



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KMM 302 KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI-I

ÖĞÜTME ELEME DENEYİ

ISPARTA, 2014

# ÖĞÜTME ELEME DENEYİ

## DENEYİN AMACI:

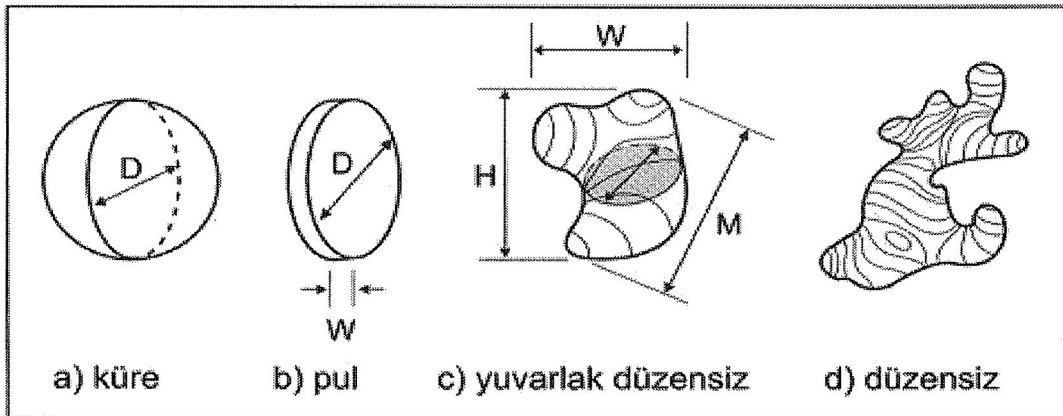
Kolemanit mineralinin laboratuvar ölçekli bir çeneli kırıcıdan geçirilerek öğütülmesi ve farklı elek açıklık boyutuna sahip elekler kullanarak parçacık boyut dağılımının hesaplanması.

## 1. TEORİK BİLGİLER

Parçacık, tozun bölünemeyen en küçük birimidir. Toz işleme teknolojileri genellikle dumandan daha büyük (0,01-1  $\mu\text{m}$ ), fakat kumdan daha küçük (0,1-3 mm) parçacıklarla ilgilenir. Kullanılan tozların çoğu, insan saçı çapı ölçüsündedir (25-200  $\mu\text{m}$ ). Kimya sanayinde kullanılan tozların özellikleri büyük oranda bu parçacıkların imalinde kullanılan hammadde özellikleri belirlemektedir. Toz boyutu, toz şekli, görünür yoğunluk, akış hızı, sıkıştırılabilirlik, ham mukavemet ve sertlik tozların fiziksel özelliklerinden bazılarıdır. Ayrıca parçacık büyüklüğü katı-sıvı (heterojen) reaksiyonlarda reaksiyon hızına etki eden önemli bir parametredir. Parçacık boyutu küçüldüğünde yüzey alanı artmakta dolayısıyla reaksiyon süresi kısalmaktadır. Katı-sıvı reaksiyonlarında karıştırma hızı da bu parametreye etki eder. Parçacık boyutunun etkisinin araştırıldığı deneylerde karıştırma hızı sabit tutulmalıdır. Parçacık boyutunun belirlenmesi ise diğer önemli bir süreçtir.

### 1.1 Parçacık Boyut Ölçümü

Parçacık boyutu tozların kullanıldığı alanlarda en önemli özelliklerden birisidir. Parçacık boyutu analizi çeşitli tekniklerle geliştirilebilir. Ancak, ölçülen parametrelerdeki farklılıklar nedeniyle, çeşitli parçacık boyutu analiz tekniklerinin aynı sonucu vermedikleri bilinmelidir. Parçacık boyutunu ölçen cihazların çoğu tek bir geometrik parametreyi ölçer ve parçacık şeklinin küresel olduğunu kabul eder. Şekil 1'de örnek boyut parametreleri verilmiştir. Küresel bir parçacık için boyut tek bir parametre olup, çap olarak verilir. Ancak, parçacık şekli daha karmaşık olduğunda, boyutu tek bir parametre ile belirlemek zordur. Yassı veya pul şeklinde parçacık göz önüne alındığında (Şekil 1-b); boyutu tanımlamak için çap ve genişliğin her ikisi de gereklidir. Toz şekli daha düzensiz olduğunda, olası boyut parametrelerinin sayısı artar.



Şekil 1. Tozlarda örnek boyut parametreleri

Toz boyutunu ölçmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Her bir yöntemin özelliği farklı olduğundan ölçüm sonuçları arasında farklılıklar bulunabilir. Toz boyut ölçüm yöntemleri şunlardır:

1. Elek analizi
2. Mikroskop ile inceleme
3. Sedimentasyon
4. Işık saçılımı ve kırınımı
5. Elektriksel alan algılaması
6. Işık engelleme
7. X-Işını teknikleri

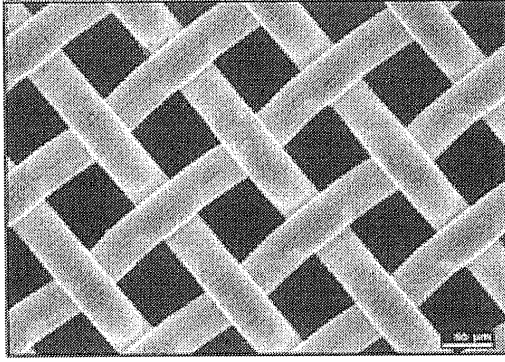
Bu deneyde elek analizi yöntemi ile parçacık boyutu dağılımı belirlenecektir.

## 1.2 Elek Analizi

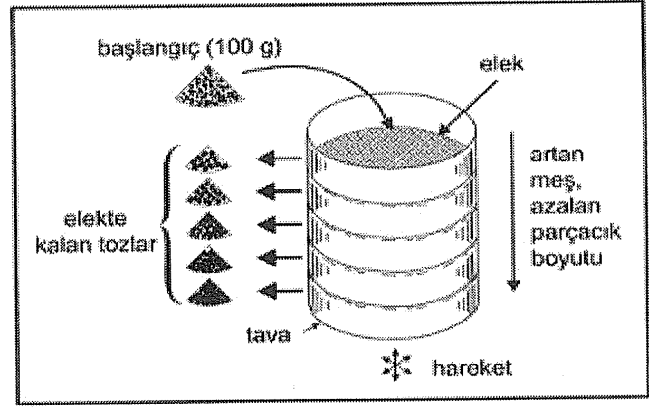
Elek analizi yöntemi, büyük parçacıkların boyut dağılımının ölçümünde kullanılan bir tekniktir. Eşit aralıklı tellerden oluşan bir kare ızgara eleği oluşturur (Şekil 2-a). Elek boyutu birim uzunluktaki tellerin sayısından belirlenir ve mesh olarak adlandırılır. Açıklık boyutu, elek boyutu ile ters orantılı olarak değişir. Büyük elek değeri (325 mesh gibi), küçük açıklık değerini (45  $\mu\text{m}$ ) gösterir. Elek boyutunun belirlenmesinde en yaygın kabul, 1 inçteki tel sayısıdır. Örneğin 200 elek, doğrusal bir inçteki 200 teli ifade eder. Elek çok küçük açıklık boyutlarına gidemez. Parçacık topaklanması ve parçacıkların eleğe adhezyonu sebebiyle çok küçük açıklığa sahip elekler kullanılmaz. Sonuç olarak elek analizi genellikle 38  $\mu\text{m}$ 'den daha büyük parçalar uygulanır.

Elek analizi, eleklerin azalan elek açıklıklarında istiflenmesiyle başlar (Şekil 2-b). En küçük açıklık boyutu en alttadır. Toz yığını, en üstteki eleğe konur ve elek takımı 15 dakika süre ile sarsılır. Parçacık boyut analizi için 20 cm çapında elekler kullanıldığında, 100 g toz numunesi genellikle yeterlidir. Titreşimden sonra, her bir boyut aralığındaki toz miktarı tartılır ve aralıktaki yüzde, her bir bölüm için hesaplanır. Bir elekten geçen toz – işareti ile, eleğin üzerinde kalan ise + işareti ile belirtilir. Örneğin, -100 /+200 eleklik toz, 100 boyutlu (150  $\mu\text{m}$ ) bir elekten geçmiş, fakat 200 boyutlu (75  $\mu\text{m}$ ) bir elekten geçmemiştir. Dolayısıyla parçacıklar 150  $\mu\text{m}$  ile 75  $\mu\text{m}$  boyut aralığındadır. 45  $\mu\text{m}$ 'den (-325 mesh) küçük tozlar genellikle elek altı toz olarak adlandırılır.

Çok kısa eleme süresi, küçük parçacıkların elek serisinin tamamından geçmesi için yetersiz olacaktır. Çok uzun eleme süresi ise parçacıkları aşındıracak, boyut dağılımını belirgin biçimde daha küçük boyutlara doğru kaydıracaktır. Diğer taraftan, çok küçük elek açıklıklarında yapılan aşırı yükleme tozun elek açıklıklarından geçişine engel olacaktır. Bu durum ise, boyuta ait verileri daha büyük toz boyutu lehine büyütür. Bu zorluklar sebebiyle, standartlaştırılmış test yöntemi kullanılır. Testin tekrarlanabilirliği (aynı kişi aynı test) %1'lik değişim ile iyidir.



(a)



(b)

**Şekil 2.** a) Elek analizinde kullanılan 200 mesh eleğin tel örgüsü, b) Elek analizinde kullanılan elekler ve kullanım esasları

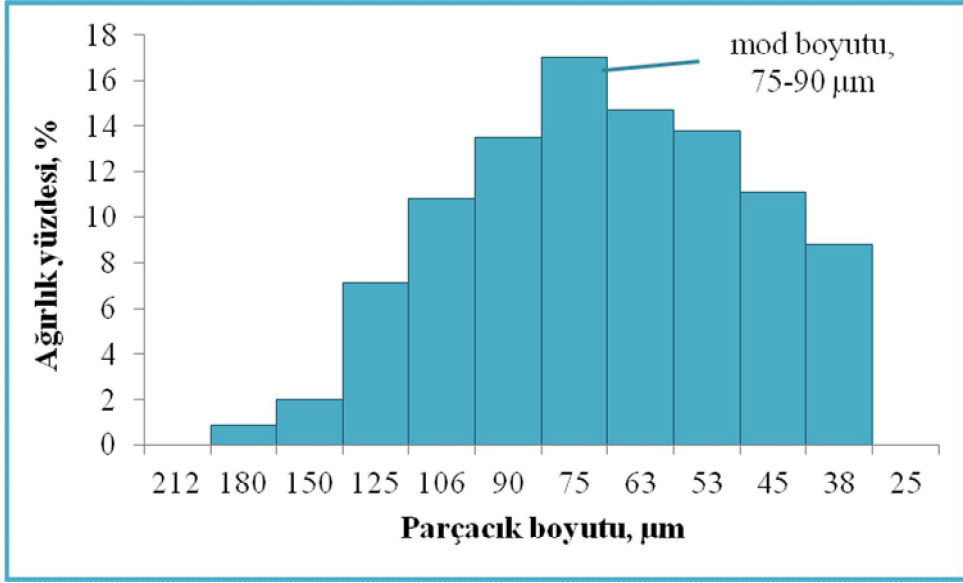
### 1.3 Parçacık boyutu verileri

Parçacık boyutu verileri toplandıktan sonra dağılım analizi yapılır. Parçacık boyutu dağılımı, her bir boyut artışıdaki parçacıkların miktarını gösteren bir histogram veya frekans grafiği olarak verilir. Örnek bir eleme işleminden sonra her bir elekte kalan toz ağırlığını gösteren sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Analizdeki ilk iş, her bir kademedeki ağırlığı toplam numune ağırlığına bölerek verileri kademeli yüzdelere çevirmektir. Bu veriler için histogram, elek açıklık boyutuna karşı kademeli yüzdeler çizdirilerek oluşturulur. Böyle bir çizim Şekil 3’te verilmiştir.

**Tablo 1.** Örnek parçacık boyut dağılım verileri

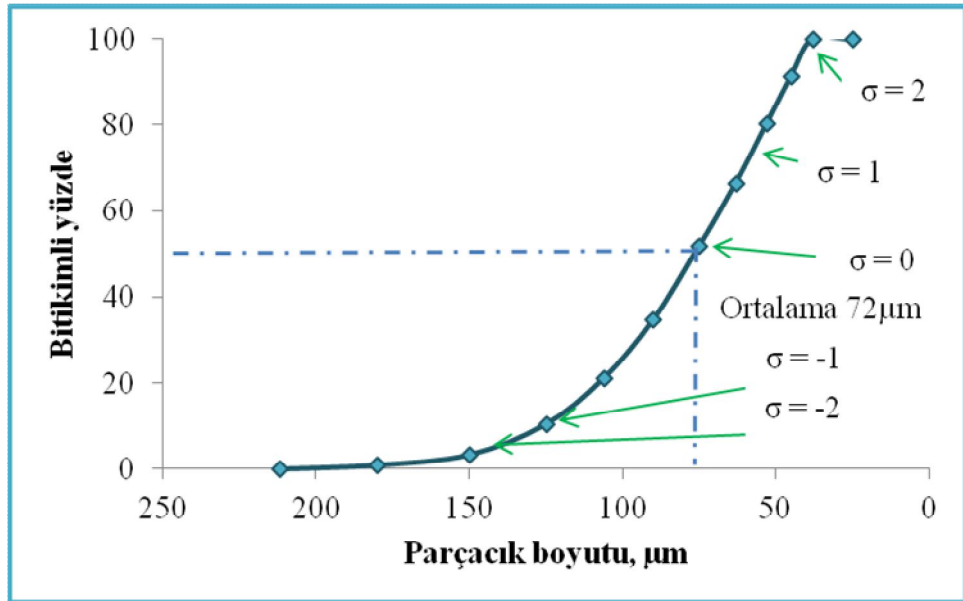
Elek Boyutu	Açıklık, $\mu\text{m}$	Kalan ağırlık, g	Aralık yüzdesi	Birikimli yüzde
70	212	0,0	0,0	0,0
80	180	1,1	0,9	0,9
100	150	3,0	2,0	3,3
120	125	8,7	7,1	10,4
140	106	13,2	10,8	21,2
170	90	16,5	13,5	34,7
200	75	20,8	17,0	51,7
230	63	18,0	14,7	66,4
270	53	16,9	13,8	80,2
325	45	13,6	11,1	91,3
400	38	10,8	8,8	100,0
500	25	0,0	0,0	100,0

**Toplam ağırlık: 122,6 g**



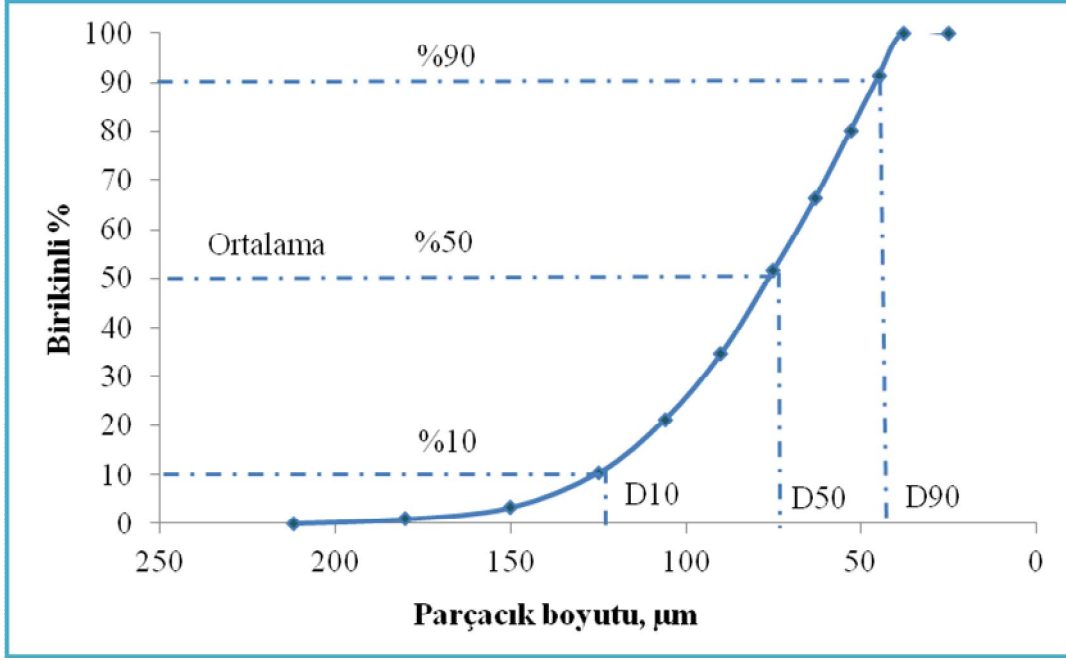
Şekil 3. Tablo 1'deki verilere göre çizilen histogram grafiği

Kümülatif parçacık boyutu dağılımı, aralıktaki yüzdeleri toplayarak oluşturulur. Düzgün bir kümülatif parçacık boyutu dağılımında, ortalama toz boyutu %50 değerine karşılık gelir. Histogram grafiğinde en yüksek tepe nokta olan parçacık boyutu modu, en çok tekrar eden boyuta gelir. Şekil 4'te Tablo 1'deki veriler kullanılarak çizilen kümülatif parçacık boyut dağılımı grafiği verilmiştir.



Şekil 4. Tablo 1'deki verilere göre çizilen kümülatif parçacık boyutu dağılımı

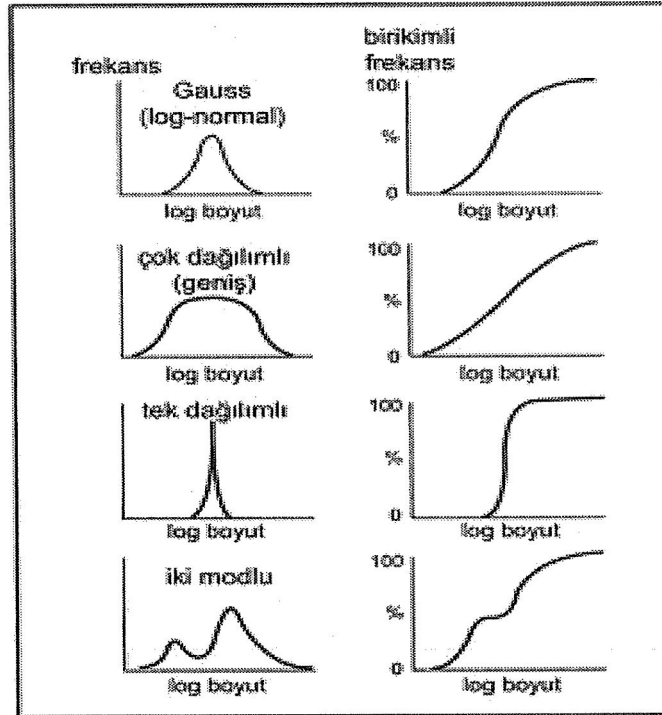
Kümülatif parçacık boyut dağılımı grafiğinde üç boyutlu belirtmek yaygın şekilde uygulanan bir işlemdir. Bunlar %10, %50 ve %90 kümülatif yüzdeye karşılık gelen boyutlardır ve  $D_{10}$ ,  $D_{50}$  ve  $D_{90}$  olarak belirtilirler. Bu üç nokta Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Kümülatif boyut dağılımı eğrisinde %10, %50 ve %90'daki parçacık boyutlarına karşılık gelen D<sub>10</sub>, D<sub>50</sub> ve D<sub>90</sub> parçacık boyutları

#### 1.4 Yaygın Dağılımlar

Parçacık boyutu dağılımları, Şekil 3'te verilenin aksine, çok farklı şekillerde de oluşabilir. Bununla ilgili bazı örnekler Şekil 6'da verilmiştir. Burada, normal dağılım yanında geniş aralıklı (çok dağılımlı), dar (tek boyutlu) dağılımlı ve iki tepe noktasına sahip iki modlu dağılımlar gösterilmiştir.



Şekil 6. Farklı şekillerde oluşan parçacık boyut dağılımının kümülatif ve frekans grafikleri

## 2. DENEYDE KULLANILACAK ALET VE MALZEMELER

1. Elek serisi (ASTM E 11 standardında)
2. Sarsma aleti (FRITSCH Easy Sieve)
3. Elektronik tartı (0,01 g duyarlıkta)
4. Elek analizi yapılacak toz numune (Kolemanit)

## 3. DENEYİN YAPILIŞI

1. Elekler en altta tava olacak şekilde elek açıklık boyutuna göre küçük elek boyutundan büyüğe doğru aşağıdan yukarıya doğru sıralanır.
2. Elek analizi yapılacak toz numune tartılır.
3. Hazırlanan elek seti, elek sarsma makinesine yerleştirilir.
4. Elek setinin en üstündeki eleğe toz numune dökülür.
5. Elek setinin vidaları kapatılarak vidaları sıkılır.
6. Elek sarsma makinesi 15 dakika süre ve uygun titreşimde çalıştırılır.
7. Eleme işlemi sonucunda elek seti sarsma makinesinden alınarak, her elek üzerinde kalan toz miktarı tartılıp Tablo 2'ye kaydedilir.
8. Toplanmış madde miktarı Tablo 2'ye kaydedilir.
9. Elde edilen veriler Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilen frekans ve kümülatif dağılım grafiklerine aktarılarak parçacık boyut dağılımı ve ortalama parçacık boyutu bulunur.

## 4. KAYNAKLAR

1. German, R. M. 'Toz Metalurjisi ve Parçacıklı Malzeme İşlemleri', Türk Toz Metalurjisi Derneği, Temmuz, Ankara, 2007.
2. German, R. M., Powder Metallurgy Science, 2nd edition, Metal powder Industries Federation, USA, 1984.
3. Metals Handbook, 9th ed., Vol. 7, Ohio, 1984, 14-20.

**Tablo 2.** Elek analizi deney verileri ve sonuçları

Elek Boyutu		Elek Üstü Ağırlık, g	Ağırlık Yüzdesi, (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Mesh No	Açıklık (µm)			
35	500			
45	355			
60	250			
80	180			
120	125			
170	90			
230	63			
325	45			
Tava				