

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MADEN İŞLETME LABORATUVARI**

**DENEY ADI:** AGREGA ELEK ANALİZİ VE GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ

**AMAÇ:** İnşaat ve madencilik sektöründe beton, dolgu vb. içerisinde kullanılacak olan agreganın uygun gradasyona (üniform bir tane boyut dağılımına) sahip olup olmadığını belirlemek ve uygun gradasyona sahip agrega karışımı hazırlamak.

**GENEL BİLGİLER**

**Agrega**, beton yapımında bağlayıcı (çimento) ve su ile birlikte kullanılan kum, çakıl, kırmataş gibi taneli malzemelerdir. Beton hacminin yaklaşık %75'ini agrega oluşturmaktadır.

Beton üretiminde kullanılan en pahalı malzeme çimento iken agrega çimentoya nazaran çok daha ucuz bir malzemedir. Bu yüzden istenilen kalitede beton üretiminde mümkün olduğu kadar fazla agrega kullanmak betonun ekonomikliğini olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca agrega kullanımı betonun teknik özelliklerine de olumlu katkılar sağlamaktadır. Bunlar;

- I. Çimento hamuru zamanla kuruyarak büzülme gösteren bir malzeme olduğu için agrega beton içerisindeki büzülme sonucu oluşabilecek hacim değişikliklerini engeller ve çatlamların önüne geçer.
- II. Agregalar genellikle sert malzemeler olduğu için betonun mekanik (basınç dayanımı vb.) özelliklerinin yüksek olmasını sağlamaktadır.
- III. Betonun aşınmaya karşı direncini arttırmaktadır.

Beton üretiminde kullanılan en yaygın doğal agrega çeşitleri; kum, çakıl ve kırmataş, yapay agregalar ise yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve perlit'dir. Agregalar farklı şekillerde bulunabilir (Şekil 1).

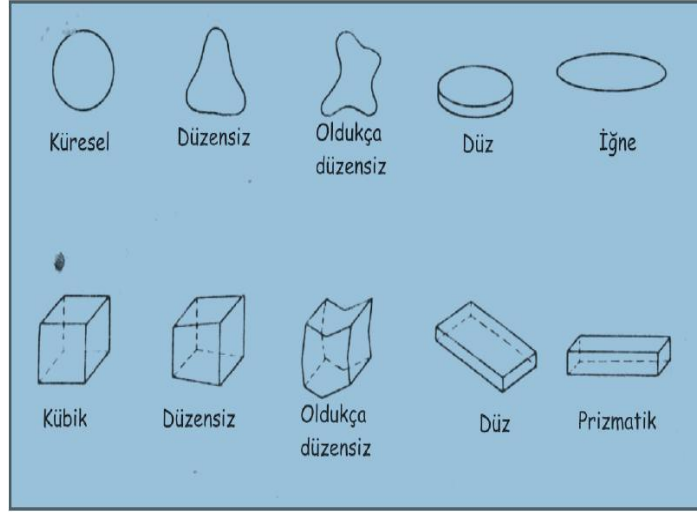
**Agregada Numune Alma İşlemi**

Agregaların kalitesini tayin edebilmek için numune üzerinde deneysel çalışmalar yapmak gerekmektedir. Bu yüzden TS 707'de belirtilen numune alma yöntemlerine uygun olarak agrega malzemesinin tamamını temsil edecek şekilde ve gerekli miktarda numune alımı yapılmalıdır.

**Arş. Gör. Tekin YILMAZ**

**TRABZON - 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MADEN İŞLETME LABORATUVARI**



Şekil 1. Agregaların mümkün olan geometrileri

Agrega malzemesi içerisinde uygun yöntemlerle numune alınımının yanı sıra alınan numune miktarı da yapılacak deneysel çalışmalar açısından önemlidir. Bu kapsamda ince agregaya için en az 10 kg, iri agregada ise en büyük tane boyutuna bağlı olarak 10-150 kg arasında numune alınmaktadır. Ayrıca iri agregaya miktarı aşağıdaki eşitlik ile de hesaplanabilmektedir.

$$\text{İri agregaya miktarı (kg)} \geq 2 \times \text{En büyük tane boyutu (mm)} \quad (1)$$

Büyük miktardaki agregaya numunesi daha sonra çeyrekleme yöntemi ve/veya bölgeç aygıtı ile daha küçük miktarlara indirilebilir.

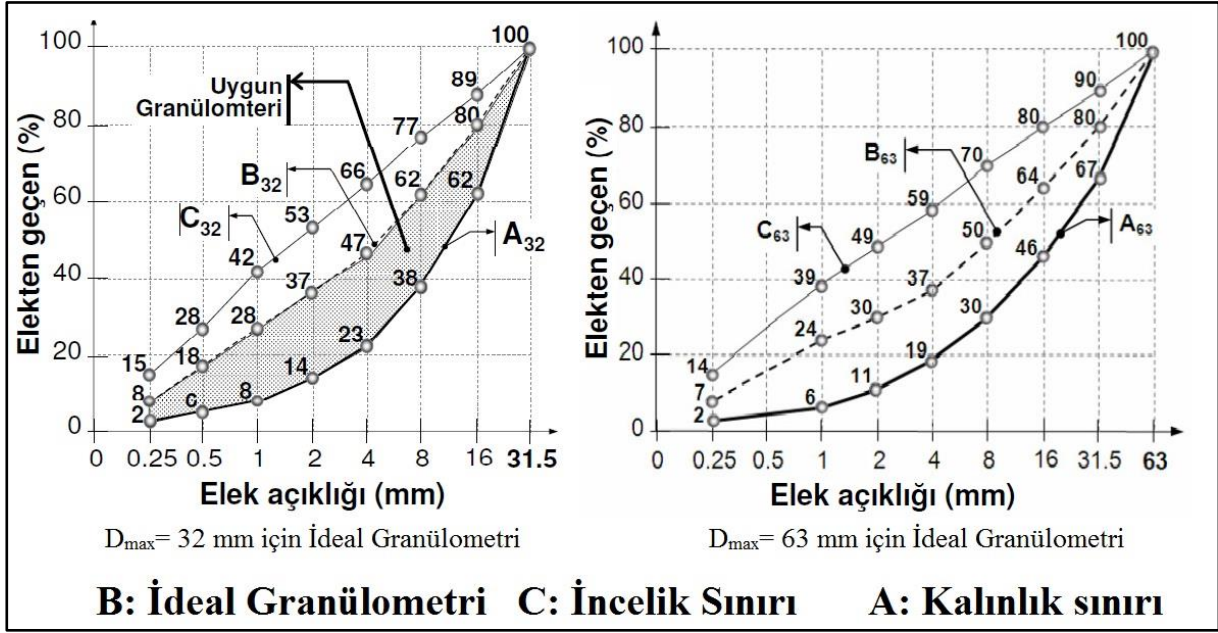
### **Elek Analizi Ve Gradasyon**

Agrega yığını içerisindeki tanelerinin boyutlarına göre dağılımına gradasyon (granülometri) denir. Gradasyonun belirlenmesinin amacı agregaya yığını içerisinde hangi tane boyutunda ne kadar malzeme olduğunun tespit edilmesi ve bu oranların ideal granülometri sınırları içerisinde olup olmadığının belirlenmesidir. Agregaya numunesi içerisinde farklı boyutlarda tanelerin bulunması sabit bir hacim içerisinde bulunan agregaya taneleri arasında daha az boşluk meydana gelmesine yol açmaktadır. Agregaya gradasyonu elek analizi yöntemi ile belirlenmektedir. İdeal granülometri  $d_{max}$ 'a göre değişiklik göstermektedir.

**Arş. Gör. Tekin YILMAZ**

**TRABZON - 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MADEN İŞLETME LABORATUVARI**



Şekil 2. Agrega elek analizine göre ideal granülometri sınırları

Agrega elek analizinde kullanılan elek serileri;

TSE: 125, 90, 63, 31,5, 16, 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25 ve 0,063 mm'dir.

ASTM: 152,2 127, 88,9, 76,2, 63,5, 50,8, 38,1, 25,4, 19,05, 12,7, 9,53, 4,76, 2,38, 1,19, 0,59, 0,297, 0,149 ve 0,075 mm'dir.

### İncelik Modülü

Agreganın gradasyon özelliklerini belirlemenin bir diğer yöntemi de o agreganın incelik modülünü belirlemektir. İncelik modülü agreganın inceliği ya da iriliği hakkında bilgi verirken dağılım oranını vermemektedir. İncelik modülü aşağıdaki eşitlik vasıtasıyla bulunabilir.

$$\text{İncelik modülü} = \frac{\sum \text{Elek üzerinde kalan yığılımlı \% miktarı}}{100} \quad (2)$$

İncelik modülü agrega numunesi içerisindeki ortalama tane büyüklüğünün bulunmasına da yardımcı olmaktadır. Elek analizinde kullanılan elek serileri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve bulunan incelik modülünün tam sayı kısmı kadar küçükten büyüğe doğru sayılarak ortalama tane büyüklüğü bulunabilir.

**Arş. Gör. Tekin YILMAZ**

**TRABZON - 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MADEN İŞLETME LABORATUVARI**

**ARAÇ – GEREÇ**

- i. Elek serisi (TSE standartlarına uyumlu)
- ii. Terazi (0,01g hassaslıkta)
- iii. Etüv

**DENEYİN YAPILIŞI**

**Elek Analizi:**

Örnek alınan yığını temsil ettiği varsayılan malzeme  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki etüvde 24 saat bekletilerek kurutulur. Elek analizi yapabilmek için, standart boyuttaki elekler ASTM veya TSE standartlarında verilen agrega elek serilerine uygun olarak büyükten küçüğe doğru sıralanır ve birbiri üzerine yerleştirilir. En altta deliksiz toplama kabı (tava) bulunmalıdır. Etüvden tamamen kuru bir şekilde alınan agrega numunesi değişik elek açıklıklarına sahip eleklerin üzerine boşaltılarak elle sarsma veya otomatik eleme yöntemi uygulanır. Eleme işlemi tamamlandıktan sonra her elek üzerinde kalan malzeme miktarı ayrı ayrı tartılarak kaydedilir ve bir çizelge oluşturularak hangi tane boyutunda ne kadar malzeme olduğu belirlenir.



**Arş. Gör. Tekin YILMAZ**

**TRABZON - 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MADEN İŞLETME LABORATUVARI**

**SORULAR**

- 1) Deneyin yapılışını (Elek analizi) ve granülometri hesaplamalarının nasıl yapıldığını adım adım kendi cümlelerinizle anlatınız. (30p)
- 2) İri ve ince agrega nedir, tanımlayınız. İri ve ince agregayı ayıran elek serisi TSE ve ASTM standartlarında hangileridir? (10p)
- 3)
  - a) Her malzeme için elek analizi tablolarını doldurunuz.
  - b) Malzemelerin Elek Analizi ve Standart Gradasyon tablosunu doldurunuz. (10p)
  - c) Nihai Gradasyon Analizi tablosunu doldurunuz. (20p)
  - d) Nihai Gradasyon Analizi tablosu sonucuna göre agrega granülometri eğrisini çiziniz. (Grafikte ince (C) ve iri (A) sınır değerleri eğrileri de olacak) (20p)
- 4) Nihai gradasyonunu belirlemiş olduğunuz malzemenin incelik modülünü hesaplayınız. (10p)

**NOT<sub>1</sub>:** Deney raporu teslim zamanı; *deneyin yapıldığı tarihten bir sonraki hafta aynı gün saat 16:30'a kadardır* ve zamanında teslim edilmeyen deney raporları kesinlikle değerlendirilmeyecektir.

**NOT<sub>2</sub>:** *Alıntı-kopya* vb. durumların tespit edildiği raporlara *kesinlikle sıfır* (0) verilecektir.

**NOT<sub>3</sub>:** Raporlar elle veya bilgisayar ortamında hazırlanabilir.

**Arş. Gör. Tekin YILMAZ**

**TRABZON - 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MADEN İŞLETME LABORATUVARI**

3 a)

<b>0-9 mm malzemenin elek analizi sonucu (A)</b>				
Elek No (mm)	Elek Üstü M. Miktarı (g)	Kümülatif E.Ü M. M. (g)	K. E.Ü M. M. (%)	K. E.A M. M. (%)
16,00	0			
8,00	67,5			
4,00	512,1			
2,00	402,3			
1,00	206,2			
0,50	155,3			
0,25	106,2			
Tepsi	155,4			
Toplam	1605			

<b>9 - 15 mm malzemenin elek analizi sonucu (B)</b>				
Elek No (mm)	Elek Üstü M. Miktarı (g)	Kümülatif E.Ü M. M. (g)	K. E.Ü M. M. (%)	K. E.A M. M. (%)
16,00	0			
8,00	3971,6			
4,00	35			
2,00	-			
1,00	-			
0,50	-			
0,25	-			
Tepsi	3,2			
Toplam	4009,8			

<b>15 - 25 mm malzemenin elek analizi sonucu (C)</b>				
Elek No (mm)	Elek Üstü M. Miktarı (g)	Kümülatif E.Ü M. M. (g)	K. E.Ü M. M. (%)	K. E.A M. M. (%)
31,50	0			
16,00	2749			
8,00	988,7			
4,00	2,4			
2,00	-			
1,00	-			
0,50	-			
0,25	-			
Tepsi	8,7			
Toplam	3748,8			

**Arş. Gör. Tekin YILMAZ**

**TRABZON - 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MADEN İŞLETME LABORATUVARI**

3 b)

<b>Malzemelerin Elek Analizi ve Standart Gradasyon</b>						
Elek No (mm)	A (0-9 mm) Kümülatif E.A. M. M. (%)	B (9 - 15 mm) Kümülatif E.A. M. M. (%)	C (15 - 25 mm) Kümülatif E.A. M. M. (%)	TS 706 Sınır Değerleri (%)		
				A32	B32	C32
31,50				100	100	100
16,00				62	80	89
8,00				38	62	77
4,00				23	47	65
2,00				14	37	53
1,00				8	28	42
0,50				5	17	29
0,25				2	8	15

3 c)

<b>Nihai Gradasyon Analizi</b>						
Elek No (mm)	A (0-9 mm) %.....	B (9 - 15 mm) %.....	C (15 - 25 mm) %.....	Nihai Gradasyon	TS 706 Sınır alt-üst Değerleri (%)	Sonuç
31,50					100	
16,00					62 - 89	
8,00					38 - 77	
4,00					23 - 65	
2,00					14 - 53	
1,00					8 - 42	
0,50					5 - 29	
0,25					2 - 15	

**Arş. Gör. Tekin YILMAZ**

**TRABZON - 2017**