

KARASU SAHİL KUMLARINDAN AĞIR MİNERALLERİN KAZANILMASI

Tuğçe Hilal ALAGÖZ

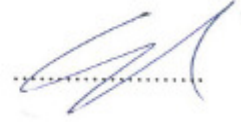
**Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**ZONGULDAK
Eylül 2013**


KABUL:

Tuğçe Hilal ALAGÖZ tarafından hazırlanan "KARASU SAHİL KUMLARINDAN AĞIR MİNERALLERİN KAZANILMASI" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20/09/2013

Başkan: Prof. Dr. Sait KIZGUT (BEÜ)



Üye : Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ (İTÜ)



Üye : Prof. Dr. İhsan TOROĞLU (BEÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. .../.../2013



Prof. Dr. Şadi ŞEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Tuğçe Hilal ALAGÖZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARASU SAHİL KUMLARINDAN AĞIR MİNERALLERİN KAZANILMASI

Tuğçe Hilal ALAGÖZ

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sait KIZGUT

Eylül 2013, 61 sayfa

Bu yüksek lisans tezinde; Karasu sahil kumunun içindeki ağır mineraller değerlendirilmiştir. -1mm+0,600 mm, -0,600+0,300 mm ve -0,300 mm olmak üzere üç farklı boyut grubunda çalışılmıştır. Bu ürünler ilk olarak düşük alan şiddetli manyetik ayırıcıda zenginleştirilmiştir. Manyetik ve nonmanyetik olmak üzere iki ürün alınmıştır. Nonmanyetik ürün, sallantılı masada zenginleştirilmiştir. Ağır ve hafif ürün elde edilmiştir. Ağır ürün 1,2 ve 2,9 amperlerde yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıda zenginleştirilmiştir. Burdan 2,9 amperdeki nonmanyetik ürün alınarak elektrostatik ayırıcıda zenginleştirilmiştir. Son olarak, her zenginleştirme aşamasından sonraki ürünlerin kimyasal analizi yaptırılmıştır. Zenginleştirme öncesi ve sonrasındaki TiO_2 , ZrO_2 , Fe_2O_3 ve SiO_2 % içeriğine bakılarak ürünlerde yeterli verim elde edilip edilmediği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karasu sahil kumları, ağır mineraller

Bilim Kodu: 607.02.03

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

RECOVERY OF HEAVY MINERALS FROM KARASU BEACH SANDS

Tuğçe Hilal ALAGÖZ

Bülent Ecevit University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Thesis Advisor : Prof. Dr. Sait KIZGUT

September 2013, 61 pages

In this thesis, Karasu Heavy minerals in beach sand were examined. -1+0,600 mm, -0,600+0,300 mm, -0,300 mm were grouped in three different size groups. These products were separated at a low-gradient magnetic separator firstly. Magnetic and non - magnetic products were obtained. Non - magnetic product was enriched by using a shaking table. The heavy and light products were obtained. The heavy product was enriched at 1, 2 and 2,9 amperes by using a high-gradient magnetic separator. The non-magnetic product of 2,9 ampere was re-concentrated with an electrostatic separated. Chemical analyses of the products were realized. Concentration rates were evaluated according to TiO₂, ZrO₂, Fe₂O₃, SiO₂ contents of feeds and enrichment products.

Keywords: Karasu beach sands, heavy minerals

Science Code: 607.02.03

TEŞEKKÜR

Deneysel çalışmalarda bana gerekli çalışma ortamı ve bilgileriyle yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Sait KIZGUT (BEÜ)'a teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarda ihtiyaç duyduğum her konuda bana yardımcı oldukları için Prof. Dr. İhsan TOROĞLU (BEÜ), Doç. Dr. Dilek ÇUHADAROĞLU (BEÜ), Uzman Serdar YILMAZ (BEÜ), Arş. Görevlisi Barış AKKAYA (BEÜ), Arş. Görevlisi Mehmet BİLEN (BEÜ)'ne teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarda laboratuvarlarını bana açtıkları, gerekli cihazları kullanmamı sağladıkları için İstanbul Teknik Üniversitesi Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümüne, Prof. Dr. Ayhan Ali SİRKECİ (İTÜ)'ye Prof. Dr. Ali Haydar GÜLTEKİN (İTÜ)'ne teşekkür ederim.

Kimyasal analiz deneylerini yapan Eren Enerji Elektrik Üretim A.Ş.'ye, laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Bugüne kadar ki hayatım boyunca her an yanımda olduklarını bildiğim, benden maddi manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 KONUNUN ÖNEMİ VE MADENCİLİKTEKİ YERİ	1
BÖLÜM 2 KUM YATAKLARININ OLUŞUMU	3
2.1 PLASER YATAKLARIN SINIFLANDIRILMASI	4
2.1.1 Ana Kayaca göre Sınıflama	4
2.1.2 Plaser Yataklarının Oluşumuna göre Sınıflama	4
2.2 DENİZEL PLASERLERİN OLUŞUMU	8
2.3 PLASER YATAKLARINDA OLUŞAN MİNERALLER	8
BÖLÜM 3 KUM YATAKLARI	10
3.1 DÜNYA KUM YATAKLARI	10
3.1.1 Yamaç Yataklar	10
3.1.2 Alüvyal Yataklar	10
3.2 TÜRKİYE KUM YATAKLARI	10

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
3.1.1 Titanyum Yatakları	11
3.1.2 Krom Yatakları.....	11
3.1.3 Zirkon Yatakları	12
3.1.4 Alüvyal Altın Yatakları	13
3.1.5 Yamaç Demir Yatakları	14
3.1.6 Yamaç Barit Yatakları.....	15
BÖLÜM 4 KUMLARIN ZENGİNLEŞTİRİLME YÖNTEMLERİ.....	16
4.1 SALLANTILI MASA İLE ZENGİNLEŞTİRME	16
4.2 MANYETİK AYIRMA İLE ZENGİNLEŞTİRME.....	19
4.2.1 Genel Prensipler	20
4.2.2 Manyetik Ayırmanın Uygulama Alanları	22
4.2.3 Manyetik Ayırıcı Çeşitleri.....	23
4.3 ELEKTROSTATİK AYIRICI İLE ZENGİNLEŞTİRME.....	32
4.3.1 İletim ile Yükleme.....	34
4.3.2 Sürtünme ile Yükleme.....	36
4.3.3 İyon Bombardımanı ile Yükleme.....	37
4.4 SAHİL KUMLARININ ZENGİNLEŞTİRMESİNİ YAPAN FİRMALAR.....	37
BÖLÜM 5 KARASU SAHİL KUMLARI İLE İLGİLİ DENEYSEL ÇALIŞMALAR	41
5.1 ÇALIŞMA ALANININ GENEL KONUMU	41
5.2 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....	41
5.3 SAHİL KUMU NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI	41
5.4 TÜVENANIN KİMYASAL ANALİZİ	42
5.5 ÇALIŞMA YÖNTEMİ	42
5.6 ELEK ANALİZİ	44
5.7 DÜŞÜK ALAN ŞİDDETLİ MANYETİK AYIRMA	46
5.8 SALLANTILI MASA	48
5.9 YÜKSEK ALAN ŞİDDETLİ MANYETİK AYIRMA.....	50
5.10 ELEKTROSTATİK AYIRMA	53

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Sallantılı masa ve malzeme hareketi	17
4.2 Katlı sallantılı masa	18
4.3 Bartles - Mozley zenginleştirme masası.....	18
4.4 Manyetik ayırıcıların kullanım alanları.....	22
4.5 Sabit mıknatıslı tamburlu kuru manyetik ayırıcı.....	25
4.6 Bant tipi manyetik ayırıcı	26
4.7 Düşük alan şiddetli tambur tipi yaş manyetik ayırıcı	27
4.8 Düşük alan şiddetli tambur tipi yaş manyetik ayırıcının çalışma prensibi.....	27
4.9 Tambur tipi ayırıcılarda mıknatıs kutuplarının yerleşimi	28
4.10 Rulo tipi üç ürünlü RE (Rare - Earth) manyetik ayırıcısı	29
4.11 Karosel tipi manyetik ayırıcının çalışma prensibi.....	29
4.12 Hazne tipi manyetik ayırıcının çalışma prensibi	30
4.13 Süper iletkenli manyetik ayırıcı	31
4.14 Eddy-Akımlı manyetik ayırıcı	31
4.15 Mineral tanelerinin topraklanmış metalik yüzeyler üzerindeki durumları.....	33
4.16 Plakalı ve elekli elektrostatik ayırıcılar	34
4.17 Carpco elektrostatik ayırıcısı.....	35
4.18 İletimle yükleme ve ayırma yönteminin şematik görünümü.....	35
4.19 Sürtünme ile yükleme yöntemine göre çalışan kamara tipi elektrostatik ayırıcının şematik görünümü	36
4.20 Associated Minerals Consolidated Ltd. şirketinin akım şeması	37
4.21 Yakataga (Alaska) sahil kumlarının zenginleştirilmesi	38
4.22 Bradfield Canal (Alaska) sahil kumlarının zenginleştirilmesi	39
4.23 Tyonek (Alaska) sahil kumlarının zenginleştirilmesi	40
5.1 Karasu sahil kumu zenginleştirme uygulaması	43
5.2 Düşük alan şiddetli tamburlu manyetik ayırıcı	47
5.3 Sallantılı masa	48
5.4 Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcı	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
5.5	Elektrostatik ayırıcı	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Plaser yataklarında bulunması olası bazı mineraller	9
3.1 Kumbaba sahil kumlarının ortalama kimyasal bileşimi	12
4.1 Minerallerin manyetik duyarlılıkları	20
4.2 Endüstride kullanılan ticari yaş ve kuru, yüksek ve düşük alan şiddetli manyetik ayırıcı tipleri	24
4.3 Önemli iletken ve yalıtkan mineraller	32
5.1 Tüvenanın kimyasal analiz sonuçları	42
5.2 Elek analizi	44
5.3 Tüvenanın kimyasal analiz sonuçları	44
5.4 % SiO ₂ kazanma verimi	45
5.5 % TiO ₂ kazanma verimi	45
5.6 % Fe ₂ O ₃ kazanma verimi	46
5.7 % ZrO ₂ kazanma verimi	46
5.8 Manyetik ayırma deneyi sonuçları	47
5.9 Manyetik ürünlerin kimyasal analizi	47
5.10 Sallantılı masa deney sonuçları	48
5.11 - 1 mm + 0,600 mm ağır ve hafif ürünün kimyasal analiz sonuçları	49
5.12 - 0,600 mm + 0,300 mm ağır ve hafif ürünün kimyasal analiz sonuçları	49
5.13 - 0,300 mm ağır ve hafif ürünün kimyasal analiz sonuçları	50
5.14 - 0,600 mm + 0,300 mm deney sonuçları ve kimyasal analizi	51
5.15 - 0,300 mm deney sonuçları ve kimyasal analizi	51
5.16 - 0,600 + 0,300 mm için % Fe ₂ O ₃ , ZrO ₂ ve TiO ₂ kazanma verimleri	52
5.17 - 0,300 mm için % Fe ₂ O ₃ , ZrO ₂ ve TiO ₂ kazanma verimleri	52

EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

Sayfa

EK A	Kimyasal analiz sonuçları	56
------	---------------------------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

F_m = Manyetik kuvvet

H = Manyetik alan şiddeti

I = Akım şiddeti

k_m = Mineralin manyetik duyarlılığı

k_o = Ortamın manyetik duyarlılığı

L = Bobin uzunluğu

n = Sargı sayısı

μm = Mikron

V = Mineral tanesinin hacmi

KISALTMALAR

$\frac{db}{dx}$ = Alan gradyanı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sahil kumlarının zenginleştirilmesi, bu kumlardan ağır minerallerin kazanımı gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Sahil kumlarının işletilmesi ve değerlendirilmesi; delme patlatma, kırma öğütme gibi işlemleri içermemesi sebebiyle diğer işletme yöntemlerinden oldukça kolaydır.

Sahil kumlarından manyetit, kromit, zirkon, monazit, ilmenit, rutil, kuvars kumu gibi mineraller elde edilebilir. Bu minerallerin kullanım alanları oldukça geniştir. Manyetit, pusula yapımında, elektrik, elektronik, motorlu taşıtların motor aksamı imalat sanayisinde; kromit, metalurji, kimya, refrakter, uçak ve gemi sanayisinde, paslanmaz çelik yapımında; zirkon, refrakter, cam, seramik, döküm sanayisinde, diş hekimliği uygulamalarında; monazit, metalurji, seramik, cam, tekstil sanayisinde; ilmenit, kaynak elektrotları yapımında, metal endüstrisinde; rutil, boya, refrakter, pigment, kağıt, gıda endüstrisinde; kuvars kumu, cam, çimento, detarjan, seramik, boya ve metalurji sanayisinde kullanılır.

Sahil kumlarının ancak plaser işletmeciliğinin çevre yönünden, turistik açıdan sakıncalı olacağı akla gelebilir. Bunun tersine hem sahiller temizlenir hem de hafif mineraller tekrar sahile bırakılarak doğal denge sağlanabilir. Bununla birlikte sahil yerlerinin turistik açıdan değerlendirilmesi, iyi organize edilmiş plaser madenciliği ile olur.

1.1 KONUNUN ÖNEMİ VE MADENCİLİKTEKİ YERİ

Madencilik işlemleri yerüstü ve yeraltı işlemleri olmak üzere iki türlü yapılır. Yerüstünde bulunan cevherler açık işletme yöntemiyle üretilir. Açık işletmenin yeraltına göre avantajları; emniyet açısından, işyeri denetiminin kolaylığı, sadece gece aydınlatma yapılması, tahkimat yapılmasına gerek olmaması, üretim kayıplarının az olması, havalandırma sorununun olmaması şeklinde sıralanabilmektedir.

Karasu sahil kumlarının açık işletme yöntemiyle işletilmesinin avantajı yanında, delme patlatma işlemlerinin yapılmasına gerek olmaması, iyi bir planlama ile hızlı bir şekilde üretime geçilmesi sağlanabilecektir. Bununla birlikte işletme aşamasından sonra yapılacak rehabilite çalışmaları daha kolay olacaktır.

Karasu sahil kumlarının ağır minerallerinin kazanılması konulu yüksek lisans tezi altı ayrı bölümde incelenmiştir.

İlk bölümde, sahil kumlarının zenginleştirilmesinin önemi, sahil kumlarında bulunan minerallerin kullanım alanları, konunun önemi ve madencilikteki yeri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, kum yataklarının oluşumu, kum yataklarının sınıflaması, denizel yatakların oluşumu ve plaser yataklarında oluşan minareler anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, Türkiyedeki ve Dünyadaki kum yatakları anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, kumların zenginleştirme yöntemleri anlatılmıştır. (Manyetik ayırıcı, sallantılı masa ve elektrostatik ayırıcı çeşitlerine değinilmiştir.)

Beşinci bölümde, Karasu sahil kumlarının ağır minerallerinin kazanılması ile ilgili yapılan deney çalışmaları anlatılmıştır.

Son bölümde ise sonuç ve öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM 2

KUM YATAKLARININ OLUŞUMU

Farklı türdeki birincil kaynağın oluşması ayrışması sonucu serbest kalan mineraller büyük çoğunlukla akarsu, rüzgar, buzullar ve dalgalarla taşınarak derişimleri için uygun koşulların sağlandığı ortamlarda birikir ve zenginleşirler. Kayaçlardaki mineraller için yoğunluklarından yararlanarak uygulanan zenginleştirme işlemleri kırma, öğütme, eleme ve mineral ayırma gibi büyük maddi giderler gerektirirken, plaserlerde bu tür işlemler doğada kendiliğinden oluşmaktadır (Aykol ve Gültekin, 1992).

Plaser yatakların evriminde iki büyük dönem söz konusudur. Birincisi, ayrışmaz ve ayrışması güç minerallerin içinde buldukları kayaçlardan serbest kalmasıdır. Bu, genel ayrışma olaylarının sonucu olarak meydana gelmektedir. İkincisi ise, serbest kalan minerallerin su veya atmosferik etkiyle taşınarak birikimidir. İkinci dönemde bir plaser yatağının oluşabilmesi için kayaçlardan serbest kalan minerallerin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir (Gümüş, 1979).

1. Yüksek yoğunluk,
2. Kimyasal ayrışma olaylarına dayanıklılık,
3. Sert olması.

Bir plaserin oluşumuna etki eden öteki faktörler de şöyle sıralanabilir (Kun, 1962).

1. Ana kaynağın büyüklüğü,
2. Ana kaynağın içindeki kıymetli mineral miktarı,
3. Gangın sertliği ve direnci,
4. Orijinal tane boyutu,
5. İklim şekli ve iklim duyarlılığı,
6. Orografi ve eğim,
7. Hidrografik sistemler ve tektonik olaylar.

2.1 PLASER YATAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

Plaser yataklarının sınıflanması ana kayaca göre ve oluşumlarına göre yapılabilir.

2.1.1 Ana Kayaca göre Sınıflama

Plaser yatakları oluşturan minerallerin gelebileceği jeolojik ortamları ve oluşukları aşağıdaki gibi toplayabiliriz (Gümüş, 1979).

1. İşlenebilir cevher yatakları (Örneğin: Divriği manyetit yatakları).
2. Ekonomik değeri olmayan damar ve mineral kütleleri (Örneğin: Malezya kasiterit damarcıkları).
3. Kayaç içinde geniş aralıklarla saçılmış cevher mineralleri (Örneğin: Urallar'da ultrabazik kayaç içindeki platin saçınımları).
4. Kayaç yapan manyetit, ilmenit, zirkon, monazit, ve benzeri mineraller (Örneğin: Doğu Karadeniz kıyı bazalt ve tefritleri).

2.1.2 Plaser Yatakların Oluşumuna göre Sınıflama

Plaser yataklarının oluşumuna göre sınıflama aşağıdaki gibi yapılabilir (Gümüş, 1979).

1. Yamaç plaser yatakları,
2. Akarsu plaser yatakları,
3. Kıyı plaser yatakları,
4. Rüzgar plaser yatakları,
5. Buzul plaser yatakları.

1. Yamaç plaser yatakları :

Bunlar yamaç ve tepelerde mostra veren (yüzeyleyen) maden yataklarından fiziksel parçalanma sonucu kopan parçaların, herhangi bir kimyasal ayrışma göstermeksizin sadece fiziksel olarak boyut küçülterek yamaçtan aşağıya doğru akarsu veya rüzgarın etkisi olmadan yuvarlanarak, tepenin yamaç veya eteğinde birikmesiyle oluşurlar. Yamaç plaser yatakları, birincil yatak ile akarsu ve rüzgar plaserlerinin arasında bir geçit gibidir. Oluşumlarında iki yol izlenmiştir.

Birinci yol; yamaçtan akan yağış suları plaserin (parçalanmış kütlelerin) ince ve hafif kısımlarını alıp götürür. Geriye kalan cevher mineralleri de böylece zenginleşmiş olur. Örneğin, Urallar'ın platin plaserleri, Yeni Kaledonya'nın kromit plaserleri gibi. Kurak iklimlerde ise, ince - hafif malzeme rüzgarla taşınır ve yine aynı sonuca ulaşılır. Örneğin, Batı Avusturalya altın yatakları, Güney Afrika elmas yatakları, Fransız Sahrası kalay yatakları.

İkinci yol; cevhersiz kısımlar kimyasal olarak ayrışıp, bir kısım elementler çözünerek ortamdan ayrılırken, geriye kalan ağır ve dayanıklı cevher mineralleri zenginleşir ve yamaç plaser yatağı oluşturur. Örneğin, bir kısım demirli lateritlerde kromit zenginleşmesi ve killeşmiş kristalen kayalar üzerinde altın zenginleşmesi bu duruma örnek verilebilir.

Görüldüğü gibi kalıntı (rezidüel) yataklar ile yamaç plaser yataklar arasında kesin bir sınır çizmek kolay değildir. İşletilebilecek değerde olabilecek bu yatakların oluşması oldukça nadirdir. Ancak oluşum ne kadar ufak olursa olsun, ana yatağa çok yakın olması ana veya kaynak cevherin yerini saptamada yardımcı olacağından önem kazanır. Yamaç plaseri olarak oluşan başlıca yataklar aşağıda verilmiştir (Gültekin, 2012).

Altın..... (Brezilya, Güyam, Avustralya, Yeni Kaledonya)

Platin..... (Urallar, Habeşistan)

Kasiterit.....(Tasmanya, Malezya, Endonezya)

Kromit(Yeni Kaledonya)

2. Akarsu plaser yatakları :

En önemli kırıntı yataklarıdır. Akarsu yataklarının oluşması için bazı kurallar vardır, bu kurallar aşağıda özetlenmiştir (Gültekin, 2012).

1. kural : Şekilleri aynı olan taneler üzerinde akarsuyun etkisi, tanelerin yoğunluk ve hacimlerinin bir fonksiyonu olarak değişir.

Yoğunluğun etkisi (triyaj) : Aynı boy ve şekilde olan iki taneden ağır olan daha çabuk çöker. Örneğin altın ($d = 19$) kuvarstan ($d = 2,6$) daha çabuk çöker.

İriliğin veya tane çapının etkisi (kalibraj) : Çökeltmede son derece önemlidir. Buna göre, aynı ağırlıkta olan küresel tanelerden, çapı küçük olan küresel tane daha hızlı çöker. Eğer ağır mineraller toz ve çok ince zerreler halinde ise suyun üzerinde en son varış yerine kadar taşınır ve hafif minerallere karışarak çöker.

2. kural : Bir mineral tanesi, akıntı hızı ne kadar fazla ise o kadar uzağa gider. Akıntı hızı azaldığı zaman, taneler dibeye düşer. Burada suyun düzgün rejimde akışından çok girdaplı akışın rolü vardır. Girdaplı rejimler doğada yaygındır ve daima bir engelin arkasında oluşur. Girdap hattı boyunca yukarıya ve yana hareketler oluşur. Böylece yatak üzerindeki mineral kırıntıları tümü ile emilerek yukarıya doğru çekilir ve su içinde asılı hale geçerler. Taneler buradan daha az hızlı ve daha az girdaplı olan yan bölgelere geçerler ve akarsuların hızı ve girdabı azaldığı zaman kenar şeritlerde çökerler.

3. kural : Ağır minerallerin çok zengin birikintilerine, ana kayanın sağlam tabanı yüzeyindeki girinti - çıkıntılarda veya ayrılmış üst kısım içinde rastlanır. Bu olay, su ile doygun iri çakılların arasındaki boşluklarda tutulmuş ağır tanelerin aşağıya doğru inmesi ile açıklanır.

4. kural : Plaserlerde, tanelerin boyu dipten, aşağıdan yukarıya doğru küçülür.

Bütün bu etmenler göz önüne alındığında akarsu kırıntı yataklarının oluşmasına en uygun yerler :

1. Akıntının ne hızlı ne yavaş olduğu akarsuyun orta veya üst aşağı mecrası
2. Akarsuyun hızının kesildiği yerler
 - a. Mendereslerde
 - b. Akarsu kavşaklarında
 - c. Akarsuyun genişlediği yerlerde
 - d. Akarsu kordonlarında
 - e. Akarsuyun üzerinde aktığı kayadaki doğal engellerin bulunduğu yörelerde
 - f. Akarsu eğiminin düştüğü yerlerde (6° - 7° eğimlerde)
 - g. Su taşkınlarının olduğu yerlerde

Akarsu kırıntı yataklarında en çok görülen mineraller :

- Altın : Çok küçük pulcuklar şeklindedir (Altın unu). Kaliforniya, Alaska, Avustralya, Sibirya, Yeni Gine, Orta Afrika (Rand), Türkiye (Manisa, Kars). Bu tür yataklarda $0,15 - 0,25 \text{ gr/m}^3$ Au ekonomiktir.
- Platin : Çok küçük pulcuklar şeklindedir (platin unu). Bulunduğu yerler; Güney Afrika, Kolombiya, Tasmanya. Bu tür yataklarda $0,10 - 0,15 \text{ gr/m}^3$ Pt ekonomiktir.
- Kasiterit : Yuvarlak, çok ince kum taneleri biçiminde bulunur. Bulunduğu yerler: İngiltere (Cornwall), Malezya, Endonezya, Nijerya, Kongo, Çin, Fransa. Bu tür yataklarda $0,3 - 0,5 \text{ kg/ton}$ Sn, kasiterit içinde ekonomiktir.
- Elmas, Yakut, Safir : Değişik boy ve tanelerde bulunabilir. $0,7 \text{ karat/m}^3$ elmas ekonomiktir. Bulunduğu yerler : Seylan ve Keşmir (Hindistan), Kongo (Zaire), Brezilya, Güney Afrika.
- Rutil ve zirkon : Ufak, yavarlak taneler halinde ve genellikle birlikte bulunurlar. Buldukları yerler : Kamerun ve Büyük Menderes (Aydın, Manisa).

3. Kıyı plaser yatakları :

Bu tür yatakların oluşumunda dalgaların, dalga kıranların ve iç akıntıların etkisi vardır. Dalgalar kıyıya taşıdıkları malzemeden hafif olanları, geriye çekildiğinde birlikte geriye, daha derine çeker; ağır ve iri olanlar kıyıda kalır. Böylece ağır ve hafif, ince ve kaba taneler birbirinden ayrılmış olur ve ayrı ayrı çöküp depolanırlar. Kıyı plaserlerinin en önemlileri (Gültekin, 2012) :

- Altın (Alaska)
- Elmas (Güney Afrika)
- Rutil ve zirkon (Brezilya)
- İlmenit ve manyetit (Doğu Karadeniz, Yeni Zellanda, Hindistan, Senegal)
- Monazit (Şili, Brezilya, Hindistan, Florida, Madagaskar)
- Kromit (Yeni Kaledonya).

4. Rüzgar plaser yatakları :

Yağışın az olduğu bölgelerde, özellikle çöllerde tamamıyla fiziksel etmenlerle bağlı ayrışmanın etkisinde meydana gelirler. Buralarda ayrışan malzemeyi akarsuların yerine rüzgarlar taşır. Örneğin, Avustralya'da çöl koşullarında ayrışmış altın bu şekilde rüzgarlarla taşınarak kırıntı yataklar şeklinde zenginleşmiştir. Benzer oluşumlar Meksika ve Aşağı Kaliforniya'da görülmektedir (Gültekin, 2012).

5. Buzul plaser yataklar :

Buzulların taşıdığı morenler içinde cevherli iri parçalar olabilir. Bu malzemelerin buzulun eridiği yörelerde bırakılmasıyla buzul plaserleri oluşabilir. Bunların sonradan akarsularla yıkanmasıyla daha zengin kırıntı yataklar oluşabilir. Bu tür plaser yataklar diğer plaser yataklara göre daha az önemlidir.

2.2 DENİZEL PLASERLERİN OLUŞUMU

Kıyılarda dalgalar, tanelerin tıpkı jig içinde olduğu gibi ardışıklı olarak bir aşağıya, bir yukarıya hareketini sağlar. Bununla beraber dalgaların oluşturduğu birikim olayı gerçekte daha da karmaşıktır. Dalgalar çekildiği zaman, hafif malzemeler eğik bir düzlem üzerinde denize doğru gerilerler. Kıyı akıntıları, tane sıralanışında önemli rol oynar.

Kıyıda özellikle gel - git olayı sırasında, yüzeyde ve taban kaya üzerinde yığılımlar çökelir. Yığılımların mineraller daha çok kıyıdaki oluşumdan elde edilir. Bu durumun örnekleri olarak bazalt lavları ile örtülü Doğu Karadeniz kıyılarında manyetit içeren siyah kumları, Batı Karadeniz kıyılarındaki Şile Yöresinde asidik tüf ve lavlardan gelen kumları sayabiliriz (Gümüş, 1979).

2.3 PLASER YATAKLARINDA OLUŞAN MİNERALLER

Bir minerallerin plasere göç edip, orada birikimler meydana getirmesi; gang ile özgül ağırlık farkına, sertliğine, çözülmesine ve derişimine bağlıdır. Plaser yataklarda bulunması olası mineraller Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Plaser yataklarında bulunması olası bazı mineraller (Gümüş, 1979).

Mineraller	Kimyasal formül	Yoğunluk (g/cm ³)
Altın	Au	19,3
Barit	BaSO ₄	4,5
Elmas	C	3,51
Gümüş	Ag	10,5
Hematit	Fe ₂ O ₃	5,2
İlmenit	FeTiO ₃	4,75
Kasiterit	SnO ₂	7
Kromit	FeOCr ₂ O ₃	4,6
Kuvars	SiO ₂	2,65
Manyetit	Fe ₃ O ₄	5,1
Monazit	(Ce, La, Y, Th) PO ₄	4,60 - 5,40
Platin grubu	Pt, Os, Lr	14 - 20
Rutil	TiO ₂	4 - 5,50
Wolframit	(Fe, Mn) WO ₄	6,7 - 7,5
Zirkon	ZrSiO ₄	4,7
şeelit	CaWO ₄	5,9 - 6,1

BÖLÜM 3

KUM YATAKLARI

3.1 DÜNYA KUM YATAKLARI

Dünyadaki kum yatakları yamaç ve alüvyal yatakları olmak üzere ikiye ayrılır.

3.1.1 Yamaç Yataklar

Yamaç yataklar, birincil yatak ile akarsu ve rüzgar plaserleri arasında bir geçit gibidir. Yamaçtan akan yağış suları yamacın ince hafif kısımlarını akıp götürür. Geriye kalan cevher mineralleri de böylece zenginleşmiş olur. Bu yataklara örnek, Urallar'ın plantinlerini ve Yeni Kalodonya kromitlerini verebiliriz. Kurak iklimlerde ise, ince ve hafif malzeme rüzgarlarla taşınır ve yine aynı sonuca ulaşılır. Bu yatak tiplerine örnek olarak Batı Avustralya altın yatakları, Güney Afrika elmas yatakları ve Fransız Sahrası kalay yataklarını verebiliriz.

3.1.2 Alüvyal Yataklar

Alüvyal yataklarda, az çok uzun süre taşınma esastır. Ekonomik yönden en önemlileri akarsu plaserleri ve denizel plaserleridir. Rusya'daki ilmenitli kumlarını, Güney Afrika'nın Witwatersrand altın ve uranyum yataklarını örnek olarak verebiliriz.

3.2 TÜRKİYE KUM YATAKLARI

Türkiye sahil kumları açısından zengin bir ülkedir. MTA kayıtlarına göre ülkemizin kuvars kumu rezervleri 1,3 milyar tondur. Bunun % 50'si İstanbul - Şile civarındadır. Ayrıca Sinop, Ankara, Tekirdağ, Zonguldak'ta kuvars kumu rezervleri vardır (DPT, 2006).

Mineral içeriklerine göre plaser yataklar altı grupta incelenebilir. Bunlar; titanyum yatakları, krom yatakları, zirkon yatakları, altın yatakları, demir yatakları ve barit yataklarıdır.

3.2.1 Titanyum Yatakları :

Türkiye’de titanyum için işletilen bir yatak bulunmamakla birlikte yan ürün olarak titanyum mineralleri bazı ekonomik yataklar içinde ve kayalarda değişik miktarlarda bulunmaktadır.

Karadeniz özellikle Doğu Karadeniz kıyı plaserleri esas olarak manyetit içerirler. Kıyı boyunca yerleşmiş olan kayalardan beslenen saha, manyetit dışında ilmenit, lökoksensli titanomanyetit, rutil, kromit, ojit ve hornblend gibi mineralleri de farklı oranlarda içerirler. Kimyasal analiz sonuçlarına göre kumlar ortalama % 58 Fe, % 6 - 7 TiO₂ değerleri verir. Özellikle Çarşamba Ünye’ de % 6 - 9 TiO₂ tenörlü 80 milyon tonluk bir titanyum rezervinden söz edilmektedir. Kıyıya akarsularca taşınmış olan kırıntılar, Çarşamba ovasında olduğu gibi yer yer deniz etkisi ile tekrar derişmişlerdir. Doğu Karadeniz kumları içermiş oldukları koyu renkli mineraller nedeni ile siyah renklidir (Aykol ve Gültekin, 1992).

Titanyum açısından var olan diğer bir saha Menderes Masifi ile Küçük Menderesin denize döküldüğü Pamucak kıyısıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, Menderes Masifindeki derelerin alüvyonları içinde önemli titanyum potansiyeli ortaya koymuştur. Esas mineral rutildir. 90 milyon metrik tonluk görünür ve muhtemel bir rezervden söz edilmektedir. Yer yer dereler içinde iri taneli rutilere rastlanılmaktadır. Birincil kayalar Menderes Masifi metamorfikleridir. Küçük Menderesin denize döküldüğü Pamucak’ta kıyı boyunca yataklanmış ince kumlu malzeme içinde % 3 - 4 TiO₂ değerleri bulunmuştur. Tane boyu bakımından % 80’ni 0,148 mm’nin altında olduğu bu kumlar, titanyum minerali olan rutilden başka ilmenit, grona, turmalin, zirkon, disten, manyetit gibi ağır mineraller içerirler (Aykol ve Gültekin, 1992).

3.1.2 Krom Yatakları :

Muğla Köyceğiz ve Meşebükü, Karlıkgedik, Kızılcık, Osmanlarköy ve Karain yöresindedir. Ayrıca Elazığ Guleman’da, Erzurum Narman ilçesinde ve Kopdağı yöresinde yamaç kromit plaserlerine rastlanılmaktadır. Bu oluşumlar esas itibarıyla birincil yataklarla ilişkilidir ve birlikte işletilirler. Plaser yönüyle önemleri azdır.

3.1.3 Zirkon Yatakları :

Sahil kumları içinde yer yer önemli miktarlarda derişmiş zirkona rastlanılmaktadır. Bu tortullar içinde zirkon çoğunlukla manyetit, ilmenit, rutil gibi ağır minerallerle birlikte izlenir. İnce boyutta zenginleşme yatkınlığı sahil kumlarında oldukça belirgin bir özelliktir. Zirkon çoğunlukla prizmatik, küt ve ince uzun kristaller halinde teşekkül etmiştir.

Karadeniz sahil kumları ile Ege Bölgesindeki denize dökülen akarsuların taşıdığı tortulların oluşturduğu deltalarda önemli zirkon potansiyellerin varlığı belirlenmiştir. Batı Karadeniz kıyıları, özellikle Şile civarında yataklanmış olan kumlarda yapılan çalışmalar sonucu yüksek miktarlarda zirkon konsantreleri kazanılmıştır. Küçük ve Büyük Menderes'in denize döküldüğü sahil kumları ile Çanakkale'nin Ezine sahillerindeki tortullar zirkon için diğer önemli potansiyelleri oluşturur.

Şile bölgesindeki kumlarda, boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme, sallantılı masa, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma yöntemleri ile zirkonun kazanılma olanakları pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Ortalama % 2.75 ZrO₂ içeren numune üzerinde yapılmış olan çalışmalar, numunenin ağır mineral olarak manyetit, ilmenit, rutil, epidot, ojit, zirkon ve grona; hafif mineraller olarak kuvars, feldispat, kavkı ve kayaç parçacıkları içerdiği gözlenmiştir. Şile bölgesi, Kumbaba yöresinden alınmış olan örneklerle ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Kumbaba sahil kumlarının ortalama kimyasal bileşimi.

Elementler	Sahil kumu (%)	Zirkon konsantresi (%)
SiO ₂	39.96	30.36
Al ₂ O ₃	3.14	0.11
Fe ₂ O ₃	26.89	3.20
MgO	2.50	0.83
CaO	13.40	0.15
TiO ₂	6.56	10.41
ZrO ₂	2.75	53.71
Na ₂ O	0.14	0.11

Kumbaba sahil kumlarında çeşitli zenginleştirme işlemleri sonucunda tüvanan cevherin % 3,5' i oranında, % 66,4 Zr kazanma verimi ile % 53,71 ZrO₂ içeren konsantre elde edilmiştir. Zirkonun en fazla zenginleştiği boyut, - 0,3 + 0,15 mm aralığıdır. Bu boyut aralığı aynı zamanda kumların % 90,80'ni kapsar. Bu sahanın kumları en yüksek ağır mineral içeriklerine (%70) sahiptir. Şile bölgesi dışında diğer Karadeniz sahil kumlarında zirkon sıkça rastlanılan bir ağır mineral olmakla birlikte potansiyeller tam olarak belirlenmemiştir.

Ezine'nin (Çanakkale) batısındaki sahil kumlarında yapılan çalışmalar sonucunda % 7 oranında zirkon değerlerine rastlanılmıştır. Sahil kumları torit ve uranit gibi radyoaktif minerallerde içerirler. Sahil plaserlerinin türediği ana kayaç literatüründe, Ezine granit masifi olarak gösterilmektedir. Sahada kalınlıkları 10 - 15 cm arasında olan ve plütonik masifi kesen bol miktarda aplit damarları bulunmaktadır. Tortulların ortalama tane boyu 0,2 mm civarında olup ağır mineral konsantrasyonu ve radyoaktivite en fazla yüzeyde tespit edilmiştir. Örneklerde ağır mineral yüzdesi % 3 - 24 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Zirkonla birlikte rutil, apatit, monazit, grona, mantetit, sfen, epidot, hornblend gibi mineraller izlenir. Ağır mineraller, siyah lekeler halinde kum yüzeyinin üzerinde 0,5 - 11 cm kalınlığında bir kabuk meydana getirirler. Bu ağır minerallerin zenginleştirilmesinde rüzgarın da önemli bir rolü olmuştur.

Ege Bölgesindeki sahil kumlarında MTA tarafından yapılan sondaj çalışmaları sonucu önemli zirkon ve rutil değerlerine rastlanılmıştır. Küçük ve Büyük Menderes'in denize taşıdığı çökellerin ayrıntılı incelenmesi zirkon potansiyelini açığa çıkarabilir. Analizler bu sahalardaki zirkon miktarının çoğunlukla % 1'in altında olduğunu göstermiştir.

3.1.4 Alüvyal Altın Yatakları :

Batıda Menderes nehirleri ile Gediz'in alüvyonlarında tarihsel dönemlerde ilk uygarlıklar tarafından altın üretildiği bilinmektedir. Yörede geniş alanlara yayılmış olan epitermal kökenli pirit ve arsenopirit damarlarının aşınarak bu nehir plaserlerine taşındığı kabul edilmektedir.

Batıda Manisa'nın Salihli ilçesine bağlı Sart Çayı ve çevre akarsuları içerisinde nabit halde altına rastlanılmaktadır. Bu altın Sart Çayı yöresindeki akarsu kökenli konglomeralardan

kaynaklanmaktadır. Buradaki çeşitli konglomeraların en zengin olanları “Üst Boz Konglomeralar” olarak adlandırılmıştır. Bu alüvyal altın plaserlerin ağır mineralleri üzerinde yapılan mikroskopik çalışmalar sonucu altınla birlikte manyetit, ilmeno-manyetit, rutil, anatas, hematit, ilmenohematit, limonit, kromit, pirit, kalkopirit, zinober, galen, pirotin, arsenopirit, zirkon, apatit, grona izlenmiştir. Sart dere’de bir altın prespeksiyonu yapılmış ve toplanılmış olan alüvyal örneklerin herhangi bir zenginleştirme uygulanmadan yapılan analizlerinde $A_k = 0,15 - 0,2$ ppm olarak elde edilmiştir. Örnekler elektrostatik olarak zenginleştirildiğinde bu değerlerinin kaydettikleri artış ihmal edilecek kadar azdır (Aykol ve Gültekin, 1992).

Kazdağı’nın doğu tarafında mevcut altın içeren sülfür yataklarını kesen dereler içinde de altın bulunduğu bilinmektedir.

Bursa’da Nilüfer Çayı, Uludağ asidik plutonizmasından ağır metalleri taşımaktadır ve altın bu ağır metaller arasında önemli bir yer tutmaktadır.

Bilecik ili Söğüt ilçesi civarında bulunan Paleozik yaşlı metamorfik kireçtaşları içerisinde şelitle birlikte bulunan çok fakir nabit altın, civarda bulunan asidik derinlik kayaçlarına bağlı ve kireçtaşını kesen kuvars damarları çevresinde yer alır. Bu kayaçların aşınması ve taşınması sonucu çevrede bulunan bazı derelerde alüvyal altına rastlanılmaktadır.

Hatay ili Asi Nehri kumlarında, öncelikle de Asi nehrinin bir kolu olan Akıllı Çayı kumlarında alüvyal altın plaserlerine rastlanılır. Altının ilk oluşumu Kızıldağ’ın batısında bulunan dioritik kayaçların içerdiği damar tipi kayaçlarına bağlanmaktadır. Altın daha sonra Miyosen yaşlı konglomeralara geçerek yatak değiştirmiş ve bu konglomeralar da Akıllı Çay ve Asi Nehrinin kumlarına karışmıştır.

3.1.5 Yamaç Demir Yatakları :

Divriği’de mostralardan kopup çökelen parçaların meydana getirdiği bu yatak manyetit, hematit minerallerinden oluşmaktadır ve Çaltı Çayının hemen yakınında birkaç seviyeden ibarettir. Siyenit, kireçtaşı, çört, serpantin gibi minerallerinde birlikte bulunduğu hematit blokların karakteristik bir yamaç plaseri izlenimini verdiği bu yatağın en zengin kısmı üst seviyeleridir, ancak son yıllarda yapılan arama çalışmaları sonunda yatağın alt seviyelerinde

de rezerv ve tenör bakımından zengin bölümlere rastlanılmıştır. Bu yamaç plaserlerinde ortalama Fe oranı % 35 - 40 mertebesindedir.

Balıkesir - Havran Eymir yamaç plaserleri; Eymir Köyünün Güney Yamacında aşınma sonrası toprakları içinde yer alan çok iri hematit ile Eymir ana yatağının yamacında oluşmuş olan ve daha küçük parçalardan meydana gelmiştir. Her iki yerde de plaseri oluşturan parçalar yamacın en alt seviyelerinde yer almıştır.

Bingöl - Avnik yamaç plaserlerinde; Avnik birincil demir yatağı çevresinde ve en fazla Mişkel zuhuru yakınında yamaç plaserlerinin geniş bir alana yayıldığı gözlenmektedir. Plaser yatak metamorfik temel üzerinde durmaktadır.

Yozgat - Sarıkaya yamaç plaserlerinde; metamorfizmaya uğramış olan bu demir yatağının çevresinde oluşmuş olan bu plaser yığışım, genellikle kuvarsla birlikte çukur yerlere dolmuş olan hematit minerallerinden meydana gelmektedir.

3.1.6 Yamaç Barit Yatakları :

Türkiye’de önemli bir ekonomik potansiyele sahip olmamakla beraber yamaç plaseri olarak ilginç olabilecek birikimler mevcuttur.

Bunların arasında Konya ili, Beyşehir ilçesi güneydoğusunda metamorfik şistler içerisinde damar şeklinde görülen barit yatakları civarında ve özellikle Hüyük Deresi yamaçlarında plaser barit birikimlerine rastlanılmaktadır.

Benzer şekilde Kütahya ili, Tavşanlı ilçesi güneyinde talk ve şistlerden oluşmuş metamorfik kayalar içerisinde çok geniş bir alana yayılmış tabaka tipi barit yatakları vardır. Bu alanı kesen çay ve derelerin yamaçları ile dere yataklarında yaklaşık 5 - 30 cm çapında barit yumruları bulunmaktadır.

Kurşun, çinko ve barit’in birlikte bulunduğu bir hidrotermal mineralizasyon sergileyen Anamur civarındaki yatakları kesip geçen dereler boyunca salt ekonomik bir değeri olmayan barit molozları sürüklenmiş olarak taşınmışlardır.

BÖLÜM 4

KUMLARIN ZENGİNLEŞTİRİLME YÖNTEMLERİ

Genellikle ekskavatörlerle kazılan kum önce bir gravite ayırmasına, daha sonra düşük ve yüksek alan şiddetli manyetik ve elektrostatik ayırmalara tabi tutulur.

Gravite yöntemi olarak da isimlendirilebilen yerçekimi yöntemi ile zenginleştirmede; öğütülerek serbestleşmiş kıymetli mineraller ile safsızlıkların, özellikle su gibi akışkan bir ortamda yoğunluk ve tane şekilleri nedeniyle gösterdikleri davranış farklılıkları kullanılır.

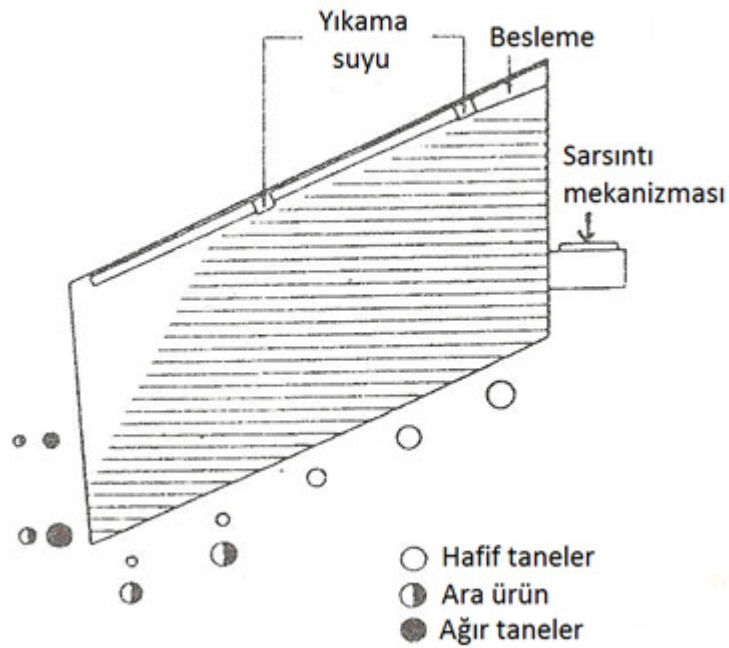
Manyetik zenginleştirmede serbestleşme sonrası tüvanan cevherin içerdiği değişik mineraller ile safsızlıklar arasındaki manyetik özellik farklılıklarından yararlanır. Örneğin manyetit minerali manyetik alana karşı en duyarlı mineral olup, bu özelliği kullanılarak daha düşük manyetik özelliğe sahip diğer safsızlıklardan rahatça ayrılır. Hematit, rutil, ilmenit gibi minerallerin zenginleştirilmesinde de manyetik ayırıcılar yaygın olarak kullanılır.

Mineraller iletken, yarı iletken ve yalıtkan olarak üç grup altında toplanır. Her grup mineral elektrik akımının içinden geçtiğinde değişik davranışlar gösterir. Elektrostatik ayırma da bu davranış farklılıklarının kullanıldığı zenginleştirme yöntemidir.

4.1 SALLANTILI MASA İLE ZENGİNLEŞTİRME

Sallantılı masa; kömür, barit, sahil kumu, krom, kuvarsit, demir, manganez, fosfat, potasyum, tantalyum, titanyum, tungsten, zirkon gibi minerallerin zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Minerallerle safsızlıklar arasındaki yoğunluk ve boyut farklılıklarından dolayı akış sürecinde masanın hareketi ve üzerindeki çıtalardan kaynaklanan farklı akış nedeniyle minerallerin sınıflandırılması sağlanmaktadır. Masanın çalışmasında serbest akış, engelli çökme, asimetric hareket gibi fiziksel olaylar etkili olmaktadır. Sallantılı masalardan iyi sonuç alabilmek için mineral ile içerdiği safsızlıkların yoğunlukları arasındaki farkın 1 gr/cm^3 ve masaya beslenen malzemenin de serbestleşmiş olması gerekir.

Sallantılı masanın şekli değişik boyutlarda dikdörtgen, yamuk ya da V şeklinde olabilmektedir. Masa yatay ile birkaç derece açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Hareket sistemi masayı, zenginleştirilecek malzemeye bağlı olarak belirli genlik ve aralıkta ileri-geri hareket ettirmektedir. Masa üzerinde belirli aralıklarla, yüksekliği uçta sıfırlanan eşikler yerleştirilmiştir. Malzeme masanın köşesinden pulp halinde beslenmekte, masanın üst bölümünden yıkama suyu ilave edilmektedir. Beslenen malzeme masa yüzeyinde, masanın eğimi ve ileri - geri salınımın etkisi ile yoğunluğa ve şekline uygun olarak farklı yönlere doğru hareket edeceklerdir. Şekil 4.1'de sallantılı masa ve üzerindeki malzemenin hareketi gösterilmiştir.



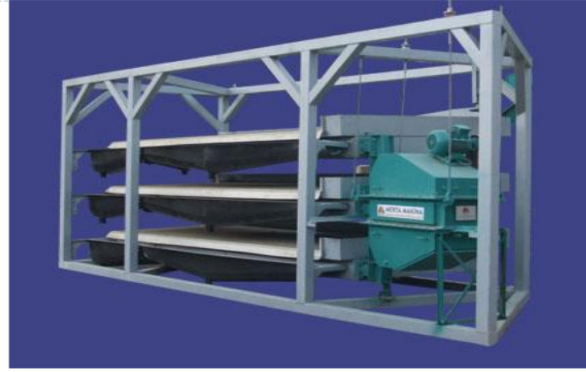
Şekil 4.1 Sallantılı masa ve malzeme hareketi.

Cevher hazırlamada yaygın olarak Wilfley ve Deister masaları kullanılmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan Wilfley masası dikdörtgen olup masa alanı genellikle 9 - 10 m² civarındadır. Deister masası paralel kenar şeklindedir. Tesislerde kullanılan Deister masasının ölçüleri 1,85 × 4,5 metredir. Daha büyük ve küçük boyutta masalar da mevcuttur.

Masalara beslenen malzeme boyutu, masa hızı, eğimi hareket genliği, yıkama suyu miktarı, beslenen malzeme miktarı değiştirilebilmektedir. Besleme boyutu 1 - 0,025 mm arasındadır. Masa genellikle 18 - 25 mm genlikli ve 230 - 325 salınım/dakikalık bir sistemle hareket ettirilmektedir. Kaba ayırmada uzun genlik - düşük salınım, ince ayırmada kısa genlik - yüksek salınımlı hareket sistemleri kullanılmaktadır. Masaya beslenen pulpun katı oranı yaklaşık

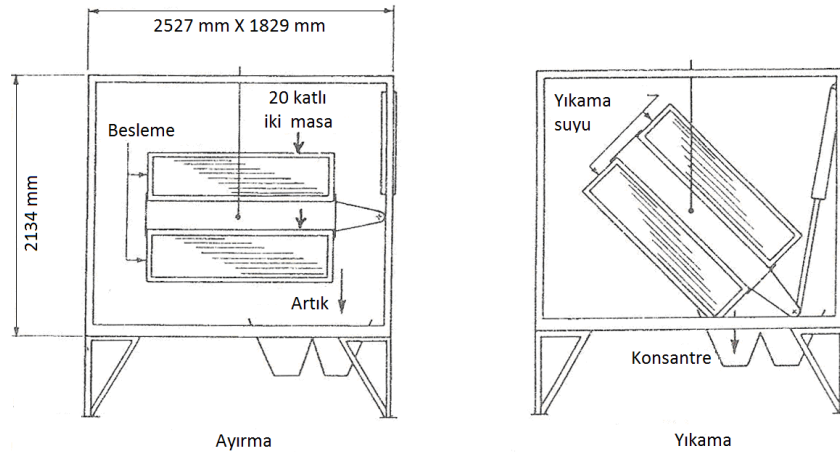
% 25'dir ve zenginleştirme işleminde yaklaşık 1,5 - 2,5 m³/ton yıkama suyu gerekmektedir. Masanın kapasiteleri 1,5 - 2,5 t/h kadardır. Ancak ince boyutlu zenginleştirmede kapasite 0,5 t/h civarındadır. Gerekli kapasiteye çok sayıda masa yan yana kullanılarak ulaşılmaktadır.

Sallantılı masalar seri ya da paralel olarak kullanılabilir. Yerleşim sorununun olduğu tesislerde aynı hareket sistemlerine bağlanmış katlı masalar da kullanılmaktadır. Şekil 4.2'de katlı sallantılı masa gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Katlı sallantılı masa (Merta Makina, 2013).

Bartles - Mozley zenginleştirme masaları; fiberglas malzemeden yapılmış olan düz yüzeyli her biri 1,1 × 1,5 metre boyutunda, aralarındaki mesafe 1,2 cm olan 40 adet masadan oluşmuştur. Masalar 20'şerlik iki grup halinde üst üste gelecek şekilde 2,2 × 2,5 × 1,8 metre boyutlarındaki bir şase içine halatları ile asılarak yerleştirilmiştir. Ayrıca masalar da birbirlerine bağlantılıdır. Bağlantılar aynı zamanda pulpun masalar içindeki akış kanallarını oluşturmaktadır. Şekil 4.3'de bu masanın kesitleri gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Bartles - Mozley zenginleştirme masası.

Masaların eğimi 1 - 4 ° arasında değiştirilebilmektedir. 7,5 - 10 kg arasında ağırlık taşıyan 150 - 200 devir/dakika ile dönen ve DC motor ile çalışan sistem masalara yörüngesel bir hareket vermektedir. İri malzeme zenginleştirilmesinde sistemde 25 kg ağırlık kullanılabilen devirde 150 devir/dakikaya düşürülebilmektedir.

Bartles - Mozley masaları yüksek kapasiteleri nedeni ile boyutu 5 mikron civarındaki kıymetli minerallerin, mineral derişimi düşük yoğunluklu atıkların içinden kazanılmasında kullanılmaktadırlar. Küçük alanlara yerleştirilebilmeleri, işletme maliyetlerinin çok düşük olması bu masaların önemli üstünlükleridir.

4.2 MANYETİK AYIRMA İLE ZENGİNLEŞTİRME

Manyetik ayırmada yararlanılan özellik minerallerin farklı manyetik duyarlılıklarıdır. Cevherleri oluşturan mineraller eğer manyetik duyarlılıkları açısından önemli farklılıklar gösteriyorsa ve en önemlisi minerallerin bir tanesi dahi manyetik ayırıcılar tarafından ayrılabilir ölçüde manyetik duyarlılık gösteriyorsa bu metodun uygulanma imkanı olmaktadır.

Genel olarak katı cisimlerin manyetik duyarlılığı bu cisimleri oluşturan atomların dış yörüngelerindeki elektronların spin hareketleri ile bu elektronların manyetik momentlerinden kaynaklanmaktadır.

Tabiattaki bütün katı cisimler bir manyetik alan içine girdiğinde az veya çok bu alandan etkilenmektedir ve manyetik kutuplar tarafından itilmekte veya çekilmektedirler. Manyetik kutuplar tarafından çekilmekte olan cisimlere paramanyetik ve itilmekte olan cisimlere de diyamanyetik cisimler denilmektedir.

Diyamanyetik cisimlerin manyetik kutuplar tarafından çekilmediği ve yalnızca zayıf şekilde itildiği için manyetik ayırıcılar tarafından ayrılması mümkün olmamaktadır.

Paramanyetik cisimler manyetik kutuplar tarafından manyetik duyarlılıklarına göre zayıf veya kuvvetli şekilde çekilmektedir. Paramanyetik özellik gösteren minerallerin manyetik duyarlılık derecelerine göre birbirinden ve diyamanyetik özellik gösteren minerallerden manyetik ayırıcılarla ayrılmaları mümkün olmaktadır.

Paramanyetik özellik gösteren cisimlerin çoğunluğu manyetik alan dışına çıktığında kendilerinin manyetik alan oluşturmaları söz konusu olmamaktadır. Bazı paramanyetik mineraller ise özellikle manyetit ve Fe, Ni, Co, Mn, Cr, Ce, Ti ve Pt grubu metaller kalıcı manyetik özellik göstermektedirler. Yani bu çeşit mineraller ve elementler manyetik alan dışına çıktıklarında kendileri de manyetik alan oluşturmaya devam etmektedirler. Bunlara ferromanyetik cisimler denilmektedir. Çizelge 4.1’de minerallerin manyetik duyarlılıkları yer almaktadır.

Çizelge 4.1 Minerallerin Manyetik Duyarlılıkları.

Mineraller	Manyetik özellik
Altın	Diamanyetik
Barit	Diamanyetik
Elmas	Diamanyetik
Gümüş	Diamanyetik
Hematit	Paramanyetik
İlmenit	Paramanyetik
Kasiterit	Diamanyetik
Kromit	Paramanyetik
Kuvars	Diamanyetik
Manyetit	Ferromanyetik
Monazit	Paramanyetik
Platin gurubu	Ferromanyetik
Rutil	Paramanyetik
Wolframit	Paramanyetik
Zirkon	Paramanyetik
Şeelit	Paramanyetik

4.2.1 Genel Prensipler

Katılarda yapay ve doğal olmak üzere iki türlü mıknatıslık bulunmaktadır. Yapay mıknatıslık, katının manyetik bir alanın etkisi altında kalması ile elde edilmektedir. Manyetik etki kalkınca mıknatıslık özelliği kalmamaktadır (diamanyetizm ve paramanyetizm gibi). Doğal mıknatıslık ise minerallerin bünyesinde doğal olarak vardır ve kalıcı özellik taşımaktadır (ferromanyetizm gibi).

Bir maddeden elektrik akımı geçtiğinde madde etrafında manyetik bir alan oluşmaktadır. Bu alana elektromanyetik alan denilmektedir ve şiddeti aşağıdaki formülden elde edilir, birimi oersted'dir.

$$H = \frac{0,4 \times n \times I}{L} \quad (4.1)$$

Burada :

H = Manyetik alan şiddeti (oersted),

n = Sargı sayısı,

I = Akım şiddeti (amper),

L = Bobin uzunluğu (cm)'dur.

Bir doğal mıknatıs veya elektromıknatısın manyetik alanına etkileyen manyetik bir malzeme etki ile mıknatıslanmaktadır. Etki ile mıknatıslanmaya uğrayan manyetik alanın şiddeti ile alana konulan malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olmaktadır. Etki ile mıknatıslanma sonucu oluşan yeni manyetik alana indüksiyon alanı denilmektedir. Bu alan, uygulanan alan ile malzemenin mıknatıslanmasından doğan alanın toplamına eşit olmaktadır. Belirli bir manyetik alan içinde bulunan bir mineral tanesini etkileyen manyetik kuvveti, aşağıdaki formülden elde edilir.

$$F_m = V \times (k_m - k_o) \times H \times \frac{db}{dx} \quad (4.2)$$

Burada :

F_m = Manyetik kuvvet,

V = Mineral tanesinin hacmi,

k_m = Mineralin manyetik duyarlılığı,

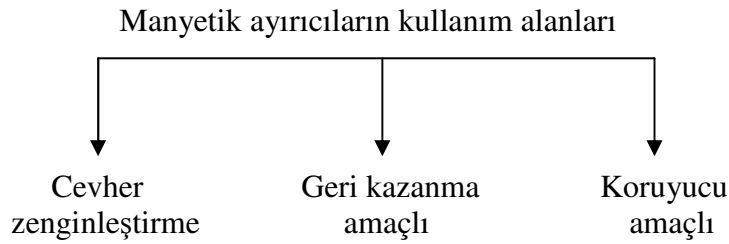
k_o = Ortamın manyetik duyarlılığı,

H = Manyetik alan şiddeti,

$\frac{db}{dx}$ = Alan gradyan'ıdır.

4.2.2 Manyetik Ayırmanın Uygulama Alanları

Manyetik ayırıcılar 19. yüzyılın sonlarından beri hem cevher hazırlama hem de endüstrinin pek çok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlangıçta birkaç bin gauss gibi düşük alan şiddetlerinde kullanılan bu ayırıcılar, günümüzde 50.000 gauss'a kadar çıkabilmektedir. Kullanım alanına ve mineralin manyetik duyarlılığına göre 500 - 50.000 gauss arasında manyetik alan şiddeti oluşturulabilen manyetik ayırıcılar üretilmektedir. Manyetik ayırıcılar, Şekil 4.4'den görüleceği üzere başlıca üç ana alanda kullanılmaktadır.



Şekil 4.4 Manyetik ayırıcıların kullanım alanları.

Cevher zenginleştirme amacıyla kullanılan manyetik ayırıcılar yaygın kullanım alanına sahiptir. Başta manyetit olmak üzere, nadir toprak elementleri, nikel, elmas, krom, kalay, tungsten, titanyum, manganez, alüminyum, baryum, molibden, germanyum, kil kum ve seramik hammaddeleri gibi pek çok mineralin zenginleştirilmesinde manyetik ayırıcılar başarı ile kullanılmaktadır.

Geri kazanım amaçlı olarak kullanılan manyetik ayırıcılara, ağır ortam esaslı kömür yıkama tesislerindeki manyetit veya ferrosilisyum geri kazanılması örneği verilebilir. Ağır ortamlarda çalışan kömür yıkama tesislerinde, ağır ortam oluşturucu olarak kullanılan toz manyetit, tambur tipi manyetik ayırıcılar ile geri kazanılmaktadır.

Genellikle 5.000 gauss'un altında bir manyetik alan şiddeti yaratan bu ayırıcılar ile manyetit % 99 oranında geri kazanılabilmektedir. Geri kazanım amaçlı bir diğer uygulama ise katı atıklar içerisinde demirli parçaların evsel veya endüstriyel atıklardan geri kazanılmasıdır. Özellikle hurda sanayisinde demirli parçaların alüminyum ve plastik gibi diğer paramanyetik veya diamanyetik malzemelerden ayrılması için kullanılabilir.

Manyetik ayırıcılar, cevher hazırlama tesislerinde cevherin kırılması veya zenginleştirilmesi öncesinde koruyucu amaçlı olarak kullanılabilir. Örneğin, ocaktan gelen ve cevhere karışan çeşitli metal parçalarının (profil, kazma ucu, vida, çelik plaka vesaire) kırıcıya girmeden önce tutulması; zenginleştirme cihazlarına verdiği zararın önceden önlenmesi açısından önemlidir. Manyetik ayırıcılar, bir bant üzerine monte edilen doğal veya elektromıknatıslar şeklinde tatbik edilmektedir.

Manyetik ayırıcılar yukarıdaki kullanım alanları dışında; çevre, gıda, ilaç, kimya, su, cam, mantar ve tekstil işleri gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilir. Örneğin, günümüzde koloidal çamurlu sulardan ağır metallerin giderilmesi için yüksek alan şiddetli ve yüksek alan gradyanlı manyetik ayırıcıların kullanıldığı bilinmektedir.

4.2.3 Manyetik Ayırıcı Çeşitleri

Manyetik ayırıcılar, uygulanan alan şiddetine ve ayırmanın yapıldığı ortama bağlı olarak başlıca dört ana gruba ayrılırlar. Uygulanan alan şiddetine göre “Yüksek Alan Şiddetli” ve “Düşük Alan Şiddetli” olarak adlandırılan manyetik ayırıcılar, ayırmanın yapıldığı ortamın hava veya su olmasına göre de “Kuru” veya “Yaş” yöntem olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 4.2’de endüstride kullanılan ticari yaş ve kuru, yüksek ve düşük alan şiddetli manyetik ayırıcı tipleri yer almaktadır. Hem yüksek alan şiddetli ayırıcılar, hem de düşük alan şiddetli ayırıcılar yaş veya kuru olarak çalıştırılabilir.

Yaş yöntemler genellikle çok ince boyutlu ($<100 \mu\text{m}$) tanelerin zenginleştirilmesi için kullanılmakta iken, kuru yöntemler nispeten daha iri boyutlu ($>100 \mu\text{m}$) tanelerin zenginleştirilmesi için kullanılmaktadır. Buradaki kısıtlama, kuru ayırmada taneler arasındaki elektro-statik çekim kuvvetleri ve manyetik alanın etkisi ile tanelerin topaklaşması ile manyetik olmayan minerallerin tutsaklanması ve konsantreye geçerek ayırma verimliliğini düşürmesi şeklinde tanımlanabilir. Her ne kadar yaş manyetik ayırıcılarda da manyetik topaklaşma meydana gelse bile, bu sorun yüksek gradyanlı manyetik ayırıcıların geliştirilmesi ile çözülmüştür.

Çizelge 4.2 Endüstride kullanılan ticari yaş ve kuru, yüksek ve düşük alan şiddetli manyetik ayırıcı tipleri.

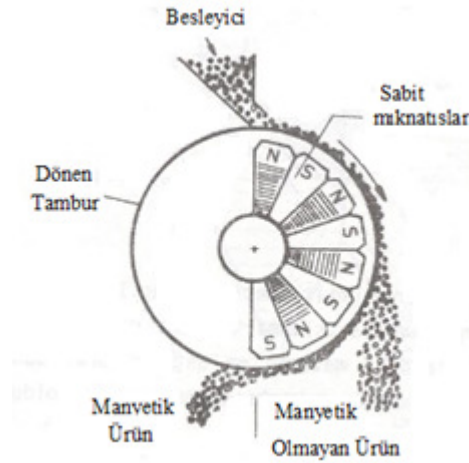
Tipi ve Üreticisi	Alan Şiddeti (Gauss*)	Çalışma Ortamı (Yaş/Kuru)	Uygulama Tane Boyu (mm)	Endüstriyel Uygulama Alanları
JONES (HWedag)	17.000	Yaş	1 - 0,020	Hematit, limonit, siderit, kromit, nikel, çinko ve seramik hammaddeleri.
PERMOS (HWedag)	6.000	Yaş/Kuru	10 - 0,100	Kömür yıkama tesislerinde manyetitini geri kazanılması.
GTMT (HWedag)	15.000	Kuru	12 - 0,500	Manyezit, refrakter ve korendom zenginleştirmede.
CAROUSEL (Metso, Eriez)	15.000	Yaş	-1 + 0,001	Galen, refrakter malzemeler, fosfat, sfalerit, kaolen ve seramik zenginleştirilmesinde.
CYCLIC (Metso)	30.000	Yaş	1 + 0,001	Kaolen, galen, kalkopirit, silis kumu, kömür, fosfat, seramik hammaddeleri.
CARPO (...)	17.000	Kuru	-1 + 0,100	Eskiden endüstriyel minerallerin ve sahil kumlarının zenginleştirilmesinde.
GILL (...)	14.000	Yaş	-1 + 0,010	Eskiden sahil kumlarının zenginleştirilmesi için Avustralya'da kullanılmıştır.
KRUPPSOL (...)	17.000	Yaş	1 - 0,020	Eskiden hematit, limonit, kromit gibi minerallerin zenginleştirilmesinde.
ROCHE WHIMS (Roche)	20.000	Yaş	-1 + 0,010	Sahil kumlarının zenginleştirilmesi için uygulamaları vardır.
SLON (Outotec)	15.000	Yaş	-1,3 + 0,005	Demir cevherleri, ilmenit, manganez, kromit, silis kumu zenginleştirilmesi.
CRYOFİLTER (Outotec)	50.000	Yaş	-0,5 + 0,000	Koloidal tanelerin ve kaolenin saflaştırılması (beyazlaştırma).
FERROUS WHELL (Eriez)	15.000	Yaş	-1,3 + 0,005	Demir cevherleri, ilmenit, manganez, kromit, silis kumu zenginleştirilmesi.
PYROMAG (Outotec)	2.500	Eriyik	-	Demir-Çelik ve izabe tesislerinde eriyikten kül, karbon, curuf ayrımı.
PERMROLL (Bateman, Eriez)	21.000	Kuru	50 - 0,075	Manyezit, elmas, boksit, kromit, hematit ve diğer endüstriyel hammaddeler için.
REMS (Yurt içi ve yurt dışı pek çok firma)	21.000	Kuru	50 - 0,0075	Manyezit, elmas, boksit, kromit, hematit, asbest, kireçtaşı, talk, feldispat zenginleştirilme.
Manyetik Filtre (Metso)	15.000	Yaş	-1 + 0,005	Boru içerisinden akan muhtelif manyetik minerallerin tutulması.
Eddy-Akımlı Ayırıcı (Eriez)	15.000	Kuru	100 + 0,100	Geri dönüşümlü, metalik veya metalik olmayan maddelerin birbirinden ayrılmasında, alüminyumun geri kazanılmasında.

* Manyetik alan şiddetleri 500 - 5.000 gauss arası Düşük Alan Şiddetli; 5.000 – 10.000 gauss arası Orta Alan Şiddetli, 10.000 gauss'un üstü ise Yüksek Alan Şiddetli Manyetik ayırıcılar olarak tanımlanmaktadır.

4.2.3.1 Düşük Alan Şiddetli Kuru Manyetik Ayırıcılar

Demir, manyetit, ferrosilikon, pirotin gibi ferromanyetik mineraller düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılar yardımıyla, birlikte buldukları diamanyetik maddelerden kolayca ayrışabilmektedirler.

Düşük alan şiddetli kuru manyetik ayırıcılar tamburlu ve bantlı olmak üzere iki tipte imal edilmektedirler. Tamburlu manyetik ayırıcılar manyetitin kuru olarak zenginleştirilmesinde en çok kullanılan makinalardır. Şekil 4.5'te gösterilmektedir. Genel olarak tek veya çift tamburlu, hareketsiz veya döner mıknatıslı olarak tasarlanırlar. Manyetik alan sabit veya elektro mıknatıs kullanılarak sağlanır.



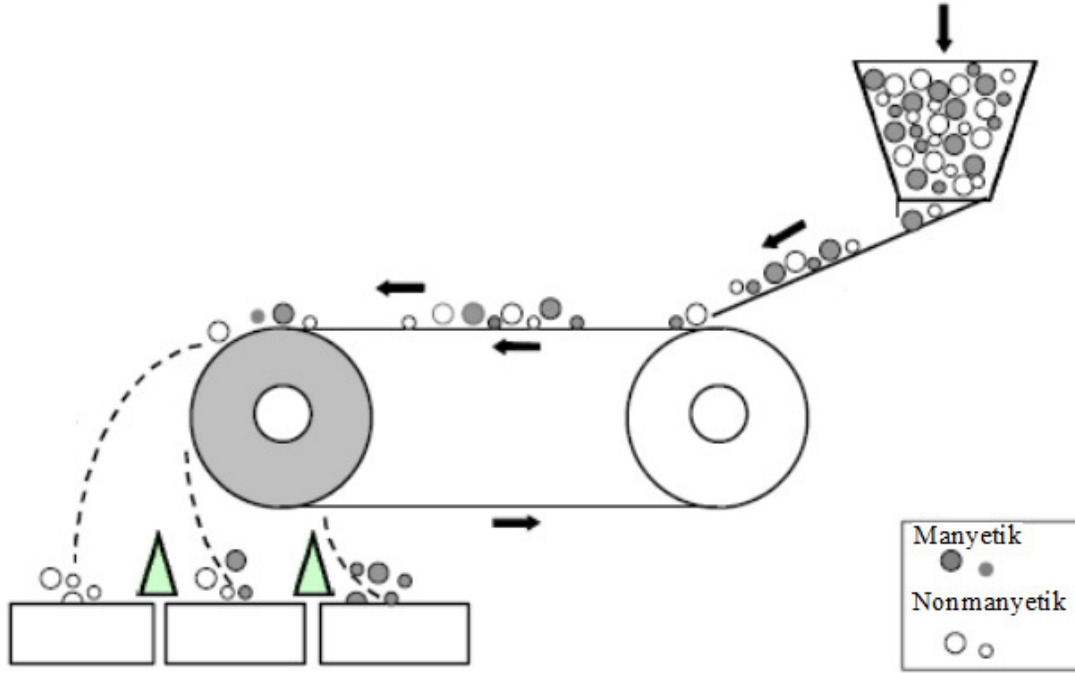
Şekil 4.5 Sabit mıknatıslı tamburlu kuru manyetik ayırıcı.

Bu manyetik ayırıcılar, yatay bir eksen etrafında dönen ve manyetik olmayan bir malzemeden (pirinç, bronz gibi) imal edilmiş bir tamburdan oluşmaktadır. Tamburun içinde hareketsiz ve tambur çevresinin 1/2 veya 2/3'ünü kaplayan ve sıra ile kuzey ve güney kutupları dışarı dönük olan mıknatıslar yer almaktadır. Küçük makinalarda sabit, büyüklerde ise elektro mıknatıslar kullanılır.

Cevher, besleyici veya bant ile homojen bir şekilde tambur üzerine beslenir. Manyetik olan taneler tambur yüzeyine yapışarak tamburla birlikte hareket ederler. Manyetik olmayan taneler, yer çekimi ve merkezkaç kuvvetlerinin etkisiyle parabolik bir yörünge ile düşerler. Yan yana olan mıknatıs kısımları farklı olduğundan (kuzey - güney) tambura yapışan taneler dönerek hareket ederler ve aralarına sıkışan manyetik olmayan tanelerin düşmesini sağlarlar.

Tamburla birlikte hareket eden taneler (manyetik ürün) manyetik alandan çıktıktan sonra düşerek manyetik konsantreyi oluştururlar.

Bant tipi manyetik ayırıcılar, makaralı koruyucu mıknatısla aynı yapı ve özelliktedir. Manyetitin kuru olarak zenginleştirilmesinde ve demirli maddelerin cevherden uzaklaştırılmasında kullanılır. Manyetik alan veya elektromıknatıslarla sağlanır. Şekil 4.6'da bant tipi manyetik ayırıcı gösterilmektedir.

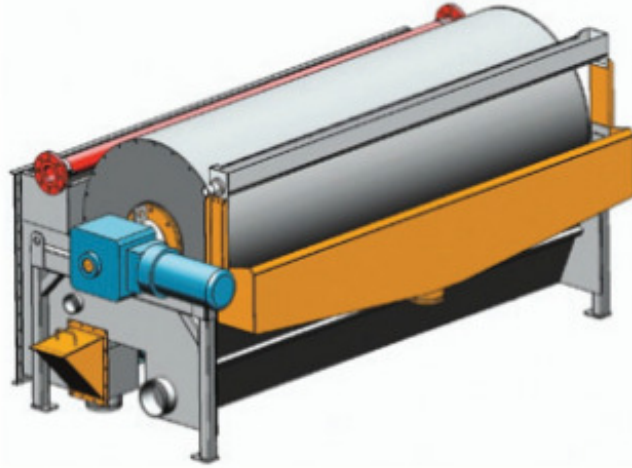


Şekil 4.6 Bant tipi manyetik ayırıcı.

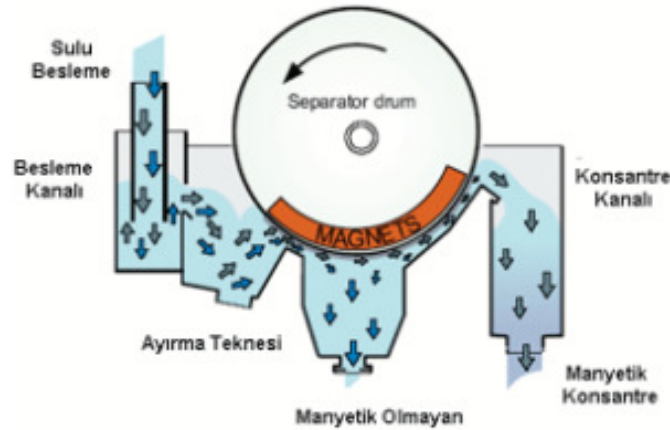
4.2.3.2 Düşük Alan Şiddetli Yaş Manyetik Ayırıcılar

Düşük alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılar 10 mm veya daha ince (birkaç 10 mikrona kadar) tanelerin zenginleştirilmesinde kullanılır. Bu ayırıcılarda sabit veya elektromıknatıslar kullanılabilir. Günümüze kadar değişik türlerde imal edilen bu ayırıcıların en yaygın kullanılan tipi Şekil 4.7'de gösterilmiş olan tambur tipi ayırıcılardır. Yaş tambur tipi ayırıcılarda, Şekil 4.8'den görülebileceği üzere sulu manyetit ve gang mineralleri tekne içerisine beslenmekte ve suyun akış hareketi ile manyetik ayırıcının yüzeyine temas ederek geçmektedir. Ayırıcının 3/1'lik kısmında yer alan sabit mıknatıs, manyetik özelliği olan taneleri tamburun yüzeyine doğru çekmekte ve tamburun dönüş hareketi ile manyetik mineralleri yukarıya doğru taşımaktadır. Bu esnada, mıknatıstan uzaklaşan manyetik taneler konsantre kanalından alınırken, manyetik olmayan taneler tambur yüzeyine yapışmadıkları

için ayırma teknesinin altından alınarak ayırma gerçekleştirilmektedir. Endüstriyel ölçekte randımanı arttırması amacıyla bu ayırıcılar seri halde çalıştırılmaktadır. Tambur hızları 25 - 40 dev/dk, çapları ise 1.000 mm'ye kadar çıkabilmektedir. Besleme boyutuna bağlı olarak metre tambur genişliği için kapasitesi 10 - 25 t/s arasında olabilmektedir.

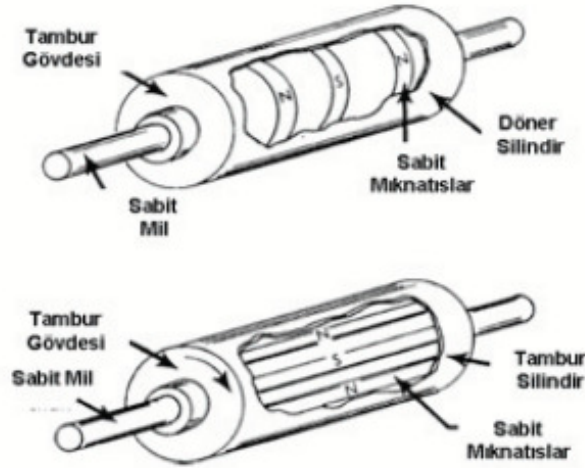


Şekil 4.7 Düşük alan şiddetli tambur tipi yağ manyetik ayırıcı (Outotec, 2009).



Şekil 4.8 Düşük alan şiddetli tambur tipi yağ manyetik ayırıcının çalışma prensibi (Metso Minerals, 2009).

Yaş olarak çalışan manyetik tamburlar genellikle birkaç standart çapta ve mıknatıs dizilişi ile üretilir. Şekil 4.9'da radyal veya aksenal olmak üzere tamburdaki başlıca iki ana mıknatıs dizilimi şekli gösterilmiştir. Tambur tipi manyetik ayırıcılar özellikle manyetit mineralinin zenginleştirilmesinde ve kömür yıkama tesislerinde ağır ortamın geri kazanılması için yaygın olarak kullanılmaktadır.



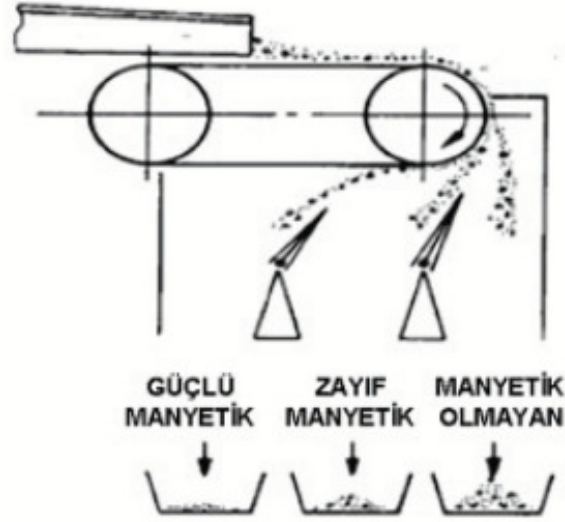
Şekil 4.9 Tambur tipi ayırıcılarda mıknatıs kutuplarının yerleşimi (Svoboda ve Fujita, 2009).

4.2.3.3 Yüksek Alan Şiddetli Kuru Manyetik Ayırıcılar

Endüstride çapraz bantlı, döner diskli ve endüvi silindirli yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcılar uzun yıllar kullanılmış; ancak nadir topraklı kalıcı yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıların endüstriye girmesi ile bu ayırıcıların endüstride kullanımı terk edilmiştir.

Yüksek alan şiddetli nadir toprak elementlerinden imal edilmiş manyetik ayırıcılar, özellikle zayıf manyetik özelliğe sahip demir cevherlerinin zenginleştirilmesinde ve endüstriyel hammaddelerde bulunan manyetik safsızlıkların uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılmıştır.

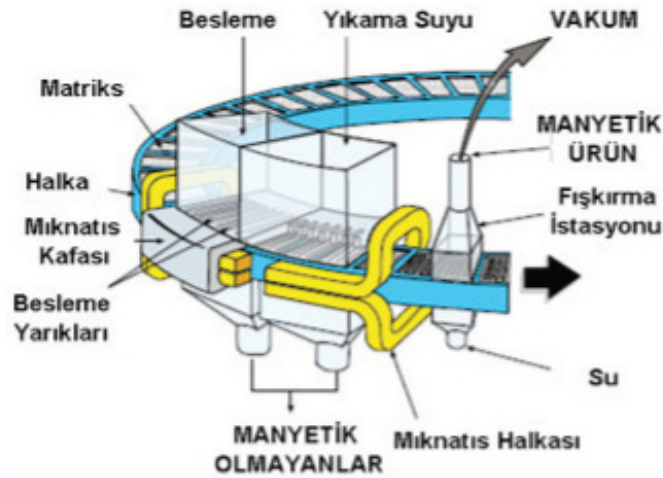
En yaygın kullanılan tipi Bateman firmasının Permroll manyetik ayırıcısı olup, Şekil 4.10'da verilmiştir. Yüksek alan şiddetli RE tipi Permroll manyetik ayırıcısı 40 dev/dak ile 500 dev/dak arasında değişen geniş bir rulo dönüş hızı aralığına çalışabilmektedir. Çok kuvvetli manyetik özelliğe sahip tanelerin ayırımı söz konusu olduğunda rulo dönüş hızı 700 dev/dak değerine kadar arttırılabilmektedir. Alan şiddeti ise 21.000 gauss'a kadar çıkabilmektedir. Besleme boyutu 50 - 0,075 mm arasındadır. Tek cihazda kapasiteleri saatte 10 tona kadar çıkabilmektedir (Bateman, 2009).



Şekil 4.10 Rulo tipi üç ürünli RE (Rare - Earth) manyetik ayırıcısı (Acarkan, 2008).

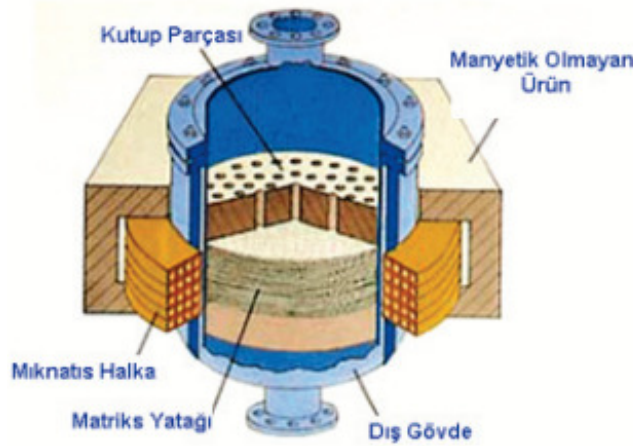
4.2.3.4 Yüksek Alan Şiddetli Yaş Manyetik Ayırıcılar

Son yıllardaki en büyük gelişme yaş manyetik ayırıcılarda olmuştur. Yüksek alan şiddetinin yanı sıra yüksek gradyantlı çok sayıda manyetik ayırıcı geliştirilmiştir. Bu manyetik ayırıcılarla 24.000 gaussluk manyetik alan şiddetlerine ulaşılmış ve birkaç mikron boyutlarına kadar ayırma mümkün olmuştur. Yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılar; karosel ve hazne tipi olmak üzere iki farklı temel tasarım tipi ile üretilmektedir. Karosel tipi manyetik ayırıcılar, dikey eksen etrafında dönen ve kesiksiz ayırma yapabilen dairesel oluk şeklindeki cihazlardır. Karosel tipi manyetik ayırıcının çalışma prensibi Şekil 4.11’de gösterilmektedir.



Şekil 4.11 Karosel tipi manyetik ayırıcının çalışma prensibi (Metso Minerals, 2009).

Metso firmasının hazne tipi bir manyetik ayırıcının ise çalışma prensibi Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Kesikli çalışan bu ayırıcılarda manyetik olmayan mineraller haznenin üstünde bulunan çıkıştan alınmaktadır. Hazne içerisindeki matriks üzerinde tutulan manyetik mineraller zaman zaman manyetik alan kaldırılarak ortamdaki uzaklaştırılır. Daha çok demir ve titanlı bileşiklerin kaolen mineralinden ayrılmasında kullanılmaktadır. Bu ayırıcıların en büyük avantajı düşük demir oranı nedeni ile diğer manyetik ayırıcılara kıyasla daha hafif olmasıdır. Ancak yüksek enerji gereksinimleri en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. Manyetik alan şiddetleri 20.000 gaussa kadar çıkabilmektedir.



Şekil 4.12 Hazne tipi manyetik ayırıcının çalışma prensibi (Metso Minerals, 2009).

4.2.3.5 Süper İletkenli Manyetik Ayırıcılar

Süper iletkenlik, bazı malzemelerin hiçbir direnç göstermeksizin elektrik akımını iletmesine verilen addır. Başka bir deyişle, bir tel üzerinden geçen elektriğin sıfır direnç ile iletilmesidir. Çok iyi iletken olan bakır, gümüş ve altın bile süper iletkenlik göstermezler.

Bugün itibariyle oda sıcaklığında süper iletken olan bir madde yoktur. Örnek olarak sıvı helyum sıcaklığı olan 4,2 Kelvin sıcaklığında hiç direnç göstermeyen niyobyum - tantal alaşımı verilebilir. Bu şekilde süper iletken malzemedeki yapılmış bobinlerde elektrik akımı hiçbir direnç görmeden akmakta ve 150.000 gauss gibi çok yüksek manyetik alan şiddetlerine ulaşabilmektedir. Endüstriyel ölçekte yaygın olarak kullanılan Cryofilter cihazı Şekil 4.13’de gösterilmiştir. Temelde kolloidal çamurlardan demirli bileşiklerin uzaklaştırılması ve kaolen mineralinin renginin parlaklaştırılması ve demir, nikel gibi emprütelerin giderilmesi için geliştirilen bu ayırıcıların saatteki kapasitesi 100 tona kadar çıkabilmektedir.



Şekil 4.13 Süper İletkenli Manyetik Ayırıcı (Outotec, 2009).

4.2.3.6 Eddy - Akımlı Manyetik Ayırıcısı

Eddy - Akımlı ayırıcılar, sert veya yarı - sert alüminyum ambalaj atıklarının (meşrubat kutusu, kaplar vb.) geri kazanılmasında kullanılmaktadır. Tüm evsel atıklar insinerasyon ile yakıldığında, yakılma sonrasında, atıklar arasında bulunabilecek alüminyum “Eddy - Akım” metodu ile diğer atıklardan ayrılmaktadır. Eddy - Akımlı ayırıcı elektromanyetik bir alan oluşturur ve çöpler bu alandan geçerken alüminyum ve demir içermeyen metal malzemeler burada bir hareket kazanırlar ve böylece dışarı atılarak ayrılmış olurlar (Zhang, 1999). Şekil 4.14’de Eddy - Akımlı manyetik ayırıcısı gösterilmektedir.

Uygulama boyutu genellikle 5 mm’nin üzerinde olup bu boyutun altında ayırma yapmaları oldukça güçleşmektedir. Ancak son yıllarda 0,1 mm’ye kadar taneleri ayırabilen yaş Eddy - Akımlı ayırıcılar geliştirilmiştir. Bu ayırıcılarda genellikle nadir toprak elementli yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslar kullanılmaktadır (Köhnlechner vd, 2002).



Şekil 4.14 Eddy - Akımlı manyetik ayırıcı.

4.3 ELEKTROSTATİK AYIRICI İLE ZENGİNLEŞTİRME

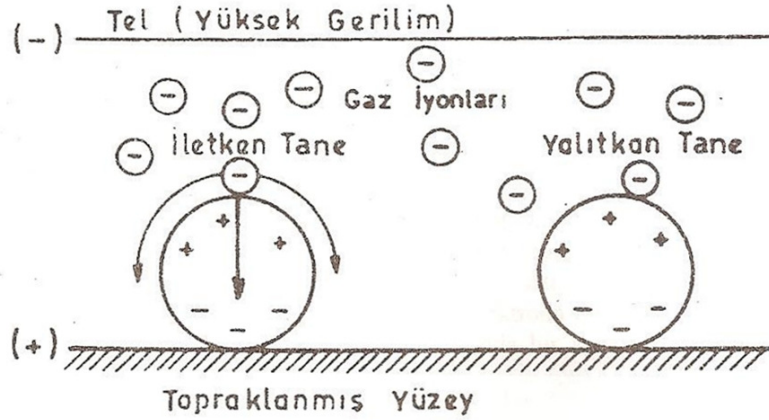
Elektrostatik ayırmada minerallerin elektriksel iletkenlik özelliklerinden yararlanır. Elektriksel iletkenlik açısından tabiatta bulunan cisimler üç gruba ayrılırlar. Bunlar iletken malzemeler ki bunlar genellikle metaller ve metalik özellik gösteren malzemelerdir. İkinci sınıf malzemeler yalıtkan malzemelerdir. Bunlar elektriği iletmeyen plastik esaslı yapay malzemeler ve tabiatta bulunan metalik elementlerden oluşmayan kayalarlardır. Kuvars, kalker, granit ve silikat esaslı taşlar gibi. Bir üçüncü sınıf malzeme yarı iletken malzemedir ki tabiatta bulunan metalik elementleri içeren minerallerin çoğunluğu bu gruba girmektedir. Elektrostatik ayırmada yarı iletken malzemelerle yalıtkan minerallerin birbirinden ayrılması söz konusudur. Çizelge 4.3’de önemli mineraller iletkenlik ve yalıtkanlık esasına göre sınıflandırılmaktadır (Yiğit, 1999).

Çizelge 4.3 Önemli iletken ve yalıtkan mineraller.

İletken mineraller	Yalıtkan mineraller
Kasiterit	Apatit
Kromit	Barit
Elmas	Korund
Fluorit	Garnet
Galen	Jips
Hematit	Kyanit
İlmenit	Monazit
Limonit	Kuvars
Manyetit	Şeelit
Pirit	Sillimonit
Rutil	Spinel
Sfalerit	Turmalin
Wolframit	Zirkon

Elektrostatik ayırıcılarda bir elektrod tarafından oluşturulan elektrik alan içerisinde kalan mineral taneleri iyonize olmuş gaz moleküllerinden yüzeylerine elektron alırlar. Bu mineral taneleri topraklanmış metalik bir yüzeye temas ettiklerinde bu yüzey topraklanmış olduğundan toprağa verilen elektronlardan dolayı artı (+) yüklüdür. İletken mineraller yüzeylerine aldıkları elektronları ve kendi elektronlarının bazılarını kaybederek artı (+) yüklü duruma geçerler. + yüklü cisimlerin birbirini itmesi sonucu iletken mineraller bu yüzey tarafından itilirler. Yalıtkan mineraller ise yüzeylerine aldıkları elektrodları muhafaza ederek

– yüklü durumunda kalırlar ve ayrı işaretli cisimlerin birbirini tutması sonucu metalik yüzeye yapışırlar. Bu durum şematik olarak Şekil 4.15’de gösterilmektedir.



Şekil 4.15 Mineral tanelerinin topraklanmış metalik yüzeyler üzerindeki durumları (Önal, 1985).

Elektrostatik ayırma uygulamaları genellikle yukarıdaki çizelgede adı geçen iletken ve yalıtkan minerallerin birbirlerinden ayrılmasında uygulanmaktadır. Bu uygulamalara ilave olarak sanayideki bazı elektrostatik uygulamaları da şunlardır:

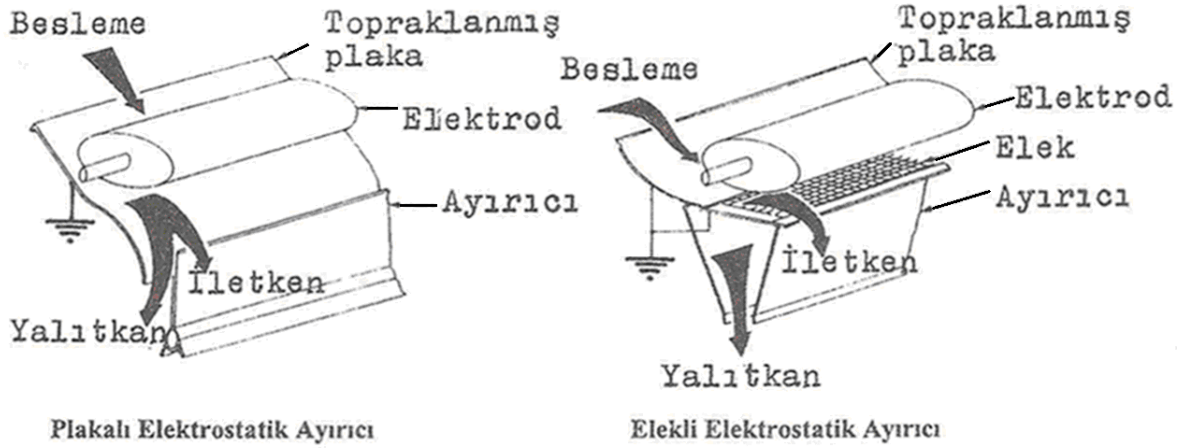
- Yiyeceklerin zararlı hayvan pislikleri ve diğer maddelerden arındırılması.
- Metalik malzemelerin tekrar kullanılmak üzere birbirlerinden ayrılması.
- Bazı malzemelerin elektrostatik olarak şekil ve boyuta göre sınıflandırılması.

Elektrostatik ayırıcılar, 50 ile 500 mikron büyüklüğündeki mineral tanelerin birbirinden kolaylıkla ayrılabilir. Ayrılacak mineral tanelerinin bu ayırmada en önemli özelliği kuru olmalarıdır. Kuru olmadıkları takdirde bilindiği gibi bu tanelerin hepsi iletkenlik özelliği göstereceğinden birbirlerinden ayrılmaları mümkün olamaz. Diğer önemli bir nokta ayrılacak mineral tanelerinin tambur üzerine tane tane beslenmesi yani bir mineral tane tabakası halinde verilmesidir.

Elektrostatik ayırma ekonomik açıdan pahalı bir işlem olduğundan kullanım alanları sınırlıdır. Son yıllarda tamburlu elektrostatik ayırıcıların yerini plaka veya elek tipi elektrostatik ayırıcılar almıştır. Bu yeni tip ayırıcılar Şekil 4.16’da görülmektedir. Bu tip ayırıcılar özellikle

temizleme kademelerinde kullanılmakta olup plakalı tipler iletken taneler arasına karışmış yalıtkan malzemenin temizlenmesinde, elekli tipler ise yalıtkan malzemelerle birlikte gelen iletken malzemelerin temizlenmesinde kullanılırlar (Yiğit, 1999).

Bu tip elektrostatik ayırıcılara Reichert Elektrostatik Ayırıcıları da denmekte özellikle Avustralya da sahil kumlarının zenginleştirilmesinde başarı ile uygulanmaktadırlar.



Şekil 4.16 Plakalı ve elekli elektrostatik ayırıcılar (Yiğit, 1999).

Elektrostatik ayırıcılar gerek taneciklerin elektrikle yüklenmesi ve gerekse de çalışma prensipleri açısından iletimle, sürtünme ile ve iyon bombardımanı ile yükleme sahasına göre çalışan elektrostatik ayırıcılar olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir (Yiğit, 1999).

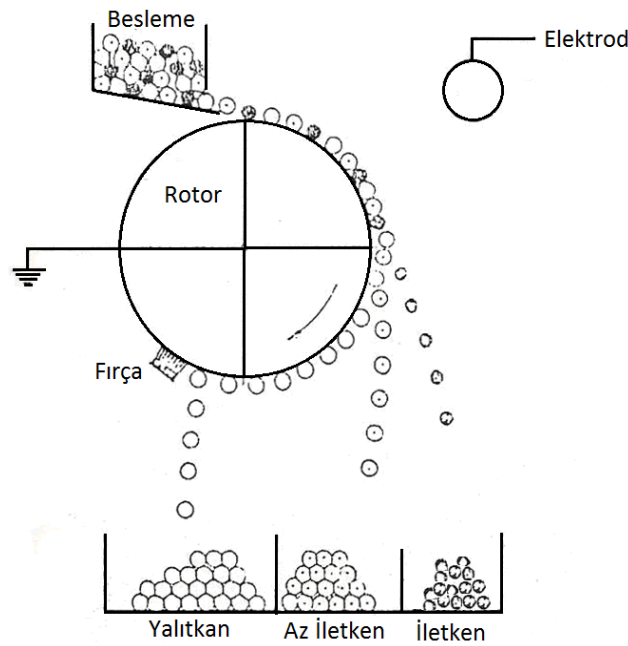
4.3.1 İletim ile Yükleme

Kullanılan elektrostatik ayırıcılar dönen topraklanmış bir metalik yüzeyli bir tambur ve karşısında elektron saçan bir elektrottan oluşmaktadır. Böyle bir elektrostatik ayırıcı, Carpco Elektrostatik Ayırıcısı Şekil 4.17'de verilmektedir. Şekil 4.18'de de ayırma mekanizması şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.17 Carpco Elektrostatik Ayırıcısı (Infomine, 2012).

Ayırıcıya verilen mineral taneleri tamburun dönmesi ile bir düşme yörüngesine girmektedirler. Tambur üzerinde bu taşınma esnasında mineral taneleri elektrod ile tamburun oluşturduğu elektrik alanı içerisinde geçmektedirler. İletken olan mineral taneleri aldıkları elektronları topraklanmış tambura vererek artı (+) yüklü hale geçmekte ve tambur yüzeyinden itilerek bir düşme yörüngesine girerek ayrılmaktadırlar. Yalıtkan mineraller ise aldıkları elektronu muhafaza ederek eksi (-) yüklü durumlarıyla tambur tarafından tutulmakta ve tamburun dönüşü esnasında bir fırça ile uygun bir yerde tamburdan dışarıya alınmaktadır (Yiğit, 1999).

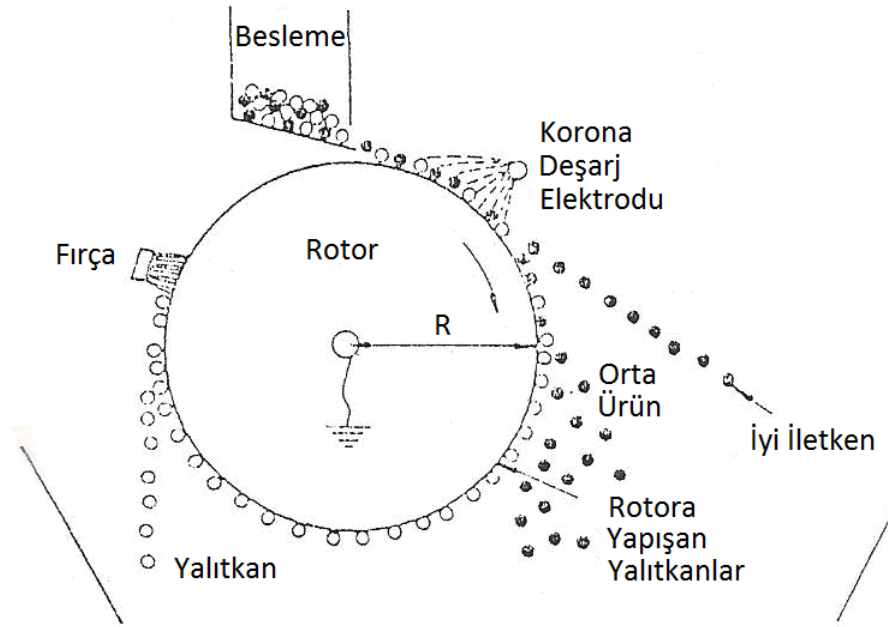


Şekil 4.18 İletimle yükleme ve ayırma yönteminin şematik görünümü (Yiğit, 1999).

Elektrodlar arasına uygulanan gerilim belirli şiddetle bir elektrik alanı oluşturmaktadır. İletimle yükleme daha ziyade iletken ve yalıtkan özelliğe sahip iki farklı minerali birbirinden ayırmada kullanılan bir yöntemdir.

4.3.2 Sürtünme ile Yükleme

İki ayrı cisme ait taneciklerin yüzeylerini birbirine temas ettirerek tekrar ayrıldıklarında taneciklerin zıt elektrik yükleri ile yüklendikleri görülür. Eğer tanecikler birbirlerine sürterse aralarında temas yüzeyi ve sayısı artmakta, dolayısıyla elektrik yük yoğunlukları da artmaktadır. Sürtünme ile yükleme, tromellerde, akışkan yataklarda, sürtünmeli oluklarda ve eğik yüzeylerde gerçekleşmektedir. Bu yola elektrik ile yüklenen mineraller daha ziyade kamara tipi bir elektrostatik ayırıcılarda ayırma tabi tutulurlar. Şekil 4.19'da kamara tipi elektrostatik ayırıcı şematize edilmiştir. Zıt elektrik yükleri ile yüklenmiş mineral tanecikleri, elektrostatik ve gravite kuvvetlerinin belirlediği bir yörüngede hareket ederler ve negatif yüklü tanecikler pozitif elektrod ve pozitif yüklü tanecikler de negatif elektrod tarafında toplanır.



Şekil 4.19 Sürtünme ile yükleme yöntemine göre çalışan kamara tipi elektrostatik ayırıcının şematik görünümü (Yiğit, 1999).

Sürtünme ile yükleme, iki yalıtkan mineralin ayırımı için söz konusudur. Gerçi, iletken özellik taşıyan malzeme de sürtünme esnasında elektrik ile yüklenir ancak elektrostatik

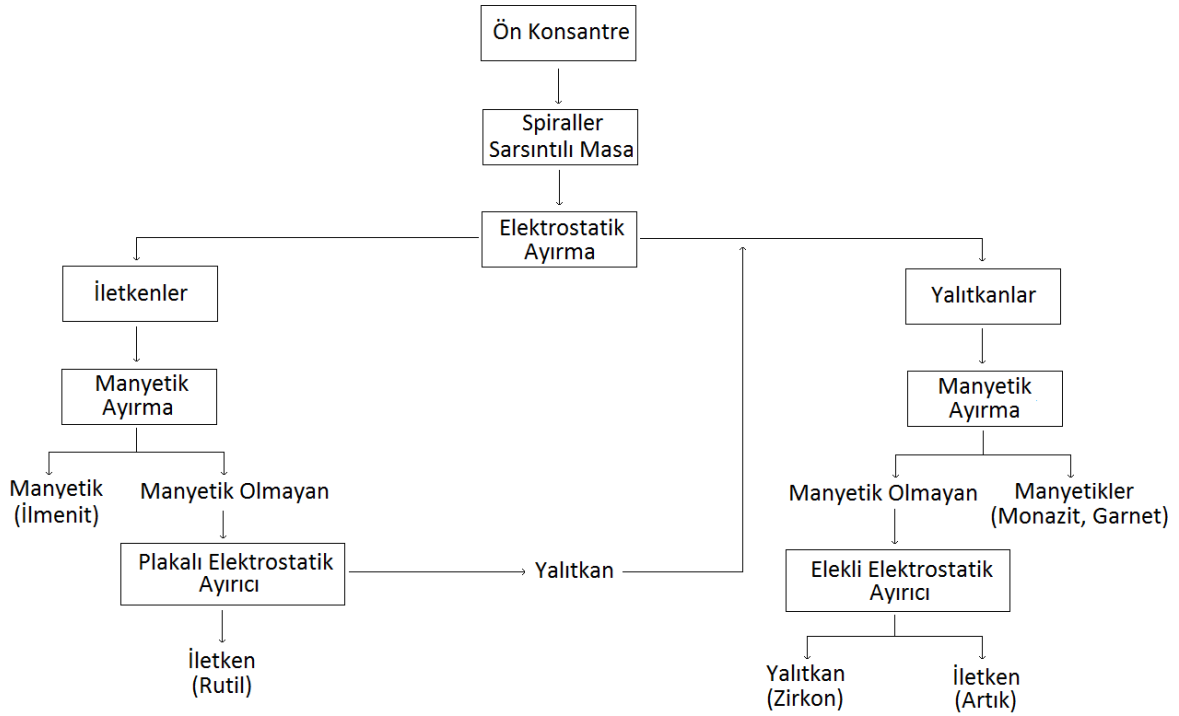
ayırıcıya varmadan yükünü tekrar kaybeder.

4.3.3 İyon Bombardımanı ile Yükleme

İletkenliği farklı yani kuvvetli ve zayıf elektriksel iletkenliğe sahip mineral karışımını ayırmayı mümkün kılan bir yöntemdir. Zirkondan ve plaj kumundaki diğer minerallerden rutil ve ilmenitin (iletkenler), kuvarstan (iletken değil) spekülaritin ayrılması bu yöntemin tipik uygulamasıdır.

4.4 SAHİL KUMLARININ ZENGİNLEŞTİRİLMESİNİ YAPAN FİRMALAR

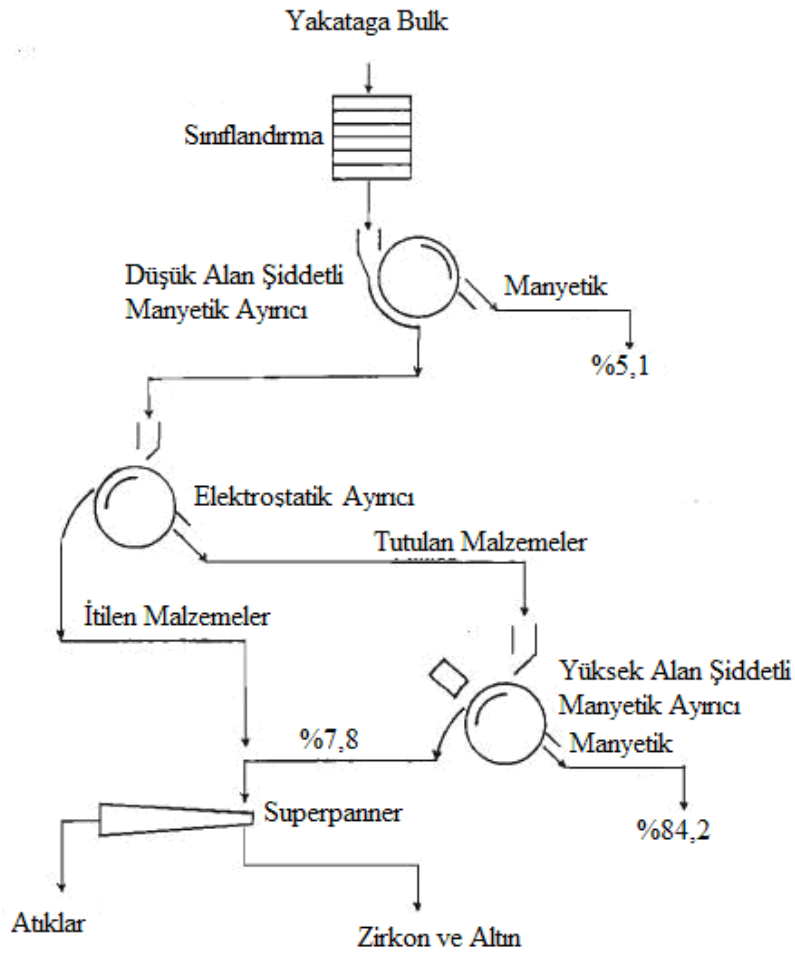
Sahil kumlarında Avustralyada Associated Minerals Consolidated Ltd. şirketince yapılan bir uygulamanın akım şeması Şekil 4.20’de verilmektedir.



Şekil 4.20 Associated Minerals Consolidated Ltd. şirketinin akım şeması.

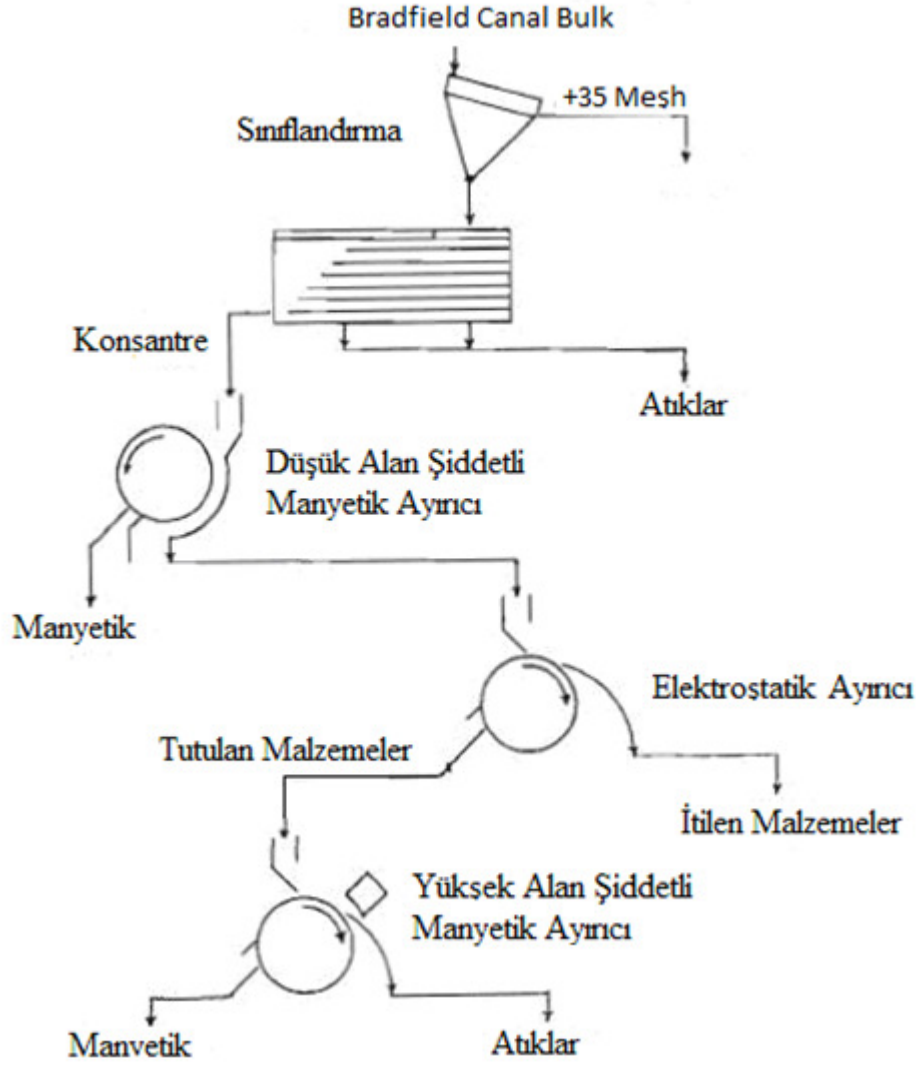
Bir diğer uygulama, Yakataga (Alaska) bölgesine ait sahil kumu zenginleştirme işleminde ilk olarak boyutlandırma yapılmaktadır, daha sonra cevher düşük alan şiddetli manyetik ayırıcıdan geçirilmektedir. Buradan gelen malzemeye elektrostatik ayırma işlemi uygulanmaktadır, elektrostatik ayırıcı tarafından tutulan malzeme yüksek alan şiddetli

manyetik ayırıcıdan geçirilmektedir. Son ürün olarak da zirkon ve altın alınmaktadır. Akım şeması Şekil 4.21'de verilmektedir.



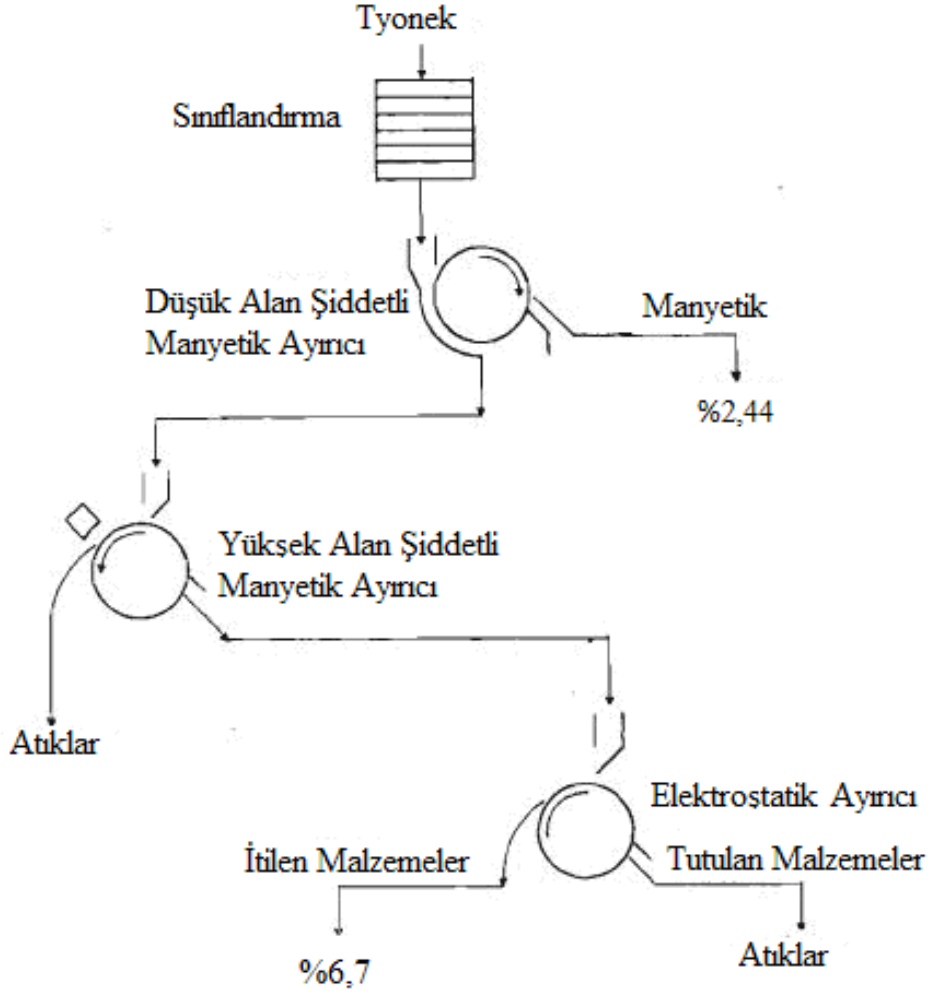
Şekil 4.21 Yakataga (Alaska) sahil kumlarının zenginleştirilmesi (Dggs.Alaska, 2013).

Bradfield bölgesinde malzeme öncelikle 35 meshlik elekten geçirilmektedir. Elek altı sallantılı masaya beslenmektedir ve masadan alınan konsantre düşük alan şiddetli manyetik ayırıcıdan geçirilmektedir. Daha sonra manyetik ayırıcıdan alınan ürün, elektrostatik ayırıcıya beslenmektedir ve elektrostatik ayırıcı tarafından tutulan malzeme manyetik ayırıcıya beslenmektedir. Nihai işlem sonucunda manyetik ürün alınmaktadır. Akım şeması Şekil 4.22'de verilmektedir.



Şekil 4.22 Bradfield Canal Sahil (Alaska) kumlarının zenginleştirilmesi (Dggs.Alaska, 2013).

Tyonek bölgesinden alınan sahil kumlarına boyutlandırma işlemi yapıldıktan sonra düşük alan şiddetli manyetik ayırıcıya beslenmektedirler. Manyetik ürün ayrılmaktadır ve manyetik olmayan ürün ise yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıya beslenmektedir. Buradan alınan ürün de elektrostatik ayırıcıya gönderilmektedir ve nihai aşamada iletken malzemeler elde edilmektedir. Akım şeması Şekil 4.23'de verilmektedir.



Şekil 4.23 Tyonek (Alaska) sahil kumlarının zenginleştirilmesi (Dggs. Alaska, 2013).

BÖLÜM 5

KARASU SAHİL KUMLARI İLE İLGİLİ DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde Karasu sahil kumlarının içindeki ağır minerallerinin kazanılması için yapılan deneysel çalışmalar anlatılmıştır.

5.1 ÇALIŞMA ALANININ GENEL KONUMU

Karasu, Marmara Bölgesinde, Sakarya ili'ne bağlı bir ilçe, doğusunda Kocaali ilçesi, güneyinde Hendek ilçesi, güneybatısında Ferizli ilçesi, batısında Kaynarca ilçesi ve kuzeyinde de Karadeniz ile çevrilidir. Marmara Bölgesi'nin Batı Karadeniz ile birleştiği yerde, Sakarya'nın kuzeyinde yer alan ilçe toprakları hafif dalgalı alçak alanlardan oluşmuştur. Karadeniz kıyısındaki düzlüklerin gerisinde hafif eğimlerle yükselen alanlar, bu alanların güneyinde de dalgalı düzlükler bulunur.

5.2 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanı boyunca yüzeylenen birimler kayaç türü özellikleri açısından üç ana gruba ayrılır. Karasu'nun kuzeyindeki deniz kenarında ve ilçe merkezinin güneyine doğru büyük bir bölümde bulunan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile bunların güneyindeki şehrin bir kısmını içine alan Üst - Kampaniyen - Alt Eosen yaşlı Akveren Formasyonu ve şehrin güney doğusunu içine alan Pliyosen yaşlı Örencik Formasyonu temel kaya birimlerini oluşturur.

5.3 SAHİL KUMU NUMUNESİNİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada kullanılan sahil kumu, Kocaali sahilinden alınmıştır. Sahilden alınan yaklaşık 150 kg numune alınarak Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama laboratuvarına getirilmiştir. 85°C'lik etüvde kurularak deneylere hazır hale getirilmiştir.

5.4 TÜVENANIN KİMYASAL ANALİZİ

Karasudan alınan tüvenan için, Eren Enerji Elektrik Üretim A.Ş.'de XRF cihazında kimyasal analiz yaptırılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.1'de yer almaktadır.

Çizelge 5.1 Tüvenanın kimyasal analiz sonuçları.

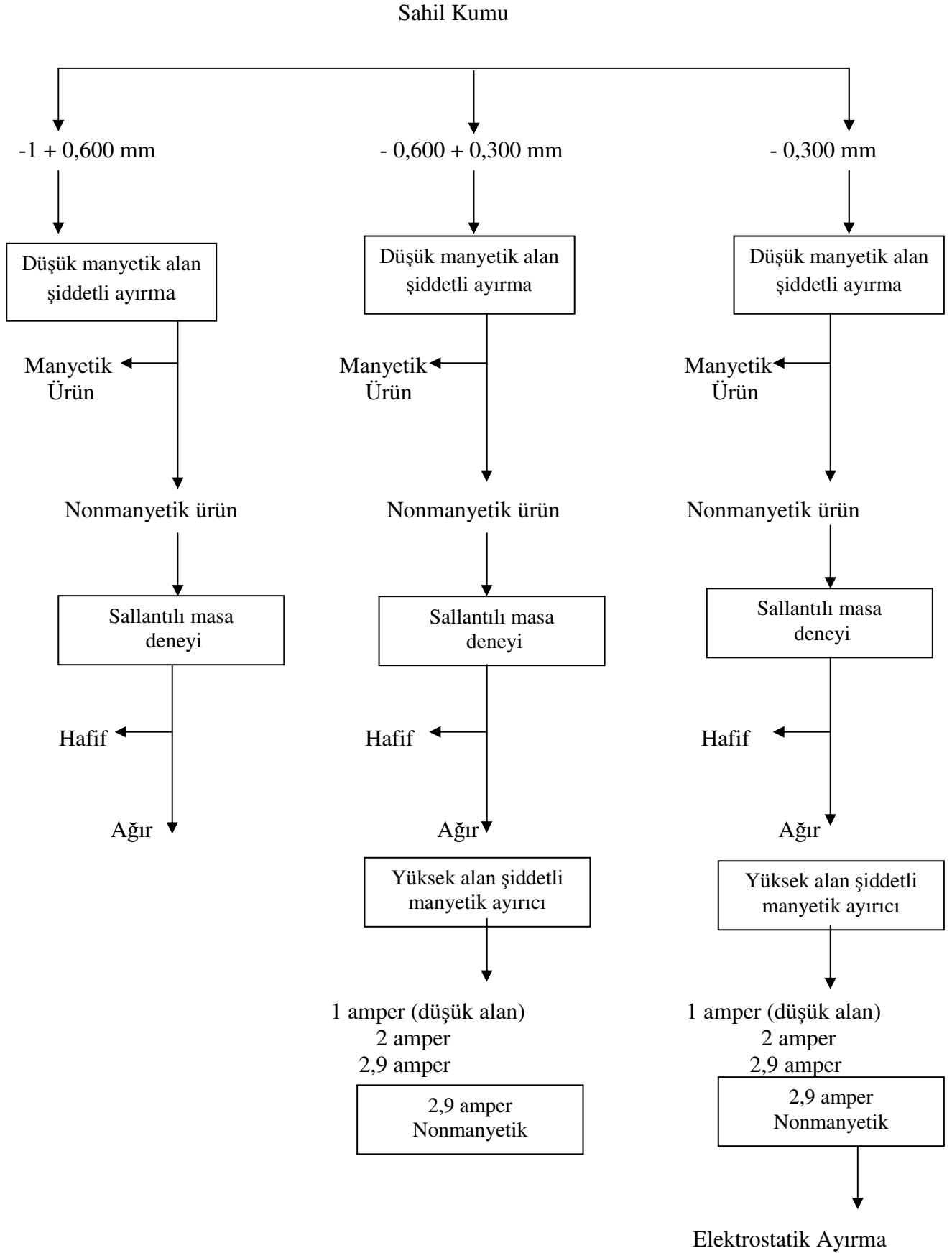
Kimyasal bileşim (%)	
SiO ₂	43,0672
TiO ₂	2,2634
Fe ₂ O ₃	11,8389
ZrO ₂	0,0255
Diğerleri (CaO, CO ₂ , Al ₂ O ₃ , vb.*)	42,805

* Ek açıklamalar A bölümünde, Çizelge A.1'de ayrıntılı olarak diğer kimyasal bileşimleri yer almaktadır.

Çizelgeden de görüldüğü gibi, - 1 mm boyutundaki tüvenan % 43,0672 SiO₂, % 2,2634 TiO₂, % 11,8389 Fe₂O₃, % 0,0255 ZrO₂ ve % 42,805 CaO, CO₂, Al₂O₃, vb.* içerir. Sahil kumunun büyük çoğunluğu silis içermektedir.

5.5 ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Bu yüksek lisans tezinde - 1 mm + 0,600 mm, - 0,600 mm + 0,300 mm ve - 0,300 mm olmak üzere üç farklı boyut grubunda çalışılmıştır. Bu ürünler ilk olarak düşük alan şiddetli manyetik ayırıcıda zenginleştirilmiştir. Manyetik ve nonmanyetik olmak üzere iki ürün alınmıştır. Nonmanyetik ürün, sallantılı masada zenginleştirilmiştir. Ağır ve hafif ürün elde edilmiştir. Ağır ürün; 1, 2 ve 2,9 amperlerde yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıda zenginleştirilmiştir. Burdan 2,9 amperdeki nonmanyetik ürün alınarak elektrostatik ayırıcıda zenginleştirilmiştir. Son olarak, her zenginleştirme aşamasından sonraki ürünlerin kimyasal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma yöntemi Şekil 5.1'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1 Karasu sahil kumu zenginleştirme uygulaması.

5.6 ELEK ANALİZİ

Sahil kumu örneklerinin içerisinde bulunan sahil kumu dışındaki yabancı malzemeleri uzaklaştırmak için 1 mm'lik elekten elenerek, elek üzerinde kalan midye kabukları ve ağaç parçaları gibi malzemeler ayrılmıştır. Konileme - dörtleme yöntemi ile yaklaşık 3 kg numune alınarak, boyut dağılımını belirlemek için elek analizi yapılmıştır. Kullanılan elek boyutları ve elek analizi sonuçları Çizelge 5.2'de verilmektedir. Çizelge 5.2'den de görüldüğü gibi 2 mm, 1 mm, 0,600 mm ve 0,300 mm elek açıklıklarında elekler kullanılmıştır. % 0,64'ü - 2 mm + 1 mm, % 4,84'ü - 1 mm + 0,600 mm, % 69,22'si - 0,600 mm + 0,300 mm ve % 25,30'u - 0,300 mm boyutundadır.

Çizelge 5.2 Elek analizi.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% Kümülatif elek üstü	% Kümülatif elek altı
-2 mm + 1mm	0,64	0,64	100
-1 mm + 0,600 mm	4,84	5,48	99,36
-0,600 mm + 0,300 mm	69,22	74,7	94,52
-0,300 mm	25,30	100	25,30
TOPLAM	100		

Deneyde çalışılan - 1 mm + 0,600 mm, - 0,600 mm + 0,300 mm ve - 0,300 mm boyutundaki üç ürüne XRF cihazında bakılmıştır. Ürünlerin kimyasal bileşimleri Çizelge 5.3'de verilmektedir. Çizelge 5.3'den görüldüğü gibi, boyut küçüldükçe % SiO₂ azalmıştır. % TiO₂ ve % Fe₂O₃ boyut küçüldükçe artmıştır. % ZrO₂'nin ise az bir artışta olsa en fazla olduğu boyut - 0,300 mm'dir.

Çizelge 5.3 Tüvenan kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% SiO ₂	% TiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂
- 1 mm + 0,600 mm	4,84	55,8685	0,4794	4,1851	0,0093
-0,600 mm + 0,300 mm	69,22	46,2304	1,5108	7,6426	0,0081
-0,300 mm	25,30	31,7342	4,5618	24,8987	0,0671
TOPLAM	100	42,7334	2,2231	11,7921	0,0230

Tüvenanda bulunan % SiO₂, % TiO₂, % Fe₂O₃, % ZrO₂ için % dağılımlar Çizelge 5.4, 5.5, 5.6 ve 5.7’de yer almaktadır. Çizelge 5.4’den görüldüğü gibi en fazla kazanma verimi - 0,600 mm + 0,300 mm boyutunda olmuştur. Bunun içerdiği % SiO₂ miktarı 46.2304’tür.

Çizelge 5.4 % SiO₂ kazanma verimi.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% SiO ₂	% Dağılım
-1 mm + 0,600 mm	4,87	55,8685	6,32
- 0,600 mm + 0,300 mm	69,66	46,2304	74,88
-0,300 mm	25,46	31,7342	18,78
TOPLAM	100	43,0044	100

Çizelge 5.5’te yer alan % TiO₂ kazanma veriminde en fazla dağılımın - 0,300 mm boyutunda olduğu görülmektedir. Boyut küçüldükçe % dağılım ve % TiO₂ artmıştır. Miktar olarak en fazla olan boyuta bakıldığında ise - 0,600 mm + 0,300 mm boyutudur.

Çizelge 5.5 % TiO₂ kazanma verimi.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% TiO ₂	% Dağılım
-1 mm + 0,600 mm	4,87	0,4794	1,04
-0,600 mm + 0,300 mm	69,66	1,5108	47,04
-0,300 mm	25,46	4,5618	51,91
TOPLAM	100	2,2372	100

Çizelge 5.6’da yer alan % Fe₂O₃ kazanma veriminde en fazla dağılımın - 0,300 mm boyutunda olduğu görülmektedir. Boyut küçüldükçe % dağılım ve % Fe₂O₃ artmıştır. Miktar olarak en fazla olan boyuta bakıldığında ise - 0,600 mm + 0,300 mm boyutudur.

Çizelge 5.6 % Fe₂O₃ kazanma verimi.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% Fe ₂ O ₃	% Dağılım
-1 mm + 0,600 mm	4,87	4.1851	1,71
-0,600 mm + 0,300 mm	69,66	7.6426	44,86
-0,300 mm	25,46	24,8987	53,41
TOPLAM	100	11,8668	100

Çizelge 5.7'den görüldüğü gibi en fazla kazanma verimi % 73,73 dağılımla, - 0,300 mm boyutunda olmuştur. En az kazanma verimi ise % 1,96 dağılımla - 1 mm + 0,600 mm boyutudur. Bu boyutun % ZrO₂ miktarı az miktarla, - 0,600 mm + 0,300 mm boyutundakinden fazladır.

Çizelge 5.7 % ZrO₂ kazanma verimi.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% ZrO ₂	% Dağılım
-1 mm + 0,600 mm	4,87	0,0093	1,96
-0,600 mm + 0,300 mm	69,66	0,0081	24,30
-0,300 mm	25,46	0,0671	73,73
TOPLAM	100	0,023	100

5.7 DÜŞÜK ALAN ŞİDDETLİ MANYETİK AYIRMA

Laboratuvarımızda bulunan düşük alan şiddetli kuru tamburlu manyetik ayırıcıda çalışılmıştır. Cihaz Şekil 5.2'de gösterilmektedir.

Manyetik ayırıcının besleme hızı ayarları değiştirilerek çizgisel hız cinsinden ayarlanmıştır. Tambur dönüş hızı 12 dev/dak ve besleme hızının değeri ise 0,67 mm/s (40 mm/dak)'dır. Çizelge 5.8'de düşük alan şiddetli manyetik ayırma deney sonuçları verilmiştir. Bu deneylerden iki farklı ürün alınmıştır. Bunlar manyetik ve nonmanyetik ürünlerdir.



Şekil 5.2 Düşük alan şiddetli tamburlu manyetik ayırıcı.

Çizelge 5.8’den görüldüğü gibi en fazla manyetik ürün - 0,300 mm boyutundan alınmıştır. Bu değer % 16,25’tir. Boyut küçüldükçe, % manyetik ürün miktarı artış göstermiştir.

Çizelge 5.8 Manyetik ayırma deneyi sonuçları.

Elek boyutu (mm)	% Manyetik ürün	% Manyetik olmayan ürün
-1 mm+0,600 mm	1,17	98,83
-0,600 mm +0,300 mm	2,17	97,83
-0,300 mm	16,25	83,75
TOPLAM	10,94	89,06

Çizelge 5.9’da manyetik ürünlerin kimyasal bileşimleri yer almaktadır. Çizelgeden 5.9’dan görüldüğü gibi, boyut küçüldükçe % TiO₂, % Fe₂O₃ ve % ZrO₂ değerleri artış göstermiştir. % SiO₂’de bu durum tam tersidir. Boyut küçüldükçe % SiO₂ azalmıştır.

Çizelge 5.9 Manyetik ürünlerin kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% SiO ₂	% TiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂
- 1 mm + 0,600 mm	1,17	37,2553	0,8778	17,4537	0,0168
-0,600 mm + 0,300 mm	2,17	35,6269	2,0110	22,1114	0,0143
-0,300 mm	16,25	11,6264	7,5909	59,7926	0,0234

5.8 SALLANTILI MASA

Laboratuvarımızda bulunan sallantılı masada, düşük alan şiddetli manyetik ayırıcıdan alınan manyetik olmayan ürünler zenginleştirilmiştir. Kullanılan cihaz Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

Deneylerde ayırma üzerinde masanın eğimi, hızı ve yıkama su miktarı ayarlanmıştır. Masanın üç ayrı çıkışından ağır, hafif ve ara ürün olmak üzere üç farklı ürün alınmıştır. Elde edilen ara ürün sallantılı masaya aynı hızda ve eğimde tekrar beslenerek hafif ve ağır olmak üzere iki ayrı ürün elde edilmiştir.



Şekil 5.3 Sallantılı masa.

Sallantılı masa deney sonuçları Çizelge 5.10’da deney sonuçları yer almaktadır. Çizelge 5.10’ dan görüldüğü gibi en fazla ağır ürün - 0,300 mm boyutundan alınmıştır. Bu değer % 17,60’dır. Boyut küçüldükçe kazanılan % ağır ürün artmıştır. Sallantılı masaya beslenen tüm ürüne bakıldığında, ağır ürün miktarı % 12,45 ve hafif ürün miktarı % 87,55’tir.

Çizelge 5.10 Sallantılı masa deney sonuçları.

Elek boyutu (mm)	% Miktar (ağır)	% Miktar (hafif)
-1 mm+0,600 mm	5,78	94,22
-0,600 mm +0,300 mm	11,65	88,35
-0,300 mm	17,60	82,40
TOPLAM	12,45	87,55

Çizelge 5.11’da sallantılı masa deneyinden alınan - 1 mm + 0,600 mm boyutundaki ağır ve hafif ürünlerin kimyasal bileşimi yer almaktadır. Çizelge 5.9’den görüldüğü gibi ağır ürün % 45,5017 SiO₂, hafif ürün % 53,8551 SiO₂ içermektedir. Ağır üründeki % SiO₂ daha az olması beklenirken yüksek bir miktar çıkmıştır. Bunun nedeninin titanit minerali içerdiği düşünülmektedir. % TiO₂’e bakıldığında ağır ürün % 1,3074 TiO₂, hafif ürün % 0,7835 TiO₂ içermektedir. % Fe₂O₃’e bakıldığında ağır üründeki % 7,9598 Fe₂O₃, hafif üründeki % 5,0851 Fe₂O₃ içermektedir. % ZrO₂ ise; ağır üründeki % 0,0094 ZrO₂ ve % 0,0058 ZrO₂ bulunmaktadır.

Çizelge 5.11 - 1 mm + 0,600 mm ağır ve hafif ürünün kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% SiO ₂	% TiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂
-1 mm+0,600 mm ağır	5,78	45,5017	1,3074	7,9598	0,0094
-1 mm+0,600 mm hafif	94,22	53,8551	0,7835	5,0851	0,0058
TOPLAM	100	53,3722	0,8137	5,2512	0,0060

Çizelge 5.12’da - 0,600 mm + 0,300 mm boyutundaki ağır ve hafif ürünün kimyasal bileşimi yer almaktadır. Ağır üründeki % 36,0482 SiO₂, % 3,6100 TiO₂, % 15,0672 Fe₂O₃ ve % 0,0187 ZrO₂ bulunmaktadır. Hafif üründeki ise % 44,2876 SiO₂, % 1,7550 TiO₂, % 6,5002 Fe₂O₃ ve % 0,0913 ZrO₂ bulunmaktadır.

Çizelge 5.12 - 0,600 mm + 0,300 mm ağır ve hafif ürünün kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% SiO ₂	% TiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂
-0,600 mm +0,300 mm ağır	11,65	36,0482	3,6100	15,0672	0,0187
-0,600 mm +0,300 mm hafif	88,35	44,2876	1,7550	6,5002	0,0913
TOPLAM	100	43,3277	1,9711	7,4982	0,0828

Çizelge 5.13’de - 0,300 mm boyutundaki ağır ve hafif ürünün kimyasal bileşimi yer almaktadır. Ağır üründeki % 14,5257 SiO₂, % 7,9956 TiO₂, % 49,5914 Fe₂O₃ ve % 0,4662 ZrO₂ bulunmaktadır. Hafif üründeki ise % 35,3322 SiO₂, % 4,0457 TiO₂, % 16,0210 Fe₂O₃ ve % ve % 0,0365 ZrO₂ bulunmaktadır.

Çizelge 5.13 - 0,300 mm ağır ve hafif ürünün kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu (mm)	% Miktar	% SiO ₂	% TiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂
-0,300 mm ağır	17,6	14,5257	7,9956	49,5914	0,4662
-0,300 mm hafif	82,40	35,3322	4,0457	16,0210	0,0365
TOPLAM	100	31,6702	4,7408	21,9293	0,1121

5.9 YÜKSEK ALAN ŞİDDETLİ MANYETİK AYIRMA

İTÜ’de Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan yüksek alan şiddetli bantlı manyetik ayırıcıda, sallantılı masadan alınan - 0,600 mm + 0,300 mm ve - 0,300 mm boyutlarındaki ağır ürünler 1, 2 ve 2,9 amperde zenginleştirilmiştir. Cihaz Şekil 5.4’de gösterilmektedir. Çizelge 5.12 ve 5.13’de deney sonuçları ve kimyasal bileşimleri yer almaktadır.



Şekil 5.4 Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcı.

Çizelge 5.14’den görüldüğü gibi 1 amperdeki ürün, % 28,4020 SiO₂, % 4,5458 TiO₂, % 31,8977 Fe₂O₃ ve % 0,0163 ZrO₂, 2 amperde % 33,2551 SiO₂, % 2,7797 TiO₂, %23,8910 Fe₂O₃, % 0,0158 ZrO₂, 2,9 amperde % 37,3891 SiO₂, % 3,0733 TiO₂, % 14,0408, % 0,0125 ZrO₂ ve son olarak 2,9 amperdeki nonmanyetik ürün % 38,8427 SiO₂, % 4,2705 TiO₂, % 2,2032 Fe₂O₃ ve % 0,0342 ZrO₂ içerir.

Çizelge 5.14 - 0,600 mm + 0,300 mm deney sonuçları ve kimyasal analizi.

Akım şiddeti (amper)	% Miktar	% SiO ₂	% TiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂
1	25,30	28,4020	4,5458	31,8977	0,0163
2	16,79	33,2551	2,7797	23,8910	0,0158
2,9	34,55	37,3891	3,0733	14,0408	0,0125
2,9 (Nonmanyetik)	23,36	38,8427	4,2705	2,2032	0,0342
TOPLAM	100	34,7608	3,6762	17,4471	0,0190

Çizelge 5.15'den görüldüğü gibi 1 amperdeki ürün, % 9,6472 SiO₂, % 9,4607 TiO₂, % 63,7192 Fe₂O₃ ve % 0,0457 ZrO₂, 2 amperde % 12,3192 SiO₂, % 7,4414 TiO₂, % 55,1443 % Fe₂O₃, % 0,0325 ZrO₂, 2,9 amperde % 18,2978 SiO₂, % 5,3729 TiO₂, % 40,2012 Fe₂O₃, % 0,0515 ZrO₂ ve son olarak 2,9 amperdeki nonmanyetik ürün % 29,7295 SiO₂, % 21,3955 TiO₂, % 2,3605 Fe₂O₃ ve % 5,6477 ZrO₂ içerir.

Çizelge 5.15 - 0,300 mm deneyi sonuçları ve kimyasal analizi.

Akım şiddeti (amper)	% Miktar	% SiO ₂	% TiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂
1	50,32	9,6472	9,4607	63,7192	0,0457
2	15,64	12,3192	7,4414	55,1443	0,0325
2,9	30,44	18,2978	5,3729	40,2012	0,0515
2,9 (Nonmanyetik)	3,60	29,7295	21,3955	2,3605	5,6477
TOPLAM	100	13,4231	8,3302	53,0101	0,2471

Çizelge 5.16'da yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcı deneyinden alınan 2,9 amperdeki nonmanyetik ürünün (- 0,600 + 0,300 mm) % Fe₂O₃, ZrO₂ ve TiO₂ kazanma verimleri yer almaktadır. Akım şiddeti arttıkça % Fe₂O₃ dağılımı azalmakta, % ZrO₂ dağılımı az miktarda artış göstermektedir. 1 amperde % TiO₂ dağılımı en fazladır. Bunun nedeninin ilmenit minerallerinden dolayı yüksek olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 5.16 - 0,600 + 0,300 mm için % Fe₂O₃, ZrO₂ ve TiO₂ kazanma verimleri.

Akım şiddeti (amper)	% Miktar	% Fe ₂ O ₃	% Dağılım Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂	% Dağılım ZrO ₂	% TiO ₂	% Dağılım TiO ₂
1	25,30	31,8977	46,25	0,0163	21,61	4,5458	31,28
2	16,79	23,8910	22,99	0,0158	13,89	2,7797	12,70
2,9	34,55	14,0408	27,80	0,0125	22,63	3,0733	28,88
2,9 (Nonmanyetik)	23,36	2,2032	2,95	0,0342	41,86	4,2705	27,14
TOPLAM	100	17,4471	100	0,0190	100	3,6762	100

Çizelge 5.17’te yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcı deneyinden alınan 2,9 amperdeki nonmanyetik ürünün (- 0,300 mm) % Fe₂O₃, ZrO₂ ve TiO₂ kazanma verimleri yer almaktadır. Akım şiddeti arttıkça % Fe₂O₃ dağılımı azalmakta, % ZrO₂ dağılımı artmaktadır. 2,9 nonmanyetik üründeki % TiO₂ en yüksek değer olmasına rağmen, % dağılımı en azdır. Bunun nedeni % Miktarın değerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.17 - 0,300 mm için % Fe₂O₃, ZrO₂ ve TiO₂ kazanma verimleri.

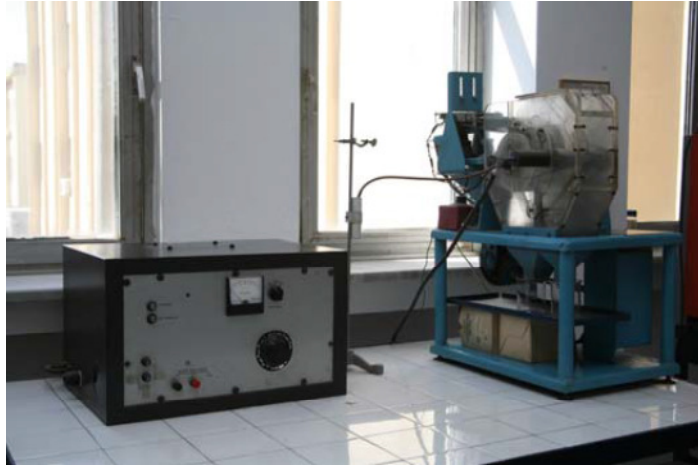
Akım şiddeti (amper)	% Miktar	% Fe ₂ O ₃	% Dağılım Fe ₂ O ₃	% ZrO ₂	% Dağılım ZrO ₂	% TiO ₂	% Dağılım TiO ₂
1	50,32	63,7192	60,48	0,0457	9,31	9,4607	57,15
2	15,64	55,1443	16,27	0,0325	2,09	7,4414	13,97
2,9	30,44	40,2012	23,08	0,0515	6,35	5,3729	19,63
2,9 (Nonmanyetik)	3,60	2,3605	0,16	5,6477	82,30	21,3955	9,25
TOPLAM	100	53,01	100	0,2471	100	8,3302	100

5.10 ELEKTROSTATİK AYIRMA

Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıdan alınan en son ürünler (nonmanyetik) mikroskopta bakılmıştır. - 0,600 mm + 0,300 mm boyutunda numunenin çoğunlukla kuvars içerdiği görülmüştür. Zirkona hiç rastlanılmamıştır. Rutil ise eser miktarda gözlenmiştir. Bu nedenle bu boyuttaki numune için elektrostatik ayırma deneyi yapılmamıştır.

- 0,300 mm boyutunda ise numunenin önemli miktarda rutil + zirkon içerdiği görülmüştür. İTÜ'de Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan elektrostatik ayırıcı cihazında, yüksek alan şiddetli ayırıcıdan alınan en son ürün (2,9 amper nonmanyetik) içinde bulunan rutil ve zirkonu birbirinden ayırmak için deney yapılmıştır.

Şekil 5.5'de deneyde kullanılan elektrostatik ayırıcı gösterilmektedir. Deney sonucunda iyi ayırım olmadığı renk farkının olmamasından anlaşılmıştır. Havadaki nemin zenginleştirme deneyini olumsuz etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 5.5 Elektrostatik ayırıcı.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tezinde Karasu sahil kumlarından ağır minerallerin kazanılması amacıyla yapılan zenginleştirme deneyleri anlatılmıştır.

Karasudan alınan sahil kumu numunesinin hazırlanması, elek analizi bunun ardından zenginleştirme işlemleri yapılmıştır. İlk olarak düşük alan şiddetli manyetik ayırma, sallantılı masa, yüksek alan şiddetli manyetik ayırma ve elektrostatik ayırma deneyleri yapılmıştır. Son olarak Eren Enerji Elektrik Üretim A.Ş.'de kimyasal analiz yaptırılmıştır. Tüvenandaki minerallerin % içeriğiyle, zenginleştirme çalışmalarının sonuçlarındaki % içerik karşılaştırılmıştır. Sahil kumunun içindeki TiO_2 , ZrO_2 , Fe_2O_3 gibi ağır minerallerin % içeriği sonuçlara göre artış göstermiştir. Bunun yanında % SiO_2 miktarına bakılmıştır.

Numune 1 mm'lik elekten elenerek, numuneye dışarıdan karışan midye kabukları ve ağaç parçacıkları gibi yabancı maddeler uzaklaştırılmıştır.

Yapılan elek analizi ile numunenin boyut dağılımı yapılmıştır. Numunenin % 0,64'ü - 2 mm + 1mm, % 4,84'ü -1 mm + 0,600 mm, % 69,22'si - 0,600 mm + 0,300 mm ve % 25, 30'u 300 mm'in altında olduğu belirlenmiştir. - 1 mm + 0,600 mm, - 0,600 mm + 0,300 mm ve - 300 mm boyutlarında zenginleştirme deneyleri yapılmıştır.

Düşük alan şiddetli ayırıcı deneyinden elde edilen sonuçlara göre - 1mm + 0,600 boyutunda % 1,17 manyetik ürün, - 0,600 mm + 0,300 mm'de % 2,17 manyetik ürün ve - 0,300 mm'de % 16,25 manyetik ürün kazanılmıştır.

Sallantılı masa deneyinden elde edilen sonuçlara göre - 1mm + 0,600 boyutunda % 5,78 ağır ürün, - 0,600 mm + 0,300 mm'de 11,65 ağır ürün ve - 0,300 mm'de % 17,60 ağır ürün kazanılmıştır.

Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıda 1, 2 ve 2,9 amperlerinde, - 0,600 mm + 0,300 mm ve - 0,300 mm boyutlarında çalışılmıştır. - 0,600 mm + 0,300 mm boyutunda 1, 2, 2,9 amperlerinde ürünlerin % miktarları sırasıyla % 25,30, 16,79, 34,55 ve 2,9 amperde (nonmanyetik) 23,36'dır. - 0,300 mm boyutunda 1, 2, 2,9 amperlerinde ürünlerin sırasıyla % miktarları sırasıyla 50,32, 15,64, 30,44 ve 2,9 amperde (nonmanyetik) 3,60'dır.

- 0,300 mm boyutundaki numune için, elektrostatik ayırıcı deneyi yapılmıştır. Deney sonucunda iletken ve yalıtkan hazne bölümlerinde olan numunenin aynı renkte olduğu görülmüştür. İyi ayırım olmadığı renk farkının olmamasından anlaşılmıştır. Havadaki nemin zenginleştirme deneyini olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

Bu tezde yapılan kuru manyetik ayırma deneyi yerine yaş manyetik ayırıcı deneyi yapılabilir. Böylelikle taneler arasındaki elektro - statik çekim kuvvetleri ve manyetik alanın etkisi ile tanelerin topaklaşması önlenir. Konsantre verimi artırılmış olur.

EK AÇIKLAMALAR A
KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Çizelge A.1 Tüvenanın kimyasal analiz sonuçları.

Tüvenan (- 1mm)					
CO ₂	12,5306	CaO	12,4783	Rb ₂ O	0,0037
Na ₂ O	1,6483	TiO ₂	2,2634	SrO	0,0379
MgO	4,2415	Cr ₂ O ₃	0,7614	ZrO ₂	0,0255
Al ₂ O ₃	8,8905	MnO	0,2928	Nb ₂ O ₅	0,0037
SiO ₂	43,0672	Fe ₂ O ₃	11,8389	BaO	0,0457
P ₂ O ₅	0,2257	NiO	0,0288	Bi ₂ O ₃	0,0036
SO ₃	0,4131	CuO	0,0040	ThO ₂	0,0000
Cl	0,0219	ZnO	0,0121		
K ₂ O	1,1588	As ₂ O ₃	0,0026		

Çizelge A.2 - 1 mm + 600 µm kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu	-1mm+600 µm tüvenan	-1mm+600 µm manyetik	-1mm+600 µm ağır	-1mm+600 µm hafif
CO ₂	13,3288	6,5215	11,4449	11,7568
Na ₂ O	1,9380	1,2261	1,7344	1,8504
MgO	3,2827	22,3466	5,6072	3,5615
Al ₂ O ₃	9,0224	7,0749	9,9218	9,2381
SiO ₂	55,8685	37,2553	45,5017	53,8551
P ₂ O ₅	0,1269	0,2827	0,1811	0,1624
SO ₃	0,9185	0,1864	0,1915	0,3172
Cl	0,0313	0,0568	0,0159	0,0137
K ₂ O	1,6396	0,7775	1,1039	1,4832
CaO	8,7723	3,8795	14,3924	11,4710
TiO ₂	0,4794	0,8778	1,3074	0,7835
Cr ₂ O ₃	0,1247	1,5466	0,2286	0,1544
MnO	0,1017	0,2198	0,2268	0,1413
Fe ₂ O ₃	4,1851	17,4537	7,9598	5,0851
NiO	0,0277	0,1380	0,0306	0,0240
CuO	0,0138	0,0070	0,0034	0,0033
ZnO	0,0129	0,0272	0,0106	0,0073
As ₂ O ₃	-	0,0101	0,0024	0,0029
Rb ₂ O	0,0131	0,0017	0,0038	0,0055
SrO	0,0333	0,0261	0,0531	0,0417
ZrO ₂	0,0093	0,0168	0,0094	0,0058
Nb ₂ O ₅	0,0008	0,0013	0,0017	0,0011
BaO	0,0479	0,0181	0,0222	0,0283
Bi ₂ O ₃	0,0084	-	-	-
ThO ₂	-	-	0,0019	0,0020

Çizelge A.3 - 600 + 300 µm kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu	-600+300 µm tüvanan	-600+300 µm manyetik	-600+300 µm ağır	-600+300 µm hafif	-600+300 µm ağır 1 amper	-600+300 µm ağır 2 amper	-600+300 µm ağır 2,9 amper	-600+300 µm ağır 2,9 amper nonmanyetik
CO ₂	13,16	5,87	10,47	14,28	4,93	4,75	6,06	19,97
Na ₂ O	1,72	1,64	1,17	1,69	0,86	0,97	1,07	1,34
MgO	3,94	13,87	6,41	4,21	8,90	7,58	7,71	2,70
Al ₂ O ₃	9,19	8,78	9,12	9,22	7,15	10,31	11,85	7,12
SiO ₂	46,23	35,63	36,05	44,29	28,40	33,25	37,38	38,84
P ₂ O ₅	0,19	0,37	0,27	0,20	0,38	0,27	0,21	0,32
SO ₃	0,59	0,17	0,21	0,27	0,18	0,18	0,20	0,17
Cl	0,04	0,06	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
K ₂ O	1,34	1,13	0,62	1,20	0,40	0,41	0,45	1,00
CaO	13,67	5,34	15,23	15,76	8,37	12,48	16,84	21,49
TiO ₂	1,51	2,01	3,61	1,75	4,54	2,78	3,07	4,27
Cr ₂ O ₃	0,38	2,41	1,09	0,19	2,72	2,00	0,54	0,09
MnO	0,23	0,31	0,51	0,19	1,05	0,87	0,29	0,12
Fe ₂ O ₃	7,64	22,11	15,06	6,50	31,89	23,89	14,04	2,20
NiO	0,03	0,08	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,01
CuO	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
ZnO	0,01	0,04	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00
As ₂ O ₃	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,05	0,03	0,04	0,05	0,01	0,05	0,07	0,05
ZrO ₂	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,01	0,03
Nb ₂ O ₅	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
BaO	0,05	0,02	-	0,02	0,03	0,02	-	0,05
Bi ₂ O ₃	0,08	-	0,00	-	-	-	-	-
ThO ₂	-	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00

Çizelge A.4 - 300 µm kimyasal analiz sonuçları.

Elek boyutu	- 300 µm tıvanan	- 300 µm manyetik	- 300 µm ağır	- 300 µm hafif	- 300µm ağır 1 amper	- 300 µm ağır 2 amper	- 300 µm ağır 2,9 amper	- 300 µm ağır 2,9 amper nonmanyetik
CO ₂	9,78	5,04	4,17	10,72	3,61	3,21	4,06	12,61
Na ₂ O	1,23	0,57	0,36	1,15	0,30	0,30	0,39	1,05
MgO	4,61	4,80	3,81	5,53	2,44	3,16	5,07	2,19
Al ₂ O ₃	8,11	3,88	6,35	9,03	4,06	6,63	8,81	5,64
SiO ₂	31,73	11,62	14,52	35,33	9,64	12,31	18,29	29,72
P ₂ O ₅	0,35	0,53	0,40	0,35	0,41	0,43	0,32	1,10
SO ₃	0,52	0,18	0,18	0,34	0,11	0,11	0,20	0,54
Cl	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K ₂ O	0,68	0,25	0,21	0,67	0,15	0,21	0,25	0,68
CaO	11,03	2,57	4,85	14,79	2,05	2,74	6,90	16,19
TiO ₂	4,56	7,59	7,99	4,04	9,46	7,44	5,37	21,39
Cr ₂ O ₃	1,76	1,94	6,09	1,25	2,79	6,60	9,17	0,10
MnO	0,45	0,51	0,72	0,51	1,02	1,45	0,56	0,10
Fe ₂ O ₃	24,89	59,79	49,59	16,02	63,71	55,14	40,20	2,36
NiO	0,03	0,05	0,04	0,02	0,03	0,04	0,04	0,01
CuO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,07
ZnO	0,02	0,06	0,05	0,01	0,03	0,06	0,05	0,00
As ₂ O ₃	-	0,00	-	-	-	-	0,01	-
SrO	0,02	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,03	0,02
ZrO ₂	0,06	0,02	0,46	0,03	0,04	0,03	0,05	5,64
Nb ₂ O ₅	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
BaO	-	0,02	-	0,03	-	0,02	-	0,09
Bi ₂ O ₃	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,00
ThO ₂	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	0,01	0,00

KAYNAKLAR

- Acarkan N** (2008)“*Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri ve Teknikleri*”, *Cevher ve Kömür Hazırlama Tesislerinde İşletme Denetimi ve Verim Artırma Kursu*, YMGV Yayını, İstanbul, 51- 88.
- Aykol A ve Gültekin A H** (1992) *Plaser Yataklar*, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı, Kitap yayın no: 35, 165 s.
- Dggs Alaska** (2013) <http://www.dggs.alaska.gov/>
- DPT** (2006) http://plan9.dpt.gov.tr/oik41_madencilik/41madencilik.pdf
- Infomine** (2012) <http://www.infomine.com/equipment/listings/details.aspx.equipid=57264>
- Gültekin A H** (2012) <http://web.itu.edu.tr/~gultekin/plaser.htm>
- Gümüş A** (1979) *Metalik Maden Yatakları*, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 180 s.
- Kun N** (1962) The economic geology of columbim (niobium) and of tanyalyum - economic geology, vol 57., pp 307 - 404.
- Köhnlechner R, Schlett Z and Caizer C** (2002) A new wet Eddy - Current separator Resources, Conservation and Recycling, pp 37, 1, 55 - 60.
- Merta Makine** (2013) <http://www.mertamakina.com/tr/urun02.html>.
- Metso Minerals** (2009) <http://www.metso.com>.
- Outotec** (2009) <http://www.outotec.com>.
- Önal G** (1985) *Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 86 s.
- Svaboda J and Fujita T** (2009) Resent Developments in Magnetic Methods of Material Separation, Minerals Engineering, pp 16, 785 - 792
- Yiğit E** (1999) *Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme*, ZKÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Böl., Zonguldak.

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe Hilal ALAGÖZ 1987’de Kdz. Ereğli’de doğdu; ilk ve orta öğretimini aynı şehirde tamamladı; Kadri Yılmaz Kardeşler Lisesi’nden (YDL) mezun olduktan sonra 2005 yılında ZKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2010 yılında mezun oldu. 2011 - 2012 yılları arasında Dekar Madencilik Hazır Beton İnş. ve Malz. San. ve Tic. Ltd. Şti’de Maden Mühendisi olarak çalıştı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Bağlık Mah. Gül sok. Gül yapı koop.
8/2 KDZ Ereğli / ZONGULDAK

Tel : 0 536 483 62 17

E-posta : tugce_alagoz87@hotmail.com