

**İTÜ**



***MAD 308 CEVHER HAZIRLAMA II  
LABORATUVAR DENEY FÖYLERİ***

- DAĞITMA VE BOYUTA GÖRE SINIFLANDIRMA***
- MANYETİK VE ELEKTROSTATİK AYIRMA***
- GRAVİTE AYIRMASI***

## 1. GİRİŞ

Doğada bulunan kil ve kaolin gibi ince taneli mineraller; yüzey yükleri ve Van der Waals çekim kuvvetlerinin etkisiyle sulu ortamlarda bir araya gelerek topaklanma (koagülasyon/flokülasyon) eğilimi gösterirler. İnce taneli minerallerin sıvı içerisinde birbirine tutunmadan, tek tek serbest halde kalmasını sağlayan işleme "dağıtma (dispersiyon)" adı verilir. Bu işlem, fiziksel zenginleştirme uygulamalarının verimli geçmesi ve tane boyu dağılımının hassas bir şekilde belirlenebilmesi için kritik bir öneme sahiptir.

Dağıtma işlemi, taneler arasındaki çekim kuvvetlerini yenmek amacıyla mekanik veya kimyasal yollarla gerçekleştirilebilir. Mekanik dağıtmada, yüksek devirli karıştırıcıların pülp içerisinde yarattığı kesme (shear) kuvvetlerinden faydalanılır. Bu amaçla laboratuvar ölçeğinde özel mekanik dağıtıcı cihazlar kullanılmaktadır.

Mineraller pülp içerisinde tam olarak dağıtıldıktan sonra; çöktürme (sedimentasyon), hidrosiklon veya yaş eleme gibi yöntemlerle boyuta göre sınıflandırma işlemine geçilir. Özellikle çok ince boyutlardaki sınıflandırma işlemleri, tanelerin akışkan içerisindeki çökme hızlarını tanımlayan Stokes Yasası prensiplerine dayanmaktadır.

## 2. DENEYLE İLGİLİ BİLGİLER

### 2.1. Deneyi Amacı

İnce boyutlu numunelerin dağıtma ve boyuta göre sınıflandırma yöntemleri kullanılarak ayrılmasını incelenmesi.

### 2.2. Kullanılan Malzeme ve Ekipman

Deneyler kapsamında kaolin numunesi kullanılacaktır. Dağıtma işlemi sırasında 900 mL kapasiteye sahip Wemco mekanik dağıtıcı kullanılacaktır.

### 2.3. Deneyin Yapılışı

- %20 pülpte katı oranı olacak şekilde kaolin numunesi tartılır.
- Tartılan numune belirlenen pülpte katı oranına göre su eklenerek mekanik dağıtıcı içerisine konulur.

Rapor/Ödev Başlığı :  
Hazırlayanın Adı Soyadı :

- 5 dk boyunca 1500 RPM’de numune karıştırılır.
- Karıştırma sonrası numune 38 mikron açıklıklı elek kullanılarak elenir.
- Elenen numuneler kurutulduktan sonra tartılarak metalurjik denge tablosu oluşturulur.

Ürünler	Miktar, gr	Miktar, %	Si2O		Al2O3	
			İçerik, %	Dağılım, %	İçerik, %	Dağılım, %
<b>Kil konsantresi</b>	148,xx		54,xx		33,xx	
<b>Artık</b>	32,xx		71,xx		9,xx	
<b>TOPLAM</b>						

xx: Öğrenci numaranızın son iki hanesi

### 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Dağıtıcılar hakkında detaylı bilgi veriniz. Dağıtma sistemlerini ve mekanizmayı detaylı olarak açıklayınız.
2. Dağıtma ile zenginleştirme yapan tesislerden örnek vererek tesise ait akım şemasını çiziniz.
3. Deney sonucunda elde edilen veriler ile metalurjik denge tablosu oluşturunuz.
4. Yapılan deneyi ve elde edilen sonuçları detaylı olarak yorumlayınız.

## 1. GENEL BİLGİ

Cevher hazırlama süreçlerinde minerallerin fiziksel özellik farklılıklarından yararlanılarak yapılan zenginleştirme yöntemleri, endüstriyel ölçekte ekonomik ve seçici ayırmanın temelini oluşturur. Bu yöntemler arasında manyetik ve elektrostatik ayırma, özellikle ince ve orta tane boyutlu malzemelerin değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Her iki yöntem de minerallerin içsel fiziksel özelliklerinden kaynaklanan farklı davranışlarına dayanmakta olup, kimyasal reaksiyon gerektirmeden fiziksel prensipler temelinde ayırma sağlamaktadır.

Manyetik ayırma, farklı manyetik duyarlılığa sahip mineral tanelerinin bir manyetik alan içerisindeki hareket farklılıklarından yararlanır. Manyetik alana giren bir tane üzerine manyetik kuvvetin yanı sıra yerçekimi, sürtünme, merkezkaç ve akışkan direnci gibi kuvvetler de etki eder. Tane hareketi bu kuvvetlerin bileşkesi doğrultusunda gerçekleşir ve ayırma başarısı; mineralin manyetik özelliğine, tane boyutuna, alan şiddetine ve ortam koşullarına bağlıdır. Ferromanyetik mineraller düşük alan şiddetlerinde dahi güçlü şekilde etkilenirken, paramanyetik mineraller daha yüksek alan şiddetlerinde ayrılabilir; diamanyetik mineraller ise manyetik alandan çok zayıf etkilenir. Manyetik ayırma işlemi ayırma ortamına göre kuru ve yaş olmak üzere ikiye ayrılır. Kuru manyetik ayırma genellikle iri ve kuru malzemelerde uygulanırken, yaş manyetik ayırma ince taneli ve daha seçici ayırma gerektiren sistemlerde tercih edilir.

Elektrostatik ayırma ise minerallerin elektriksel iletkenlik ve yüzey yüklenme özelliklerindeki farklılıklara dayanır. Bu yöntemde taneler, yüksek gerilimli bir elektrik alanına maruz bırakılarak iletken ve iletken olmayan minerallerin farklı yörüngelerde hareket etmesi sağlanır. İletken mineraller yüklerini hızla kaybederek farklı bir yol izlerken, yalıtkan mineraller elektrik alanından daha uzun süre etkilenir. Elektrostatik ayırma özellikle ağır mineral kumlarının zenginleştirilmesinde, endüstriyel minerallerin saflaştırılmasında ve manyetik yöntemlerle ayrılamayan minerallerin kazanımında etkin olarak kullanılmaktadır.

## 2. DENEYİN AMACI

Bu deneyin amacı, manyetik ayırma ile elektrostatik ayırma yöntemlerinin temel prensiplerinin laboratuvar ölçeğinde uygulamalı olarak incelenmesi ve minerallerin manyetik duyarlılık ile elektriksel iletkenlik özelliklerine bağlı davranışlarının değerlendirilmesidir.

## 3. DENEYİN YAPILIŞI

Deney kapsamında, laboratuvar ölçekli manyetik ve elektrostatik ayırıcılar kullanılarak farklı manyetik duyarlılığa ve elektriksel iletkenliğe sahip mineral tanelerinin değişen manyetik alan şiddetleri ve elektrik alan koşulları altında gösterdikleri davranışlar gözlemlenecek; ayırma sırasında taneler üzerine etki eden manyetik kuvvet, elektriksel kuvvet, yerçekimi ve mekanik parametrelerin ayırma performansı üzerindeki etkisi incelenecektir. Bu kapsamda manyetik ayırma deneyinde bir yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcı olan REMS tipi manyetik ayırıcı kullanılacak ve hematit-manyezit bileşimli bir cevher üzerinde çalışmalar yürütülecektir. Ayrıca pirit-kuvars bileşimli cevherin zenginleştirilmesi için ise laboratuvar tipi elektrostatik ayırıcı kullanılacaktır. Yapılacak zenginleştirme deneylerinde deneylerde kullanılan manyetik ayırıcıların operasyonel parametrelerinin ayırma üzerindeki etkileri gözlemlenecektir.

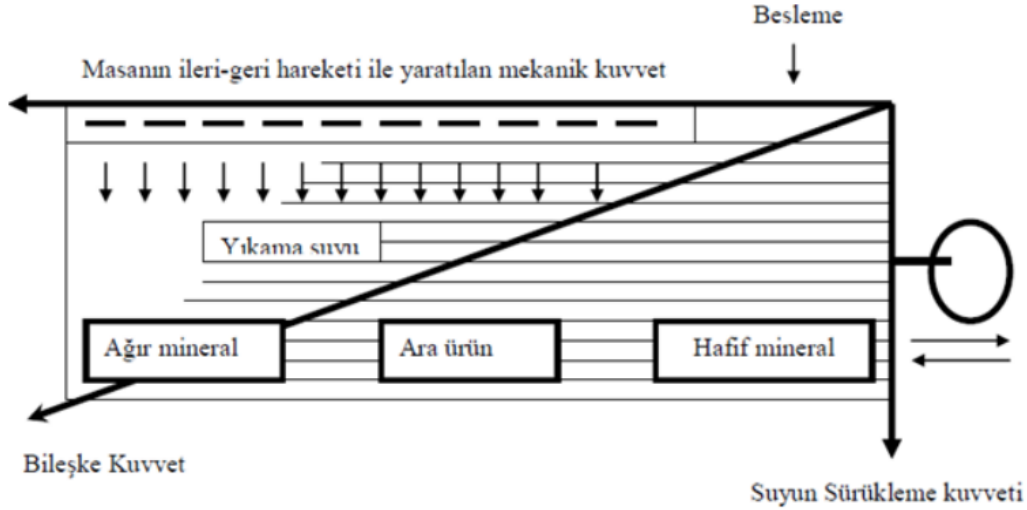
## 4. DENEY RAPORUNDA İSTENENLER

- 4.1. Manyetik ayırma ve elektrostatik ayırma hakkında bilgi veriniz.
- 4.2. Manyetik ayırma ile zenginleştirme yönteminin sınıflandırmasını yapınız.
- 4.3. Manyetik ayırıcılar ve elektrostatik ayırıcılar hakkında bilgi veriniz.
- 4.4. Dünya'dan ve Türkiye'den manyetik ayırma ve/veya elektrostatik ayırma ile zenginleştirme yapılan iki tesisin akım şemasını vererek bu tesisleri tanıttınız.
- 4.5. Deneylerin yapılışını ve yapılan ayarların ayırma üzerindeki etkisini her bir manyetik ayırıcı için ayrı ayrı anlatınız.
- 4.6. Gerçekleştirilen zenginleştirme deneylerine ilişkin gözlemlerinizi yazınız.
- 4.7. Deneylere ilişkin olarak verilecek olan kütle ve analiz verilerini kullanarak yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar için metalürjik denge tablolarını oluşturunuz.
- 4.8. Deney parametrelerinin ayırma performansına olan etkilerini yorumlayınız.

## 1. GENEL BİLGİ

Gravite ile zenginleştirme, minerallerin özgül ağırlık farklarından yararlanılarak birbirinden ayrılması esasına dayanan bir cevher zenginleştirme yöntemidir. Bu işlemde ağır ve hafif mineraller; su, yerçekimi ve bazen santrifüj kuvvetin etkisiyle ayrılır. Yöntem, özellikle yoğunluk farkı belirgin olan ve yeterince serbestleşmiş minerallerin zenginleştirilmesinde kullanılır. Jig, sarsıntılı masa ve spiral gibi cihazlar bu yöntemin endüstrideki en yaygın uygulamalarıdır. Zenginleştirme kriteri (Taggart Konsantrasyon Kriteri) 1.50'nin üzerinde olan herhangi iki mineral, bu yöntemlerle (özellikle sarsıntılı masalarda) birbirinden başarılı bir şekilde ayrılabilir. [1]

Küçük boyutlu (-2 mm) mineral tanelerinin yataya yakın eğimli bir yüzey üzerinde, ince bir sıvı tabakası içinde özgül ağırlıklarına göre ayrılmasına "Tabaka Halinde Akan Akışkan Ortamda Zenginleştirme" denir. Bu yöntemin en yaygın hareketli yüzeyli aygıtlarından biri sarsıntılı masalardır. Günümüzde ağırlıklı olarak Wilfley ve Deister tipi masalar kullanılmakta olup, bu cihazların yüzeyi dar ve uzun eşiklerle kaplıdır. Masa, uzun ekseni boyunca asimetric bir sarsıntı hareketi (ileri hareket yavaş, geriye hareket hızlı) yaparken; buna dik yönde akan yıkama suyu da bir sürüklenme kuvveti yaratır. Ağır mineraller eşiklerin de yardımıyla bileşke kuvvetin etkisi altında masanın köşegeni boyunca ilerlerken, hafif mineraller suyun sürüklenme kuvvetiyle masanın eni boyunca hareket ederek sistemden ayrılır.



**Şekil 1.** Sarsıntılı masada etkili olan kuvvetler ve ürünlerin hareketi

Farklı özgül ağırlıktaki mineral tanelerinin düşey hareketli bir akışkan ortamda (genellikle su) tabakalar halinde ayrılması işlemine ise jig ile zenginleştirme adı verilir. Akışkan ortama verilen aşağıdan yukarı (basma) ve yukarıdan aşağı (emme) hareketlerinin etkisiyle ağır mineraller alt tabakaya, hafif mineraller üst tabakaya yerleşir. Bu tabakalaşma temel olarak çöküş başlangıcındaki ivme farklılığı, engelli çöküş klasifikasyonu ve çöküş sonunda ara boşluklardan sızma prensiplerine dayanır. Jigleme işleminde cevherler için genellikle 25 mm ile 1 mm arası iri besleme boyutu tercih edilmektedir.

Geleneksel gravite yöntemlerinin ayırma verimliliği, tane boyutunun 50  $\mu\text{m}$ 'den küçük ve özgül ağırlık farkının birbirine yakın olduğu durumlarda azalmaktadır. Bu sınırlamaları aşmak için geliştirilen santrifüj esaslı ayırıcılarda, santrifüj kuvvetinin kullanımı farklı boyut ve yoğunluktaki tanelerin çökme hızlarını artırarak ayırımı kolaylaştırır [2]. Öte yandan, ince boyutlu zenginleştirmede kullanılan bir diğer ekipman olan spiral zenginleştiriciler; birden fazla dönemeçten oluşan yarım daire kesitli bir oluğun, merkezi kolon etrafına sarılmasıyla oluşturulur. Ayırmada taneler arasındaki boyut ve özgül ağırlık farkının yanı sıra merkezkaç kuvveti de etkilidir. Kullanım kolaylığı ve düşük maliyetiyle öne çıkan spirallerin çıkışında yer alan ayırıcı bıçakların pozisyonları değiştirilerek farklı tenörlerde ürün alınması sağlanabilmektedir.

## 2. DENEYİN AMACI

- Gravite ayırıcıların tanıtılması ve bunlardan en önemlilerinden biri olan sarsıntılı masa ile zenginleştirilmenin pratik uygulamasının yapılması
- Sarsıntılı masada, ayırmaya etki eden değişkenlerin incelenmesi ve etkilerinin belirlenmesi
- Gerçekleştirilen bir zenginleştirme işleminden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması

## 3.DENEYİN YAPILIŞI

**3.1. Deneyde Kullanılacak Numune:** Deneyde -2+0,038 mm boyut grubuna sınıflandırılmış kromit cevheri kullanılacaktır.

**3.2. Deney Metodu:** Ayırma parametrelerinin mineral ayırması üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla deneyler yapılacaktır. Deneyler sırasında değiştirilecek parametreler aşağıda belirtilmiştir;

- Sarsıntılı masanın eğimi (Deney esnasında ölçülecektir)
- Sarsıntılı masanın hızı (300dev/dk, 200dev/dk, 400dev/dk)
- Yıkama suyu miktarı (Deney esnasında değiştirilecektir.)

Wilfley tipi sarsıntılı masanın ayar parametreleri incelendikten sonra optimum deney koşulları saptanarak zenginleştirme deneyi yapılacaktır.

## 4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İSTENENLER

Hazırlanacak deney raporunun değerlendirilmesinde aşağıda verilen adımlar izlenecektir;

- Gravite ayırması ile ilgili detaylı bir literatür bilgisi veriniz.
- Deneyin yapılışını ve gözlemlerinizi yazınız.
- Deneyde kullandığımız aletin şeklini ve deney akım şemasını çiziniz.
- Deneyde elde edilen ürünlerin metal dengesini kurunuz ve elde edilen ürünlerin metal dengesini kurunuz. Bu verilerle 500 t/h kapasiteyle çalışan bir tesisin  $Cr_2O_3$  kazanma verimini hesaplayınız.
- Sarsıntılı masa kullanılarak zenginleştirme yapılan bir tesisin akım şemasını gösteriniz.
- Türkiye’de ve Dünyada gravite ile zenginleştirme yapan proseslere ait en az iki adet akım şeması gösteriniz.

## 5.KAYNAKÇA

- [1] Önal G., Ateşok G., Perek K. T., 2014, Cevher Hazırlama El Kitabı, Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı
- [2] O. Öney, S. Samalı, ( 2014 ), ” 6. Uluslararası Maden Makinaları Ve Teknolojileri Kongresi Bildiriler Kitabı”, Maden Mühendisleri Odası