

**BİLFER ESKİKÖY KROM KONSANTRE TESİSİ
ATIKLARININ FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

**BENEFICIATION OF BILFER ESKIKOY CHROMITE
CONCENTRATION PLANT TAILINGS BY FLOTATION**

MERVE ARATOĞLU

PROF.DR. ZAFİR EKMEKÇİ
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim- Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2017

MERVE ARATOĞLU' nun hazırladığı **“Bilfer Eskiköy Krom Konsantre Tesisi Atıklarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi”** adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

(Doç.Dr. Emre ALTUN)

Başkan



(Prof.Dr. Zafir EKMEKÇİ)

Danışman



(Yrd.Doç.Dr. Özlem BIÇAK)

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun 04.08.2018 tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

04 / 08 / 2017

MERVE ARATOĞLU

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

04/08/2017

Merve ARATOĞLU

ÖZET

BİLFER ESKİKÖY KROM KONSANTRE TESİSİ ATIKLARININ FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Merve ARATOĞLU

Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ

Ağustos 2017, 90 sayfa

Kromit cevheri tesis atıklarının değerlendirilmesini hedef alan bu çalışmada, Eskiköy Krom Konsantre Tesisi atıklarının mineralojik karakteri belirlendikten sonra, tesiste kazanılamayıp atılan ve yaklaşık 30 senedir biriktirilen atıktan kromit tanelerinin büyük çoğunluğunun kazanımı flotasyon ile sağlanmıştır. Yer çekimiyle zenginleştirme yöntemlerinden biri olan sallantılı masa ile zenginleştirilemeyen kromitin tane boyu incelenmiş ve zenginleştirilemeyen kromitin bu yöntem için oldukça ince olduğu tespit edilmiştir. Atıktan yüksek tenör ve verimle kromit konsantresi elde etmek amacıyla, atıktan alınan örneğin tane boyu analizi ve serbestleşme derecesi saptanmış buradan elde edilen veriler doğrultusunda flotasyon testleri yapılmıştır. Flotasyon koşulları belirlendikten sonra farklı toplayıcılarla elde edilen veriler karşılaştırılmış ve asidik pH'da amin tipi toplayıcıların kromiti yüzdürmede daha başarılı olduğu görülmüştür. Amin tipi toplayıcı ile yapılan deneylerde pH ayarı için kullanılan sülfirik asidin cevher olmayan ince kısım (şlam) tarafından tüketildiği ve bu yüzden pH ayarlamak için sisteme sürekli asit beslenilmesi gerektiği saptanmıştır.

Flotasyon esnasında, yüzdürmeyi olumsuz etkileyen ve testlerde kullanılan kimyasalları tükettiği saptanan şlamın atılmasından sonra yapılan analizlere göre ince tane boyunda olan kromitin şlam ile birlikte uzaklaştığı görülmüştür. Bu

nedenle, tesis atığını flotasyona beslemeden önce asit liçi yapılarak , flotasyon esnasında asit tüketimini artıran şlam uzaklaştırılmış, liçte kullanılan asit miktarı ve asitte bekletme süresi optimize edilerek %53,37 tenör ve %74,26 verimde kromit cevheri elde edilmiştir. Bu cevheri elde etmek için tüketilen asit miktarı 294 kg/ton olmuştur.

Anahtar Kelimeler: flotasyon, kromit cevheri, atıktan geri kazanım, şlam atma, liç.

ABSTRACT

BENEFICIATION OF BILFER ESKIKOY CHROMITE CONCENTRATION PLANT TAILINGS BY FLOTATION

Merve ARATOGLU

Master of Science, Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ

August 2017, 90 pages

In this study, aiming that the evaluation of chromite ore plant wastes, lots of the chromite grains were recovered by flotation after the mineralogical characterization of the Eskikoy Chromium Concentrate Plant was determined. The chromite ore was confirmed to be very fine to extract by shaking table which is one of the gravity methods. Flotation tests were carried out by using the datas from sieve analysis and liberation degree of the sample of the tailing to obtain chromite concentrate with high grade and recovery. After determining the flotation conditions, the results from different type of collectors were compared and it was seen that the amine type of collectors at acidic pH were more successful to float chromite. The sulphuric acid which was used as a pH regulator in the experiment of amine type of collectors was consumed by the non-ore fine size (slime) and so it was determined that the acid should be continuously supplied to the system for pH regulation.

During flotation, it was observed that, due to the analysis after de-slimming, the fine size of chromite was removed with the slime which had adversely affected the flotation and had consumed the chemicals in experiments. For this reason, before feeding the plant tailings to the flotation, the feed was leached with sulphuric acid

and the slime, which increases the amount of acid consumption, was removed and the amount of acid in leaching and the leach time was optimized.

The chromite ore was obtained with 53,37% Cr grade and 74,26% Cr recovery. The amount of the acid consumption of leaching was 294 kg/tons.

Key words: flotation, chromite ore, recovery from waste, de-slimming, leaching.

TEŞEKKÜR

Bölüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sn. Prof.Dr. A. Hakan BENZER'e,

Tez çalışmamda bilgisi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, manevi desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sn.Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ'ye,

Tez çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Sn. Prof. Dr. Özcan GÜLSOY'a, Sn. Yrd. Doç.Dr. Özlem BIÇAK'a, Sn. Dr. E. Caner ORHAN'a,

Deneyisel çalışmalarımda yardımları olan ve manevi desteklerini esirgemeyen, Arş. Gör. Dr. Özgür ÖZCAN'a, Arş. Gör. Elif ÖZDEMİR'e, Arş. Gör. Damla GÜÇBİLMEZ'e, Arş. Gör. Ergin GÜLCAN'a, Uzm. Kimyager Yasemin ÖZTÜRK'e, Gizem KOCAUSTA'ya, Ahad AGHLMANDI'ye, Ahmet Y. YAMANTAŞ'a, Orberk M. MERTCAN'a, T.Onur DİZDAR'a,

Çalışmalar için gerekli teknik yardımı sağlayan bölümümüz teknisyenleri Mustafa YILMAZ'a, Işın ASLIYÜKSEK'e,

Yardımlarını esirgemeyen Bilfer Madencilik A.Ş. İşletmeler Müdürü Sn. Mehmet ÖZYURT'a ve kimya laboratuvarı çalışanlarına,

Eşim Atakan ARATOĞLU'na, hayatım boyunca en büyük destekçim olan babannem A.Şaziye KELLEROĞLU'na, tüm aile, dost ve arkadaşlarıma,

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kromit Cevherinin Genel Özellikleri.....	3
2.2.Kromitin Doğada Bulunuşu	3
2.3. Kromit'in Türkiye'de Bulunuşu.....	4
2.4.Kromitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	6
3. KROMİTİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	9
3.1. Kromitin Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi	10
3.1.1. Kromit ve Yantaşlarının Yüzey Özellikleri ve Flotasyonu	10
3.1.2. Kromit Flotasyonu ile İlgili Önceki Çalışmalar	12
4. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM	18
4.1. Karanlıkdere Krom Madeni	18
4.2. Deneysel Yöntem.....	19
4.2.1. Numune Alma ve Hazırlama	20
4.2.2. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar ve Reaktifler	21
4.3. Cevher Karakterizasyonu	25
4.3.1. Elek Analizi ve Kimyasal Analizler	25
4.3.2. Cevher Mineralojisi	26
5.DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	30
5.1. Zeta Potansiyel Ölçümleri	30
5.2. Flotasyon Ön Çalışmaları.....	31
5.2.1.Kalsit Flotasyonunun Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi	39
5.2.2.Asitte Bekletme Süresinin Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi	39
5.2.3.Asit Derişiminin Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi.....	40
5.2.4. Çözünen İyonların Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi	41
5.2.5. Sodyum Sülfat (Na ₂ SO ₄) 'ın Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi	42
5.2.6.Asit Derişimi ve Asitte Bekletme Süresinin Optimizasyonu	43

5.2.7. Optimizasyon Çalışmalarında Kullanılan Asitin Geri Çevrilmesi	48
5.2.8. Sifonlama ile Ön Zenginleştirme	51
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR.....	53
EKLER	57

ÇİZELGELER

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Farklı sanayi dallarında kullanılan kromitin özellikleri.....	8
Çizelge 4.1. Atık malzemesinin elek analizi ve Cr ₂ O ₃ miktarı.....	26
Çizelge 4.2. Cevher el örneği metal analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4.3. Atık numunesinin fraksiyonel bazda hesaplanan serbestleşme dereceleri.....	29
Çizelge 5.1. Kabaran yataklı sınıflandırıcıda farklı basınç ve su hızlarına göre kromit verimleri.....	33
Çizelge 5.2. Hidrosiklon ile şlam atma işleminin sonuçları.....	33
Çizelge 5.3. İyon miktarı ve kromit verimi.....	41
Çizelge 5.4. Farklı asit dozajları ve süreye göre elde edilen tenör ve verim değerleri.....	44

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 3.1. Kromitin flotasyon verimi ve pH ile oleat konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	11
Şekil 4.1. Yer bulduru haritası.....	18
Şekil 4.2. Deneysel çalışmalarda izlenecek yöntem	20
Şekil 4.3.a. Numune alma	20
Şekil 4.3.b. Numune alma	20
Şekil 4.4. Laboratuvar ölçekli çeneli kırıcı	22
Şekil 4.5. Laboratuvar ölçekli merdaneli kırıcı	22
Şekil 4.6. Laboratuvar ölçekli bilyalı değirmen	23
Şekil 4.7. Laboratuvar ölçekli titreşimli elek (Russel)	23
Şekil 4.8. Laboratuvar ölçekli hidrosiklon	24
Şekil 4.9. Laboratuvar ölçekli kabaran yataklı sınıflandırıcı.....	24
Şekil 4.10. Laboratuvar ölçekli flotasyon hücresi	25
Şekil 4.11. Atık malzemesinin boyut dağılım grafiği	26
Şekil 4.12. El örneğine ait XRD analiz grafiği	27
Şekil 4.13. Atık numunesinin XRD analiz grafiği	28
Şekil 5.1. pH'ya bağlı zeta potansiyel değişim grafiği	30
Şekil 5.2. Liç için kullanılan asitin geri çevrilmesi.....	35
Şekil 5.3. Asit miktarına bağlı tenör&verim değişimi	36
Şekil 5.4. Beslemeye ait XRD grafiği	37
Şekil 5.5. Liç konsantrasyonuna ait XRD grafiği	38
Şekil 5.6. Kalsit flotasyonunun tenör ve verime olan etkisi	39
Şekil 5.7. Asitte bekletme süresinin kromit konsantrasyonunun tenörü ve verimi üzerine olan etkisi	40
Şekil 5.8. Asit derişiminin kromit konsantrasyonunun tenörü ve verimi üzerine olan etkisi	41
Şekil 5.9. İyon miktarına bağlı kromit verimi.....	42
Şekil 5.10. Kromit konsantrasyonu	44
Şekil 5.11. Dizaynın standart sapmasını gösteren grafik.....	45
Şekil 5.12. Design expert tenör için tahmin edilen ve gerçek değerler grafiği..	46
Şekil 5.13. Design expert verim için tahmin edilen ve gerçek değerler grafiği..	46

Şekil 5.14. Tenörün dozaj ve zamana bağlı değişimini gösteren grafiksel model.....	47
Şekil 5.15. Verimin dozaj ve zamana bağlı değişimini gösteren grafiksel model.....	47
Şekil 5.16. Asit miktarı tayini için ayrılan numuneler	49
Şekil 5.17. Çözeltinin NaOH eklenmeden önceki ve sonraki hali	49
Şekil 5.18. Asit derişimine bağlı tenör ve verim grafikleri	50
Şekil 5.19. Asitte bekletilen numune	51
Şekil 6.1. Eskiköy Krom Konsantre Tesisi Atığının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%

g

kg

m³

cm³

l

ml

mm

µm

N

t

s

V

Açıklama

Yüzde

Gram

Kilogram

Metreküp

Santimetreküp

Litre

Mililitre

Milimetre

Mikrometre

Molar

Ton

Saat

Volt

Kısaltmalar

Cr

Fe

Al

Mg

Mn

Ti

Zn

Ni

Co

Ca

S

Cr₂O₃

Al₂O₃

FeO

Açıklama

Krom

Demir

Alüminyum

Magnezyum

Manganez

Titanyum

Çinko

Nikel

Kobalt

Kalsiyum

Kükürt

Kromit

Alüminyum Oksit

Demir(II) Oksit

SiO ₂	Silisyum Oksit
CaO	Kalsiyum Oksit
Na ₂ CO ₃	Sodyum Karbonat
KCl	Potasyum Klorür
HCl	Hidroklorik Asit
NaOH	Sodyum hidroksit
H ₂ SO ₄	Sülfirik Asit
H ₃ PO ₄	Fosforik Asit
(Fe,Mg) ₂ SiO ₄	Olivin(Fayalit)
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat
Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Serpantin(Antigorit-Lizardit)
Mg ₂ SiO ₄	Fostrerit
Mg(OH) ₂	Brusit
FeCO ₃	Siderit
CaCO ₃	Kalsit
(KH ₃ O)(Al, Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,H ₂ O]	Kil (İllit)
K(Mg, Fe) ₃ Si ₃ AlO ₃ (OH) ₃	Mika (Biyotit)
Kal ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂	Mika (Muskovit)
MgCr ₂ O ₄	Magneziokromit
MgCO ₃	Manyezit
MTA	Maden Tetkik Arama
XRD	X-Ray Diffraction
XRF	X-Ray Fluorescence
EDTA	Etilendiamin Tetraasetik Asit
CMC	Karboksimetil Selüloz
MGS	Multi Gravity Seperator
yy	Yüzyıl
A.B.D	Amerika Birleşik Devletleri

1.GİRİŞ

Geçmişten günümüze madenlerin bulunup işlenmesi insan hayatını çok etkilemekle beraber, gelişim bu madenlerin bulunması ve kullanılması ile olmuştur. Madenlerin özellikle de metallerin keşfedilip kullanılması ile beraber insanoğlu günlük hayatını ve geleceğini şekillendirmeye başlamıştır. Krom da altın, gümüş, bakır gibi metaller ile birlikte bu gelişimin ve değişimin önemli bir parçası olmuştur. Fakat, ülkelerin üretim politikaları açısından, yer altı kaynaklarının çıkarılması çok önemli olmakla beraber, var olan atıkları değerlendirme, enerji ve mali kayıplar düşünüldüğünde daha önemli hale gelmektedir. Hem değersiz olarak görülen kısımdan değerli kısmı elde etmek, hem de yeni arayışlara girmeden var olanı değerlendirmek günümüz şartlarında tercih edilir hale gelmektedir.

Krom 1797 yılında keşfedilmesine karşın 20. yüzyıl başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Metal olarak sert, dayanıklı ve duraylı olduğundan Dünya endüstrisi açısından çok önemli bir yere sahiptir. Krom; metalurji, kimya, refrakter ve döküm kumu sanayi gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik ve çelik alaşımlarının imalinde ve bu çeliklerin üretildiği fırınlarda refrakter malzeme olarak kullanıldığından demir-çelik sanayinin mihenk taşıdır. Refrakter ve kimya sanayinde kromun yerine kullanılabilecek farklı alternatifler olmasına rağmen paslanmaz çelik üretiminde kromun alternatifi olmadığından, krom paslanmaz çelik üretiminde ve dolayısıyla savunma sanayi için önem teşkil etmektedir.

Doğada en fazla bulunan ve işletilebilen krom minerali kromittir. Kromit bir metal oksittir. Cevher içerisinde bulunan kromit yüzdesine göre yüksek ya da düşük tenörlü olarak adlandırılmaktadır ve bu cevherin satılabilir olmasıyla doğrudan ilişkilidir. Yüksek tenörlü cevherler herhangi bir zenginleştirme işlemine tabi tutulmadan satılabilirler. Ancak günümüze kadar olan süreçte yüksek tenörlü cevherler üretime tabi tutulup kullanıldıklarından, düşük tenörlü cevherleri zenginleştirme ya da zenginleştirme sonucu ortaya çıkan atıklardaki değerli mineralleri kazanmak zaruri hale gelmiştir. Kromit zenginleştirmede kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

- El ile ayıklama (tavuklama, triyaj)
- Yerçekimi ile zenginleştirme
- Manyetik ayırma ile zenginleştirme

- Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme
- Flotasyon ile zenginleştirme
- Kimyasal yöntemlerle zenginleştirme

Bu tez çalışmasının amacı yer çekimi ile zenginleştirme yöntemlerinden biri olan sallantılı masa ile kromitin kazanıldığı Bilfer Eskiköy Krom Konsantre Tesisi atığındaki %7-8 oranındaki kromitin flotasyon yöntemi ile geri kazanılmasıdır. Bu amaçla flotasyonu olumsuz etkileyen şlam uzaklaştırma yöntemleri denenmiş ve sonrasında farklı koşullarda flotasyon çalışmaları yapılarak atıktan satılabilir nitelikte kromit kazanılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde kromit cevheri ile ilgili genel bilgi ve kromit zenginleştirmede nadir olarak kullanılan ve bu tez çalışmasının ana konusunu oluşturan flotasyon yöntemi ile kromit kazanımına ilişkin literatür bilgileri verilmektedir.

2.1. Kromit Cevherinin Genel Özellikleri

Krom 1797 yılında keşfedilmesine rağmen 20 yy. başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Dünya'da yaklaşık 50 tane bilinen krom cevheri varken, ekonomik olarak işletilen tek krom minerali kromittir. Yer kabuğunun %0,037'sini oluşturur. [1]

Teorik mineraloji formülü $FeCr_2O_4$ olmakla birlikte, doğada bulunduğu haliyle formülü $[(Mg, Fe)^{+2}(Cr, Al, Fe)^{+3}]_2O_4$ olan spinel grubu bir mineraldir.

Kromit, granüle kompakt kütle ve ender olarak oktahedral kristal halinde bulunur. Dilinim içermezler. Siyah ile koyu kahve renklidirler ve kahverengi çizgi rengi verirler. Kromitin cevher tenörü, içerisinde magnezyum bulunduğundan %40'lara kadar düşmektedir. Bu cevherlerde Mg, Fe'nin yerine geçmekte, pikotit adını almaktadır. Ayrıca Ti, Mn, Zn, Ni ve Co elementlerine rastlanır.[2]

Olivin $(Fe,Mg)_2SiO_4$ ve serpantin $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$, krom cevherlerinin ortak gangıdır.

Kromit alevde zümrüt yeşili rengi verir. Toz halindeyken Na_2CO_3 ile eritilirse manyetik bir madde bırakır.[3]

2.2.Kromitin Doğada Bulunuşu

Kromit minerali ve krom yatakları ultrabazik kayalar içinde bulunurlar. Ultrabazik kayacın (dunit, serpantinit) oluşturduğu ganga gömülü kromit kristalleri krom cevherini oluşturmaktadır. Ultrabazik gangın içinde kromit kristallerinin ve/veya tanelerinin bulunuş yoğunluğu, sergiledikleri doku ve yapı özellikleri krom cevherinin masif, saçılmış (dissemine), nodüllü, orbiküler, bantlı, masif bantlı ve dissemine bantlı gibi nitelendirilmelerini sağlar.[4]

Krom yataklarının içinde bulunduğu ultrabazik-bazik kayalar toplulukları köken, jeolojik konum, mineraloji v.b. özellikleri ile üç farklı tipte bulunurlar. Bunlar:

- Stratiform (Tabakalı)
- Podiform (Alpin tipi)
- Eşmerkezli bir iç düzene sahip konsantrik ultrabazik-bazik kayalık topluluklarına bağılı krom yatakları

Stratiform tipi yataklanmada, büyük boyutlu ve kilometrelerce devam eden bir tabakalanma gözlemlenmektedir. Bu tip yataklar, yapısal olarak karmaşık olmamakla beraber, küçük tane boyulu, düzgün kristal şekilli, Cr/Fe oranı düşük ve yüksek demirli cevher içerirler. Bu yüzden metalurji ve refrakter sanayinde kullanılmazlar. Daha çok kimya sanayinde tercih edilirler.

Podiform tipi yataklanmalar; mercek veya düzensiz şekilli, genelde küçük boyutlu, karmaşık yapısal ilişkiler sergileyen yataklardır. İri tane boyulu düzensiz kristal şekilli, Cr/Fe oranı yüksek ve yüksek kromlu cevher içerirler. Bu yüzden metalurji ve refrakter sanayinde kullanılırlar.

Konsantrik ultrabazik-bazik kayalık topluluklarına bağılı krom yatakları genellikle Alaska'da görülür. Bu tip yataklar yüksek demirli krom cevheri içerir. Ekonomik olarak bir önem teşkil etmemesine karşın, ABD'de bu kromitlerin zenginleştirilebilirliği üzerine ve fizibilite konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

Alpin tip cevherler, stratiform tipi cevherlere nazaran daha yüksek Cr/Fe oranı içerdiğinden 1970'li yıllara kadar metalurji sanayiinde tek başına kullanılmıştır. Bu yüzden yüzyılın ilk üç çeyreğinde kromit üretimi daha çok alpin tip yataklardan yapılmıştır. Cr₂O₃ içeriği ve Cr/Fe oranı düşük, FeO içeriği yüksek olan stratiform tip yataklardan üretilen cevher ise, 1970'li yıllara kadar genelde kimya sanayiinde kullanılmıştır. Ancak Alpin tip yataklarda rezerv belirleme güçlüğü ve uzun vadeli ticari bağlantıların yapılamaması gibi nedenler, stratiform tip yataklara ait krom cevherinin özellikle metalurji sanayiinde kullanımına imkan sağlayan teknolojileri geliştirmeyi zorlamış; elde edilen olumlu sonuçlara bağılı olarak da bu tip yataklardan yapılan krom cevheri üretimi giderek artma eğilimi göstermeye başlamıştır. [5]

2.3. Kromit'in Türkiye'de Bulunuşu

Türkiye'de bulunan kromit yatakları Alpin tip (podiform tip) olarak sınıflandırılmışlardır.

Alpin tip kromit yataklarının yapısı karmaşık ve tane boyları nispeten küçüktür. Mercek, bant veya düzensiz şekilli kütlelerden oluşurlar. Alpin tipi yatakların rezerv miktarı strotiform tipi yataklara göre çok daha düşüktür. Rezervleri bir milyon tonu çoğunlukla geçmez. Bu tip yataklanmada Cr_2O_3 tenörü stratiform tipi yataklanmaya kıyasla geniş bir aralıkla değişmektedir fakat toplam demir içeriği değişiklik göstermemektedir.

Türkiye'de krom yatakları belirgin bir dağılım düzeni göstermeksizin ultrabazik kayalar içinde ülke geneline yayılmış durumdadır. Türkiye'de 800 kadar tek veya grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zuhuru bilinmektedir. [5]

Coğrafi yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplanmaktadır. [6]

- 1- Guleman (Elazığ) yöresi
- 2- Fethiye-Köyceğiz-Denizli yöresi
- 3- Bursa-Kütahya-Eskişehir yöresi
- 4- Mersin-Karsantı-Pınarbaşı yöresi
- 5- Erzincan-Kopdağ yöresi
- 6- İskenderun-Kahramanmaraş yöresi

Bu altı bölgenin dışında da dağınık bazı krom yataklarının bulunduğu bilinmektedir. En fazla rezerv, toplam rezervin %45'ini oluşturan Guleman(Elazığ) yöresindedir.

Türkiye'de krom cevheri ilk kez 1848 yılında Bursa-Harmancık yöresinde bulunmuştur ve bu keşiften sonra Türkiye dünya krom pazarlarında kendine yer bulmuştur. Türkiye'nin üretimi bazı yıllar dünya sıralamasında ilk sırayı almışsa da, genellikle 3.ve 6.sıralar arasındaki yerini devamlı korumuştur.

1924 yılından önce yapılmış üretimle ilgili kayıtlar bilinmemekle birlikte, bu yıllardaki çok düşük üretim düzeyi dikkate alınarak, başlangıcından bu güne kadar Türkiye'de 45 milyon ton kadar krom cevheri üretildiği tahmin edilmektedir.

Türkiye'de krom cevheri, ferrokrom ve krom kimyasalları üretimi ağırlıklı ihracata yönelik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle krom madenciliği dış pazarlarda oluşan fiyat dalgalanmalarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Üretim tamamen pazar koşullarına bağlı olarak artmakta ya da azalmaktadır. [5]

2.4.Kromitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kromit farklı sanayi alanlarında kullanılmaktadır. Bunlar; metalurji, refrakter, kimya ve döküm kumu sanayi olarak adlandırılırlar. Kromitin sanayide kullanım alanlarının belirlenmesinde krom cevherinin kimyasal bileşimi önemli bir rol oynamaktadır. Kimyasal analizlerde SiO_2 , Cr_2O_3 ve Al_2O_3 yüzdeleri ve Cr/Fe oranı çok belirleyici olmaktadır. Kromit mineralinin doğada bilinen en yüksek Cr_2O_3 içeriği %68'dir. Krom cevherinin endüstrideki kullanım alanlarına göre kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikler ile ilgili sınırlamalar söz konusudur. Bu sınırlamalar Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.[6]

Metalurji sanayi krom cevherinin en fazla kullanıldığı yerdir ve fiziksel olarak cevherin sert ve parça cevherler olması tercih edilmekle beraber konsantre krom tozları da kullanılabilir. [7]

Metalurji sanayinde kullanılan kromit, paslanmaz çelik üretiminde büyük rol oynayan ferrokromun üretilmesi için kullanılır. Ayrıca ferrokrom, paslanmaz çelik ile beraber metal ve savunma sanayinin de çok önemli bir parçasıdır. Krom çeliğe sertlik, dayanıklılık, duraylılık verir ve aşınma ile oksitlenmeye karşı koruma sağlar. [6]

Üretilen ferrokromda krom yüzdesi, ne kadar fazlaysa Cr/Fe oranı o kadar fazladır ve kromit konsantrelerinde bu oranın fazla olması beklenir. Genelde ferrokrom üretiminde bu oran 2-8'den fazlaysa konsantrelere prim ödenir. [8]

Refrakter özellikteki krom cevheri, çelik üretiminde yüksek fırınlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek fırın yöntemiyle çelik üretiminin azalması, kromun refrakter amaçlı kullanımını da olumsuz yönde etkilemiştir. Kromun refrakter sanayisindeki kullanımında, ABD'deki çelik üretimi teknolojisindeki gelişmeler sonucu, 1980'lerden itibaren bir azalma gözlenmektedir. Örneğin 1980'lerin ortalarında refrakter kromit tüketimi ortalama %17 iken, günümüzde %8 düzeyine düşmüştür. Bunun sebebi çelik üretim yönteminin değiştirilmesi sonucu magnezyum-krom refrakterlerinin yerini magnezyum karbon refrakterlerinin almasıdır.[4]

Kimyasal kromit konsantrelerinde ince tane ve yüksek Cr_2O_3 tenörü tercih sebebidir. Ayrıca Al_2O_3 ve SiO_2 tenörünün de az olması beklenir.[9]

Kimya sanayinde kullanılacak kromitin kimyasal özelliklerinde sınırlar esnek olmasına rağmen maliyeti azaltma adına eğer alış fiyatı makul ise metalurji sanayinde kullanılan kromit de tercih edilebilir.

Krom kimyasalları, paslanmayı önlediklerinden uçak ve gemi sanayinde, sodyum bikromat, kromik asit ve boya hammaddesi yapımında yaygın olarak kullanılır. Krom kimyasalları; metal kaplama, deri tabaklama, boya maddeleri (pigment), seramikler, parlatici gereçler, katalizör, boyalar, konserve kutulama, su işleme ve temizleme, sondaj çamuru ve diğer birçok alanda tüketilir.[4]

Piyasadaki krom bileşikleri:

- Sodyum kromat , Na_2CrO_4
- Potasyum kromat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- Kromik asit, H_2CrO_4
- Amonyum kromat, $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$
- Amonyum bikromat, $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- Baryum kromat, BaCrO_4
- Kurşun kromat, PbCrO_4
- Kalsiyum kromat, CaCrO_4
- Demir kromat
- Bazik krom sülfattır, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$

Krom kimyasalları, deri tabaklama, çeşitli renkte pigment elde edilmesinde, organik maddelerin oksidasyonunda, korozyon önlemlerinde, yağların, mumların ve sabunların ağartılmasında, tekstil maddelerinin boyanmasında, kibrit endüstrisinde, yangın malzemesi imalinde, fotoğrafçılıkta, analitik ayraçlarda, emaye ve seramik endüstrisinde yaygın olarak kullanılır [3].

Çizelge 2.1. Farklı Sanayi Dallarında Kullanılan Kromitin Özellikleri

METALURJİ SANAYİ		
Kimyasal		Fiziksel
Mineral	İçerik (%)	
Cr ₂ O ₃	46-48	Tane Boyu 0-2 mm
SiO ₂	6-8	
Al ₂ O ₃	8-15	
MgO	15-20	
CaO	0,5-2	
Cr/Fe	2,6-3/1	
REFRAKTER SANAYİ (PARÇA)		
Kimyasal		Fiziksel
Mineral	İçerik (%)	
Cr ₂ O ₃	48	Tane Boyu 0-300 mm, 10 mm altı %10-15
SiO ₂	4	
REFRAKTER SANAYİ (KONSANTRE)		
Kimyasal		Fiziksel
Mineral	İçerik (%)	
Cr ₂ O ₃	50 (en az)	Tane Boyu 0,5-4 mm
SiO ₂	2 (en fazla)	
KİMYA SANAYİ		
Kimyasal		Fiziksel
Mineral	İçerik (%)	
Cr ₂ O ₃	48	Tane Boyu 0-20 mm
SiO ₂	6-7	
Cr/Fe	3	

3. KROMİTİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Kromitin ekonomik olarak değerlendirilebilmesi ve farklı endüstrilerde kullanılabilmesi için farklı tenöre ve safsızlık derecelerine sahip olması gerekir. Satılabilirlik için cevherin tenörü en önemli kriterdir. %32-34'ün üzerinde Cr_2O_3 içeren parça cevherler kullanım alanı bulabilmektedir. Tenör %32'nin altına düştüğünde, kromitin günümüz şartlarında hiçbir zenginleştirilme işlemine tabi tutulmadan ekonomik olarak değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu cevherlerin değerlendirilmesi ve kullanılacak endüstriye bağlı olarak istenilen bileşime getirilebilmesi için zenginleşmesi gerekmektedir.[10]

Kromit zenginleştirme yöntemleri aşağıda sıralanmıştır.[2]

1. El ile ayıklama(tavuklama, triyaj)
2. Yerçekimi ile zenginleştirme
 - a. Oluklar
 - b. Ağır ortam
 - c. Spiral
 - d. Jig
 - e. Sallantılı masa
 - f. Multigravite ayırıcısı (MGS)
3. Manyetik ayırma ile zenginleştirme
4. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme
5. Flotasyon ile zenginleştirme
 - a. Klasik flotasyon
 - b. Kolon flotasyonu
 - c. Ultra flotasyon
 - d. Yüksek sıcaklık flotasyonu
 - e. Jet flotasyonu
 - f. Yağ flotasyonu
 - g. Aglomerasyon yolu
 - h. Elektro flotasyonu
6. Kimyasal yöntemlerle zenginleştirme
 - a. Asit liçi
 - b. Bazik liç
 - c. Seçimli gazlı indirgeme yöntemi

- d. Katı hal indirgeme yöntemi
- e. Ergitme yöntemi

Kromit genellikle özgül ağırlığı yüksek olduğundan gang mineralinden yer çekimi ile zenginleştirme yöntemleri kullanılarak kolayca ayrılabilir. Fakat ince tane boyunda ve gang minerali ile özkütle farkı yer çekimi ile ayırmaya uygun olmadığına farklı zenginleştirme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu tez çalışmasının da konusu olan flotasyon ile zenginleştirme yöntemi endüstriyel olarak yaygın bir şekilde uygulanmasa da özellikle düşük tenörlü ince tane boyutundaki yan taşı da olivin olan kromit için ve de atıktan kromit kazanımı için kullanılacak yöntemlerden en uygun olanıdır.

3.1. Kromitin Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi

3.1.1. Kromit ve Yantaşlarının Yüzey Özellikleri ve Flotasyonu

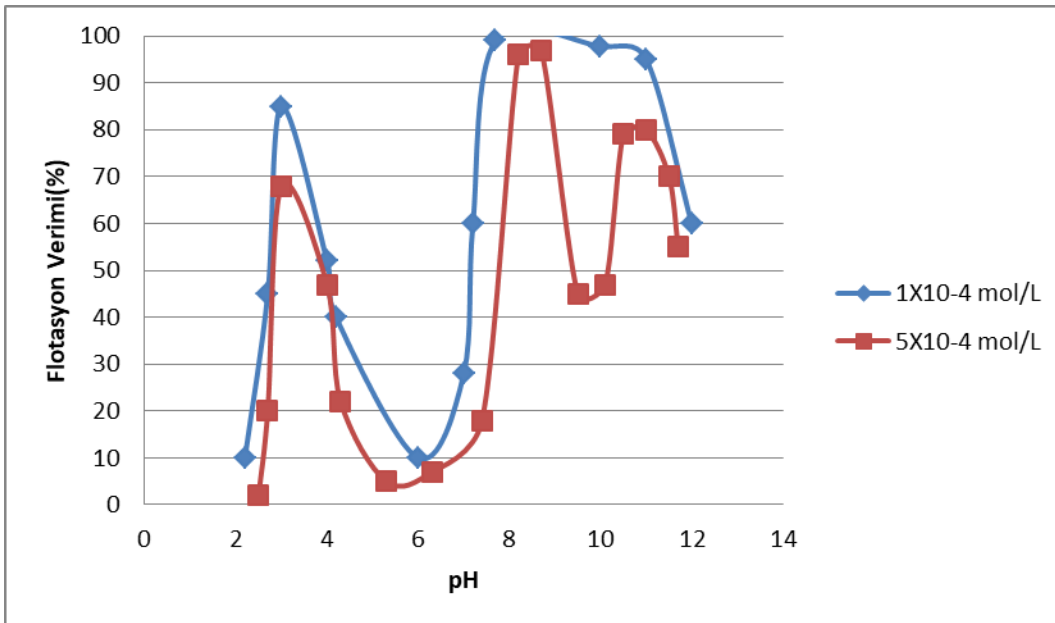
Mineral parçacığı su içerisine atıldığı zaman yüzeyindeki elektrik yükü nedeniyle elektriksel çift tabaka oluşur. Bu iki tabakayı ayıran Stern tabakası üzerindeki potansiyel, Zeta potansiyel olarak adlandırılır. Su içerisindeki elektrik yükü taşıyan bir mineral parçacığına uygun bir elektrik potansiyel uygulandığı zaman mineral parçacığı üzerindeki yükün çeşidine göre ya anoda ya da katoda göç edecektir. Bu olay elektroforesis olarak tanımlanır. Oluşturulan koşullara bağımlı olarak bazen mineral parçacığı uygulanan elektrik potansiyele rağmen hareket etmez. Bu durumda mineral yüzeyindeki yük sıfır olmaktadır(sıfır yük noktası, point of zero charge).

Oksit mineralleri üzerinde yapılan birçok araştırmalar bu minerallerin yüzeyindeki yükü H^+ ve OH^- iyonlarının oluşturduğunu göstermiştir. Diğer bir deyişle, H^+ ve OH^- iyonları oksit minerallerinin yüzey özelliklerini kontrol eder. Herhangi bir mineralin yüzey özellikleri ise o mineralin yüzdürülebilirliğinin belirlenmesinde önemli rol oynar. [11]

pH yüzey yükünü etkileyen en önemli faktördür. Kromitin yüzey yükünün sıfır olduğu pH değeri, kromitin mineralojik bileşimine bağlı olarak 3,5 ile 9,2 arasında değişmektedir. Yüzey yükünün sıfır olduğu pH'tan daha düşük pH larda kromun yüzeyi pozitif olduğundan negatif yüklü (katyonik) toplayıcılar (sülfonat gibi), daha yüksek pH larda ise kromitin yükü negatif olduğundan pozitif yüklü (anyonik)

toplayıcılar(amin gibi) kullanılır. Bu toplayıcılar istenilen yüzeyi fiziksel adsorpsiyonla kaplarlar. Fiziksel adsorpsiyonda, yüzey ile toplayıcı arasında zayıf van der waals kuvvetleri etkili olup bu iki molekül arasında herhangi bir elektron alışverişi ya da paylaşımı söz konusu olmaz. Birçok toplayıcı kromit yüzeyine elektrostatik olarak bağlanabilir ve bu ancak kromit yüzeyinin sıfır yük noktasının ne olduğunu bilmekle mümkündür. Kromit spinel yapıda olup, teorik bileşimi $FeO.Cr_2O_3$ 'tür. Çift değerlikli olan Fe^{+2} tetrahedral yüzeyde oluşurken, 3 değerlikli Cr^{+3} oktahedral yüzeyde oluşur. Oktahedral yüzeylerin kuvvetle Cr^{+3} tercihi sayesinde kromit basit spinel yapıdadır. Genelde magnezyum demir iyonlarının yerine geçerken o esnada da demir ve aliminyum iyonları formülde krom yerine geçer. Bu yüzden kromitin zeta potansiyelinin kimyasal bileşimden etkilenmesi beklenir. [12]

Toplayıcının kimyasal adsorpsiyonu ile oluşan flotasyonda ise genellikle yağ asitleri ve sabunlar kullanılmaktadır. [4] Kromitin oleat ile yüzdürülmesi ise yüzey etkileşimi/çökme ile açıklanabilir. Doğada Mg^{+2} iyonları Fe^{+2} iyonları ile yer değiştirebilirken Al^{+3} iyonları da Cr^{+3} iyonları ile yer değiştirebilir. Oleat konsantrasyonu değişiminin flotasyona olan etkisi Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. [13]



Şekil 3.1. Kromitin Flotasyon Verimi ve pH ile oleat konsantrasyonu arasındaki ilişki

Kromitin en önemli yantaşı olivin ve bunun ayrışma ürünleri olan serpantin, krizotil, talk ve manyezittir. Olivinin yüzey yükünün sıfır olduğu pH 4 iken [14] serpantin

için bu değer pH 5,1 olmaktadır[15]. Uygun pH ayarlanarak kromit, yantaşından seçimli olarak yüzdürülebilir.

Flotasyon yöntemi ile gangı oluşturan olivin, serpantin gibi minerallerin kromitten ayrılması amaçlanmaktadır. Bu işlem kromiti yüzdürmek, gangı bastırmak şeklinde olabileceği gibi kromiti bastırıp gangı yüzdürmek şeklinde de olabilir. Kromiti bastırmak için dextrin kullanılır. [16]

3.1.2. Kromit Flotasyonu ile İlgili Önceki Çalışmalar

1937 yılında Gaudin [17], magnetit ve franklinit gibi kromit de spinel ailesine ait bir mineraldir ve flotasyon özellikleri de benzerlik göstermektedir fakat bu konu ile ilgili kesin bir karşılaştırma henüz yapılmamıştır demiştir. O zamandan günümüze kadar olan süreçte kromit flotasyonu üzerine birçok araştırma yapılmıştır.

1930-1950 yılları arasında %30-40 arası Cr_2O_3 içeren cevherler incelenmiştir ve magnesiokromit adı verilen $(Mg,Fe)Cr_2O_4$ en fazla incelenen cevher olmuştur. En fazla görülen gang mineralleri serpantin, olivin, rutil, kalsiyum ve magnezyum karbonatlarıdır.

Cevher 0,2 mm. altına öğütüldükten sonra şlam genelde fosfatlar, metafosfatlar, floritler gibi bastırıcılarla bastırılır ya da şlam atımı gerçekleştirilir. Yağ asitleri gibi (doymamış tercih edilir) anyonik toplayıcılar ile kromit yüzdürülür. Flotasyon, gang mineralleri için bastırıcı eklenmezse başarılı bir sonuç vermez. Ayrıca, demir ve kurşun gibi bazı metalik iyonlar kromiti flotasyon için aktive edebilir. Optimum pH değeri farklı yazarlara göre değişse de, pH 6'nın altında bu tip toplayıcı ve bastırıcılar ile kromitin yüzdüğü görülmemiştir. Organik koloitlerle bir asit ortamında temizleme ile flotasyon gerçekleştirilmenin avantajlı olduğu belirtilmektedir. Bu koloitler; quebracho, lignin ya da tanin olabilir. Köpürtücü olarak da çam yağı (pine oil) ve kresol kullanılmıştır. Düzenleyicilerin tüketimi fazla olmuştur(tonda birkaç kilogram). Bununla beraber ayırım çok başarılı olmamıştır. düşük verim ve değişken konsantre tenörleri problem yaratmıştır. Selektif flotasyonda zorluk yaratanların, gang minerallerin çözünmesi sonucu açığa çıkan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları olduğu kabul edilmiştir. Dahası, diğer bir problem ise gangın yüzmesini önlemek için asıl istenilen mineralin çok fazla yüzdürülememesidir. [18]

1950'den günümüze kadar olan süreçte ise katyonik toplayıcı ile ilgili kromit flotasyonunu da içeren birçok deneysel çalışma yapılmıştır. 1955'te Göksaltık [19]kromit, olivin ve serpantin içeren Kefdağı cevherine amin tipi toplayıcıyla flotasyon testi uygulamıştır. Serpantin, pH 3-12 aralığında yüzerken, olivin doğal pH'da, kromit ise asit ve bazik pH'larda yüzmektedir. Bu yöntemde, ilk önce pH 12 de amin (400 g/t) tip toplayıcı ile serpantin yüzdürülür daha sonra aynı toplayıcı ile (300 g/t) pH 3'te kromitin yüzdürülmesi işlemi takip eder. Konsantre tenörü %36'dan %45,4 'e çıkarken verim %87 olmuştur. 8-14 Karbonlu aminler en iyi toplayıcılar olarak nitelendirilmiştir. Kromitin yüzdürülmesinde alkali ortamda uzun süre koşullandırmanın belirgin bir etkisi olmuştur. Bu sayede serpantin konsantresindeki kromitin miktarı azaltılmıştır. Asit içerisindeki koşullandırmanın flotasyon test sonuçlarını etkilemediği görülmüştür. Temizleme aşamasında ise formik asit kullanılması yazarlar tarafından önerilmiştir.

Morawietz [20] ise saf kromit için bütün aminlerin eşit sonuç verdiğini belirlemiştir. pH düzenleyici olarak HCl ve NaOH kullanılmıştır ve PH 6,5 ve 11 arasında flotasyon gerçekleşmiştir. H₂SO₄ kullanılarak pH 5 , H₃PO₄ kullanılarak da pH 3 e kadar aralık genişletilmiştir. Yağ asitleri ile optimum pH aralığı 8 ve 10 arasında değişirken, H₂SO₄ ve H₃PO₄ kullanılarak daha asidik koşullarda aralık değiştirilebilir. Ayrıca, yağ asidi tüketimi amin tüketimine oranla daha fazla olmaktadır ve diğer minerallerde de olduğu gibi doğmamış yağ asitleri kromit yüzdürmede de daha etkindir.

Ayrıca, Morawietz Yugoslav kromit cevheriyle incelemeler yapmıştır. Yer çekimiyle zenginleştirilen cevherin atığı ile çalışmış ve öncesinde şlam atmanın gerekliliğini ortaya koymuştur. Ana gang minerali olivin ve serpantin olan bu atığın Cr₂O₃ miktarı %11'dir. Şlamın, kromitin yüzdürülebilirliğini olumsuz etkilemesinin nedeni daha sonra Sagheer[21] tarafından açıklanmıştır. Sagheer Mg⁺² iyonlarının ve bazı Ca⁺² ve Fe⁺³ iyonlarının oleik asit ile beraber kromit flotasyonunu engellediğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, bu katyonların serpantinin yüzdürülmesinde etkili olmadığı görülmüştür.

Devam eden çalışmalarda ise , Ca ve Mg iyonlarının her zaman kromiti bastırdığı fakat Mg için bu etkinin ayrıca da çözelti içindeki anyonlara bağlı olduğu ortaya konulmuştur. [22] Endüstriyel tesiste, sodyumfluosilikat, tal yağı(tall oil) ve kerosen

uygulanarak elde edilen sonuçlara göre %55,5 Cr₂O₃ içeren konsantre %97,5 verimle elde edilmiştir. Fakat cevherin kimyasal ve mineralojik analizi bulunmamaktadır. Ayrıca, tal yağı farklı bastırıcılarla beraber kullanılabilen bir toplayıcıdır. Fluosilikatın bu bastırıcılardan en iyisi olduğu belirlenmiştir.

Abido [23] ise, amin tipi toplayıcılar ile yüzdürülen kromit flotasyonunda sodyum fluosilikat yerine hidroflorik asitin selektiviteyi artırdığını ortaya koymuştur.

Markovic ve Ser [24] magnetit ile kromitin ayrımı üzerinde çalışmış ve Al iyonlarının bu mineraller üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Endüstriyel çapta flotasyon, krom cevherlerine nadir olarak uygulanmaktadır. Sommerlatte [25] Zambiya'da ayda 10000 ton konsantre kapasiteli bir flotasyon tesisini anlatmıştır. %15 Cr₂O₃ içeren beslemeden , %54 tenörlü konsantre ancak %55 verimle üretilmektedir. Reaktifler tall oil (750 g/t), sülfatlı kerosen (250 g/t), pH düzenleyici olarak da sulfirik asit kullanılmaktadır.(pH 6 için)

Sher, Miloshevich ve Bulatovich [26], % 18,13 Cr₂O₃ içeren bir cevherin %49'unu 43 mikronun altına öğüterek, pH 11 -11,5 da sodyum silikatı dispersant ve CMC-582 (karboksi-metil-sellüloz)'yi selektif flokülant ve bir yağ asiti olan tal yağını toplayıcı olarak kullanmak suretiyle palpin şlamını almadan %81 verimle %52 Cr₂O₃ içeren bir konsantre elde etmişlerdir. Laboratuvar çapında yapılan deneylerden sonra, pilot tesiste de aynı tenor ve randımanla konsantre elde edilmiştir.

Doğan ve Bhappu [27] anyonik ve katyonik toplayıcılarla kromitin gang minerali olan serpantin ve olivinden flotasyon yoluyla ayrışmasını denemiş ancak olivini bastıramadıklarından tam başarılı olamamışlardır. Diğer taraftan anyonik flotasyonda pH 11,3 de sodyum silikat ve CMC kullanarak serpantin kolayca bastırılmıştır.

Sobieraj ve Laskowski [18] kromit ve spinel minerallerinin flotasyonunu üzerine çalışmış olup, bu minerallerin yakın flotasyon özellikleri gösterdiği söylenmiştir. Alüminyum iyonları pH 4,5 ile pH 8,0 değerleri arasında kromiti bastırmakta, fakat pH 10 ile pH 12 arasında ise kromiti aktifleştirmektedir. Aktifleşme mineralin yüzeysel özelliğinden ileri gelmektedir. Serpantinin kolayca çözünür olduğundan

atıkla beraber gitmesi zor değildir. Kuvvetli adsorplamadan dolayı amin flotasyonunda olivinin bastırılmasında başarı sağlanamamaktadır. Kromitin başlıca gang minerali olan serpantin ve olivinden ayrışmasında amfoterik toplayıcılar ile iyi sonuç alınmıştır.

Deju ve Bhappu[28] yaptıkları araştırmada, öğütülmüş silikat mineralleri suya konduğunda suyun pH değerinin zamanla arttığını izlemişlerdir. Bu pH artışı, silikat mineralleri arasında özellikle olivinin çok etkili olup, suda bulunan hidrojen iyonunun, olivin kristalindeki magnezyum katyonu ile yer değiştirmesinden ileri gelmektedir. Olivinin zeta potansiyeli pH 4,1 de sıfır olduğundan sülfonat tipi bir toplayıcıyla olivin asit ortamda kolayca yüzdürülmektedir.

Doğan [29] dodesil amonyum klorür ve sodyum dodesil sülfonatu toplayıcı olarak kullanmak suretiyle kromit ve olivinin flotasyon özellikleri "Hallimond" selülünde incelemiştir. Bu deneyin sonuçlarına göre, dodesil amonyum klorürle kromitin olivinden ayrışmasının mümkün olduğu , bu ayrışmanın, olivinin sodyum dodesil sülfonatla flotasyonu ve kromitin pH 5 - 7 değerleri arasında sodyum tartaratla bastırılması ile de mümkün olduğu belirlenmiştir. "Zetameter" cihazında yapılan elektrokinetik ölçmelerde sodyum tartaratın, kromitin zeta potansiyelinin sıfır (0) olduğu pH değerini düşürdüğü görülmüştür. Dodesil amonyum klorürün toplayıcı olarak kullanıldığı flotasyon işleminde pulpın şlamı alınması ve devreye heptanol ilâvesi halinde flotasyon randımanında biraz artış olmuştur. Bu deneyde randıman %68'e yükselmiş ve krom konsantrasyonunun tenörü %36' da kalmıştır. Diğer taraftan kromitin sodyum tartaratla bastırılması ve sodyum dodesil sülfonatu toplayıcı olarak kullanmak suretiyle yapılan flotasyon deneylerinden daha iyi bir sonuç alınamamıştır.

Güney ve arkadaşları [30] Üçköprü Kromit Zenginleştirme Tesisi atığına pH 11'de kolon flotasyonu ile zenginleştirme uygulamış ve anyonik toplayıcı karışımını (SM-15 ve F-3635) iki oranında uygulamıştır. Bu sayede %22,11 olan Cr_2O_3 tenörü, 44,18'e çıkartılmıştır. Fakat verim %28 olmuştur. Verim düşük olduğundan flotasyon öncesi yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcı ve ardından flotasyon testleri uygulanmıştır bu yöntemde tenör %47,7 olurken verim ancak %37,5'e kadar çıkarılmıştır. En fazla verim değeri ise yüksek alan şiddetli manyetik ayırma

öncesinde sallantılı masa ile zenginleştirilen kromit cevherinde görülmüş olup bu değer %66,4'tür. Tenör ise %47,7 olmaktadır.

Gallios ve arkadaşları [31] kromit ve serpantin flote edilmesi üzerine çalışmış olup, kromitin oleatın toplayıcı olarak kullanıldığı bazik pH değerlerinde kısmen yüzdüğünü gözlemlemiştir. CMC (karboksimetilselüloz)'nin bazik değerlerde kromiti bastırıldığı, florosilik asitin, siklodekstrinin ve etilendiamintetraasetik asit (EDTA)'nın asidik ve doğal pH değerlerinde kromiti aktive ettiği söylenmiştir. Kromitin serpantinden seçimli olarak yüzdürülmesinde optimum koşul belirlenmiştir bu durum ; pH 7-8 aralığında, 20 mg/L sodyum oleatın toplayıcı, 40 mg/L florosilik asit ya da EDTA'nın aktivatör olduğu durumdur.

Sysila ve arkadaşları [32] Kemi tesisi atığındaki kromitin selektif bir şekilde yağ asitli anyonik toplayıcı kullanılarak gang mineralinden ayrılması için pH'nın 3,2'nin altında olması gerektiğini pH'nın bu değer üzerinde olması sonucunda seçimliliğin azalacağını söylemiştir. Seçimlilik ve verim açısından F-2874'ü toplayıcı olarak kullanmıştır. Bu sayede %45 Cr₂O₃ içeren konsantreyi %70 verimle elde etmeyi başarmıştır. Açık devre ile üretilen bu konsantre devamlı olarak bir kapalı devrede üretilirse nihai verimin daha da yüksek olacağı söylenmiştir.

Ekmekçi [33] bu tezin de çalışma konusunu oluşturan Bilfer Eskiköy Krom Konsantre Tesisi atığının flotasyon ile zenginleştirilebilirliğini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Hidrosiklon ile şlam atılmasına rağmen flotasyon beslemesinde kalan ince gang taneleri flotasyonun ilk aşamasında sorun yaratmaktadır. Dolayısıyla, şlam atımının iyi yapılması flotasyon seçimliliğini artıracaktır.
- Asidik pH'da (pH 2,8) kromit seçimli olarak yüzdürülebilmekte ve iki aşama temizleme sonrasında yaklaşık %50 Cr₂O₃ içerikli konsantre elde edebilmektedir. Asidik ortamda çözünen minerallerin olması nedeniyle asit tüketimi artmaktadır. Flotasyon için gerekli amin dozajı 1,5 kg/ton civarında olmaktadır.
- Oleat ve hidroksamat kullanılarak doğal pH'da yapılan flotasyon testlerinde seçimli flotasyon gerçekleştirilememiştir. Atık malzemesinde bulunan ince tanelerin varlığı flotasyonun başlangıcında sorun yaratmıştır. Ancak, pH 6

da oleat ile yaklaşık %33 Cr₂O₃ tenörlü bir konsantre elde etmek mümkün olmuştur. Bu nedenle, şlam atımı ve oleat flotasyonu ile ilgili daha detaylı çalışmaların, tüm atığı temsil eden numuneyle ve bu numunenin serbestleşmeyi sağlamak amacıyla -100 µm tane boyuna öğütüldükten sonra kullanılarak yapılması önerilmektedir.

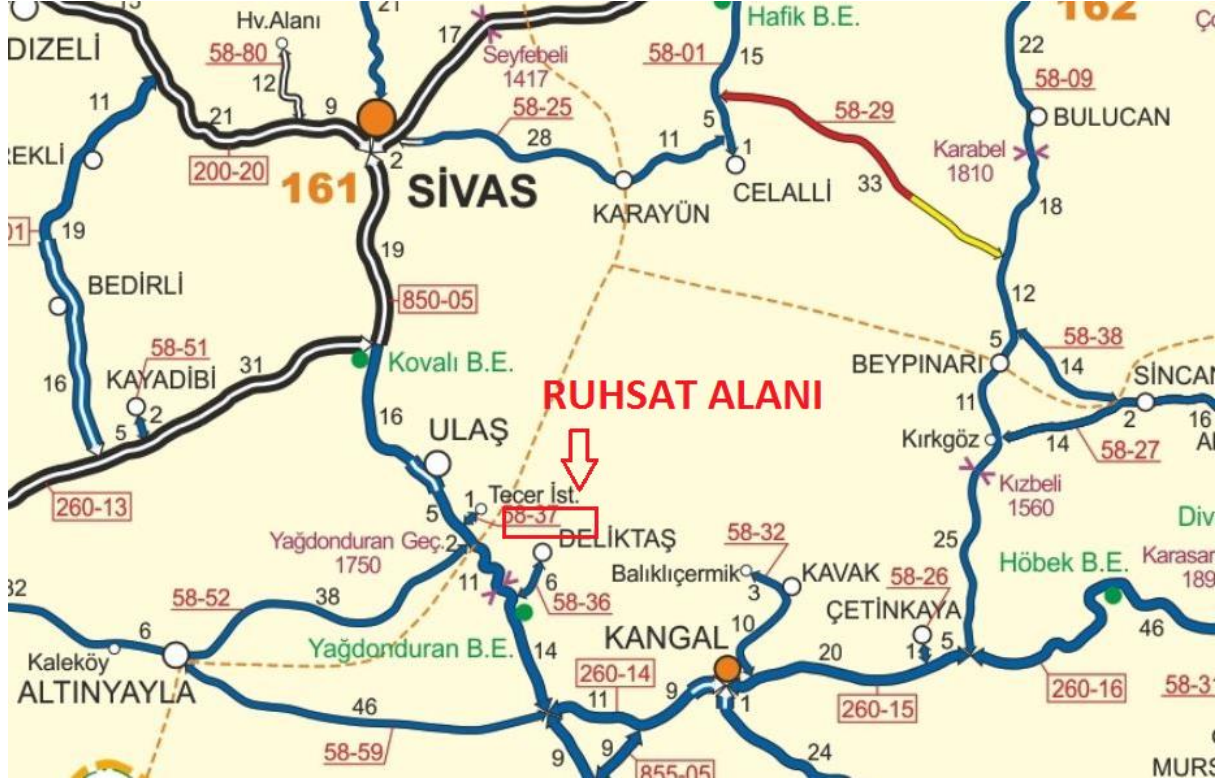
- Serbestleşme analiz ve flotasyon deneylerinin sonuçları göz önüne alındığında, yeterli derecede serbestleşmenin elde edilebilmesi için atık malzemesinin yaklaşık olarak -100 µm tane boyuna öğütülmesi ve amin türü toplayıcıların kullanıldığı flotasyon koşullarının optimizasyonuna yönelik çalışmaların yapılması önerilmektedir. Bu çalışmalardan elde edilecek sonuçlar, amin ile flotasyon yönteminin ekonomikliğini ortaya koyacaktır.

Andrews[34] %6,05 Cr₂O₃ içeren numune ile çalışmıştır. Numunenin tamamını -150 µm altına indirdikten sonra hidrosiklon ile şlam atılmış ve flotasyon testleri. sülfirik asit kullanarak pH 2'de, toplayıcı olarak 880 g/t Armac-C kullanılarak yapılmıştır.%24,2 Cr₂O₃ tenörlü konsantre %90,8'lik bir verimle elde edilmiştir. Pilot tesiste ise 630 g/t Armac-C kullanılmış ve %22,3 Cr₂O₃ tenörlü konsantre %93'lük bir verimle elde edilmiştir. pH ayarlayıcı olarak süfirik asit kullanmak hem istenilen düşük pH'ı sağlamaktadır hem de kromitin katyonik toplayıcı ile (amin tipi) yüzdürülmesi için gereken anyonik aktivasyonu sağlamaktadır. Bu iki şekilde olabilir. Birincisi krom sülfat iyonları ile çok kararlı bileşikler oluşturur. Adsorbe olan CrSO₄⁻ iyonları yüzey yükünü değiştirir. Diğer bir olasılık ise pH 2 'de CrO₄⁻² iyonlarının oluşumu ve adsorbsiyonudur. Bu sayede amin tipi kollektörler CrO₄⁻² yüzeylerine adsorbe olabilirler

4. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

4.1. Karanlıkdere Krom Madeni

Karanlıkdere krom madeni Sivas İli, Kangal İlçesi, Eskiköy civarında bulunmaktadır.



Şekil 4.1: Yer bulduru haritası

Karanlıkdere Ocağı, krom madeni Güneş ofiyoliti içindeki altere dunitlerin ve altere harzburjitlerin içinde bulunur. Ofiyolitli zon içinde çok nadirde olsa dunit kayaçları yüzeyde görülür. Sahada altere dunit-harzburjit yapının hakim olduğu ve serpantinleşmenin görüldüğü tespit edilmiştir. Kromit içeren yataklar yer yer serpantinleşme gösteren harzburjitler içerisinde yer almaktadır. Cevher oluşum bakımından iki şekilde gözlenmiştir. Bir kısmı düşük tenörlü ve dissemine cevherleşme gösteren büyük merceksi oluşumlar halindedir. Bunlar mevzi şekilde altere dunitik kayaçlar içerisindeki cevherleşmelerdir, ikinci şekil ise yayılım bakımından daha küçük alanlarda gözlenmekte olup, daha çok az serpantinize olmuş harzburjitler içerisinde genelde düzensiz fakat bazen düzenli ufak mercekler şeklinde oluşmuşlardır.

Eski bilgilere göre bu ocakta krom üretimine 1987 yılında deneme üretimi olarak başlamış ve 1987 yılında işletme ruhsatı alınarak açık ocak yöntemiyle üretim faaliyetlerinde bulunulmuştur. Aynı ruhsat alanında Karanlıkdere Ocağı ve Karagöl 1- 2 Ocağı, Eşik Sırtı olmak üzere açık işletme yöntemi ile üretim yapılmış ve yapılmaya devam eden dört ocak alanı mevcuttur.

Üretilen cevher, Sivas İli, Ulaş ilçesi, Kertmekaracaören Mevkii'ndeki Eskiköy Krom Konsantre Tesisi'ne beslenmektedir. Tesisin ilk üretim tarihi 1984 olup son kapasitesi artırılmış üretim Ekim 2013'te gerçekleştirilmiştir.

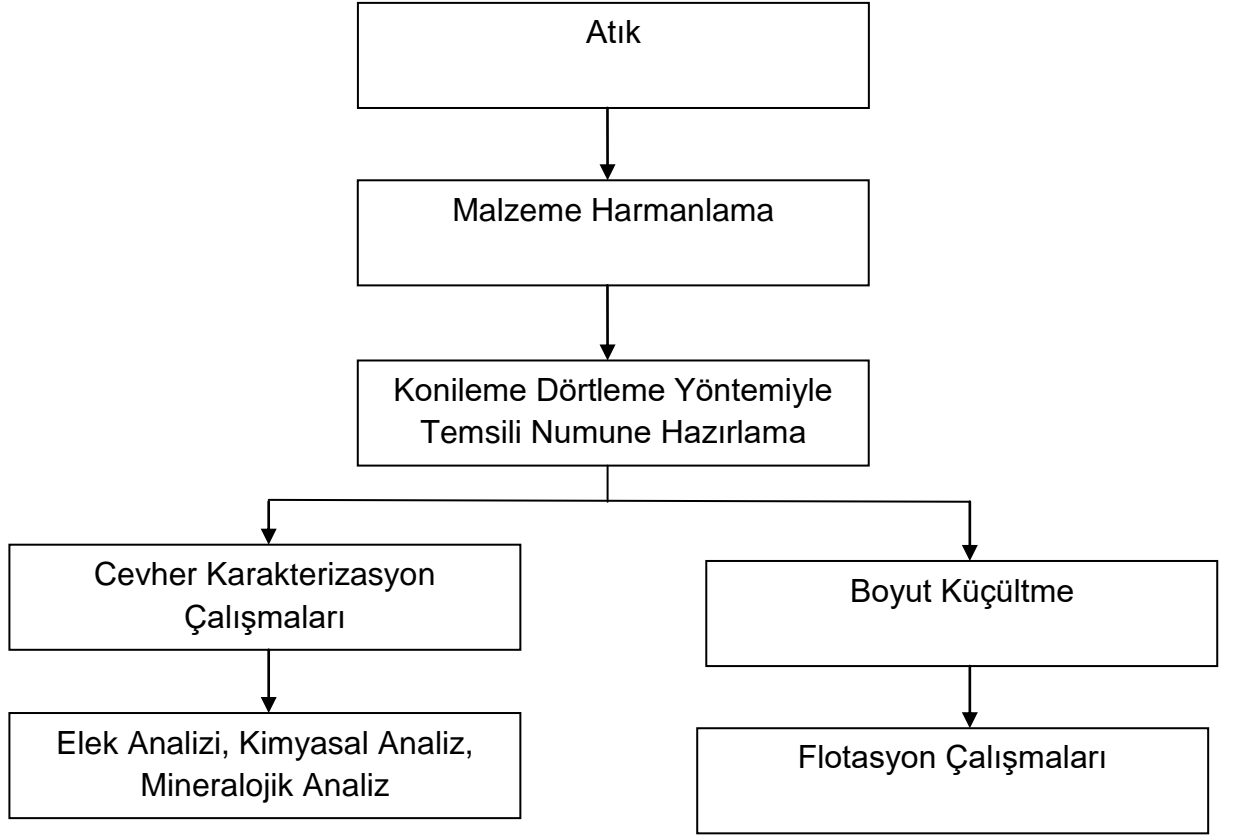
Tesiste yer çekimi ile zenginleştirme ile (sallantılı masa) kromit üretimi yapılmaktadır. Tesis kapasitesi 35 ton/saat, besleme tenörü 2014-2015 sezonu için yaklaşık %14'tür. Kırılıp sınıflandırılan cevher çubuklu değirmende öğütüldükten sonra tekrar sınıflandırılır ve masalara beslenir. Elde edilen konsantrenin ortalama tenörü yaklaşık %52 ve üretim kapasitesi 7 ton/saattir. Atık barajında ise yaklaşık 550.000 ton civarında, ortalama %7-8 Cr₂O₃ içeren tesis atığı 30 yılı aşkın süredir depolanmaktadır. Tesise ait güncel akım şeması Ek.1'de gösterilmiştir. Tesise beslenen cevher çoğunlukla Karanlıkdere Krom Madeni'nden sağlanmaktadır.

4.2. Deneysel Yöntem

Bu tez kapsamında, Sivas İli Ulaş ilçesi Kertmekaracaören Mevkii'nde bulunan Bilfer Madencilik ve Turizm A.Ş.'ye ait Eskiköy Krom Konsantre Tesisi atıklarının olduğu atık döküm sahasından alınan numunenin fiziksel ve kimyasal özellikleri saptanmış, flotasyon yöntemiyle zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır.

Eskiköy Krom Konsantre Tesisi Atığından alınan numuneden düşük tane boyutlu kromiti kazanmak amacıyla flotasyon yöntemiyle zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiş ve konsantrenin kromit değerlerini hesaplamak için kimyasal analiz ve XRF yöntemi kullanılmıştır. Atıktan yüksek tenör ve verimle konsantre elde etmek, toplayıcı cinsinin ve şlam atımının zenginleştirmeye olan etkisini incelemek amacı ile flotasyon deneyleri yapılmıştır.

Flotasyon deneylerinde yaklaşık olarak %80'i 106 µm altına geçecek şekilde kırılıp öğütülen atık numunesi kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda izlenen yöntem Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Deneysel Çalışmalarda İzlenecek Yöntem

4.2.1. Numune Alma ve Hazırlama

Eskiköy Krom Konsantre Tesisi atıklarının depolandığı döküm sahasından yaklaşık 200 kg. numune, döküm alanını temsil edecek şekilde alınmıştır. Numune miktarı belirlenirken yapılacak testler göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 4.3.(a)(b) Numune Alma

Numunenin yarısı(100 kg) şahit numune olarak ayrılmıştır. Diğer yarısı oda sıcaklığında nemi uçurulduktan sonra iki kez ayırma ızgarasından geçirilmiştir ve 25 kg'lık numune 1'er kg'lık numuneler halinde bölünerek flotasyon testlerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

4.2.2. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar ve Reaktifler

Cevherin karakterizasyon çalışmaları kapsamında X- Işınları difraksiyonu analizi (XRD) testi Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği ve Maden Tetkik arama Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda yapılan diğer testler ise Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan ekipmanlar ile yapılmıştır. Bazı kimyasal analizler ise Bilfer Madencilik ve Turizm A.Ş.'ye ait kimya laboratuvarında, X-Işınları Floresans Spektrum (XRF) kullanılarak belirlenmiştir.

Deneylerde tane boyu küçültme ve sınıflandırma amacıyla pilot ölçekli çeneli kırıcı, merdaneli kırıcı, bilyalı değirmen ve Russel tipi titreşimli elek ile laboratuvar ölçekli elekler kullanılmıştır. Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de tane boyu küçültme ve sınıflandırma ekipmanları gösterilmiştir. Şlam atmak için kullanılan hidrosiklon Şekil 4.8'da, kabaran yataklı sınıflandırıcı ise Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Flotasyon deneylerinde Şekil 4.10'da gösterilen laboratuvar ölçekli flotasyon makinesi, 2,5 ve 1 litrelik flotasyon hücreleri, pH metre, toplayıcı olarak Aero 3000C, Aero 704, Na-oleat, bastırıcı olarak Na-silikat, CMC-186, köpürtücü olarak F-507, pH ayarlayıcı olarak ise NaOH, H₂SO₄ gibi reaktifler kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Laboratuvar ölçekli çeneli kırıcı



Şekil 4.5. Laboratuvar ölçekli merdaneli kırıcı



Şekil 4.6. Laboratuvar ölçekli bilyalı değirmen



Şekil 4.7. Laboratuvar ölçekli titreşimli elek (Russel)



Şekil 4.8. Laboratuvar ölçekli hidrosiklon



Şekil 4.9. Laboratuvar ölçekli kabaran yataklı sınıflandırıcı



Şekil 4.10. Laboratuvar Ölçekli Flotasyon Hücresi

4.3. Cevher Karakterizasyonu

Karakterizasyon çalışmaları; cevherin fiziksel, kimyasal ve mineralojik analizlerini kapsamaktadır. Bu çalışmalar kapsamında cevherin tane boyu dağılımı, mineralojisi, tane boyu dağılımına bağlı mineral serbestleşme durumu araştırılmıştır.

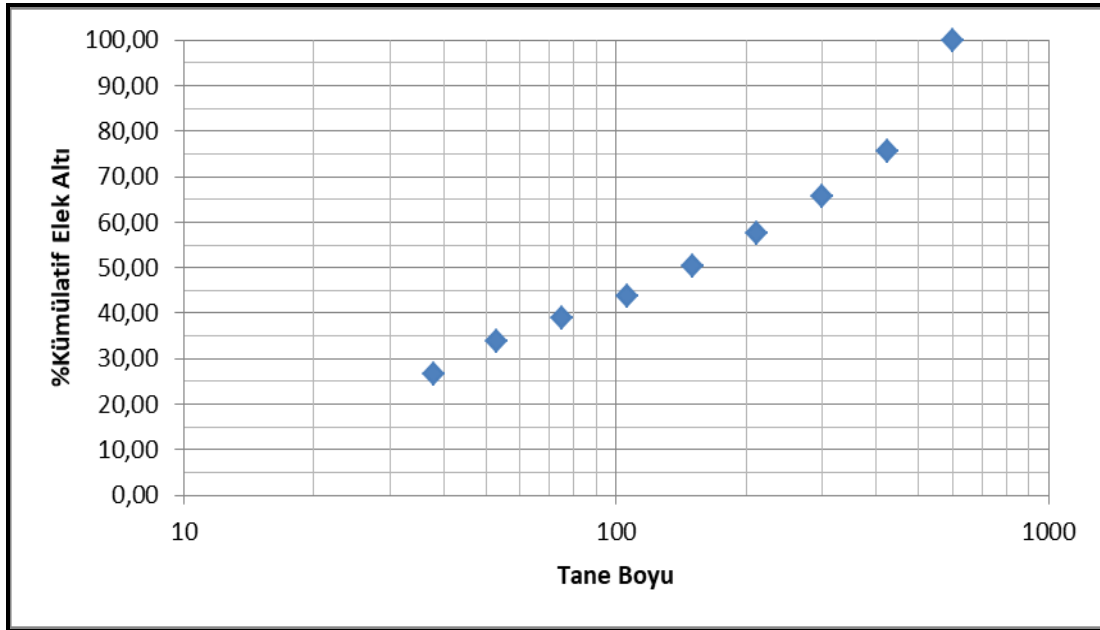
4.3.1. Elek Analizi ve Kimyasal Analizler

250 g. numune Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama laboratuvarında tane boyu dağılımı belirlenmek üzere yaş olarak elenmiştir. Her bir tane boyu aralığındaki Cr_2O_3 miktarı Bilfer Madencilik ve Turizm

A.Ş.'ye ait kimya laboratuvarında, XRF kullanılarak belirlenmiştir. Atık Malzemesinin elek analizi sonuçları ve yüzde kromit içerikleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Atık Malzemesinin Elek Analizi ve Cr₂O₃ Miktarı

Tane Boyu (µm)	Numune (g)	%Dağılım	%Kümülatif elek altı	%Cr ₂ O ₃	%Cr ₂ O ₃ Dağılım	%Cr ₂ O ₃ Kümülatif Dağılım
+600	60,86	24,55	100,00	6,27	20,24	20,24
-600+425	24,01	9,69	75,45	6,17	7,84	5,92
-425+300	20,01	8,07	65,76	6,17	6,52	4,29
-300+212	18,06	7,29	57,69	5,13	4,93	2,84
-212+150	16,48	6,65	50,41	4,38	3,82	1,92
-150+106	12,24	4,94	43,76	4,87	3,18	1,39
-106+75	12,67	5,11	38,82	5,27	3,55	1,38
-75+53	17,17	6,93	33,71	13,31	12,14	4,09
-53+38	3,48	1,40	26,78	14,79	2,70	0,72
-38	62,91	25,38	25,38	10,53	35,08	8,90
	247,89	100,00		7,61	100,00	



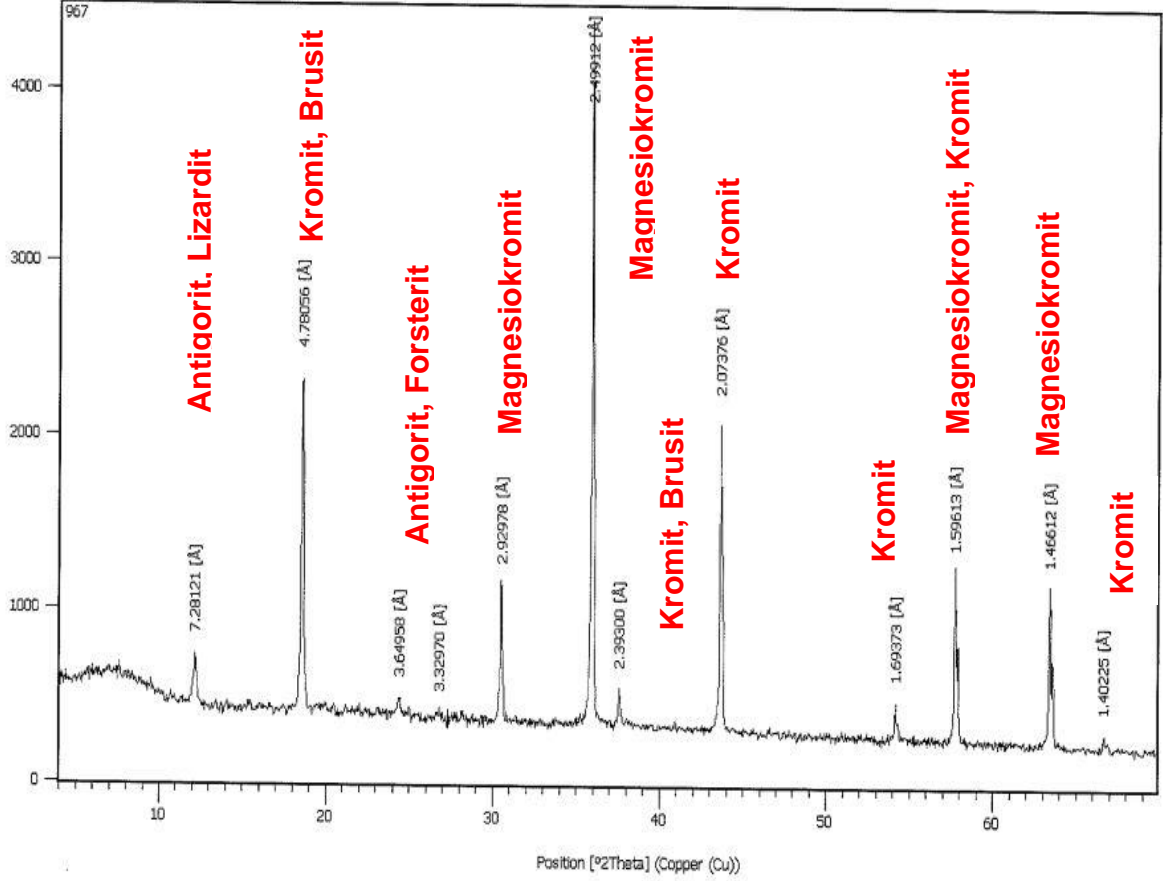
Şekil 4.11. Atık Malzemesinin Boyut Dağılım Grafiği

Malzemenin %80'inin geçtiği tane boyu (d_{80}) 425,81 µm'dir. Cevherin özgül ağırlığı piknometre kullanılarak 3 kez ölçülmüş ve ortalama yoğunluk 2,50 g/cm³ olarak bulunmuştur.

4.3.2. Cevher Mineralojisi

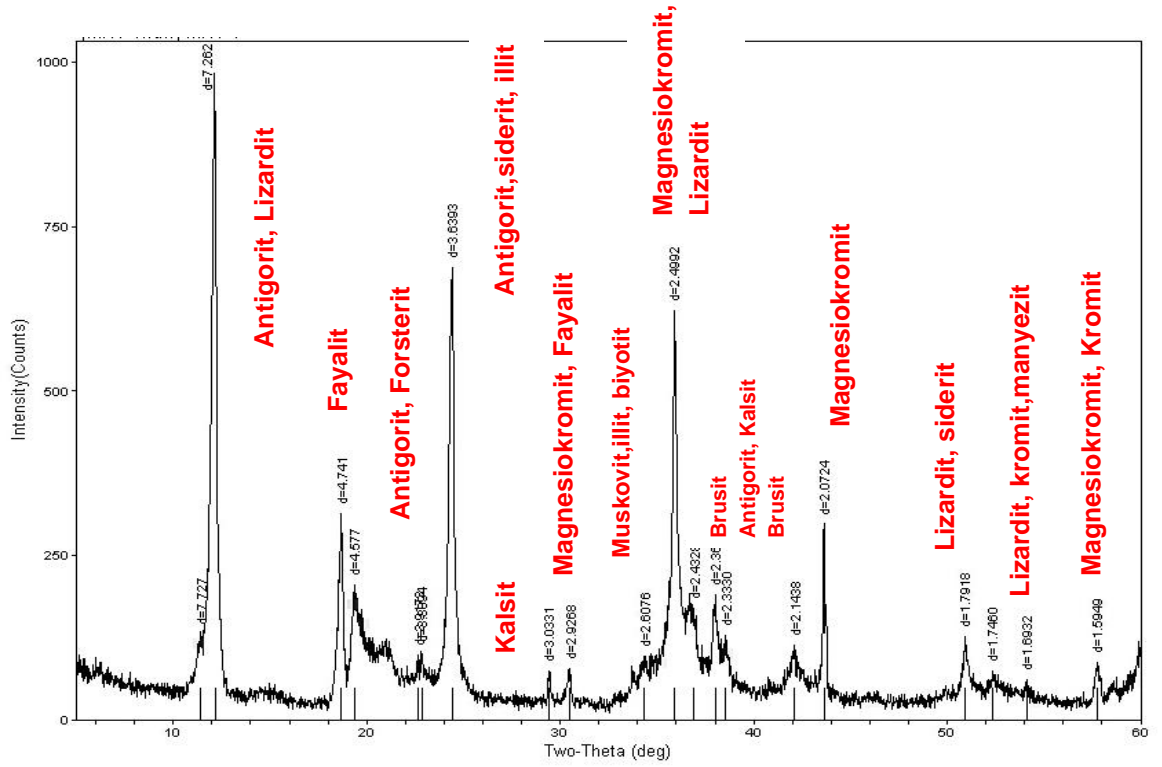
Hem tesise beslenen tüvenan cevher sahasından alınan el örneği hem de tesis atığından alınan örneklere XRD analizi yapılmıştır. El örneğinin analizi MTA'da atık

cevherin analizi ise Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır. Tüvenan cevher numunesinin XRD deseni Şekil 4.12'de, atık numunesinin XRD deseni de Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. El Örneğine ait XRD Analiz Grafiği

XRD sonuçlarına göre, ortalama yoğunluğu $2,54 \text{ g/cm}^3$ olan serpantin grubu minerali Antigorit $[(\text{Mg,Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, yine aynı gruba ait ortalama yoğunluğu $2,57 \text{ g/cm}^3$ olan Lizardit $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, ortalama yoğunluğu $3,27 \text{ g/cm}^3$ olan olivin grubu minerali Forsterit Mg_2SiO_4 , ortalama yoğunluğu $2,39 \text{ g/cm}^3$ olan Brusit $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$, ortalama yoğunluğu $4,79 \text{ g/cm}^3$ olan Kromit $(\text{Fe}^{+2}\text{Cr}_2\text{O}_4)$, ortalama yoğunluğu $4,2 \text{ g/cm}^3$ olan Magnesiokromit $(\text{MgCr}_2\text{O}_4)$ mineralleri belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Atık Numunesinin XRD Analiz Grafiği

XRD sonuçlarına göre, ortalama yoğunluğu $2,54 \text{ g/cm}^3$ olan serpantin grubu minerali Antigorit $[(\text{Mg,Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, yine aynı gruba ait ortalama yoğunluğu $2,57 \text{ g/cm}^3$ olan Lizardit $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, ortalama yoğunluğu $3,27 \text{ g/cm}^3$ olan olivin grubu minerali Forsterit Mg_2SiO_4 , yine aynı gruba ait ortalama yoğunluğu $4,39 \text{ g/cm}^3$ olan Fayalit $[\text{Fe}^{+2}_2(\text{SiO}_4)]$, ortalama yoğunluğu $3,96 \text{ g/cm}^3$ olan Siderit (FeCO_3), ortalama yoğunluğu $2,39 \text{ g/cm}^3$ olan Brusit $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$, ortalama yoğunluğu $2,71 \text{ g/cm}^3$ olan Kalsit (CaCO_3), ortalama yoğunluğu $4,79 \text{ g/cm}^3$ olan Kromit ($\text{Fe}^{+2}\text{Cr}_2\text{O}_4$), ortalama yoğunluğu $4,2 \text{ g/cm}^3$ olan Magnesiokromit (MgCr_2O_4), ortalama yoğunluğu $2,75 \text{ g/cm}^3$ olan kil grubu minerali İllit $[(\text{K,H}_3\text{O})(\text{Al, Mg, Fe})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2,\text{H}_2\text{O}]]$, ortalama yoğunluğu $3,09 \text{ g/cm}^3$ olan mika grubu minerali Biyotit $[\text{K}(\text{Mg, Fe})_3\text{Si}_3\text{AlO}_3(\text{OH})_3]$ ve yine aynı gruba ait ortalama yoğunluğu $2,8 \text{ g/cm}^3$ olan Muskovit $[\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2]$, ortalama yoğunluğu $3,2 \text{ g/cm}^3$ olan Manyezit (MgCO_3) gibi mineraller belirlenmiştir.

Ayrıca tüvenan cevherden alınan örnek elütratör ile zenginleştirilerek yüzde kromit içeriği artırılmış ve içerisindeki farklı bileşiklerin yüzdeleri Bilfer Madencilik ve Turizm A.Ş. kimya laboratuvarında belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Cevher El Örneği Metal Analiz Sonuçları

Elütratör Konsantresi Metal Analizleri (El Örneği)	
Mineral	%
Cr ₂ O ₃	54,49
SiO ₂	2,56
Al ₂ O ₃	12,1
MgO	10,23
FeO	13,91
Diğer	6,71

Tesis atığından alınan numune -150 µm'den tamamen geçirilerek "-150+106 µm, -106+75 µm, -75+53 µm, -53+38 µm ve -38 µm" olarak fraksiyonlara ayrılmış ve Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Clemex Vision P.E.5.0 görüntü analiz yazılımı ile donatılmış stereomikroskop kullanılarak serbestleşmeleri incelenmiştir. Serbestleşmeler tane sayma yöntemiyle belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Atık Numunesinin Fraksiyonel Bazda Hesaplanan Serbestleşme Dereceleri

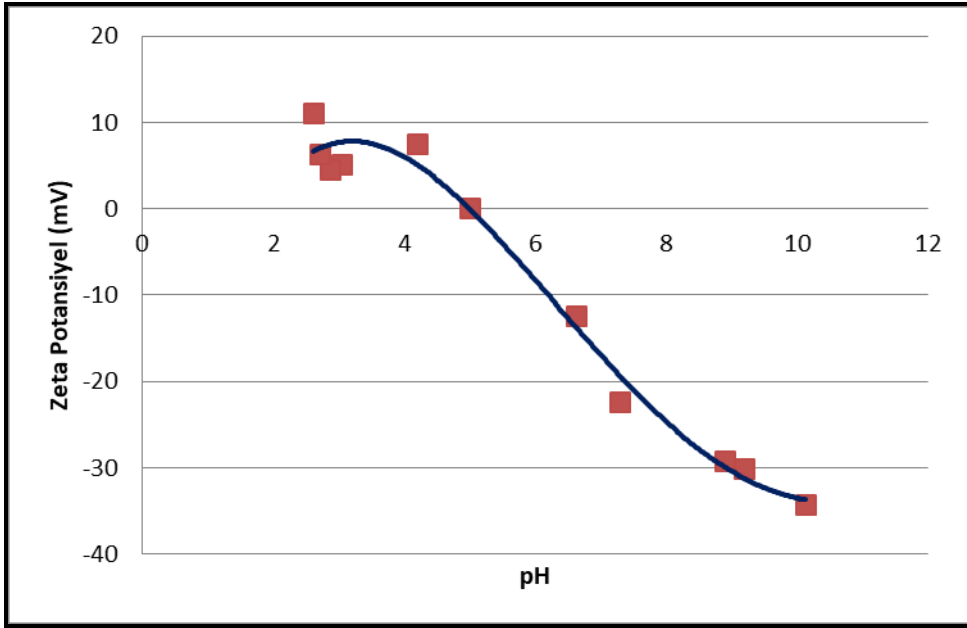
Tane Boyu(µm)	Serbestleşme Derecesi(%)
-150+106	68,11
-106+75	80,43
-75+53	85,54
-53+38	93,52
-38	98,76

Kromit minerali mikroskop altında kolaylıkla tanınabilecek parlak siyah renktedir. Tane boyu fraksiyonuna göre stereomikroskoptan alınan görüntüler EK.2.'de gösterilmiştir.

5.DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1. Zeta Potansiyel Ölçümleri

Deneylere başlamadan önce kromitin sıfır yük noktası (point of zero charge, pzc) zetametre kullanılarak belirlenmiştir. İletkenlik 1614 $\mu\text{s}/\text{m}$ olarak ölçülmüştür. 10^{-2} M KCl çözeltisine elütrator konsantresinden elde edilen %53'lük 0.5 g. kromit eklenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil.5.1. pH'ya bağlı Zeta Potansiyel değişim grafiği

Kromitin sıfır yük noktası, kristal yapısındaki elementlere göre pH 4,4 ile 9,6 arasında değişmektedir. [34] Deney sonucuna göre bu kromit için sıfır yük noktası pH 5'tir.

Mineralojisi ve yüzey özellikleri hakkında bilgi edinilen atık numunesi flotasyon için uygun tane boyuna getirildikten sonra herhangi bir işleme tabi tutulmadan (şlam atma vs.) flotasyona uygunluğunu tespit etmek amacıyla farklı toplayıcı türleri ile yüzdürülmüştür. Kullanılan kimyasallara ait bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

Aero3000C(Cytec): Amin bazlı bir katyonik toplayıcı olup özellikle de sülfür içermeyen metal minerallerin, metal oksitlerin selektif olarak yüzdürülmesinde etkilidir.

Aero704(Cytec): Yağ asidi , anyonik toplayıcı.

F-507(Cytec) : Güçlü yüzdürme şartları sağlayan köpürtücü.

CMC(Karboksimetilselüloz)-186 : Doğal yüzdürülebilir mineralleri bastırmak için kullanılır.

Na-Silikat: Silikatları bastırmak için kullanılır.

Na-Oleat: Bazik pH'da toplayıcı olarak kullanılır.

Sülfirik asit (H₂SO₄) ve Sodyumhidroksit (NaOH): pH ayarlayıcı olarak kullanılır.

5.2. Flotasyon Ön Çalışmaları

Seçilen toplayıcıların atıktan kromit kazanımına etkisini takip etmek için; atık numunesinden 500 g'lık homojen örnekler ayrılarak %30 katı oranına sahip sulu karışım hazırlanmış, farklı toplayıcılar ve toplayıcı tiplerine göre uygun pH ayarlanarak testler yapılmıştır.

Daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre asidik pH daki amin tipi toplayıcılarla elde edilen konsantre tenörü ve verimi yeterli düzeyde olmasına rağmen asit tüketimi fazla olduğundan testlere ilk olarak bazik ortamda yüzdürmeye olanak sağlayan oleat ve yağ asidi ile başlanmıştır. Ana besleme 20 dakika öğütülüp hepsi 106 µm altına indirildikten sonra kendi doğal pH'sı olan pH 9.3'te bastırıcı olarak 1200 g/t Na-Silikat ve toplayıcı olarak kullanılan 1000 g/t Na-oleat ile teste tabii tutulmuştur. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.1'de detaylı olarak gösterilmiştir.

İki aşama temizleme yapıldıktan sonra %10 tenörlük Cr₂O₃ konsantresi %9,11 verimle elde edilmiştir. Atıkların (kaba ve temizleme flotasyon atıkları) krom yüzdesi elde edilen konsantreye göre fazla olmuştur. Bu sonuca göre, sodyum oleatın kromiti yüzdürmede seçimli bir toplayıcı olmadığı ve atığa çok fazla krom kaçıdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kromun yüzdürülememesinin sebebi şlamın flotasyon sürecini olumsuz etkilemesidir.

Bir sonraki aşamada ise, bastırıcı olarak 1600 g/t Na-Silikat ve toplayıcı olarak 1200 g/t Aero-704 (yağ asidi) kullanılmıştır. pH 11'de gerçekleşen deneyde pH ayarlayıcı olarak NaOH çözeltisi kullanılmıştır. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.2 'de detaylı olarak gösterilmiştir.

İki aşama temizleme yapıldıktan sonra %16,4 tenörlük Cr_2O_3 konsantresi %12,43 verimle elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yağ kullanılarak seçimli flotasyon yapılamamıştır.

Deneylere asidik ortamda ve amin tipi toplayıcı olan Aero 3000-C ile devam edilmiştir. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.3'de detaylı olarak gösterilmiştir.

İki kademe temizleme planlanmış olup tek seferde kromitin yüzmediği gözlemlenmiştir. İkinci kademe temizlik yapılmadan tek kademede %2,12 tenörlük Cr_2O_3 konsantresi %0,81 verimle elde edilmiştir. pH 2,8'de ayarlı tutulmasına rağmen yükselişe geçtiği ve ortama deney süresince asit eklenmesi gerektiği tespit edilmiştir. Toplamda (%10'luk) 300 ml. sülfirik asit eklenmiştir. pH'nın şlam tarafından tüketilip tüketilmediğine bakmak için testlere şlam atma yapılarak devam edilmiştir.

Kromit ve şlamda çoğunlukla bulunan silikatların çökeltme hızı hesaplanarak elde edilen çökeltme hızları ve tane boyu baz alınarak(dekantasyon) şlam atma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şlam atıldıktan sonra diğer koşullar sabit kalmak şartıyla tekrarlanan flotasyon deneyi sonucunda %2,16 Cr_2O_3 konsantresi %1,10 verimle elde edilmiştir toplam asit tüketimi 52 ml olmuştur(%10'luk). Bu sonuçlara göre şlam atmaya yönelik farklı yöntemlerin denenmesi gerekmektedir. Bu amaçla hidrosiklon ve kabaran yataklı sınıflandırıcı kullanılmıştır.

İnce kromu uzaklaştırmak amacıyla kabaran yataklı sınıflandırıcı ve hidrosiklon kullanılmıştır. Kabaran yataklı sınıflandırıcıda farklı basınç ve farklı su hızlarıyla deneyler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Kabaran yataklı sınıflandırıcıda farklı basınç ve su hızlarına göre kromit verimi

Basınç (bar)	Ekipman Kesme Tane Boyu (µm)	Su Hızı (l/dk)		%Cr ₂ O ₃	%Verim
103	74	4	Alt Akım	5,8	49,87
			Üst Akım	11,87	50,13
103	42	2	Alt Akım	5,24	45,11
			Üst Akım	10,83	54,89
			Besleme Krom Yüzdesi	7,56	
Basınç (bar)		Su Hızı		%Cr ₂ O ₃	%Verim
110	79	4	Alt Akım	7,3	62,50
			Üst Akım	8,1	37,50
110	45	2	Alt Akım	6,76	58,07
			Üst Akım	9,05	41,93
			Besleme Krom Yüzdesi	7,56	
Basınç (bar)		Su Hızı		%Cr ₂ O ₃	%Verim
120	84	4	Alt Akım	7,4	63,62
			Üst Akım	7,85	36,38
			Besleme Krom Yüzdesi	7,56	

Bu çizelgeye göre alt akımda olması gereken kromun çok ince olduğu için şlam ile birlikte atıldığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden elde edilen konsantrelere krom yüzdesi düşük olduğu için flotasyon uygulanmamıştır.

Hidrosiklon ile şlam atmada da elde edilen sonuçlar aşağıdaki Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Hidrosiklon kesme tane boyu 53 µm'dir.

Çizelge 5.2. Hidrosiklon ile şlam atma işleminin sonuçları

	Ağırlık (kg)	Ağırlık (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Cr ₂ O ₃ Dağılımı(%)
Şlam	3,8	37,25	6,92	14,78
Konsantre	6,4	62,75	9,79	85,22
Besleme	10,2	100,00	8,72	100

Hidrosiklon ile şlam atımından sonra %8,72 Cr₂O₃ tenörlü siklon beslemesi %9,79 Cr₂O₃ tenörüne yükselmiştir. Beslemedeki kromitin ancak %85,22'si kazanılabilmektedir.

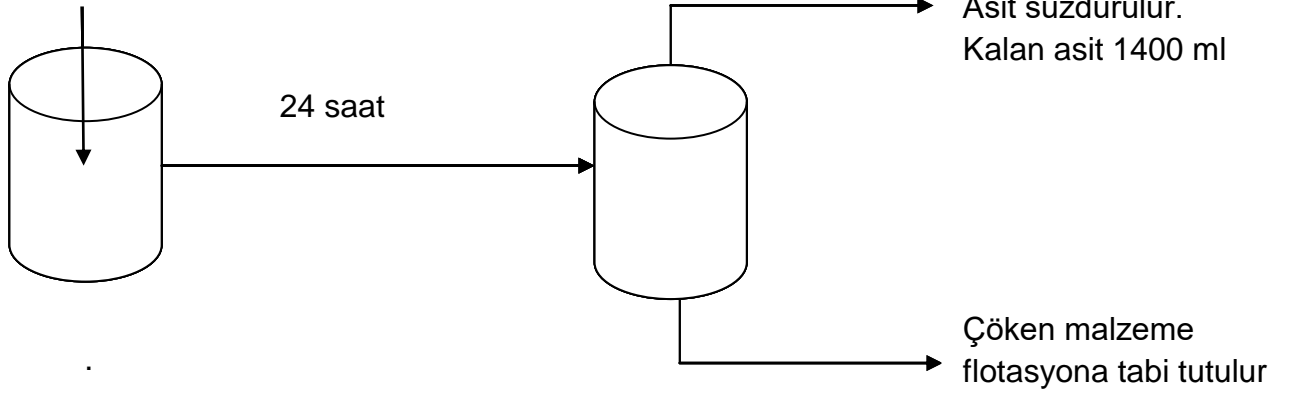
Elde edilen sonuçlara göre efektif bir şekilde ince malzeme uzaklaştırılmadığından (ince malzeme ile birlikte ince kromit kaybı yaşandığından), flotasyon öncesi sülfirik asit liçi yapılarak flotasyon esnasında asit tüketen minerallerin çözünmesi sağlanılmıştır. 250 gramlık numune 2000 ml (%10'luk) sülfirik asitle 1 gün süre ile bekletilmiş ve içinde çözünen minerallerin olduğu asit süzülerek uzaklaştırılmıştır. Daha sonra numuneye flotasyon uygulanmıştır. Bastırıcı olarak 150 g/t Na-Silikat, 50 g/t CMC186 ve toplayıcı olarak 1500 g/t Aeromine3000C kullanılmıştır. Ph 2,8 de gerçekleşen deneyde pH ayarlayıcı olarak H₂SO₄ çözeltisi kullanılmıştır. Numune daha önce asitte bekletildiğinden az miktarda bir çözelti ile (5 ml) pH 2.8'de dengeye gelmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2 aşamalı bir temizleme sonucunda %49,42'lik kromit konsantresi %78,86 verimle elde edilmiştir. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.4'te detaylı olarak gösterilmiştir.

Tüketilen sülfirik asit miktarı çok olduğundan aynı asitin kaç kez kullanılabileceğini saptamak amacıyla; 2000 ml (%10'luk) sülfirik asit çözeltisinde 250 g. numune 1 gün süre ile bekletilmiştir. Asit başka bir kaba alınarak konsantreye yukarıdaki koşullarda flotasyon uygulanmıştır. %53,41 tenörlü kromit konsantresi %69,76 verimle elde edilmiştir. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.5'te detaylı olarak gösterilmiştir.

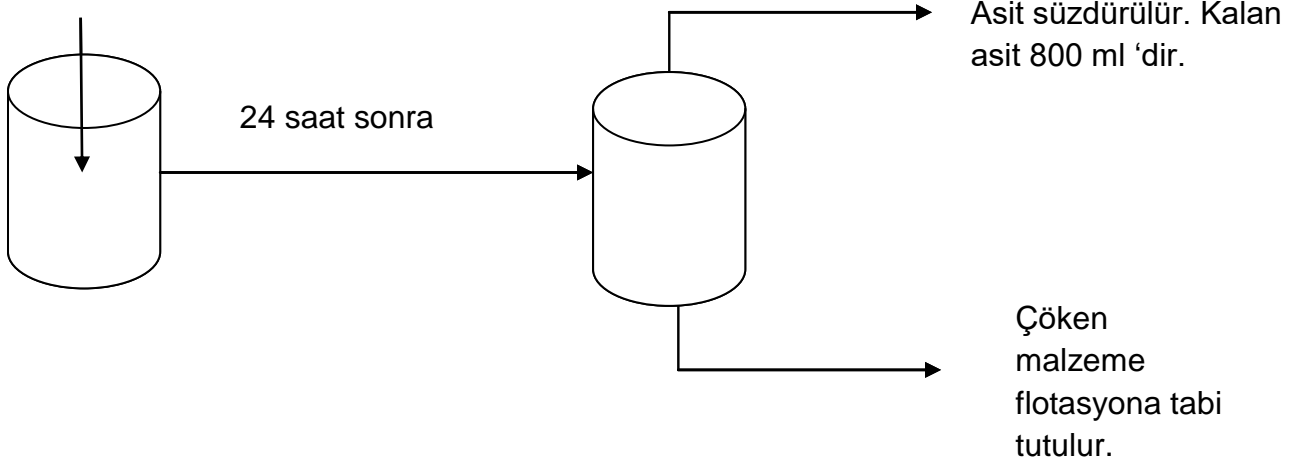
Başka bir kaba alınan 1400 ml'lik asitin üzerine 250 g. numune eklenip 1 gün süre ile bekletilmiştir. Asit başka bir kaba alınarak konsantreye yukarıdaki koşullarda flotasyon uygulanmıştır. %50,59 tenörlü kromit konsantresi %20,88 verimle elde edilmiştir. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.6'da detaylı olarak gösterilmiştir.

Başka bir kaba alınan 800 ml'lik asitin üzerine tekrar 250 g. numune konulmuş ve 1 gün süre ile bekletilmiştir. Asit başka bir kaba alınarak konsantreye yukarıdaki koşullarda flotasyon uygulanmıştır. %5,7 tenörlü kromit konsantresi %1,26 verimle elde edilmiştir. Deney koşulları Ek.3. Tablo.7'de detaylı olarak gösterilmiştir. Şekil 5.2.'de bu aşamalar şematik olarak anlatılmıştır.

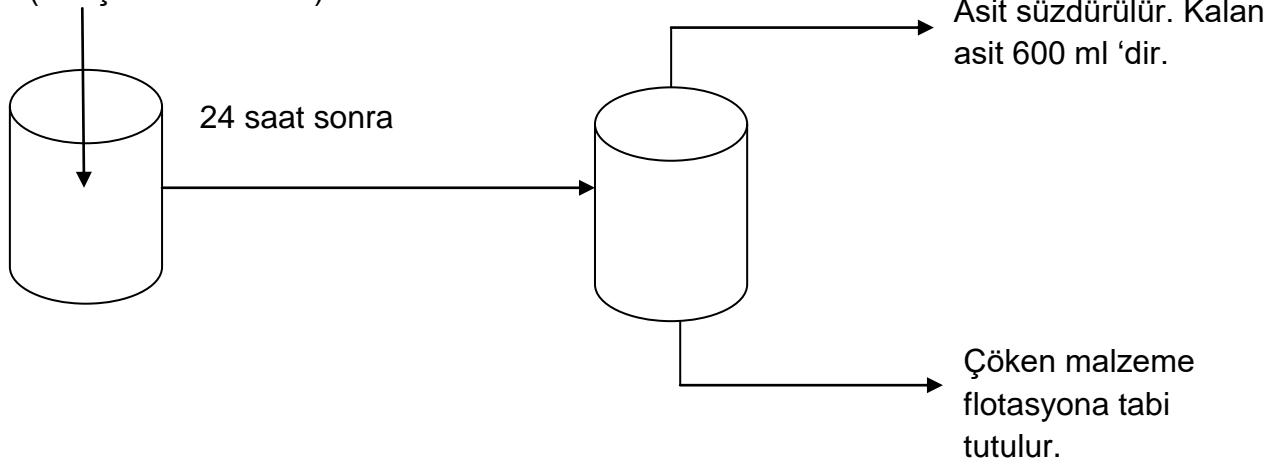
1.Aşama : 250 g.
Numune + 2000 ml
(%10'luk) sülfirik asit
çözeltisi



2.Aşama: 250 g. Numune + 1400
ml (%10'luk) sülfirik asit çözeltisi
(1. Aşamadan kalan)

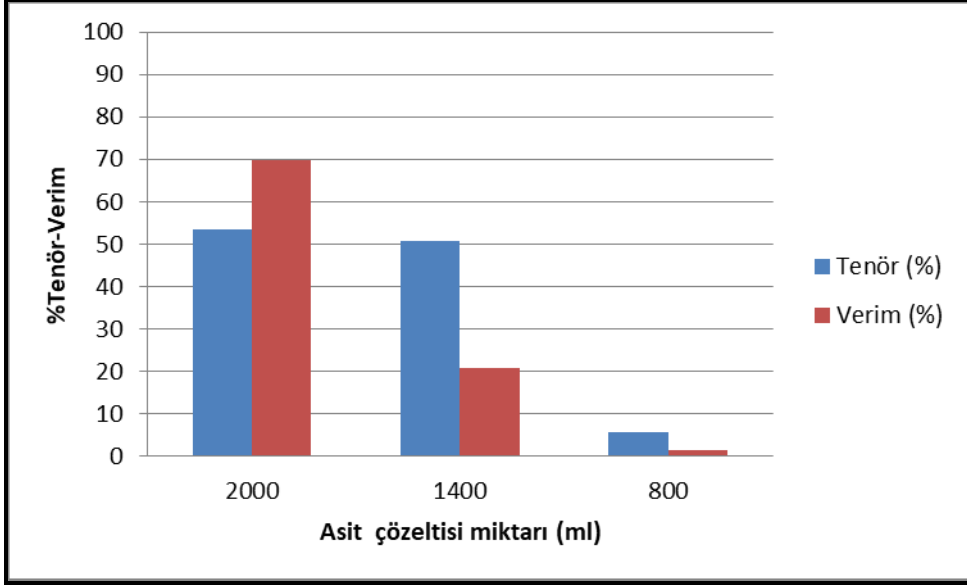


3.Aşama: 250 g. Numune +
800 ml (%10'luk) sülfirik asit
çözeltisi (2. Aşamadan kalan)



Şekil.5.2. Liç için kullanılan asitin geri çevirilmesi

Yukarıda uygulanan flotasyon deneylerinden elde edilen verim ve tenör yüzdelерinin asit miktarına bağlı değişimlerini gösteren grafik Şekil 5.3'te gösterilmiştir.

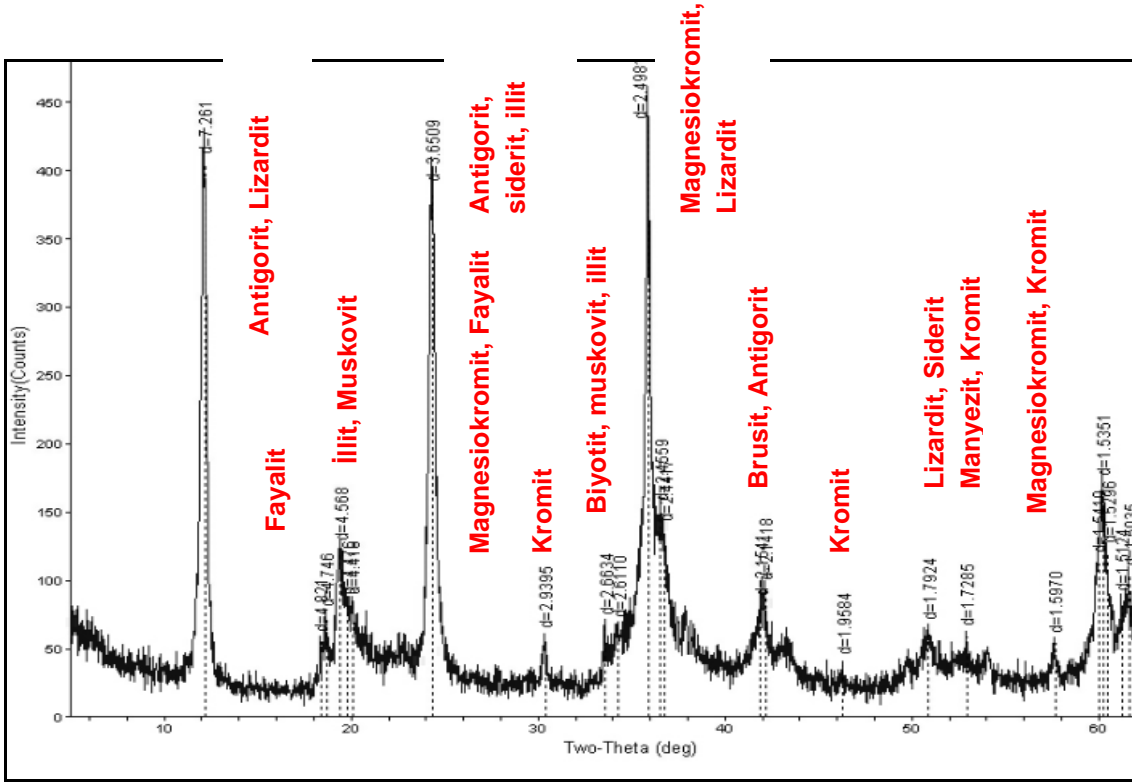


Şekil 5.3. Asit miktarına bağlı tenör&verim değişimi

Şekil 5.3'e göre asitte ilk kez bekletilen numunenin flotasyon sonrası tenör ve verimi yüksekken, aynı asitte 2. kez bekletildiğinde flotasyon sonrası elde edilen konsantrenin tenörü yüksek olmakla beraber verimi oldukça düşüktür. 3. kez bekletilip flotasyona tabi tutulduğunda ise hem tenörün hem de verimin düşük olduğu görülmüştür. Asit çözeltisi miktarı bilinmekle beraber içinde ne kadar sülfirik asit olduğu bilinmediğinden daha sonraki deneylerde bu konu daha detaylı incelenmiş ve asit miktarı optimize edilmiştir.

Kromiti yüzdürmede başarılı olduğundan, flotasyon işlemine tabi tutmadan önce sülfirik asitle liç işleminin üzerine araştırmalar yapılmıştır.

pH=2'de kromitin yüzeyi (+) olduğundan ve amin tipi toplayıcının da (+) olması sebebiyle yüzeyi negatif yükleyecek (-) yüklü bir iyon gereksinim olduğu ve sülfirik asitteki SO_4^- iyonlarının kromit yüzeyine adsorbe olarak yüzeyini negatifleştirdiği görülmüştür. Aynı etki hidroflorik asit ile de sağlanmaktadır. Fakat hidroklorik asit kullanıldığında bu etki görülmemiştir. [34]

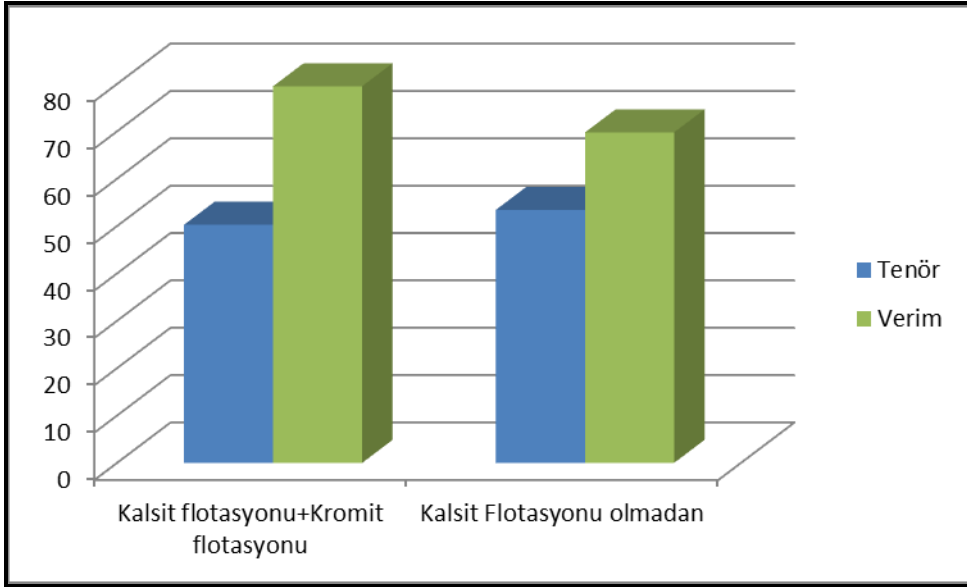


Şekil 5.5. Liç Konsantresine ait XRD grafiği

XRD sonuçlarına göre, ortalama yoğunluğu $2,54 \text{ g/cm}^3$ olan serpantin grubu minerali Antigorit $[(\text{Mg,Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, yine aynı gruba ait ortalama yoğunluğu $2,57 \text{ g/cm}^3$ olan Lizardit $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, ortalama yoğunluğu $3,27 \text{ g/cm}^3$ olan olivin grubu minerali Forsterit Mg_2SiO_4 , yine aynı gruba ait ortalama yoğunluğu $4,39 \text{ g/cm}^3$ olan Fayalit $[\text{Fe}^{+2}(\text{SiO}_4)]$, ortalama yoğunluğu $3,96 \text{ g/cm}^3$ olan Siderit (FeCO_3) , ortalama yoğunluğu $2,39 \text{ g/cm}^3$ olan Brusit $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$, ortalama yoğunluğu $4,79 \text{ g/cm}^3$ olan Kromit $(\text{Fe}^{+2}\text{Cr}_2\text{O}_4)$, ortalama yoğunluğu $4,2 \text{ g/cm}^3$ olan Magnesiokromit $(\text{MgCr}_2\text{O}_4)$, ortalama yoğunluğu $2,75 \text{ g/cm}^3$ olan kil grubu minerali İllit $[(\text{K,H}_3\text{O})(\text{Al, Mg, Fe})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2,\text{H}_2\text{O}]]$, ortalama yoğunluğu $3,09 \text{ g/cm}^3$ olan mika grubu minerali Biyotit $[\text{K}(\text{Mg, Fe})_3\text{Si}_3\text{AlO}_3(\text{OH})_3]$ ve yine aynı gruba ait ortalama yoğunluğu $2,8 \text{ g/cm}^3$ olan Muskovit $[\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2]$, ortalama yoğunluğu $3,2 \text{ g/cm}^3$ olan Manyezit (MgCO_3) gibi mineraller belirlenmiştir.

5.2.1.Kalsit Flotasyonunun Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi

Kalsiti uzaklaştırmak için sodyum oleat ile kendi doğal pH'sında (pH 9,84) kalsit flotasyonu yapılmıştır. Deney koşulları Ek.3.Tablo.8'de detaylı olarak gösterilmiştir. Kalsit flotasyonu sonrası numune yıkanarak oleattan arındırılmış ve kromit flotasyonu koşulları uygulanmıştır. Fakat kromit yüzmemiştir. Aynı numune 1000 ml(%10) sülfirik asit çözeltisinde 24 saat bekletilmiş ve daha sonra asit süzöldükten sonra kromit flotasyon koşulları uygulanmıştır. Süzdürülen asit daha sonra incelenmek üzere ayrılmıştır (Asit Kodu L1). Elde edilen %50,25'lik konsantrenin verimi %79,50 olmuştur. Kalsit flotasyonunun tenör ve verime olan etkisi Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



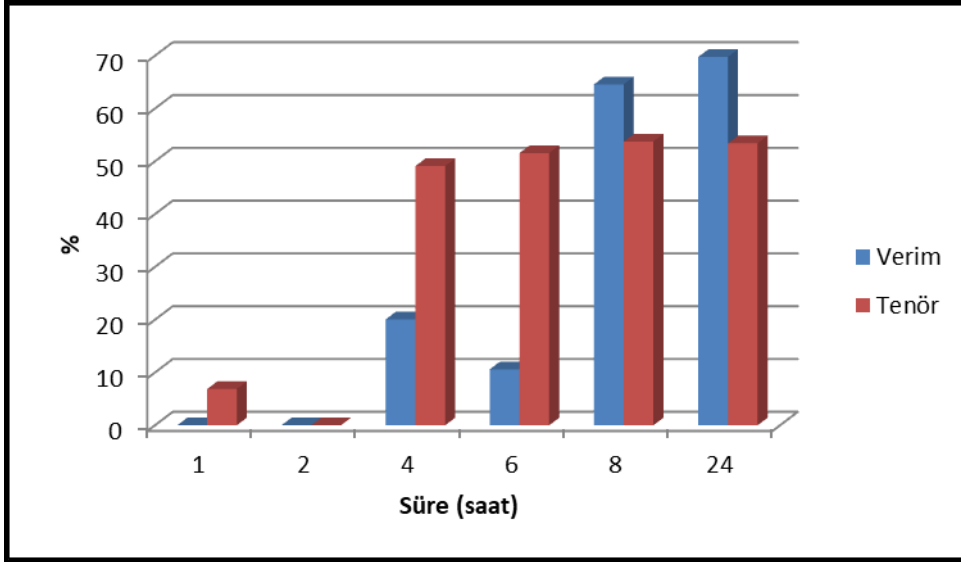
Şekil 5.6. Kalsit flotasyonunun tenör ve verime olan etkisi

Yukarıdaki grafikte de gösterildiği gibi kromit flotasyonu öncesinde kalsit flotasyonu uygulanırsa da uygulanmasa da elde edilen konsantrenin tenörü %50 üzerinde olmaktadır fakat kalsit flotasyonu uygulanması verimi oldukça artırmıştır. Kalsit flotasyonu yapıldıktan sonra aynı miktar asitle bekletilen numunenin nihai veriminin yüksek olmasının nedeni asiti büyük ölçüde tüketen kalsitin uzaklaştırılması sonucu kromit yüzeyinin daha fazla (-) iyonla buluşma olasılığının artması şeklinde açıklanabilir.

5.2.2.Asitte Bekletme Süresinin Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi

250'şer gramlık numuneler 1000 ml'lik (%10'luk) sülfirik asit çözeltilerinde sırasıyla 1 saat, 2 saat, 4 saat, 6 saat, 8 saat ve 24 saat bekletilmiştir. Asitleri

süzdürüldükten sonra bu numunelere kromit flotasyon koşulları uygulanmıştır. Süzdürülen asitler daha sonra incelenmek üzere ayrılmıştır. (Asit kodları: L2,L3,L4,L5,L6,L7)Deney koşulları Ek.3.Tablo9.10.11.12.13.14'de detaylı olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

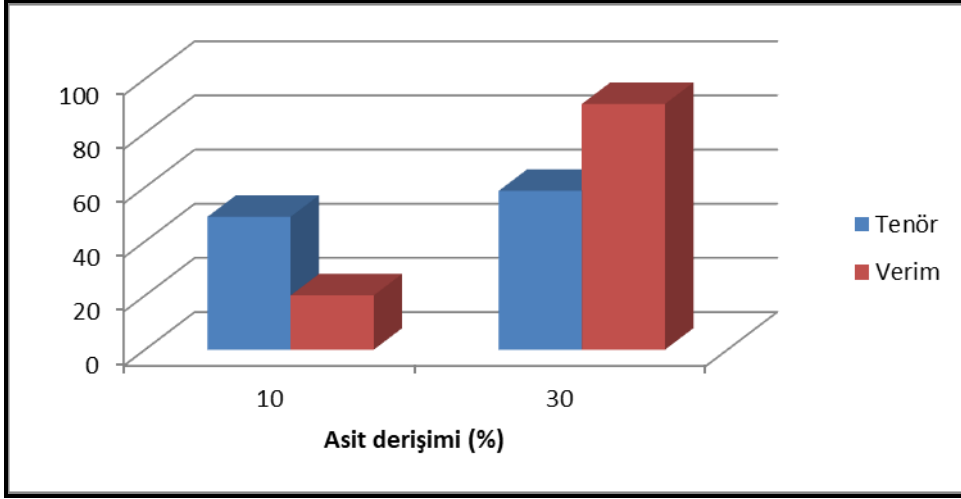


Şekil 5.7. Asitte bekletme süresinin kromit konsantresinin tenörü ve verimi üzerine etkisi

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi kromitin yüzmesi için en az 4 saat asit çözeltisi içinde bekletilmesi gerekmektedir.

5.2.3.Asit Derişiminin Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi

Asit çözeltisinde en az 4 saat bekletilmesi gerektiğine karar verildikten sonra asit derişiminin flotasyon verimine olan etkisini incelemek amacıyla %10'luk ve %30'luk asit çözeltileri hazırlanmıştır ve 250'şer gramlık numuneler çözeltiler içerisinde 4 saat bekletilmiştir ve daha sonra her iki numuneye de kromit flotasyonu uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Asit derişiminin kromit konsantresinin tenörü ve verimi üzerine olan etkisi

Asit derişimi arttıkça kromit tenöründe ciddi bir artış yaşanmazken verim oldukça artış göstermiştir.

5.2.4. Çözünen İyonların Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi

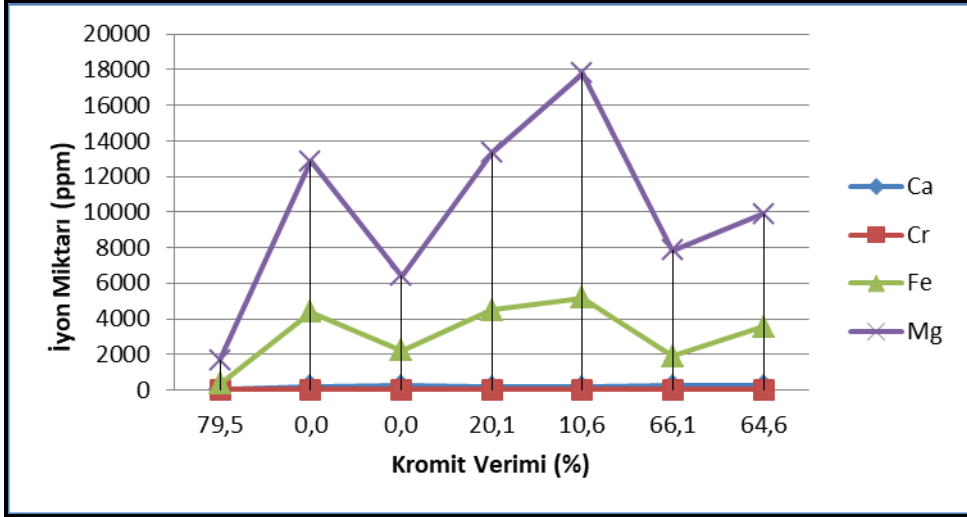
Bazı metal iyonları kromiti bastırıcı etkiye sahiptir. Mg, Ca ve Fe⁺⁺ iyonlarının kromiti bastırıcı etkisi vardır. [21]

Bu amaçla daha önceki deneylerden elde edilen asit çözeltilerinin içindeki Mg, Ca ve Fe⁺⁺ iyon derişimlerine ICP (inductively coupled plasma, atomik emisyon spektrografisi) ve AAS (atomik absorpsiyon spektroskopisi) kullanılarak bakılmıştır. Ekstradan Cr iyon miktarına da bakılmıştır. Çizelge 5.3'te iyon miktarı ve asit süzöldükten sonra flotasyona tabi tutulan kromitin yüzde verimi gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. İyon miktarı ve kromit verimi

Asit Kodu	Ca (ICP), ppm	Cr (ICP), ppm	Fe (AAS), ppm	Mg (AAS), ppm	Kromit Verimi (%)
L1	36,11	2,493	343	1673	79,5
L2	191,3	27,03	4386	12854	0,0
L3	251,3	15,37	2210	6397	0,0
L4	178,9	28,21	4500	13309	20,1
L5	145,1	32,91	5170	17809	10,6
L6	227,2	14,9	1911	7856	66,1
L7	222,1	29,13	3543	9907	64,6

İyon miktarına bağılı flotasyon verimi grafiğı Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. İyon miktarına bağlı kromit verimi

İyon miktarı ile kromit verimi arasında iyonların kromiti bastırıldığına yönelik herhangi bir ilişki kurulamamıştır. Numune asitte bekletildikten sonra, asit süzdürülmüştür. Kalan katı numune flotasyona tabi tutulduktan sonra elde edilen kromit verimleri ile asitte kalan iyon miktarı ile ilgili veriler karşılaştırılmıştır. Kromiti bastırıcı etkisi olan Ca, Mg, Fe⁺⁺ iyonu miktarlarının en yüksek olduğu asit çözelti miktarlarında kromit veriminin düşük olduğu görülmüştür. Eğer asite geçen iyon miktarı fazla ise ve bu iyonların da bastırıcı etkisi var ise çözeltiliye geçtikleri için kromit veriminin yüksek olması beklenir. Fakat böyle bir durum söz konusu değildir. Aksine çözeltiliye geçen iyon miktarlarının az olduğu L1 çözeltilisinde kromit verimi en yüksektir. Diğer yüksek verimler ile iyon derişimleri arasında herhangi bir ilişki kurulamamıştır. Sonuç olarak iyon miktarları ile kromit verimi arasında bastırıcı ya da yüzdürücü etkiye sahip denilebilecek herhangi bir ilişki kurulamamıştır.

5.2.5. Sodyum Sülfat (Na₂SO₄) 'ın Kromit Flotasyonu Üzerine Etkisi

Na₂SO₄'ün suda çözünmesiyle ortaya çıkan SO₄⁻ iyonlarının kromit verimi üzerine etkisini araştırmak amacıyla kalsit flotasyonu uygulandıktan sonra kalan numune Na₂SO₄ eklenerek bir gün bekletilmiştir.

Eklenen Na₂SO₄ miktarı, %10'luk 1000 ml H₂SO₄ miktarı içerisindeki SO₄ miktarı ile aynı olacak şekilde hesaplanmıştır. H₂SO₄ içerisindeki SO₄⁻ kütlece %98'dir. Na₂SO₄ içerisindeki SO₄⁻ ise kütlece %68'dir. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra 205 g. Na₂SO₄ eklenmiş numune ile beraber su eklenerek üzeri 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

Bekletilen numuneye kromit flotasyonu uygulanmıştır. %16,79 tenörlü Cr_2O_3 konsantresi %1,82 verimle elde edilmiştir. Kromit yüzmemiştir. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.15'te gösterilmiştir.

Bu deney Na_2SO_4 kaynaklı SO_4^- iyonlarının kromiti yüzdürmeye etkisi olmadığını göstermektedir.

Yukarıdaki deney sonuçları açıkça göstermektedir ki kromit flotasyonu öncesi kalsit flotasyonu yapılmalıdır ve kalsit uzaklaştıktan sonra kalan numuneyi sülfirik asitte bekletmek gerekmektedir. Asitte bekletildikten sonra kromit flotasyonu uygulanmalıdır. İstenilen tenör ve verimde kromit konsantresi elde etmek için bekletilecek asit derişimi ve asitte bekletme süresi önem arz etmektedir. Bu amaçla optimum süre ve asit derişimini belirlemek için Design Expert 6.0.8 programı kullanılmıştır.

5.2.6.Asit Derişimi ve Asitte Bekletme Süresinin Optimizasyonu

İstenilen tenör ve verimi elde etmek amacıyla numunenin bekletilmesi gereken asit miktarı ve süreyi belirlemek amacıyla Design Expert 6.0.8 programı kullanılmıştır. Daha önce yapılan deneylerden yola çıkarak asit miktarları 50, 150 ve 300 ml olarak seçilmiştir. Bekletme süresi de 4, 8 ve 24 saat olarak belirlenmiştir.

Bu sıraya göre farklı dozaj ve sürelerde flotasyon deneyleri yapılmış ve elde edilen tenör ve verim değerleri programa girilmiştir. Tüm deneylerde süre ve dozaj dışında hiçbir koşul değiştirilmemiştir. Bu koşullar Ek3.Tablo.16'da gösterilmiştir.

Farklı asit konsantrasyonları içinde farklı sürelerde bekletilen numuneye uygulanan flotasyon koşulları ve sonuçları Ek3.Tablo.17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25'te gösterilmiştir. Elde edilen tenör ve verim değerleri Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Farklı asit dozajları ve süreye göre elde edilen tenör ve verim değerleri

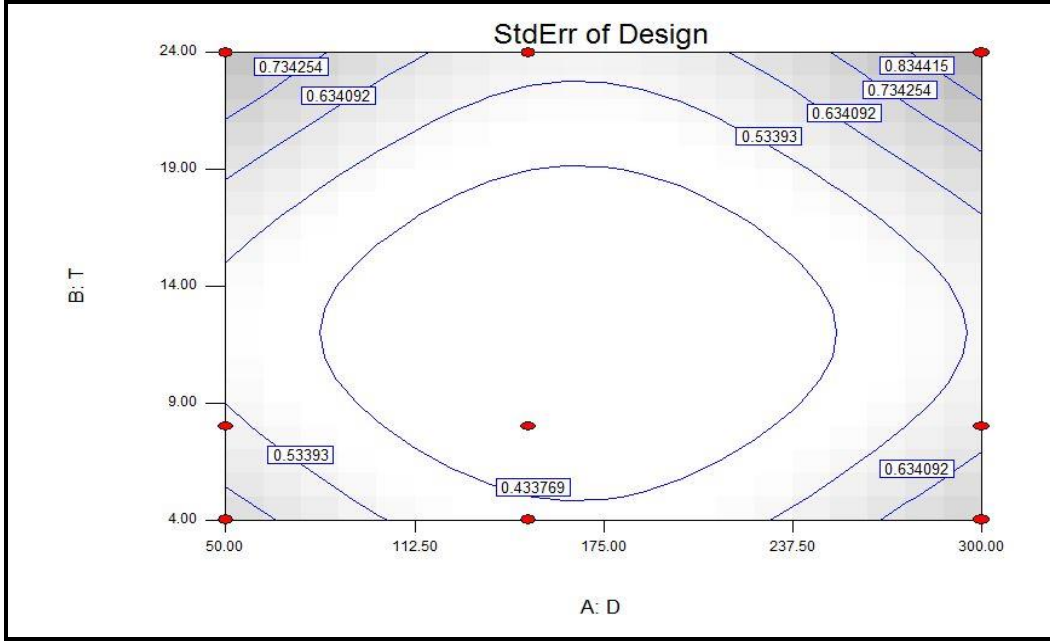
Asit (ml)	Bekletme süresi (saat)	Tenör (%)	Verim (%)
50	4	0	0
50	8	0	0
50	24	0	0
150	4	47,32	46,72
150	8	52,23	58,23
150	24	49,29	60,86
300	4	47,08	64,7
300	8	52,85	80,53
300	24	51,89	81,06

Elde edilen tenör ve verim değerleri girildikten sonra dozaj, süre, tenör ve verim için aralık belirlenmiştir. Dozaj minimum, süre 0 ile 48 saat arası, tenör %40-55 arasında, verim %70-85 arasında olacak şekilde optimize edildikten sonra program iki farklı koşul için sonuç vermiştir. Programa göre; tenör %55, verim %70 olacak şekilde elde edilen bu sonuçların ilki 245,70 ml asit çözeltisinde 29,82 saat bekletme ile elde edilirken, ikincisinde bu değerler 271,89 ml asit çözeltisinde 4,31 saat bekletilerek mümkün olmaktadır. İki asit çözeltisi miktarı arasında çok fazla fark olmadığından süresi az olan koşul seçilerek flotasyon deneyi yapılmıştır ve %53,37'lik krom konsantresi %74,26 verimle elde edilmiştir. Konsantre Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Deney koşulları Ek.3.Tablo 26'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Kromit Konsantresi

Dizayna bağılı değerlendirilmede standart sapmayı gösteren grafik Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Dizaynın standart sapmasını gösteren grafik

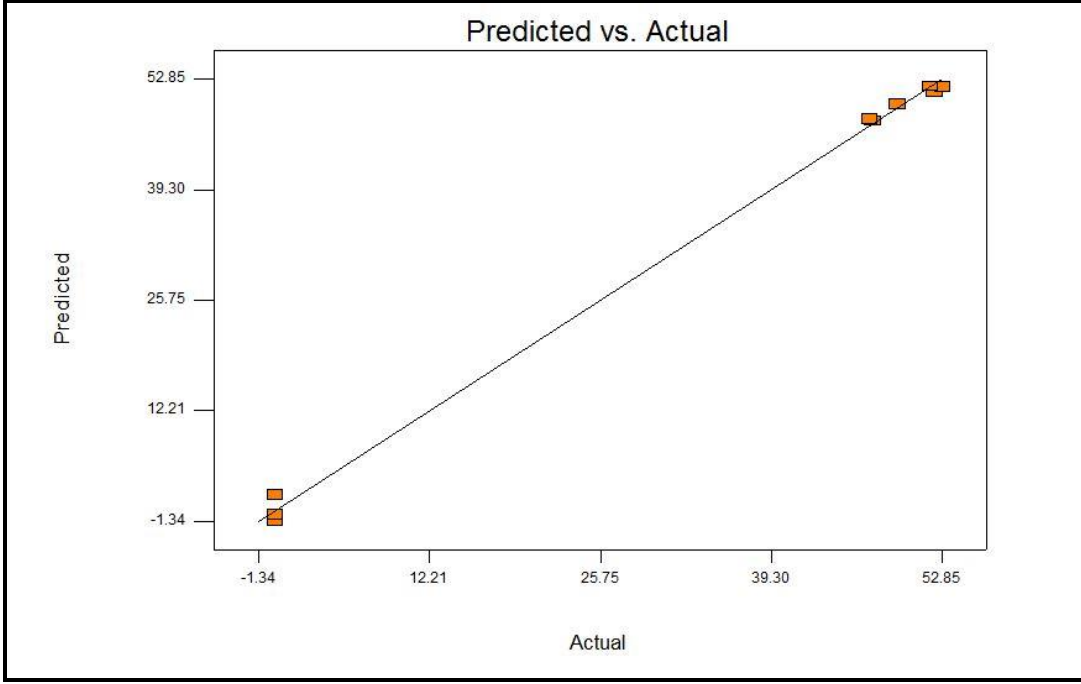
Tenör ve verim değerlerinin süre ve asit miktarına bağılı değişim denklemi program tarafından oluşturulmuştur. Bu denklemler aşağıda verilmiştir. G=grade(tenör), R=recovery(verim), D=dosage(dozaaj, asit miktarı), T=time(süre) olarak gösterilmiştir.

$$G = -45.26254 + 0.88004 * D + 1.36580 * T - 1.95804E-003 * D^2 - 0.048562 * T^2 + 6.41729E-004 * D * T$$

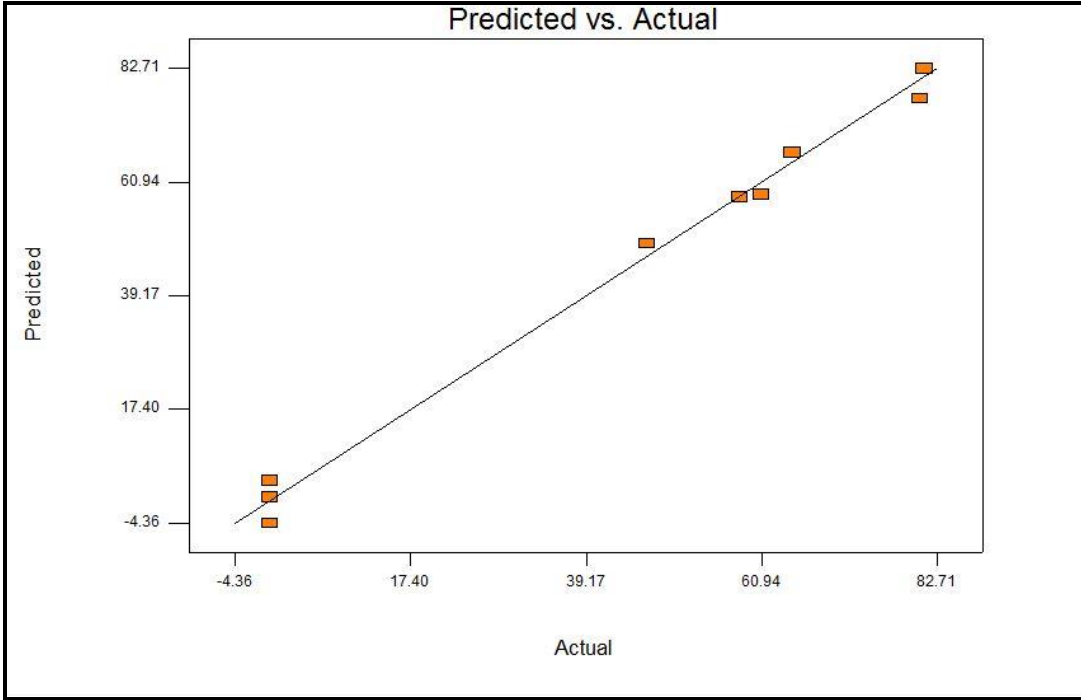
$$R = -54.84502 + 0.86083 * D + 3.23758 * T - 1.67320E-003 * D^2 - 0.11062 * T^2 + 2.20949E003 * D * T$$

Tahmini değerler yukarıdaki denkleme göre program tarafından hesaplanmıştır.

Analiz sonrası, gerçek değerler ve tahmin edilen değerlere ait grafikler tenör için Şekil 5.12 ve verim için Şekil 5.13'te gösterilmiştir.

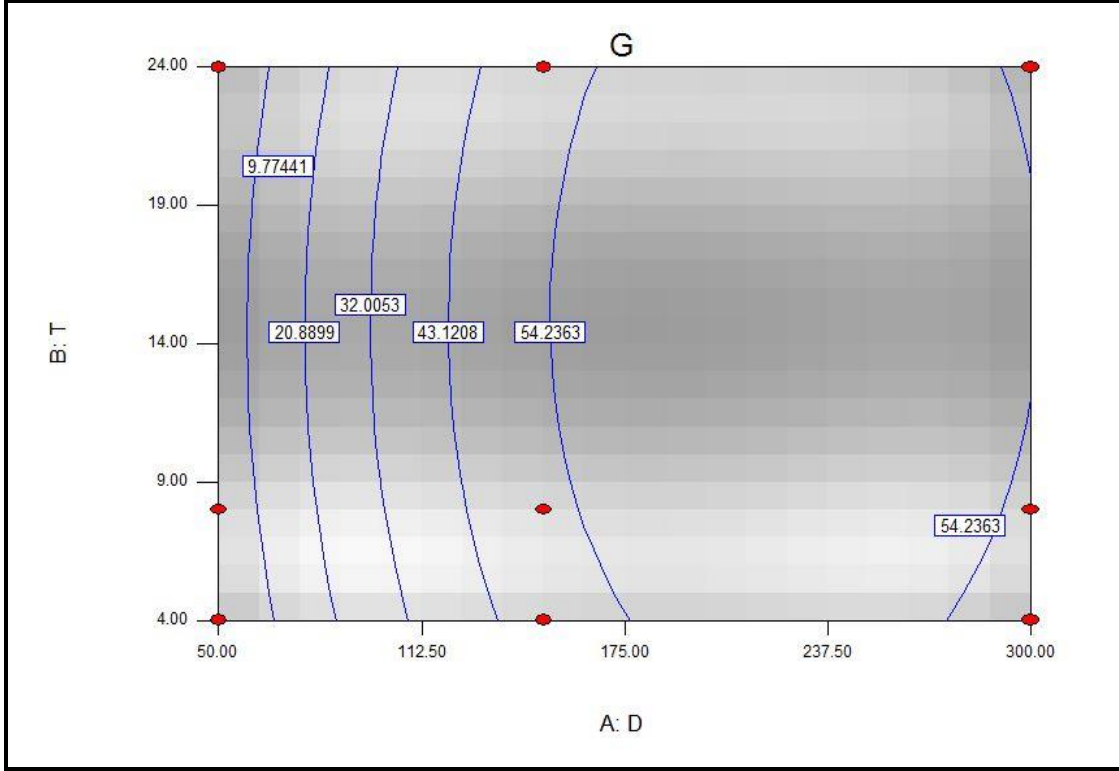


Şekil 5.12. Design expert tenör için tahmin edilen ve gerçek değerler grafiği

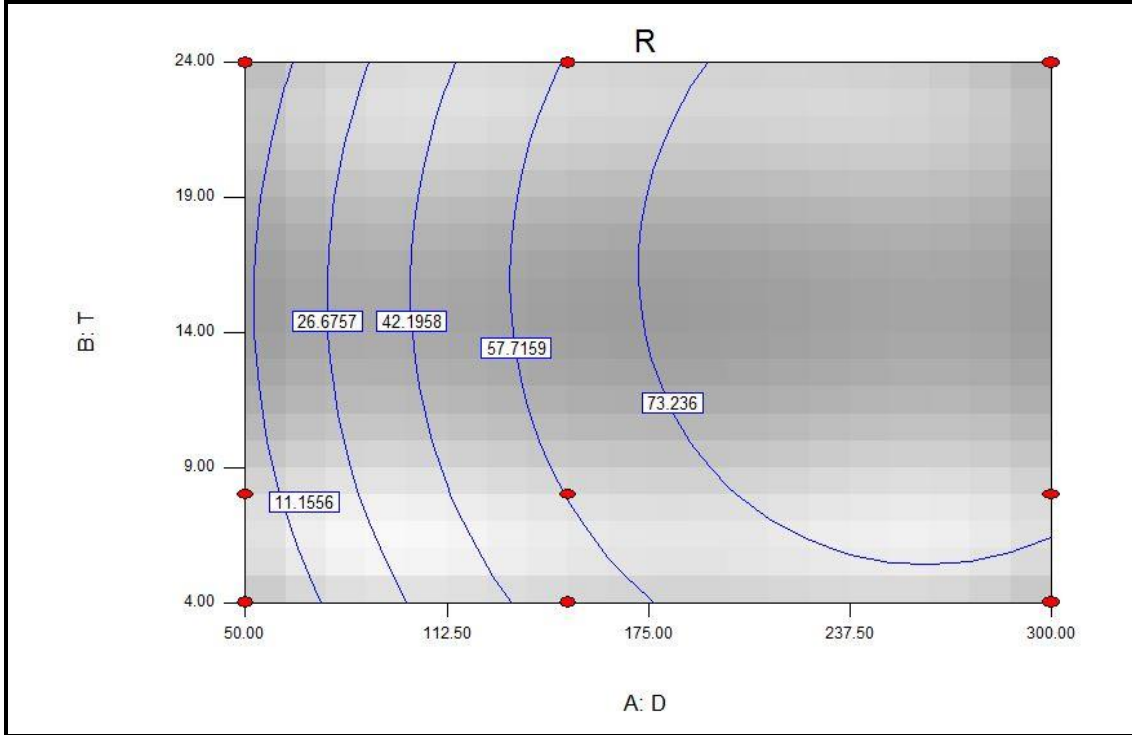


Şekil 5.13. Design expert verim için tahmin edilen ve gerçek değerler grafiği

Sonuçlara bağlı grafiksel modeller tenör için Şekil 5.14, verim için 5.15'te gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Tenörün dozaj ve zamana bağlı değişimini gösteren grafiksel model



Şekil 5.15. Verimin dozaj ve zamana bağlı değişimini gösteren grafiksel model

Deneyin tahmin gücü oldukça yüksektir. Tahmin edilen değerler ve elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca tenör ve verimin

grafiksel modellerine bakıldığında deneyin tahmin gücünün yüksek olduğu görülmektedir.

5.2.7. Optimizasyon Çalışmalarında Kullanılan Asitin Geri Çevrilmesi

Bir önceki çalışmada kromitin bekletilmesi gereken asit miktarı ve bekleme süresi belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı da kullanılan asitin tekrar kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Öncelikle daha önce elde edilen sonuçlara göre kalsit flotasyonu yapıldıktan sonra elde edilen atığın (kromitçe zengin) asitte bekletilmesi, tüketilen asitin azalmasını ve nihai konsantrenin tenör ve veriminin yüksek olmasını sağlamıştır. Bu nedenle bu deneylerde kullanılacak tüm numunelere(250'şer gramlık) de öncelikle koşulları Ek.3.Tablo.8'de verilen kalsit flotasyonu uygulanmıştır. Daha sonra 271,89 ml asitte 4,31 saat bekletilen kromit asit süzdürülmeden flotasyona tabi tutulmuştur. Deney koşulları ve sonuçları Ek.3.Tablo.27'de gösterilmiştir.

Kaba flotasyon aşamasından sonra asit süzdürülerek ayrılmıştır. Asitte numune bekletilmeden önce 20 ml'lik numune alınıp tüketilen asit miktarı hesaplanmak üzere ayrılmıştır.(Ayrılan asitin kodu: A1)

Aynı asitte, daha önceden kalsit flotasyonuna tabi tutulan kromit numunesi bekletilmiş ve bir önceki aşamada yapılan işlemler tekrarlanarak elde edilen konsantrenin tenör ve verimi istenilen değerlerin altında kalana kadar aynı işlemler tekrarlanmıştır. Ek.3.Tablo.28 ve Ek.3.Tablo.29'da bu deneylerin koşulları ve sonuçları belirlenmiştir. (Ayrılan asitlerin kodları: A2 ve A3) 3. aşamada bekletilen konsantreye uygulanan flotasyon sonrası herhangi bir flotasyon gözlemlenmemiştir.

Ayrılan asitlerin konsantrasyonları su eklenerek değiştiğinden tüketilen asit miktarı molarite üzerinden hesaplanmıştır. Asitin molaritesinin hesaplanabilmesi için titrasyon ile her bir asit çözeltisindeki asit miktarı belirlenmiştir. Bu yöntem aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

A1, A2 ve A3 kodu ile ayrılan asitler 50 ml'ye tamamlanarak birkaç damla fenolftalein eklenmiştir. Asitlerden alınan örnekler Şekil 5.16'da gösterilmiştir.



5.16. Asit miktarı tayini için ayrılan numuneler

0,1 M olarak hazırlanan sodyumhidroksit çözeltisi damla damla eklenerek renk sarıdan pembeye döndüğü anda harcanılan sodyumhidroksit miktarları not edilmiştir. Çözeltinin ilk hali ve asit eklendikten sonraki hali Şekil 5.17’de gösterilmiştir.



Şekil 5.17. Çözeltinin sodyum hidroksit eklenmeden önceki ve sonraki hali

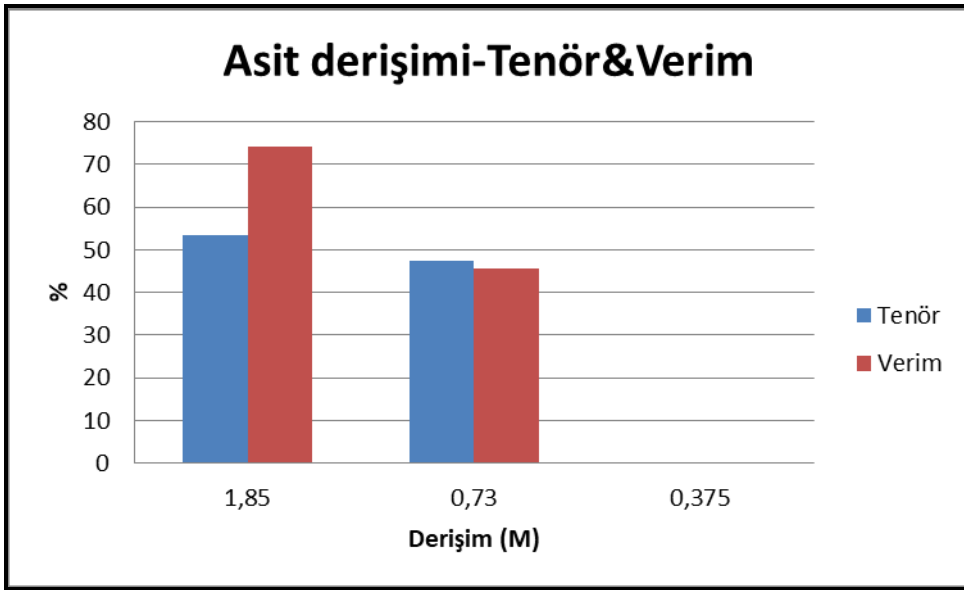
Her üç numune için aynı işlem yapıldıktan sonra kullanılan sodyum hidroksit miktarları A1 çözeltisi için 37 ml, A2 çözeltisi için 14,6 ml, A3 çözeltisi için de 7,5

ml olmuştur. Bu miktarlar asit derişimlerinin hesaplanması için aşığıdaki formülde yerine koyulmuştur ve her bir çözeltilinin asit derişimi hesaplanmıştır.

$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$ olduğundan H_2SO_4 'ün derişimi ;

$$M(H_2SO_4) = \frac{0,1M (NaOH) * V_{ml} (NaOH)}{V_{ml}(H_2SO_4) * 2} * D$$

formülünden bulunur. Burada D seyreltme faktörüdür. %2 olarak seyreltme yapıldığından 100/2 olarak alınır. Buna göre A1 için bu değer 1,86M, A2 için 0,73M, A3 için ise 0,375M olarak bulunur. Bu asitlerde bekleyen numunelere yapılan flotasyon testleri sonrasında elde edilen tenör ve verimlerin asit derişimine bağlı grafiğı Şekil 5.18'de gösterilmiştir.



Şekil 5.18. Asit derişimine bağlı tenör verim grafikleri

A1 çözeltilisinde bekletilip flotasyona tabi tutulan malzemedan elde edilen konsantrenin tenörü %53,37 iken verim %74,26'dır. A2 çözeltilisinde bekletilip flotasyona tabi tutulan malzemedan elde edilen konsantrenin tenörü ise %47,3'tür. Bu konsantre %45,57'lik bir verimle elde edilmiştir. A3 çözeltilisinde bekletilen numune hiçbir şekilde yüzmemiştir.

Kullanılan asit ilk seferde iyi bir sonuç vermiştir. İkinci kez kullanıldığında tenörde çok büyük bir değışim gözlenmezken verimde büyük bir düşüş olduğu görülmüştür.

Üçüncü sefer kullanıldığında ise hiçbir sonuç alınamamıştır. Elde edilen sonuçlara göre asitin sistemde geri dönürülerek kullanılmasının mümkün olmadığı görülmüştür.

5.2.8. Sifonlama ile Ön Zenginleştirme

Numuneler asitte bekletilirken bir süre sonra kromitin dipte, gangın da üstte kümelenildiği görülmüştür. Şekil 5.19'da bu görüntü gösterilmektedir.



Şekil 5.19. Asitte bekletilen numune

Bekletilen numunelerden herhangi bir tanesine sifonlama yapılarak elde edilen konsantre ve atığın kromit yüzdeleri ölçülmüştür. Çizelge 5.4'te bu işlemin sonuçları gösterilmektedir.

Çizelge 5.4. Sifonlamadan elde edilen konsantre ve atığa ait kromit yüzdeleri

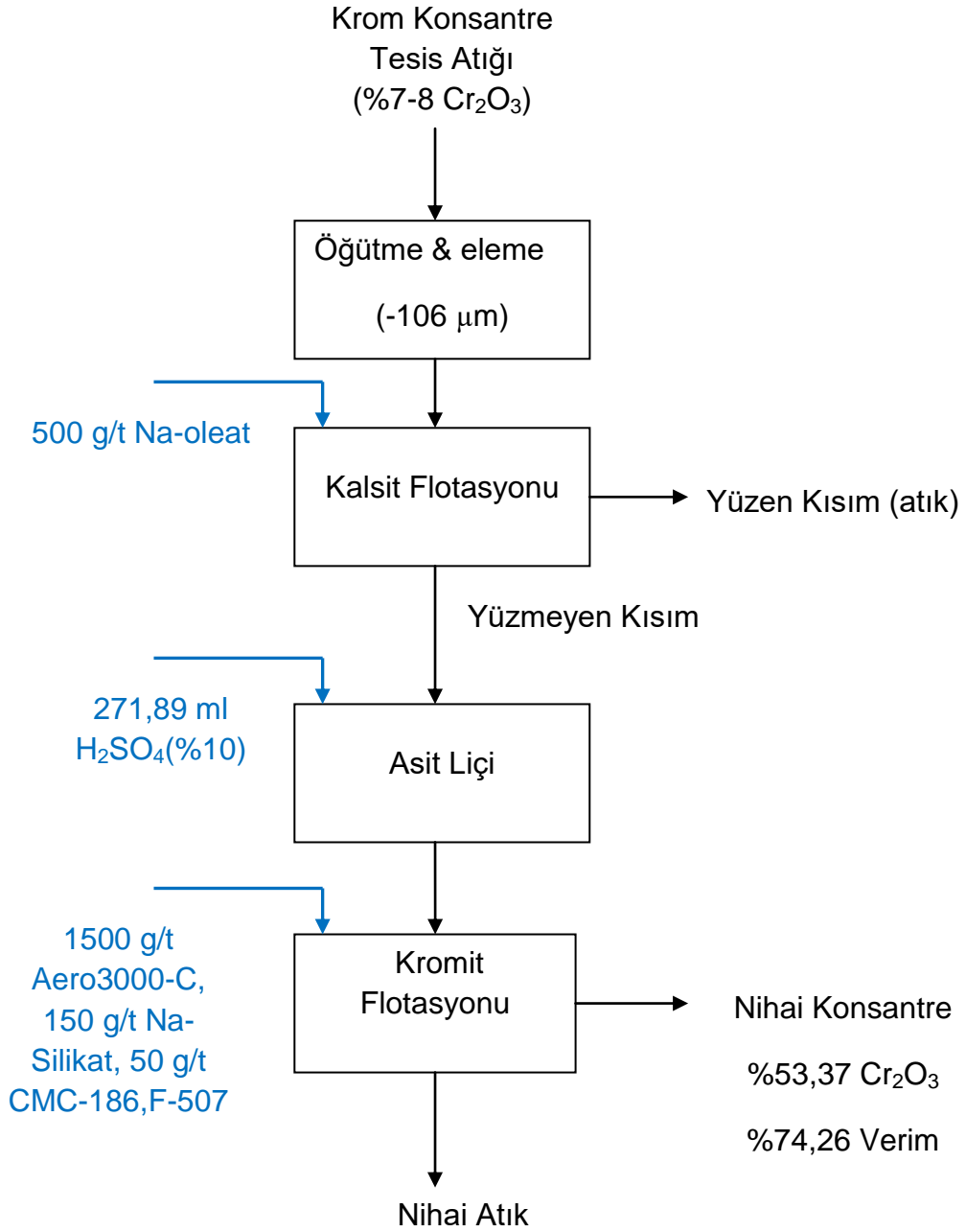
Sifonlama Yapılan Numune				
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim
Batan	186,90	8,62	16,11	79,81
Yüzen	53,00	7,69	4,08	20,19
Toplam	239,90	8,41	20,19	100,00

Sifonlama sonucu yüzen kısındaki kromit yüzdesi fazla olduğundan sifonlama yöntemi uygulaması yapılmamıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Eskiköy Krom Konsantre Tesisi atığının flotasyon ile zenginleştirilmesi üzerine yapılan deneysel çalışmaların sonuçları aşağıda sunulmuştur.

- Bilfer Eskiköy Krom Konsantre Tesisi Atığının Zenginleştirilebilmesi için öncelikle tane boyunun -106 µm altına indirilmesi gerekmektedir. Daha sonra kendi doğal pH sında 500 g/t Na-oleat ile kalsit flotasyonu uygulanmalıdır. 2 kademeli temizleme işleminden sonra elde edilen kalsit flotasyonu atığı yıkandıktan sonra %10'luk 271,89 ml sülfirik asitte (yaklaşık 200 g için) 4 saat 20 dk. bekletilmelidir. Daha sonra 1500 g/t Aero3000-C, 150 g/t Na-Silikat, 50 g/t CMC-186 eklenerek flotasyona tabi tutulmalıdır. Köpürtücü olarak da F-507 kullanılmalıdır. 2 Kademeli temizleme işleminden sonra satılabilir kromit konsantresi elde edilmektedir. Artıktan kromit kazanım yöntemi şematik olarak Şekil 6.1'de gösterilmiştir.
- Asit tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması ve asit tüketen minerallerin ne olduğu üzerine detaylı çalışmalar yapılması, bu minerallerin uzaklaştırılması için farklı yöntemlerin araştırılması önerilmektedir.
- Asit tüketen minerallerin belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonrasında da amin türü toplayıcı ile gerçekleştirilen flotasyon koşullarının optimizasyonuna yönelik çalışmaların yapılması önerilmektedir.



Şekil 6.1. Eskiköy Krom Konsantre Tesisi Atığının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi

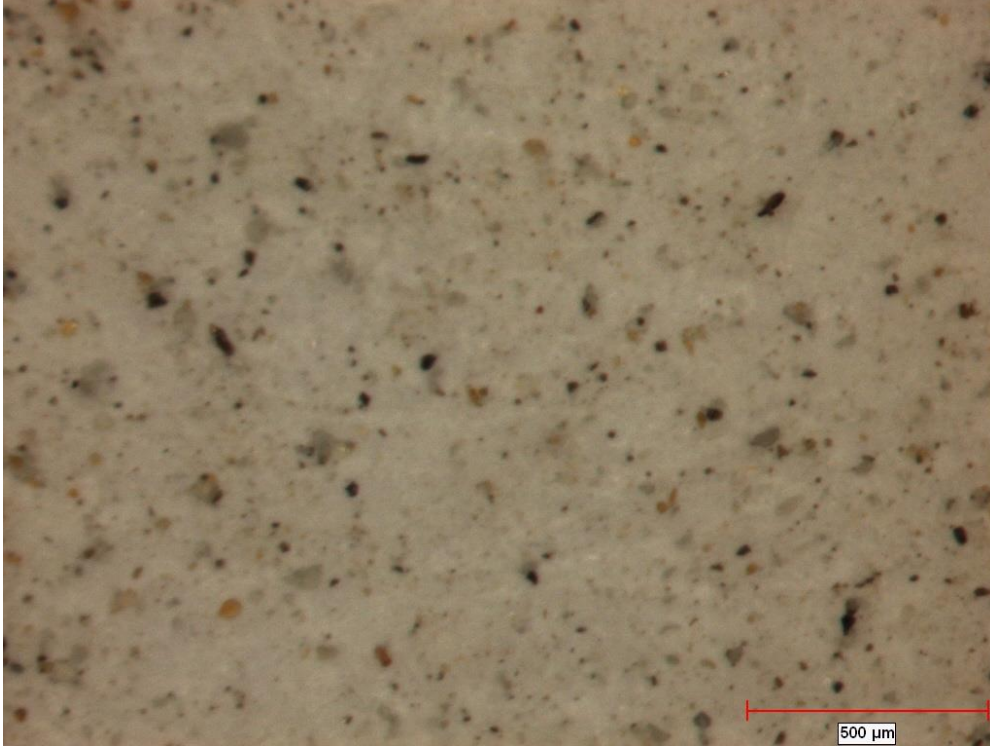
KAYNAKLAR

- [1] Çakmak, İ., *Elazığ–Guleman Yöresi Kromit Cevheri Yataklarının Analizi ve Analiz Sonuçlarına Göre Kullanım Alanlarının Araştırılması*, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, Cilt: 4, Sayı: 2, s. 20 – 24, Elazığ, **2006**.
- [2] Ağaçayak, T., *Topraktepe (Yeşildağ – Beyşehir – Konya) Kromitlerinin Zenginleştirme Yöntemlerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, **2004**.
- [3] Turgut, B., *Düşük Tenörlü Karaburhan Kromitlerinin Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, **1995**.
- [4] Kıdım, F.B., *Düşük Tenörlü Krom Cevherlerinin Zenginleştirilmesinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **2009**.
- [5] Maden Mühendisleri Odası, *Krom Raporu*, Ankara, **2005**.
- [6] DPT, *Metal Madenler (Krom)*. 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Metal Madenler Alt Komisyonu Krom Çalışma Grubu Raporu, DPT: 2626- ÖİK: 637, Ankara, **2001**.
- [7] Samanlı, S., *Kromit Tesis Atıklarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, **1998**.
- [8] Deniz, V., *Burdur-Yeşilova Yöresi Kromitlerinin Zenginleştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **1992**.
- [9] Çilingir, Y., *Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri*, 2. Baskı, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, **1996**.
- [10] Güney, A., *Etibank Üçköprü Krom Zenginleştirme Tesisi Artıklarından Küçük Boyutlu Kromitin Zenginleştirilmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **1990**.
- [11] Tefek, M., *Rutilin Flotasyon Özellikleri*, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/709e8d64a5f4726_ek.pdf
- [12] Souza, R.F., et al., *Effect of Chemical Composition on the zeta-potential of Chromite*, Minerals Engineering 36–38, 65–74, Elsevier Ltd., Amsterdam, **2012**.
- [13] Fuerstenau, M.C., Jameson, G. J., Yoon, R. H., *Froth Flotation a century of innovation*, SME Transactions, 472, Colorado, **2007**.
- [14] Atak, S., *Bazı Türk Kromitlerinin Flotasyon Özellikleri ve Kromit Cevherlerinin Flotasyonla Zenginleştirilmesi*, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Mühendislik Araştırma Grubu Proje No:540, İstanbul, **1982**.

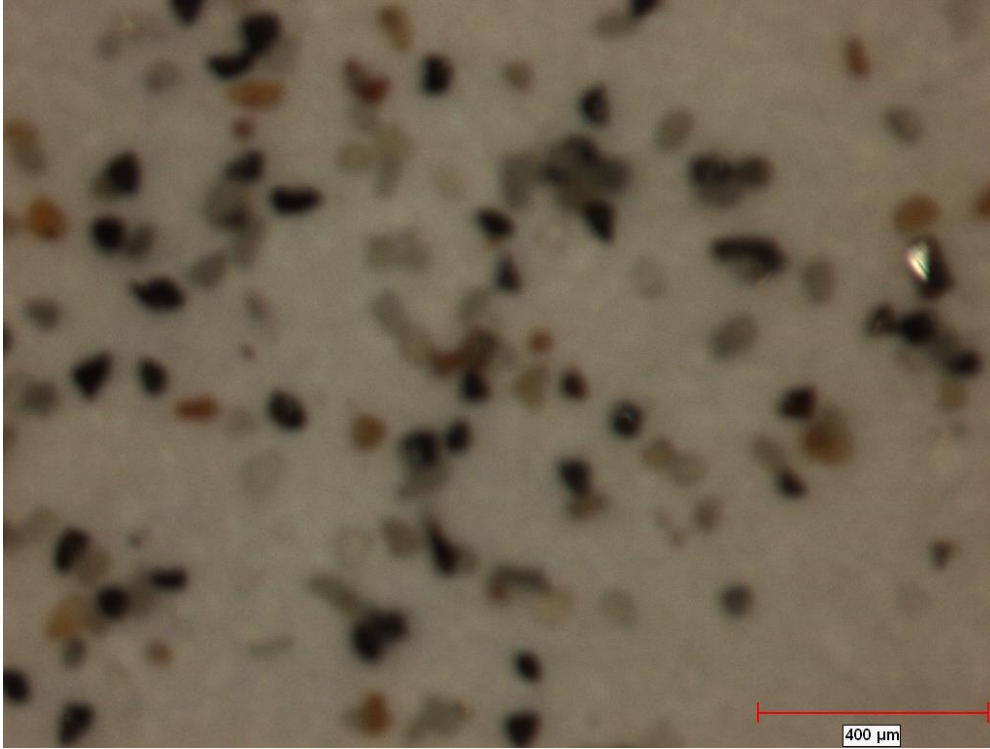
- [15] Gence, N., *Kromitin Mikroelektroforetik Davranışı ve Flotasyonu*, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt:3- Sayı :1 : 153-160, Eskişehir, **2002**.
- [16] Gence, N., *Elazığ Kafdağı Kromitlerinin Zenginleştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **1985**.
- [17] Gaudin, A. M., *Flotation*, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, **1957**.
- [18] Laskowski, J., Sobieraj, S., *Flotation of Chromite: 1- Early Research and Recent Trends; 2- Flotation of Chromite and Surface Properties of Spinel Minerals*, Inst. Min. Metall. Trans., 82 : 207-213, **1973**.
- [19] Göksaltık, S. , *Kefdağı Krom Cevheri Selektif Flotasyonu*, Doktora Tezi, Clausthal, **1956**.
- [20] Morawietz, H. J., *Ein Beitrag zur Lösung des Problems der Chromit- Flotation*, Z.Erzberg, Metallhüttenw., Vol.12, **1959**.
- [21] Sagheer, M., *Flotation Characteristics of Chromite and Serpentine*, SME Transactions, 60-67, New York, **1966**.
- [22] Maligyn, B. V., Kurochkin, M. G., Potapienko, V. E., *On the effect of water hardness on flotation behaviour of chromite and serpentine*, **1970**.
- [23] Abido, A. M., *Flouride activation in the flotation of chromite*, J. Appl. Chem., Vol. 21, London, **1971**.
- [24] Markovic, S., Ser, F., *Selective flotation of magnetite and chromite*, Trans. Instn Min. Metall., Section: C, **1967**.
- [25] Sommerlatte, H., *Zur Flotation von Chromerzen*, Z.Erzbergb. Metallhüttenw., Vol. 15, **1962**.
- [26] Ser, F., Miloshevic, M., Bulatovic, P., *Anionic flotation of chromite in an alkaline media without preliminary deslimming*, Proc. 8th Int. Mineral Process Congr., Leningrad, **1968**.
- [27] Doğan, Z. M., Bhappu, R. B., *Yayınlanmamış Rapor*, 1970.
- [28] Deju, R. A., Bhappu, R. B., *Surface Properties of Silicate Minerals*, New Mexico State Bureau of Mines and Mineral Resources, **1965**.
- [29] Doğan, Z. M., *Olivinin Kromitten Flotasyonla Ayrışması*, Türkiye Madencilik ve Bilimsel Teknik 4. Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayınları, **1975**.
- [30] Güney, A., Önal, G., Çelik, M. S., *A new flowsheet for processing chromite fines by column flotation and the collector adsorption mechanism*, Minerals Engineering Vol. 12, No.9, pp.1041-1049, Elsevier Ltd., Amsterdam, **1999**.
- [31] Gallios, G.P., Deliyanni, E.A., Peleka, E. N., Matis, K.A., *Flotation of chromite and serpentine*, Separation and Purification Technology, 232-237, Elsevier Ltd., Amsterdam, **2007**.

- [32] Sysila, S., Laapas, H., Heiskanen, K., Ruokonen, E., *The effect of surface potential on the flotation of chromite*, Minerals Engineering Vol. 9, No.5, pp.529-525, Elsevier Ltd., Amsterdam, **1996**.
- [33] Ekmekçi, Z., *Bilfer Madencilik ve Turizm A.Ş. Krom Atıklarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi*, Yayınlanmamış Rapor, Ankara, **2012**. gösterilmiştir.
- [34] Andrews, P.R., *Anionic activation in the flotation of chromite from low-grade ore*, CIM Bulletin, Vol.83, No.938, Montreal, **1990**.

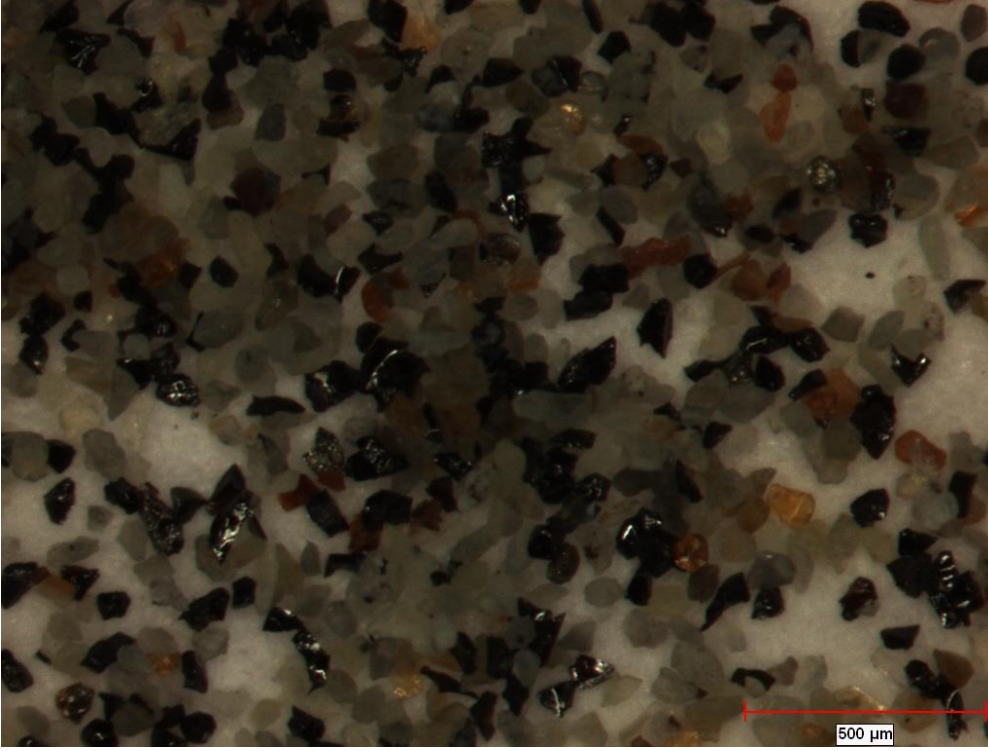
EK.2. SERBESTLEŞME ANALİZ FOTOĐRAFLARI



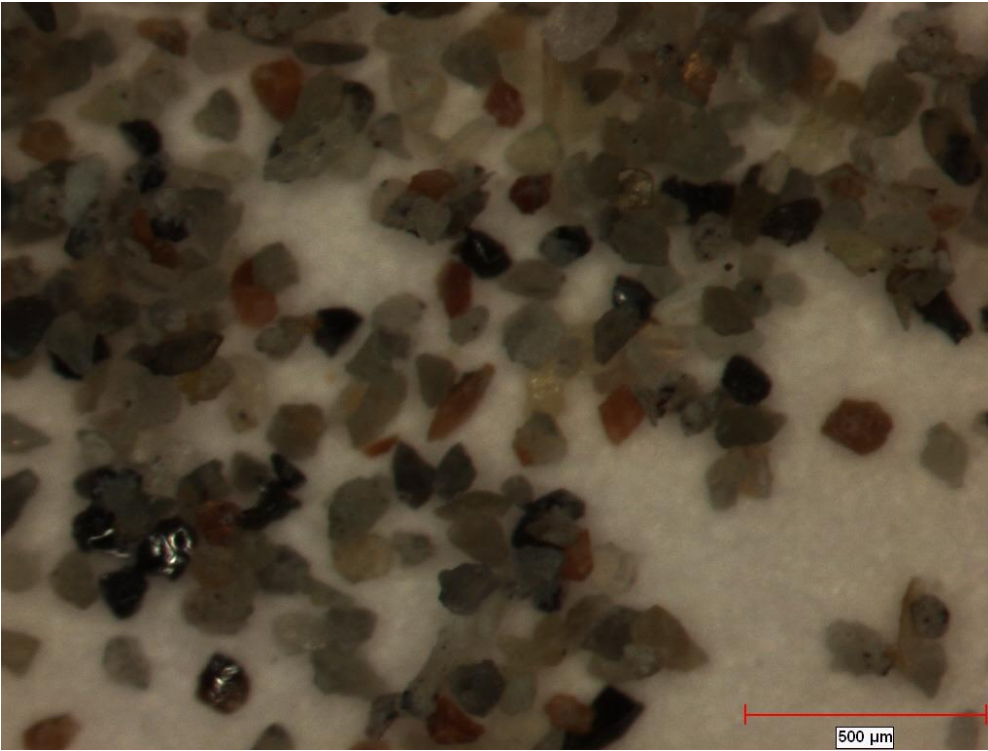
EK.2.Şekil 1. -38 μm tane boyutuna ait streomikroskop g3r3nt3s3



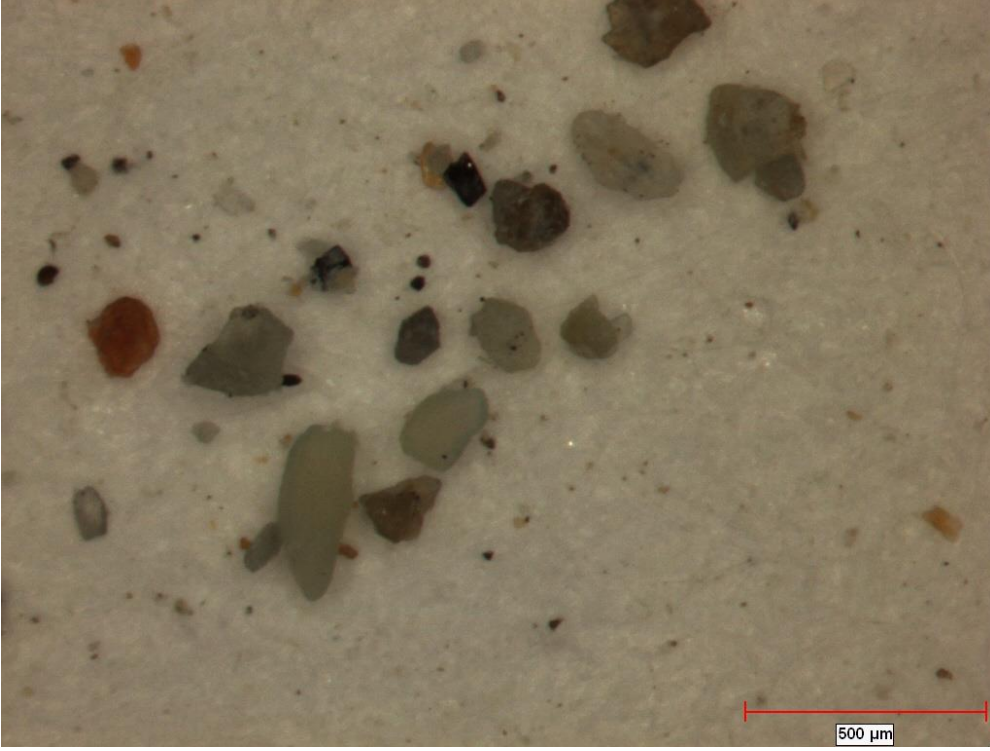
EK.2.Şekil.2. -53+38 μm tane boyutuna ait streomikroskop g3r3nt3s3



EK.2.Şekil.3.-75+53 μm tane boyutuna ait streomikroskop görüntüsü



EK.2.Şekil.4.-106+75 μm tane boyutuna ait streomikroskop görüntüsü



EK.2.Şekil.5.-150+106 µm tane boyutuna ait streomikroskop görüntüsü

EK 3.Tablo.1 : OLEAT KULLANARAK BAZİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 1				Besleme	500gr		Hücre	2lt	Hız,rpm	1220		
Öğütme	20			dk	50	P80	-106	Amaç:					
Not:													
Conditions											Zaman (dak)		
	Na-silikat	Na-Oleate	Aero-704 (fatty acid)	NaOH				Koşullandırma	Flot	pH	Eh		
Öğütme													
Condition	2000 g/t	1000 g/t							15	5	9,3		
Cond.(Aerate)													
Condition													
C1										2			
C2													
C3													
Condition													
C4													
ESK 1													
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim									
Rougher Atık	272	8,03	21,84	54,30									
Cleaner 1 Atık	126,5	8,39	10,61	26,39									
Cleaner 2 Atık	39	10,53	4,11	10,21									
Cl.2Konsantre	37	9,9	3,66	9,11									
TOPLAM	474,5		40,22										
	Besleme Krom Yüzdesi	8,48											

EK 3.Tablo.2 : YAĞ ASİTİ KULLANARAK BAZİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 2				Besleme	500 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1600	
Öğütme	20			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:				
Not:													
Conditions											Zaman (dak)		
	Na-silikat	Na-Oleate	Aero-704 (fatty acid)	NaOH						Koşullandırma	Flot	pH	Eh
Öğütme												9,4	
Condition	1600 g/t		1200 g/t	%10'luk						5	3	11	
Condition(Aerate)													
Condition													
C1											2		
ESK2													
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim									
Rougher Atık	177	7,56	13,38	40,56									
Cleaner 1 Atık	118	8,09	9,55	28,94									
Claner 2 Atık	56,5	10,55	5,96	18,07									
Cleaner 2 Konsantre	25	16,4	4,10	12,43									
TOPLAM	376,5		32,99										
	Besleme												
	Krom	8,76											
	Yüzdesi												

EK 3.Tablo.3 : AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 3 (Şlam atılmadan)				Besleme	500 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1600	
Öğütme	20			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:				
Not:													
Conditions											Zaman (dak)		
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4(%10)						Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme													
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	5µl	300 ml						10+5		2,8
Condition(Aerate)													
Condition													
C1												2	
ESK3													
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim									
Rougher Atık	424,4	9,53	40,45	94,75									
Cleaner 1 Atık	22,4	8,42	1,89	4,42									
Cleaner 1 Konsantre	16,4	2,12	0,35	0,81									
			0,00										
TOPLAM	463,2	9,22	42,69										
	Besleme Krom Yüzdesi	9,22											

EK3.Tablo.4 :ASİT LİÇİNDEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 4 (önceden asitle liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız, rpm	1600
Öğütme	20			dk	40	%katı	P80	: -106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC18 6	Aeromine- 3000C	F-507	H2SO4 (%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme											8,3	
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl	5 ml						2,8	
Condition(Aerate)												
Condition											6,5	
C1				2,5 µl							2,8	
ESK4												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	92,9	3,77	3,50	24,51								
Cleaner 1 Atık	52,4	3,95	2,07	14,49								
Cleaner 2 Atık	0	0	0,00	0,00								
Cleaner 2 Konsantre	22,8	49,42	11,27	78,86								
TOPLAM	168,1	8,5	14,29									
	Besleme Krom Yüzdesi			8,50								

EK 3.Tablo.5: 24 SAAT 2000 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 5 (önceden asitle liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	1,4
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	2,2
AÇIKLAMA: 2000 ml asit ile(%10'luk) 250 g. Numune 1 gün bekletildi												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	158,6	3,13	4,96	22,67								
Cleaner 1 Atık	7,8	21,24	1,66	7,57								
Claner 1 Kons.	28,6	53,41	15,28	69,76								
TOPLAM	195		21,90									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	11,23								

EK3.Tablo.6 : 24 SAAT 1400 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 6 (önceden asitle liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80: -106 µm	Amaç:				
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	1,85
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	2,2
AÇIKLAMA: Bir önceki deneyden kalan yaklaşık 1400 ml asit ile Numune 1 gün bekletildi												
ESK6												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	157	6,79	10,66	60,26								
Cleaner 1 Atık	16,7	19,98	3,34	18,86								
Claner 1 Kons.	7,3	50,59	3,69	20,88								
TOPLAM	181		17,69									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	9,77								

EK 3.Tablo.7 : 24 SAAT 800 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 7 (önceden asitle liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	3,8
Condition(Aerate)					20 ml							2,3
Condition												3,05
C1				2,5 µl	10 ml						3	2,5
AÇIKLAMA: Bir önceki deneyden kalan yaklaşık 800 ml asit ile Numune 1 gün bekletildi												
ESK7												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	193,5	7,44	14,40	88,22								
Cleaner 1 Atık	20,9	8,22	1,72	10,53								
Claner 1 Kons.	3,6	5,7	0,21	1,26								
TOPLAM	218		16,32									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	7,49								

EK3.Tablo.8 : KALSİT FLOTASYONU KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 8 (Kalsit Flotasyonu)				Besleme	250 g.			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400	
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:				
Not:													
Conditions											Zaman (dak)		
	Na-oleate	Çam yağı	NaOH								Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme													
Condition	250 g/t	50 g/t	0								10	3	9,5
Condition(Aerate)													
Condition													
C1	250 g/t										10	3	
C2	125 g/t										10	3	
C3	125 g/t										10	3	
C4	125 g/t										10	3	
Kalsit flotasyonu uygulandı. Sebebi XRD'de kalsitin liçten sonra görülmemesidir.													
ESK8 (Kalsit Flotasyonu)													
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim									
C1 kons	9,2	5,3	0,49	2,78									
C2 kons	9,7	6,19	0,60	3,42									
C3 kons	13,7	7,15	0,98	5,59									
C4 kons	9,4	6,59	0,62	3,53									
Atık	177	8,39	14,85	84,68									
TOPLAM	219	8,01	17,54	100,00									

EK3.Tablo.9 : 1 SAAT 1000 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 9 (1 saat liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Not:												
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4(%10)					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	2,23
Condition(Aerate)												
Condition												2,9
C1				2,5 µl	2 ml						3	2,72
1000 ml asit çözeltisinde 1 saat bekletildi.												
ESK9												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	174,49	11,76	20,52	90,50								
Cleaner 1 Atık	15,3	13,58	2,08	9,16								
Claner 1 Kons.	1,1	6,85	0,08	0,33								
TOPLAM	190,89		22,67									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	11,88								

EK 3.Tablo.10 : 2 SAAT 1000 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 10(2 saat liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Not:												
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4(%10)					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl	30 ml					10	3	2,79
Condition(Aerate)												2,6
Condition												3,35
C1				2,5 µl	10 ml						3	2,61
1000 ml asit çözeltisinde 2 saat bekletildi.												
ESK10												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	184,53	12,51	23,08	96,96								
Cleaner 1 Atık	10,2	7,09	0,72	3,04								
Cleaner 1 Kons.	0,2	0,00	0,00	0,00								
TOPLAM	194,93		23,81									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	12,21								

EK 3.Tablo.11 : 4 SAAT 1000 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 11(4 saat liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4(%10)					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	1,93
Condition(Aerate)												
Condition												2,8
C1				2,5 µl	2 ml						3	2,62
1000 ml asit çözeltisinde 4 saat bekletildi.												
ESK11												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	161,07	10,39	16,74	74,29								
Cleaner 1 Atık	6,2	20,55	1,27	5,66								
Claner 1 Kons.	9,2	49,09	4,52	20,05								
TOPLAM	176,47		22,53									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	12,76								

EK.3.Tablo.12 : 6 SAAT 1000 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 12(6 saat liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions										Zaman (dak)		
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	2,2
Condition(Aerate)												
Condition												2,84
C1				2,5 µl	10 ml						3	2,6
1000 ml asit çözeltisinde 6 saat bekletildi.												
ESK12												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	200	10,9	21,80	87,92								
Cleaner 1 Atık	9,3	3,92	0,36	1,47								
Claner 1 Kons.	5,1	51,57	2,63	10,61								
TOPLAM	214,4		24,79									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	11,56								

EK 3.Tablo.13 : 8 SAAT 1000 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 13(8 saat liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	2,05
Condition(Aerate)												
Condition												2,75
C1				2,5 µl							3	2,75
1000 ml asit çözeltisinde 8 saat bekletildi.												
ESK13												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	182	2,96	5,39	29,43								
Cleaner 1 Atık	6	18,27	1,10	5,99								
Claner 1 Kons.	22	53,74	11,82	64,58								
TOPLAM	210		18,31									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	8,72								

EK3.Tablo.14 : 24 SAAT 1000 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 14 (24 saat liç edilmiş)				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						10	3	1,4
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	2,2
1000 ml asit çözeltisinde 24 saat bekletildi.												
ESK14												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	158,6	3,13	4,96	22,67								
Cleaner 1 Atık	7,8	21,24	1,66	7,57								
Claner 1 Kons.	28,6	53,41	15,28	69,76								
TOPLAM	195		21,90									
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Analiz)	7,70								
	Besleme Krom											
	Yüzdesi		(Hesaplanan)	11,23								

EK3.Tablo.15 : 24 SAAT Na₂SO₄ İLE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 15				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A-3000C	F-507	H2SO4(%10)					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl							3	0,3
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	1,75
C2												
Kalsit flotasyonundan sonra 24 saat Na₂SO₄ ile bekletildi. Yüzmedi. Daha sonra 1 gece 150 ml asitte de bekletildi ve flotasyon yapıldı.												

ESK15(Kalsit Flotasyonu)				
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim
C1 kons	22,4	8,42	1,89	18,60
C2 kons	4,5	6,57	0,30	2,92
Atık	73	10,9	7,96	78,48
TOPLAM	99,9	10,15	10,14	100,00
ESK15(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)				
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim
Rougher Atık	65,8	10,43	6,86	67,64
Cleaner 1 Atık	6,1	15	0,92	9,02
Claner 1 Kons.	1,1	16,79	0,18	1,82
TOPLAM	73	10,90771233	7,96	78,48

EK3.Tablo.16 : DESIGN EXPERT SONUÇLARINA GÖRE UYGULANACAK FLOTASYON KOŞULLARI

TEST	ESK 16				Besleme	200 gr			Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Not:												
Conditions										Zaman (dak)		
	Na-silikat	CMC186	Aeromine-3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl								
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl								
C2												
C3												
Condition												
C4												

EK3.Tablo.17: 4 SAAT 50 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 17				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	0,55	
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl						3	0,85	
Kalsit flotasyonundan sonra 50 ml asitte 4 saat bekletildi.												
ESK17(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	5,9	6,36	0,38	1,84								
C2 kons	5,1	5,51	0,28	1,38								
Atık	211,8	9,32	19,74	96,78								
TOPLAM	222,8	9,15	20,40	100,00								
ESK17(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	201	9,11	18,31	89,70								
Cleaner 1 Atık	10,4	13,9	1,45	7,08								
Claner 1 Kons.	0,4	0	0,00	0,00								
TOPLAM	211,8	9,33	19,76	96,78								

EK.3.Tablo.18 : 8 SAAT 50 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK18				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl							3	1,22
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	2,41
Kalsit flotasyonundan sonra 50 ml asitte 8 saat bekletildi.												
ESK18 (Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	4,3	6,07	0,26	1,31								
C2 kons	6,1	5,51	0,34	1,68								
Atık	201,5	9,62	19,38	97,01								
TOPLAM	211,9	9,43	19,98	100								
ESK18(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	196,5	9,61	18,88	94,46								
Cleaner 1 Atık	5	10,2	0,51	2,55								
Claner 1 Kons.	0	0	0,00	0,00								
TOPLAM	201,5	9,62	19,39	97,01								

EK.3.Tablo.19 : 24 SAAT 50 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 19				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl							3	0,15
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	0,41
Kalsit flotasyonundan sonra 50 ml asitte 24 saat bekletildi.												
ESK19(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	3,7	5,98	0,22	1,60								
C2 kons	5,8	6,16	0,36	2,59								
Atık	201,6	6,56	13,22	95,81								
TOPLAM	211,1	6,54	13,80	100,00								
ESK19(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	192,5	6,24	12,01	86,96								
Cleaner 1 Atık	8,6	14,21	1,22	8,85								
Claner 1 Kons.	0,5	0	0,00	0,00								
TOPLAM	201,6	6,56	13,23	95,81								

EK.3.Tablo.20: 4 SAAT 150 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 20				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions										Zaman (dak)		
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl							3	0,5
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	0,9
Kalsit flotasyonundan sonra 150 ml asitte 4 saat bekletildi.												
ESK20(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	3	6,4	0,19	1,18								
C2 kons	3,8	6,02	0,23	1,41								
Atık	191,4	8,25	15,79	97,40								
TOPLAM	198,2	8,18	16,21	100,00								
ESK20(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	167,8	4,32	7,25	44,73								
Cleaner 1 Atık	7,6	12,71	0,97	5,96								
Claner 1 Kons.	16	47,32	7,57	46,72								
TOPLAM	191,4	8,25	15,79	97,40								

EK.3.Tablo.21 : 8 SAAT 150 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK21				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma		Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl							3	0
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl							3	0
Kalsit flotasyonundan sonra 150 ml asitte 8 saat bekletildi.												
ESK21(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	3,5	6,2	0,22	1,23								
C2 kons	6,2	6,32	0,39	2,23								
Atık	221,5	7,66	16,97	96,54								
TOPLAM	231,2	7,60	17,58	100,00								
ESK21(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	194,5	2,83	5,50	31,31								
Cleaner 1 Atık	7,3	16,13	1,18	6,70								
Claner 1 Kons.	19,7	52,23	10,29	58,53								
TOPLAM	221,5	7,66	16,97	96,54								

EK.3.Tablo.22: 24 SAAT 150 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 22				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	0	
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl						3	0	
Kalsit flotasyonundan sonra 150 ml asitte 24 saat bekletildi.												
ESK22(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	3,5	5,67	0,20	1,11								
C2 kons	4,9	5,26	0,26	1,45								
Atık	188,3	9,22	17,36	97,44								
TOPLAM	196,7	9,06	17,82	100,00								
ESK22(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	159,6	3,58	5,71	32,07								
Cleaner 1 Atık	6,7	12	0,80	4,51								
Claner 1 Kons.	22	49,29	10,84	60,86								
TOPLAM	188,3	9,22	17,36	97,44								

EK.3.Tablo.23: 4 SAAT 300 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK 23				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80: -106 µm	Amaç:				
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	0	
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl						3	0	
Kalsit flotasyonundan sonra 300 ml asitte 4 saat bekletildi.												
ESK23(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	2,9	5,94	0,17	1,13								
C2 kons	4,7	6,13	0,29	1,89								
Atık	190,4	8,93	17,00	111,62								
TOPLAM	198	8,82	17,46	114,64								
ESK23(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	157,3	3,11	4,89	32,13								
Cleaner 1 Atık	9,1	8,92	0,81	5,33								
Claner 1 Kons.	24	47,08	11,30	74,21								
TOPLAM	190,4	8,93	17,00	111,67								

EK 3.Tablo.24 : 8 SAAT 300 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANILARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK24				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80: -106 µm	Amaç:				
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	0	
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl						3	0	
Kalsit flotasyonundan sonra 300 ml asitte 8 saat bekletildi.												
ESK24(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	3,3	5,91	0,20	1,28								
C2 kons	5,4	5,82	0,31	2,06								
Atık	165,8	8,88	14,72	96,66								
TOPLAM	174,5	8,73	15,23	100,00								
ESK24(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	137,2	1,04	1,43	9,37								
Cleaner 1 Atık	5,4	19,05	1,03	6,76								
Claner 1 Kons.	23,2	52,85	12,26	80,53								
TOPLAM	165,8	8,88	14,72	96,66								

EK.3.Tablo.25 : 24 SAAT 300 ML ASİTTE BEKLETİLDİKTEN SONRA AMİN KULLANARAK ASİDİK ORTAMDA YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK25				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80: -106 µm	Amaç:				
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	0	
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl						3	0	
Kalsit flotasyonundan sonra 300 ml asitte 24 saat bekletildi.												
ESK25(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	2	5,69	0,11	0,66								
C2 kons	4,6	5,71	0,26	1,52								
Atık	181	9,34	16,91	97,82								
TOPLAM	187,6	9,21	17,28	100,00								
ESK25(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	147,2	1,41	2,08	12,01								
Cleaner 1 Atık	6,8	12,08	0,82	4,75								
Claner 1 Kons.	27	51,89	14,01	81,06								
TOPLAM	181	9,34	16,91	97,82								

EK.3.Tablo.26 : DESIGN EXPERT'TE ELDE EDİLEN SONUCA GÖRE UYGULANAN FLOTASYONUN KOŞULLARI VE SONUÇLARI

TEST	ESK26				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	0	
Condition(Aerate)												
Condition												
C1				2,5 µl						3	0	
Kalsit flotasyonundan sonra 271,89 ml asitte asitte 4 saat 20 dk. bekletildi ve sonra flotasyon uygulandı.												
ESK26(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	4,1	5,28	0,22	1,50								
C2 kons	4,2	5	0,21	1,46								
Atık	161,9	8,64	13,99	97,04								
TOPLAM	170,2	8,47	14,41	100,00								
ESK26(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	139,1	1,69	2,35	16,36								
Cleaner 1 Atık	2,8	32,97	0,92	6,42								
Claner 1 Kons.	20	53,37	10,67	74,26								
TOPLAM	161,9	8,62	13,95	97,04								

EK.3.Tablo.27 : ASİT TÜKETİM TESTİ İÇİN YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI -1

TEST	ESK 27				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	0	
Condition												
C1				2,5 µl						3	0	
Kalsit flotasyonundan sonra 271,89 ml asitte asitte 4 saat 20 dk. bekletildi.Asit süzdürülmeden flotasyona tabi tutuldu rougher aşamasından sonra süzülen asit bir sonraki deneyde kullanılmak için ayrıldı. (A1)												
ESK27(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	4,1	5,28	0,22	1,50								
C2 kons	4,2	5	0,21	1,46								
Atık	161,9	8,64	13,99	97,04								
TOPLAM	170,2	8,47	14,41	100,00								
ESK27(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	139,1	1,69	2,35	16,36								
Cleaner 1 Atık	2,8	32,97	0,92	6,42								
Claner 1 Kons.	20	53,37	10,67	74,26								
TOPLAM	161,9	8,62	13,95	97,04								

EK.3.Tablo.28 : ASİT TÜKETİM TESTİ İÇİN YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI -2

TEST	ESK28				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)					Koşullandırma	Flot	pH
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl							3	0
Condition(Aerate)												
C1				2,5 µl							3	0
Kalsit flotasyonundan sonra bir önceki deneyden kalan asitte 4 saat 20 dk. bekletildi.Asit süzdürülmeden flotasyona tabi tutuldu rougher aşamasından sonra süzülen asit bir sonraki deneyde kullanılmak için ayrıldı. (A2)												
ESK28(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	6,6	5,9	0,39	1,67								
C2 kons	7,9	5,89	0,47	2,00								
Atık	206,3	10,86	22,40	96,33								
TOPLAM	220,8	10,53	23,26	100,00								
ESK28(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	173	6,16	10,66	45,83								
Cleaner 1 Atık	10,9	10,51	1,15	4,93								
Claner 1 Kons.	22,4	47,3	10,60	45,57								
TOPLAM	206,3	10,86	22,40	96,33								

EK.3.Tablo.29 : ASİT TÜKETİM TESTİ İÇİN YAPILAN FLOTASYON KOŞULLARI VE SONUÇLARI -3

TEST	ESK29				Besleme				Hücre	2lt	Hız,rpm	1400
Öğütme	10			dk	40	%katı	P80:	-106 µm	Amaç:			
Conditions											Zaman (dak)	
	Na-silikat	CMC186	A3000C	F-507	H2SO4(%10)				Koşullandırma	Flot	pH	
Öğütme												
Condition	150 g/t	50 g/t	1500 g/t	2,5 µl						3	2,62	
Condition(Aerate)												
C1				2,5 µl						3	2,75	
Kalsit flotasyonundan sonra bir önceki deneyden kalan asitte 4 saat 20 dk. bekletildi. (A3)												
ESK29(Kalsit Flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
C1 kons	5,9	5,31	0,31	2,07								
C2 kons	7,6	6,5	0,49	3,26								
Atık	192,1	7,47	14,35	94,67								
TOPLAM	205,6	7,37	15,16	100,00								
ESK29(Kalsitten sonra kromit flotasyonu)												
	Ağırlık(g)	%Cr2O3	Cr2O3(g)	%Verim								
Rougher Atık	176,6	7,04	12,43	82,04								
Cleaner 1 Atık	15,4	12,43	1,91	12,63								
Claner 1 Kons.	0,1	0	0,00	0,00								
TOPLAM	192,1	7,47	14,35	94,67								

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Merve Aratoğlu
Dođum Yeri : Ankara
Medeni Hali : Evli
E-Posta : aratoglumerve@gmail.com
Adresi : aydeđirmeni Beldesi 3.Etap Toki Konutları B11 Blok No: 4
Devrek/ZONGULDAK

Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : İleri Seviye
Almanca : Orta Seviye
Fransızca : Başlangıç

İş Deneyimi

- Çamur ve Sır Hazırlama Uzman Yardımcısı (anakılar Seramik A.Ş. Nisan 2017-Halen)
- Maden Mühendisi (Bilfer Madencilik ve Turizm A.Ş.Eylül 2013- Eylül 2015)

Deneyim Alanları

Cevher Hazırlama

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliđ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 14/08/2017

Tez Başlığı / Konusu: **Bilfer Eskiköy Krom Konsantre Tesisi Atıklarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi**

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 107 sayfalık kısmına ilişkin, 12/08/2017 tarihinde ~~çalışmam~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %9 'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı: Merve ARATOĞLU
Öğrenci No: N13120344
Anabilim Dalı: Maden Mühendisliği
Programı:
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

Tarih ve İmza

14.08.2017

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ

(Unvan, Ad Soyad, İmza)