INS305
Zemin Mekaniği I

Zeminlerin Sınıflandırılması

Prof. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

www.inankeskin.com

ZEMİN MEKANİĞİ

Haftalık Konular

Hafta 1:	Zeminlerin Oluşumu
Hafta 2:	Zeminlerin Fiziksel ve Endeks Özelliklerinin Tanımlanması ve Problem Çözümleri
Hafta 3:	Zeminlerin Fiziksel ve Plastisite Özelliklerine Yönelik Deneyler
Hafta 4:	Zeminlerde Tane Dağılımı ve Analizi
Hafta 5:	Zeminlerin Sınıflandırılması
Hafta 6:	Zemin Sınıflama Sitemleri Uygulamaları ve Karşılaştırmalar
Hafta 7:	Zeminlerde Su
Hafta 8:	Yeraltı Gerilmeleri; Zemin kütlesi nedeniyle oluşan gerilmeler
Hafta 9:	Yeraltı Gerilmeleri; Düşey yükleme ile oluşan zemin kütlesindeki gerilmeler
Hafta 10:	Zeminlerin Kompaksiyonu
Hafta 11:	Standart Proktor Deneyi ve Modifiye Proktor Deneylerinin Uygulaması
Hafta 12:	Sıkışma ve Konsolidasyon Teorisi
Hafta 13:	Konsolidasyon Deneyi
Hafta 14:	İleri Zemin Mekaniği Problem Çözümleri
Hafta 15:	Bu ders için Ara Sınav, 7. ve 15. haftalar arasındaki bir tarihte yapılır. Sınavın yapıldığı tarihten itibaren konular bir hafta ileri alınır.

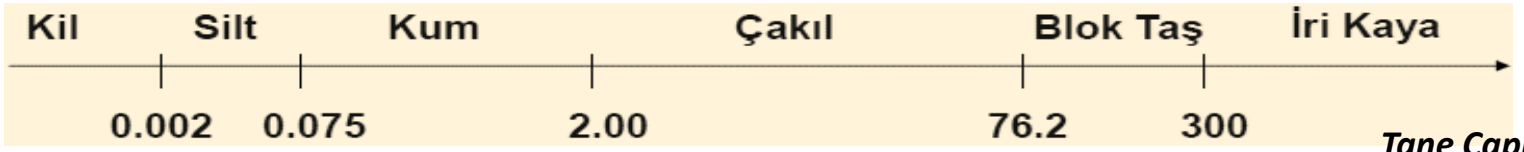
ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tabii zeminleri oluşturan katı taneler çok değişik boyutlarda olabilmektedir.

Zeminlerin Tane Çapına Göre Sınıflandırılması

İnce Taneli Zeminler ⟷ İri Taneli Zeminler

Kohezyonlu Zeminler ⟷ Kohezyonsuz Zeminler (Granüler Zeminler)

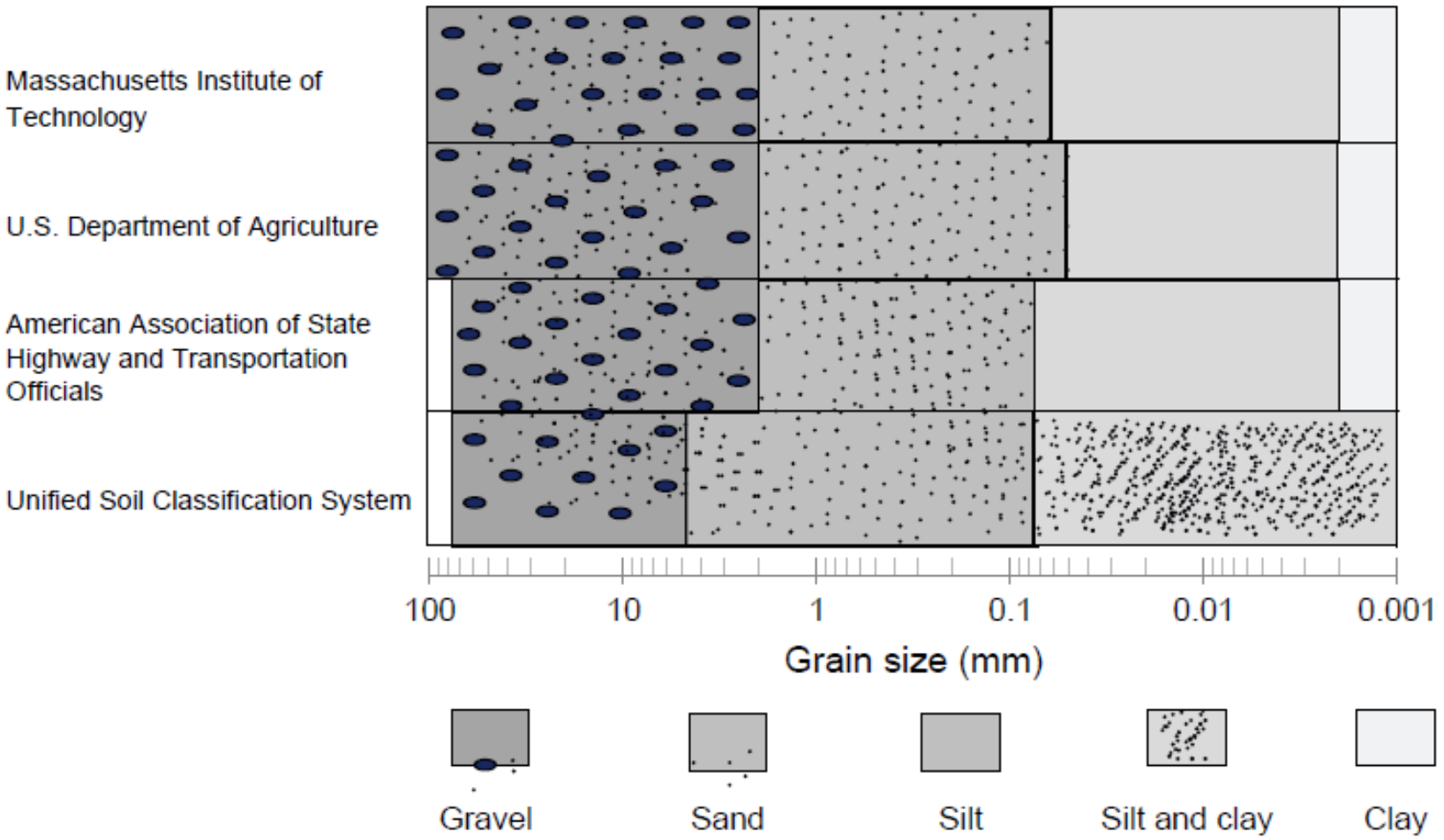


	TS	ASTM	BS
	mm	mm	mm
TAŞ, BLOK	>60	>75	>60
ÇAKIL	60-2	75-4.75	60-2
KUM	2-0.075	4.75- 0.075	2-0.06
SİLT	0.075-0.002	0.075-0.002	0.06-0.002
KİL	<0.002	<0.002	<0.002

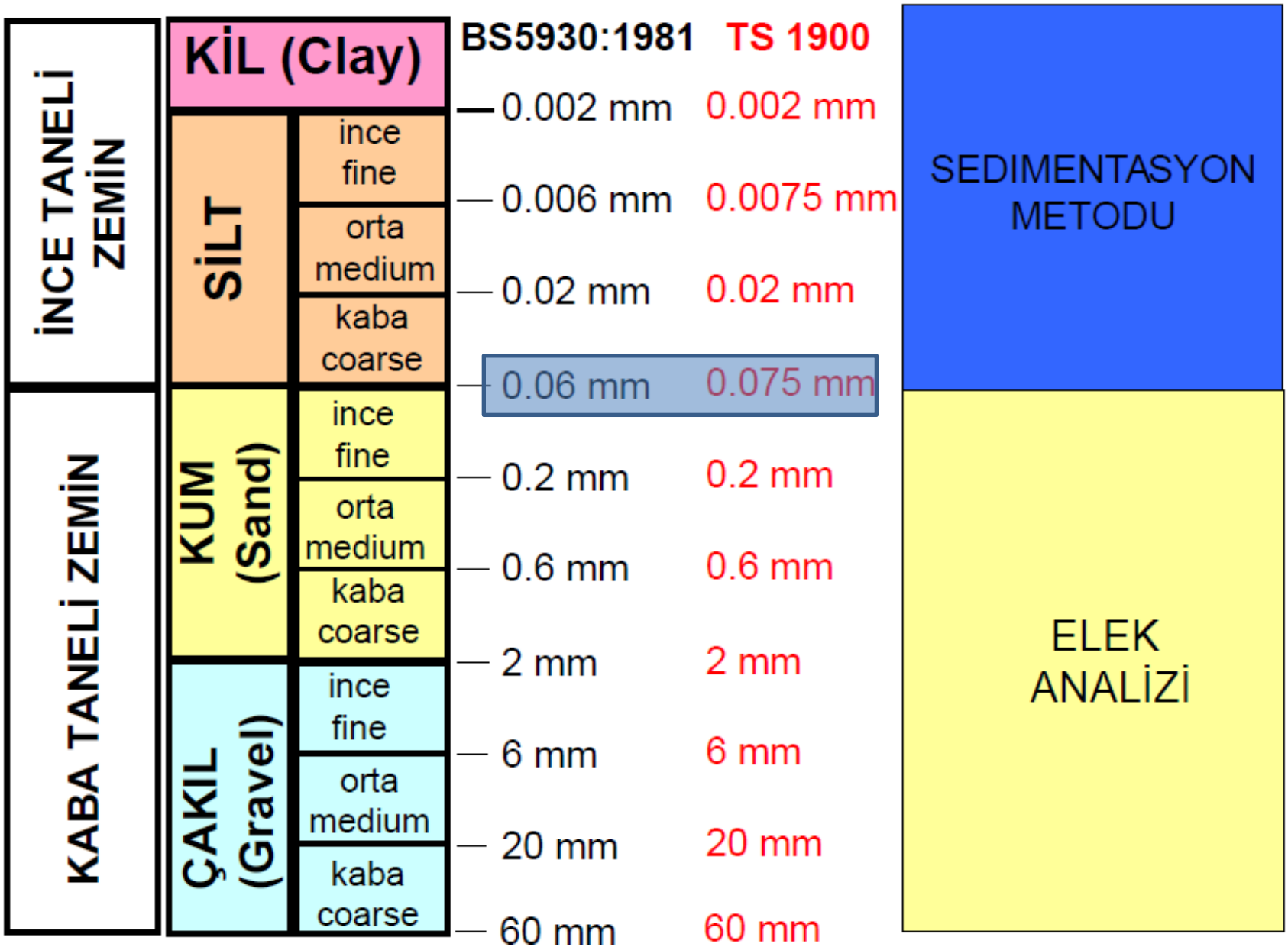
ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tabii zeminleri oluşturan katı taneler çok değişik boyutlarda olabilmektedir.

Zeminlerin Tane Çapına Göre Sınıflandırılması



ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu



BRITISH SOIL CLASSIFICATION SYSTEM (BS5930:1981); TS1900

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Doğal zeminler değişik boyutlarda tanelerin karışımından meydana geldiği için, bunların içindeki tane boyutlarının istatistiksel dağılımının ve zeminin esas olarak hangi gruba girdiğinin deneysel olarak araştırılması gerekmektedir.

- Bu amaçla iri daneli zeminlerde (çakıl, kum) elek analizi,
- İnce daneli zeminlerde (silt, kil) ise hidrometre analizi yapılmaktadır.

Elek No.	Açıklık (mm)
4	4.76
10	2.00
20	0.84
40	0.42
60	0.25
100	0.147
200	0.074
Toplama kabı	



Tane Boyu Dağılım Analizi

Elek Analizi

Hidrometre Anailzi



0.075 mm

İri Taneli Zeminler

İnce Taneli Zeminler

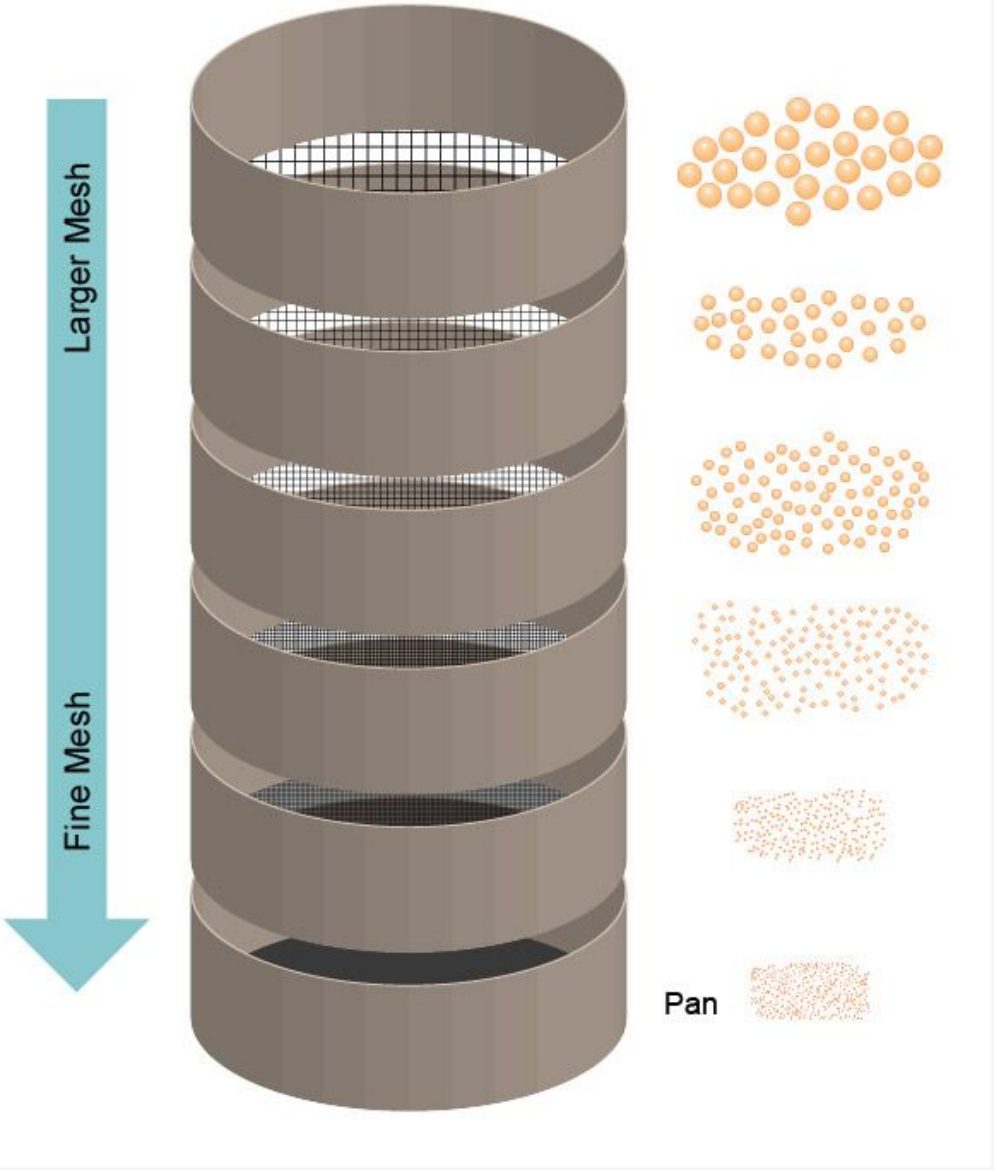
200 No.lu elek

#200'den geçen miktar %10' dan az ise hidrometre deneyinin yapılmasına gerek yoktur.

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Elek Analizi







https://www.youtube.com/watch?v=AM-NrQoRIYY&ab_channel=ElementaryEngineering

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

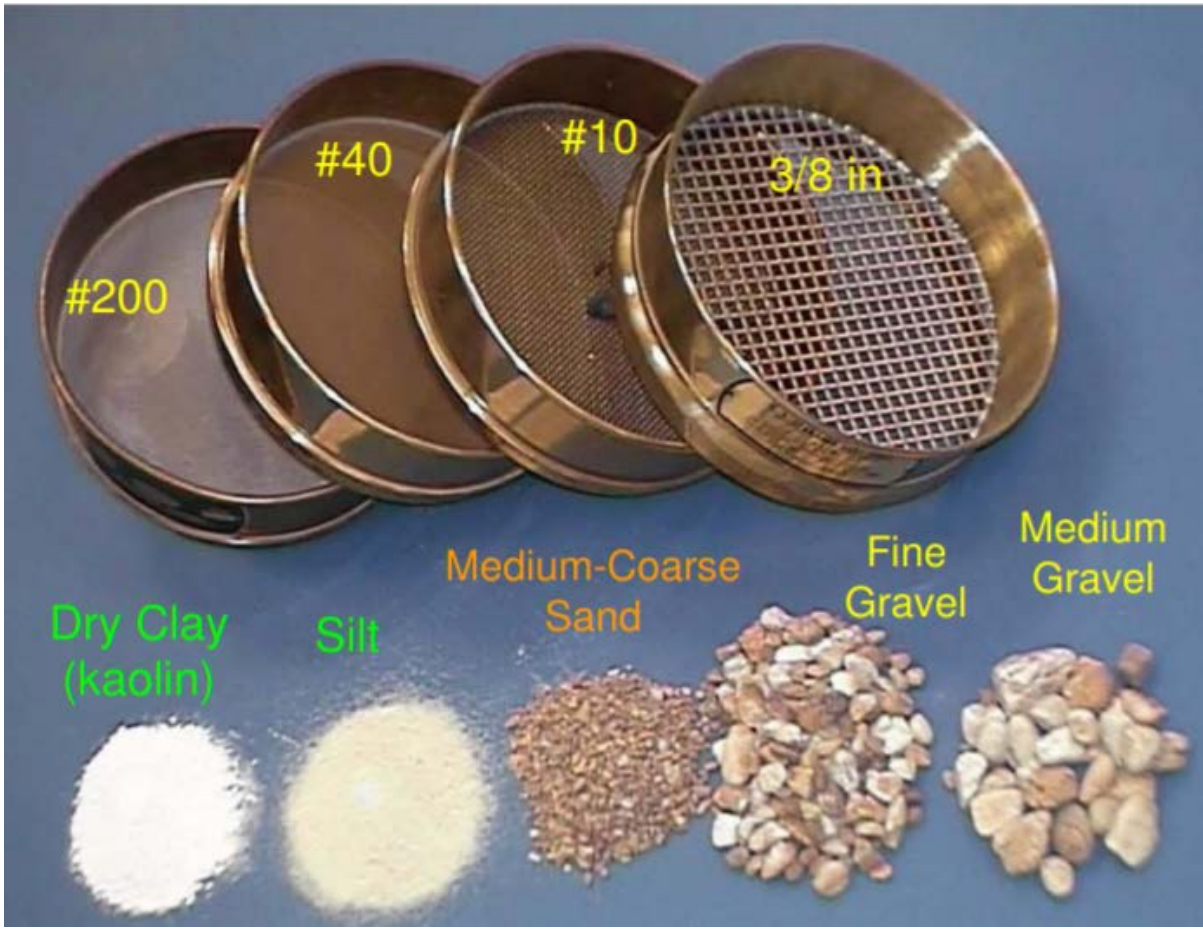
Tane Boyu Dağılım Analizi

Elek Analizi

Çeşitli standartlardaki elek özellikleri

ASTM ELEK SERİSİ

mm=micron	İnç=no	mm=micron	İnç=no
100mm	4 in.	2.8 mm	No. 7
90 mm	3½ in.	2.36 mm	No. 8
75 mm	3 in.	2 mm	No. 10
63 mm	2½ in.	1.7 mm	No. 12
53 mm	2.12 in.	1.4 mm	No. 14
50 mm	2 in.	1.18 mm	No.16
45 mm	1¾ in.	1 mm	No. 18
37.5 mm.	1½ in.	850 μm	No. 20
31.5 mm.	1 ¼ in.	710 μm	No. 25
26.5 mm	1.06 in.	600 μm	No. 30
25.0 mm	1 in.	500 μm	No. 35
22.4 mm	7/8 in.	425 μm	No. 40
19.0 mm	3/4 in.	355 μm	No. 45
16.0 mm	5/8 in.	300 μm	No. 50
13.2 mm	0.530 in.	250 μm	No. 60
12.5 mm	½ in.	212 μm	No. 70
11.2 mm	7/16 in.	180 μm	No. 80
9.5 mm	3/8 in.	150 μm	No. 100
8.0 mm	5/16 in.	125 μm	No. 120
6.7 mm	0.265 in.	106 μm	No. 140
6.3 mm	1/4 in.	90 μm	No. 170
5.6 mm	No3½	75 μm	No. 200
4.75 mm	No. 4	63 μm	No. 230
4.00 mm	No. 5	53 μm	No. 270
3.35 mm	No. 6	45 μm	No. 325
		38 μm	No. 400



ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Elek Analizi

Zemin	Tane Boyutu (mm)		
	AASHTO	USCS	TS-1500
Çakıl	2-76.2	4.75-76.2	2-76.2
Kum	0.075-2	0.075-4.75	0.075-2
Silt	0.002-0075	<0.075	0.002-0.075
Kil	<0.002		<0.002

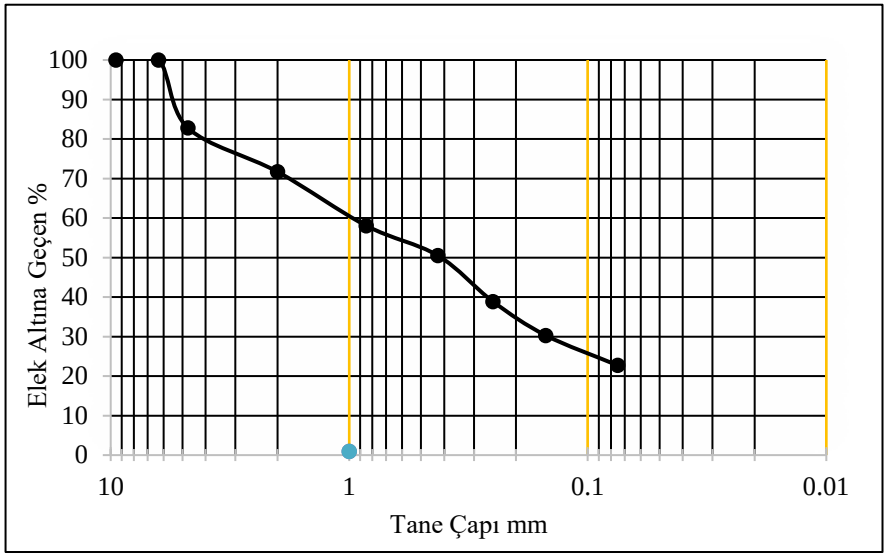
Amerikan elekleri (ASTM)		İngiliz elekleri (BS)	Türk elekleri (TS)	Fransız elekleri		Alman elekleri
Elek no	Elek açıklığı	Elek açıklığı	Elek açıklığı	Elek no	Elek açıklığı	Elek açıklığı
3 inç	75 mm	75 mm	80 mm			
2 inç	50 mm	63 mm	63 mm			
1 1/2 inç	37.5 mm	50 mm	50 mm			
1 inç	25 mm	37.5 mm	40 mm			25 mm
3/4 inç	19 mm	28 mm	25 mm			20 mm
3/8 inç	9.5 mm	20 mm	20 mm			10 mm
No.4	4.75 mm	14 mm	12.5 mm	38	5.0 mm	5.0 mm
No.8	2.36 mm	10 mm	10.0 mm	35	2.5 mm	2.5 mm
No.10	2.00 mm	6.3 mm	6.3 mm	34	2.0 mm	2.0 mm
No.16	1.18 mm	5.0 mm	5.0 mm	32	1.25 mm	1.25 mm
No.20	850 µm	3.35 mm	2.5 mm	31	1.0 mm	800 µm
No.30	600 µm	2.0 mm	1.25 mm	29	630 µm	630 µm
No.40	425 µm	1.18 mm	630 µm	27	400 µm	400 µm
No.50	300 µm	600 µm	400 µm	26	315 µm	315 µm
No.60	250 µm	425 µm	315 µm	25	250 µm	250 µm
No.100	150 µm	300 µm	200 µm	22	125 µm	125 µm
No.140	106 µm	212 µm	160 µm	21	100 µm	100 µm
No.200	75 µm	150 µm	75 µm	20	80 µm	71 µm
		63 µm		19	63 µm	

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Elek Analizi

ANALİZ	(1) Örn. No	(2) Elek Açıklığı	(3) Elek Kütlesi	(4) Elek + Zemin	(5)=4-3 Her bir El. Üst. Kalan	(6)=5'in Yığışımlı Toplamı	(7)=Top-5 El. Geç. Yığışımlı Kütle	(8)=7/Top Yüzde Geçen %P
İRİ	4							
	10							
İNCE	20							
	40							
	60							
	100							
	140							
	200							
	Tava							

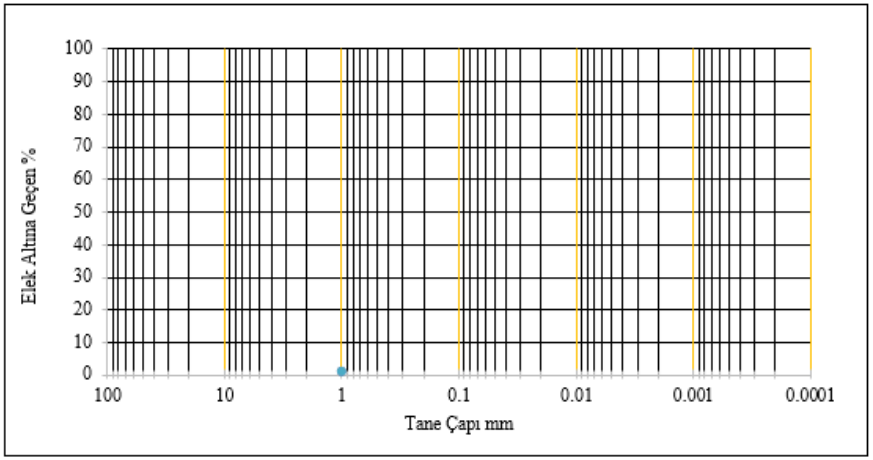


TANE BOYU DAĞILIM ANALİZİ - ELEK ANALİZİ

Bölge		Yer		Sondaj No	
Proje				Örnek No	
Saha				Derinlik (m)	
Zemin Tanımı					

Deneyde Kullanılan Zemin Kütlesi (g)		Deney Metodu	

Gradasyon Özellikleri		Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Boş Elek Kütlesi (g)	Elek ve Zemin Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Zemin (g)	Kümülatif Elek Üstü (g)	Yüzde Kalan (%)	Yüzde Geçen (%)
% Çakıl									
% Kum									
% Silt									
% Kil									
D_{60} (mm)									
D_{30} (mm)									
D_{10} (mm)									
C_u									
C_c									
LL									
PL		Deney Sonrasında Hesaplanan Zemin Kütlesi							



MİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Elek Analizi

Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Boş Elek Kütlesi (g)	Elek ve Zemin Kütlesi (g)	Elek Üstünde Kalan Zemin (g)	Kümülatif Elek Üstü (g)	Yüzde Kalan (%)	Yüzde Geçen (%)
3/8"	9.5	594.40	635.30	40.90	40.90	5.310309	94.69
1/4"	6.3	543.00	646.30	103.30	144.20	18.72241	81.28
4	4.750	591.60	617.30	25.70	169.90	22.059205	77.94
10	2.0	540.20	558.30	18.10	188.00	24.40924	75.59
20	0.850	432.40	498.00	65.60	253.60	32.92651	67.07
40	0.425	461.00	472.00	11.00	264.6	34.35471	65.65
60	0.250	438.70	497.20	58.50	323.1	41.95014	58.05
100	0.150	427.60	485.70	58.10	381.2	49.49364	50.51
200	0.075	423.70	776.10	352.40	733.6	95.24799	4.75
Tava		383.00	419.60	36.60	770.2	100	0.00
Deney Sonrasında Hesaplanan Zemin Kütlesi				770.20			

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Hidrometre Analizi

Hidrometre analizi ASTM D442, D1140, AASHTO T88

0.075 mm'den daha küçük boyutlu olan zeminlerin tane boyutunun belirlenmesi için yapılan bir deneydir. Genel prensip Stokes yasasına dayanmaktadır. Stokes yasası, bir sıvı içerisinde çöken ve geometrik şekli küre olan tanelerin çökme hızları ile tane çapları arasında bir ilişki olduğunu ifade etmektedir. *Buna göre tüm tanelerin aynı yoğunluğa sahip olacağı kabulü ile* ***büyük boyutlu tanelerin daha hızlı küçük olanlarınsa daha yavaş çökeleceği*** *bilinmektedir.*

$$D = \sqrt{\frac{18}{1} * \frac{n}{\gamma_s - \gamma_w} * \frac{L}{T}}$$

$\gamma_s = zemin\ birim\ hacim\ ağırlığı$

$\gamma_w = suyun\ birim\ hacim\ ağırlığı$

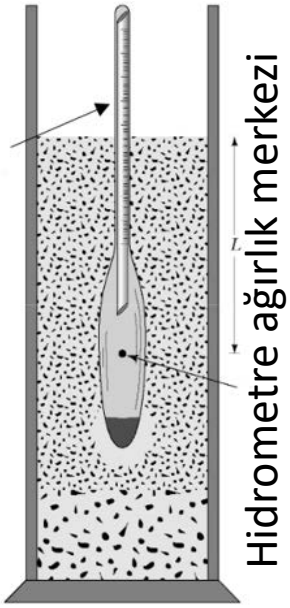
$D = Ölçülen\ zeminlerin\ tane\ çapı,\ mm$

$L = Tanelerin\ çökme\ mesafesi,\ cm$

$T = Çökme\ işleminin\ başlamasından\ beri\ geçen\ zaman,\ sn$

151 H zemin-su karışımının yoğunluğu gr/ml
152 H gram cinsinden zemin miktarı

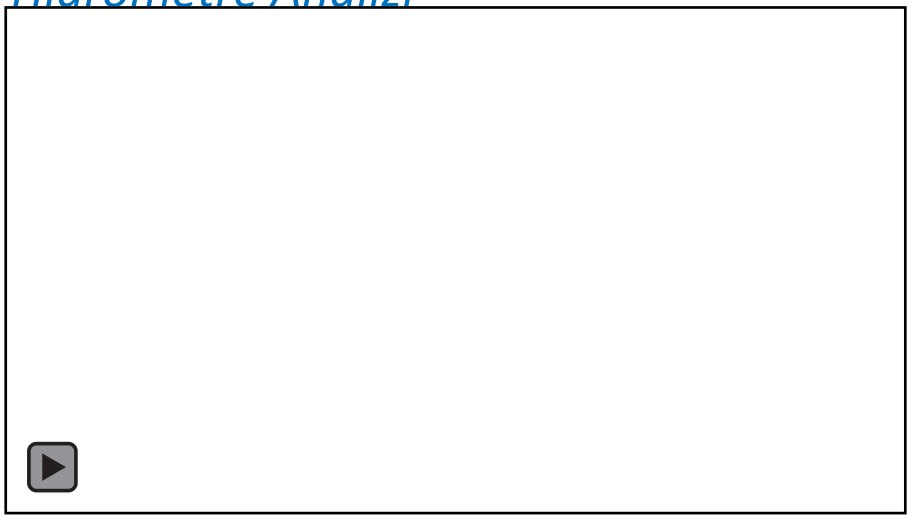




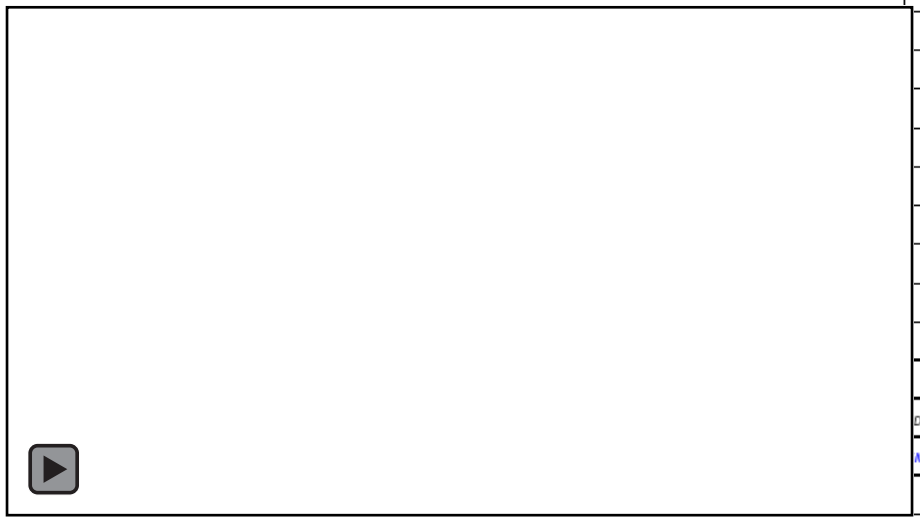
ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Hidrometre Analizi



https://www.youtube.com/watch?v=WkN4LxXKKKI&ab_char
=ElementaryEngineering



TANE BOYU DAĞILIM ANALİZİ - HİDROMETRE ANALİZİ

Bölge		Yer		Sondaj No	
Proje				Örnek No	
Saha				Derinlik (m)	
Zemin Tanımı				Deney Metodu	

Kalibrasyon ve Örnek Özellikleri		Organik Madde için Ön İşlem	
Hidrometre No.		Ön işlem	
Menisküs Düzeltmesi, C_m	0.0008	İlk kuru toprak kütlesi, m_o, (g)	
Sıcaklık ve Dağıtıcı Düzeltmesi, R'_o, *Bkz. Tablo*	0.0037	Ön işlemden sonra kuru kütle, m (g)	
Efektif Derinlik, L, *(Bkz. Tablo)*		Kayıp, m_o - m (g)	
Deneyde Kullanılan Kuru Kütle, M (g)		Yüzde Kayıp (%)	
0.075 mm'den Geçen (%), P_{200}		$K = \left(\frac{30\mu}{(G_s-1)}\right)$ *yada* **Bkz. Tablo, ASTM D422**	
Zeminin Tane Özgül Ağırlığı, G_s		$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s-1)*\rho_s}} * \sqrt{\frac{L}{T}}$, **Tablo için;** $D = K * \sqrt{\frac{L}{T}}$	
Su Sıcaklığı, T (°C)		$P = \frac{G_s}{M*(G_s-1)} * 1000 * P_{200} * (R_d)$	
Suyun Viskozitesi, η (g.sn/cm^2)	$9.68*10^{-6}$		

DENEY VERİSİ

Tarih	Zaman	Geçen zaman, t (dk.)	Sıcaklık. T (°C)	Hidrometre Okuması, R'_h	$R_h = R'_h + C_m$	Efektif Derinlik, L (mm)	$R_d = R'_h - R'_o$	K Değeri	Tane Çapı, D (mm)	Kümülatif (%) Geçen

Deneyi Yapan:		Kontrol eden:	Doç. Dr. İnan KESKİN

*Menisküs düzelmesi, ASTM 151 H tipi hidrometre için 0.0008 olarak belirlenmiştir. ** Deney °C için sıcaklık + dağıtma düzeltmesi için bkz. İlgili Tablo*

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ZEMİN MEKANİĞİ LABARATUVARI

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Hidrometre Analizi

Sıcaklık (°C)	Toprak Tanelerinin Özgül Ağırlığı								
	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
16	0,01510	0,01505	0,01481	0,01457	0,01435	0,01414	0,01394	0,01374	0,01356
17	0,01511	0,01486	0,01462	0,01439	0,01417	0,13960	0,01376	0,01356	0,01338
18	0,01492	0,01467	0,01443	0,01421	0,01399	0,01378	0,01359	0,01339	0,01321
19	0,01474	0,01449	0,01425	0,01403	0,01382	0,01361	0,01342	0,01323	0,01305
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01386	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01309	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01353	0,01332	0,01312	0,12940	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01274	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01365	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01218	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01327	0,01304	0,01283	0,01264	0,01244	0,01225	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,01290	0,01269	0,01249	0,01230	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01236	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

Hidrometre 151 H		Hidrometre 1521 H			
Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Etkin Derinlik, L (cm)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Etkin Derinlik, L (cm)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Etkin Derinlik, L (cm)
1,000	16,3	0	16,3	-	-
1,001	16,0	1	16,1	31	11,2
1,002	15,8	2	16,0	32	11,1
1,003	15,5	3	15,8	33	10,9
1,004	15,2	4	15,6	34	10,7
1,005	15,0	5	15,5	35	10,6
1,006	14,7	6	15,3	36	10,4
1,007	14,4	7	15,2	37	10,2
1,008	14,2	8	15,0	38	10,1
1,009	13,9	9	14,8	39	9,9
1,010	13,7	10	14,7	40	9,7
1,011	13,4	11	14,5	41	9,6
1,012	13,1	12	14,3	42	9,4
1,013	12,9	13	14,2	43	9,2
1,014	12,6	14	14,0	44	9,1
1,015	12,3	15	13,8	45	8,9
1,016	12,1	16	13,7	46	8,8
1,017	11,8	17	13,5	47	8,6
1,018	11,5	18	13,3	48	8,4
1,019	11,3	19	13,2	49	8,3
1,020	11,0	20	13,0	50	8,1
1,021	10,7	21	12,9	51	7,9
1,022	10,5	22	12,7	52	7,8
1,023	10,2	23	12,5	53	7,6
1,024	10,0	24	12,4	54	7,4
1,025	9,7	25	12,2	55	7,3
1,026	9,4	26	12,0	56	7,1
1,027	9,2	27	11,9	57	7,0
1,028	8,9	28	11,7	58	6,8
1,029	8,6	29	11,5	59	6,6
1,030	8,4	30	11,4	60	6,5

Derece (°C)	Derece (°F)	Düzeltme Faktörü	Derece (°C)	Derece (°F)	Düzeltme Faktörü
14,0	57,2	-0,9	24,0	75,2	0,8
14,5	58,1	-0,8	24,5	76,1	0,9
15,0	59,0	-0,8	25,0	77,0	1,0
15,5	59,9	-0,7	25,5	77,9	1,1
16,0	60,8	-0,6	26,0	78,8	1,3
16,5	61,7	-0,6	26,5	79,7	1,4
17,0	62,6	-0,5	27,0	80,6	1,5
17,5	63,5	-0,4	27,5	81,5	1,6
18,0	64,4	-0,4	28,0	82,4	1,8
18,5	65,3	-0,3	28,5	83,3	1,9
19,0	66,2	-0,2	29,0	84,2	2,1
19,5	67,1	-0,1	29,5	85,1	2,2
20,0	68,0	0,0	30,0	86,0	2,3
20,5	68,9	0,1	30,5	86,9	2,5
21,0	69,8	0,2	31,0	87,8	2,6
21,5	70,7	0,3	31,5	88,7	2,8
22,0	71,6	0,4	32,0	89,6	2,9
22,5	72,5	0,5	32,5	90,5	3,0
23,0	73,4	0,6	33,0	91,4	3,2
23,5	74,3	0,7	33,5	92,3	3,3
			34,0	93,2	3,5

TANE BOYU DAĞILIM ANALİZİ - HİDROMETRE ANALİZİ

Bölge		Yer		Sondaj No	
Proje				Örnek No	
Saha				Derinlik (m)	
Zemin Tanımı				Deney Metodu	

Kalibrasyon ve Örnek Özellikleri		Organik Madde için Ön İşlem	
Hidrometre No.		Ön işlem	
Menisküs Düzeltmesi, C_m	0.0008	İlk kuru toprak kütlesi, m_o, (g)	
Sıcaklık ve Dağıtıcı Düzeltmesi, R'_o, *Bkz.* Tablo	0.0037	Ön işlemden sonra kuru kütle, m (g)	
Efektif Derinlik, L, *(Bkz. Tablo)*		Kayıp, m_o - m (g)	
Deneyde Kullanılan Kuru Kütle, M (g)	40	Yüzde Kayıp (%)	
0.075 mm'den Geçen (%), P_{200}	89	$K = \left(\frac{30\mu}{(G_s-1)}\right)$ *yada* **Bkz. Tablo, ASTM D422**	
Zeminin Tane Özgül Ağırlığı, G_s	2.45	$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s-1)*\rho_s}} * \sqrt{\frac{L}{T}}$, **Tablo için;** $D = K * \sqrt{\frac{L}{T}}$	
Su Sıcaklığı, T (°C)	22		
Suyun Viskozitesi, η (g.sn/cm²)	$9.68*10^{-6}$	$P = \frac{G_s}{M*(G_s-1)} * 1000 * P_{200} * (R_d)$	

DENEY VERİSİ

Tarih	Zaman	Geçen zaman, t (dk.)	Sıcaklık. T (°C)	Hidrometre Okuması, R'_h	R_h = R'_h + C_m	Efektif Derinlik, L (mm)	R_d = R'_h - R'_o	K Değeri	Tane Çapı, D (mm)	Kümülatif (%) Geçen
10.03.2023	11:20	0	22	1.028	1.029	8.9	1.025	0.01421	#SAYI/0!	83.760431
10.03.2023	11:21	1	22	1.026	1.027	8.9	1.023	0.01421	0.04239251	77.0862931
10.03.2023	11:22	2	22	1.024	1.025	9.2	1.021	0.01421	0.03047705	70.4121552
10.03.2023	11:25	5	22	1.022	1.023	9.2	1.019	0.01421	0.01927538	63.7380172
10.03.2023	11:30	10	22	1.020	1.021	9.2	1.017	0.01421	0.01362975	57.0638793
10.03.2023	11:35	15	22	1.018	1.019	9.2	1.015	0.01421	0.01112865	50.3897414
10.03.2023	11:50	30	22	1.016	1.017	9.2	1.013	0.01421	0.00786914	43.7156034
10.03.2023	12:20	60	22	1.015	1.016	9.2	1.012	0.01421	0.00556432	40.3785345
10.03.2023	13:20	120	22	1.014	1.015	9.4	1.011	0.01421	0.00397711	37.0414655
10.03.2023	11:20	1140	22	1.013	1.014	9.4	1.010	0.01421	0.00129034	33.7043966

Deneyi Yapan: | Kontrol eden: Doç. Dr. İnan KESKİN

**Menisküs düzelmesi, ASTM 151 H tipi hidrometre için 0.0008 olarak belirlenmiştir. ** Deney °C için sıcaklık + dağıtma düzeltmesi için bkz. İlgili Tablo*

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ZEMİN MEKANİĞİ LABARATUVARI

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Boyu Dağılım Analizi

Elek-Hidrometre Analizi

Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Boş Elek Ağırlığı	Dolu Elek Ağırlığı (g)	Elek Üstünde Kalan Zemin Ağırlığı (g)	Kümülatif Elek Üstü (g)	Yüzde Kalan (%)	Yüzde Geçen (%)
3/8"	9.5	594.40	635.30	0.00	0.00	0	100.00
1/4"	6.3	543.00	646.30	0.00	0.00	0	100.00
4	4.750	591.60	617.30	34.00	34.00	17.171717	82.83
10	2.0	540.20	558.30	22.00	56.00	28.28283	71.72
20	0.850	432.40	498.00	27.00	83.00	41.91919	58.08
40	0.425	461.00	472.00	15.00	98	49.49495	50.51
60	0.250	438.70	497.20	23.00	121	61.11111	38.89
100	0.150	427.60	485.70	17.00	138	69.69697	30.30
200	0.075	423.70	776.10	15.00	153	77.27273	22.73
Pan		383.00	419.60	45.00	198	100	0.00
Toplam Zemin Kütlesi				198.00			

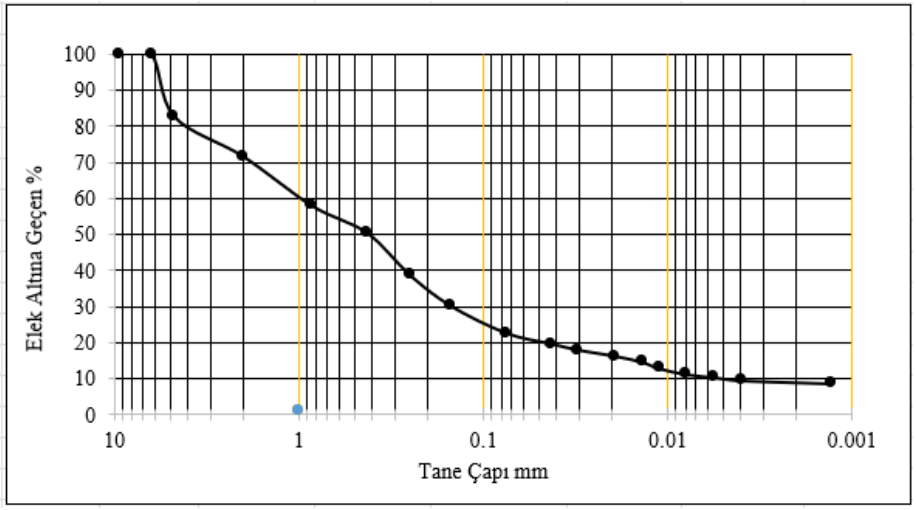
T.Çapı (mm)	E.A.Geçen (%)	Deney Türü
9.5	100.00	İri Elek
6.3	100.00	
4.75	82.83	
2	71.72	
0.85	58.08	
0.425	50.51	
0.25	38.89	
0.15	30.30	
0.075	22.73	
0.042393	19.71	İnce Elek
0.030477	18.00592	
0.019275	16.2992	
0.01363	14.59248	
0.011129	12.88575	
0.007869	11.17903	
0.005564	10.32567	
0.003977	9.472309	
0.00129	8.618948	





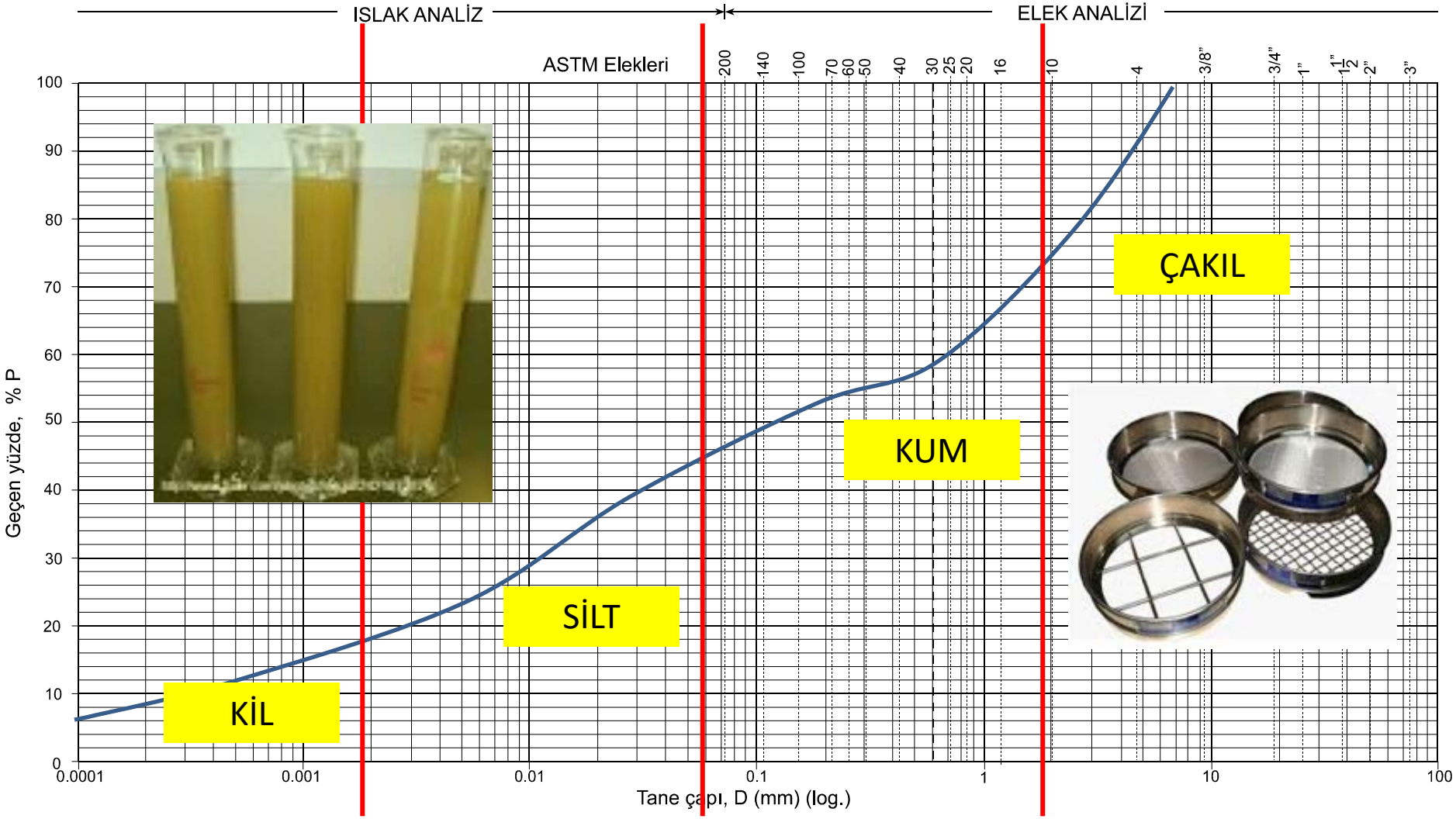
Deneyde Kullanılan Kuru Kütle, M (g)	45.00					Yüzde Kayıp (%)				
Elek Analizi deneyinde #200'den geçen (%), P_{200}	22.73					$K = \left(\frac{30\mu}{(G_s-1)}\right)$ yada **Bkz.Tablo, ASTM D422**				
Zeminin Tane Özgül Ağırlığı, G_s	2.45					$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s-1)*\rho_s}} * \sqrt{\frac{L}{T}}$, **Tablo için;** $D = K * \sqrt{\frac{L}{T}}$				
Su Sıcaklığı, T (°C)	22					$P = \frac{G_s}{M*(G_s-1)} * 1000 * P_{200} * (R_d)$				
Suyun Viskozitesi, η (mPa.s)	0.852									
DENEY VERİSİ										
Tarih	Zaman	Geçen zaman, t dk	Sıcaklık T °C	Hidrometre Okuması,	R_H= R'h + Cm	Efektif Derinlik, L mm	R_d = R'h - R'd	K Değeri	Tane Çapı, D mm	Kümülatif Geçen (%)
10.03.2023	11:20	0	22	1.028	1.029	8.9	1.025	0.01421	#SAYI/0!	21.42
10.03.2023	11:21	1	22	1.026	1.027	8.9	1.023	0.01421	0.042392505	19.71
10.03.2023	11:22	2	22	1.024	1.025	9.2	1.021	0.01421	0.030477055	18.01
10.03.2023	11:25	5	22	1.022	1.023	9.2	1.019	0.01421	0.019275382	16.30
10.03.2023	11:30	10	22	1.020	1.021	9.2	1.017	0.01421	0.013629753	14.59
10.03.2023	11:35	15	22	1.018	1.019	9.2	1.015	0.01421	0.011128647	12.89
10.03.2023	11:50	30	22	1.016	1.017	9.2	1.013	0.01421	0.007889142	11.18
10.03.2023	12:20	60	22	1.015	1.016	9.2	1.012	0.01421	0.005564323	10.33
10.03.2023	13:20	120	22	1.014	1.015	9.4	1.011	0.01421	0.003977108	9.47
10.03.2023	11:20	1140	22	1.013	1.014	9.4	1.010	0.01421	0.001290344	8.62
Deneyi Yapan:						Kontrol eden:		Doç. Dr. İnan KESKİN		
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ZEMİN MEKANİĞİ LABARATUVARI										

*Menüsküs düzelmesi, ASTM 151 H tipi hidrometre için 0.0008 olarak belirlenmiştir. ** 25°C için sıcaklık + dağıtma düzeltmesi 0.0037'dir



ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Tane Çapı Dağılımı-Granülometri Eğrisi



MIT	Kil	Silt	Kum			Çakıl			Taş
			İnce	Orta	Kalın	İnce	Orta	Kalın	

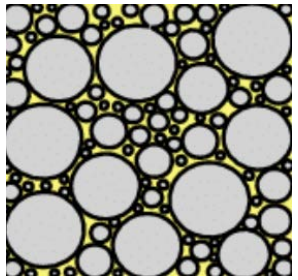
USCS	İnceler (Silt+Kil)	Kum	Çakıl	Taş

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Dane Çapı Dağılımı-Granülometri Eğrisi

İyi Derecelenmiş

(Kötü Boylanmış)

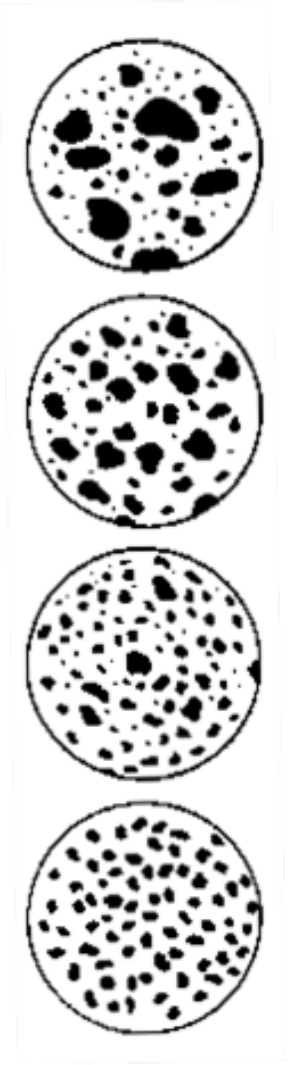


Well Graded

(Poorly Sorted)

Mühendislikte *iyi derecelenmiş bir malzeme heterojendir ve her tane boyundan (çakıl, kum, kil, silt) az çok eşit oranda içermektedir.*

Sedimantolojide *boylanma kullanılır. İyi boylanmış bir malzeme homojendir ve malzemeyi oluşturan taneler yaklaşık eşit boydadır*

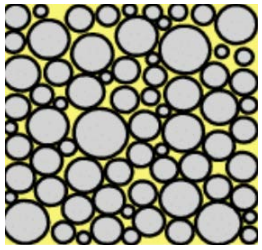


Kötü Derecelenmiş

(İyi Boylanmış)

Poorly Graded

(Well Sorted)





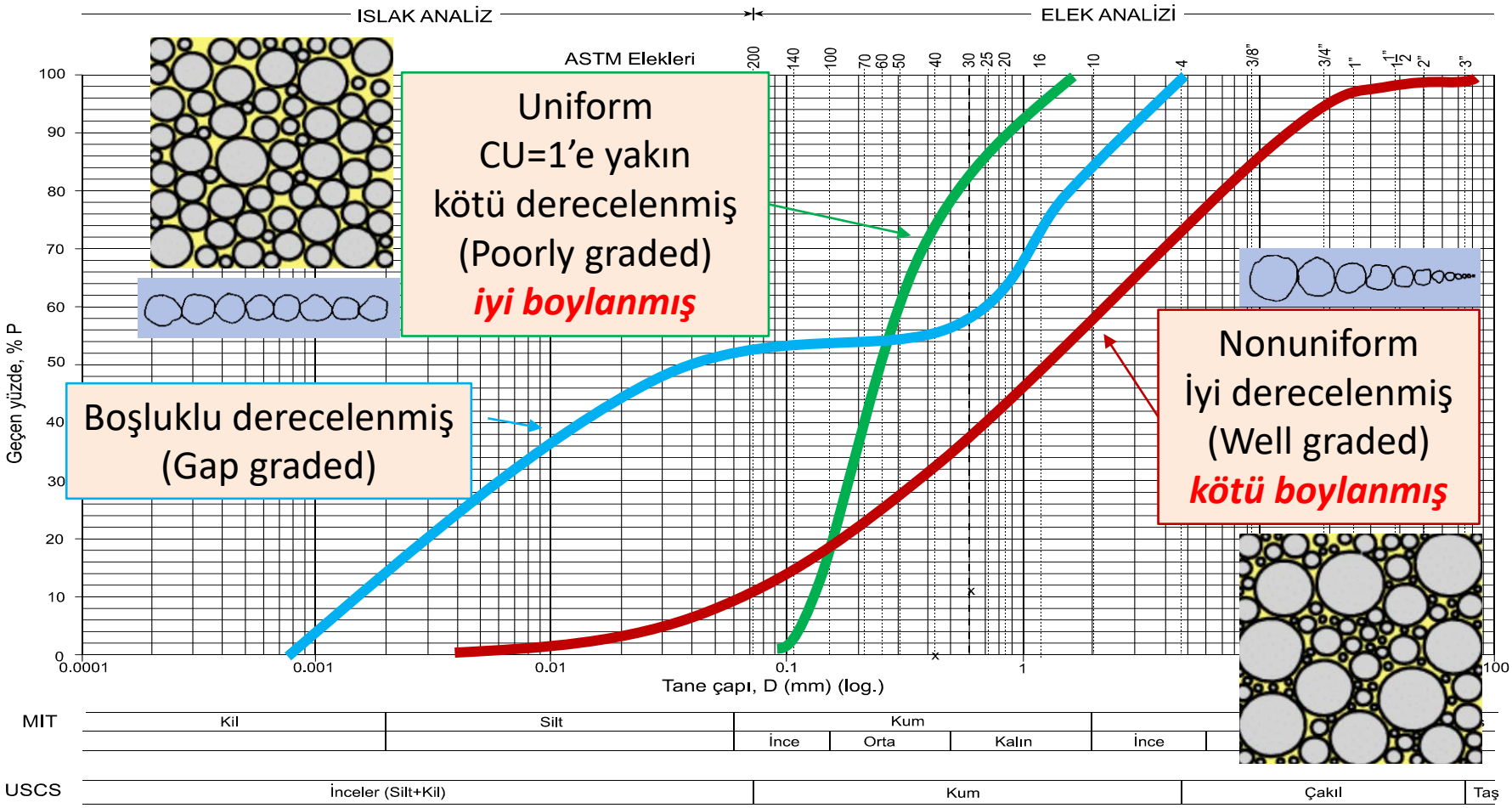
Poorly sorted sediment has a wide range of sizes.

Moderately sorted sediment has a small range of sizes.

Well-sorted sediment is all about the same size.

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Boyu

Dane Çapı Dağılımı-Granülometri Eğrisi

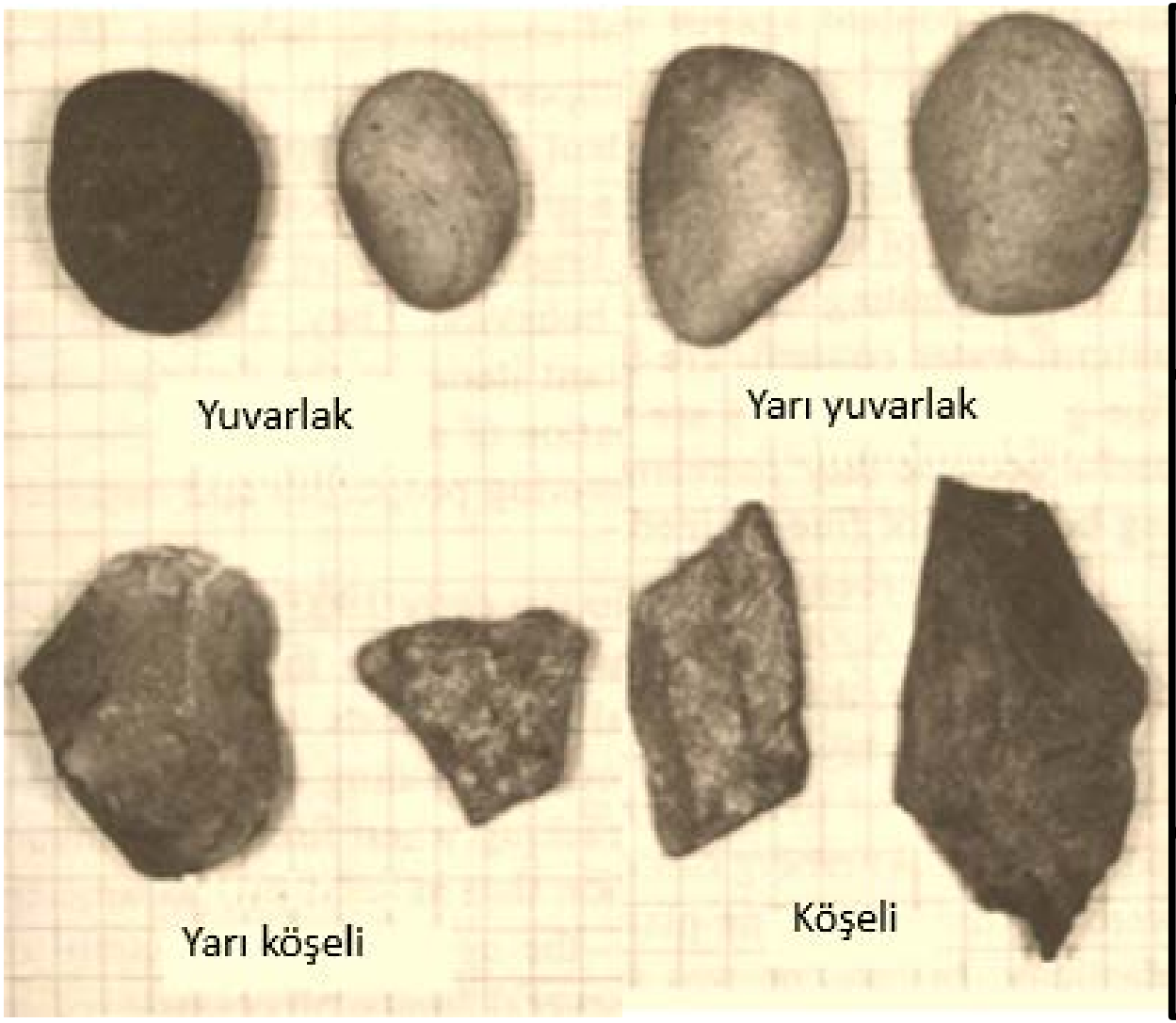


$$Eş\ Şekillilik\ (uniformluluk\ )kat\ sayısı\ (C_u) = \frac{D_{60}}{D_{10}}\ (Uniformity\ coefficient)$$

$$Süreklilik/Derecelenme\ katsayısı\ (C_c) = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}}\ Coefficient\ of\ gradation\ (curvature)$$

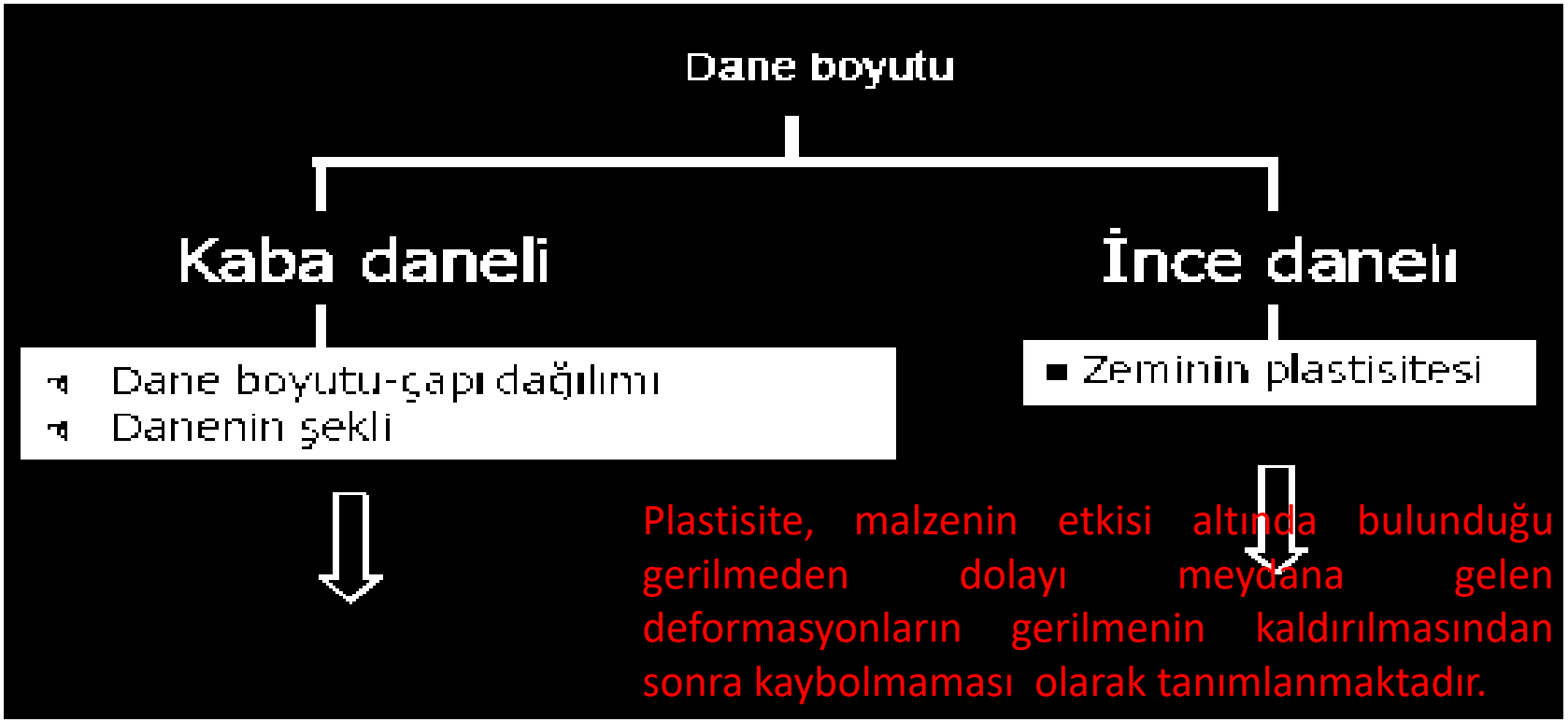
ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Tane Şekli

Granüle zeminlerin mühendislik davranışları üzerinde tane boyu dağılımı kadar münferit tane şeklinin de etkisi vardır. Granüle zeminlerin sürtünme karakteristiklerinde tane oldukça fazla etkilidir.



KÖŞELİLİK DURUMU	köşeli
	yarı-köşeli
	yarı-yuvarlak
	yuvarlak
ŞEKİL	eşboyutlu
	düz
	uzun
	düz ve uzun
	karmaşık
YÜZEY DOKUSU	pürüzlü
	düz

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Sıklık-Kıvam



$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

$$e_{max} = \frac{\gamma_s}{\gamma_{k(min)}} - 1 \qquad e_{min} = \frac{\gamma_s}{\gamma_{k(max)}} - 1$$

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_k} - 1$$

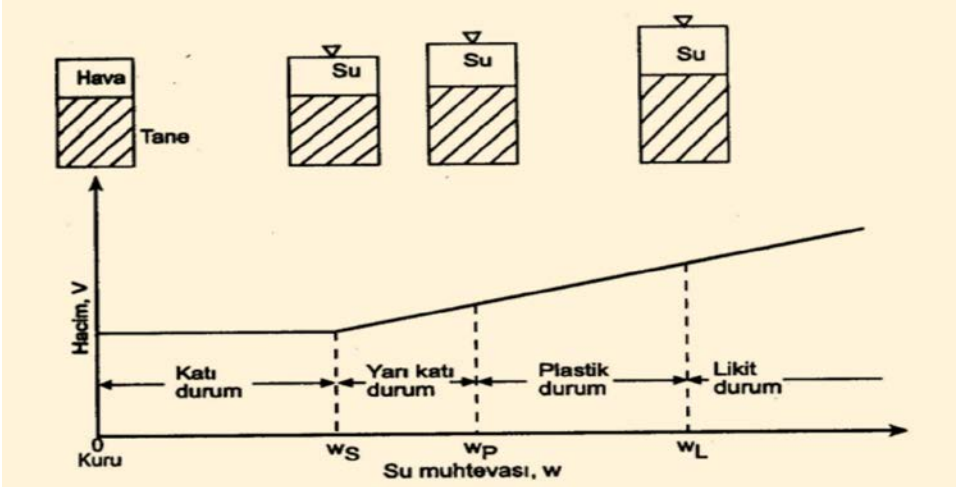
Rölalif Sıkılık (%)	Sıkılık Derecesi
O-15	Çok Gevşek
15-35	Gevşek
35-65	Orta Sıkı
65-85	Sıkı
85-100	Çok Sıkı

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Plastiklik veya plastisite, ince taneli zeminlerin bir özelliği olup; kırılmadan şekil verilebilmeyi ifade eder. Bu özellik, kum, çakıl gibi iri taneli ve taneleri arasında yapışma-çekme kuvvetleri olmayan zeminlerde görülmez (Plastik olmayan zeminler, NP).

Sıvı haldeki zemin kurutularak su içeriğinin azaltılması ile plastik duruma dönüşür. İnce taneli-kohezyonlu zeminler, su katılıp yoğrulduklarında, plastiklik özelliği gösterirler. Plastik durumda da belli bir kayma direncinden sonra uygulanan kayma gerilmeleri sürekli olarak kayma deformasyonları meydana getirir. Su içeriğindeki azalmaya bağlı olarak zeminin deformasyonu sırasında yüzeyde çatlaklar oluşur. Zeminin su içeriğine bağlı olarak kabaca yumuşak, orta sert, sert gibi adlar alırlar.

- Katı durum; zemine şekil verilemez, şekil verilmek istendiğinde, kırılır.
- Yarı katı durum; zemine istenilen şekil zorlukla verilir, zemin çatlar.
- Plastik durum; kırılma, çatlama olmaksızın zemine istenilen şekil kolayca verilebilir.
- Likit durum; zemin bir sıvı gibi yavaşça akabilir.



Kohezyonlu zeminlerde *V-w* ilişkisi ve kıvam limitleri

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Kıvam Limitleri-sınırları/Atterberg Limitleri

Kıvam: *İnce daneli koheziv zeminlerin özel bir su içeriğindeki fiziksel durumunu belirtir*. Zeminin su içeriğine bağlı olarak 1911 de Atterberg tarafından deneysel olarak tarif edilmiştir. Atterberg limitleri veya kıvam limitleri olarak adlandırılır. Zemine ait kıvam limitleri iyi değerlendirilir ise zeminin birçok özelliği hakkında bilgi sahibi olunabilinir.

Kıvam limitleri şunlardır:

Likit limit (wL veya LL), plastik ve likit durumları birbirinden ayıran sınır su içeriğidir. Başka bir deyişle, zeminin kendi ağırlığı altında akabildiği en düşük su içeriğidir.

Plastik limit (wp veya PL), plastik ve yarı katı durumları birbirinden ayıran sınır su içeriğidir. Diğer bir deyişle, zeminin, el altında, cam bir yüzey üzerinde, çubuk haline getirilirken, çubukların çapları yaklaşık 3 mm olduğunda kopmaların meydana geldiği durumdaki su içeriğidir.

Rötre (büzülme) limiti (ws veya SL), daha fazla su kaybının, zeminin hacminde artık bir azalma meydana getirmediği en büyük (maksimum) su içeriğidir. Diğer bir tanımla, zeminin suya tam doygun olabildiği en düşük su içeriğidir.

1. LİKİT KIVAM: Akıcı
2. PLASTİK KIVAM: El ile şekil verilebilir.
3. YARI KATI KIVAM: El ile şekil verilirken çatlar
4. KATI KIVAM: El ile şekil verilirken parçalanıp dağılır.

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Kıvam Limitleri-sınırları/Atterberg Limitleri/Likit Limit

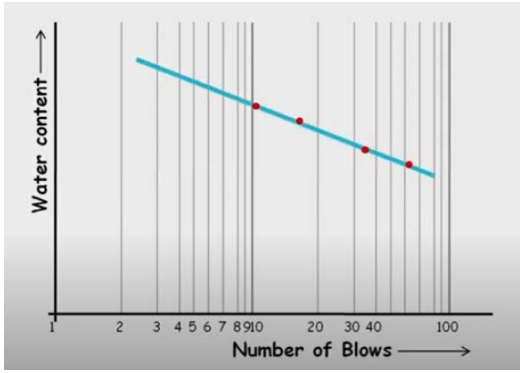
Casagrande







https://www.youtube.com/watch?v=OvrqyFYhhxQ&ab_channel=ElementaryEngineering

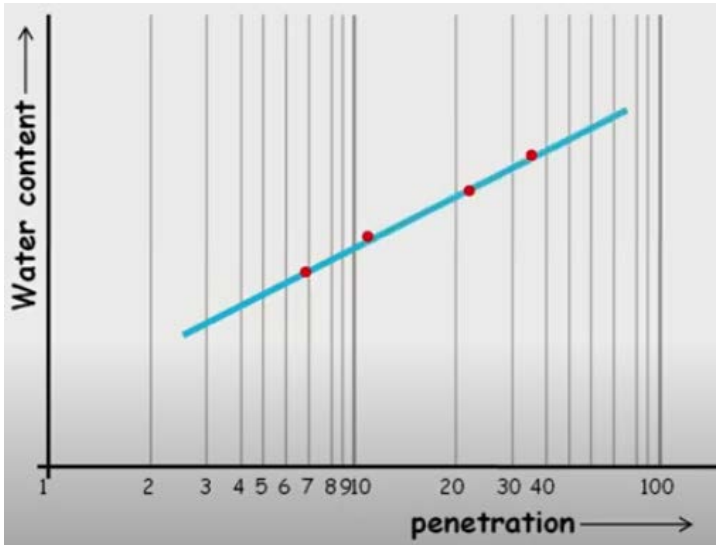


ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Kıvam Limitleri-sınırları/cone penetrometer



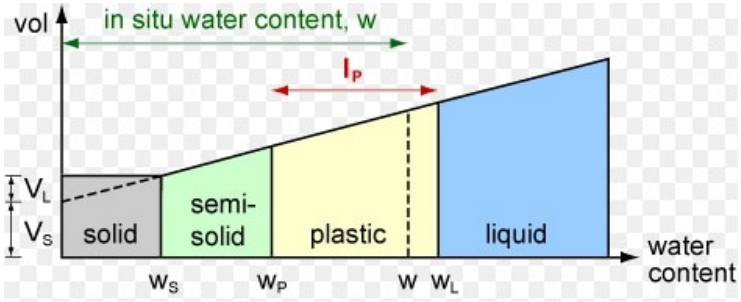
https://www.youtube.com/watch?v=ZAvN9Z6yVDs&ab_channel=ElementaryEngineering

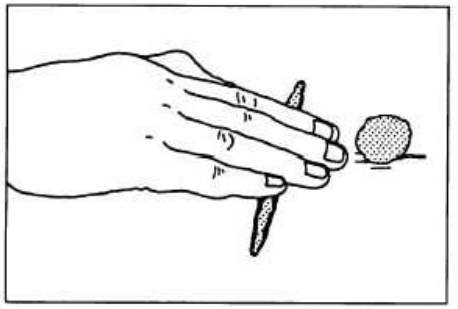


ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

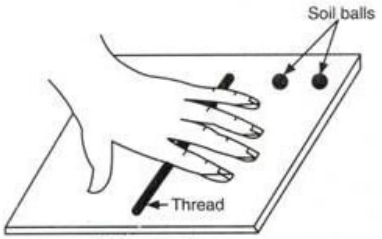
Kıvam Limitleri-sınırları/Atterberg Limitleri/Likit Limit

Plastik Limit

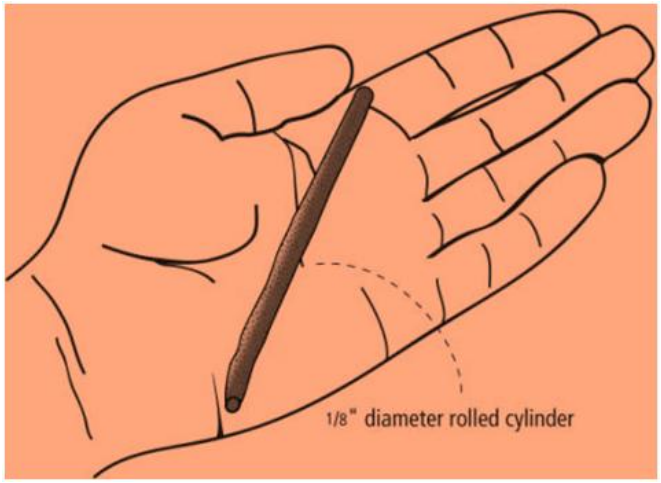












ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

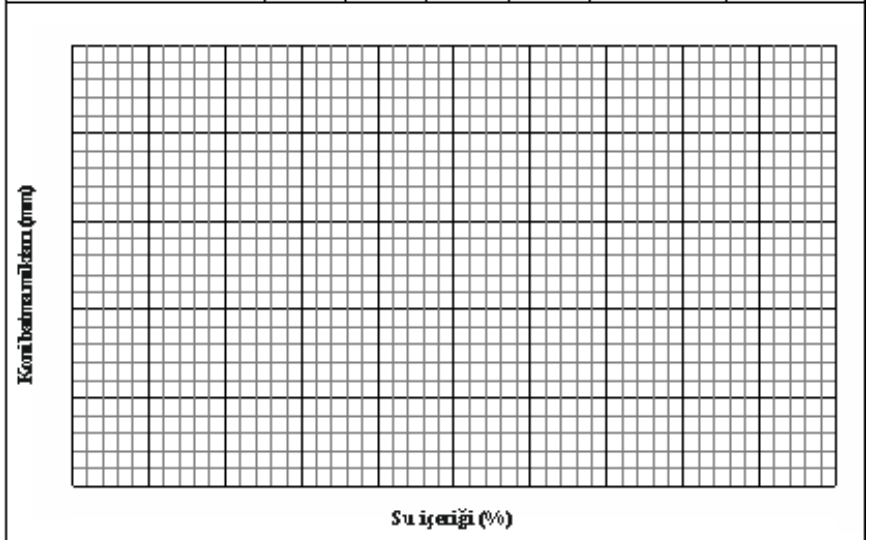
Kıvam Limitleri-sınırları/Atterberg Limitleri/Likit Limit

Doç. Dr. İnan KESKİN

INM308 ZEMİN MEKANİĞİ I

ATTERBERG SINIRLARI DENEY VERİ FORMU

Proje:			Deneyi Yapan:			
Numune No:			Deney Tarihi:			
Deney Türü	Likit Limit (LL)				Plastik Limit (PL)	
Kap No						
Düşme sayısı/ Koni Batma Miktarı (mm)						
Kabın Kütlesi (g)						
Kap + Yaş Zemin Kütlesi (g)						
Kap + Kuru Zemin Kütlesi (g)						
Suyun Kütlesi (g)						
Kuru Zemin Kütlesi (g)						
Su İçeriği (%)						



Büzülme Limiti (LS)

İlk boy, Lo (mm): Son boy, L (mm): $R_L = [(L_0 - L)/L_0] * 100$

Deney Türü	Likit Limit (LL)				Plastik Limit (PL)	
Kap No	1	2	3	4	1	2
Koni Batma Miktarı (mm)	15.0	17.4	18.7	20.8		
Kabın Kütlesi (g)	18.515	14.459	17.378	12.85	8.295	7.713
Kap + Yaş Zemin Kütlesi (g)	33.876	40.205	40.237	41.112	17.050	16.962
Kap + Kuru Zemin Kütlesi (g)	32.365	35.501	34.630	32.341	15.847	15.680
Suyun Kütlesi (g)	1.511	4.704	5.607	8.771	1.203	1.282
Kuru Zemin Kütlesi (g)	13.850	21.042	17.252	19.491	7.552	7.967
Su İçeriği (%)	10.9	22.36	32.5	45.0	15.93	16.09

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Kıvam Limitleri-sınırları/Atterberg Limitleri/Likit Limit

Lineer Büzülme Limiti (Rötre Limiti)

Zeminin Rötre Limit'i (Lineer Büzülme Limiti) değeri RL numunenin başlangıçtaki uzunluğunun yüzdesi olarak aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$R_L = \left(\frac{L_0 - L}{L_0}\right) * 100$$



Burada;
L= Kurumuş numune uzunluğu
L_o= Numunenin başlangıçtaki uzunluğudur.

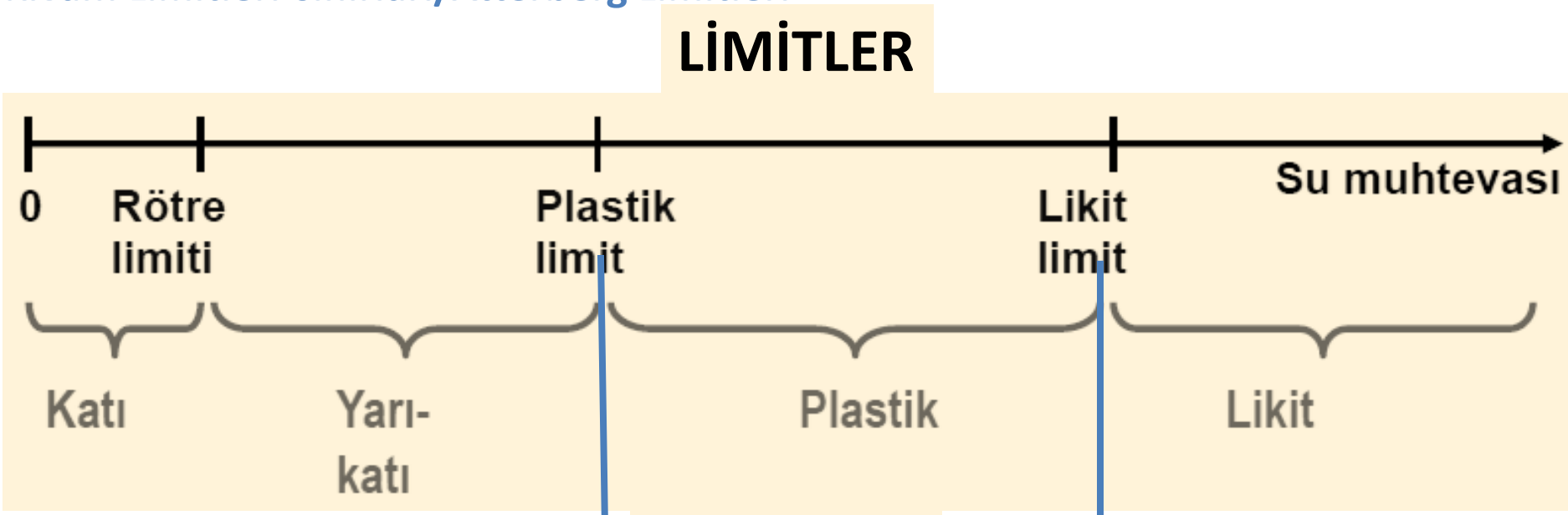
ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

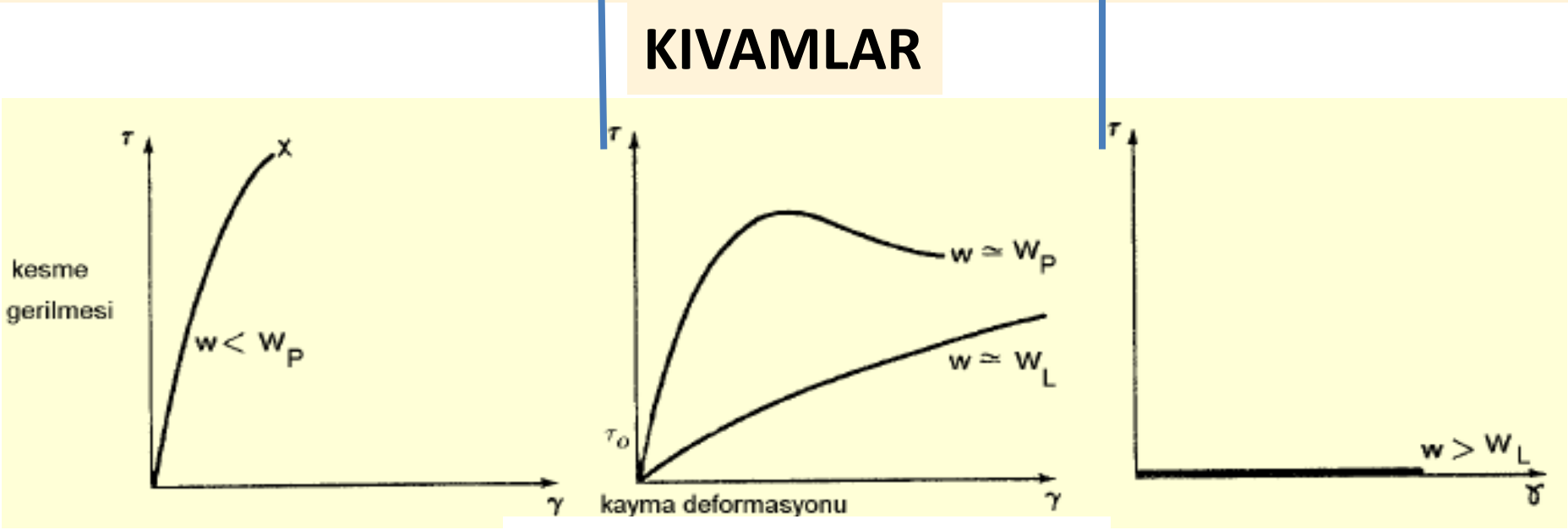
Kıvam Limitleri-sınırları/Atterberg Limitleri

Kil minerali	Likit Limit , %	Plastik Limit , %
Montmorillonit	700	55
Montmorillonit	660	98
Montmorillonit	290	75
İllit	120	53
Kaolin	52	31
Kaolin	38	27

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Kıvam Limitleri-sınırları/Atterberg Limitleri





Kıvam – Kayma Mukavemeti İlişkisi

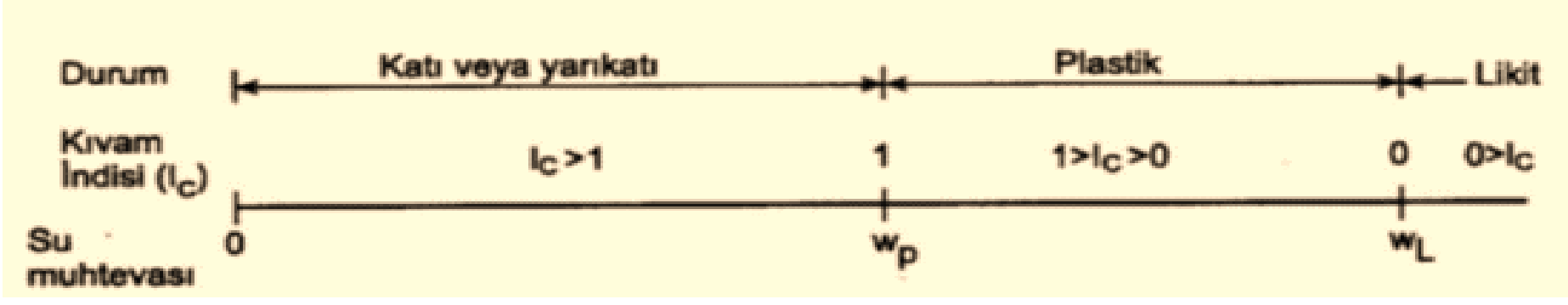
ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Kıvam İndisi *Ic*

Kohezyonlu zeminlerin kıvamlılığı, o zeminin dayanımına kabaca bir yaklaşımda bulunulabilmesi açısından oldukça önemli bir özelliktir. Kohezyonlu bir zeminin kıvam indeksi su içeriği (w), likit limit (LL) ve plastik limitin (PL) nümerik değerleri kullanılarak hesaplanabilir.

$$I_C = \frac{LL - w}{LL - PL}$$

TANIMLAMA	*SAHADA BELİRLENEN ÖZELLİK*	*YAKLAŞIK DRENAJSIZ KAYMA DAYANIMI (kN/m^2)*
Çok yumuşak	Avuç içinde sıkıldığında parmakların arasından sızıntı şeklinde çıkar	< 20
Yumuşak	Parmaklar arasında kolayca şekillenebilir	20 - 40
Sıkı	Parmaklar arasında sıkıca bastırılarak şekillenebilir	40 - 75
Katı	Parmaklar arasında şekillendirilemez	75 - 150
Çok katı/sert	Gevrek veya çok dayanıklı	> 150

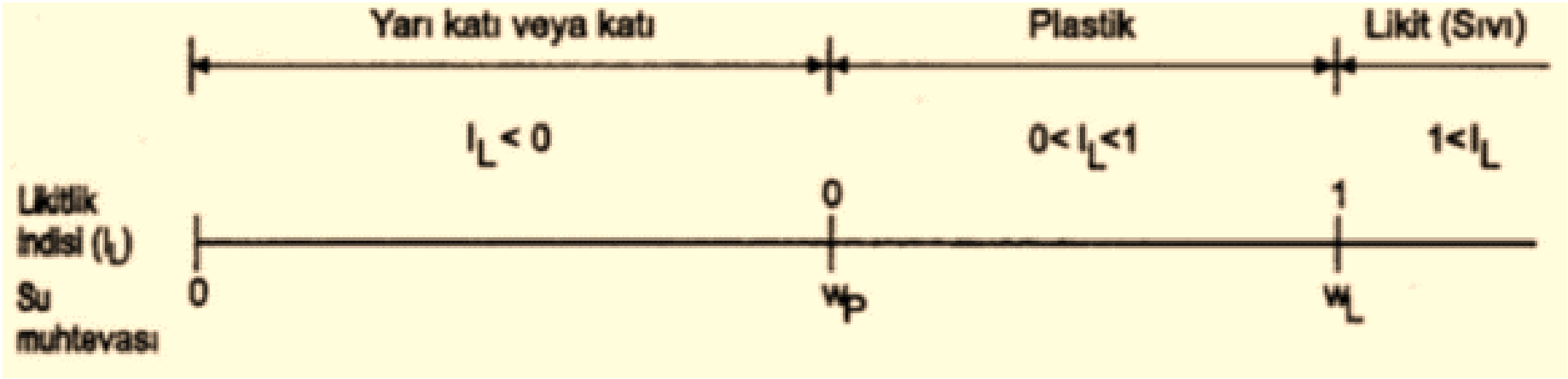


ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Likitlik (Sıvılık) indisi I_L

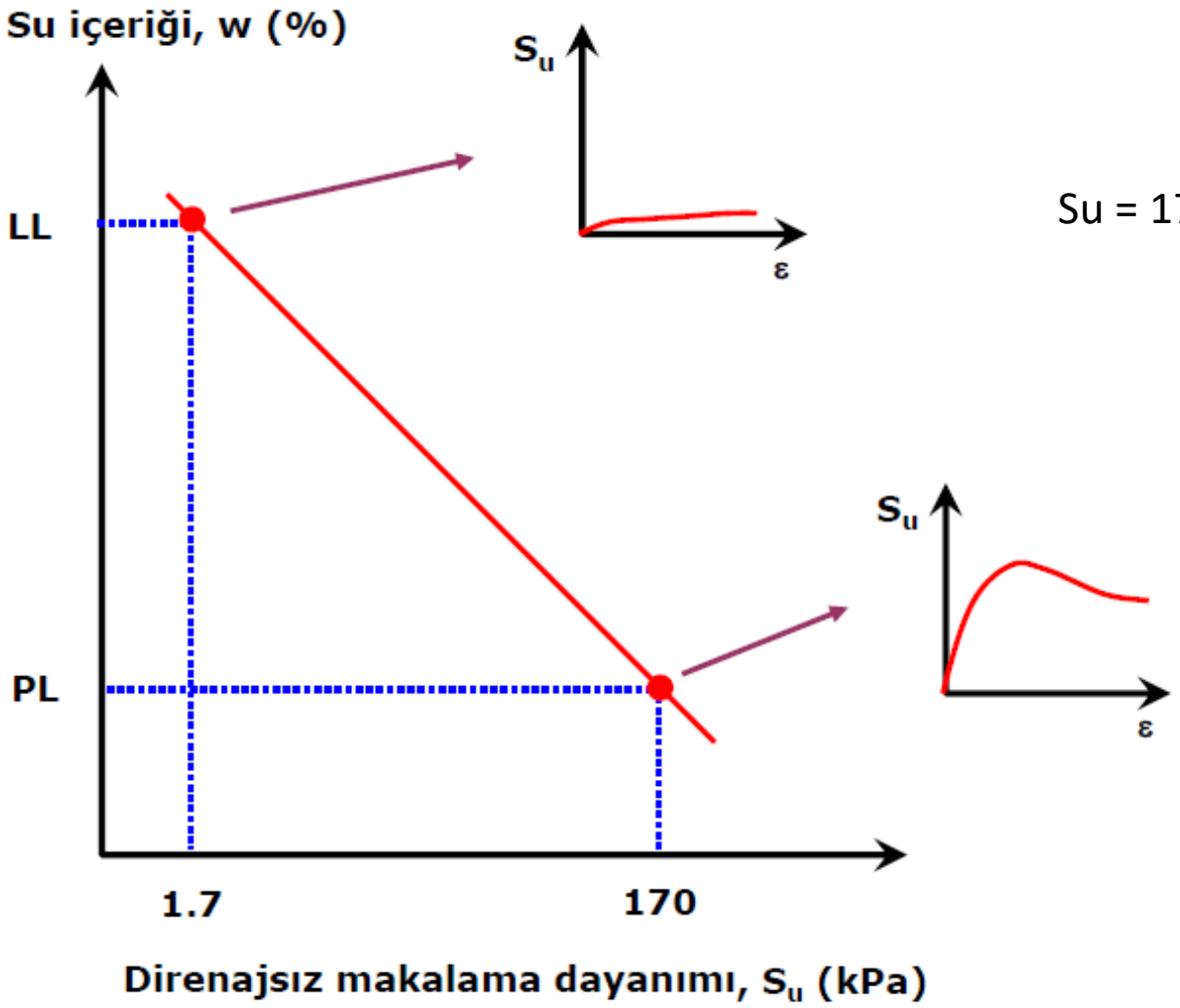
Zeminler doğal durumda çeşitli etkilerle farklı su içeriklerinde olurlar. Su içeriğinin pastiste çetvelinin neresinde olduğunun saptanması zeminin bazı özellikleri hakkında bilgi sağlar.

$$I_L = \frac{w - w_P}{I_P}$$



ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Kayma mukavemeti ve su içeriği arasındaki ilişki



$S_u = 170 \exp(-4.6\, LI)$ kPa

Kıvam – Kayma Mukavemeti İlişkisi Schofield and Wroth (1968)

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Aktivite A

Plastisite indisi ile kil miktarı (0,002mm) arasında aktivite adı verilen bir ilişki vardır. Bu ilişki plastisite indisinin kil yüzdesine oranı olarak tanımlanır. Aktivite var olan kilin hangi tür olduğu hakkında dolayısıyla zemindeki olası hacim değişmesi hakkında yararlı bilgi sağlar.

$$A = \frac{I_P}{Kil\ Yüzdesi}$$

A	**Açıklama**
< 0.75	Aktif değil
0.75 – 1.25	Normal
> 1.25	Aktif

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Zeminlerin Plastisite Özellikleri

Sensitivite S_t

Arazideki koşullarındaki kil zeminlerin kıvamı yumuşak, orta katı, çok katı ve sert olarak tanımlanmaktadır. Katılık derecesinin ölçüsü ise serbest basın mukavetidir.

İnce taneli zeminler doğal su içeriği değiştirilmeden yoğurduldukları zaman katılık derecesinde büyük değişiklikler meydana gelmektedir. Yorulma sonucu yumuşamanın başlıca nedenleri arasında tanelerin yüzeyindeki absorbe su tabakasında yer alan moleküllerin sıralanması ve kilin iç yapısının bozulması sayılabilir.

Doğal haldeki serbest basınç mukavemetinin yoğurulmuş durumdaki serbest basınç mukavemetine oranı sensitivite olarak adlandırılmakta olup aşağıdaki gibi ifade edilir.dır.

$$St = \frac{q_u(doğal)}{q_u(yoğurulmuş)}$$

$2 < S_t < 4$	Normal kil
$4 < S_t < 8$	Duyarlı kil
> 8	Aşırı duyarlı kil

ZEMİNLERİN SINIFLAMAYA ESAS ÖZELLİKLERİ/Şişme Potansiyeli

O'Neill ve Poormoayed (1980)' in plastisite indeksi ve likit limite bağlı olarak önerilen şişme potansiyeli sınıflamasının dışında, kıvam sınırları kullanılarak zeminlerin şişme potansiyeline bir yaklaşımda bulunulmak amacı ile birçok araştırmacı tarafından önerilen sınıflama sistemleri de sık sık kullanılmaktadır. Bu şişme potansiyeli sınıflarının içerisinde en çok kullanılanı; Van der Merwe (1964) tarafından geliştirilen, daha sonra Williams ve Donaldson (1980) tarafından değiştirilen sınıflamadır.

Likit Limit	Plastisite İndeksi	Şişme Potansiyeli	Şişme Potansiyeli Sınıflaması
<50	<25	<0.5	Düşük
50-60	25-35	0.5-1.5	Orta
>60	>35	>1.5	Yüksek

Şişme Potansiyeli= Örtü basıncına eşit basınç altındaki düşey şişme

Şişen zeminlerin sınıflaması (O'Neill ve Poormoayed, 1980).

$$FS = \frac{V - V_0}{V_0} \times 100$$

Burada
FS - Serbest şişme (%),
V - Şişme sonrası zemin hacmi (cm^3)
V_0 - Kuru zemin hacmidir (cm^3).

$$MFSI = \frac{V_d - V_s}{V_s}$$

Burada,
$MFSI$ - Modifiye serbest şişme indisi,
V_d - Saf suda çökelen zemin hacmi,
V_s - Zemin tanelerinin hacmidir.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ

Zemin sınıflamasının amacı; basit indislerle benzer davranışa sahip zemin gruplarının oluşturulması ve sınıflanması, mühendislik özelliklerini kestirmek ve genel olarak mühendisler arasında iletişimi sağlamaktır.

Mühendislik uygulamasındaki anlamı

Toprak zemin dokusunu tanımlar ve zemin sınıflamasına girdi sağlar.
Derecelenme + boylanma ile ilgili bilgi sağlar.
Dolgu malzemesi olarak malzeme seçiminde, yol temel malzeme seçiminde veya beton agregası seçiminde kullanılabilir.
Dinamik kompaksiyon, enjeksiyon gibi zemin iyileştirme yöntemlerinin seçiminde kullanılabilir.
Etkin taneçapı ile hidrolik iletkenliğin tahmininde (Hazen's Equation) kullanılabilir.



İri Taneli Zeminler

0.075 mm

200 No.lu elek

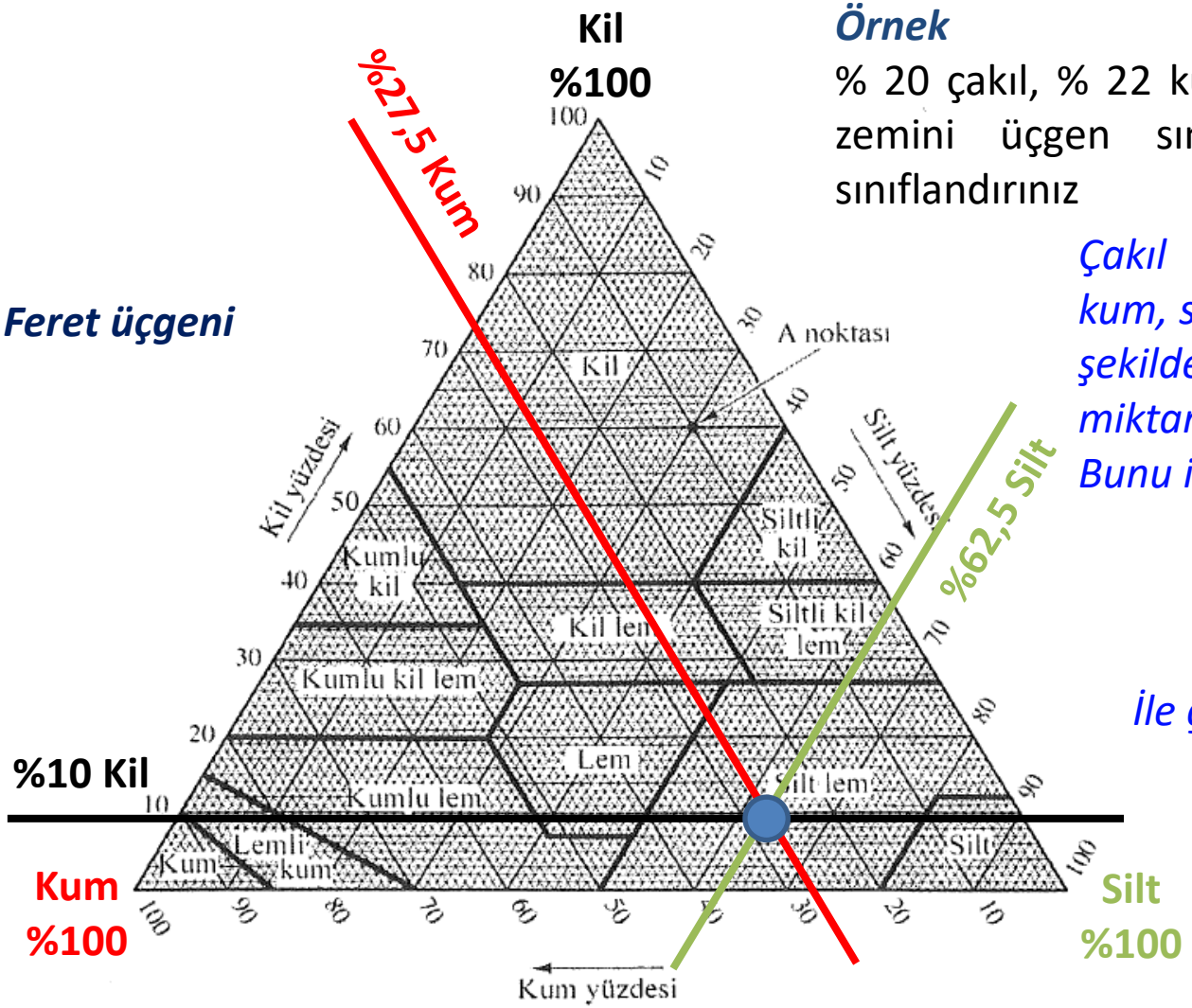


İnce Taneli Zeminler

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/ÜÇGEN SINIFLANDIRMA-Feret Üçgeni

Üçgen sınıflandırma yöntemi en eski sınıflandırma yöntemlerinden biridir. Sınıflandırılacak zemine ait kum, silt ve kil yüzdeleri kullanılır. Önce zemin granülometri eğrisi çizilir. Zemindeki çakıl yüzdesi çıkarılarak kalan kum, silt ve kil yüzdelerinin tamamı % 100 olacak şekilde bu kısımların yüzdesi yeniden belirlenir.

Feret üçgeni



Örnek

% 20 çakıl, % 22 kum, % 50 silt ve %8 kil içeren zemini üçgen sınıflama sistemini kullanarak sınıflandırınız

Çakıl oranı değerlendirmediğinden, kum, silt ve kil yüzdeleri % 100 olacak şekilde çakıl yüzdesi yok sayılarak bu miktar kum, silt ve kile yansıtılır. Bunu için diğer yüdeler

$$\frac{100}{100-20} = 1,25$$

İle çarpılır.

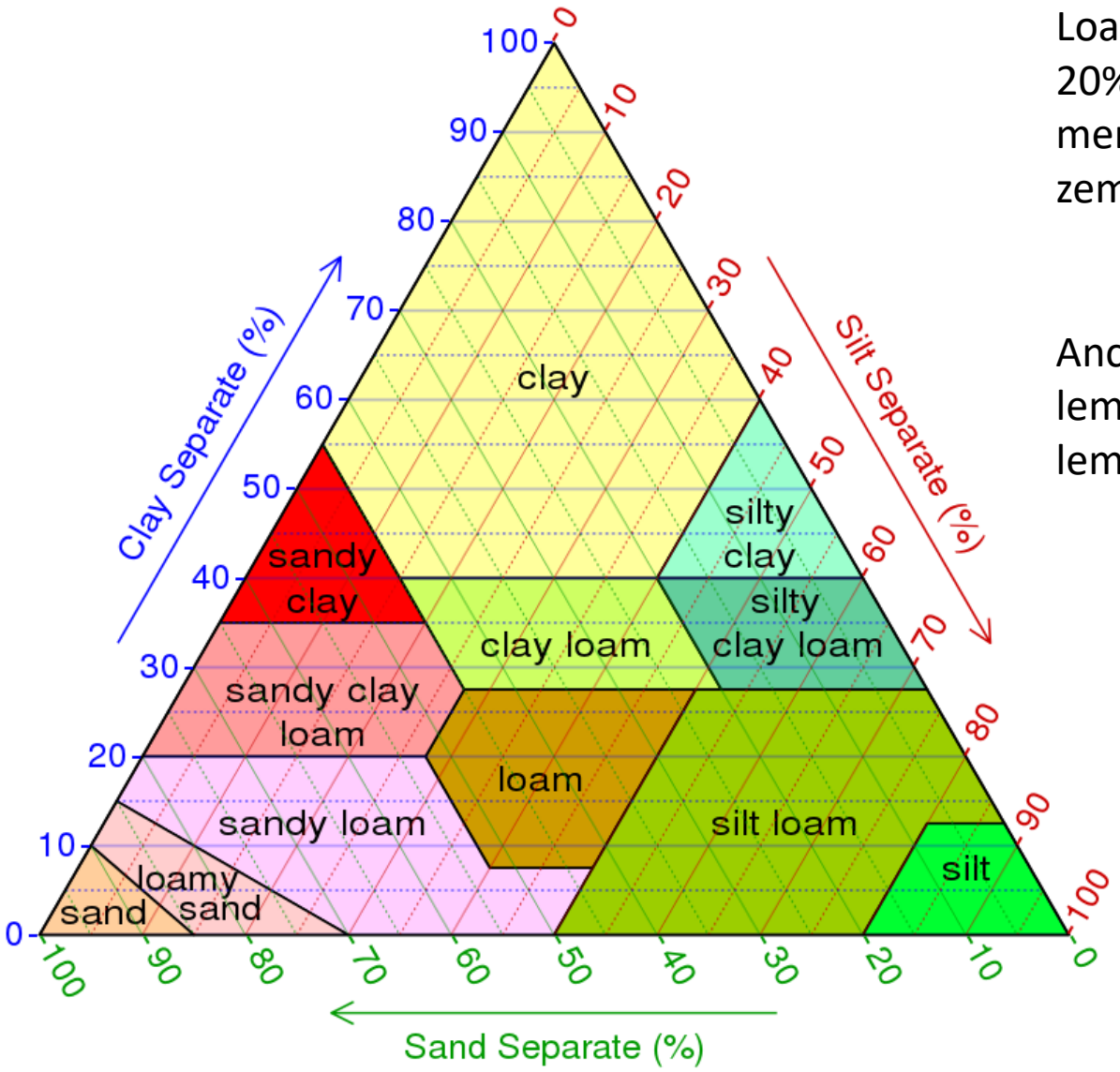
Yeni oranlar;

% 27,5 kum,

% 62,5 silt

%10 kil

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/ÜÇGEN SINIFLANDIRMA-Feret Üçgeni



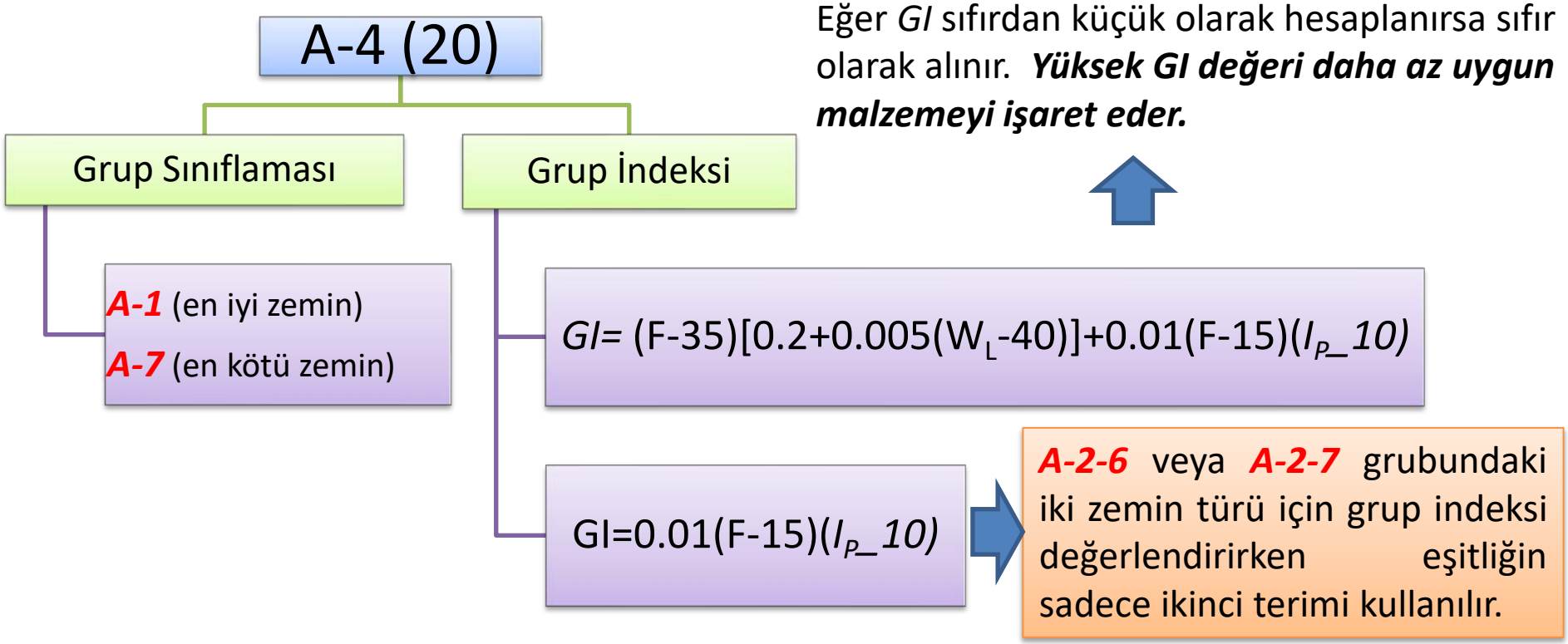
Loam(lem); 40% kum–40% silt ve 20% kil içeren balçık kıvamında 10^{-5} mertebesinde geçirimliliği bulunan zemindir.

Ancak bu oranlar değişerek kumlu lem, siltli lem, killi lem, kumlu killi lem, siltli killi lem şeklinde olabilir.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

Bu sınıflama yaygın olarak toprak işlerinde özellikle taban, alt temel ve dolgularda kullanılır. Sınıflama tane boyu dağılımı, likit limit ve plastisite indisine göre yapılmaktadır. AASHTO silt-kil ile kum sınırını 0,075 mm (ASTM #200 Elek), kum ile çakıl sınırını ise 2,00 mm olarak kullanmaktadır.

Bu sınıflamada zeminler A-1'den başlayarak A-7'ye kadar 7 gruba ve alt gruplara ayrılır. A-8 grubu turba gibi yüksek miktarda organik malzeme içeren zeminler için kullanılmakta olup yüksek sıkışabilirlikleri ve düşük direnç özellikleri dolgularda kullanılmadıkları için sınıflandırma tablosunda gösterilmemektedir.



Eğer *GI* sıfırdan küçük olarak hesaplanırsa sıfır olarak alınır. ***Yüksek GI değeri daha az uygun malzemeyi işaret eder.***

F : ince tane içeriği (200 no.lu elekten geçen %); wL : likit limit;IP : plastisite indisi

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

Genel Sınıflandırma		Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen ≤%35)							Silt-Kil Zeminler (No.200 Elekten Geçen > %35)			
		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7*
Zemin Grupları		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Dane Çapı dağılım Özellikleri	No. 10 Elekten Geçen (%)	≤50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No. 40 Elekten Geçen (%)	≤30	≤50	>50	-	-	-	-	-	-	-	-
	No. 200 Elekten Geçen (%)	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	>35	>35	>35
Plastisite Özellikleri	Likit Limit (%)	-	-	-	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40
	Plastisite İndisi (%)	≤6	≤6	N.P	≤10	≤10	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10
Grubu Oluşturan Başlıca Zeminler		Taş parçaları çakıl ve kum		İnce kum	Siltli veya Killi çakıllar ve kumlar				Siltli Zeminler		Killi Zeminler	
Yol Altyapısı olarak Değerlendirilmesi		Çok iyi- İyi							Orta-Kötü			

* **A-7-5** için $I_p \leq (w_L - 30)$ ve **A-7-6** için $I_p > (w_L - 30)$

Bu sistemde önce soldan sağa sonrada yukarıdan aşağıya eleme işlemi gerçekleştirilir.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

AASHTO Sınıflandırma Sistemi (AASHTO M 145-87, ASTM D 3282-1993)

GENEL SINIFLANDIRMA	TANELİ MALZEMELER No.200 elekten geçen %35 veya daha az							SİLTLİ ve KİLLİ MALZEMELER No.200 elekten geçen %35'den fazla			
GURUP SINIFLANDIRMASI	A - 1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
ELEK ANALİZİ YÜZDE GEÇEN											
No.10 (2.00 mm)	en fazla **50**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No.40 (0.425 mm)	en fazla **30**	en fazla **50**	en az **51**	-	-	-	-	-	-	-	-
No.200 (0.075 mm)	en fazla **15**	en fazla **25**	en fazla **10**	en fazla **35**	en fazla **35**	en fazla **35**	en fazla **35**	en az **36**	en az **36**	en az **36**	en az **36**
ATTERBERG LİMİTLERİ											
Likit Limit %	-	-	-	en fazla **40**	en az **41**	en fazla **40**	en az **41**	en fazla **40**	en az **41**	en fazla **40**	en az (*) **41**
Plastisite İndisi	en fazla **6**	en fazla **6**	NP	en fazla **10**	en fazla **10**	en az **11**	en az **11**	en fazla **10**	en fazla **10**	en az **11**	en az **11**
GURUP İNDEKSİ	0		0	0		en fazla **4**		en fazla **8**	en fazla **12**	en fazla **16**	en fazla **20**
MALZEMEYİ OLUŞTURAN ÖNEMLİ BİLEŞENLER	Taş kırıntıları çakıl ve kum		İnce kum	Siltli veya killi çakıllı kum				Siltli zeminler		Killi zeminler	
TABAN İÇİN KULLANILABİLİRLİĞİ	ÇOK İYİ - İYİ			ORTA - ZAYIF							

(*) A-7 Gurubu zeminin alt guruplarını belirlemek için; PI ≤ (LL-30) ise, A-7-5 ve PI > (LL-30) ise, A-7-6 ' dır.

Bu sistemde önce soldan sağa sonrada yukarıdan aşağıya eleme işlemi gerçekleştirilir.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

AASHTO Zemin Grupları

A-1 grubu: Bu gruptaki zeminler dolgu olarak kullanıldıkları zaman iyi stabilite ve çok az oturma gösterirler.

A-2 grubu: Birazcık ince malzeme içerirler ve nemden A-1 grubundaki zeminlere göre daha fazla etkilenirler. Kaliteleri A-1 grubundaki zeminlere göre daha düşüktür.

A-3 grubu: İnce ve kohezyonlu zemin içerirler fakat büzülmeleri hemen hemen yok gibidir.

A-4 grubu: Bu zeminler silt içerirler, kohezyonları çok düşüktür ve donmadan etkilenirler.

A-5 grubu: Değişik içsel sürtünme açısına sahiptirler, kohezyonları oldukça düşüktür, yüksek geçirimlilikleri vardır. Donmadan etkilenirler.

A-6 grubu: Bol miktarda kil içerirler A-5 e benzer fakat kohezyon, plastisite ve sıkışabilirlikleri daha fazla, daha az geçirimli ve düşük içsel sürtünme açısına sahiptirler.

A-7 grubu: Plastisite, kohezyon, deformasyon şişme ve büzülme özellikleri geniş bir dağılım aralığına sahip killerdir.

A-8 grubu: Yapı malzemesi olarak kullanılamayacak olan toz ve mil boyutundaki bol organik malzeme içeren zeminlerdir.

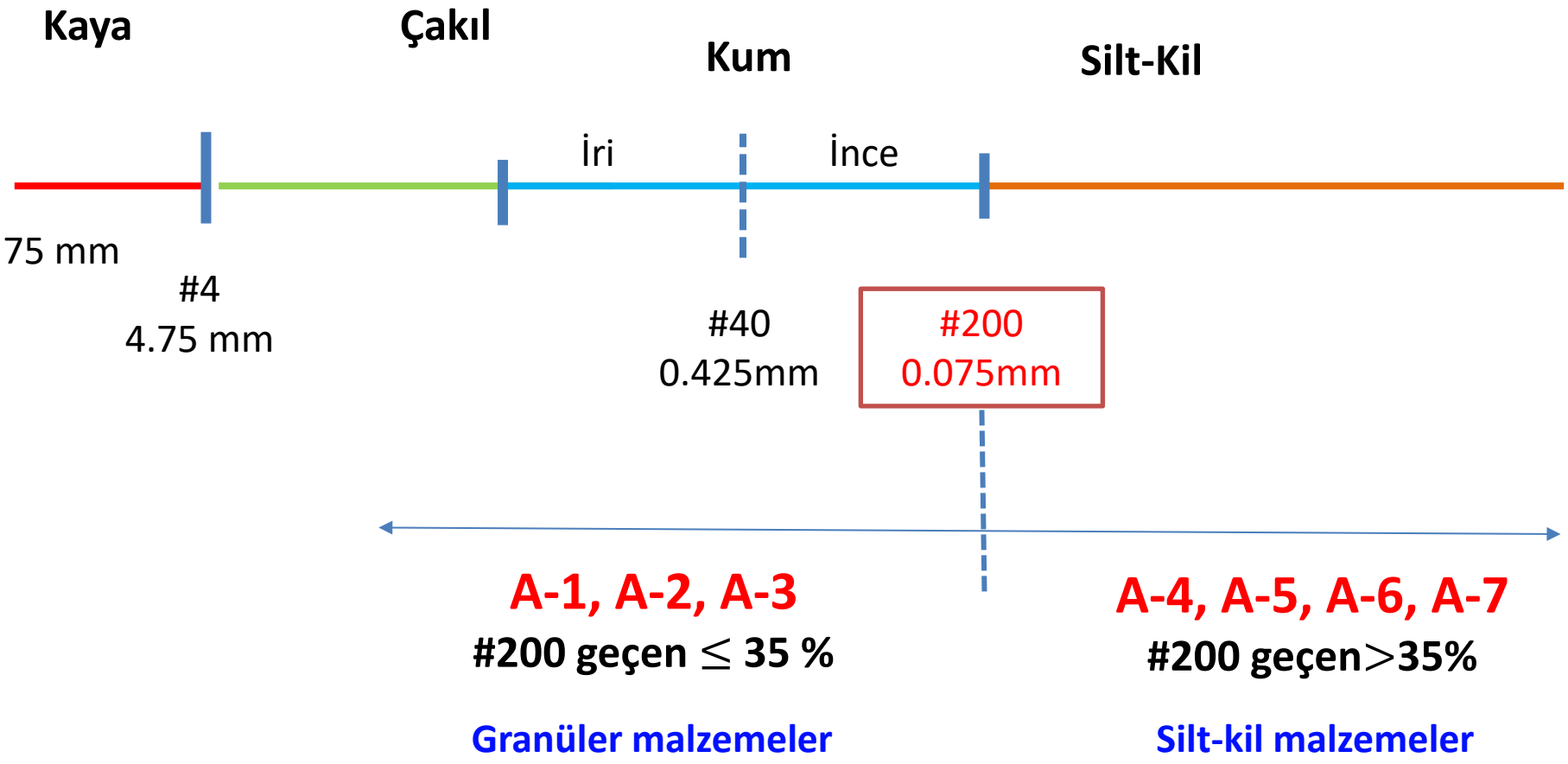
Hatırla! *Plastisite, malzenin etkisi altında bulunduğu gerilmeden dolayı meydana gelen deformasyonların gerilmenin kaldırılmasından sonra kaybolmaması olarak tanımlanmaktadır.*

A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 ve A-3 grubuna giren malzemeler, iyi drenaj sağlandığı ve uygun kalınlıkta sıkıştırıldıklarında trafik yüklerini taşıyabilecek uygun temel ve /veya yüzey tabakası için uygundurlar. Diğer deyişle uygun taban malzemelerdir. Uygun olabilmeleri için bazen doğal ya da yapay bağlayıcı eklemek gerekebilir.

A-2-6 ve A-2-7 den başlayarak sırasıyla A-4, A-5, A-6 ve A-7 ye doğru zemin türleri iyiden orta ve kötü taban olma özellikleri taşırlar. Dolayısıyla bu gruba giren zeminler temel tabakasının artmasına neden olacak ve zemin özelliklerine bağlı olarak belirli kalınlıkta alt temel tabakası gerektirirler.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

İzlenen Yol



LL ve PI değerlerini kullanarak siltli malzemeler killi malzemelerden ayrılır (Sadece A2 grubu için)

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

Örnek

#10 elekten geçen: % 90; #40 elekten geçen: % 80; #200 elekten geçen: %60

wL = 37, wP = 18

ELENİR

Bu zeminlerden biri

Genel Sınıflandırma		Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen ≤%35)							Silt-Kil Zeminler (No.200 Elekten Geçen > %35)			
		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7*
Zemin Grupları		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Dane Çapı dağılım Özellikleri	No. 10 Elekten Geçen (%)	≤50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No. 40 Elekten Geçen (%)	≤30	≤50	>50	-	-	-	-	-	-	-	-
	No. 200 Elekten Geçen (%)	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	>35	>35	>35
Plastisite Özellikleri	Likit Limit (%)	-	-	-	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40
	Plastisite İndisi (%)	≤6	≤6	N.P	≤10	≤10	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10
Grubu Oluşturan Başlıca Zeminler		Taş parçaları çakıl ve kum		İnce kum	Siltli veya Killi çakıllar ve kumlar				Siltli Zeminler		Killi Zeminler	
Yol Altyapısı olarak Değerlendirilmesi		Çok iyi- İyi							Orta-Kötü			

* A-7-5 için $I_p \leq (w_L - 30)$ ve A-7-6 için $I_p > (w_L - 30)$

A-1, A-2 ve A-3 olamaz

Önce soldan sağa sonrada yukarıdan aşağıya OLAMAZLARI BELİRLE

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

Örnek

#10 elekten geçen: % 90; #40 elekten geçen: % 80; #200 elekten geçen: %60

wL = 37, wP = 18

 # 200 nolu elek nedeniyle elenmişti

Bu zeminlerden biri

Genel Sınıflandırma		Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen ≤%35)							Silt-Kil Zeminler (No.200 Elekten Geçen > %35)			
		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7*
Zemin Grupları		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Dane Çapı dağılım Özellikleri	No. 10 Elekten Geçen (%)	≤50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No. 40 Elekten Geçen (%)	≤30	≤50	>50	-	-	-	-	-	-	-	-
	No. 200 Elekten Geçen (%)	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	>35	>35	>35
Plastisite Özellikleri	Likit Limit (%)	-	-	-	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40
	Plastisite İndisi (%)	≤6	≤6	N.P	≤10	≤10	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10
Grubu Oluşturan Başlıca Zeminler		Taş parçaları çakıl ve kum		İnce kum	Siltli veya Killi çakıllar ve kumlar				Siltli Zeminler		Killi Zeminler	
Yol Altyapısı olarak Değerlendirilmesi		Çok iyi- İyi							Orta-Kötü			

 # 10 nolu elek işe yaramadı

 # 40 nolu elek işe yaramadı

 # 200 nolu elek işe yaramadı

elendi ***elendi*** ***elendi***

* A-7-5 için $I_p \leq (w_L - 30)$ ve A-7-6 için $I_p > (w_L - 30)$

A-4, A-5 ve A-7 olamaz

Önce soldan sağa sonrada yukarıdan aşağıya OLAMAZLARI BELİRLE

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

Örnek

#10 elekten geçen: % 41; #40 elekten geçen: % 29; #200 elekten geçen: %21

wL = 39, IP = 19

Bu zeminlerden biri ***ELENİR***

Genel Sınıflandırma		Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen ≤%35)							Silt-Kil Zeminler (No.200 Elekten Geçen > %35)			
		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7*
Zemin Grupları		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Dane Çapı dağılım Özellikleri	No. 10 Elekten Geçen (%)	≤50	-	-	***Olabilir***				-	-	-	-
	No. 40 Elekten Geçen (%)	≤30	≤50	>50	-	-	-	-	-	-	-	-
	No. 200 Elekten Geçen (%)	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	>35	>35	>35
Plastisite Özellikleri	Likit Limit (%)	-	-	-	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40
	Plastisite İndisi (%)	≤6	≤6	N.P	≤10	≤10	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10
Grubu Oluşturan Başlıca Zeminler		Taş parçaları çakıl ve kum		İnce kum	Siltli veya Killi çakıllar ve kumlar				Siltli Zeminler		Killi Zeminler	
Yol Altyapısı olarak Değerlendirilmesi		Çok iyi- İyi							Orta-Kötü			

elendi ***elendi*** ***elendi*** ***elendi*** ***elendi*** ***elendi***

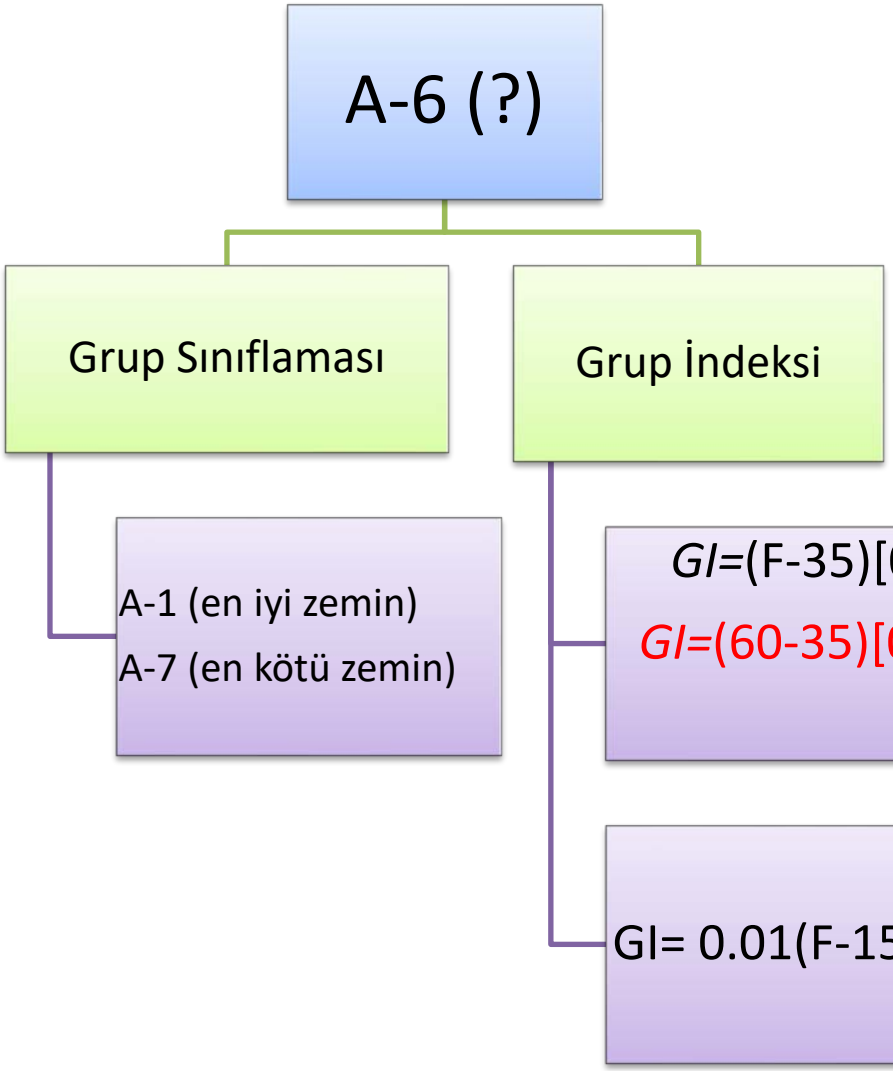
 # 40 nolu elek işe yaramadı

 # 200 nolu elek işe yaramadı

* A-7-5 için $I_p \leq (w_L - 30)$ ve A-7-6 için $I_p > (w_L - 30)$

Önce soldan sağa sonrada yukarıdan aşağıya OLAMAZLARI BELİRLE

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASHTO SINIFLANDIRMA SİSTEMİ



Örnek

wL = 37, wP = 18
#10 elekten geçen: % 90;
#40 elekten geçen: % 80;
#200 elekten geçen: %60

A-6 (8)

Not: Grup indisi tam rakama yuvarlanmalıdır. Eğer GI sıfırdan küçük olarak hesaplanırsa sıfır olarak alınır. ***Yüksek GI değeri daha az uygun malzemeyi işaret eder.***

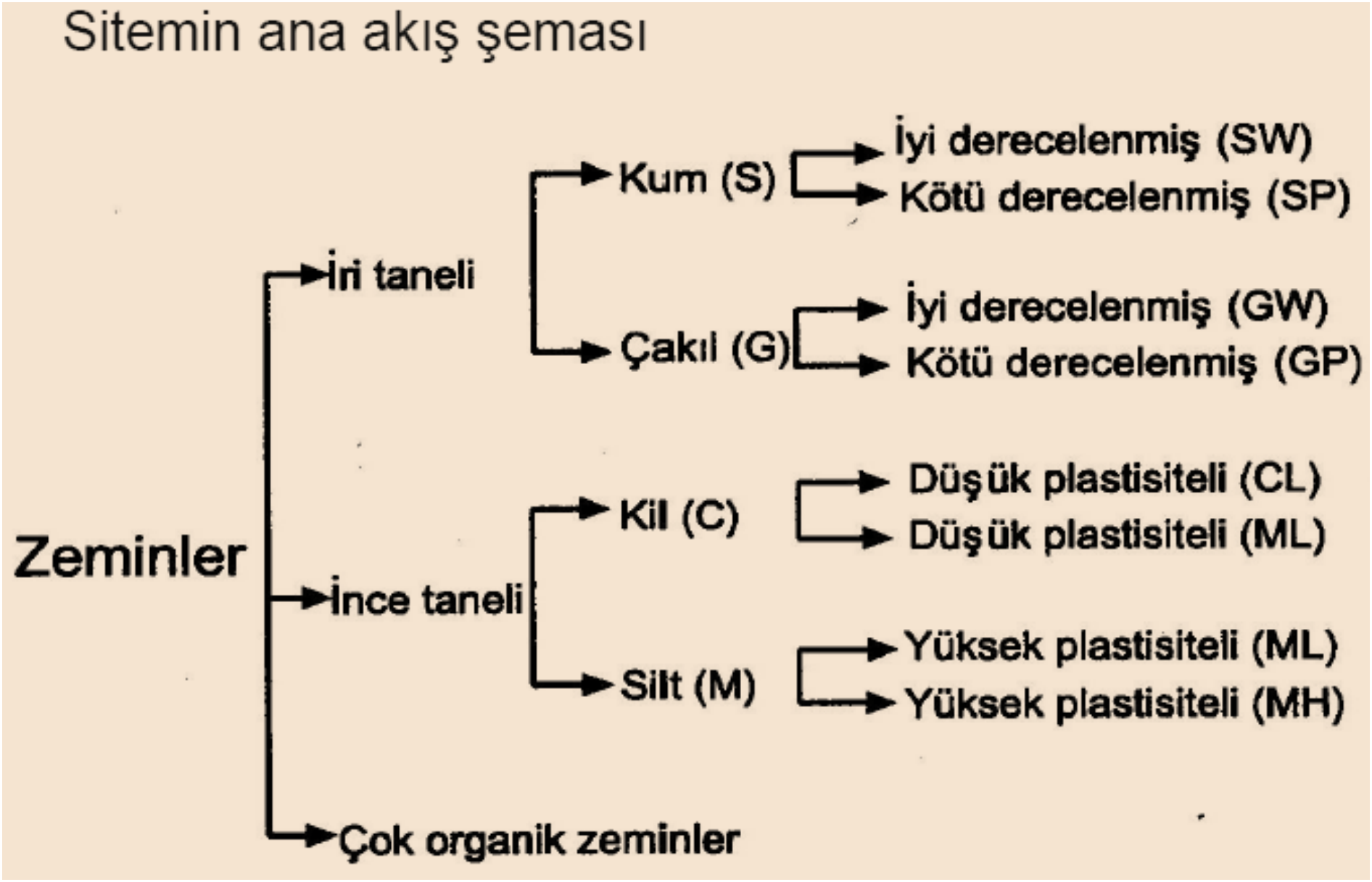
ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

En yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Her ülke (İngiltere, Hindistan, Türkiye vb.) bu sınıflandırmada bazı küçük değişiklikler yaparak kendi ulusal sınıflandırma sitemini oluşturmuştur.

Bu sistemde, bazı semboller (simge, harf) kullanılmaktadır. Sınıflandırma iki harfli gruplardan oluşur.

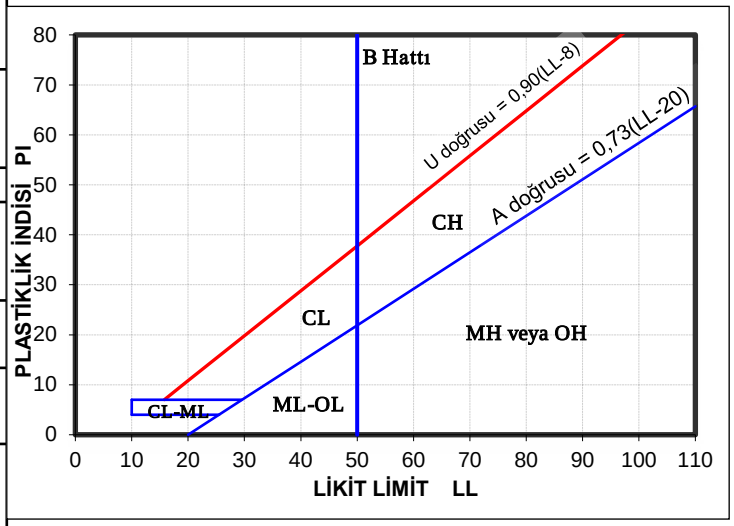
Birinci Harf	**İkinci Harf**
G: Çakıl	W: İyi derecelenmiş
S: Kum	P: Kötü derecelenmiş
M: Silt	M: Plastik olmayan, ince tane bileşenli
C: Kil	C: Plastik, ince taneli
0: Organik zemin	L: Düşük plastisiteli (LL<50) veya düşük orta sıkışabilirlik
Pt: Peat/Turba	H: Yüksek plastisiteli (LL>50) veya yüksek sıkışabilirlik

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ



ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

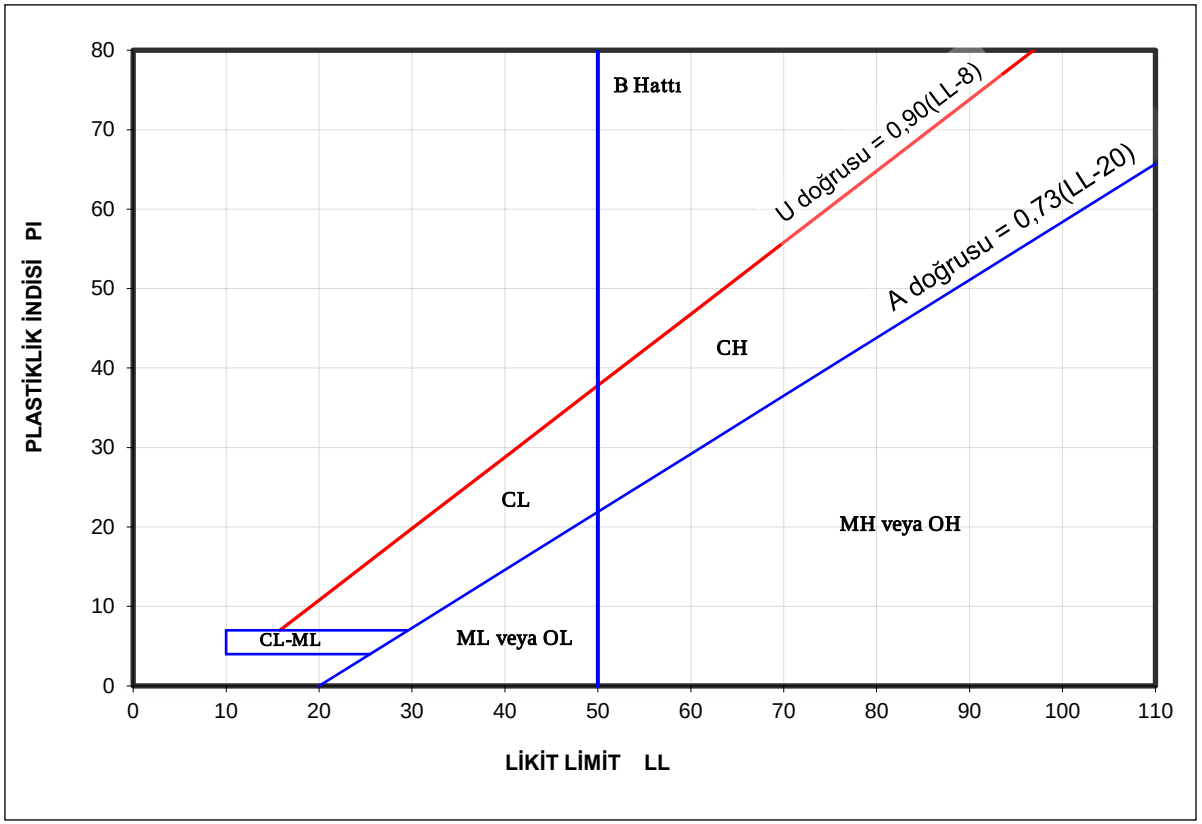
Ana Bölümler			Grup Simgeleri	Tipik Adlama	Laboratuar Sınıflama Ölçütleri		
İri Taneli Zeminler	ÇAKILLAR (İri Taneli malzemenin yarıdan fazlası 4 nolu elek açıklığından daha büyük)	Salt Çakıl (Temiz Çakıl, ince az yada yok)	GW	İyi derecelenmiş çakıl, çakıl kum karışımı, ince malzeme çok az ya da hiç yok	Tane boyu eğrisinden kum ve çakıl yüzdelerini belirleyiniz. İnce malzeme (<200 no'lu elek açıklığı) yüzdesine dayanarak iri taneli zeminler aşağıdaki gibi sınıflandırılır. % 5'den az ise GW, GP, SW, SP. %12'den fazla ise GW, GC, SW, SC. %5-12 arası ise sınır zonunda malzeme.İki simge birlikte kullanılacaktır.	$Cu=\frac{D_{60}}{D_{10}}>4$ ve $Cg=\frac{D_{30}^2}{D_{60}*D_{10}}$ 1 ve 3 arasında	
			GP	Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl kum karışımı, ince malzeme çok az ya da hiç yok		GW için gerekli olan derecelenme/granülometri koşullarının hiçbirini karşılamaz.	
		İnce Malzemeli Çakıl	GM	Siltli Çakıl, Çakıl-Kum-Silt Karışımı		Atterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PI < 4	"A" çizgisinin üstünde ve PI 4 ile 7 arasında sınır zonunu oluştur. Her iki simge (GM ve GC) birlikte kullanılır.
			GC	Killi Çakıl, Çakıl-kum-silt karışımı		Atterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PI > 7	
#4							
	KUMLAR (İri Taneli malzemenin yarıdan fazlası 4 nolu elek açıklığından daha küçük)	Salt Kum (Temiz Kum, ince az yada yok)	SW	İyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az ya da hiç yok		$Cu=\frac{D_{60}}{D_{10}}>6$ ve $Cg=\frac{D_{30}^2}{D_{60}*D_{10}}$ 1 ve 3 arasında	
			SP	Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az ya da hiç yok		SW için gerekli olan derecelenme/granülometri koşullarının hiçbirini karşılamaz.	
		İnce Malzemeli Kum	SM	Siltli Kum, Kum-Silt karışımı		Atterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PI < 4	Taralı zon içinde ve PI 4 ile 7 arasında sınır zon oluşturur.
#200			SC	Killi Kum, kum-Kil karışımı		Atterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PI > 7	
İnce Taneli Zeminler	SILTLER VE KILLER (Likit Limit 50'nin altında)		ML	İnorganik silt ve çok ince kum, kayaç unu, siltli veya killi ince kum veya plastisitesi düşük killi silt			
			CL	Plastisitesi düşük veya orta inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, zayıf kil			
			OL	Organik Silt ve plastisitesi düşük organik siltli kil			
	SİLTLER VE KİLLER (Likit Limit 50'nin üstünde)		MH	İnorganik silt, mikalı veya diyotemelli, ince kumlu veya siltli toprak, elastik silt			
			CH	Plastisitesi yüksek inorganik kil, şişen kil			
			OH	Plastisitesi orta veya yüksek organik kil, organik silt			
	Organik Zeminler		Pt	Turba ve oldukça organik diğer zeminler			



ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

Labaratuvar koşullarına göre grup ismi verilmesi				Zemin sınıflandırılması	
				Grup Sembolü	Grup İsmi
İRİ TANELİ ZEMİNLER Malzeminin %50'sinden fazlası 200 Nolu elek çapından büyüktür.	ÇAKILLAR	TEMİZ ÇAKILLAR %5'den az ince	$Cu=(D_{60}/D_{10}) > 4$ ve $Cg=(D_{30})^2/(D_{60}/D_{10})$ 1 ve 3 arasında	GW	İyi Derecelenmiş Çakıl
	İri malzemenin %50'den fazlası 4 Nolu elekten büyüktür.		GW için gerekli olan derecelenme/granülometri koşullarının hiçbirini karşılamaz.	GP	Kötü Derecelenmiş Çakıl
		İNCE MALZEMELİ ÇAKILLAR %12'den fazla inceler	ML MH	GM	Killi Çakıl
			CL CH	GC	Siltli Çakıl
	KUMLAR	TEMİZ KUMLAR %5'den az ince	$Cu=(D_{60}/D_{10}) > 6$ ve $Cg=(D_{30})^2/(D_{60}/D_{10})$ 1 ve 3 arasında	SW	İyi derecelenmiş kum
	İri malzemenin %50'den fazlası 4 Nolu elekten küçüktür.		GW için gerekli olan derecelenme/granülometri koşullarının hiçbirini karşılamaz	SP	Kötü derecelenmiş kum
		İNCE MALZEMELİ KUMLAR %12'den fazla inceler	İncelere göre ML veya MH	SM	Siltli Kum
			İncelere göre CL veya CH	SC	Killi Kum
İNCE TANELİ ZEMİNLER Malzeminin %50'sinden fazlası 200 Nolu elek çapından küçüktür.	SİLTLER VE KİLLER	İnorganik	PI>7 ve A hattının üzerindedir	CL	Temiz Kil
	Limit limit 50'den küçüktür		PI<7 ve A hattının altında	ML	Temiz Silt
		Organik	$LL_{fırında\ kurultulmuş}/LL_{doğal}<0.75$	OL	Organik Kil / Organik Silt
	SİLTLER VE KİLLER	İnorganik	PI>7 ve A hattının üzerindedir	CH	Yağlı kil
	Limit limit 50'den büyüktür		PI<7 ve A hattının altında	MH	Elastik Silt
		Organik	$LL_{fırında\ kurultulmuş}/LL_{doğal}<0.75$	OH	Organik Kil / Organik Silt
Aşırı organik Zeminler		Organik madde içeren koyu renkli organik kokulu		Pt	Turba

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ



A hattı

Genellikle killi zeminleri siltli zeminlerden ve organik zeminleri inorganik zeminlerden ayırır.

U Hattı genel olarak zeminler için üst sınırı oluşturur.

Not:

Eğer zemin için elde edilen değerler U hattının sol tarafında kalıyorsa veriler kontrol edilmeli.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

İncele! 200'den geçen zemin yüzdesi < %50 mi? Cevabın Evet ise zemin iri tanelidir.

200 nolu elekten geçen zemin yüzdesi < %5 mi?

Zemin GW, GP, SW, SP dan birisidir.

Zemin sadece derecelenmesine göre sınıflandırılır.

İNCE TANELER SINIFI VE DAVRANIŞI ETKİLEMEYECEK KADAR AZDIR.

200 nolu elekten geçen zemin yüzdesi > %12 mi?

Zemin GC, GM, SP, SM den birisidir.

C-M ayrımı için Plastisite Kartı'na bakılır.

İNCE TANELER SINIFI VE DAVRANIŞI ETKİLEYECEK KADAR ÇOKTUR.

200 nolu elekten geçen zemin yüzdesi %5 - %12 mi?

iki sembol ile gösterilir. Zemin GW-GC, GW-GM, GP-GC, GP-GM, SW-SC, SW-SM, SP-SC, SP-SM den birisidir.

Hem elek analizi sonuçları, hem de Plastisite Kartı Kullanılır.

HEM TANE ÇAPI DAĞILIMI HEM DE İNCE DANELER SINIFI VE DAVRANIŞI ETKİLEMEKTEDİR.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

Aşağıdaki üç durumda çift sembol kullanılmalıdır ***(W ve P ayrımı için Cu ve Cc hesapla)***.

200 No'lu elek altına geçen miktarı 5% - 12% olan kaba daneli zeminler.

%7 civarında ince dane kaba daneli zeminlerin hidrolik iletkenliğini değiştirebilmektedir.
İlk Sembol zeminin iyi mi kötü mü derecelendiğini, ikinci sembol ise ince dane içeriğini belirtmektedir. Mesela: SP-SM, Kötü derecelenmiş siltli kum olarak tanımlanmıştır.

Ara bölgede kalan ince daneli zeminler (Plastisite indisleri 4 ve 7 arasında ve Likit Limit değerleri 12 ve 25 arasında olan zeminler).

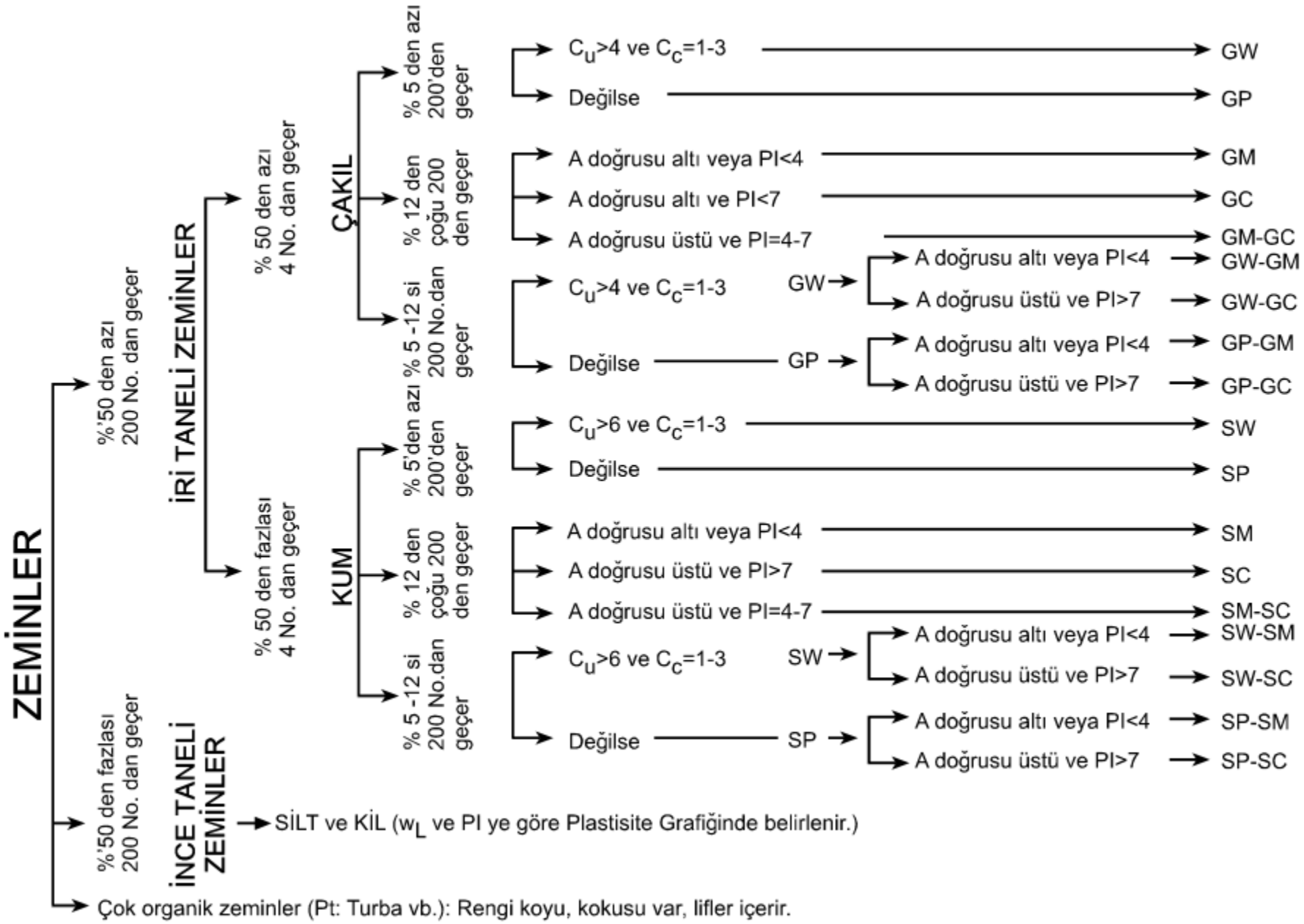
Siltli ve daha çok kile benzeyen malzemeleri ayırmak zordur.
CL-ML: Siltli kil, SC-SM: Siltli, Killi kum.

Benzer şekilde ince ve kaba daneler içeren zeminler.

Mümkün çift semboller GM-ML

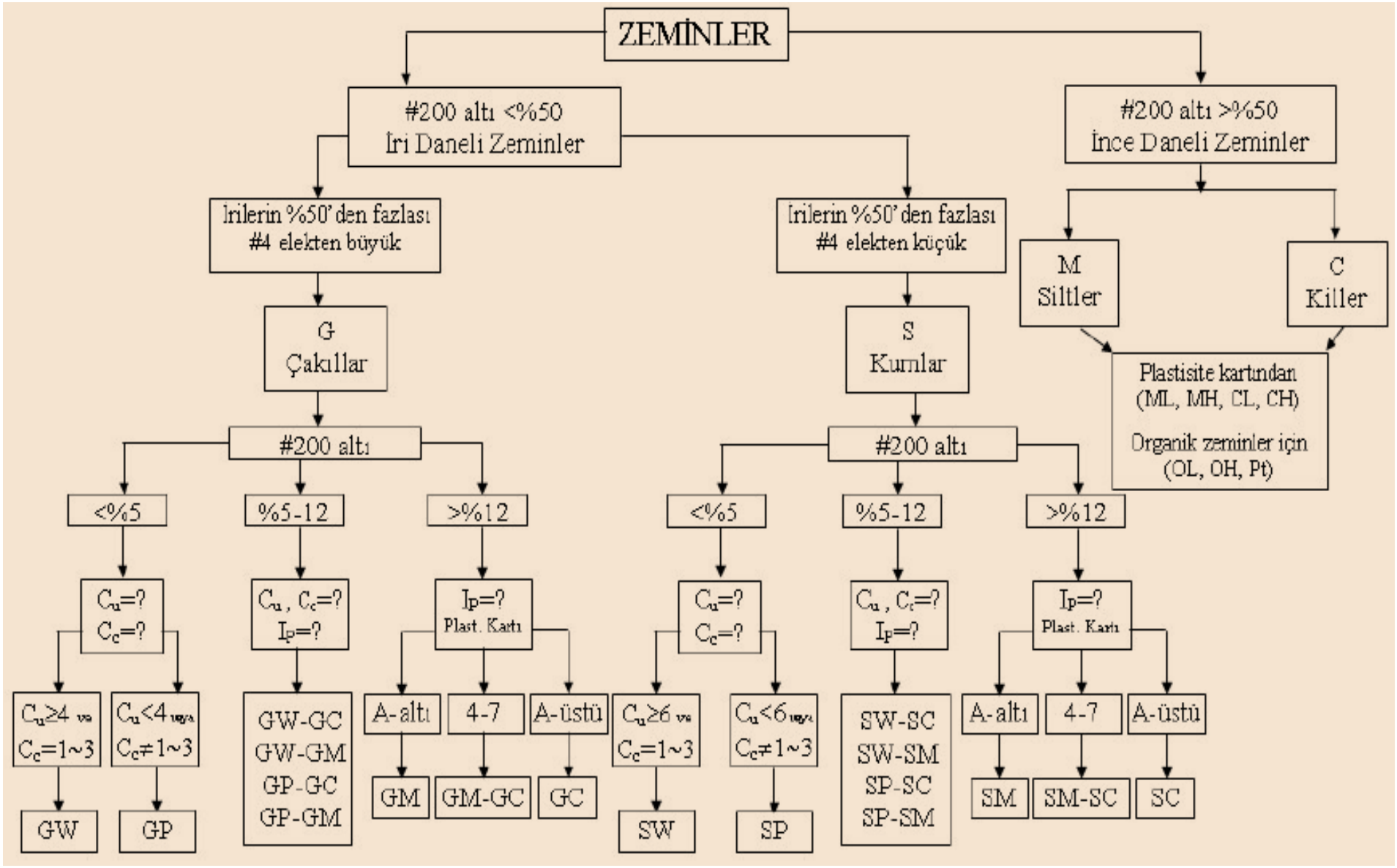
ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

UCSC Akış Şeması



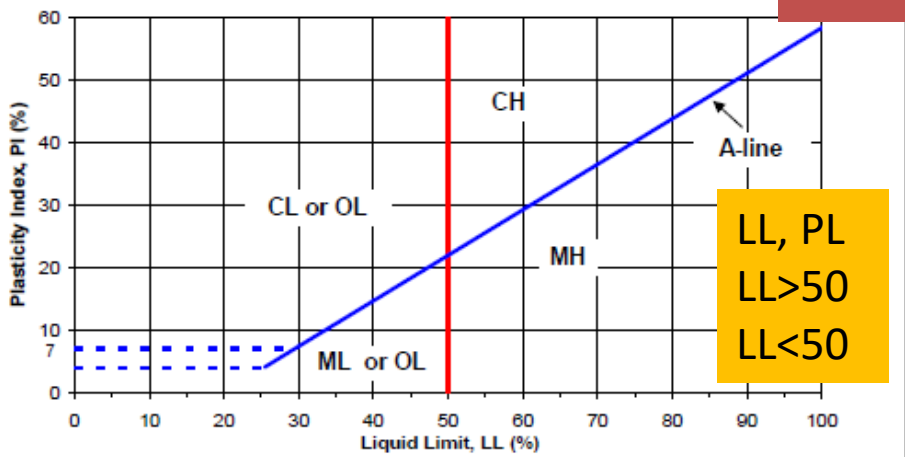
ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

UCSC Akış Şeması



ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM (USCS)

MAJOR DIVISION			GROUP SYMBOLS	TYPICAL NAMES	CLASSIFICATION CRITERIA		
COARSE-GRAINED SOILS More than 50% retained on no. 200 Sieve (75mm sieve)	GRAVELS 50% or more of the coarse fraction retained on no. 4 sieve (4.75 mm)	Clean Gravels	GW	Well-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines	Classification on basis of percentage of fines Less than 5% passes No. 200 sieve GW, GP, SW, SP More than 12% pass no. 200 sieve GM, GC, SM, SC 5% to 12% pass no. 200 sieve Borderline classification requiring use of dual symbols	C_u greater than 4 C_z between 1 and 3	
			GP	Poorly-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines		Not meeting both criteria for GW	
		Gravels with Fines	GM	Silty gravels, gravel-sand -silt mixtures		Atterberg limits plot below "A" line or Plasticity index less than 4	Atterberg limits plotting in h area are borderline classifica requiring use of dual symbol
			GC	Clayey gravels, gravels-sand-clay mixtures		Atterberg limits plot above "A" line and Plasticity index greater than 7	
	SANDS More than 50% of the coarse fraction passes no. 4 sieve (4.75 mm)	Clean Sands	SW	Well-graded sands and gravelly sands, little or no fines		C_u greater than 4 C_z between 1 and 3	
			SP	Poorly-graded sands and gravelly sands, little or no fines		Not meeting both criteria for SW	
		Sands with Fines	SM	Silty sands, sand-silt mixtures		Atterberg limits plot below "A" line or Plasticity index less than 4	Atterberg limits plotting in hatched area are borderline classifications requiring use of dual symbols
			SC	Clayey sands, sand-clay mixtures		Atterberg limits plot above "A" line and Plasticity index greater than 7	
FINE-GRAINED SOILS 50% or more passes no. 200 Sieve (75mm sieve)	SILTS AND CLAYS Liquid limit 50% or less		ML	Inorganic silts, very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands.		
			CL	Inorganics clays of low to medium plasticity,gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays.			
			OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity			
	SILTS AND CLAYS Liquid limit greater than 50%		MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sands or silts, elastic silts			
			CH	Inrorganic clays of high plasticity, fat clays			
			OH	Organic clays of medium to high plasticity			
Highly organic soils			PT	Peat, muck, and other highly organic soils	Visual-Manual Identification, see ASTM Designation D 2488		

#4
C_u
C_c

PL,
LL

#4

#200

LL, PL
LL>50
LL<50

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

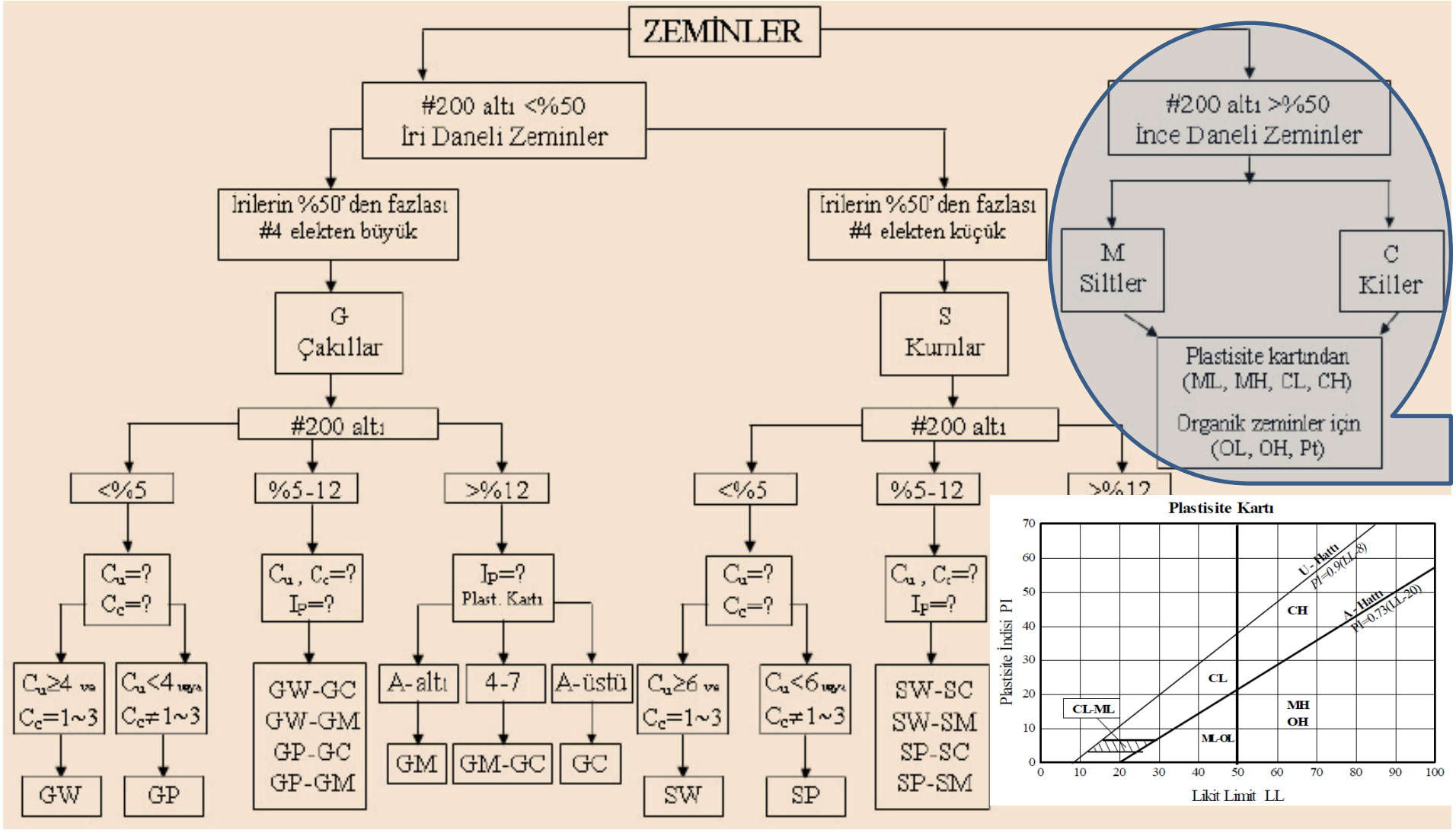
Zemin Sınıfı	Kuru birim hacim ağırlık (kN/m^3)	Optimum su muhtevası, %	ϕ'	k (cm/s)
GW	19.6-21.2	8-11	>38	0.03
GP	18.1-19.6	11-14	>37	0.05
GC	18.1-20.4	9-14	>31	$>5*10^{-8}$
ML	14.9-18.9	12-24	32	$>5*10^{-6}$
CH	11.8-16.5	19-36	19	$>5*10^{-8}$
SP	15.7-18.9	12-21	37	$>5*10^{-4}$
OH	10.2-15.7	21-45		

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

ÖRNEK

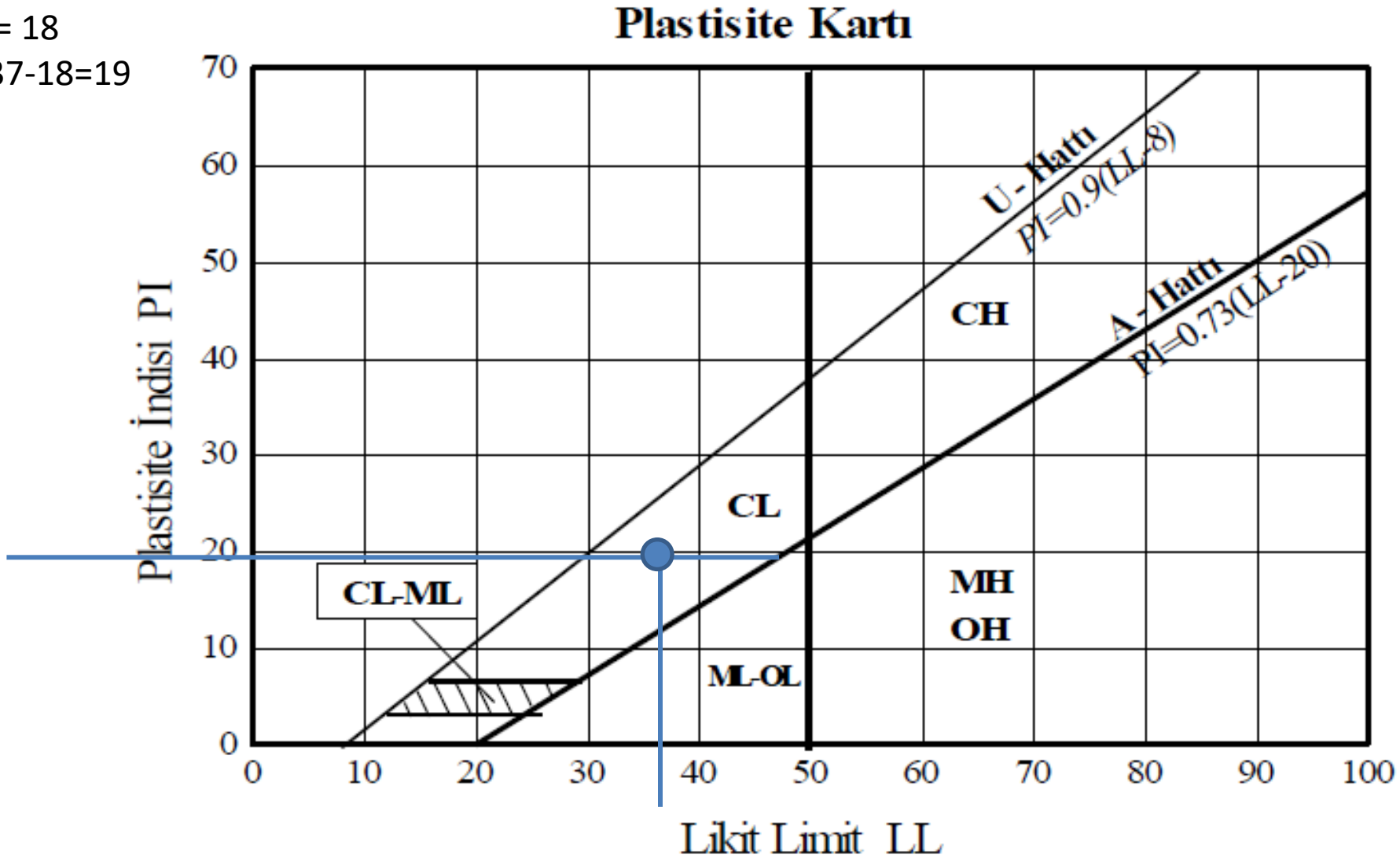
wL = 37, wP = 18

#10 elekten geçen: % 90; #40 elekten geçen: % 80; #200 elekten geçen: %60



ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

wL = 37
wP = 18
IP=37-18=19



USCS ye göre CL

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/USCS SINIFLANDIRMA SİSTEMİ

ÖRNEK # 200 = %30 LL = 33
#4 = %70 PL = 12

SC %200 elek altı karar verdirdi

ANA GRUPLAR (75 mm'den iri malzeme hariç tutulmuştur.)			Grup sembolü	Tipik isimler
İRİ TANELİ ZEMİNLER (Malzemenin % 50'nden çoğu, 200 No'lu elekten geçmez.)	ÇAKIL (Malzemenin % 50'nden çoğu, 4 No'lu elekten geçmez.)	Temiz çakıl (İnce az veya yok.)	GW	İyi derecelenmiş çakıllar, kumlu çakıllar (İncesi az veya hiç yok)
			GP	Kötü derecelenmiş çakıllar, kumlu çakıllar (İncesi az veya hiç yok)
		Çakıl (Oldukça incesi var.)	GM	Siltli çakıllar, killi kumlu çakıllar
			GC	Killi çakıllar, killi kumlu çakıllar
	KUM (Malzemenin % 50'nden çoğu, 4 No'lu elekten geçer.)	Temiz kum (İnce az veya yok.)	SW	İyi derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar (İncesi az veya hiç yok)
			SP	Kötü derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar (İncesi az veya hiç yok)
		Kum (Oldukça incesi var.)	SM	Siltli kumlar
			SC	Killi kumlar
İNCE TANELİ ZEMİNLER (Malzemenin % 50'nden çoğu, 200 No'lu elekten geçer.)	SİLTLER ve KİLLER (Likit Limit < 50)	Plastisite grafiği kullanılır.	ML	İnorganik siltler, inorganik siltli veya killi ince kumlar (Düşük plastisiteli)
			CL	İnorganik killer, inorganik siltli killer (Düşük plastisiteli)
			OL	Organik siltler ve organik siltli killer (Düşük plastisiteli)
	SİLTLER ve KİLLER (Likit Limit > 50)	Plastisite grafiği kullanılır.	MH	İnorganik siltler (Yüksek plastisiteli)
			CH	İnorganik killer (Yüksek plastisiteli)
			OH	Organik killer (Yüksek plastisiteli)
Çok organik zeminler			Pt	Turba veya diğer çok organik zeminler (Koyu renkli, kokulu, lifler içerir.)

C_u
C_c
PL
LL

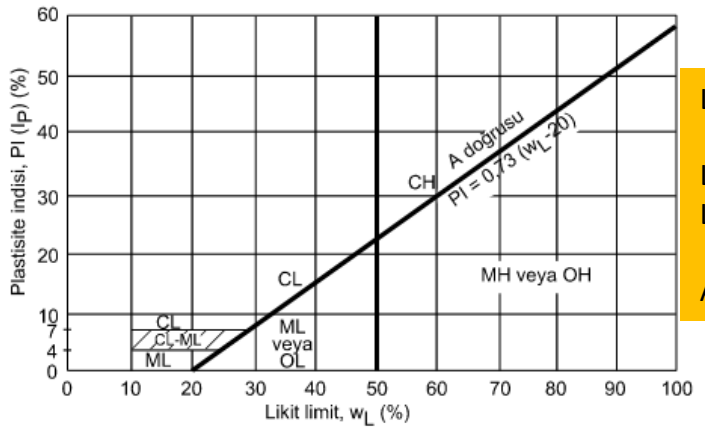
#4

#200

Laboratuvar sınıflandırma ölçütleri

Granülometri eğrisinden çakıl ve kum yüzdeleri bulunur. 200 No'dan geçen ince malzeme yüzdesine göre iri taneli zeminler şöyle sınıflandırılır:
% 5'den az: **GW, GP, SW, SP**
% 12'den fazla: **GM, GC, SM, SC**
% 5-12 arası sınır durumlar: İki sembol kullanılır.

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ ve $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} = 1 \sim 3$		GW
GW'nin granülometri şartlarını karşılamayanlar		GP
Atterberg limitleri A hattının altında veya $I_p < 4$	A hattının üstünde ve $I_p = 4 \sim 7$ ise sınırdadır. Her iki sembol beraber kullanılır.	GM
Atterberg limitleri A hattının üstünde ve $I_p > 7$		GC
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ ve $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} = 1 \sim 3$		SW
SW'nin granülometri şartlarını karşılamayanlar		SP
Atterberg limitleri A hattının altında veya $I_p < 4$	A hattının üstünde ve $I_p = 4 \sim 7$ ise sınır halidir. İki sembol beraber Kullanılır.	SM
Atterberg limitleri A hattının üstünde veya $I_p > 7$		SC



LL, PL

LL>50
LL<50

ABAK

%5-%12 çift sembol kullanılmalıdır tekrar ***Cu ve Cc hesaplanarak W ve P ayrımı yapılır.***

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASTHO ve USCS Benzer Gruplar

Tablo 3.7 AASHTO ve USCS sistemlerinde karşılaştırılabilir zemin grupları*

Birleşik Sistemdeki Zemin Grubu	AASHTO Sistemindeki Kıyaslanabilir Zemin Grupları		
	En Muhtemel	Mümkün	Mümkün Fakat İhtimal Dışı
GW	A-1-a	–	A-2-4, A-2-5 A-2-6, A-2-7
GP	A-1-a	A-1-b	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
GM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7	A-2-6	A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
GC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6	A-4, A-7-6, A-7-5
SW	A-1-b	A-1-a	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SP	A-3, A-1-b	A-1-a	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7	A-2-6, A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6, A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-5	A-6, A-7-5	–
CL	A-6, A-7-6	A-4	–
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6	–
MH	A-7-5, A-5	–	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	–
OH	A-7-5, A-5	–	A-7-6
Pt	–	–	–

* Liu (1970)'dan.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/AASTHO ve USCS Benzer Gruplar

AASHTO Zemin Gurubu	Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırmasında Olası Karşılığı	USCS Zemin Grubu	Karayolları Sınıflamasında Olası Karşılığı
A-1-a	GW, GP, SW, GM, SP	GW	A-1-a
A-1-b	SW, SP, SM, GM, GP, GC	GP	A-1-a, A-1-b
A-3	SP	GM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7, A-2-6
A-2-4	GM, SM	GC	A-2-6, A-2-7, A-2-4, A-6
A-2-5	GM, SM	SW	A-1-b, A-1-a
A-2-6	GC, SC	SP	A-3, A-1-b, A-1-a
A-2-7	GM, GC, SM, SC	SM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7
A-4	ML, OL, CL, SM, SC	SC	A-2-6, A-2-7, A-2-4, A-6, A-4, A-7-6
A-5	OH, MH, ML, OL	ML	A-4, A-5
A-6	CL, ML, OL, SC	CL	A-6, A-7-6
A-7	CL, ML, CH, MH	OL	A-4, A-5
A-7-5	OH, MH, ML, OL, CH	MH	A-7-5, A-5
A-7-6	CH, CL, ML, OL, SC	CH	A-7-6, A-7-5
A-8	PT (Turba ve gübre veya organik)	OH	A-7-5, A-5

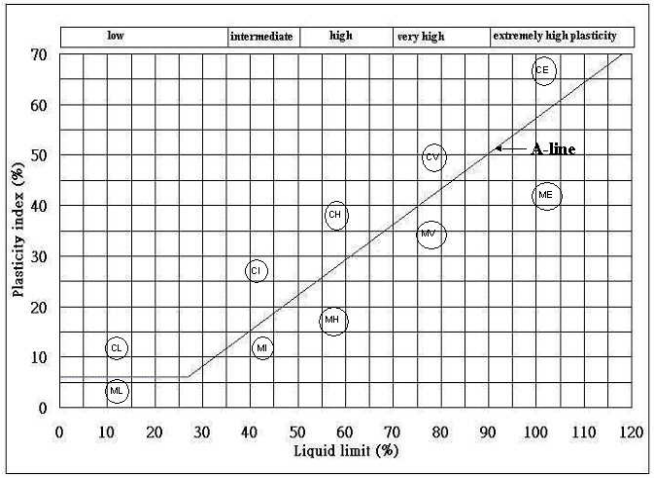
Karayolları Sınıflandırması ve Birleşik Zemin Sınıflandırmasının Karşılaştırılması (Tunç, 2001)

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/İNGİLİZ ZEMİN SINIFLAMASI (BS 5930)

Zemin Grupları			Altgruplar ve Laboratuvar Tanımlamaları				
ÇAKIL ve KUM, Kumlu ÇAKIL ve Çakıllı KUM olarak sınıflandırılabilir (Not.1)			Grup Simgesi	Alt Grup Simgesi	İnce dane % si (< 0.06 mm)	Likit limit (%)	İsim
İRİ DANELİ ZEMİNLER ince daneli malzeme (< 0.06 mm) % 35 den daha az	ÇAKILLAR çakıl boyutu (> 2.0 mm) iri malzemenin % 50 sinden fazla	Az silti veya az killi ÇAKIL	G	GW	0-5		İyi derecelenmiş ÇAKIL
				GP			Kötü derecelenmiş / Üniform / Aralıklı derecelenmiş ÇAKIL
		Silti Çakıl	G-F	G-M	GWM GPM	5-15	İyi / kötü derecelenmiş silti ÇAKIL
		Killi Çakıl		G-C	GWC GPC		İyi / kötü derecelenmiş killi ÇAKIL
		Çok silti Çakıl	GF	GM	GML ve benzeri	15-35	Çok silti ÇAKIL; GC gibi altgruplara ayrılır
		Çok killi Çakıl		GC	GCL GCI GCH GCV GCE		Çok killi ÇAKIL (kil düşük orta yüksek çok yüksek son derece yüksek plastisiteli)
	KUMLAR kum boyutu (< 2.0 mm) iri malzemenin % 50 sinden fazla	Az silti veya az killi KUM	S	SW	SW	0-5	İyi derecelenmiş KUM
				SP	SPu , SPg		Kötü derecelenmiş / Üniform / Aralıklı derecelenmiş KUM
		Silti KUM	S-F	S-M	SWM SPM	5-15	İyi / kötü derecelenmiş silti KUM
		Killi KUM		S-C	SWC SPC		İyi / kötü derecelenmiş killi KUM
		Çok silti KUM	SF	SM	SML ve benzeri	15-35	Çok silti KUM; SC gibi altgruplara ayrılır
		Çok killi KUM		SC	SCL SCI SCH SCV SCE		Çok killi KUM (kil düşük orta yüksek çok yüksek son derece yüksek plastisiteli)
İNCE DANELİ ZEMİNLER ince daneli malzeme (< 0.06 mm) % 35 den daha fazla	SİLT VE KİL % 35-65 (Not.2)	Çakıllı SİLT	FG	MG	MLG ve benzeri	35-65	Çakıllı SİLT; CG gibi altgruplara ayrılır
		Çakıllı KİL		CG	CLG CIG CHG CVG CEG		Çakıllı KİL, düşük orta yüksek çok yüksek son derece yüksek plastisiteli
		Kumlu SİLT	FS	MS	MLS ve benzeri	35-65	Kumlu SİLT; CG gibi altgruplara ayrılır
		Kumlu KİL		CS	CLS ve benzeri		Kumlu KİL; CG gibi altgruplara ayrılır
	SİLT VE KİL % 65-100	SİLT	F	M	ML ve benzeri	65-100	SİLT; C gibi altgruplara ayrılır
		KİL		C	CL CI CH CV CE		KİL, düşük orta yüksek çok yüksek son derece yüksek plastisiteli
ORGANİK ZEMİNLER		O herhangi bir grup veya altgrup sembolüne ilave edilir.			Organik maddenin önemli miktarda var olduğu kuşkulanıldığında; Örnek MHO : Organik SİLT yüksek plastisiteli		
TURBA		Pt Turba zeminler hakim olarak lifi ya da şekilsiz bitki kalıntıları içerirler.					

Not.1 : ÇAKIL, % 20 den fazla kum içerirse "çok kumlu", % 5-20 kum içerirse "kumlu", % 5 den az kum içerir ise "az kumlu" olarak ayrılabilir. Aynı şekilde KUM'da "çok çakıllı", "çakıllı" ve "az çakıllı" olarak sınıflandırılabilir.

Not.2 : İri daneli malzemenin % 50 den fazlası çakıl boyutu (> 2.0 mm) ise "çakıllı", % 50 den fazlası kum boyutu (0.06-2.0 mm) ise "kumlu" olarak adlandırılır.

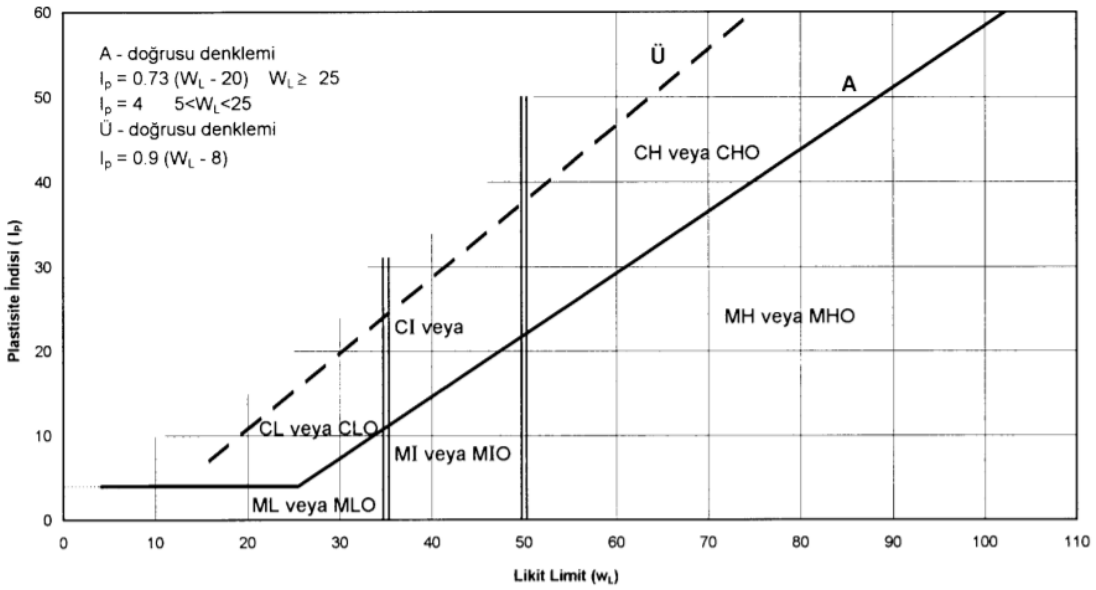


İngiliz standartında zeminler önce iri ve ince olmak üzere ikiye ayrılırlar. ***Kil-silt ile kum sınırı olan 0,060 mm*** elekten geçen % 35'den az ise iri % 35'den fazla ise ince taneli zemin olarak adlandırılır. İri malzemenin % 50 sinden fazlası çakıl ise zemin G kum ise S ile simgelendirilir. 0.060 mm elekten geçen malzeme % 35 den fazla ise İlk simge kil için C silt için M harfi kullanılır.

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/TÜRK STADANDARDINDA ZEMİN SINIFLAMASI (TS 1500)

TS zemin sınıflandırma sistemi, 1987 ve son olarak 2000'de gözden geçirilmiştir. Türk standartları Zemin Sınıflandırması (TS 1500) Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırması ve İngiliz Standartı zemin sınıflandırmasına benzerdir. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırması ile arasındaki en önemli fark UCSS'de 4,75 mm (#4 elek) kabul edilen **kum-çakıl sınırı TS 1500'de İngiliz, Alman ve AASHTO**' nunda kabul ettiği ve kılcallık kuvvetlerinin etkinlik sınırı olan **2,00 mm**'dir. Böylece *bazı zeminler USCS' de kum adını alırken Türk Standartlarında çakıl tanımlanmaktadır. Diğer bir farklılık ise plastisite özelliğinin simgelenmesidir.* Özellikle 1999 Marmara depreminde NP siltler de görülen sıvılaşma olayları ince taneli zeminlerin düşük orta ve yüksek plastisiteli olarak ayrılmasının daha gerçekçi olacağını göstermiştir.

		BS 5930	ASTM 2487	TS 1500 / 2000
BLOK TAŞ		200	300	200
		60	75	60
	iri	20	19	20
ÇAKIL	orta	6	--	6
	ince	2	4.75	2
	kaba	0.6	2.00	0.6
KUM	orta	0.2	0.425	0.2
	ince	0.060	0.075	0.075
	kaba	0.020		-
SİLT	orta	0.006		-
	ince	0.002		-
KİL		<0.002	<0.075	<0.002



ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/TÜRK STADANDARDINDA ZEMİN SINIFLAMASI (TS 1500)

				SINIFI	
				SİMGE	GRUP ADI [B]
İRİ DANELİ ZEMİNLER (% 50'den Fazlası 75 μm 75 μm'den büyük)	ÇAKILLAR Kaba Danelerin % 50'den Fazlası	Temiz Çakıllar (% 5'ten az ince içeriyor)	$C_u \geq 4$ ve $1 \leq C_r \leq 3$	GW	Düzgün dane dağılımlı çakıl[C]
			$C_u < 4$ ve/veya $1 > C_r > 3$	GP	Üniform çakıl[C]
		Kirli Çakıllar (İncesi % 5'ten fazla)[A]	İnceleri ML, MI veya MH	GM	Siltli çakıl[C]
			İnceleri CL, CI veya CH	GC	Killi çakıl[C]
	KUMLAR Kaba Danelerin % 50'den Fazlası	Temiz Kumlar (% 5'ten az incesi var)	$C_u \geq 6$ ve $1 \leq C_r \leq 3$	SW	Düzgün dane dağılımlı kum[D]
			$C_u < 6$ ve/veya $1 > C_r > 3$	SP	Üniform kum[D]
		Kirli Kumlar (İncesi % 5'ten fazla)[A]	İnceleri plastisite kartında ML, MI veya MH	SM	Siltli kum[D]
			İnceleri plastisite kartında CL, CI veya CH	SC	Killi kum[D]
İNCE DANELİ ZEMİNLER (% 50'den Fazlası 75 μm'den küçük)	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 35'ten düşük)	Anorganik	$I_p \geq 4$ ve A-doğrusunun üstünde	CL[E]	Düşük plastisiteli kil
			$I_p < 4$ ve A-doğrusu altında	ML[E]	Düşük plastisiteli silt
	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 35'e eşit veya 50'den küçük)	Anorganik	I_p A-doğrusunun üstünde veya üzerinde	CI[E]	Orta plastisiteli kil
			I_p A-doğrusu altında	MI[E]	Orta plastisiteli silt
	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 50 veya yüksek)	Anorganik	I_p A-doğrusunun üstünde veya üzerinde	CH[E]	Yüksek plastisiteli (yağlı) kil
			I_p A-doğrusu altında	MH[E]	Yüksek plastisiteli (elastik) silt
ORGANİK ZEMİN	Koyu renkli, Kokulu, Aşırı organik malzeme içeriyor			PT	Turba

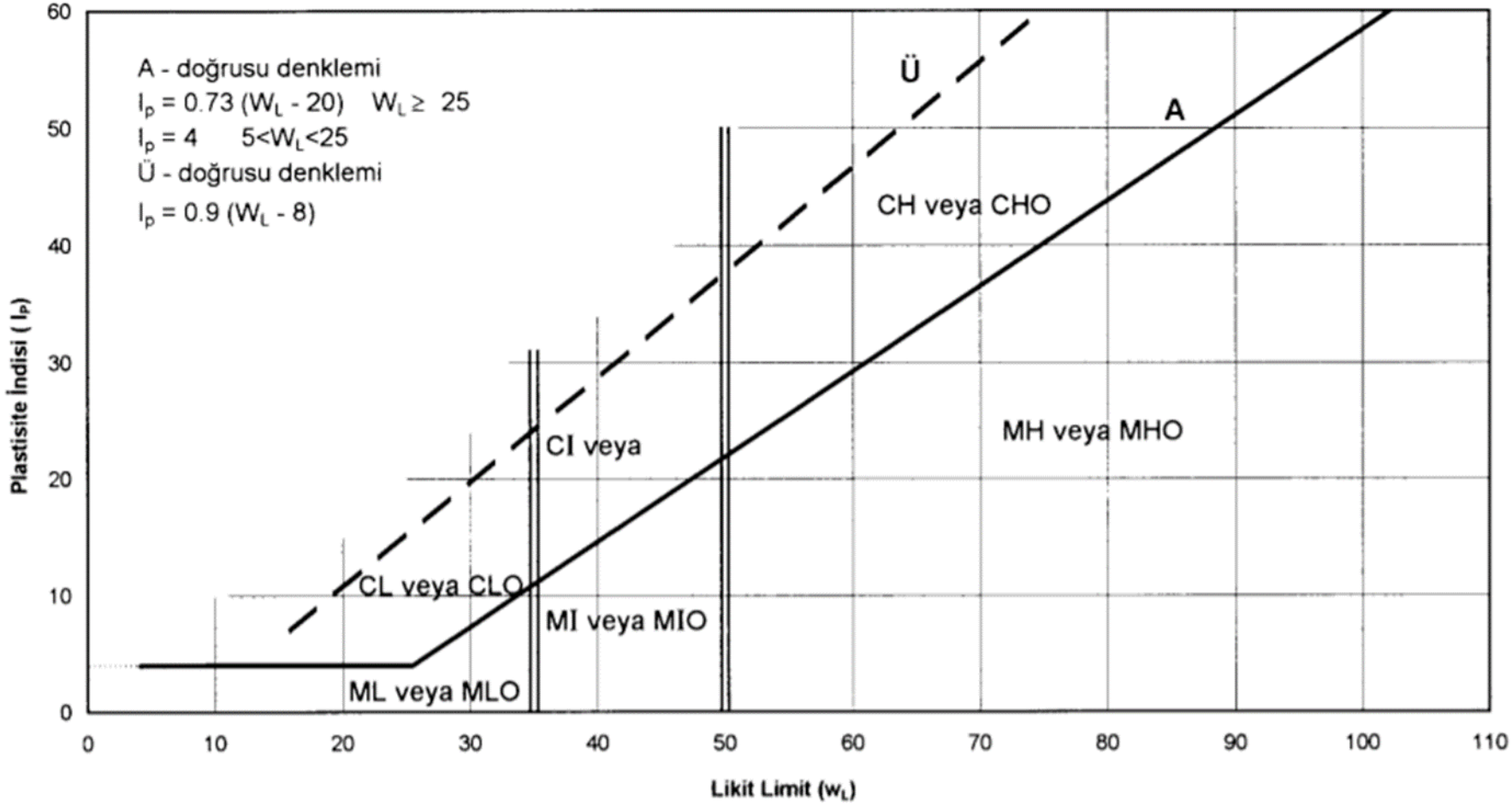
ASTM #10=2mm

ASTM #200=0,075mm

A: İncelerin oranı %5 - %12 arası ise çift simge kullanılır (Çizelge-III).
B: Zemin moloz içeriyorsa grup adına eklenir.
C: Örnekte %15'ten fazla kum varsa grup adına 'kumlu' terimi eklenir.
D: Örnekte %15'ten fazla çakıl varsa grup adına 'çakıl' terimi eklenir.
E: W_L kurutulmuş / W_L doğal < 0.75 ise 'O' terimi eklenir.

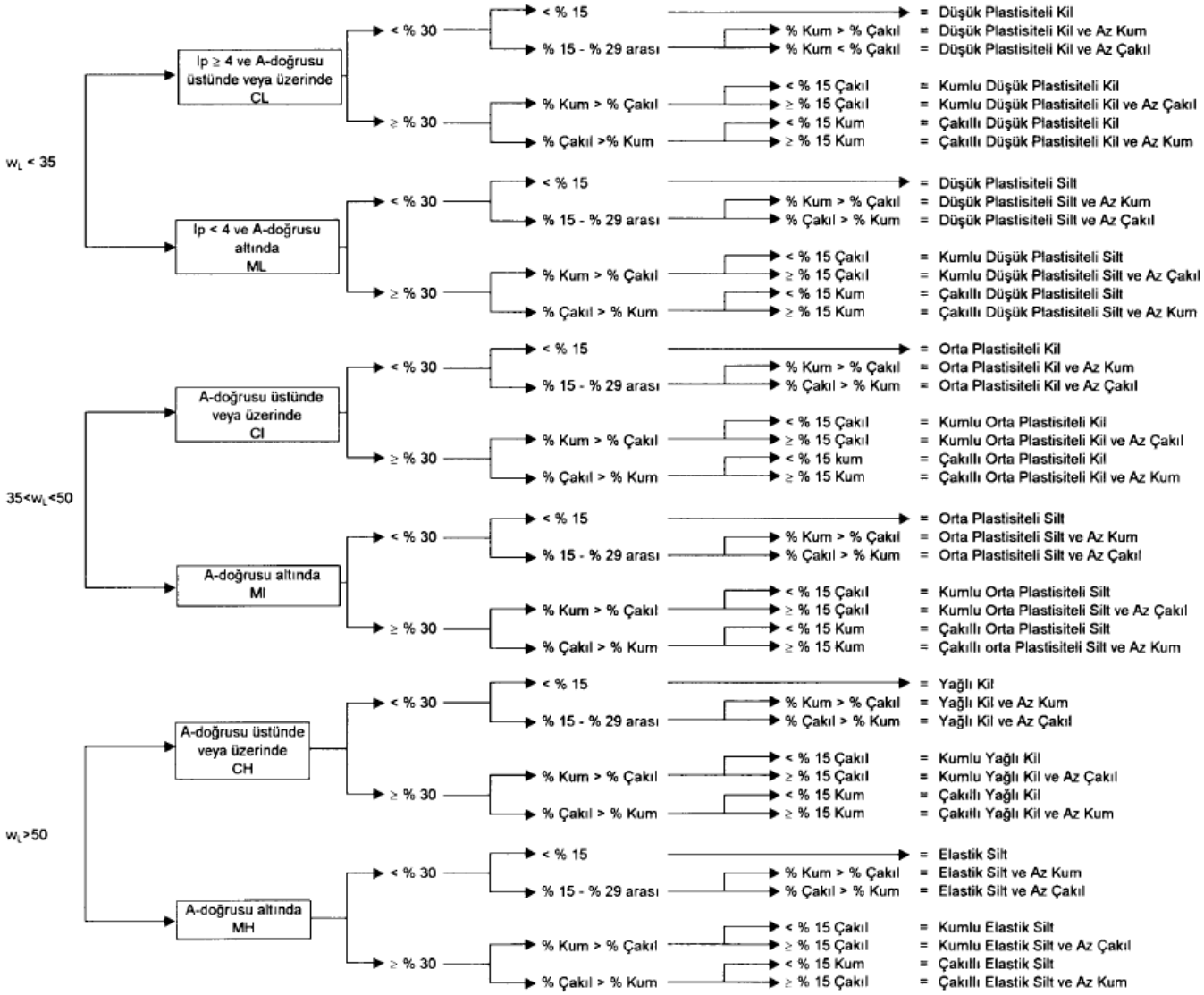
$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad Cr = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/TÜRK STADANDARDINDA ZEMİN SINIFLAMASI (TS 1500)



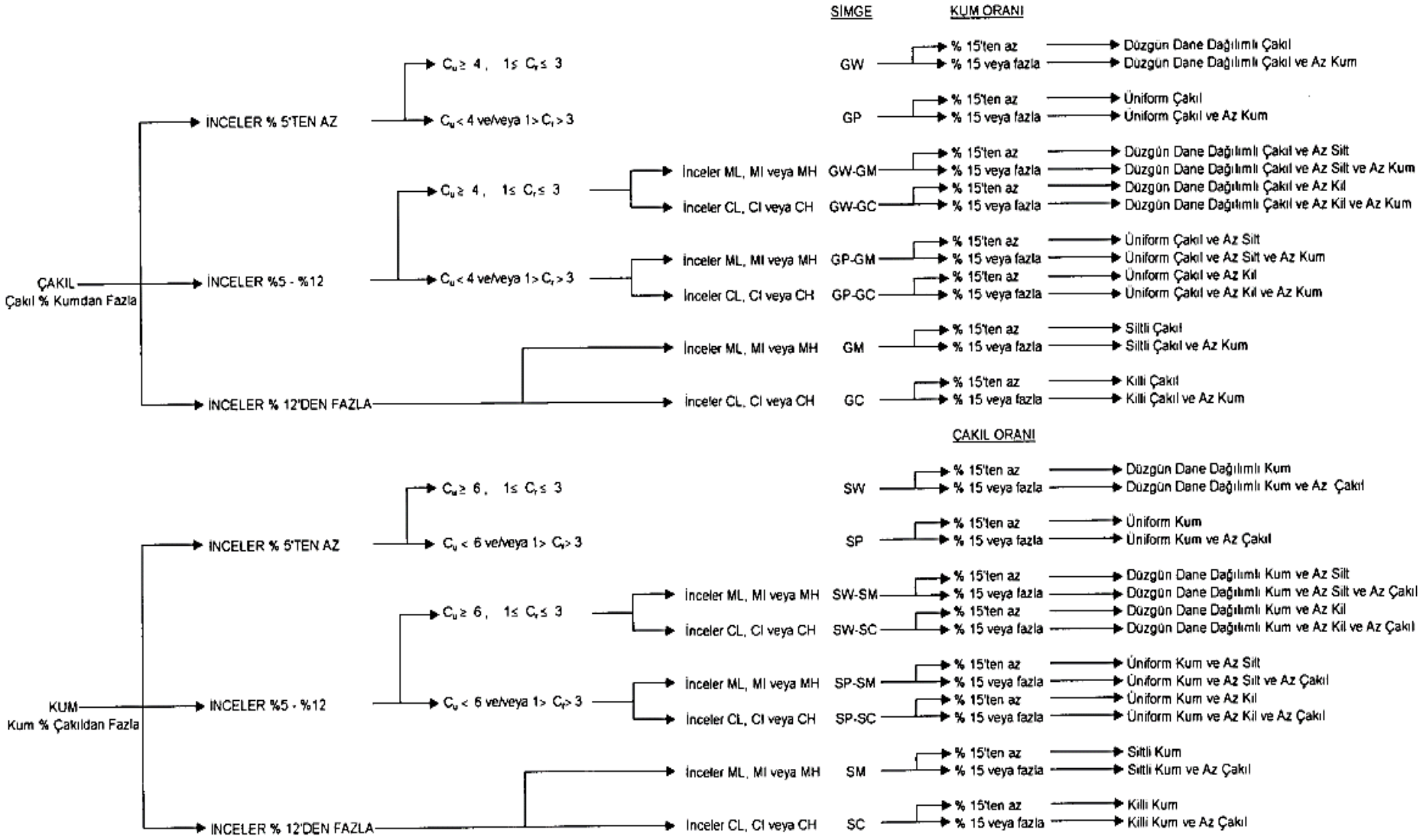
ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/TÜRK STADANDARDINDA ZEMİN SINIFLAMASI (TS 1500)

Çizelge 2 - İnce taneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (% 50 ve fazlası 75 µm.den küçük)



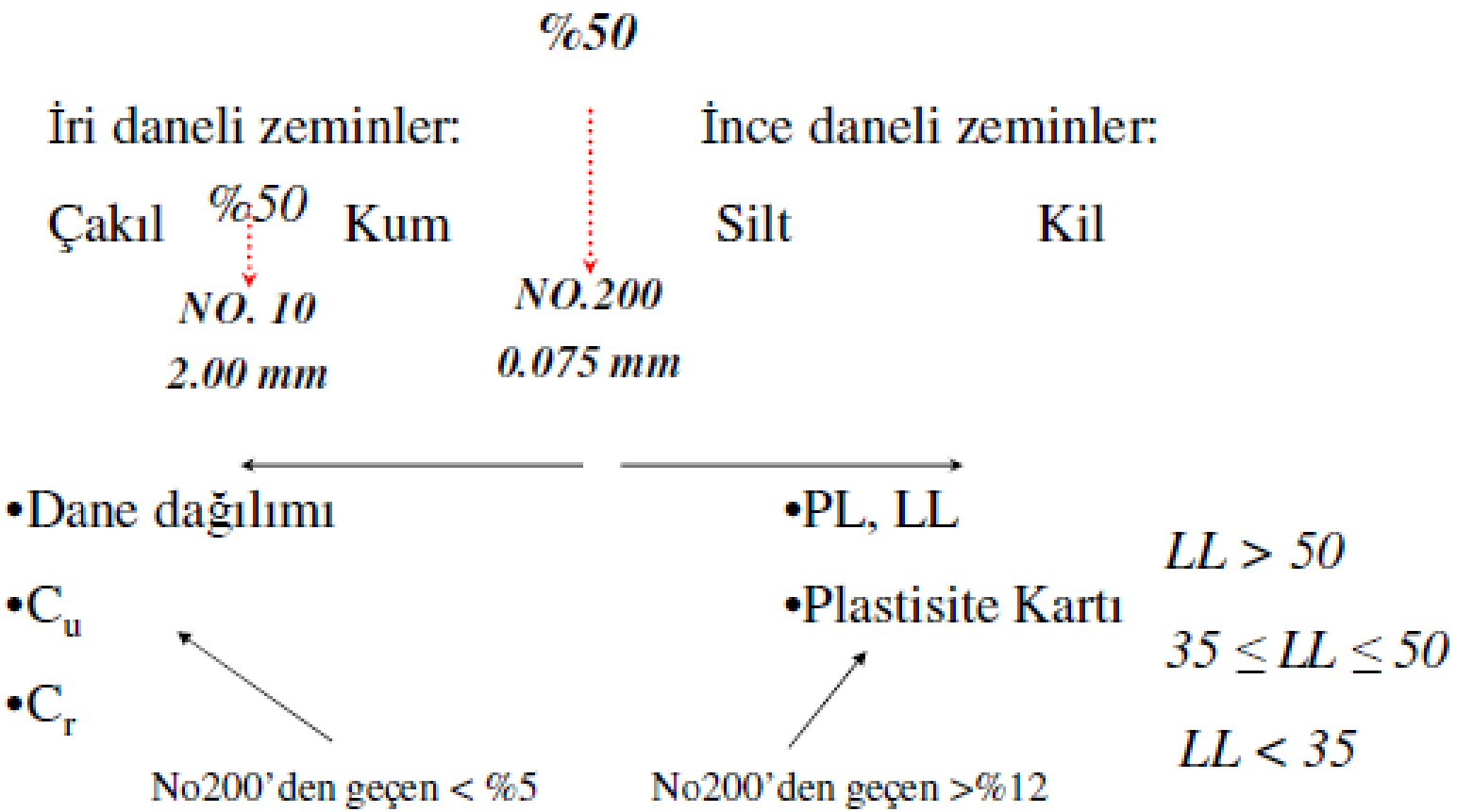
ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/TÜRK STADANDARDINDA ZEMİN SINIFLAMASI (TS 1500)

Çizelge 3 - İri daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (% 50.den fazlası 75 µm.den büyük)



ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMLERİ/TÜRK STADANDARDINDA ZEMİN SINIFLAMASI (TS 1500)

ÖZET



$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad Cr = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Gerekli deneyler: Elek Analizi

Kıvam Limitleri

TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNDE (TDY) TANIMLANAN ZEMİN GRUPLARI

Türk deprem yönetmeliğine göre yerel zemin koşullarının belirlenmesi için esas alınacak zemin grupları belirlenmiştir.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	SPT -N	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı
(A)	-Masif volkanik kayaçlar ve ayrışmamış, sağlam metamorfik kayaçlar, sert çimentolu tortul kayaçlar; -Çok sıkı kum-çakıl -Sert kil ve siltli kil	- > 50 >32	- 85-100 -	> 1000 - > 400	> 1000 > 700 >700
(B)	-Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar; süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar -Sıkı kum-çakıl -Çok katı kil ve killi silt	- 30-50 16-32	- 65-85 -	500-1000 - 200-400	700-1000 400-700 300-700
(C)	-Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar; -Orta sıkı kum-çakıl -Katı kil ve Siltli kil	- 10-30 8-16	- 35-65 -	< 500 - 100-200	400-700 200-400 200-300
(D)	-Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları; -Gevşek kum -Yumuşak kil, siltli kil	- < 10 < 8	- < 35 -	- - < 100	< 200 < 200 < 200

TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNDE (TDY) TANIMLANAN ZEMİN GRUPLARI

Depreme dayanıklı tasarım çalışmalarında yerel zemin koşullarının etkisini dikkate alabilmek için, geçmişteki kuvvetli deprem kayıtları ve yapısal hasar dağılımları ile yerel zemin koşulları arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak değerlendiren "zemin sınıflandırma sistemleri" geliştirilmiş ve farklı zemin sınıfları için spektral davranış bağıntıları önerilmiştir.

Temel zeminini sınıflandırmada kullanılan başlıca kriterler (üst 30 m için)

- Kayma Dalgası Yayılma Hızı (vs)
- Standart Penetrasyon Darbe Sayısı (N)
- Killi Zeminler için Drenajsız Kayma mukavemeti (Cu

Davranış spektrumlarının belirlenmesi için kullanılan zemin grupları ve tanımlamaları, zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığını dikkate alan yerel zemin sınıfları yönetmelikte ayrıntılı bir şekilde tablolar halinde sunulmuştur

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve Tabaka kalınlığı
Z1	A Grubu Zeminler H_1<15 m (B) Grubu Zeminler
Z2	H_1>15 m (B) Grubu Zeminler H_1<15 m (C) Grubu Zeminler
Z3	15 m <H_1<50 m (C) Grubu Zeminler H_1<10 m (D) Grubu Zeminler
Z4	H_1>50 m (C) Grubu Zeminler H_1>10 m (D) Grubu Zeminler

TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİNDE (TDY) TANIMLANAN ZEMİN GRUPLARI

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%\,40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası $(c_u < 25\ \text{kPa})$ içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

!!!!!!

	TS	ASTM	BS
	mm	mm	mm
TAŞ, BLOK	>60	>75	>60
ÇAKIL	60-2	75-4.75	60-2
KUM	2-0.075	4.75- 0.075	2-0.06
SİLT	0.075-0.002	0.075-0.002	0.06-0.002
KİL	<0.002	<0.002	<0.002