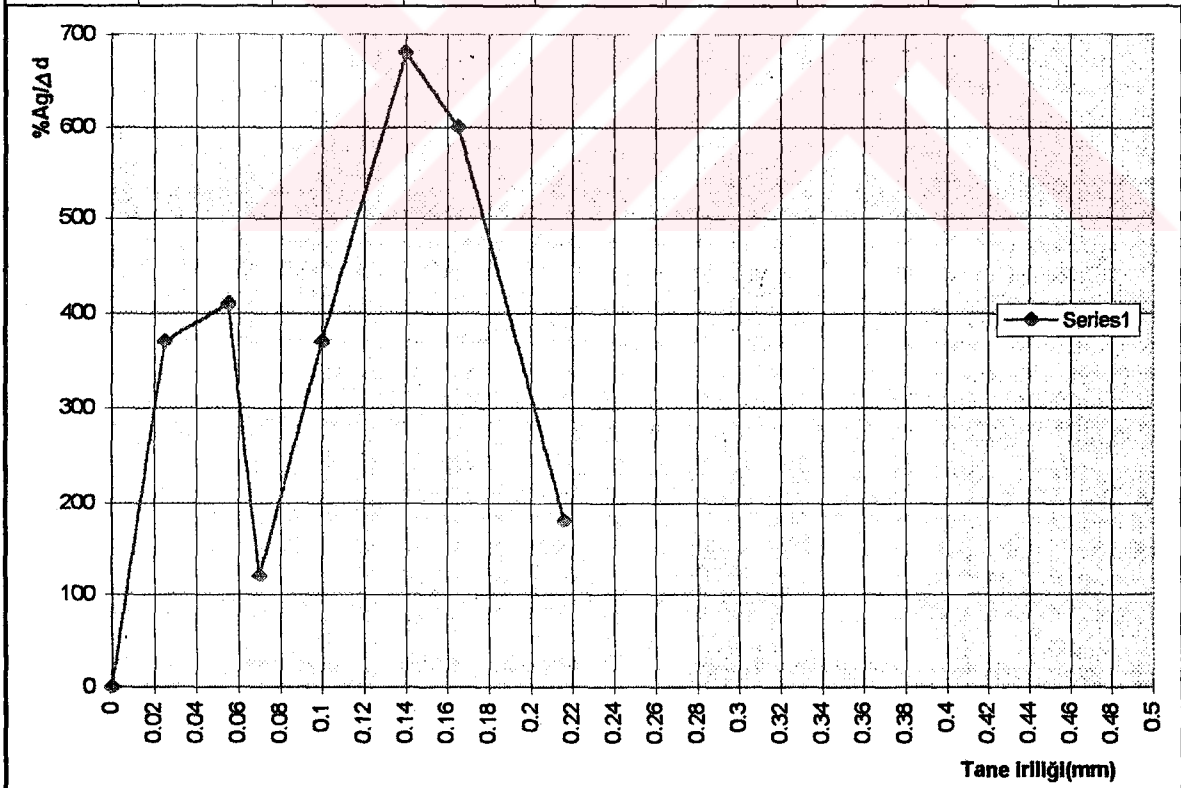
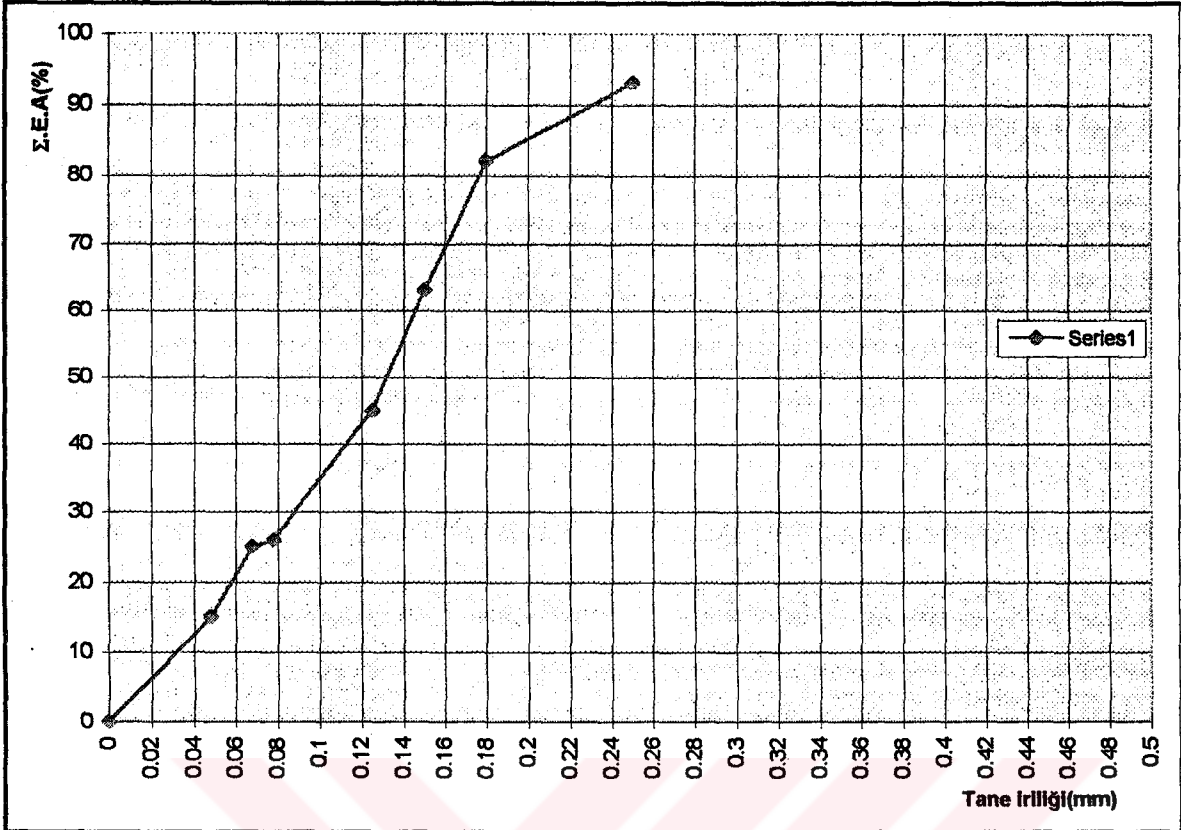
Şekil-5- 5 dk Süre İle Öğütülen Temsilî Numunenin $\Sigma.E.A$ ve Normal Dağılım Eğrileri

Öğütme Şartları

Öğütme Süresi	= 8 dk
Numune Miktarı	= 700 gr
Bilya Miktarı	= 2000 gr
Değirmen Boyutu	= 20x20 cm
Değirmen Hızı	= 58 d/dk
Öğütme Cinsi	= yaş (%70 katı)
Eleme Cinsi	= yaş
Elenen malzeme miktarı	= 200 gr

Çizelge 12. 8dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek-analiz sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		Σ.E.Ü	Σ.E.A	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.250	13.04	6.52	6.52	100.00	-
0.250-0.180	24.94	12.47	18.99	93.50	178.14
0.180-0.150	34	18.0	36.99	81.03	600
0.150-0.125	33.10	16.55	53.54	63.03	662
0.125-0.075	39.50	19.75	73.29	46.48	395
0.075-0.0625	3.10	1.55	74.84	26.73	124
0.0625-0.045	14.64	7.32	82.16	25.18	418.28
0.045	35.72	17.86	100.00	17.86	396.88
TOPLAM	200.00	100.00			



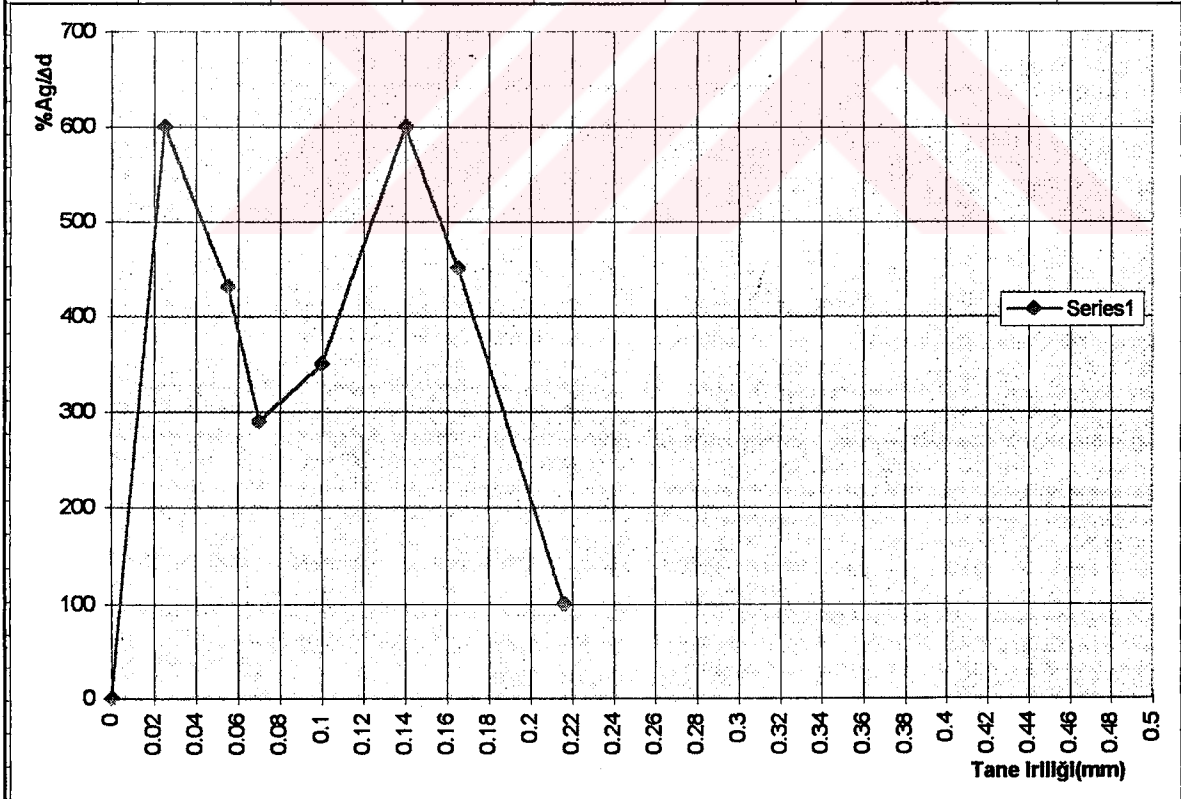
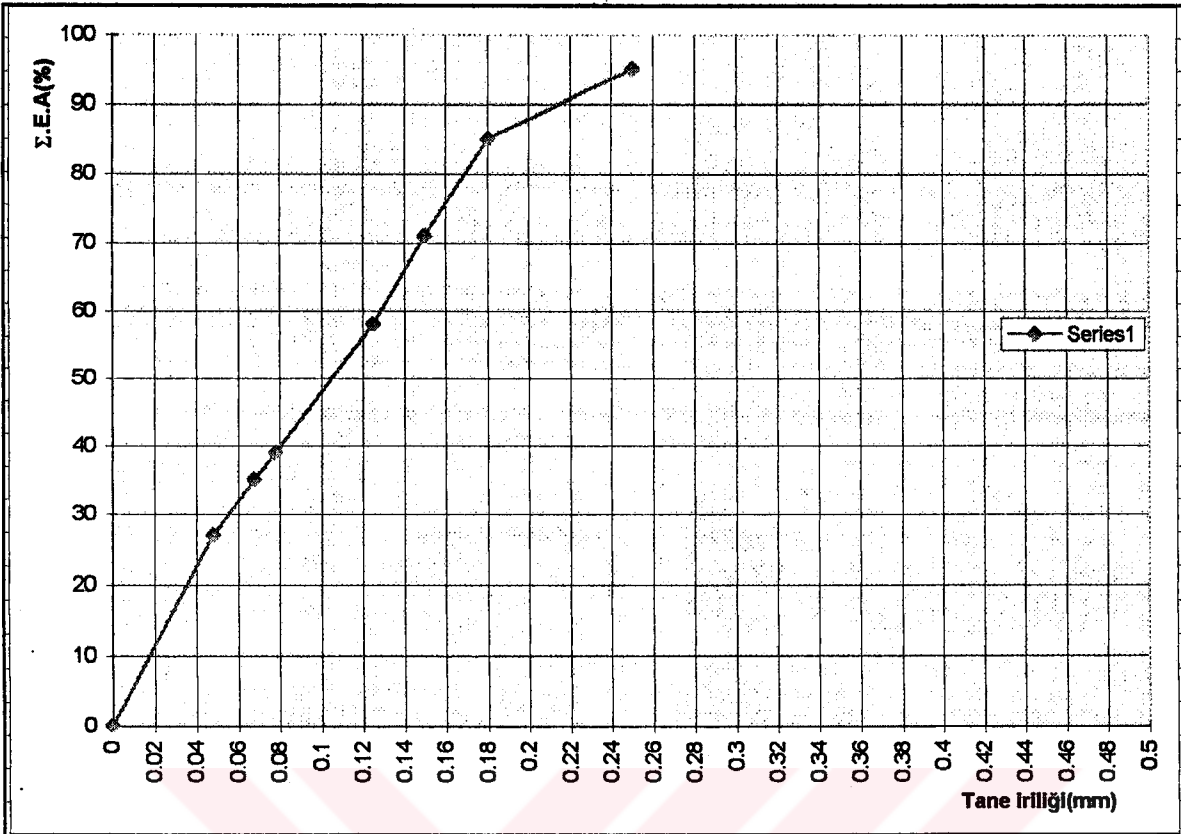
Şekil-6- 8 dk Süre İle Öğütülen Temsili Numunenin $\Sigma.E.A$ ve Normal Dağılım Eğrileri

Öğütme Şartları

Öğütme Süresi	= 10 dk
Numune Miktarı	= 700 gr
Bilya Miktarı	= 2000 gr
Değirmen Boyutu	= 20x20 cm
Değirmen Hızı	= 58 d/dk
Öğütme Cinsi	= yaş (%70 katı)
Eleme Cinsi	= yaş
Elenen malzeme miktarı	= 200 gr

Çizelge13. 10dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek-analiz sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		Σ.E.Ü	Σ.E.A	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.250	11.08	5.54	5.54	100.00	-
0.250-0.180	18.06	9.03	14.57	94.50	129.00
0.180-0.150	27.20	13.60	28.17	85.47	453.33
0.150-0.125	30.32	15.16	43.33	71.87	606.40
0.125-0.075	35.18	17.59	60.92	56.71	351.80
0.075-0.0625	7.50	3.75	64.67	39.12	300.00
0.0625-0.045	15.32	7.66	72.33	35.37	437.71
0.045	55.42	27.71	100.00	27.71	615.77
TOPLAM	200.00	100.00			



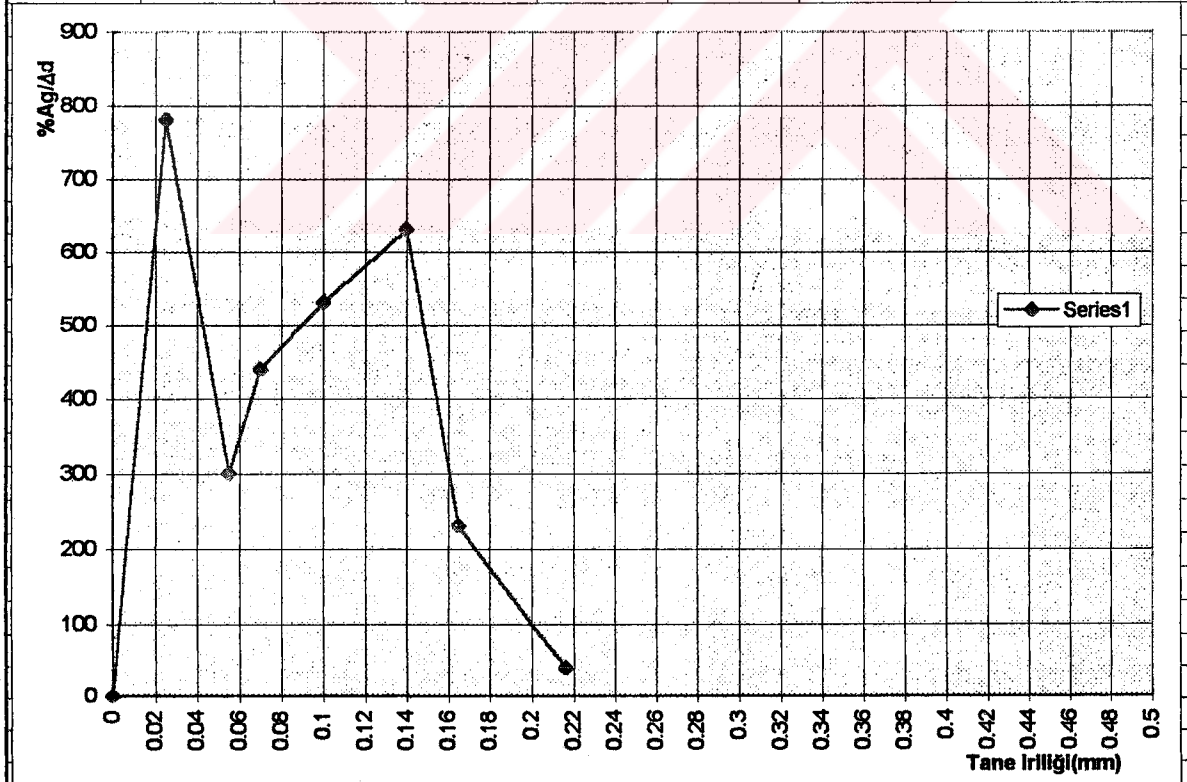
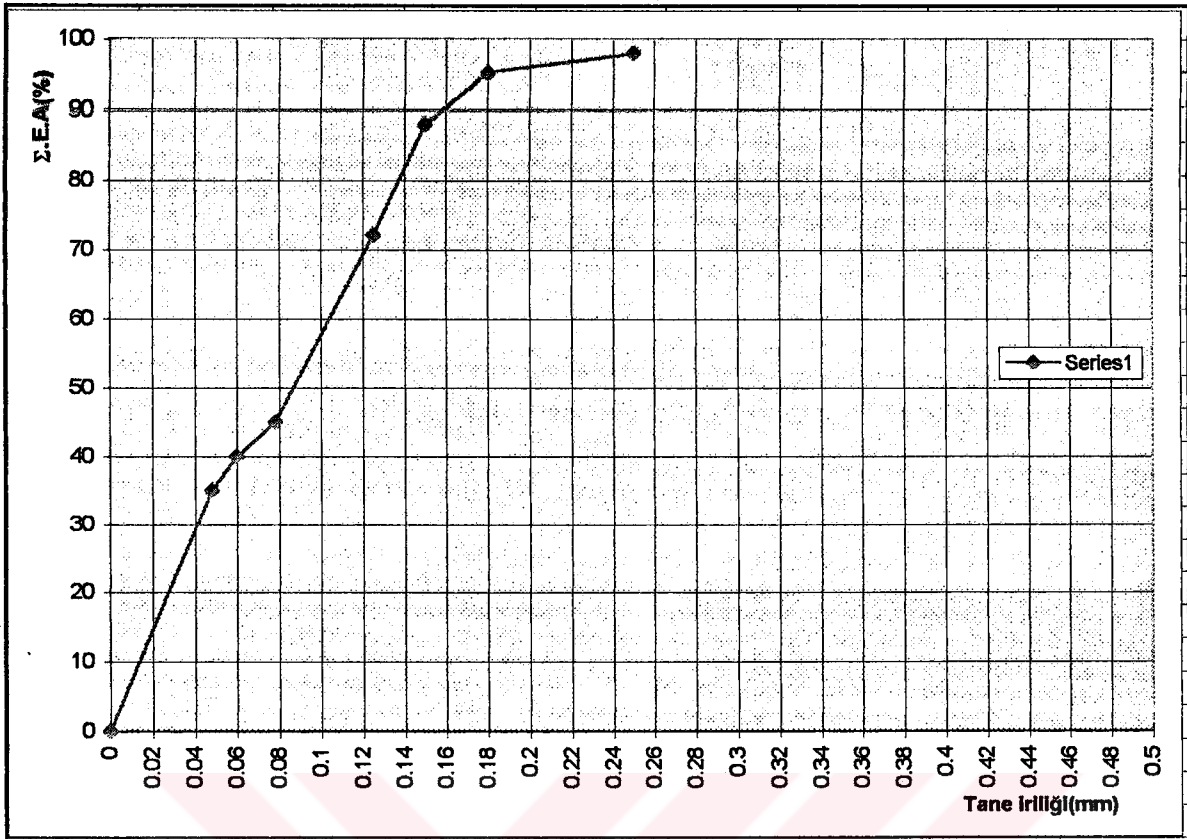
Şekil-7- 10 dk Süre İle Öğütülen Temsili Numunenin $\Sigma.E.A$ ve Normal Dağılım Eğrileri

Öğütme Şartları

Öğütme Süresi	= 15 dk
Numune Miktarı	= 700 gr
Bilya Miktarı	= 2000 gr
Değirmen Boyutu	= 20x20 cm
Değirmen Hızı	= 58 d/dk
Öğütme Cinsi	= yaş (%70 katı)
Eleme Cinsi	= yaş
Elenen malzeme miktarı	= 200 gr

Çizelge14. 15dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek-analiz sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		Σ.E.Ü	Σ.E.A	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.250	3.72	1.86	1.86	100.00	-
0.250-0.180	5.48	2.74	4.60	98.14	39.14
0.180-0.150	14.09	7.05	11.65	95.39	235.00
0.150-0.125	31.53	15.76	27.42	88.34	630.40
0.125-0.075	53.44	26.72	54.13	72.58	534.40
0.075-0.0625	10.96	5.48	59.61	45.86	438.40
0.0625-0.045	10.80	5.40	65.01	40.38	308.57
0.045	69.96	34.98	100.00	34.98	777.34
TOPLAM	200.00	100.00			



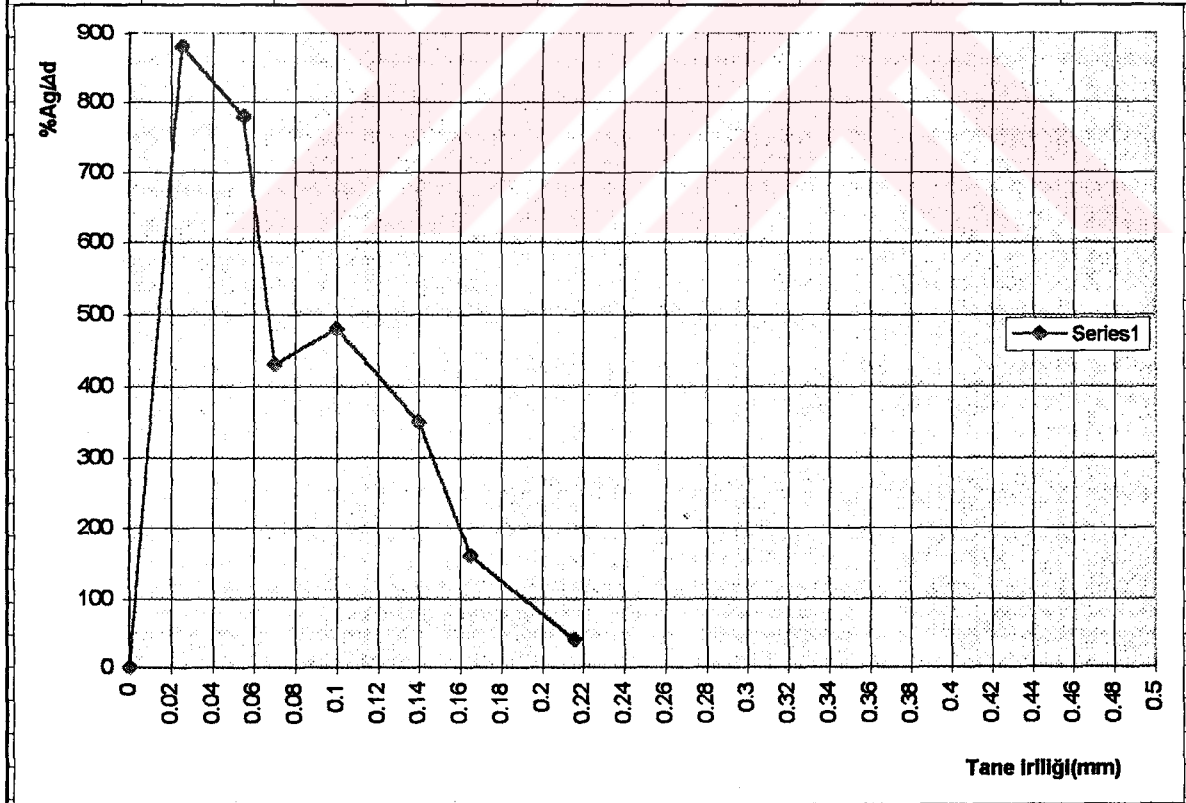
Şekil-8- 15 dk Süre İle Öğütülen Temsili Numunenin $\Sigma.E.A$ ve Normal Dağılım Eğrileri

Öğütme Şartları

Öğütme Süresi	= 20 dk
Numune Miktarı	= 700 gr
Bilya Miktarı	= 2000 gr
Değirmen Boyutu	= 20x20 cm
Değirmen Hızı	= 58 d/dk
Öğütme Cinsi	= yaş (%70 katı)
Eleme Cinsi	= yaş
Elenen malzeme miktarı	= 200 gr

Çizelge 15. 20dk Süre ile öğütülen temsili numunenin elek-analiz sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		Σ.E.Ü	Σ.E.A	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.250	1.98	0.99	0.99	100.00	-
0.250-0.180	3.72	1.86	2.85	99.01	26.57
0.180-0.150	9.59	4.80	7.65	97.17	160.00
0.150-0.125	18.22	9.11	16.76	92.37	364.40
0.125-0.075	48.65	24.32	41.08	83.26	486.40
0.075-0.0625	10.37	5.42	46.50	58.94	433.60
0.0625-0.045	27.84	13.92	60.42	53.52	795.43
0.045	79.25	39.60	100.00	39.60	880.00
TOPLAM	200.00	100.00			



Şekil-9- 20 dk Süre İle Öğütülen Temsili Numunenin Σ.E.A ve Normal Dağılım Eğrileri

Değişik öğütme süreleriyle öğütülen temsili numunenin, öğütülme sürelerine bağlı olarak kümülatif (E.A) tane iriliği dağılımının ve normal dağılım oranlarının (%Ag/Δd) kendi aralarında karşılaştırılması düşünülmüştür. Bu nedenle aşağıda verilen çizelgeler teşkil edilerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

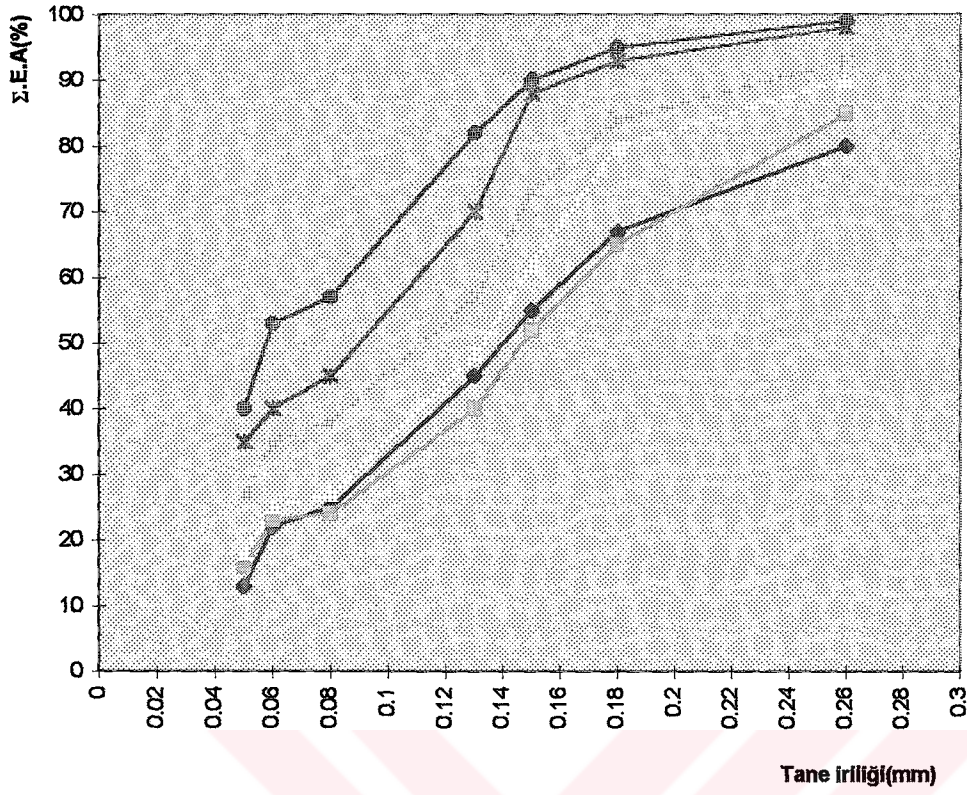
Çizelge 16. Değişik öğütme süreleriyle öğütülen temsili numunenin öğütme sürelerine bağlı olarak kümülatif (E.A) tane iriliği dağılımının karşılaştırılması.

Tane iriliği (mm)	Öğütme Süresi (dk)					
	3	5	8	10	15	20
0.250	100	100	100	100	100	100
0.250-0.180	84.4	89.04	93.50	94.50	98.14	99.01
0.180-0.150	68.95	67.09	81.03	85.47	95.39	97.17
0.150-0.125	55.26	52.75	63.03	71.87	88.34	92.37
0.125-0.075	41.30	40.53	46.48	56.71	72.58	83.26
0.075-0.0625	27.71	26.26	26.73	39.12	45.86	58.94
0.0625-0.045	23.27	23.41	25.18	35.37	40.38	53.52
0.045	14.12	17.48	17.86	27.71	34.98	39.60

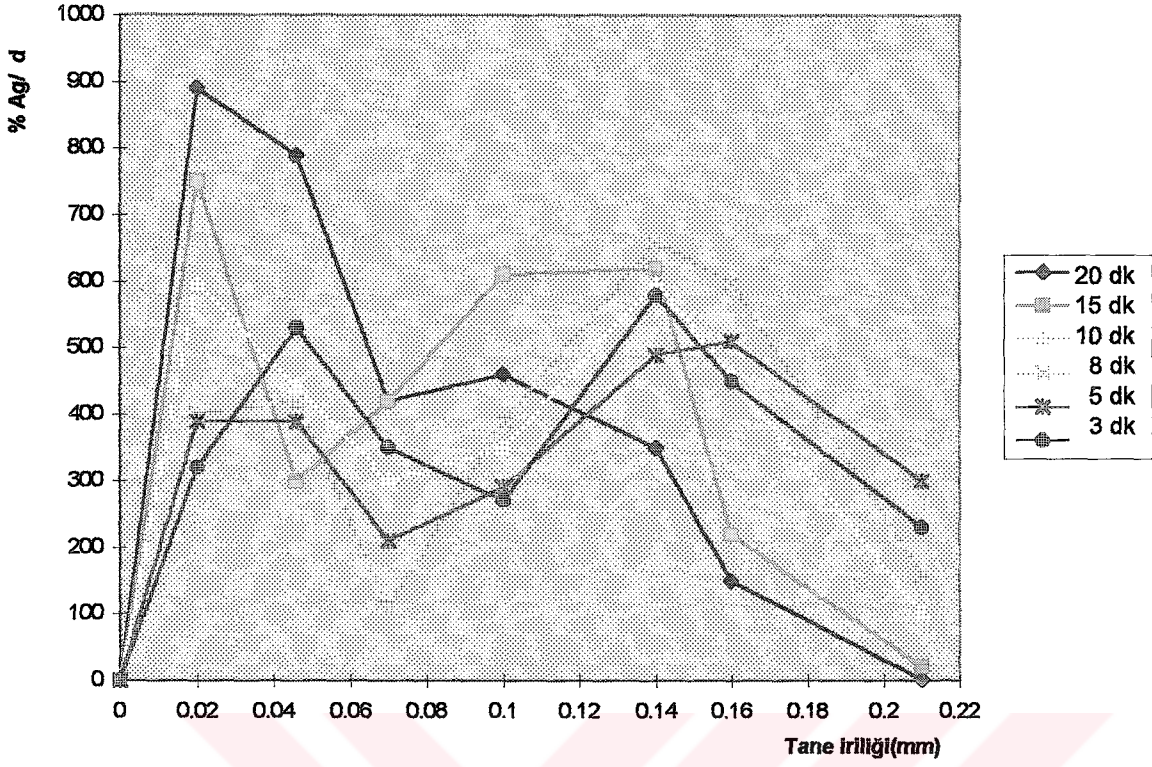
Aynı şekilde normal dağılımları karşılaştırmak için çizelge hazırlırsa;

Çizelge 17. Değişik öğütme süreleriyle öğütülen temsili numunenin, öğütme sürelerine bağlı olarak normal dağılım oranlarının (%Ag/Δd) karşılaştırılması

Tane iriliği (mm)	Öğütme Süresi (dk)					
	3	5	8	10	15	20
0.250	-	-	-	-	-	-
0.250-0.180	223.28	299.28	178.14	129.00	39.14	26.57
0.180-0.150	456.33	511.33	600.00	453.33	235.00	160.00
0.150-0.125	558.40	488.80	662.00	606.40	630.40	364.40
0.125-0.075	271.80	285.40	395.00	351.80	534.40	486.40
0.075-0.0625	355.20	228.80	124.00	300.00	438.40	433.60
0.0625-0.045	522.86	388.86	418.28	437.71	308.57	795.43
0.045	313.78	388.44	396.88	615.77	777.34	880.00



Şekil-10- Değişik Öğütme Süreleriyle Öğütülen Temsili Numunenin Öğütme Süresine Bağlı Olarak $\Sigma.E.A$ Tane İriliği Dağılımının Karşılaştırılması



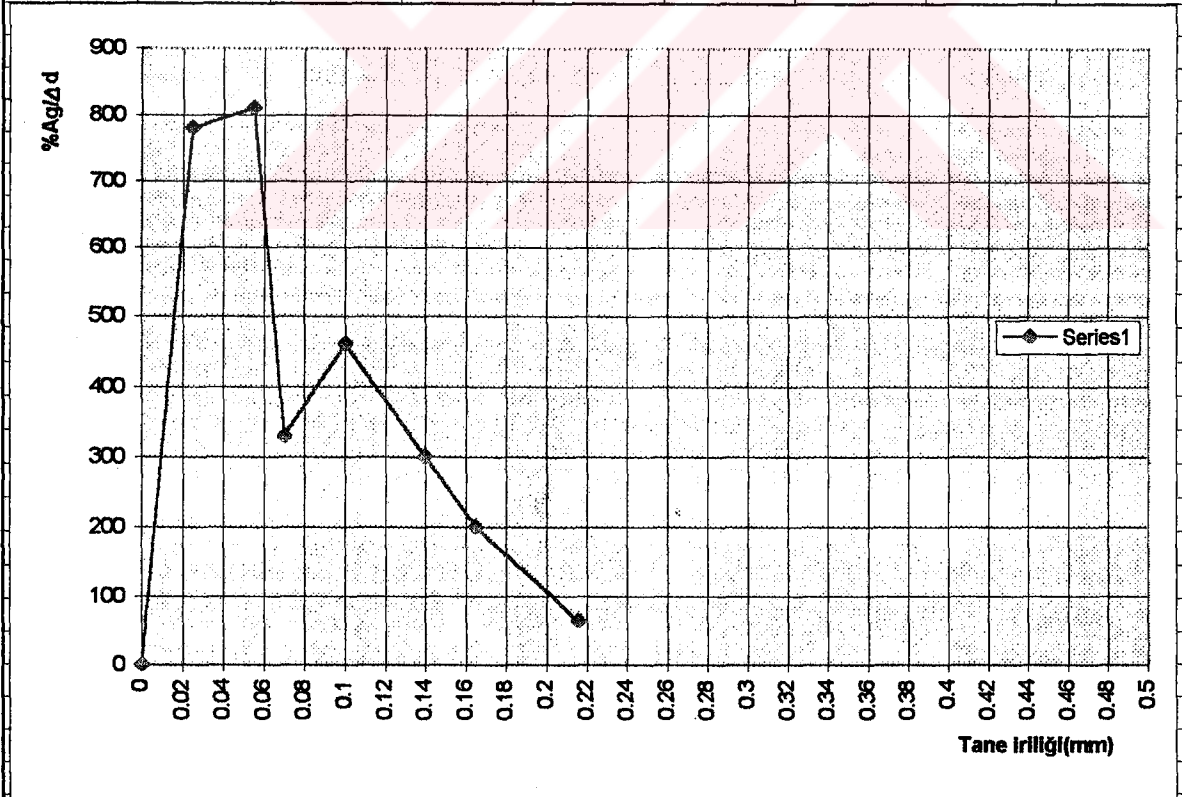
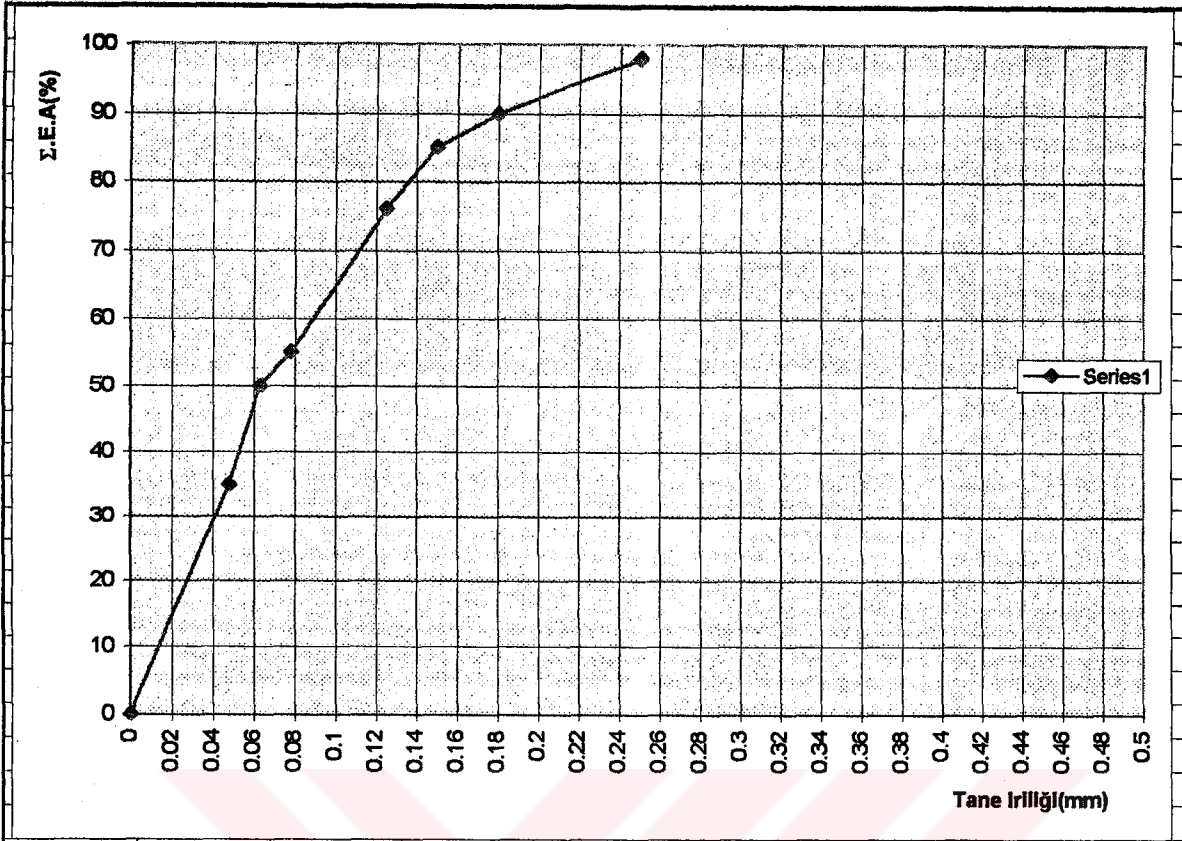
Şekil-11- Değişik Öğütme Süreleriyle Öğütülen Temsili Numunenin Öğütme Süresine Bağlı Olarak Normal Dağılım Oranının (% Ag/ d) Karşılaştırılması.

Çizelge 18. Tesis klasifikasyon taşının elek analizi.

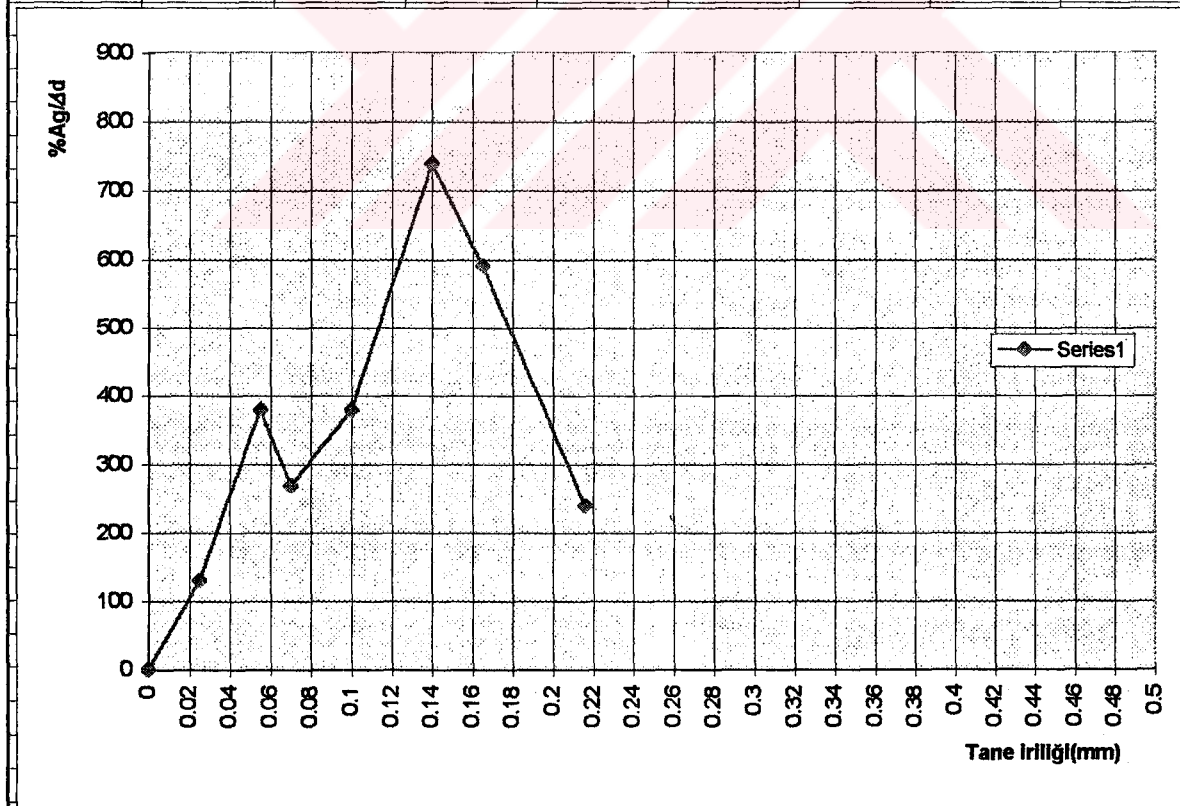
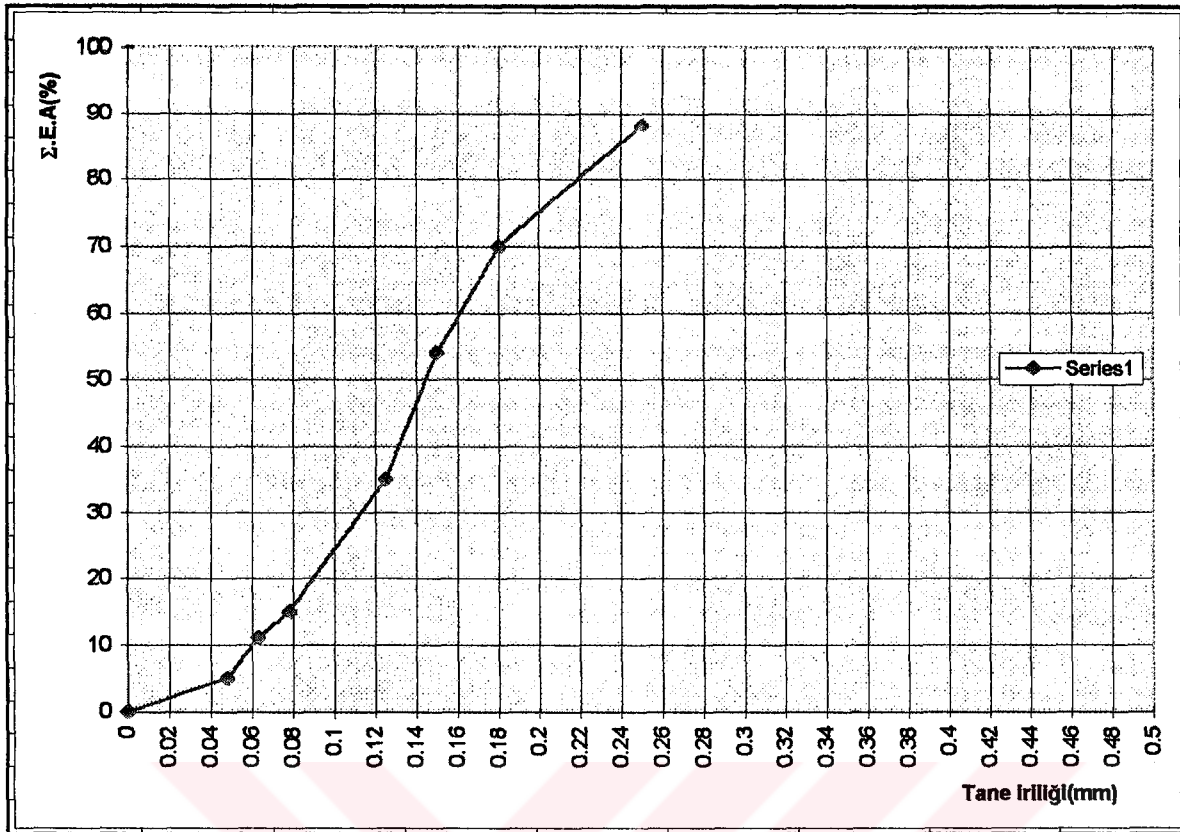
Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		$\Sigma.E.Ü$	$\Sigma.E.A$	TENÖR		Normal Dağılım oranı
	gr	%			%Zn	%Fe	
0.250	10.82	5.41	5.41	100.00	5.59	9.06	-
0.250-0.180	8.94	4.47	9.88	94.34	4.88	10.95	63.85
0.180-0.150	9.10	4.55	14.43	89.87	7.60	15.85	151.66
0.150-0.125	15.34	7.67	22.40	85.32	8.48	22.35	306.80
0.125-0.075	47.34	23.67	45.77	77.65	8.20	31.35	473.40
0.075-0.0625	8.30	4.15	49.92	53.98	8.25	26.97	332.00
0.0625-0.045	28.64	14.32	64.24	49.83	7.29	32.87	818.28
0.045	71.02	35.51	100.00	35.51	8.79	22.67	791.11
TOPLAM	200.00	100.00			7.96	24.76	

Çizelge 19. Flotasyon tesis artığının elek analizi.

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık		$\Sigma.E.Ü$	$\Sigma.E.A$	Normal Dağılım Oranı
	gr	%			
0.250	22.98	11.49	11.49	100.00	-
0.250-0.180	33.38	16.69	28.18	88.51	238.43
0.180-0.150	35.36	17.68	45.86	71.82	589.33
0.150-0.125	37.26	18.63	64.49	54.14	745.20
0.125-0.075	38.67	19.36	83.85	35.51	387.20
0.075-0.0625	7.37	3.68	87.53	16.15	294.40
0.0625-0.045	13.63	6.80	94.33	12.47	388.57
0.045	11.35	5.67	100.00	5.67	126.00
TOPLAM	200.00	100.00			



Şekil-12- Tesis Klasifikatör Taşanı $\Sigma.E.A$ ve Normal Dağılım Eğrileri



Şekil-13- Flotasyon Tesis Artığının Σ.E.A ve Normal Dağılım Eğrileri

Kırma-eleme deneylerinden sonra normal cevher için öğütme-eleme testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler yaş olarak yapılmış olup 3, 5, 8, 10, 15 ve 20 dakikalık öğütme süreleri öngörülmüştür.

Her bir öğütme sonrası, belli bir miktar numune alınarak eleme işlemleri gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar çizelgeler halinde sunulmuştur. Aynı zamanda belirli zamanlarda öğütülen numuneler öğütme sonrası hemen, herbiri için aynı flotasyon şartları kullanılarak flotasyon deneylerine tabi tutulmuştur. Bu sayede tane serbestleşme boyutunun hangi öğütme süresinde en iyi gerçekleştiğini belirleme yoluna gidilmiştir.

Çizelge 29'da bu sonuçlar toplu olarak gösterilmektedir. Sözkonusu çizelge incelendiğinde en iyi sonucu 5 dakikalık öğütme sonrasında alındığı açıkça görülmektedir. Zira çinko tenörü % 27.42 olup kazanma verimi % 95.05 çıkmıştır. Diğer öğütme sürelerine nazaran oldukça yüksek sonuç veren bu öğütme süresi sonucunda elde edilen elek analiz sonuçlarına bakılmak suretiyle işlem değerlendirilebilmektedir.

Bilindiği üzere, laboratuvar dışında öğütme sürekli bir işlemdir. Değirmenden çıkan ürünün tane iriliği kullanılan öğütme ortamının cinsine ve miktarına, öğütme süresinin ve değirmen dönüş hızına (kritik hız) bağlı olarak değişir. Öğütme işlemlerinde öğütülecek malzemenin değirmen içinde kalan süresi öğütmeyi etkileyen en önemli etmenlerden biridir. Öğütme süresinin tesbiti laboratuvarında çeşitli sürelerde öğütme deneyleri yapılmasıyla elde edilir. Malzemenin öğütme durumu elek - analizi ile kontrol edilir.

Buradan hareketle öğütme-eleme deneyleri sonucunda elde edilen optimumu öğütme süresinin (5 dk) elek - analizi ile (Çizelge 11) tesis klasifikatör taşanının elek-analizi (Çizelge 18) karşılaştırılacak olursa çizelgelerde derin farklılıklar gözlenmektedir. Zira şlam boyutu denilebilecek bir boyut olan - 0.045 mm boyutunda, 5 dakikalık öğütme - eleme deneyinde, malzeme % 17.48'i toplanırken, tesis öğütmesinde bu oran % 35.51 görülmektedir. Aynı şekilde diğer boyutlarda da aynı farklılıklar sözkonusudur.

Anlaşılacağı üzere, tesiste malzeme fazla öğütülmekte olup malzemenin değirmende kalma süresinin tekrar düzenlenmesi suretiyle fazla öğütmeden kaçınılmalıdır.

5.4. Spiral Deneyleri

Spiral deneylerinde, flotasyon tesisi klasifikatör taşanından alınan temsili numune ile flotasyon tesis artığı kullanılmıştır.

Bu deneylerde önce flotasyon tesisi klasifikatör taşanı ile, % 18 katı ve 100 kg/s'lık debi kullanılarak deney yapılmış olup, daha sonra aynı klasifikatör taşanı ile ikinci kez % 10 katı ve 200 kg/s'lık debi ile deney tekrarlanmıştır. Diğer bir spiral deneyi tesis flotasyon artığı ile % 20 katı ve 400 kg/s'lık debi kullanılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.

Yapılan deney sonuçları aşağıda ayrı ayrı çizelgelerde sunulmuştur.

Çizelge 20. % 18 Katı 100 kg/s ile yapılan normal cevher spiral deney sonuçları.

Ürünler	Ağırlık		Tenör		Verim	
	gr	%	%Zn	%Fe	Zn %V	Fe %V
Konsantre	180	90	9.7	33.46	91.03	97.96
Artık	20	10	8.6	6.36	8.97	2.04
B.M	200.00	100.00	9.59	30.74	100.00	100.00

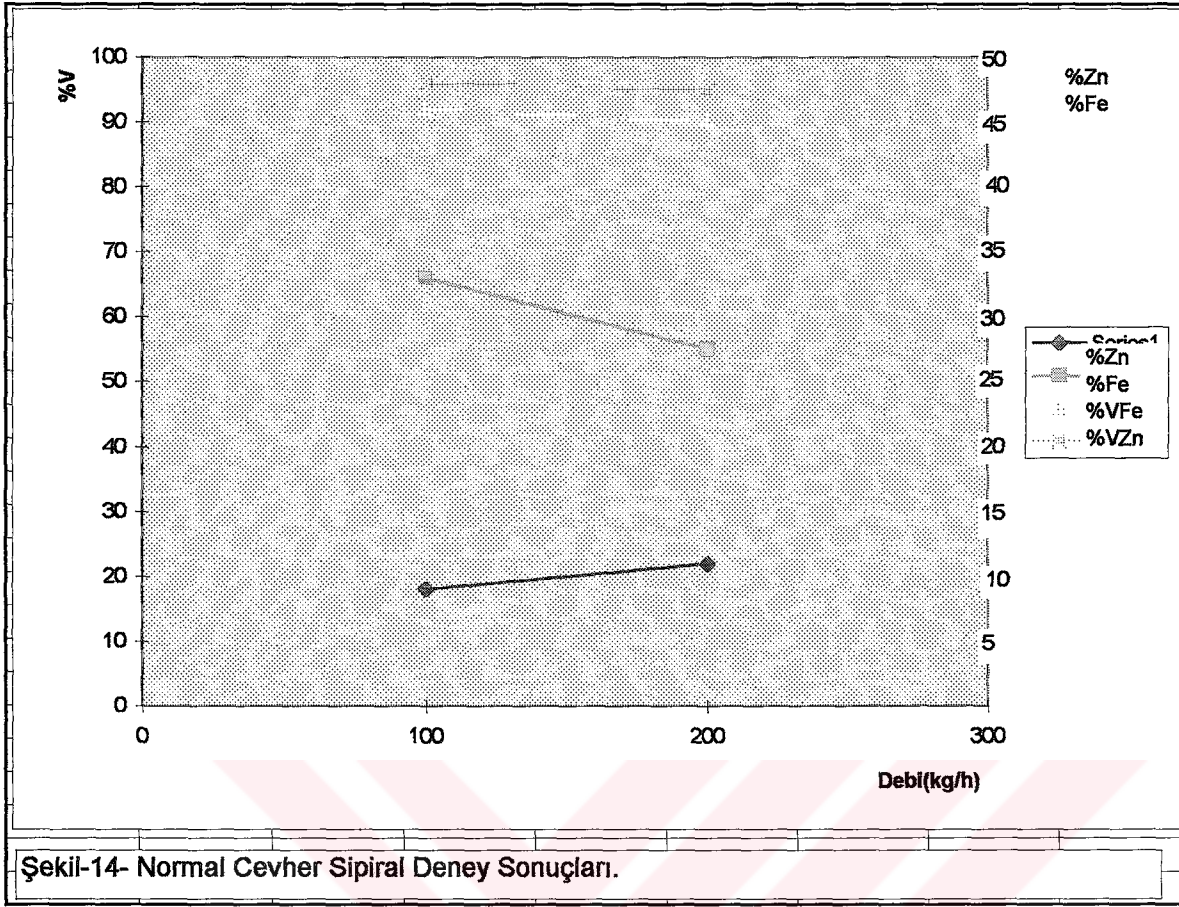
Çizelge 21. % 10 Katı 200 kg/s ile yapılan normal cevher spiral deney sonuçları.

Ürünler	Ağırlık		Tenör		Verim	
	gr	%	%Zn	%Fe	Zn %V	Fe %V
Konsantre	160	80.23	10.8	28.16	90.54	96.51
Artık	39.54	19.77	4.6	4.16	9.46	3.45
B.M	200.00	100.00	9.57	23.41	100.00	100.00

Çizelge 22. % 20 Katı 400 kg/s ile yapılan tesis flotasyon artığı spiral deney sonuçları.

Ürünler	Ağırlık		Tenör		Verim	
	gr	%	%Zn	%Fe	Zn %V	Fe %V
Konsantre	57.32	28.66	2.20	40.75	26.54	76.13
Artık	142.68	71.34	2.40	5.14	73.16	23.87
B.M	200.00	100.00	2.34	15.34	100.00	100.00

Deney sonuçları irdelendiği taktirde; ilk deneyden elde edilen ürünlerin çinko tenörlerinin birbirine çok yakın oldukları tesbit edilmiştir. Zira konsantre çinko tenörü % 9.7 iken artık tenörü de % 8.6 ya çıkmıştır. Fakat tesis klasifikatör taşı ile yapılan ikinci spiral deney ürünlerinden konsantre çinko tenörü % 10.8 iken artığın çinko tenörü % 4.6 olarak bulunmuştur. Bu ikinci deney sonucunda konsantre çinko tenörü iyi sayılabilecek durumda olmasına rağmen, artık çinko tenörünün % 5 e yaklaşmış olması sonucu gölgelemektedir. Tesis artığı için yapılan spiral deneylerin ise; konsantre çinko tenörü % 2.2 olup artık çinko tenörü de % 2.4 olarak tesbit edilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi tesis flotasyon artığının spiral ile zenginleştirme işleminde hiçbir sonuç alınmamıştır.



5.5. Sallantılı Masa Deneyleri

Deneyler esnasında şlam masası kullanılmıştır. Deney şartlarının belirlenmesi amacıyla öncelikle bir kaç deney yapılarak aşağıdaki belirtilen optimum masa şartları deneylerde kullanılmak üzere tesbit edilmiştir.

Deneylerde kullanılan Optimum Masa Şartları	
Beslenme Hızı	15 kg/h
Su Miktarı	10 lt/dk
Frekans	450 d/dk
Genlik	12 mm
Eğim	2°

5.5.1. Normal Cevher ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi

Deney esnasında tane serbestleşme boyutu -0.210 mm olarak karar verilen normal cevher kullanılmıştır. Bu maksatla cevher daha önce de belirtildiği gibi kırma-öğütme'ye tabi tutularak % 80'i -0.210 mm ye geçmesi sağlanmıştır. Yaklaşık 2 000 gr kadar hazırlanan bu numune yukarda belirtilen masa şartlarında deneye tabi tutularak aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

Çizelge 23. Normal cevher ile yapılan sallantılı masa deney sonuçları.

Ürünler	Ağırlık		Tenör	Verim
	gr	%	%Zn	Zn %V
Konsantre	454.40	22.72	6.83	23.98
Ara Ürün	613.60	30.68	13.00	61.64
Artık	932.00	46.60	2.00	14.38
B.M	2000	100.00	6.77	100.00

5.5.2. Zengin Cevher ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi

Deney esnasında, tane serbestleşme boyutu aynen normal cevherde olduğu gibi - 0.210 mm olarak tesbit edilen zengin cevher örneği kullanılmıştır. Cevher kırma öğütmeye tabi tutularak % 80'nin - 0.210 mm olması temin edilerek, sallantılı masa deneyine tabi tutulmuştur. Alınan sonuçlar aşağıda çizelge halinde verilmiştir. Deney esnasında 1000 gr numune kullanılmıştır. Masa şartları, yukarda belirtilen değerlerin aynısıdır.

Çizelge 24. Zengin cevher ile yapılan sallantılı masa deney sonuçları.

Ürünler	Ağırlık		Tenör	Verim
	gr	%	%Zn	Zn %V
Konsantre	355.80	35.59	47.75	62.14
Ara Ürün	305.10	30.51	11.85	13.22
Artık	339.22	33.90	19.99	24.64
B.M	1000	100.00	27.35	100.00

5.5.3. Flotasyon Tesis Artığı ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi

Sallantılı masa deneylerinde kullanılan, flotasyon tesisi artığı, konileme-dörtleme metoduyla azaltılarak deneyde kullanılmak üzere numune hazırlanmıştır. Masa şartları, daha önce tesbit edilen ve diğer deneylerde kullanılan değerlerin aynısıdır.

Çizelge 25. Flotasyon tesis artığı ile yapılan sallantılı masa deney sonuçları.

Ürünler	Ağırlık		Tenör	Verim
	gr	%	%Zn	Zn %V
Konsantre	264.20	26.42	1.16	25.18
Ara Ürün	566.00	56.60	0.89	47.97
Artık	165.80	16.58	1.43	22.85
B.M	1000.00	100.00	1.05	100.00

5.5.4. Flotasyon Tesisi -0.180 mm Artık ile Yapılan Sallantılı Masa Deneyi

Bu deneyde, flotasyon tesis artığından konileme-dörtleme metoduyla azaltılan artık, 0.180 mm'lık elek kullanılmak suretiyle elde edilen -0.180 mm'lık artık sallantılı masa deneyine tabi tutulmuştur. Deneyde masa şartları daha önce tesbit edilen değerler olup 1000 gr numune kullanılmıştır. Alınan sonuçlar çizelge halinde aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 26. Flotasyon tesisi -0.180 mm artık ile yapılan sallantılı masa deneyi

Ürünler	Ağırlık		Tenör	Verim
	gr	%	%Zn	Zn %V
Konsantre	441.20	44.12	0.81	45.82
Ara Ürün	455.80	45.58	0.77	44.98
Artık	103.00	10.30	0.66	9.20
B.M	1000	100	0.78	100

Deneylerde daha önce belirtilen masa şartları kullanılmış olup, her bir deney sonucunda, konsantre, ara ürün ve artık olmak üzere üç ürün alınmıştır.

Deney sonuçları irdelendiğinde, ilk önce normal cevher ile gerçekleştirilen sallantılı masa deneyi sonucunda, elde edilen ürünlerden, konsantre çinko tenörü % 6.83, ara ürün çinko tenörü % 13.00, artık çinko tenörü % 2.00 olduğu tesbit edilmiştir. Daha sonra yapılan zengin cevher sallantılı masa deneyinde elde edilen ürünlerden, konsantrenin çinko tenörü % 45.75, ara ürün çinko tenörü % 11.85, artık çinko tenörü ise % 19.99 olarak bulunmuştur.

Artık için yapılan ilk sallantılı masa deneyinde artığın normal boyutu kullanılmış olup, şu sonuçlar alınmıştır; Konsantre çinko tenörü % 1.16, ara ürün çinko tenörü % 0.89 ve artık çinko tenörü % 1.43 olarak tesbit edilmiştir. Artık için ikinci kez yapılan ve 0.180 mm boyutu kullanılan sallantılı masa deneyinde ise; konsantre çinko tenörü % 0.81, ara ürün çinko tenörü % 0.77 ve artık çinko tenörü % 0.78 bulunmuştur.

Normal cevher ile gerçekleştirilen sallantılı masa deneyi sonucunda elde edilen artık ürün çinko tenörü % 2.00 çıkması iyi bir sonuç olarak değerlendirilebilmektedir. Zira genel

sonuçlarda da belirtileceği gibi flotasyon tesis artığının çinko tenörü % 2.00 civarına tekabül etmektedir. Bunun yanında ara ürün çinko tenörü, normal cevherin sallantılı masa gibi graviteyi baz alan bir cihazla zenginleştirdiğini göstermesi açısından önem arz etmektedir.

Zengin cevher olarak nitelendirilen ve yüksek çinko tenörüne sahip (% 27.47 Zn) malzemenin sallantılı masa deneyi ile zenginleştirme işleminde elde edilen ürünlerden konsantre çinko tenörü % 47.75 olarak tesbit edilmiş olması yine normal cevherde olduğu gibi zengin cevherinde, graviteyi baz alan sallantılı masa ile zenginleşebildiği görülmektedir.

Artık malzemenin gerçekleştirilen deneylerde sonuç alınmamış olup elde edilen masa ürünlerinde çinko tenörlerinin oldukça düşük olduğu gözlenmiştir.

5.6. Multi Gravity Seperator (MGS) Deneyleri

MGS deneyleri Cumhuriyet Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarında mevcut bulunan aletle yapılmıştır. Deneylerde sadece flotasyon tesis artığı kullanılmıştır. Deneyler 150, 175, 200, 225, 250 d/dk tambur hızları kullanılmak suretiyle deneyler yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 27 de topluca verilmiştir.

Artık için yapılan MGS deneyleri 150, 175, 200, 225 ve 250 d/dk'lık tambur hızları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir deney sonucunda konsantre ve artık alınmış olup bunların herbiri kimyasal analize tabi tutularak toplu sonuçlar Çizelge 27'de verilmiştir. Her bir deneyin konsantre çinko tenörleri % 1 Zn civarında çıkmıştır. Bu da tesis flotasyon artığının MGS ile zenginleştirme imkanının olmadığını göstermektedir.

Çizelge 27. Flotasyon tesis artığı üzerinde yapılan MGS deney sonuçları.

Tambur Hızı (d/dk)	Ürünler	MİK gr	TAR %	Zn % Zn	% Dağılım	Fe % Fe	% Dağılım
150	K1	170	8.81	1.0	6.92	37.33	17.15
	A1	1750	91.19	1.3	93.08	17.42	82.85
	B1	1930	100	1.27	100	19.17	100
175	K2	520	27.08	1.0	22.22	37.08	54.79
	A2	1400	72.92	1.3	77.78	11.36	45.31
	B2	1920	100	1.22	100	18.32	100
200	K3	900	46.63	0.9	37.73	32.40	83.90
	A3	1030	53.27	1.3	62.27	5.41	26.10
	B3	1930	100	1.11	100	17.99	100
250	K4	1500	76.92	1.0	75.18	23.53	37.76
	A4	450	23.08	1.1	24.82	3.98	62.24
	B4	1950	100	1.02	100	19.02	100
225	K5	2500	63.13	0.87	57.39	38.57	94.77
	A5	1460	36.87	1.1	42.61	3.64	5.23
	B5	3960	100	0.95	100	25.69	100
225	K6	2600	65.35	0.28	31.65	18.03	93.75
	A6	1400	100	1.1	68.35	3.98	6.25
	B6	4000	23.08	1.01	100	22.28	100
200	K7	600	48.07	1.0	24.24	33.02	29.66
	AÜ7	1250	28.85	0.9	45.46	33.28	62.45
	A7	750	100	1.0	30.30	7.02	7.89
	B7	2600	42.28	0.95	100	25.69	100
175	K8	1150	8.09	0.9	37.47	29.38	55.75
	AÜ8	220	49.63	1.1	8.76	30.47	11.06
	A8	1350	100	1.1	53.77	14.90	33.19
	B8	2720		1.01	100	22.28	100

5.7. Optimum Tane İriliğinin Tesbiti İçin Yapılan Flotasyon Deneyleri

Değişik sürelerde öğütülen ve flotasyona tabi tutulan numunelerin deneylerinin sonuçları Çizelge 29' de topluca verilmiştir.

Bu çizelge ve bunun grafiklerine bakmak suretiyle öğütme süreleri ve serbestleşme tane iriliği hakkında bilgi edinilebilmektedir. 3 dakikalık öğütme sonunda yapılan flotasyon deney sonuçlarına bakıldığı zaman çinko tenörünün çok düşük ve verimin de % 62'lerde seyrettiği görülmektedir. Buradan da öğütme süresinde yeteri kadar tane serbestleşme boyutunun sağlanamadığı ortaya çıkmıştır. 5 dakikalık öğütme sonrasında yapılan flotasyon deney sonuçları irdelendiğinde ise çinko kaba konsantresinin tenörünün % 27.42 verimin % 98 civarında olduğu görülmektedir. Diğer öğütme süreleri olan 8 dk, 10dk, 15 dk ve 20 dk'ların flotasyon deneyleri sonuçlarında yeterince iyi olmadıklarında ayrıca tesbit edilmiştir.

Flotasyon deneyleri esnasında kullanılan flotasyon deney şartları da aşağıdaki gibidir.

Çizelge 28. Optimum tane iriliğinin tesbiti için yapılan flotasyon deney şartları.

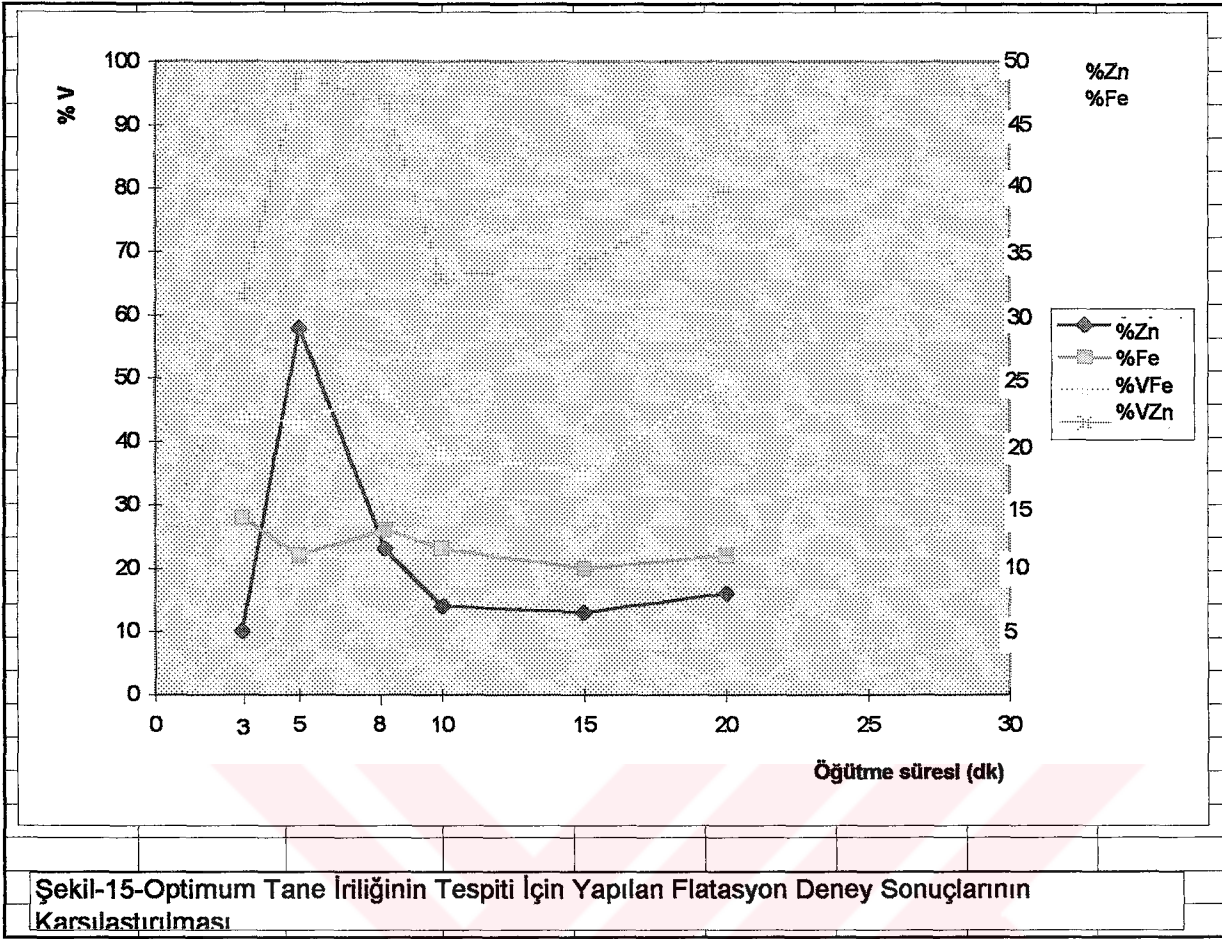
pH	12
Pulp yoğunluğu	%10
Na ₂ SO ₃	135 gr/ton
Na ₂ S	7 gr/ton
CuSO ₄	550 gr/ton
Kollektör (KAX)	145 gr/ton
Çam yağı	50 gr/ton
Hız	140 d/dk
Flotasyon süresi	10 dk

Çizelge 29. Optimum tane iriliğinin tesbiti için yapılan flotasyon deney sonuçlarının karşılaştırılması.

Öğütme Süresi	K a b a k o n s a n t r e				
(dk)	%Ağ	%Zn	%Fe	Zn %V	Fe %V
3	41.66	5.00	14.88	61.99	44.03
5	56.25	27.42	11.76	98.05	42.35
8	55.02	13.27	13.27	92.18	48.48
10	52.74	7.54	11.85	67.39	38.13
15	56.66	7.13	10.50	68.24	35.75
20	65.83	8.00	10.65	81.27	50.80

3 dk, 5 dk, 8 dk, 10 dk, 15 dk ve 20 dk öğütmelerden sonra gerçekleştirilen flotasyon deneyleriyle, hangi öğütme süresi sonunda en iyi tane serbestleşmenin sağlandığı tesbitine çalışılmıştır. Bu yapılan deneylerin sonucu Çizelge 29 da topluca verilmiştir. Buradan hareketle 5 dakikalık öğütme sonunda yapılan flotasyon deneyinden elde edilen kaba konsantrenin çinko tenörü % 27.42 Zn olmuş ve bu sonuç en iyi serbestleşmenin diğer öğütme sürelerine göre 5 dakikada gerçekleştiğini açıkça göstermiştir.

5 dakikalık öğütme sonucunda elde edilen numunenin elek analizine bakıldığında (Çizelge 11) malzemenin % 80 ninden fazlasının 0.250 mm'nin altında olduğunu göstermektedir. Buradan hareketle serbestleşme tane boyutunun - 0.250 mm den daha ince boyutlarda olduğu anlaşılmaktadır. Bu değerinde - 0.210 mm civarında olduğu da gözlenmiştir.



5.8. Normal Cevher ile Yapılan Sallantılı Masa Deney Ürünlerinin Flotasyonu

Normal cevher ile yapılan sallantılı masa deney ürünlerinden konsantre ve ara ürün ağırlıkları oranında karıştırılarak, flotasyon deneyinde kullanılmak üzere 250 gr numune hazırlanmıştır. Yapılan flotasyon deneyinde elde edilen kaba konsantre bir kere temizlemeye tabi tutulmuş, artığın süpürülmesine gerek görülmemiştir.

Aşağıda kaba konsantre devresinde kullanılan flotasyon şartları ve temizleme devresinde kullanılan flotasyon şartları verilmiştir.

Çizelge 30. Kaba konsantre devresinde kullanılan flotasyon deneyleri

pH	12
Pulp yoğunluğu	%10
Camsuyu ($\text{Na}_2 \text{SO}_3$)	135 gr/ton
Na_2S	7 gr/ton
Canlandırıcı (CuSO_4)	550 gr/ton
Kollektör(KAX)	145 gr/ton
Köpürtücü (çamyağı)	50 gr/ton
Hız	1400 d/dk
Kondisyon süresi	15 dk
Flotasyon süresi	Köpük bitinceye kadar

Çizelge 31. Temizleme devresinde kullanılan flotasyon şartları

pH	12
Pulp yoğunluğu	%10
Kollektör(KAX)	72 gr/ton
Köpürtücü (çamyağı)	5 damla
Hız	1400 d/dk
Kondisyon süresi	10 dk
Flotasyon süresi	10 dk

Bu deneyler sonucunda elde edilen değerler aşağıda ki çizelgelerde sunulmuştur. Çizelge 32 ara ürün sonuçlarını da içermektedir. Çizelge 33 ise ara ürünün dağıtılmasıyla elde edilmiş tablodur.

Çizelge 32. Normal cevher ile yapılan sallantılı masa deney ürünlerinin flotasyon sonuçları

Ürünler	Ağırlık		Tenör		Verim	
	gr	%	%Zn	%Fe	Zn %V	Fe %V
Konsantre	60.19	24.08	53.98	7.13	78.92	8.34
Ara Ürün	89.35	35.74	7.32	21.05	15.88	36.55
Artık	100.46	40.18	2.13	28.23	5.20	55.11
B.M (Hesapla)	250.00	100.00	16.47	20.58	100.00	100.00

Çizelge 33.. Ara ürünün dağıtılmış hali.

Ürünler	Ağırlık		Tenör		Verim	
	gr	%	%Zn	%Fe	Zn %V	Fe%V
Konsantre	69.13	27.65	53.98	7.13	90.67	8.80
Artık	180.87	72.35	2.13	28.23	9.33	91.20
B.M (Hesapla)	250.00	100.00	16.47	22.39	100.00	100.00

Flotasyon deneylerinde kullanılan şartlar Adana Madencilik Ltd. Şirketi çinko flotasyon tesisinde kullanılan şartlar baz alınarak tesbit edilmiştir. Flotasyon deneyleri, öncelikle kaba flotasyon deneyi ile başlanarak, elde edilen kaba konsantrenin tek kademe temizleme flotasyonunun yapılmasıyla son bulmuştur.

Yukarıda adı geçen tesise beslenen cevherin çinko tenörü % 6.02 Zn olup, flotasyon deneylerinde kullanılan sallantılı masa deney ürünlerinden elde edilen numunenin ise çinko tenörünün % 10.37 Zn olduğu tesbit edilmiştir. Bu durumda bir gravimetrik zenginleştirme ile flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Yapılan flotasyon deney sonuçları irdendiğinde tek kademe temizleme ile % 53.98 Zn nin % 78.82 kazanma verimi ile elde edildiği ilk etapta görülmektedir. Fakat burada elde

edilen ara ürün hesap yoluyla dağıtılmasıyla kazanma verimi % 90.67 ye ulaştığı görülmektedir.

Sonuç olarak denilebilir ki bir ön gravite zenginleştirmesiyle tenör artışına gidilerek, tek kademe temizleme ile istenilen tönör ve kazanma verimi elde edilebilmektedir.



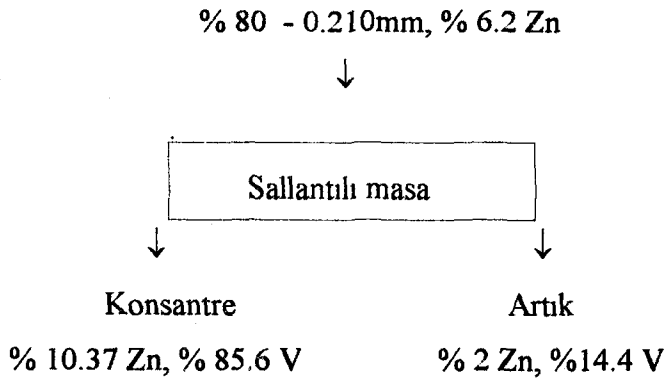
6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Adana, Kozan da bulunan çinko maden ocağı ve flotasyon tesisinden Ağustos 1995 ve Aralık 1995 tarihlerinde temsili numuneler alınmıştır. Alınan bu numunelerle ilgili yapılan çalışmaların ayrıntıları aşağıda verilmektedir.

Cevherler üzerine yapılan ilk deneyler kırma-eleme ve öğütme-eleme testleri olmuştur. Bu deneyler sonucunda cevherin çok kırılğan olduğu ve kırıcı çıkışının ince boyutlarda olduğu gözlenmiştir. Yapılan öğütme deneyleri sonucunda 5 dakikalık öğütmenin en iyi sonucu verdiği saptanmıştır. Bu sonuçlar tesis klasifikatör taşanının elek analizi ile karşılaştırıldığında farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Zira tesis klasifikatör taşanının - 0.045 mm boyutunun (şlam sayılabilecek boyut) fazla olduğu görülmüştür. Buradan hareketle tesiste cevherin değirmen içerisinde fazla tutulmak suretiyle ince öğütüldüğü sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden tesiste malzemenin değirmen içerisinde kalma süresinin daha kısa tutulması gerektiği düşünülmektedir.

Ağustos 1995 tarihinde flotasyon tesisi klasifikatör taşı, flotasyon artığı ve tüvenan cevherden numune alınmıştır. Klasifikatör taşı ve flotasyon artığı numunelerinin Zn içeriklerinin bir gravite yöntemiyle artırılması amacı ile üç ayrı cihaz kullanarak zenginleştirme testleri yapılmıştır. Humphrey spiralinde yapılan testlerde istenilen başarı sağlanamamıştır, zira çinko ve gang mineralleri arasındaki oldukça az olan yoğunluk farkı kesin bir ayırmayı mümkün kılmamıştır. Aynı şekilde sadece tesis flotasyon artığı ile yapılan MGS deneyleri de sonuç vermemiştir. Bu nedenle sallantılı masa testlerinin sonuçları özetlenmektedir.

Şekil 16. da Ağustos 1995 tarihinde flotasyon tesisinden alınan normal cevher numunesinin sallantılı masa test sonuçları görülmektedir.



Şekil 16. Normal Cevher Sallantılı Masa Akım Şeması.

Şekilden de görüldüğü gibi sallantılı masa konsantresinin Zn tenöründe bir artış sağlanmıştır. Ancak burada bazı noktaların belirtilmesinde fayda vardır.

- i- Sallantılı Masa Besleme Malının tenörünün yapılan kimyasal analizde %6.02 Zn olduğu tesbit edilmiştir. (Kimyasal analizler işletme tarafından Kayseri Çinkur tesislerinde yaptırılmıştır) Bu değer tesis normal çalışma cevherinin tenörüne göre (yaklaşık %13-15 Zn) oldukça düşüktür. Dolayısıyla normal cevherin sallantılı masaya beslenmesi halinde konsantre tenörünün testler sonucunda elde edilen değerden daha yüksek olması beklenmektedir.
- ii- Sallantılı masa artığının tenörü %2 Zn olarak testlerde elde edilmiştir. Bu değer kabul edilebilir sınırlardadır zira tesis flotasyon artığının Zn tenörü de bu değere yakındır.
- iii- Sallantılı masa testleri ile ilgili en önemli husus yapılan testlerde bir temizleme veya süpürme sallantılı masa devresi çalışması yapılmamıştır. Burada elde edilen değerlerin kaba konsantre ve kaba artık değerleri olarak kabul edilmesi gerekir. Dolayısıyla konsantre tenörünün yükseleceği ve artık tenöründe daha düşeceği beklenmektedir.
- iv- Sallantılı masa deney ürünleri üzerinde flotasyon deneyler yapılmış ve flotasyon şartları tesisin flotasyon şartları baz alınarak tesbit edilmiştir. Kaba konsantreye uygulanan tek temizlemeden sonra; %53.98 Zn tenörü ile % 90.67 metal kazanma verimi temin edilmiştir.

Ağustos 1995 tarihinde flotasyon tesisinden alınan artık numunesinin yapılan sallantılı masa test sonuçlarına göre bir zenginleştirmenin mümkün olmadığı tesbit edilmiştir.

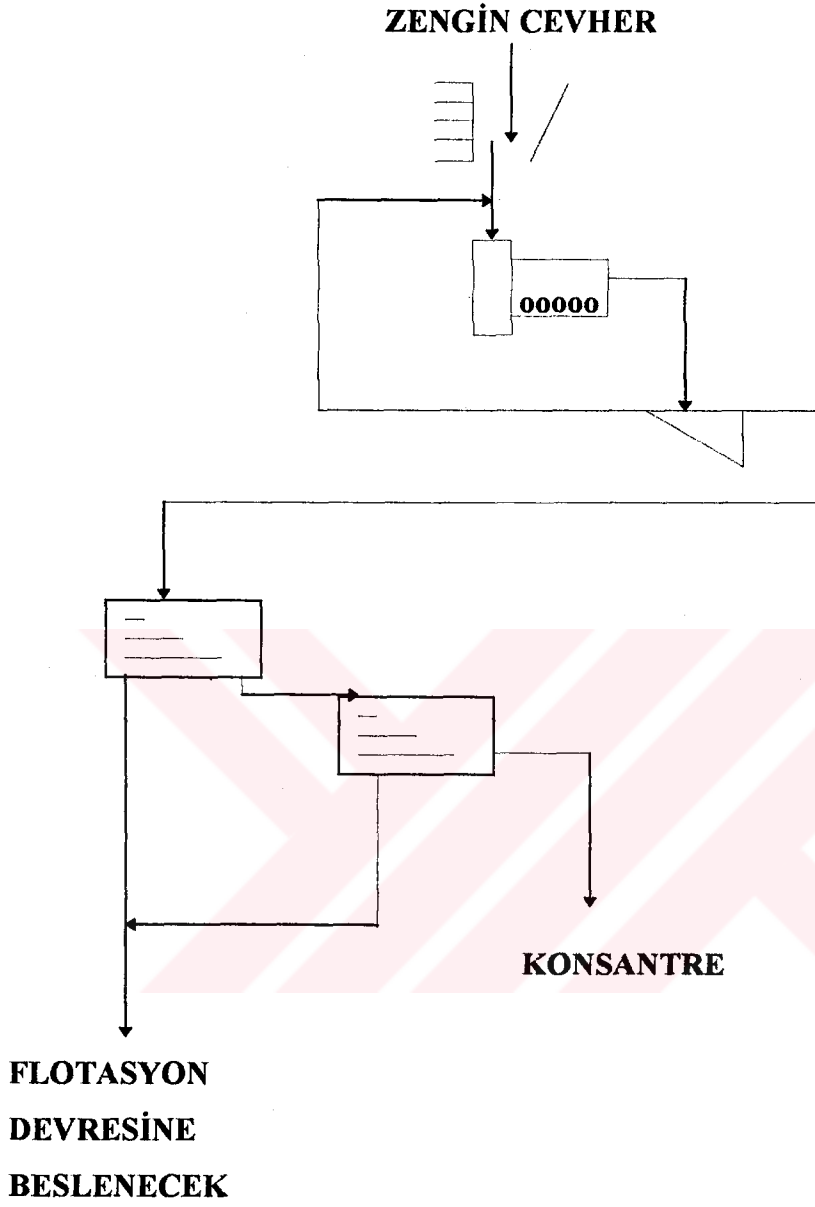
Aralık 1995 tarihinde alınan zengin cevher (yaklaşık birkaç bin ton civarında olduğu ifade edilmiştir) numunesinin sallantılı masa test sonuçları Şekil 17’de görülmektedir.

Flotasyon tesisi çalışmaları içinde yapılan testlere göre bundan sonraki yapılabilecek çalışmaları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

- i- Tüvenan cevherin bu gibi özelliklere sahip cevherler için geliştirilen Mozley Multi-Gravity Sparatörde de test edilmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi.
- ii- Tesiste flotasyon öncesi tüvenan cevherin bir kısmı kurulacak sallantılı masa devresine beslenerek hem tesis bazında bir tenör yükselmesinin mümkün olup olmayacağı hem de maliyet analizi araştırılabilir (Şekil 18).
- iii- Zengin tüvenan cevherin miktarının oldukça az olması nedeniyle kesikli çalışılarak genel kurulacak bir sallantılı masa devresine beslenerek konsantresinin direk satışa ve artığının ise klasik flotasyon devresine beslenmesi önerilebilir (Şekil 19).



ÖNERİLEN AKIM ŞEMASI



Şekil 19. Zengin Cevher İçin Önerilen Akım Şeması

ÖZET

Bu çalışma, Adana ilinin Kozan ilçesine bağlı Horzum yaylasının yaklaşık 30 km kuzeyinde bulunan ve Adana Madencilik Ltd. Şirketi tarafından işletilmekte olan Çinko cevheri üzerinde yapılan çalışmaları içermektedir. Cevherleşme, normal cevher (% 6.02 Zn) olarak nitelendirilen ve flotasyon tesisinin işlediği cevher ile zengin cevher (% 27.44 Zn) olarak tanımlanan ve birkaç bin ton kadar üretilmiş olan malzemedir. Çinko cevherinde başlıca ZnS , FeS_2 , MgO , ve CaO oluşumlarına rastlanmaktadır.

Deneyisel çalışmalar; normal cevher, zengin cevher ve tesis flotasyon artığı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Normal cevherin ön bir gravimetrik zenginleştirmeyle tenör artışına gitmek ve flotasyon tesisine tenörü nisbeten yükseltilmiş cevher beslemek, zengin cevherin gravimetrik zenginleştirmeyle tenörünün yükseltilmesi suretiyle satılabilir bir konsantre elde edilmesi, artığında % 2 civarında olan çinko tenörünün yükseltilmesi suretiyle artıktaki çinkonun kazanılması amaçlanmıştır. Bu nedenle cevher üzerinde önce kırma-eleme ve öğütme-eleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra; normal cevher ve artık üzerinde spiral, deneyleri yapılmış, takiben normal cevher, zengin cevher ve tesis flotasyon artığı ile sallantılı masa deneyleri tatbik edilmiştir. Son olarak da normal cevher sallantılı masa deney ürünleri ile flotasyon deneyleri yapılmıştır. Ayrıca artık, ek olarak MGS deneylerine tabi tutulmuştur.

Kırma-eleme deneylerinden cevherin çok kırılgan olduğu sonucuna varılmış ve öğütme-eleme deneylerinde en iyi sonucun 5 dakikalık öğütme sonucunda alındığı görülmüştür. Spiral deneylerinde ne cevher ne de flotasyon tesis artığı için istenilen sonuç alınmıştır. Ayrıca sadece tesis flotasyon artığı için yapılan MGS deneylerinde sonuç vermemiştir.

Fakat, sallantılı masa deneylerinde yine artık için sonuç alınmamasına rağmen normal cevher ve zengin cevher için istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, normal cevher tenörü % 6.02 Zn den ön bir gravimetrik zenginleştirmeyle % 10.37 Zn ye çıkarılmıştır. Elde edilen ürünlerin tek kademeli temizleme flotasyonu sonucu % 53.98 Zn tenörlü nihai konsantre elde edilmiştir ki bu da istenilen amaca ulaşıldığını göstermektedir. Zengin cevher için amaçlanan satılabilir bir konsantre elde edilmesi, % 27.44 Zn tenörlü cevherlerden % 47.25 Zn tenörlü bir konsantre elde edilmesiyle sağlanmıştır.

SUMMARY

This study covers the investigations and reseraches about zinc ore which has been producted by Adana Mining Corporation Ltd. The ore is in Horzum plateau, Adana-Kozan. In this mining area, the normal contains 6.02 % Zn and rich ore contains 27.47 % of Zn. And it has been observed that zinc ores also have been implying the contents of ZnS, FeS₂, MgO and CaO.

The experimental studies have been realised with normal ore, rich ore and tail of foundation flotaiton. The purposes of investigations could be summarized as the primary gravimetric enrichment of the normal ore, to increase the, Zn content and then to feed the ore raised Zn content in the flotation department; such that by mean of gravimetric enrichment process of the rich ore, the content of Zn has reached a concentration which enables the ore to sell in the market and finally, to gain of tail of foundation flotation by increasing the Zn content by 2 %. For the above mentioned reason the following experiments have been aphed crushing-screening and finding- screening about normal ores.

During the crushing-screening experment puts forward the ore very breakable. The grinding-screening experiments put forward the best grinding time which is 5 minute.

In the experimental studies; normal and rich ores have undergone the foremost enrichment gravimetrically. During the process, the spiral and shaking table equipments have been used, but the spiral has not given the positive results. In spite of spiral equipments, the shaking table has given successful results both normal and rich ores. Apart from that studies, spiral, shaking table and MGS equipments have been used for tails of flotation foundation, but they have also not given the positive results.

The average content (concentrate and intermediate product) and the metal recovery of the shaking table products conducted with normal ore has been obtained as 10.37 % of Zn and 85 % of metal recovery respectively.

Then, in the one step cleaning the flotation experiment, the following results have been obtained.

- a. Zn content 53.98 %
- b. metal recovery of 90.67 %

In the other hand, the rich ore with the shaking table experiments results in,

- a. Zn content 47.75 %
- b. metal recovery of 62.35 %

KAYNAKLAR

ASLAN, N., CANBAZOĞLU M., 1985. “İnce Boyutlu Krom Cevherinin Multi Gravity Seperator ile Zenginleştirilmesi Araştırması”.

ATAK S., 1990, “Etibank Küre-Aşıköy Bakırlı Pirit Cevherinin Optimal Flotasyon Şartlarının Tesbiti”

BAYRAKTAR T.C., ÖNAL, 1983. “Kozan Çamlıdere Çinko-Pirit Cevherinin Flotasyon ile Zenginleştirilmesi Deneyleri”

BİNGÖL N., YILDIRIM R., 1983. “Adana-Kozan-Horzum Çinko Madeninde Yeraltı Sondajlı Çalışma Raporu”

ÇİLİNGİR Y., 1990. “Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri Cilt I”

ERGİN Z., CÖCEN İ., SEMERKANT O., 1988, “Cevher Hazırlama Laboratuvar Ders Notları ve Deney Föyleri”

ERGİN Z., CÖCEN İ., SEMERKANT O., 1989. “Cevher Zenginleştirme Laboratuvar Ders Notları”

WILLS B.A. 1983. “Mineral Processing Technology”

YILDIRIM İ., ATEŞOK G., ÇELİK M., 1995. “Laboratuvar -Pilot Tip Multi Gravity Cihazı İle Kömür-Su Karışımları İçin Süper Düşük Küllü Kömür Üretimi”

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 1995-1996 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yrd. Doç. Dr. Oktay BAYAT yönetiminde YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

Beni bu konuda çalışmaya yönlendiren, çalışmalarımın her aşamasında büyük yardım ve katkılarını gördüğüm Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Oktay BAYAT'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında her türlü kolaylığı ve uygun çalışma ortamını sağlayan Maden Müh. Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr. Mesut ANIL'a teşekkürlerimi arz ederim.

Ayrıca, laboratuvar çalışmalarım sırasında kimyasal analizleri gerçekleştiren Jeokimya Laboratuvarı Teknisyeni Sayın Ertuğrul ÇANAKÇI'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Sallantılı masa deneylerini gerçekleştirdiği Dokuz Eylül Üniversitesi Müh.Fak. Maden Müh. Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalındaki yardımını gördüğüm hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca MGS deneylerinin yapıldığı Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Maden Mühendisliğindeki hocalarıma da teşekkür ederim.

Gerek numunelerin temininde gerekse kimyasal analizlerin yapılmasında büyük yardımlarını gördüğüm Adana Madencilik Ltd. Şirketi yetkililerine teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Kayseri ilinin İncesu ilçesine bağlı Çardaklı köyünde doğdum. İlk, orta ve lise tahsilimi İncesu'da tamamladım. 1988 yılında Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünde okumaya hak kazandım. Buradan 1992 yılında bölüm üçüncüsü olarak mezun oldum. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisansa başladım.

