

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KAYSERİ-YAHYALI BÖLGESİ
KROMİT CEVHERİ ÖZELLİKLERİ VE
YEŞİLKÖY KROM KONSANTRE TESİSİ
İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

YUSUF ÖZKAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç.Dr. Öner Yusuf TORAMAN

Kasım 2013

Yusuf Özkan tarafından Doç. Dr. Öner Yusuf Toraman danışmanlığında hazırlanan “Kayseri-Yahyalı Bölgesi Kromit Cevheri Özellikleri ve Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi İyileştirme Çalışmaları” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

BAŞKAN : Doç. Dr. Öner Yusuf TORAMAN/NİĞDE ÜNİVERSİTESİ

ÜYE : Doç. Dr. Metin UÇURUM/NİĞDE ÜNİVERSİTESİ

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Necmettin ERDOĞAN/AKSARAY ÜNİVERSİTESİ

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../2013 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/....../2013 tarih ve sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

....../....../2013

Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yusuf ÖZKAN
Maden Mühendisi

ÖZET

KAYSERİ-YAHYALI BÖLGESİ KROMİT CEVHERİ ÖZELLİKLERİ VE YEŞİLKÖY KROM KONSANTRE TESİSİ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

ÖZKAN, Yusuf

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman

:Doç. Dr. Öner Yusuf TORAMAN

Kasım 2013, 52 sayfa

Bu çalışmada, stratejik öneme sahip olan krom cevherinin genel özellikleri ve bölge cevher yapısı hakkında bilgiler verilmiştir.

Tesis bazında inceleme ve numune alımları yapılmış daha sonra deneysel çalışmalara geçilmiştir.

Tesiste 250 mikron altındaki krom cevherinin alınamadığı, atığa kaçtığı belirlenmiş, elek ve sallantılı masa ilavesi yapılması sonucuna varılmıştır.

Tesiste atık, elekten geçirilerek ince boyut ayrılmış ve ilave edilen sallantılı masalara verilmiştir. Yapılan bu değişikliklerle, tesiste 9 puanlık verim artışı sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kromit, zenginleştirme tesisi, sallantılı masa, zenginleştirme

SUMMARY

KAYSERİ-YAHYALI REGION CHROMITE ORE PROPERTIES AND YEŞİLKÖY CHROME CONCENTRATE PLANT IMPROVEMENT WORKS

ÖZKAN, Yusuf

Niğde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor :Assoc. Prof. Dr. Öner Yusuf TORAMAN

November 2013, 52 pages

In this study, it has been given some information about the general properties of chrome ore which has a strategic importance and the structure of ore in region.

The examination on plant basis and taking sample has been applied and then experimental studies have been carried out.

In plant, -250 micron chrome ore has not been concentrated but it has been obtained in gangue. As a result of this, it has been concluded that sieve and shaking tables must be added to process.

In plant, gangue has been sieved, separated to fine particle size and it has been sent to shaking tables that is added to plant flow sheet. With this modification applied, 9% productivity rising has been achieved.

Key Words: Chromite, beneficiation plant, shaking table, beneficiation

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, Kayseri ili Yahyalı ilçesi Yeşilköy Köyüne kurulan Elmacı Madencilik İnş. San. Tic. A.Ş.'ye ait Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi'nde verim artışı hedeflenerek iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

İki yıl süren tesis çalışması ve numune alımından sonra analizler ışığında mikronize elek ve sallantılı masa ilavesiyle verim artışı sağlanacağı kanısına varılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam Doç. Dr. Öner Yusuf Toraman'a ve bölüm hocalarından Doç. Dr. Metin Uçurum'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam ve anneme, ayrıca hayat arkadaşım Nihal Özkan'a ithaf ediyorum

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY	vi
ÖNSÖZ	vii
BÖLÜM I	1
GENEL BİLGİLER	1
1.1 KROM CEVHERİ VE ÖZELLİKLERİ	1
1.2 KROMİT MİNERALİ VE ÖZELLİKLERİ	2
1.3 KROMİT MİNERALİ OLUŞUMU VE YATAKLANMALARI	4
1.4 DÜNYA KROM CEVHERİ YATAKLARI VE ÜRETİMLERİ	6
1.5 TÜRKİYE KROM CEVHERİ YATAKLARI VE ÜRETİMLERİ	9
1.6 TÜRKİYE KROM CEVHERİ İHRACATI	10
1.7 KROM CEVHERİ KULLANIM ALANLARI	11
1.7.1 Metalurji Sanayii	12
1.7.2 Kimya Sanayii	13
1.7.3 Refrakter Sanayii	14
1.8 KROM CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	15
1.8.1 Elle Ayıklama	15
1.8.2 Yoğunluk Farkına Dayalı (Gravite) Zenginleştirme	16
1.8.3 Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme	17
1.8.4 Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme	17
1.8.5 Flotasyon ile Zenginleştirme	17
BÖLÜM II	19
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	19
BÖLÜM III	24
İŞLETMENİN YERİ VE TANITIMI	24
3.1 Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi Üniteleri	29
3.1.1 Kırma ve Eleme Ünitesi	29
3.1.2 Öğütme Ünitesi	30
3.1.3 Sınıflandırma Ünitesi	31
3.1.4 Ön Zenginleştirme Ünitesi	32
3.1.5 Zenginleştirme Ünitesi	32

3.1.5.1 I Grup Sallantılı Masalar	32
3.1.5.2 II. Grup Sallantılı Masalar	32
3.1.5.3 III. Grup Sallantılı Masalar	32
3.1.6 Su Temin Ünitesi	34
3.1.7 Yardımcı Üniteler	34
BÖLÜM IV	35
MATERYAL VE METOD	35
4.1 Saha Çalışmaları:	35
4.2 Laboratuar Çalışmaları:	35
4.2.1 Numunelerin Hazırlanması	36
4.2.2 Kimyasal analiz	36
4.3 Büro Çalışmaları:	37
BULGULAR VE TARTIŞMA	38
SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1 Krom elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	1
Çizelge 2 Kromit mineralinin genel özellikleri	2
Çizelge 3 Başlıca Krom Cevheri Mineralleri ve Özellikleri	3
Çizelge 4 Kromit Minerali Yan taşları.....	3
Çizelge 5 Stratiform ve Podiform tipteki kromit yataklarının çeşitli açılardan karşılaştırılması	6
Çizelge 6 Dünya krom madeni rezervleri.....	7
Çizelge 7 Dünya Krom Madeni Üretimi, İhracatı ve İthalatı	8
Çizelge 8 2003-2009 yılları arasındaki Türkiye krom üretimleri	10
Çizelge 9 Türkiye'nin Krom İhracatı Yaptığı Ülkeler ve Miktarı.....	11
Çizelge 10 Kullanım alanlarına göre Dünya kromit tüketimi.....	11
Çizelge 11 Krom cevherinin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması.....	12
Çizelge 12 Krom cevherinin kullanım alanlarına göre yataklanma tipleri ve kullanım oranları.....	14
Çizelge 13 Değirmenlerin genel özellikleri.....	30
Çizelge 14 Sallantılı masaların özellikleri.....	33
Çizelge 15 Deneylere Esas Olan Numunenin Tam Kimyasal Analizi.....	38
Çizelge 16 Besleme malı elek analizi.....	39
Çizelge 17 Hidrosizer 1. hücre elek analizi	39
Çizelge 18 Hidrosizer 2. hücre elek analizi	39
Çizelge 19 Hidrosizer 3. hücre elek analizi	40
Çizelge 20 Hidrosizer 4. hücre elek analizi	40
Çizelge 21 Hidrosizer 5. hücre elek analizi	40
Çizelge 22 Hidrosizer 6. hücre elek analizi	41
Çizelge 23 Atık elek analizi.....	41
Çizelge 24 Konsantre elek analizi.....	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Türkiye'nin Son Beş Yıllık Krom Cevheri İhracatı	10
Şekil 2 Boyut aralıklarına göre proses cihazları	16
Şekil 3 İnceleme alanı yer bulduru haritası	25
Şekil 4 Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi Akım Şeması	28
Şekil 5 Besleme elek analizi miktar ve tenör dağılımı	44
Şekil 6 Atık elek analizi miktar ve tenör dağılımı	45
Şekil 7 Konsantre elek analizi miktar ve boyut dağılımı.....	45

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 1 Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi.....	27
Fotoğraf 2 Öğütme devresinden bir görünüm.....	31
Fotoğraf 3 Tesiste mevcut Hidrosizer’den bir görünüm	31
Fotoğraf 4 I. grup sallantılı masalardan bir görünüm.....	33
Fotoğraf 5 Temiz su havuzlarından bir görünüm.....	34
Fotoğraf 6 Yeni eklenen masalarla birlikte III. sallantılı masa grubundan bir görünüm	43
Fotoğraf 7 IV. Sallantılı masa grubundan bir görünüm	43
Fotoğraf 8 Yapılan 500 mikroluk elek ve toplama konisi	44
Fotoğraf 9 Geri dönüşüm yapılan masalardan bir görünüm.....	45

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1 KROM CEVHERİ VE ÖZELLİKLERİ

Yerkabuğunun doğal bileşenlerinden birisi olan kromu ilk defa Fransız Kimyacı Louis Nicolas Vauquelin 1797’de Sibirya’da bulunan bir kurşun filizi içinde keşfetmiş ve renk hususundaki hassasiyetinden dolayı Yunanca renk anlamına gelen “Chroma“ adını vermiştir.

Ülkemizde ise Amerika’daki Maryland yataklarının tükenmesini takiben Amerikalı Jeolog Laurance Smith tarafından (Bursa Harmancık bölgesinde) yüksek tenörlü krom yataklarının bulunmasıyla 1850’li yıllarda krom madenciliği başlamıştır.

Krom, parlak çelik gri renginde sert bir metaldir. Kimyasal etkenlerle aşınmaz, özellikle havada oksitlenmez ve parlaklığını korur. Yüksek sıcaklıklarda oksijen ve klorda yanabilir. Hidroklorik asit içerisinde erir. Krom elementine ait özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1 Krom elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Turgut, 1994)

Parametre	Özellik
Sembol	Cr
Atom Numarası	24
Atom Ağırlığı	51,996
Atom Çapı	1,18 Å
Elastisite Modülü	19.000 kg/mm ²
Ergime Noktası	1.857 ± 20 °C
Kaynama Noktası	2.672 °C
Özgül Ağırlığı	7,18-7,20 gr/cm ³ (20 °C’de)
Özgül Isı	0.108 cal/gr

Krom doğada en çok bileşik halde bulunur. Krom yerkabuğun doğal bileşenlerinden olup 200 ppm’lik bir dağılıma sahiptir (Serter, 1998).

1.2 KROMİT MİNERALİ VE ÖZELLİKLERİ

Kromit, mineralojik olarak spinel grubuna ait bir mineral olup küp sisteminde kristalleşir. Teorik formülü FeCr_2O_4 olmakla birlikte, doğada bulunan kromit mineralinin formülü $(\text{Mg, Fe})(\text{Cr, Al, Fe})_2\text{O}_4$ olarak verilmektedir (DPT, 2001).

Parlak metal göktaşlarının başlıca bileşiği olan kromit minerali, yerkabuğunun %0,03'ünü oluşturmaktadır. Granüle, kompakt kütle ender olarak oktohedral kristal halinde bulunur. Alevde zümrüt yeşili renginde ve fosfor tozu incisi verir. Toz halinde Na_2O_3 ile eritilirse manyetik bir madde bırakır (Çetinkaya, 2004).

Kromit mineralinin genel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2 Kromit mineralinin genel özellikleri (Nadir, 1994)

Parametreler	Özellikler
Rengi	Siyaha yakın gri
Çizgi Rengi	Kahverengi
Sertliği	5,5 (Mohs'a göre)
Özgül Ağırlığı	4,1-4,9 gr/cm ³
Erime Sıcaklığı	1930 °C
Kaynama Sıcaklığı	2490 °C
Elastisite Modülü	900 kg/mm ²
Isı Kapasitesi	0,12 cal/°C
Isı İletkenliği	0,165 cal.cm/sn.
Elektrik Direnci	13,1 micro-ohm
Kırılma Şekli	Düzensiz
Kafes Sabiti	2,87 Å°
Çözünürlük	Suda ve asitte çözünmez
Diğer Özellikler	Ultra bazik kayalarda bulunurlar

Krom cevherinin ekonomik olarak üretilebilen tek minerali Kromittir. Krom cevheri mineralleri ve özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3 Başlıca Krom Cevheri Mineralleri ve Özellikleri (Deniz, 1992)

Mineral Adı	Cr ₂ O ₃ (%)	Kristal Sistemi	Renk	Çizgi Rengi	Sertlik (Mohs)	Yoğunluk (gr/cm ³)
Kromit	68	Kübik	Gri - Kahve	Koyu Kahve	5,5	4,1 - 4,9
Uvarovit	30,6	Kübik	Zümrüt Yeşili	-	7,5	3,4 - 3,5
Crocoit	30,1	Monoklinik	Sarı - Kırmızı	Turuncu	2,5 - 3	5,9 - 6,1
Daubrejite	53,1	-	-	-	-	-
Dietzeite	15,3	Monoklinik	Altın Sarısı		3 - 4	3,7
Phoeni cochroite	17,5	Ortorombik	Sarı - Kırmızı	Tuğla Kırmızısı	3	5,7
Belitle	17,3	Hexagonal	Sarı- Turuncu	-	2,5	5,5
Kemererit	-	-	Kırmızı-Pembe	-	-	-

Kromitteki yan taşların oranı %5-15 arasında değişir. Kromit cevherinin ısıya dayanıklılığı, düşük (1650 °C) ısıda eriyen yan taşlarının miktarına ve türüne bağlıdır (Kimya Sektör Araştırması, 1979).

Kromit mineralinin yantaşları Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4 Kromit Minerali Yan taşları (Deniz, 1992)

Kromit Minerali Yantaşları	Kimyasal Formülü	Sertlik (Mohs)	Yoğunluk (gr/cm ³)
Serpantin	3MgO.2SiO ₂ .2H ₂ O	3 – 4	2,6
Olivin	2(Mg,Fe)O.SiO ₂	7	3,2 – 4
Kloritler	5(Mg,Fe)O.Al ₂ O ₃ .3SiO ₂ .4H ₂ O	-	-
Feldspatlar	CaO.Al ₂ O ₃ .2SiO ₂	-	-
Proksen Diopsit	CaO.MgO.2SiO ₂	-	-
Enstatit	MgO.SiO ₂	-	-
Bronzit	(Mg,Fe)O.SiO ₂	-	-

1.3 KROMİT MİNERALİ OLUŞUMU VE YATAKLANMALARI

Kromit yatakları sadece, erken magmatik evrede fraksiyonel kristalleşme evresinde ortaya çıkarlar. Bütün kromit yatakları ofiyolit komplekslerindeki bazik ve ultra bazik kayalar içerisinde bulunurlar (Ağaçayak, 2004).

Ultra bazik ve bazik bileşimde olan magmalarda kristalleşme belli cevher minerallerinin kristalleşmesi ile başlar ve bazikten asitliğe doğru minerallerin çökmesi ile devam eder. İlk ayrılan mineraller genellikle oksitlerdir. Oksitler magmadan daha ağır olduklarından dibe çökmeye başlarlar. Çökme süresinde toplanarak cevher yığınlarını oluştururlar. Böylece, kristalleşme ile ayrılaşma sonucu tabandan hemen hemen saf cevherleşme oluşurken, yukarı kısımlarda ağır Mg-Fe silikatları daha yukarıda asidik mineraller katılır. Bu devrede peridotlar; piroksenit, anortizit ve noritlere bağlı olarak ana cevher kromit olmak üzere az miktarda platinli, nikelli mineraller ve magnetit oluşur (Ateş, 1995).

Krom yataklarının içinde bulunduğu ultra bazik-bazik kayalar toplulukları köken, jeolojik konum, mineraloji, doku, v.b. özellikleri yönüyle başlıca üç tipe ayrılırlar:

a. Bushveld (Güney Afrika), Stillwater (ABD) gibi duraylı kıtasal bölgelerde (kraton) bulunan stratiform sokulumlara bağlı krom yatakları: Büyük boyutlu, kilometrelerce devamlılık gösteren tabakalı yataklanmalardır. Yapısal olarak büyük bir karmaşıklık sergilemezler. Küçük tane boyulu, düzgün kristal şekilli, Cr/Fe oranı düşük ve yüksek demirli cevher içerirler.

b. Daha çok Alp dağoluşum kuşakları boyunca görülmeleri nedeniyle Alpin tip diye anılan ultra bazik-bazik kayalar topluluklarına (ofiyolit istifi) bağlı krom yatakları (podiform tip): Bunlar 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.

c. Üçüncü tip olarak gruplandırılan; eşmerkezli bir iç düzene sahip konsantrik ultra bazik, bazik kayalar topluluklarına bağlı krom yatakları: Bunların bugün için ekonomik önemi yoktur. Genellikle Alaska'da görülen bu tip yataklardan üretim yapılmamaktadır.

Bununla birlikte ABD'de, bu kromitlerin zenginleştirilmesi testleri ve bunların ekonomikliği konusunda çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Bu tip yataklar genellikle yüksek demirli krom cevheri içerir (Kıdıman, 2009).

Stratiform tipteki kromit yatakları Dünya'da bilinen bütün kromit yataklarının % 98'ini teşkil eder (Ancak Dünya'da üretilen kromitin yarısı podiform yarısı stratiformdur). Magmatik kompleksleri, bantlı yapıları ile çok büyük paralellik arz eder. Kromit bandı bazen kilometreler boyunca hiç eksiksiz olarak devam eder. Kromit bantları bazen sil şeklinde gözlenirler. Her bir kromit bandı birkaç mm ile bir metre kalınlığındadır ve kromit bu bantlarda masif yapıdadır. Bantlar arasında ve kromitli seviyeler dışında gabroik magmadan türeme, dunit, peridotitler ve piroksenitler yer alır (Zedef, 1995). Bu tip cevherlerde Cr_2O_3 tenörü genelde % 40'ın altındadır. Fe tenörü yüksek Al tenörü düşüktür. Cr/Fe oranları 2 civarındadır (Deniz, 1992).

Podiform tip yataklar ise Alpin orojenezinin etkisi altında kalmış kuşaklarda bulundukları için "Alpin Tipi" yataklar olarak da isimlendirilir. Tektonik hareketlere fazlasıyla maruz kalmış olduklarından mercek şeklinde küçük ve düzensiz bir şekil gösterirler, yatak boyları birkaç on metreden daha fazla olmayıp mercek, yığın ve kese şeklindedirler. Kromit kütleleri ultramafik kayalar içerisinde bulunur ve bu kayalar genellikle serpantinleşmiştirler (Zedef, 1995).

Stratiform ve Podiform tip yatakların karşılaştırılması

Stratiform ve podiform tip kromit yataklarının bazı genel özellikleri Çizelge 5’te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5 Stratiform ve Podiform tipteki kromit yataklarının çeşitli açılardan karşılaştırılması (Zedef, 1995)

Özellik	Stratiform	Podiform
Yanal Uzanım	Kilometrelerce	Birkaç on metre ile sınırlı
Morfolojik Şekil	Kalınlıkları birkaç metreye kadar olan bantlar şeklinde	Mercek, yığın ve kese şeklinde
Endüstride Kullanımı	Genellikle refrakter	Genellikle metalurjik
Rezerv	Milyonlarca ton	En fazla birkaç milyon ton, genellikle 100.000 tondan az
Cr ₂ O ₃ Tenörü	Düşük	Yüksek
Tektonizma	Ya hiç yok, yada çok az	Fazla
Kromitin Oluşum Yaşı	Prekambriyen	Prekambriyen sonrası
Dünya Üzerindeki Dağılımı	Çok sınırlı. Sadece G.Afrika, Zimbabve, Finlandiya ve Grönland’da	Ultramafik kayaların bulunduğu her yerde, Urallar, Türkiye, Yunanistan, Hindistan, Balkanlar, Pakistan

1.4 DÜNYA KROM CEVHERİ YATAKLARI VE ÜRETİMLERİ

Dünya kromit rezervlerinin büyük bir bölümü stratiform tip yataklarda bulunmaktadır. Toplam rezervin %98’i Güney Afrika, Zimbabve (Rodezya) ve Bağımsız Devletler Topluluğu’nda, geri kalan %2’si ise Türkiye’nin de içinde yer aldığı diğer ülkelerde bulunmaktadır (Turgut, 1995).

Hindistan, Çin, Almanya ve ABD gibi ülkelerin stratejik maden olarak belirleyip ihracatına kısıtlama getirdiği; ABD'nin stok yapmaya ve Avrupa ülkelerinin tasarrufa ve geri dönüşüme odaklandığı krom madeni potansiyelinin toplamda 12 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir (TÜGİAD, 2004).

Bilinen 3,6 milyar tonluk krom madeni rezervinin %90'ı Güney Afrika ve Zimbabwe'de bulunmaktadır. Sadece Zimbabwe'nin hem stratiform hem de podiform tipi yatakları varken büyük rezervlere sahip olan Güney Afrika, Kazakistan ve Hindistan, stratiform tipi yataklara sahiptir (ICDA, 2011).

Çizelge 6 Dünya krom madeni rezervleri (bin ton)
(Mineral Commodity Summaries, 2012)

Ülkeler	Rezerv	Baz Rezerv
ABD		10.000
Cezayir	6.100	6.100
Brezilya	14.000	17.000
Finlandiya	41.000	120.000
Hindistan	26.000	57.000
İran	2.400	2.400
Kazakistan	320.000	320.000
Rusya	4.000	460.000
Güney Afrika	3.000.000	5.500.000
Türkiye	8.000	20.000
Zimbabve	140.000	930.000
Diğer Ülkeler	40.000	99.000
Dünya Toplamı	3.600.000	7.600.000

Önde gelen krom madeni üreticisi ülkelerin üretim miktarları ile birlikte ihracat ve ithalat miktarları Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7 Dünya Krom Madeni Üretimi, İhracatı ve İthalatı (ton)
(Mineral Commodity Summaries, 2012)

	2007	2008	2009	2010	2011
Üretim verileri					
Dünya	2.900.000	24.100.000	19.300.000	23.700.000	24.000.000
Güney Afrika	9.646.958	9.682.640	6.865.540	10.871.095	11.000.000
Hindistan	3.320.000	3.900.000	3.760.000	3.800.000	3.800.000
Kazakistan	3.687.200	3.629.000	3.333.197	3.829.000	3.900.000
Türkiye	1.678.932	1.885.712	1.770.029	1.700.000	
Diğerleri	4.566.910	5.002.648	3.571.234	3.499.905	5.300.000
İhracat verileri					
Dünya	9.783.346	11.141.583	10.493.530	11.068.991	11.270.259
Güney Afrika	3.937.004	3.880.381	5.146.723	4.705.736	5.733.636
Hindistan	1.053.168	1.917.122	620.010	341.741	479.177
Kazakistan	1.040.242	89.915	872.548	693.603	95.540
Türkiye	1.382.075	1.816.427	1.746.386	2.257.018	2.159.841
Diğerleri	2.370.857	3.437.738	2.107.863	3.070.893	2.802.065
İthalat verileri					
Çin	6.088.451	6.837.694	6.755.698	8.657.556	9.440.899
Rusya	989.404	1.112.030	824.807	531.835	115.097
Hollanda	139.057	146.985	47.378	120.868	185.548
Japonya	180.092	145.526	100.340	116.770	103.487
Diğerleri	2.386.342	2.899.348	2.765.307	1.641.962	1.425.228

Net rakamların verildiği 2010 yılı verilerine göre dünya genelinde üretilen kromun %46’sı Güney Afrika’da, %16’sı Hindistan’da, %6’sı Kazakistan’da, %7’si Türkiye’de, kalan %15’i ise diğer ülkelerde üretilmiştir. 2010 yılında toplam 11 milyon ton krom madeni ihracatı gerçekleşmiş; Güney Afrika’nın %43, Türkiye’nin %20, Hindistan’ın

%3, Kazakistan'ın %6 olmak üzere 4 ülkenin toplam ihracattaki payı %72 olmuştur. Buna karşılık üretilen kromun %78'ini Çin, %5'ini Rusya, %1'ini Hollanda, %1'ini Japonya ve geri kalan %15'ini diğer ülkeler ithal etmişlerdir. Krom madeninin dünyada en büyük alıcısı Çin Halk Cumhuriyetidir. Çin, yıllık ortalama 8 milyon ton krom ithal etmektedir. 2010 yılı verilerine göre bunun %35'ini Güney Afrika'dan, %22'sini Türkiye'den, %10'unu Umman'dan ve geri kalan %33'ünü ise Pakistan, Hindistan, Kazakistan, İran, Filipinler ve Brezilya gibi ülkelere ithal etmektedir. Büyük krom üreticisi Güney Afrika ve Hindistan gibi ülkeler krom ihracatına kısıtlama getirmek ve vergileri yükseltmek suretiyle ferrokrom ve paslanmaz çelik üretimini geliştirmek yoluna gitmek istemektedirler. Bu durumun zaman içinde fiyatları değiştirebilecek olması dikkate alınması gereken bir konudur. Öte yandan her geçen yıl paslanmaz çelik üretiminin artması da ayrıca krom ve ferrokroma olan ihtiyacımızı artırmaktadır (Tahtakıran, 2008).

1.5 TÜRKİYE KROM CEVHERİ YATAKLARI VE ÜRETİMLERİ

Krom yataklarının içinde bulunduğu peridotit genel adıyla anılan ultra bazik kayalar Türkiye'de geniş alanlar kaplar. Peridotitler, ofiyolit topluluğuna ait kayalar olup Alp orojen kuşağı boyunca yerleşmişlerdir. Alpin tip kromit yataklarının sergiledikleri karmaşık yapı ilişkileri, doku özellikleri ve nispeten küçük boyutlu oluşları bunların belirgin özellikleridir. Alpin tip krom yataklarında kromitin Cr_2O_3 tenörü stratiform tiptekilere göre daha geniş bir aralıkta fazla değişiklik göstermemektedir. Türkiye'de krom yatakları belirgin bir dağılım göstermeksizin ultra bazik kayalar içerisinde ülke geneline yayılmış durumdadır. Türkiye'de 800 kadar tek ya da grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zuhuru bilinmektedir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001).

2003-2009 yılları arasındaki Türkiye krom üretimleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Coğrafi yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplamak mümkündür. Bunlar önem sırasına göre şöyle verilebilir:

- a) Guleman (Elazığ) yöresi
- b) Fethiye-Köyceğiz-Denizli yöresi
- c) Bursa-Kütahya-Eskişehir yöresi
- d) Mersin-Karsantı-Pınarbaşı yöresi

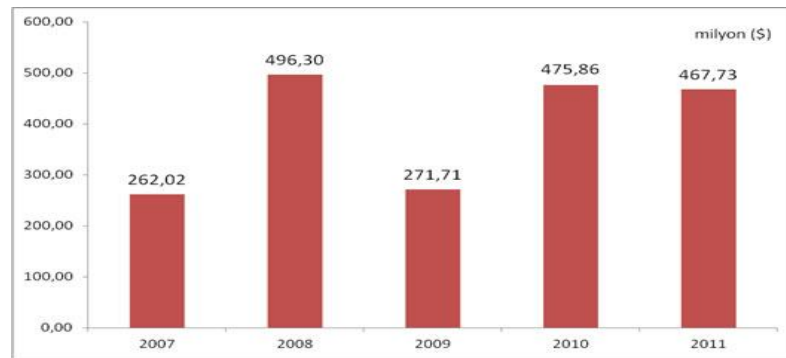
- e) Erzincan-Kopdağ yöresi
f) İskenderun-Kahramanmaraş yöresi

Çizelge 8 2003-2009 yılları arasındaki Türkiye krom üretimleri (MİGEM,2010)

Yıl	Üretim Miktarı
2003	504.803
2004	1.168.336
2005	1.620.386
2006	1.849.864
2007	3.639.752
2008	5.100.482
2009	6.240.290

1.6 TÜRKİYE KROM CEVHERİ İHRACATI

Türkiye’de krom cevheri üretimi, ferrokrom ve krom kimyasalları üretimi ağırlıklı ihracata yönelik yapılmaktadır. Bu nedenle krom madenciliği dış pazarda oluşan fiyat dalgalanmalarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Son beş yıllık krom cevheri ihracatımızı incelediğimizde de 2007 ve 2009 yıllarındaki fiyat dalgalanmasından ne kadar etkilendiğini görmek mümkündür.



Şekil 1 Türkiye’nin Son Beş Yıllık Krom Cevheri İhracatı
(Mineral Commodity Summaries)

Türkiye krom cevheri ihracatında Güney Afrika'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Son beş yıllık krom cevheri ihracatımız Şekil 1'de, Türkiye'nin krom cevheri ihracatı yaptığı ülkeler Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9 Türkiye'nin Krom İhracatı Yaptığı Ülkeler ve Miktarı (ton)

	2007	2008	2009	2010	2011
Dünya	1.382.075	1.816.427	1.746.386	2.257.018	2.159.841
Çin	1.117.549	1.064.858	1.527.522	1.946.800	1.806.744
İsveç	61.103	272.857	125.727	168.599	121.801
Rusya	133.788	386.482	44.766	42.796	82.328
Hindistan	2.520	8.930	6.066	13.225	35.925
Diğer Ülkeler	67.115	83.300	42.305	85.598	113.013

1.7 KROM CEVHERİ KULLANIM ALANLARI

Krom cevheri başlıca metalurji, kimya ve refrakter sanayi olmak üzere üç alanda tüketilmektedir. Cevher tenörü ve yabancı bileşenlerin oranı gibi teknolojik özellikler kullanım alanının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Diğer taraftan piyasada Cr_2O_3 tenörü %48'den fazla olan cevherlere birinci sınıf, %42-48 arasında olanlara ikinci sınıf ve %42'den düşük olanlara üçüncü sınıf cevher denilmektedir (Temur, 1997).

Kullanım alanlarına göre Dünya kromit tüketimlerine baktığımızda, metalurji sanayinde %94'lük bir kullanım payı görmekteyiz. Kullanım alanlarına göre Dünya kromit tüketimleri Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10 Kullanım alanlarına göre Dünya kromit tüketimi (Yıldırım, 2009)

Yıllar	Metalurji (%)	Refrakter (%)	Kimya (%)	Döküm Kumu (%)	Toplam (milyon ton)
2005	93	1	3	3	19.1
2006	92	1	4	3	19.2
2007	94	1	2	3	22.2

Krom cevherinin kullanım alanını; Cr/Fe oranı, boyutu, Cr_2O_3 miktarı, Al_2O_3 miktarı ve SiO_2 miktarı belirlemektedir. Çizelge 11’de krom cevherinin kullanım alanına göre sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 11 Krom cevherinin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması
(Endüstriyel Mineraller Envanteri, 1999)

Cevher çeşitleri	Cr_2O_3 (%)	Cr / Fe	Boyut
Metalurjik parça	34-40	(en az) 2,5/1	0-300 mm
Metalurjik parça	40 veya üstü	(en az) 2/1	0-300 mm
Metalurjik konsantre	46-48	(en az) 2,6/1	0-2 mm
Metalurjik Jig ürünü	36 ve üstü	(en az) 2,5/1	0-25 mm
Kimyasal konsantre	40 ve üstü	(en az) 1,5/1	0-2 mm
Refrakter parça	(en az) %48 Cr_2O_3 , (en çok) % 4 SiO_2		
Refrakter parça	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = \%60$ (en az), (en çok) %4 SiO_2		
Refrakter konsantre	(en az) %50 Cr_2O_3 , (en çok) %2 SiO_2		
Döküm kumu	(en az) %44 Cr_2O_3 , (en çok) %4 SiO_2 , (ençok) %26 Fe_2O_3 , (en çok) %0,5 CaO		

1.7.1 Metalurji Sanayii

Metalurji sanayi, krom cevherinin en fazla kullanıldığı yerdir. Fiziki özellik bakımından cevherin sert, parça cevherler olması tercih edilirse de, konsantre krom tozları da kullanılabilir (Samanlı, 1998).

Metalurji sanayinde krom cevherinin en önemli kullanım alanı paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferrokrom üretimidir. Ferrokrom ise paslanmaz çelik, metal ve

silah sanayinin çok önemli bir maddesidir. Krom; çeliğe sertlik ile kırılma ve darbelere karşı direnç verir, aşınma ve oksitlenmeye karşı koruma sağlar (DPT, 2001).

Metalurji sanayinde %46-55 Cr_2O_3 ihtiva eden cevherler kullanılmaktadır. Bu cevherlere hem podiform hemde stratiform tip yataklanmalarda rastlamak mümkündür. Çizelge 12’de verilen yataklanma tipleri ve kullanım alanlarına baktığımızda kullanım payını %80 olarak görmekteyiz.

1.7.2 Kimya Sanayii

Krom kimyasalları paslanmayı önleyici özellikleri nedeniyle uçak ve gemi sanayinde yaygın olarak; kimya endüstrisinde de sodyum bikromat, kromik asit ve boya hammaddesi yapımında kullanılmaktadır. Krom kimyasalları; metal kaplama, deri tabaklama, boya maddeleri (pigment), seramikler, parlatıcı gereçler, katalizör, boyalar, konserve kutulama (canning agents), su işleme ve temizleme (water treatment), sondaj çamuru ve diğer birçok alanda tüketilir.

Piyasadaki krom bileşikleri:

- Sodyum kromat
- Potasyum kromat
- Kromik asit
- Amonyum kromat
- Amonyum bikromat
- Baryum kromat
- Kurşun kromat
- Kalsiyum kromat
- Demir kromat
- Bazik krom sülfat

Krom kimyasalları, deri tabaklama, çeşitli renkte pigment elde edilmesinde, organik maddelerin oksidasyonunda, korozyon önlemelerinde, yağların, mumların ve sabunların ağartılmasında, tekstil maddelerinin boyanmasında, kibrit endüstrisinde, yangın malzemesi imalinde, fotoğrafçılıkta, analitik ayraçlarda, emaye ve seramik endüstrisinde yaygın olarak kullanılır (Turgut, 1995).

1.7.3 Refrakter Sanayii

Cr_2O_3 yanında Al_2O_3 miktarı daha fazla olan cevherler refrakter sanayinde tuğla üretiminde kullanılırlar ve “refrakter” olarak adlandırılırlar. Refrakter yapımında kullanılan kromitte $\%\text{Al}_2\text{O}_3$ oranının mümkün olduğu kadar yüksek olması istenir. Al_2O_3 , refrakter malzemenin kimyasal ve mekanik dayanıklılığını artırmaktadır (Çilingir, 1992).

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. Bu değişimin sebebi ise, ABD çelik üretiminde "Open heart" açık ocak yönteminden AOD (Argon-Oksijen-Dekarburizasyon) yöntemine geçilmesi sonucu, magnezyum-krom refrakterlerinin yerini magnezyum karbon refrakterlerinin almasıdır (Kıdıman, 2009).

Kromun savunma sanayinde kullanılması onu stratejik bir element yapmıştır. Kromun çeşitli alaşımları mermi, denizaltı, gemi, uçak, silahla ilgili destek sistemlerinde kullanılmaktadır. Krom sparge alaşımları, yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemelerin kullanıldığı randımanı yüksek, askeri amaçlı türbin motorların yapımında, krom kimyasalları paslanmayı geciktirici özellikleriyle uçak ve gemi sanayinde kullanılmaktadır (Şatır, 1996).

Çizelge 12 Krom cevherinin kullanım alanlarına göre yataklanma tipleri ve kullanım oranları

Krom Cevheri Kullanım Alanı	Yataklanma Tipi	% Cr_2O_3	Kullanım Oranı (%)
Metalurjik / Yüksek - Cr	Podiform ve Stratiform	46 – 55	80
Kimya / Yüksek - Fe	Stratiform	40 - 46	15
Refrakter / Yüksek - Al	Podiform	33–38 ve $\%\text{Al}_2\text{O}_3$ 22 - 34	5

1.8 KROM CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

%32-34'ün üzerinde Cr_2O_3 içeren parça cevherler kullanım alanı bulabilmektedir. %32'den düşük Cr_2O_3 içeren cevherlerin değerlendirilmesi ve endüstrinin istediği bileşime getirilmesi için zenginleştirilmesi gerekmektedir (Güney, 1990).

Kromit birlikte bulunduğu gang minerallerine oranla yoğunluğu yüksek bir mineraldir. Serbestleşme tane boyutu olanak sağladığı sürece, en uygun zenginleştirme yöntemi gravite zenginleştirmedir. Cevher iri boyutta serbestleşiyorsa ağır ortam veya jig ile ayırma yapılabilir. Sallantılı masa ile zenginleştirme daha ince boyutlarda serbestleşme sağlandığında tercih edilebilmektedir (Ağaçayak, 2004).

Krom cevherinin zenginleştirilmesinde uygulanacak zenginleştirme yöntemini ve yöntem kombinasyonlarını;

- Cevherin serbestleşme tane iriliği
- Cevherden üretilcek konsantredeki Al_2O_3 - SiO_2 - FeO - Cr_2O_3 tenörleri; Cr/Fe faktörü (Cevher kullanım kalitesi)
- Gang mineralleri ile kromit mineralleri arasındaki fiziksel, kimyasal özellik farklılıkları (yoğunluk, manyetik özellik, renk) belirler (Çilingir, 1990).

Uygulama Alanı Bulabilen Krom Zenginleştirme Yöntemi Sınıflandırması

- El ile Ayıklama
- Özgül Ağırlık Farkına Göre (Gravite) Zenginleştirme
- Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme
- Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme
- Flotasyon ile Zenginleştirme

1.8.1 Elle Ayıklama

Zenginleştirmenin en basit yöntemidir. Minerallerin renk, parlaklık, fluoresans, yoğunluk ve genel görünüm farklılıklarından yararlanılarak elle seçilip birbirinden ayrılmasına verilen isimdir. Genellikle yüksek tenörlü ve sert parçalı cevher veren krom madenlerinde uygulanmaktadır.

Elle ayıklama işlemi sabit veya hareketli yüzeyler üzerinde yapılmaktadır. Eleklerden geçirilen cevher elle ayıklamaya tabi tutulur. Bu tarzda yapılan zenginleştirmede, artıklarda fazlaca krom kaldığından bu artıkların ileride zenginleştirilmek üzere iyi bir şekilde stoklanması gerekmektedir.

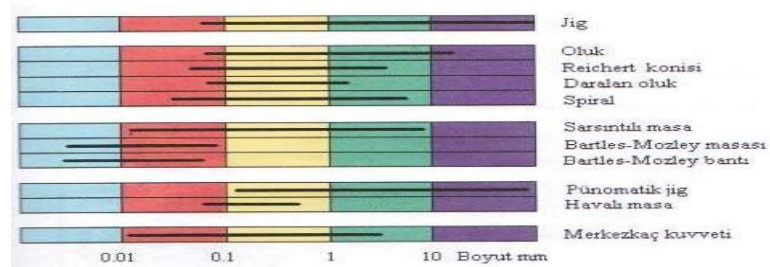
1.8.2 Yoğunluk Farkına Dayalı (Gravite) Zenginleştirme

Yoğunluk farkına dayalı olarak zenginleştirilecek cevherin serbestleşme derecesine kadar ufalandıktan sonra sınıflandırılması gerekir. Çünkü yoğunluk farkına dayalı zenginleştirme de tane iriliğinin etkisi büyüktür.

Krom cevheri zenginleştirmesinde en yaygın kullanılan gravite zenginleştirme cihazları jigler, sallantılı masalar ve humprey spiralleridir. Ayrıca ince tane zenginleştirmede kullanılabilen ayırıcılar ilk yatırım maliyetleri, kapasiteleri, temiz konsantre elde edilememesi gibi çeşitli nedenlerden dolayı uygulamada daha az yer almaktadır. Bunlar;

- Bartles-Mozley Zenginleştirme Masaları
- Bartles Zenginleştirme Bandı
- Gemeni Masaları
- Reichart Konileri
- Knelson Konsantratörü
- Falcon Zenginleştirici
- Multi Gravite Ayırıcısı (MGS) ile Zenginleştirme

Minerallerin yoğunluğuna, tane boyutuna ve boyut aralığına göre kullanılabilecek cihazlar da değişmektedir. Boyut aralıklarına göre yöntemin uygulandığı cihazlar Şekil 2’ de verilmiştir.



Şekil 2 Boyut aralıklarına göre proses cihazları

1.8.3 Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme

Farklı manyetik duyarlılıktaki bireysel mineral tanelerinin uygun bir manyetik kuvvet olmak üzere, çeşitli kuvvetlerin (yerçekimi, sürtünme, merkezkaç, v.s.) bileşik etkilerine dayanılarak, birbirinden ayrılması yoluyla gerçekleştirilen zenginleştirme işlemine manyetik ayırma ile zenginleştirme denilmektedir. Yapısal durumuna göre kromit mineralleri 6000-15000 Gauss şiddetindeki manyetik alanlarda çekilebilirler. Cevherin ince taneli öğütülmesi gerektiğinden yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılar tercih edilirler. Cevher (0,2 mm) iri taneli olarak serbestleşiyorsa; duruma göre kuru manyetik ayırma uygun olabilir (Çilingir, 1990).

1.8.4 Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme

Krom cevherinde, genellikle sallantılı masa ile zenginleştirilmiş, orta ürünlerin yüksek kalitede konsantr eldeinde kullanılmaktadır. Elektrostatik ayırıcılar ile zenginleştirmede kromit iletken, olivin yalıtkan olduğundan birbirinden ayrılabilir. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirmenin kromit cevherine uygulanması bir iki uygulama dışında pek yoktur (Çetinkaya, 2004).

1.8.5 Flotasyon ile Zenginleştirme

Mineralleri uygun reaktiflerle muamele ettirdikten sonra bazı mineral yüzeylerini havaya karşı, bazılarını sıvıya karşı selektif yaklaşmalarından yararlanılarak mineralleri birbirinden ayıran zenginleştirme yöntemidir.

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 (Gence, 1985).

Kromit yağ asitleri, sülfat ve sülfanatlarla yüzdürülebilir. Yağ asitleri ile flotasyonda, gangı bastırmak için sodyum silikat, sodyum fluosilikat ve kalgon gibi reaktifler, kromitin flotasyonunu kolaylaştırmak için ise selüloz tipi organik kolloidler kullanılır. Yağ asitleri nötr veya alkali ortamda daha tesirlidirler (Güney,1990).

Kromit flotasyonu çeşitli ülkelerde incelenmiş fakat sadece birkaç çalışma dışında endüstriyel ölçüde uygulanmamıştır. Kromit flotasyonunun geniş ölçüde tatbik edilmeyişi, gang minerallerinin ayrılma güçlüğü kadar, fiyat ve satış durumundaki iktidarsızlığa da bağlıdır. Çünkü flotasyon diğer yöntemlere nazaran çok daha pahalı bir yöntemdir (Arslan, 1994).

BÖLÜM II

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önal ve ark. (1979), tarafından Fethiye – Üçköprü ve Kavak tesislerinin artıkları ile yapılan deneylerde, pülp yoğunluğu, manyetik alan şiddeti ve tane boyutunun kromit ayırmasına etkileri incelenmiş; sonuçta Fethiye – Üçköprü artığından 0,1 mm altında %48,56 Cr_2O_3 tenörlü konsantrenin %80 verimle, Kavak artığından ise 0,037 mm altında %48,2 Cr_2O_3 tenörlü konsantrenin %56 verimle elde edilebileceği tespit edilmiştir.

Öztürk ve ark. (1987), tarafından Etibank Elazığ Ferrochrom tesislerinde curuf içerisindeki kromit ve ferrochromun kazanılması ile ilgili bir çalışmada, sallantılı masa testleri sonucunda %64,87 verimle ortalama %34,92 Cr_2O_3 tenörlü konsantre üretilmiş ve bu konsantrenin tekrar sallantılı masa testleri sonucu az bir verim kaybı ile çok daha yüksek tenörlü bir konsantre üretilbileceği vurgulanmıştır.

Çilingir (1990), tarafından 5000–6000 ton/yıl kapasiteli Kef konsantratöründe %30–33 Cr_2O_3 tenörlü, olivin içeren ve ince tanede serbestleşen cevher, -0,3 mm'ye öğütüldükten sonra yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcılardan geçirilerek, bilyalı değirmende -0,1 mm'ye öğütülmüştür. -0,1 mm'lik cevher düşük ve yüksek alan şiddetli ayırıcılardan geçirilerek kromit kayıpları en aza indirilmiştir.

Deniz (1992), tarafından Burdur – Yeşilova yöresi kromit yataklarından alınan kromit cevher numunesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Kimyasal analizler sonucunda kromit cevherinin %30,81 Cr_2O_3 içerdiğini ve Cr/Fe oranının 1,9 olduğunu saptanmıştır. Sallantılı masalar ile yapılan çalışmalarda konsantre, ara ürün ve artık olmak üzere her bir fraksiyon için üç ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından: -0.425+0,300 mm fraksiyonunda %48,22 Cr_2O_3 ve %75,26 verimli, -0,180+0,106 mm fraksiyonunda %50,41 Cr_2O_3 tenörlü ve %57,19 verimli, -0,106+0,075 mm fraksiyonunda %49,51 Cr_2O_3 tenörlü ve %61,13 verimli konsantre elde edilmiştir. MGS ile yaptığı eğim ve dönme hızı deney sonuçlarından %41,72 Cr_2O_3 tenör ve %66,99 verimle konsantre elde edilmiştir.

Kurşun (1993), tarafından Sivas – Ulaş – Karanlıkdere bölgesinde bulunan özel sektöre ait kromit yatağının, jig, sallantılı masa, manyetik ayırma ve flotasyonla optimum koşullarda zenginleştirme imkanı araştırılmış ve %22,47 Cr_2O_3 içeren kromit için yapılan deney sonuçlarına göre en uygun yöntemin sallantılı masa olduğu tespit edilmiş, %52,60 ağırlık ve %48,43 Cr_2O_3 tenörlü konsantrenin %88,14 verim ile elde edileceğini belirtmiştir.

Özdağ ve ark. (1994), tarafından MGS ile şlam ve masa artıklarından kromitin geri kazanılması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Şlam ve masa artığından alınan sırasıyla %19,6 ve %16,6 Cr_2O_3 tenörlü numuneler üzerinde yıkama suyu miktarı, salınım genliği, salınım frekansı, eğim açısı ve tambur dönme hızı gibi bazı kritik değişkenlerin etkileri her iki örnek üzerinde araştırılmıştır. MGS performansını etkileyen en önemli değişkenin tamburun dönme hızı olduğunu; şlam ve masa artıklarından sırasıyla %56,8 ve %58,8 Cr_2O_3 tenörlü konsantreler %60,0 ve %48,3 Cr_2O_3 kazanma verimiyle elde edilebileceğini göstermişlerdir.

Turgut (1995), tarafından yapılan çalışmada ortalama %22,54 Cr_2O_3 tenörlü Karaburhan kromit cevherinin gravite yöntemleri ile zenginleştirme yöntemleri araştırılmıştır. Laboratuvar ölçeğinde, sallantılı masa ve MGS deneyleri yapılarak optimum koşullar belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda (-0,425+0,210 mm) ve (-0,210 mm) tane iriliklerindeki masa artığı, ara ürün ile birleştirilerek MGS’de zenginleştirilmiştir. Sallantılı masa+MGS deneyleri sonucunda, %52,13 Cr_2O_3 tenörlü konsantre %72,60 verimle elde edilmiştir.

Aslan (1996), tarafından MGS ile yapılan kromit zenginleştirme çalışmalarında; tambur dönüş hızı ve eğim açısının en etkin işletme parametreleri olduğunu, diğer değişkenler olan yıkama suyu miktarı, besleme katı oranı, titreşim genliği ve titreşim frekansının ise ayırmayı daha az etkin olduklarını belirtmiştir. Zenginleştirme tane boyutunun ise ayırmada, cevher özelliği olarak çok önemli bir parametre olduğu, ince boyutlarda ayırmanın iyi, iri boyutlarda ise ayırma hassasiyetinin azaldığını belirtmiştir. Belirlediği optimum çalışmada parametreleri ile yapılan zenginleştirme deneylerinde, %24 Cr_2O_3 içerikli besleme malından %51,18 Cr_2O_3 tenörlü konsantreyi %94,04 verimle elde etmiştir.

Şatır (1996), tarafından yapılan çalışmada Etibank’a bağlı Elazığ Şarkkromları İşletmesi Kef Konsantratör’ünde, kromit cevherinin optimal koşullarda değerlendirilmesi amacıyla, tesis bazında uzun süreli inceleme yapılmış, tesise hidrosizer ilave edilmesi gerekliliğine varılmış ve sonuç olarak tesis bazında gözle görülebilir özellikte tenör ve verim artışları elde edilmiştir.

Sönmez ve Turgut (1997), tarafından yapılan düşük tenörlü Karaburhan kromitlerinin gravimetrik yöntemlerle zenginleştirilmesi ile ilgili çalışmalarından ortalama %26 Cr_2O_3 tenörlü Karaburhan cevherini zenginleştirebilmek için, gravimetrik zenginleştirme yöntemleri uygulanmıştır. Önce sallantılı masa sonra MGS ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Sallantılı masa deneylerinde +0,425 mm, -0,425 +0,210 mm ve -0,210 mm olmak üzere üç farklı boyut grubunda zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. Her boyut grubu için optimum frekans ve masa eğimi belirlenmiştir. Sallantılı masada ortaya çıkan ara ürün MGS’ de zenginleştirilmiştir. Ayrıca -0,210 mm tane iriliğindeki ince boyutlu cevherin MGS’ de zenginleştirilebilirliği araştırılmış ve optimum çalışma koşulları belirlenmiştir. Yapılan zenginleştirme çalışmaları sonucunda, +0,425 mm tane iriliğinde olumlu sonuçlar alınamamıştır. -0,425 + 0,210 mm tane iriliğindeki cevherden %75,31 verimle, %50,64 Cr_2O_3 tenörlü konsantre; -0,210 mm tane iriliğindeki cevherden %58,83 verimle, %44,97 Cr_2O_3 tenörlü konsantreler kazanılmıştır. Ara ürünlerin MGS’de iki kademedeki zenginleştirilmesiyle %43,79 verimle %48,18 Cr_2O_3 tenörlü konsantre, -0,210 mm tane iriliğindeki cevherin iki kademedeki zenginleştirilmesi sonucunda %71,45 verimle, %48,20 Cr_2O_3 tenörlü konsantre elde edilmiştir. Sallantılı masa ve MGS sonuçları birleştirildiğinde toplam metal kazanma verimi %79,79, olup ortalama tenör %49,75 Cr_2O_3 olmaktadır.

Samanlı (1998), tarafından yapılan çalışmada Etibank – Üçköprü Karagedik kromit atıklarının tenörü yükseltilerek atıktan elde edilen konsantrenin test sonuçları ortaya koyulmuştur. Ortalama %12 Cr_2O_3 tenörlü yaklaşık -1 mm boyutlu numune 0,106 mm elekten yaş olarak elendikten sonra sallantılı masa zenginleştirilmesi neticesinde %20,6’ya yükseltilmiştir. MGS deney sonuçlarında ise, 180 dev/dk tambur dönüş hızı, 4 lt/dk. yıkama suyu ve 4° eğiminde, %48,8 Cr_2O_3 ve % 65,9 verimle satılabilir kromit konsantresi elde etmiştir.

Çiçek ve ark. (1998), tarafından yapılan çalışmada Etibank – Üçköprü Karagedik konsantratörünün ince gravite artıklarından MGS kullanılarak %51,6 Cr₂O₃ verimli %48 Cr₂O₃ tenörlü bir konsantre elde edilmiştir.

Özkan ve ark. (2001), tarafından yapılan çalışmada ince kromit artıklarının zenginleştirmesine için Üçköprü madeninden temsili örnekler alarak MGS ünitesinde zenginleştirmeye çalışmışlardır. Deneyler sonucunda optimum şartların; eğimin 2°, frekansın 5,7 dev/sn, genliğin 15 mm ve tambur hızının 230 dev/dk olduğunu tespit etmişlerdir. -0,038 mm fraksiyonda %47 Cr₂O₃ tenörlü %72 verimli konsantre elde etmişlerdir.

Ağaçayak (2004), tarafından yapılan çalışmada Topraktepe (Yeşiladağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin jig, sallantılı masa, humprey spirali, multi gravite seperatör, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı ve flotasyon ile optimum koşullarda zenginleştirme olanakları araştırılmıştır.

Çiçek ve Cöcen (2009), tarafından santrifüj etkili Mozley seperatörünün (MGS) düşük tenörlü (9.3 % Cr₂O₃) kromit cevherlerinin ince fraksiyonuna (-0.1 mm) uygulanabilirliği üzerine araştırma yapılmıştır. Elek metal analizleri deneyler için 1 mm altına öğütülen cevherin %83.9'unun +0.106 mm boyutunda ve %16.12 Cr₂O₃ tenörlü olduğunu göstermiştir. +0.1 ve -0.1 mm tane fraksiyonları sırasıyla sallantılı masa ve MGS için besleme malzemesi olarak kullanılmıştır. Sallantılı masa deneylerinde düşük kromit veriminde satılabilir kaba bir konsantre elde edilmiştir. Ancak masa ara ürünlerinin bir kısmı 0.1 mm altına öğütüldükten ve MGS ile zenginleştirildikten sonra sallantılı masa ve MGS kombinasyonu ile %46.22 Cr₂O₃ tenörlü bir konsantre %66.1 verimle elde edilebilmiştir. MGS'nin düşük tenörlü bir kromit cevherinin zenginleştirilmesinde ince tane boyutlarında kullanılabilecek bir zenginleştirme yöntemi olduğunu göstermişlerdir. Zenginleştirme tesisi için prensip akım şeması önermişlerdir.

Kıdıman (2009), tarafından yapılan çalışmada Kahramanmaraş Sarıgül Köyü Çakıobası mevkiinden temin edilen kromit numunesinin gravite ile ayırma yöntemlerinden, Knelson konsantratörü + MGS (Multi Gravity Separator), Sallantılı Masa ve Yüksek Alan Şiddetli Yaş Manyetik Ayırıcı kullanılarak zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Yapılan XRD analizleri sonucunda cevherdeki başlıca minerallerin

Magnesiakromit, Kromit ve Demir-silikat olduğu belirlenmiştir. Deneylerde en uygun zenginleştirme yöntemi olarak MGS seçilmiştir. Optimum  alışma şartlarında ($d_{80} = 0.076$ mm, 145 dev/dk, 60 eğim, 1,5 l/dk su besleme hızı ve %15 katı oranında) %17,26 Cr_2O_3 t vanan cevherden %38,46 Cr_2O_3 , %21,10 Fe_2O_3 , %21,40 Al_2O_3 ve %2,90 SiO_2 içerikli konsantre elde edilmiştir.

Yıldırım (2009), tarafından yapılan çalışmada kullanım alanlarına uygun krom konsantrelerinin hazırlanması amacıyla, yaş ve kuru manyetik ayırma, sallantılı masa, manyetik ayırma+sallantılı masa ve MGS zenginleştirme yöntemleri uygulanmıştır.  orum-Alaca düşük tenörlü kromit cevherinin, mikroskopla yapılan tane serbestleşme boyutunun 0.300 mm altında olduğu ve cevherin mineralojik analizinde ise kromit, serpantin ve manyezit mineralleri içerdiği tespit edilmiştir.

BÖLÜM III

İŞLETMENİN YERİ VE TANITIMI

Çalışma alanı Kayseri il sınırları içerisinde Yahyalı'ya 40 km mesafede bulunan Yeşilköy köyü girişinde bulunan Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi ve bu tesiste zenginleştirilmesi düşünülen Avlağa köyünden Yeşilköy köyüne kadar uzanan 14.000 hektarlık sahayı kapsamaktadır.

Kayseri'ye 150 km mesafede olan çalışma alanına ulaşım asfalt yolla sağlanmaktadır. Bölgenin önemli bir kesimi çam ve katran ağaçlarından oluşan ormanlar ile kaplıdır. İklim karasal iklim ve Akdeniz iklim etkileri altındadır. Bölgede genel olarak tarım ve hayvancılık faaliyetleri görülür.

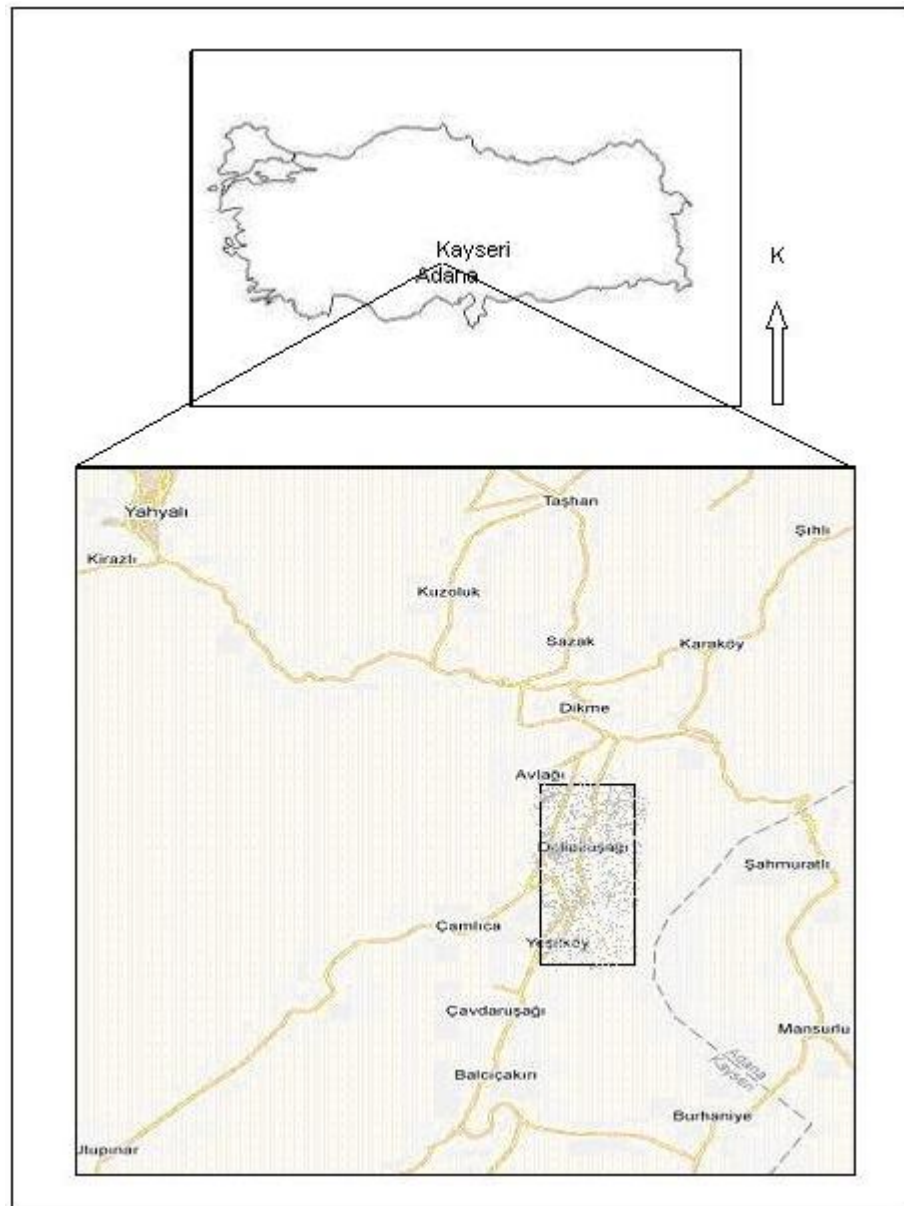
Bölgede krom madenciliği 1950'li yıllara dayanmaktadır. Yüzey madenciliği ile başlayan ilk çalışmalar zamanla yerini yeraltı ve açık ocak madenciliğine bırakmıştır.

Çalışma alanında birçok krom mostrasına rastlanılmaktadır. Dünitlerle primer dokanıklı olanların yanında tektonik olarak taşınmış mostralar da bulunmaktadır. Krom damarlarının genel istikameti Kuzey-Güney ve eğimi Güneybatı' dır.

Çalışma alanı içerisinde kromit cevherleşmelerinin tamamına yakın bölümü podiform tipte yataklanma olup çok düzensiz ve küçük rezervli yataklardır. Podiform tipte yataklanmış kromit cevherlerinin yanında küçük ölçekli mostralarda bantlı tip cevherleşmelerde görülür, fakat yanal devamlılıkları oldukça azdır. Tektonizmanın yoğun olduğu bölgelerde cevher kütlelerinde kopmalar ve deformasyonlar meydana gelmiştir (Tümöklü, 2005).

İnceleme alanı içerisindeki ocak ve mostralarda; masif, saçınımlı, nodüler ve bantlı tip kromit cevherler oldukça düzensiz dağılıma sahiptir. Kromit ocak veya mostralarında belirtilen cevher tiplerinin hepsini birlikte görmek oldukça güçtür. Ocak veya mostranın tabanında başlayan bir cevher tipi daha sonra geçişli veya tedrici olarak başka bir tip cevherleşmeye geçebilmektedir. Bu geçişin sebebi, büyük bir kısmı magma odasında kromit çökmesi sırasında hüküm süren fiziko-kimyasal koşulların değişmesinden

kaynaklanırken, bir kısmı da ofiyolitik masiflerin kıta üzerine bindirmesi sırasında ve bindirmeden sonraki tektonik olaylardan kaynaklanmaktadır (Anıl, 1990).



Şekil 3 İnceleme alanı yer bulduru haritası

Yeşilköy krom konsantre tesisi bölge içerisinde henüz rezerv tespiti yapılmayan düşük tenörlü krom cevherlerinin ekonomiye kazandırılması amacıyla projelendirilmiştir. İnceleme alanı yer bulduru haritası Şekil 3’te verilmiştir.

Tesis proje aşaması tamamlandıktan sonra Haziran 2010'da inşasına başlanmış ve Ocak 2011 itibariyle kurulum tamamlanmıştır.

Yeşilköy krom konsantre tesisi 9 basamak ve 1800 m² kapalı alan olacak şekilde projelendirilmiştir.

1. Basamak: 30 x 20 m olup, alanda çeneli kırıcı bunkerı, 900x600 çeneli kırıcı, 2000 x 5000 mm titreşimli elek, 600x1200 darbeli kırıcı ve 4 adet konveyör bant bulunmaktadır.
2. Basamak: 5 x 30 m olup, alanda kırılmış malzemeyi biriktirmek için kullanılan 4 hücreli 120 m³ hacimli ince cevher silosu , titreşimli besleyici ve 1200 x 2000 mm tromel elek bulunmaktadır.
3. Basamak: 20 x 30 m olup, alanda titreşimli sulu elek, 1 adet 1500 x3000 mm çubuklu değirmen, 1 adet 1200 x 3100 mm çubuklu değirmen, toplama kovası ve 6 gözlü hydrosizer bulunmaktadır.
4. Basamak: 4 x 30 m olup, alanda 4 adet 5 hatveli 1400mm'lik spiral, 2 adet 5 hatveli 1200mm'lik spiral bulunmaktadır.
5. Basamak: 8 x 30 m olup, alanda 8 adet tek katlı sallantılı masa bulunmaktadır.
6. Basamak: 8 x 30 m olup, alanda 8 adet tek katlı sallantılı masa bulunmaktadır.
7. Basamak: 8 x 30 m olup, alanda 4 adet tek katlı sallantılı masa bulunmaktadır.
8. Basamak: 6 x 30 m olup, değerlendirilebileceği düşünülerek boş bırakılmıştır.
9. Basamak: 12 x 30 m olup, konsantre havuzları bulunmaktadır.

Tesisin kuruluş kapasitesi ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

Besleme miktarı: 12,5 t/h

Besleme tenörü : % 10 ± 3 Cr₂O₃

Konsantre miktarı : 1,9 t/h

Ortalama konsantre tenörü : % 46-48 Cr₂O₃

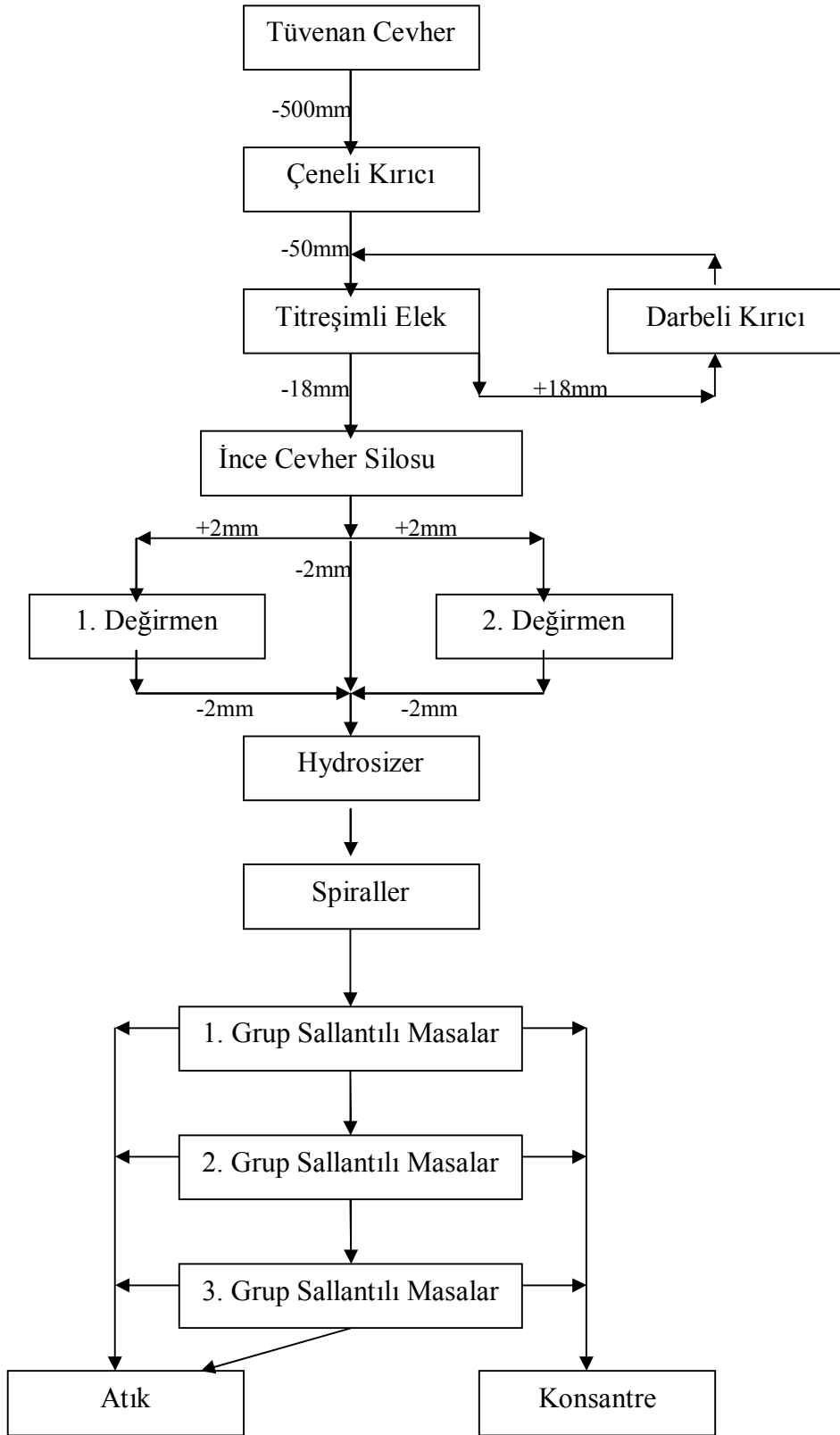
Besleme kapasitesi : 75000 t/yıl

Konsantre üretim kapasitesi : 11400 ton/yıl

Elmacı Madencilik İnş. San. Tic. A.Ş.'ye ait Yeşilköy Krom Konsantre Tesisinden bir görünüm Fotoğraf 1'de verilmiştir.



Fotoğraf 1 Yeşilköy Krom Konsantre Tesis



Şekil 4 Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi Akım Şeması

3.1 Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi Üniteleri

- Kırma ve Eleme Ünitesi
- Öğütme Ünitesi
- Sınıflandırma Ünitesi
- Ön Zenginleştirme Ünitesi
- Zenginleştirme Ünitesi
- Su Temin Ünitesi
- Yardımcı Üniteler

3.1.1 Kırma ve Eleme Ünitesi

Açık ocaktan gelen maksimum 500 mm boyutundaki cevher tablalı besleyici bunkerine beslenir. Tablalı besleyicinin toplam hacmi 40 m³, faydalı hacmi 30 m³, ızgara açıklığı ise 500 mm'dir. Tablalı besleyici vasıtasıyla cevher çeneli kırıcıya beslenir.

Çeneli kırıcı genel özellikleri:

Ağırlık : 13500 kg

Ağız ölçüleri : 915 x 650 mm

Çene açıklığı : 50 x 150 mm

Çalışma çıkış açıklığı : 80 mm

Ortalama kapasitesi : 150 ton/saat

Motor gücü : 90 Kw

Çeneli kırıcıda kırma işlemine tabi tutulan cevher 1000 mm'lik konveyör bant ile 1500 x 5000 mm ebadındaki titreşimli eleğe beslenmektedir. Elek açıklığı 18 mm olarak seçilmiştir. Elek altı ürünü öğütme ünitesine verilmek üzere 1000 mm'lik konveyör bant ile toplam hacmi 120 m³ olan 4 gözlü ince cevher silosuna verilir.

Elek üstü ürün ise 800 mm'lik konveyör bant ile 200x600'lük darbeli kırıcıya verilir. Darbeli kırıcıda 18 mm üstü cevher kapalı devre olarak çalıştırılmaktadır.

Darbeli kırıcı genel özellikleri:

Besleme açıklığı: 200 x 600 mm

Kapasite : 60 ton/saat

Max. Besleme: 80 mm

Motor gücü: 45 Kw

3.1.2 Öğütme Ünitesi

Öğütme devresi birbirine paralel iki değirmenden oluşmaktadır. Devreler birbirinden bağımsız olarak çalışmaktadır. Birinci değirmen önünde 1200 x 4000 mm titreşimli sulu elek (elek açıklığı 2x2 mm), ikinci değirmen önünde ise 1200 x 2000 mm sulu tromel elek (elek açıklığı 1.5x1.5 mm) bulunmaktadır. Cevher titreşimli sulu eleğe silo altındaki 1000'lik konveyör bant, tromel eleğe ise titreşimli besleyici ile verilmektedir. Değirmenlere verilen +0.2,-18 mm boyutları arasındaki cevher öğütüldükten sonra değirmen çıkışlarında tekrar 1.5 mm açıklığı olan tromel eleklerden geçer. Elek üstü ürün 2-3 ton/gün arasındadır. Tekrar sisteme verilmeden ayrı bir yerde stoklanmaktadır. Elek altı ürün ise toplama kovasına aktarılmaktadır. Değirmenlerin genel özellikleri Çizelge 13'te verilmiştir.

Çizelge 13 Değirmenlerin genel özellikleri

	1. Değirmen	2. Değirmen
Boyutlar	1500 x 3000 mm	1200 x 3100 mm
Kapasite	10 ton/saat	6 ton/saat
İç Hacim	21 m ³	14 m ³
Çubuk Şarj Miktarı	9,45 m ³	6,3 m ³
Astar Özellikleri	Krom Mangan astar	Krom Mangan astar
Motor Gücü	75 Kw	55 Kw
Çubuk Sarfıyatı	120 gr/ton	100 gr/ton
Katı Oranı	%30	%30

Öğütme devresinden bir görünüm Fotoğraf 2’de verilmiştir.



Fotoğraf 2 Öğütme devresinden bir görünüm

3.1.3 Sınıflandırma Ünitesi

Toplama kovalarında birleştirilen % 35 katı oranına sahip cevher kot farkından yararlanılarak altı hücreli hidrosizere beslenmektedir. Hidrosizer, beslenen pülp haldeki mineralin yoğunluk ve boyut farklılıklarına göre sınıflandıran bir ekipmandır. Hidrosizerde 6 fraksiyona ayrılan cevher ön zenginleştirme yapılmak üzere spirallere verilmektedir. Hidrosizer Fotoğraf 3’te verilmiştir.



Fotoğraf 3 Tesiste mevcut Hidrosizerden bir görünüm

3.1.4 Ön Zenginleştirme Ünitesi

Tesiste ön zenginleştirme yapmak amacıyla 4 x 1600 mm, 2 x 1200 mm çaplarındaki 5 hatveli Humprey spiralleri bulunmaktadır. Tesiste ön zenginleştirme yapılamamakta, spiraller hidrosizer ve I. grup sallantılı masalar arasında aktarma vazifesi görmektedir. Spirallerin tesisten kaldırılması planlandığı için spirallerle ilgili çalışma yapılmamıştır.

3.1.5 Zenginleştirme Ünitesi

Zenginleştirme devresi I. grup sallantılı masalar, II. grup sallantılı masalar ve III. grup sallantılı masalardan oluşmaktadır.

3.1.5.1 I Grup Sallantılı Masalar

Hidrosizerde 6 fraksiyona ayrılan % 25 katı oranına sahip cevherin ilk 4 fraksiyonu I. grup sallantılı masaların beslemesini oluşturmaktadır. Grupta 8 adet iri boyutlu tek katlı sallantılı masa bulunmaktadır. I. grup masalardan konsantre, II. grup masaların beslemesi ve atık olmak üzere üç ürün elde edilmektedir. Fotoğraf 4'te I. Grup sallantılı masalardan bir görünüm verilmiştir.

3.1.5.2 II. Grup Sallantılı Masalar

I. grup sallantılı masaların ara ürünleri ile Hidrosizerin 5. ve 6. hücreleri gruptaki masaların beslemesini oluşturmaktadır. Grupta 4 adet iri boyutlu, 2 adet ince boyutlu, 2 adet çok ince boyutlu tek katlı sallantılı masa bulunmaktadır. Gruptan konsantre, III. grup masaların beslemesi ve atık olmak üzere üç ürün elde edilmektedir.

3.1.5.3 III. Grup Sallantılı Masalar

II. grup sallantılı masaların ara ürünleri gruptaki masaların beslemesini oluşturmaktadır. Grupta 1 adet tek katlı iri boyutlu, 1 adet tek katlı ince boyutlu, 2 adet tek katlı çok ince boyutlu sallantılı masa bulunmaktadır. Gruptan konsantre ve atık olmak üzere 2 ürün elde edilmektedir.

Sallantılı masaların hareket mesafeleri kumpasla ölçülerek, su miktarları ve katı oranları numune alınıp tartılarak, eğimleri ise jeolog pusulası yardımıyla belirlenmiştir. İri, ince ve çok ince boyutlu sallantılı masaların belirlenen özellikleri Çizelge 14’te verilmiştir.



Fotoğraf 4 I. grup sallantılı masalardan bir görünüm

Çizelge 14 Sallantılı masaların özellikleri

Sallantılı Masa Özellikleri	Birimi	İri Boyutlu Sallantılı masa	İnce Boyutlu Sallantılı Masa	Çok İnce Boyutlu Sallantılı Masa
Uzunluk	mm	4450	4450	1855
Masa boyu	mm	1855	1855	1855
Masa	mm	1546	1546	1546
Besleme	mm	2	2	0.15
Kapasite	t/saat	1	1	0.4
Beslemedeki katı	%	25	25	20
Hareket mesafesi	mm	18	16	10
Frekansı	F	35	40	52
Su miktarı	m ³ /h	4.5	4.5	4
Yatay eğim	Derece	3	3	3
Çerçeve maili	%	1.4	1.4	1.4
Konsantre alanı	m ²	7.6	7.6	7.6
Motor gücü	kw	1.1	1.1	1.1

3.1.6 Su Temin Ünitesi

Proses için gerekli temiz su ihtiyacı 220 ton/saat'tir. Tesiste suyun geri dönüşümlü olarak kullanılması için 30x15x3 m boyutlarında 4 bölmeli beton havuz bulunmaktadır. 1. bölmeden itibaren atık dinlendirilip suyun arıtılması sağlanarak 4. bölmeden 55 Kw $\frac{3}{4}$ temiz su pompası ile sisteme geri verilmektedir. Temiz suyun yaklaşık 180 m³'lük kısmı bu havuzlardan karşılanırken, 40 m³'lük kısmı ise havuza yaklaşık 10 m mesafedeki keson kuyudan tamamlanmaktadır. Temiz su havuzlarından bir görünüm Fotoğraf 5'te verilmiştir.



Fotoğraf 5 Temiz su havuzlarından bir görünüm

3.1.7 Yardımcı Üniteler

Tesiste yardımcı ünite olarak atölye, laboratuvar, yemekhane ve enerji temin bölümü bulunmaktadır.

BÖLÜM IV

MATERYAL VE METOD

Çalışma alanı Elmacı Madencilik İnş. San. Tic. A.Ş.'ye ait Avlağa köyünden başlayarak Yeşilköy köyüne kadar uzanan saha içerisindeki düşük tenörlü cevherlerin değerlendirilebilmesi için Yeşilköy köyüne kurulan Yeşilköy Krom Konsantre Tesisi'dir. Tez ile ilgili çalışmalar tesis, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde 3 ana bölümden oluşmaktadır.

4.1 Saha Çalışmaları:

2011- 2013 yılları arasında tez çalışması için saha araştırmaları yapılmıştır. Öncelikle tesisin genel yapısı incelenerek akım şeması oluşturulmuş, çizim programı ile projelendirilmiştir. Tesisteki verim kayıplarının nedenlerinin irdelenebilmesi için tesisin üniteleri incelenmiştir. Tesiste her üniteden belirli aralıklarla numuneler alınmış ve laboratuara getirilmiştir.

4.2 Laboratuvar Çalışmaları:

Tesisten her bir üniteden düzenli olarak alınan numuneler Elmacı Madencilik İnş. San. Tic. A.Ş. bünyesindeki laboratuvar ve Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarlarında hazırlanmış ve analizleri yapılmıştır.

Numunenin tam kimyasal analizi Hayrunnisa Birlik Madencilik Üretim Analiz Gözetim firmasında, Numunelerin elek analizleri ile kimyasal analizleri Elmacı Madencilik'e ait laboratuvar ve Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarında yapılmıştır.

Numunelerin tane irilik dağılımlarını belirlemek için 1mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.1 mm'lik elekler kullanılmıştır.

4.2.1 Numunelerin Hazırlanması

Tesiste besleme, hidrosizer, konsantre, atık ve sallantılı masa gruplarından numuneler alınarak hem cevher hakkında hem de tesis verimi hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

İyileştirme çalışmalarından önce ve sonra olmak üzere düzenli aralıklarla numuneler alınarak etüvde 105 C°'de 24 saat bırakılarak nemi alınır.

Kurutulan malzeme elek setinde elendikten sonra elek altı miktarları belirlenir. Miktarları belirlenen malzeme karıştırılmadan kimyasal analiz için muhafaza edilir.

4.2.2 Kimyasal analiz

İlk olarak kroze içerisinde 1 hacim Sodyum Karbonat, 2 hacim Sodyum Peroksit koyularak hassas terazi sıfırlanır. Hazırladığımız öğütülmüş ve nemi alınmış numuneden yaklaşık olarak 0,2 gr numune alınıp kroze içerisine koyulur.

Kroze örnek tamamen çözünene kadar bek alevinde bekletilir. Çözünme işlemi tamamlandıktan sonra soğumaya bırakılır. 400'lük beherin içerisine 100 ml saf su ekledikten sonra, soğuyan krozeyi içerisine koyarak ısıtıcı tablada 1 dk kaynatılır. Beher içerisindeki karışımı 250'lik jøjeye koyup soğuduktan sonra karışım 250 ml'ye saf su ile tamamlanır.

Jojedeki karışım beyaz bant süzgeç kağıdı ile süzülür. Süzülen karışımdan 50 ml alınarak erlenmayer içerisine koyulur ve üzerine 40 ml Sülfirik Asit eklenerek dijital büretle titrasyon yapılır. Titrasyon sırasında karışıma renk dönüşümü olana kadar Amonyum Demir Sülfat eklenir ve sarfiyat yazılır. İkinci renk dönümü olana kadar Permanganat eklenir ve sarfiyat yazılır. Sarf edilen miktarlarla krom hesabı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 = (\text{AD} \times a - \text{PM} \times 0,2533 / m \times 5) \times 100$$

AD = Amonyum Demir Sülfat Sarfiyatı

a= Amonyum Demir Sülfat gerçek normalitesi

PM = permanganat sarfiyatı

m= analiz için eklenen numune miktarı

sabit sayı = 0,2533, 5, 100

4.3 Büro Çalışmaları:

Tesis bilgileri ve elde edilen analiz sonuçları bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çalışmalarda Microsoft Word, Microsoft Excel ve çizimler için Autocad 2007 bilgisayar programları kullanılmıştır.

Elde edilen tüm bilgiler Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans ve doktora tez yazım kurallarına göre Microsoft Word programı ile yazılmıştır.

BÖLÜM V

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tesis 3 vardiya olarak 24 saat çalışmaktadır. Tesise 24 saatte ortalama % 9,13 tenörlü 300 ton tüvenan cevher beslenmiş ve 30 ton % 50,63 tenörlü konsantre alınmıştır. Atık tenörü ise % 4,99 çıkmıştır.

$$\% \text{ Verim} = (30 \times 50,63) / (300 \times 9,13)$$

$$\text{Verim} = \% 55$$

Deneylere esas olan numunenin tam kimyasal analizi Çizelge 15’te verilmiştir. Analiz sonucuna bakıldığında SiO₂ ve MgO miktarı dikkat çekmektedir.

Çizelge 15 Deneylere Esas Olan Numunenin Tam Kimyasal Analizi

BİLEŞİM	%
Cr ₂ O ₃	9,13
FeO	12,60
SiO ₂	31,54
Al ₂ O ₃	9,88
MgO	32,75
CaO	0,30
K.K.	3,80
TOPLAM	100,00

Düzenli olarak besleme malından alınan numunenin elek analizi sonucu Çizelge 16’da verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında malzemenin %45,16’sı +1mm, %31,62’sinin ise 0,5 ile 0,25mm arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 16 Besleme malı elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	374	45,16	9,21
-1, +0.5	56	10,49	5,11
-0.5, +0.25	36	31,62	9,49
-0.25, +0.1	36	6,74	11,53
-0.1	32	5,99	11,03
Toplam	534	100	9,13

Hidrosizer hücrelerinden alınan numunelerin elek analizler yapılmış ve her bir hücrenin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 17 Hidrosizer 1. hücre elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	114	16,91	6,10
-1, +0.5	194	28,79	9,18
-0.5, +0.25	280	41,54	6,34
-0.25, +0.1	60	8,90	8,78
-0.1	26	3,56	9,40
Toplam	674	100	

Çizelge 18 Hidrosizer 2. hücre elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	30	8,62	8,56
-1, +0.5	138	39,65	8,98
-0.5, +0.25	110	31,61	10,40
-0.25, +0.1	46	13,22	9,88
-0.1	24	6,90	8,45
Toplam	348	100	

Çizelge 19 Hidrosizer 3. hücre elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	18	3,43	4,56
-1, +0.5	178	33,97	8,11
-0.5, +0.25	222	42,37	7,57
-0.25, +0.1	76	14,50	11,34
-0.1	30	5,73	8,10
Toplam	524	100	

Çizelge 20 Hidrosizer 4. hücre elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	4	0,76	1,23
-1, +0.5	64	31,06	2,43
-0.5, +0.25	248	46,97	9,78
-0.25, +0.1	188	16,67	12,87
-0.1	24	4,54	10,46
Toplam	528	100	

Çizelge 21 Hidrosizer 5. hücre elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	-	-	-
-1, +0.5	-	-	-
-0.5, +0.25	260	55,79	6,89
-0.25, +0.1	132	28,33	9,68
-0.1	74	15,88	11,45
Toplam	466	100	

Çizelge 22 Hidrosizer 6. hücre elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	-	-	-
-1, +0.5	-	-	-
-0.5, +0.25	70	20,47	5,40
-0.25, +0.1	174	50,88	10,54
-0.1	98	28,65	13,32
Toplam	342	100	

Atık elek analizi Çizelge 23’te verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında 0.25-0.1mm arasında malzemenin %21,46’sının tenörü %6,74, 0.1mm altında ise malzemenin %32,19’unun tenörü %8,31 bulunmuştur.

Çizelge 23 Atık elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	40	8,58	3,24
-1, +0.5	116	24,89	1,23
-0.5, +0.25	60	12,88	2,19
-0.25, +0.1	100	21,46	6,74
-0.1	150	32,19	8,31
Toplam	466	100	4,99

Çizelge 24 Konsantre elek analizi

Tane İriliği (mm)	Miktar (gr)	Miktar (%)	Tenör (% Cr ₂ O ₃)
+1	4	0,72	28,73
-1, +0.5	58	10,39	46,41
-0.5, +0.25	204	36,56	51,25
-0.25, +0.1	232	41,58	50,45
-0.1	60	10,75	55,01
Toplam	558	100	50,63

Yapılan gözlem ve analizler sonucunda;

- Kırma ve eleme ünitesinde tesis verimini etkileyecek bir problem görülmemektedir.
- Öğütme ünitesinde besleme ve hidrosizer elek analizlerine bakıldığında öğütme veriminde sorun olmadığı görülmektedir.
- Sallantılı masa gruplarında yapılan incelemeler ve analizler doğrultusunda I. ve II. grup sallantılı masalarda sorun olmadığı ancak III. gruptaki sallantılı masaların eksik kaldığı,
- Atık elek analizine bakılarak, tesiste alınamayarak atığa verilen cevherin önemli bir bölümünü 250 mikron altındaki malzemenin oluşturduğu,
- III. masa grubundan iki ürün alınmasının atıktaki kaçak miktarının artmasında önemli rol oynadığı,
- Konsantrede istenilen tenörün %46-48 olmasına karşın %50,63 olması da tesis verimini etkilediği görülmüştür.

Belirlenen bu hususların giderilmesi için öncelikle 250 mikron altındaki malzemenin alınabilmesi ilk sıraya alınmış ve bunun sağlanabilmesi için atıktan 250 mikron altı malzemenin ayrılması yapıp, tesise ilave edilecek yeni sallantılı masalara verilmesinin gerektiği görülmüştür.

III. masa grubuna yapılacak masa ilavesiyle birlikte yeni bir grup oluşturulması ve bu gruptan 3 ayrı ürün alınması ve bu ürünlerin tekrar kontrol edilmesi gerektiği öngörülmüştür.

İyileştirme çalışması için gerekli makine-ekipman:

- 1 adet iri boyutlu sallantılı masa
- 1 adet ince boyutlu sallantılı masa
- 7 adet çok ince boyutlu sallantılı masa
- 1 adet 500 mikronluk elek
- 1 adet çamur pompası
- 2 adet toplama konisi

Gerekli malzemeler temin edildikten sonra 5 adet çok ince boyutlu sallantılı masa III. masa grubuna ilave edilmiştir. 1 adet iri, 1 adet ince ve 2 adet çok ince boyutlu sallantılı masa ile IV. masa grubu oluşturularak, III. masa grubunun ara ürünleri IV. masa grubuna besleme olarak verilmiştir.



Fotoğraf 6 Yeni eklenen masalarla birlikte III. sallantılı masa grubundan bir görünüm



Fotoğraf 7 IV. Sallantılı masa grubundan bir görünüm

Atık olarak isimlendirilen malzeme klasifikatöre verilmeden önce 500 mikronluk elekten geçirilerek, elek altı toplama konisine aktarılmış, çamur pompası ile yeni eklenen sallantılı masaların üzerinde bulunan 2. toplama konisine aktarılmış ve sallantılı masalara eşit olarak dağıtılması sağlanmıştır.

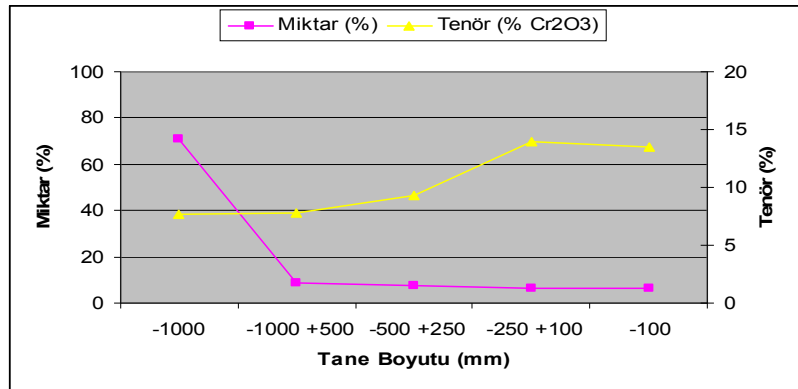
Elek deneme amaçlı olarak 1500 x 3000 mm ebatlarında kullanılmıştır. Deneme çalışması olacağı için tesiste mevcut olan elek kullanılmıştır.



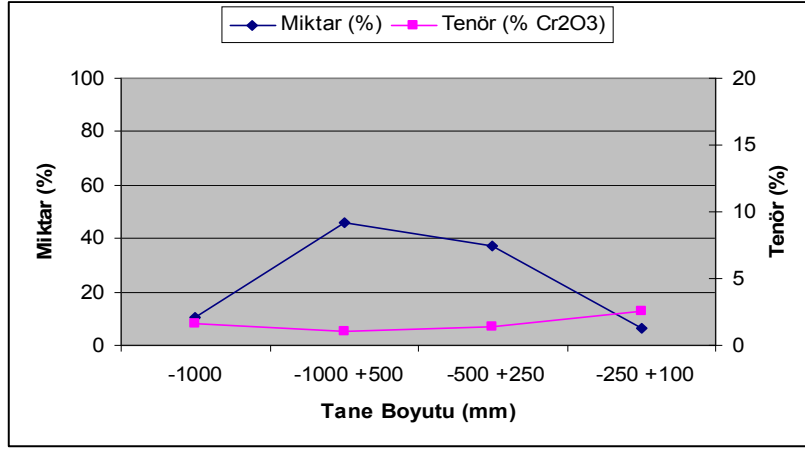
Fotoğraf 8 Yapılan 500 mikroluk elek ve toplama konisi

Bu çalışmaların yapılması 3 vardiya sürmüş ve temiz su bağlantılarının yapılması dışında tesis eski haliyle çalışmasına devam etmiştir.

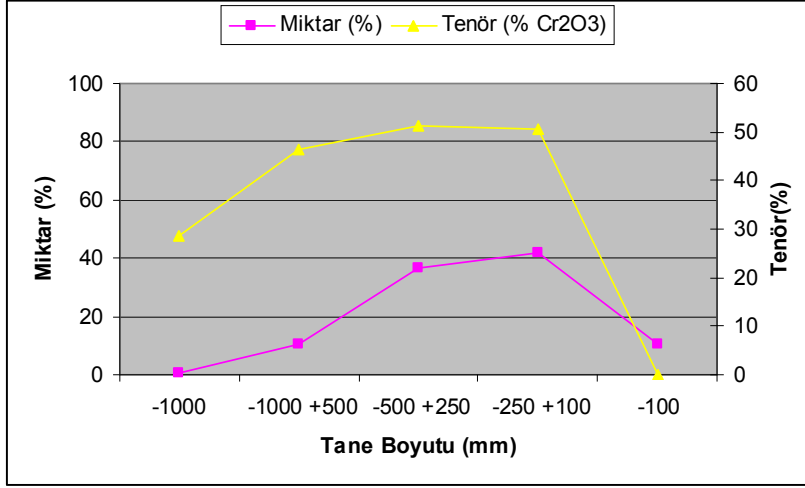
Yapılan çalışmaların neticesini görmek için besleme, atık ve konsantre miktarları ve tenörlerini belirlemek amacıyla numuneler alınarak analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3'te verilmiştir.



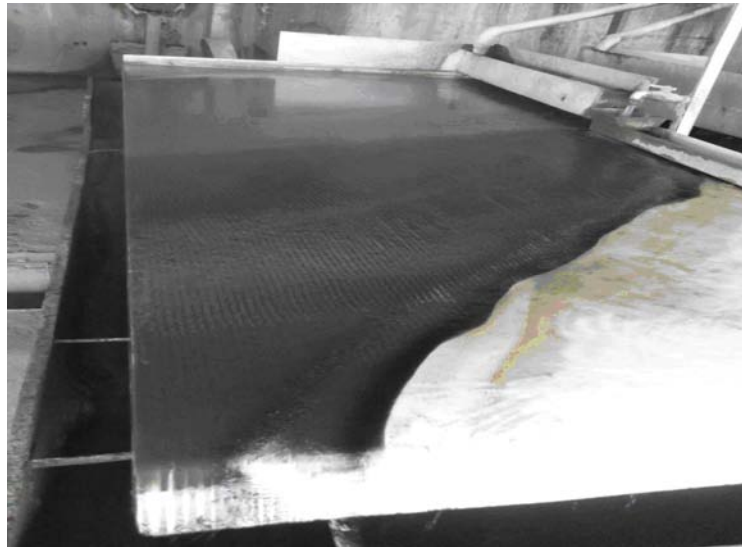
Şekil 5 Besleme elek analizi miktar ve tenör dağılımı



Şekil 6 Atık elek analizi miktar ve tenör dağılımı



Şekil 7 Konsantre elek analizi miktar ve boyut dağılımı



Fotoğraf 9 Geri dönüşüm yapılan masalardan bir görünüm

Alınan numunelerin sonuçlarına göre;

Tesise 24 saatte 300 ton % 5,61 tenörlü cevher beslenmiş ve 25 ton % 47,13 konsantre krom alınmıştır. Tesis verim hesabı yapıldığında;

$$\% \text{ Verim} = (35 \times 47,13) / (300 \times 8,59)$$

$$\text{Verim} = \% 64$$

BÖLÜM VI

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Elmacı Madencilik İnş. San. Tic. A.Ş.'ye ait Kayseri ili Yahyalı ilçesi Yeşilköy köyüne kurulan Yeşilköy Krom Konsantre Tesisinin iyileştirilebilirliği araştırılmıştır.

- Tesiste yapılan çalışmalar incelenmiş, numuneler alınmış ve analizleri yapılarak tesis randımanının % 55 seviyelerinde olduğu bulunmuştur.
- Tesisteki her bir ünite incelenmiş ve analizler doğrultusunda 250 mikron altındaki malzemenin mevcut haliyle alınamadığı belirlenmiştir.
- Tesise 500 mikronluk bir elek ve 9 adet çok ince boyutlu sallantılı masa ilavesi yapılarak tesis randımanında 9 puanlık bir artış sağlanmıştır.
- Bölgedeki kromit yatakları değişken tenörlü olduğundan, tesis stok sahasının genişletilerek farklı tenördeki cevherlerin karıştırılmadan biriktirilmesi ve tesise homojen besleme yapılmasının randımanı daha da artıracak olduğu düşünülmektedir.
- Ülkemizde artan üretim ve ihracata bağlı olarak bir çok krom konsantre tesisi kurulmuş ve halen kurulmaya devam etmektedir. Kapasite ve randıman düşüklüğü bu tesislerin ortak sorunu olmaktadır. Cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerinin yüksek randımanla çalıştırılabilmesi için öncelikle ön etütlerin yapılarak cevherin zenginleştirilebilirliği bilimsel olarak belirlenmeli daha sonra akım şemaları oluşturularak projelendirilmelidir.
- Ülkemizde bulunan krom atıklarına genel olarak bakıldığında krom ihtivasının yüksek olduğunu görmek mümkündür. Kromun kullanım alanları düşünüldüğünde yüksek tenörlü krom yataklarının azaldığı gibi zamanla düşük tenörlü krom yatakları da azalacak ve şuan atık olarak isimlendirilen cevher

değer kazanacaktır. Kromit atıklarının günümüz şartlarında ekonomik olarak kazanılabilmesi için kapsamlı deneysel çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, Ş., Kayseri-Adana Arasındaki Doğu Toroslar Bölgesi'nin Jeolojisi Hakkında Rapor. **MTA Derleme No: 3264**, Ankara, 1962.
- Ağaçayak, T., Topraktepe (Yeşildağ – Beyşehir –Konya) Kromitlerinin Zenginleştirme Yöntemlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, s. 7-20, 2004
- Ağaçayak, T., Zedef, V., Aydoğan, S., Benefication of low-grade chromite ores of abandoned mine at Topraktepe, Beyşehir, SW Turkey, **Acta Mantanistica Slovaca.**, 2007.
- Aytekin, Y. 1988, Maden Mühendisliğine Giriş, **D.E.Ü.**, s. 171-179, İzmir.
- Bağcı, U., Musalı (Mersin) Bölgesindeki Kromit Yataklarının Mineralojisi ve Petrografisi, Yüksek Lisans Tezi, **M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Mersin, s. 11, 1998.
- Serter, N., Pozantı-Karsantı (Aladağ) Yöresi Düşük Tenörlü Kromitlerinin Zenginleştirilme Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, **Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, s. 38, 1998.
- Bayat, O., Cevher Hazırlama Zenginleştirme Laboratuvarı Ders Notları (**Yayınlanmamış Rapor**), Çukurova Üniversitesi, 1 – 2.-- Şubat 2009, Metalik Cevherleri Zenginleştirme Yöntemleri Ders Notları (**Yayınlanmamış Rapor**), Çukurova Üniversitesi, 2009
- Celep, O., Alp, İ., Deveci, H., Vıcıl, M. ve Yazıcı, E., Recovery of Gold From Mastra (Gümüşhane) Ore Using Centrifugal Gravity Concentrators, **10. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, İzmir, 27-33, 2004.
- Çetinkaya, F., Kavak-Krom Artıklarının Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **O.G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, s. 8-11-15, 2004
- Çilingir, Y., 1990, Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri, Cilt-1, **D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Yayını**, İzmir, s.3-19.
- Deniz, V., Burdur-Yeşilova Yöresi Kromitlerinin Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, **O.G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, s. 94.
- Deniz V., Özdağ H. ve Yamık A., 1993; Burdur-Yeşilova yöresi Kromitlerinin Zenginleştirilebilirliği, **Ç.Ü. Madencilik Bilim ve Teknolojisi Dergisi**, Cilt 1, Sayı 1, Sivas.

Gül, A., Yüce, A.E., Güney, A., Gürkan, V., Arslan, F., Önal, G., 1995, Adana-Karsantı Bölgesi düşük tenörlü kromit cevherlerinin değerlendirilmesi, **Türkiye 14. Madencilik Kongresi**

Gence, N., 1985, Elazığ Kafdağı Kromitlerinin Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, **O.G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, s. 15-32, 1985.

Güney, A., Etibank Üçköprü Krom Zenginleştirme Tesisi Artıklarından Küçük Boyutlu Kromitin Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s. 15-24-48, 1990.

Krom Raporu (Taslak), **TMMOB**, 2011.

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, **D.P.T**, Ankara, 2001.

Önal, G., Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri, **İ.T.Ü. Matbaası**, İstanbul, 1980.

Önal G. ve Güney A., Türkiye’de Krom Madenciliği, **Akdeniz Üniversitesi VI. Mühendislik Haftası Tebliğleri**, Isparta, 1990.

Özdağ, H., Cevher Hazırlama Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2001.

Özkoçak O., Alpin Tipindeki Kromit Yataklarının Özellikleri, **Madencilik Dergisi Cilt 11, Sayı 2**, 1972

Samanlı, S., Kromit Tesis Artıklarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, **D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, s. 63, 1998.

Serter, N., 1998, Pozantı-Karsantı (Aladağ) Yöresi Düşük Tenörlü Kromitlerinin Zenginleştirilme Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, **Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, s.38, 1998.

Şatır, M., Etibank – Elazığ (Guleman) Şark Kromları İşletmesi Kef Konsantratörünün İyileştirme Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, **S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta, s. 9-14, 1996.

TMMOB Madencilik Sektörü Yayını, **TMMOB**, 2002.

Turgut, B., Düşük Tenörlü Karaburhan Kromitlerinin Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, **A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, s. 12, 1995.

Tümüklü, A., Mazmılı (Pozantı-Karsantı Ofiyolitik Masifi) Yöresindeki Kromit Cevherleşmelerinin Jeolojik-Metalojenik Ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, **Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, s. 149, 2005

U.S.G.S.,2002, *U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries*, January, USA.

Zedef, V., Maden Yatakları Ders Notları, *S.Ü. Maden Müh. Bölümü*, Konya, 1995

Yüce, A.E., Güney, A., Önal, G., Üçköprü krom artıklarından geri kazanım ve atık alanının rehabilitasyonu, *Madencilik ve Çevre Sempozyumu*, Ankara, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Yusuf Özkan 27.05.1982 tarihinde Tokat'ta doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Tokat'ta tamamladı. 2000 yılında girdiği Selçuk Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden Haziran 2005'te mezun oldu. 2006-2007 yılları arasında Özgün Mermer'de mühendis olarak çalıştı. 2007 yılında girdiği Elmacı Madencilik firmasında halen mühendis olarak çalışmaktadır. Kasım 2013'te Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamladı.

