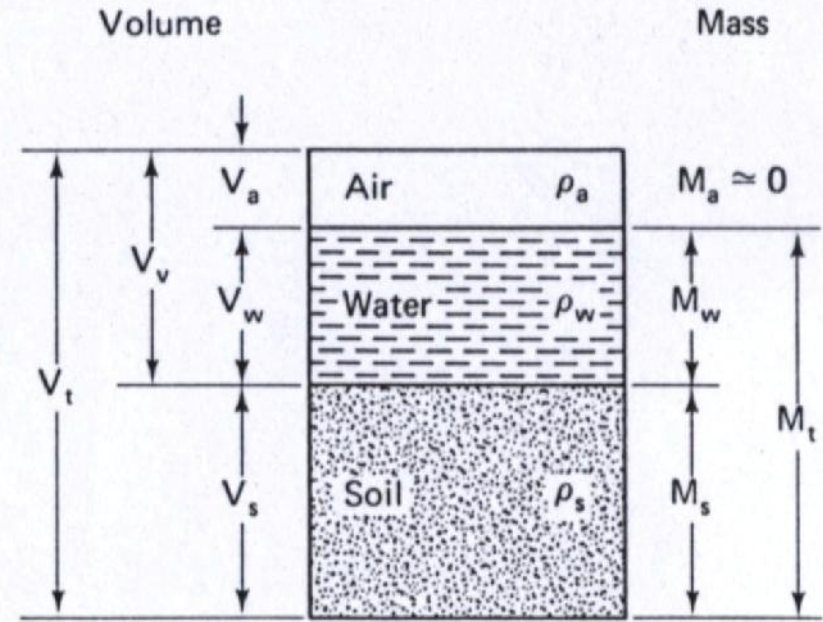
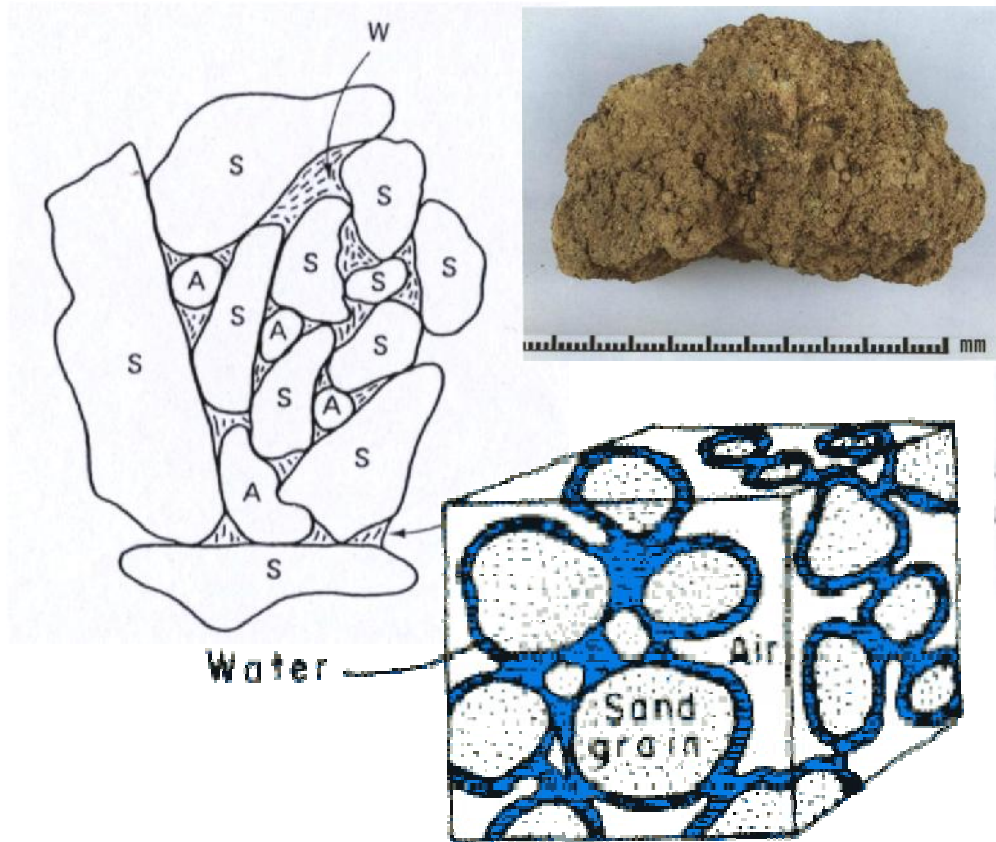


2. TOPRAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Topraktaki Üç Faz

S : Katı Toprak taneleri
 W: Sıvı Su
 A: Hava Hava

Faz Diyagramı



$$V_t = V_v + V_s = (V_a + V_w) + V_s$$

$$M_t = M_w + M_s$$

Hacim Oranları

- (1) **Boşluk oranı (Void ratio), e** , (ondalık olarak sunulur, 0.65)

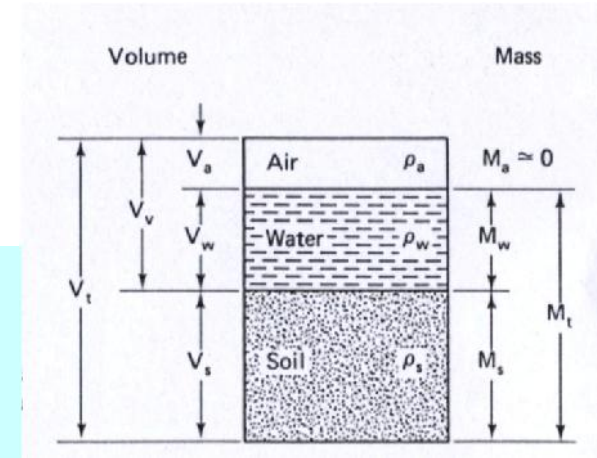
$$e = \frac{\text{Volume of voids } (V_v)}{\text{Volume of solids } (V_s)}$$

- (2) **Porozite (Porosity), n** , (yüzde olarak sunulur 100 %, 65 %)

$$n = \frac{V_s e}{V_s (1 + e)} = \frac{e}{1 + e} \quad n(\%) = \frac{\text{Volume of voids } (V_v)}{\text{Total volume of soil sample } (V_t)} \times 100$$

- (3) **Doygunluk derecesi (Degree of Saturation), S** , (yüzde olarak sunulur 100 %, 65 %)

$$S(\%) = \frac{\text{Total volume of voids contains water } (V_w)}{\text{Total volume of voids } (V_v)} \times 100$$



Tipik Değerler

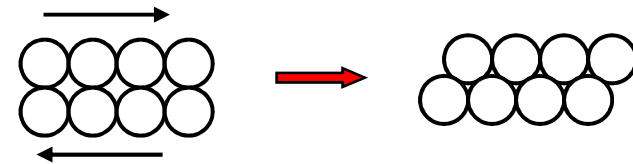
Description	Void Ratio		Porosity (%)		Dry Unit Weight (kN/m ³)	
	e_{max}	e_{min}	n_{max}	n_{min}	γ_{dmin}	γ_{dmax}
Uniform spheres	0.92	0.35	47.6	26.0	—	—
Standard Ottawa sand	0.80	0.50	44	33	14.5	17.3
Clean uniform sand	1.0	0.40	50	29	13.0	18.5
Uniform inorganic silt	1.1	0.40	52	29	12.6	18.5
Silty sand	0.90	0.30	47	23	13.7	20.0
Fine to coarse sand	0.95	0.20	49	17	13.4	21.7
Micaceous sand	1.2	0.40	55	29	11.9	18.9
Silty sand and gravel	0.85	0.14	46	12	14.0	22.9

After B. K. Hough, *Basic Soils Engineering*. Copyright © 1957, The Ronald Press Company, New York.

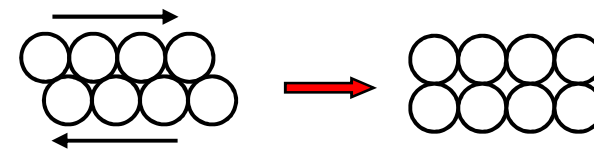
(Lambe and Whitman, 1979)



Basit kübik (SC), $e = 0.91$,



Kübik-tetrahedral (CT), $e = 0.65$,



Doygunluk derecesi (Degree of saturation), (S)

$$S(\%) = \frac{\text{Total volume of voids contains water } (V_w)}{\text{Total volume of voids } (V_v)} \times 100$$

- Tümüyle kuru zemin $S = 0 \%$
- Tümüyle doymun zemin $S = 100\%$
- Doymun olmayan (kısmen doymun zemin) $0\% < S < 100\%$

Su içeriği (Water content) (w)

$$w(\%) = \frac{M_w}{M_s} = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Yoğunluk ve birim hacim ağırlık

- Kütle madde miktarıdır ve evrenin her yerinde aynıdır.
- Ağırlık kütleye etki eden yerçekimi kuvvetinin büyüklüğüdür. (Newton'un ikinci yasası $F = mg$)
- Hesaplamalarda genellikle birim hacim ağırlık tercih edilir.
- **BİRİM ÇEVİRME**

$$\text{Density , } \rho = \frac{\text{Mass}}{\text{Volume}}$$

$$\text{Unit weight , } \gamma = \frac{\text{Weight}}{\text{Volume}} = \frac{\text{Mass} \cdot g}{\text{Volume}}$$

g : accelerati on due to gravity

$$\gamma = \rho \cdot g = \rho \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$\text{Water , } \gamma = 9.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{\rho_s \cdot g}{\rho_w \cdot g} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

BİRİM DÖNÜŞTÜRME

UNUTMA

- Alan ölçüleri 100'er büyür veya küçülür.
- Hacim ölçüleri 1000'er büyür veya küçülür.
- $1 \text{ kg} \rightarrow 9.81 \text{ N}$
- $F = 1 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 9.81 \text{ kg} * \text{m/s}^2 = 9.81 \text{ N}$
- $s = F/A$
- $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$
- $1 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kPa}$

Yoğunluk (r)-Birim Hacim Ağırlık (g) Dönüşümü

• 1 g/cm^3 \rightarrow $? \text{ kN/m}^3$

$1 \text{ gram} * 10^{-3} * 9.81 * 10^{-3}$	$\text{g} \rightarrow \text{kg} \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{kN}$	9.81 kN/m^3
$1 \text{ cm}^3 * 10^{-6}$	$\text{cm}^3 \rightarrow \text{m}^3$	

Birim Hacim Ağırlık (g) - Yoğunluk (r) Dönüşümü

- $25.6 \text{ kN/m}^3 \quad \rightarrow \quad ? \text{ g/cm}^3$

$25.6 * 10^3 * 10^3$	$\text{kN} \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{kg} \rightarrow \text{g}$	2.61 g/cm^3
$9.81 * 10^6$	$\text{m}^3 \rightarrow \text{cm}^3$	

Gerilme Dönüşümü (kg/cm² → kPa) Dönüşümü

• 10 kg/cm² → ? kPa

10kg * 9.81 * 10⁻³	N → kN	981 kPa
1cm² * 10⁻⁴	cm² → m²	

Gerilme Dönüşümü (kPa → kg/cm²) Dönüşümü

• 981 kPa → ? kg/cm²

981 kN * 10 ³	kN → N → kg	10 kg/cm ²
1m ² * 9.81 * 10 ⁴	m ² → cm ²	

Ağırlık İlişkileri

(1) Su içeriği w (%)

$$w(\%) = \frac{\text{Mass of water } (M_w)}{\text{Mass of soil solids } (M_s)} \times 100$$

Bazı organik topraklarda $w > \%100$,
% 500'e kadar ulaşabilir.

(2) Suyun yoğunluğu (sıcaklığa bağlı olarak çok az değişir)

$$\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ t/m}^3 = 1 \text{ Mg/m}^3$$

(3) Toprağın yoğunluğu

a. Kuru yoğunluk

$$\rho_d = \frac{\text{Mass of soil solids } (M_s)}{\text{Total volume of soil sample } (V_t)}$$

b. Toplam, nemli (doğal) yoğunluk

($0\% < S < 100\%$, Kısmen doymuş)

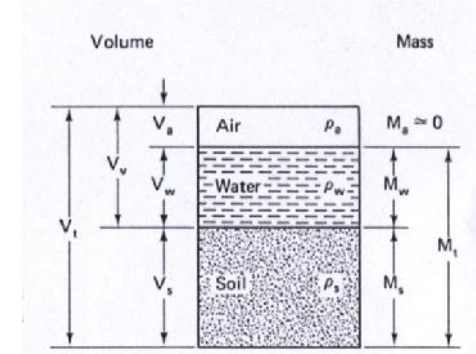
$$\rho = \frac{\text{Mass of soil sample } (M_s + M_w)}{\text{Total volume of soil sample } (V_t)}$$

c. Doymuş yoğunluk ($S=100\%$, $V_a=0$)

$$\rho_{\text{sat}} = \frac{\text{Mass of soil solids + water } (M_s + M_w)}{\text{Total volume of soil sample } (V_t)}$$

d. Batık (Submerged) (Buoyant) yoğunluk

$$\rho' = \rho_{\text{sat}} - \rho_w$$



Diğer İlişkiler

- (1) Özgül ağırlık (G_s): katı tanelerin ağırlığının katı tanelerin hacmi kadar suyun ağırlığına oranı:

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \times \gamma_w}$$

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

$$\rho_w \cdot S \cdot e = w \cdot \rho_s$$
$$S \cdot e = w \cdot G_s$$

- (2) Özgül hacim (Specific volume, V'): toprak hacminin birim katı tane hacmine oranı

$$V' = \frac{V_t}{V_s} = 1 + e$$

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

$$x = \frac{G_s + S \cdot e}{1 + e} \quad x_w$$

... $\dots w$

Tipik özgül ağırlık değerleri

Table 3.1 Specific Gravities of Minerals

Quartz	2.65
K-Feldspars	2.54–2.57
Na–Ca-Feldspars	2.62–2.76
Calcite	2.72
Dolomite	2.85
Muscovite	2.7–3.1
Biotite	2.8–3.2
Chlorite	2.6–2.9
Pyrophyllite	2.84
Serpentine	2.2–2.7
Kaolinite	2.61 ^a
	2.64 ± 0.02
Halloysite (2 H ₂ O)	2.55
Illite	2.84 ^a
	2.60–2.86
Montmorillonite	2.74 ^a
	2.75–2.78
Attapulgate	2.30

^a Calculated from crystal structure.

(Lambe and Whitman, 1979)

Table 2.2 Specific Gravities of Common Minerals^a

Mineral	G
Halite	2.1–2.6
Gypsum	2.3–2.4
Serpentine	2.3–2.6
Orthoclase	2.5–2.6
Chalcedony	2.6–2.64
Quartz	2.65
Plagioclase	2.6–2.8
Chlorite and illite	2.6–3.0
Calcite	2.7
Muscovite	2.7–3.0
Biotite	2.8–3.1
Dolomite	2.8–3.1
Anhydrite	2.9–3.0
Pyroxene	3.2–3.6
Olivine	3.2–3.6
Barite	4.3–4.6
Magnetite	4.4–5.2
Pyrite	4.9–5.2
Galena	7.4–7.6

^a A. N. Winchell (1942).

(Goodman, 1989)

Faz problemlerinin çözümü

Aşağıdaki kuralları unutma:

1. Basit tanımları unutma w , e , ρ_s , S , vd.
2. Faz diyagramını çiz.
3. $V_s=1$ veya $V_t=1$ olarak kabul et (**eğer verilmemiş ise**).
4. Bu ilişkiyi çoğu kez dene; $\rho_w Se = w \rho_s$ ve/veya $Se = w G_s$

$$x = \frac{G_s + S.e}{1+e} x_w$$

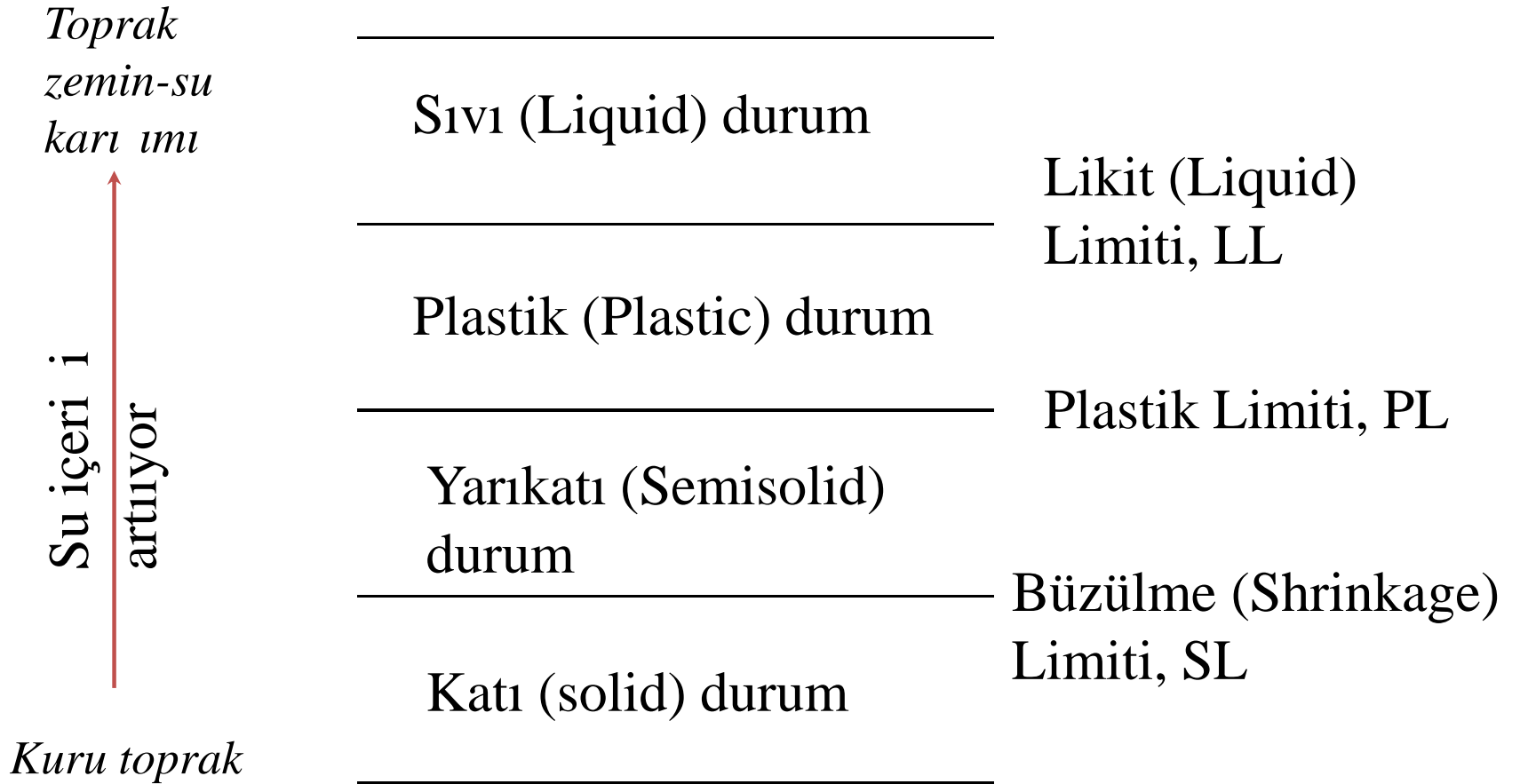
...

...w

Kıvam Limitleri (Atterberg Limitleri)
ve
Kıvamlılık İndisleri

Kıvam Limitleri

- İnce taneli zeminlerde suyun varlığı mühendislik davranışını doğrudan etkiler. Bu etkileri tanımlayan referans indekslere gereksinim vardır.



Likit (Liquid) Limit-LL

Casagrande Yöntemi

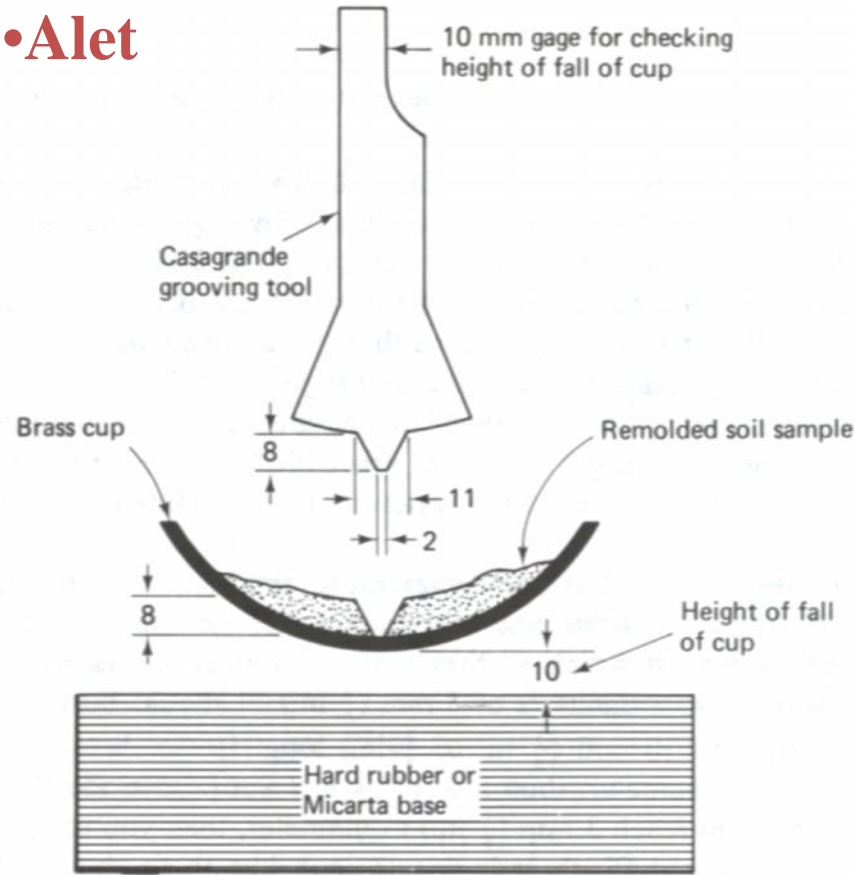
- (ASTM D4318-95a)
- Prof. Casagrande, testi standartlaştırmıştır.

Konik penetrometre (Cone Penetrometer) Yöntemi

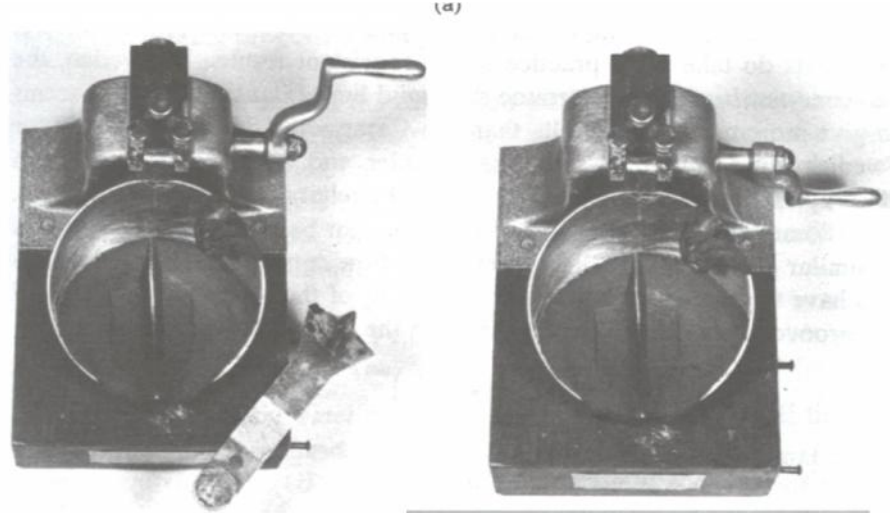
- (BS 1377: Part 2: 1990:4.3)
- Bu yöntem the Transport and Road Research Laboratory, UK tarafından geliştirilmiştir.

Casagrande Yöntemi

•Alet

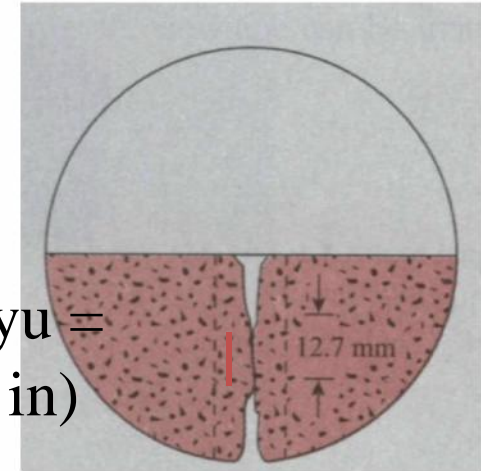


(Holtz and Kovacs, 1981)



N=25 dü üm

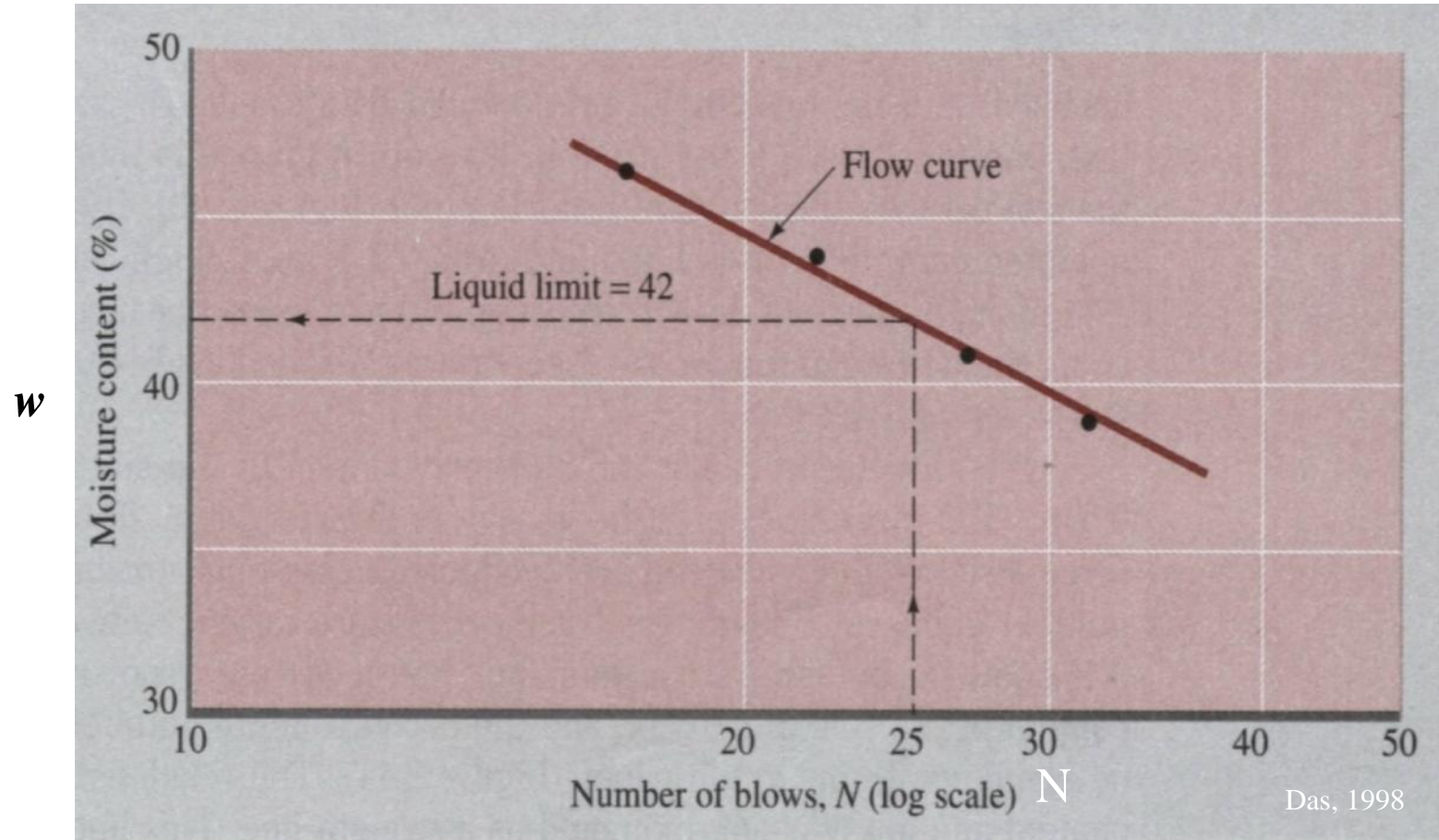
Kapanma boyu =
12.7mm (0.5 in)



TANIM: 25 dü üm ile kapanma boyunun 0.5 inch (12.7mm)'e ula tı 1 andaki su içeri i

Casagrande Yöntemi

- Çok noktalı grafiksel çözüm



Casagrande Yöntemi

Tek noktalı çözüm

- Akı e risinin e imi sabit kabul edilir.
- E im 767 liquid limit tests ile belirlemi tir.

$$LL = w_n \left(\frac{N}{25} \right)^{\tan \beta}$$

$N = \text{number of blows}$

$w_n = \text{corresponding moisture content}$

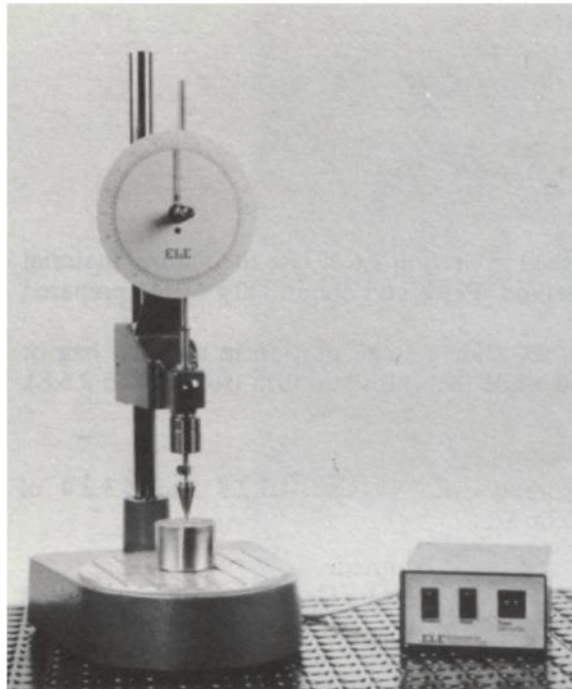
$$\tan \beta = 0.121$$

Sınırlamalar:

- β ampirik katsayısı her zaman 0.121 olmayabilir.
- Dü üm sayısının 20 ile 30 arasındaki de erleri için daha iyi sonuç alınır.

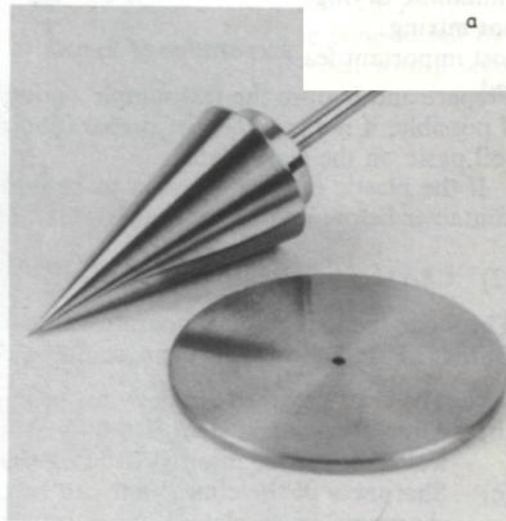
Konik Penetrometre (Cone Penetrometer) Yöntemi

- Alet



(a)

Fig. 2.11 Apparatus for cone penetrometer liquid test: (a) Cone penetrometer with automatic timing device, (b) cone and gauge plate



(b)

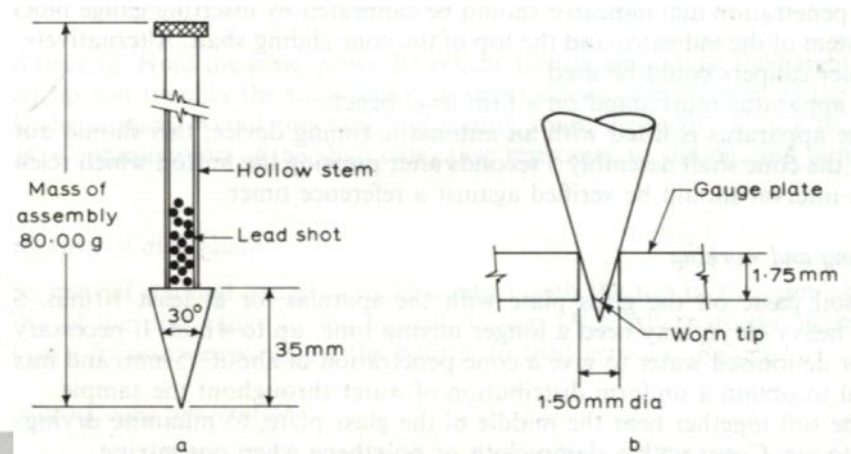


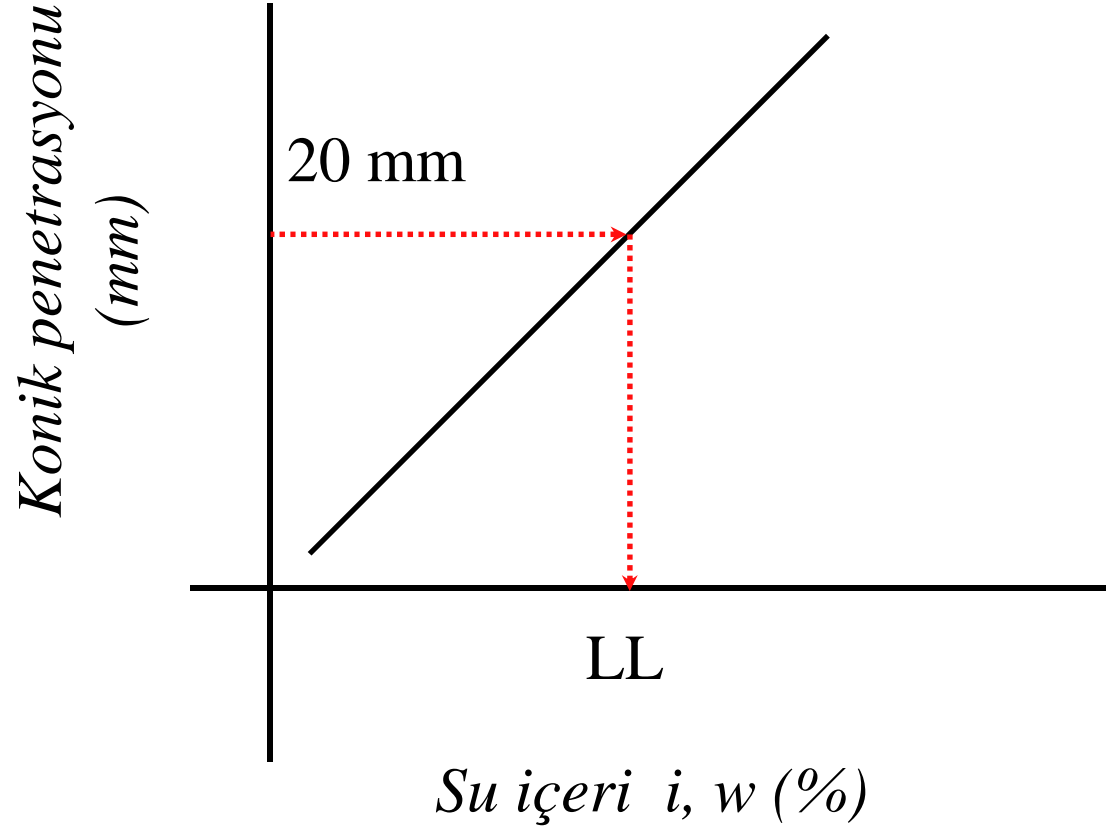
Fig. 2.12 Details of cone for penetrometer

Transport and Road
Research
Laboratory.

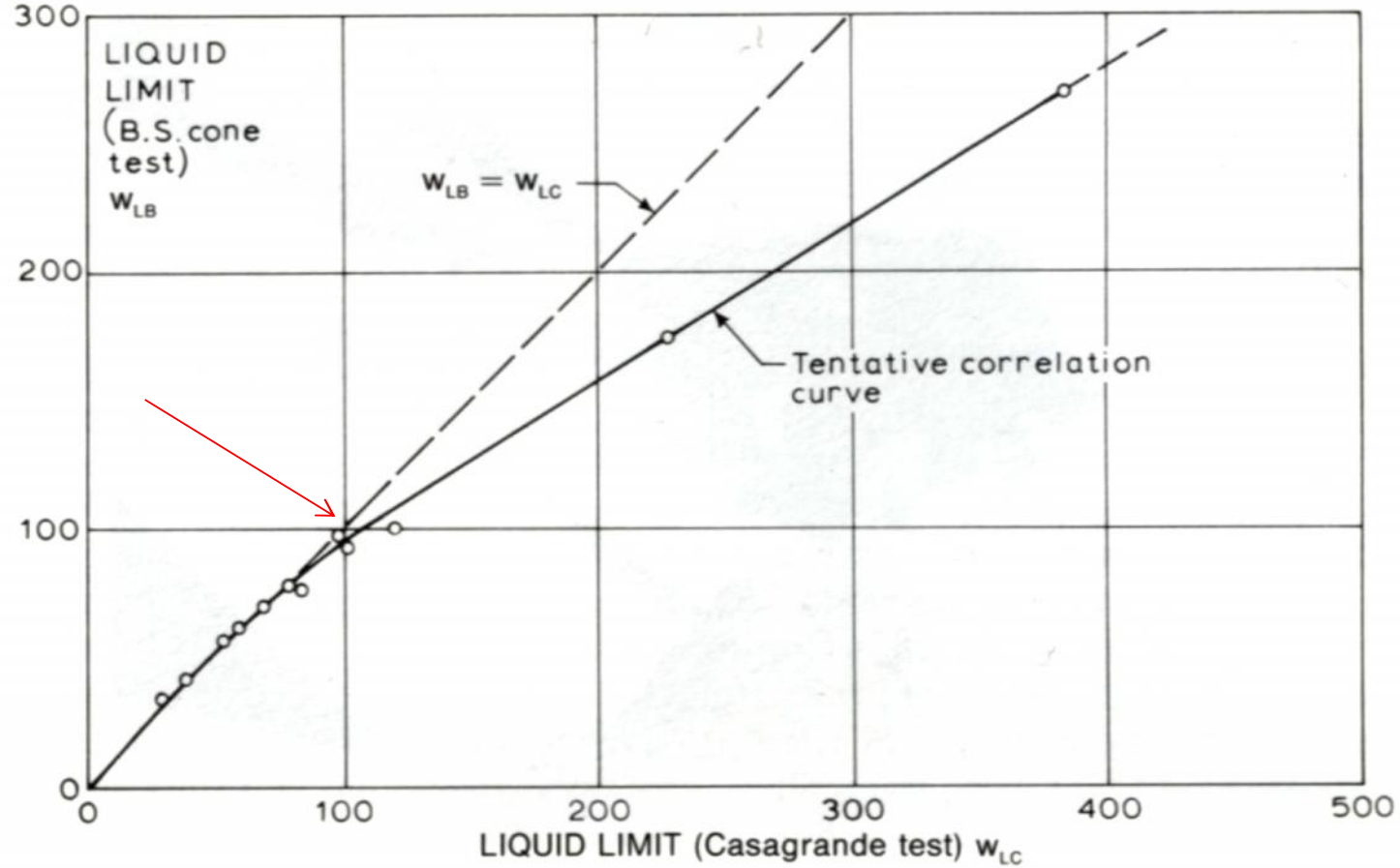
(Head, 1992)

Konik Penetrometre Yöntemi

Çok noktalı çözüm



Karşılaştırma

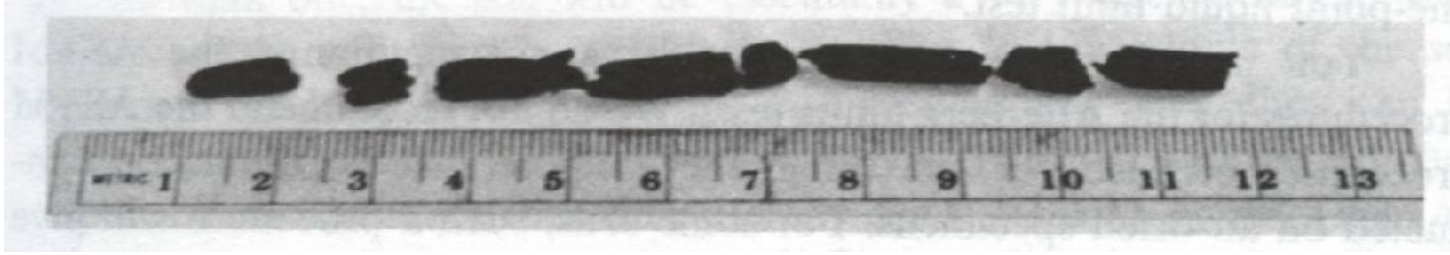


**LL < 100
için
sonuçlar
uyumludur.**

Fig. 2.9 Correlation of liquid limit results from two test methods

Littleton and Farmilo, 1977 (from Head, 1992)

Plastik Limit-PL

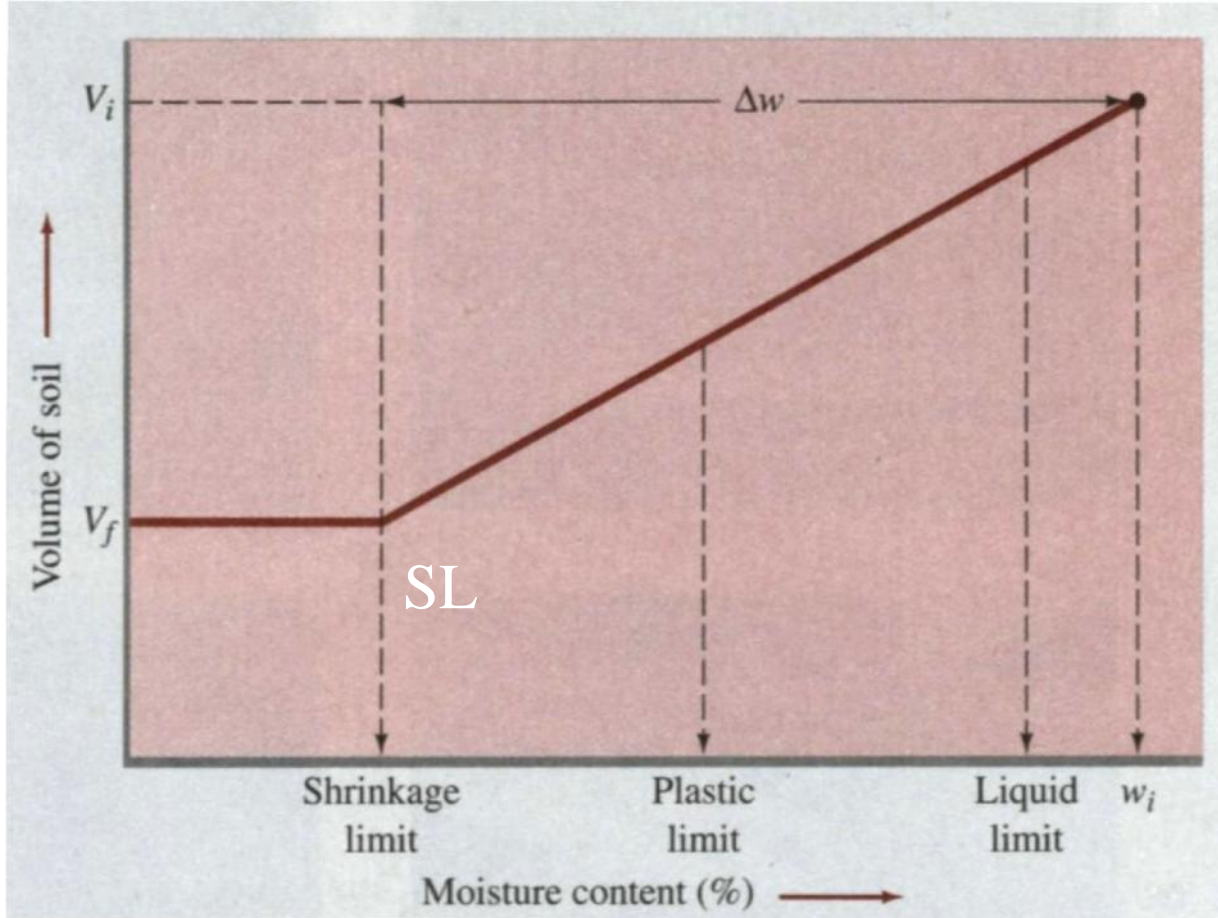


(Holtz and Kovacs, 1981)

Ovularak silindirik Őekle getirilen toprak zemin 6rneęinin **3.2 mm çapa** eriŐtięinde kılcal enine çatlamalar g6zleniyor ise, bu 6rneęin su içeriği PL'dir.

ASTM D4318-95a, BS1377: Part 2:1990:5.3

Büzölme (Shrinkage) Limit-SL

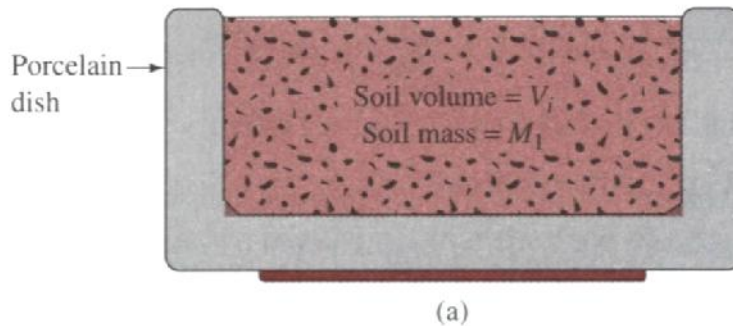


TANIM:

Kurumaya başlı olarak hacimsel küçülmenin durduğu andaki su içeriği SL'dir.

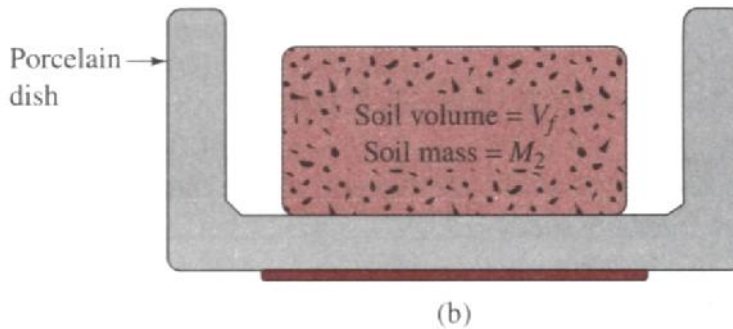
(Das, 1998)

Büzülme Limiti-SL (Cont.)



Toprak hacmi: V_i

Toprak kütlesi: M_1



Toprak hacmi: V_f

Toprak kütlesi: M_2

(Das, 1998)

$$SL = w_i(\%) - \Delta w(\%)$$

$$= \left(\frac{M_1 - M_2}{M_2} \right) (100) - \left(\frac{V_i - V_f}{M_2} \right) (\rho_w) (100)$$

Kıvam limitleri için tipik değerler

Table 10.1 Atterberg Limit Values for the Clay Minerals.

Mineral ^a	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Shrinkage Limit
Montmorillonite	100–900	50–100	8.5–15
Nontronite	37–72	19–27	
Illite	60–120	35–60	15–17
Kaolinite	30–110	25–40	25–29
Hydrated Halloysite	50–70	47–60	
Dehydrated Halloysite	35–55	30–45	
Attapulgite	160–230	100–120	
Chlorite	44–47	36–40	
Allophane (undried)	200–250	130–140	

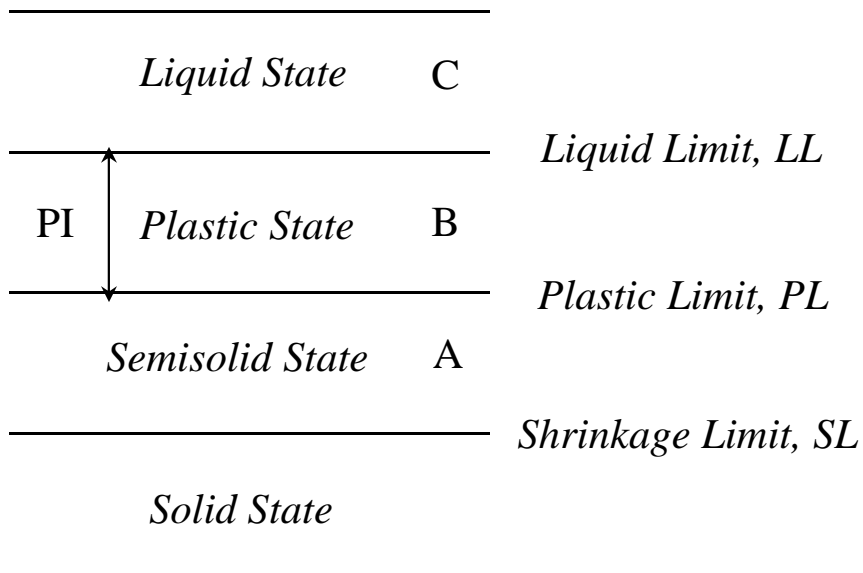
(Mitchell, 1993)

İndisler

Plastisite (Plasticity) indeksi, PI

- Plastik durumun geçerli olduğu su içeriği aralığını ifade eder.

$$PI = LL - PL$$



Sıvılık (Liquidity) indeksi, LI

- Doğal nem içeriğine göre zemin davranışını yorumlayan bir indistir.

$$LI = \frac{w - PL}{PI} = \frac{w - PL}{LL - PL}$$

w is the water content

LI < 0 (A), makaslanınca kırılır.

0 < LI < 1 (B), makaslanınca plastik davranır

LI > 1 (C), makaslanınca sıvı olarak davranır.

İndisler

Aktivite (Activity) indeksi (Skempton, 1953)

$$A = \frac{PI}{\% \text{ Kil yüzdesi} (a \text{ ırlıkça})}$$

Kilyüzdesi : < 0.002 mm

• AMAÇ

Kıvam limitlerini etkileyen kilin **miktarı** ve **türünü** yorumlamayı amaçlar.

■ Normal killer: $0.75 < A < 1.25$

■ Aktif olmayan killer: $A < 0.75$

■ Aktif killer: $A > 1.25$

Yüksek aktivite:

Islanınca yüksek hacim de i imi,

Kuruyunca yüksek büzülme oranı

Table 10.4 Activities of Various Clay Minerals.

Mineral	Activity ^a
Smectites	1-7
Illite	0.5-1
Kaolinite	0.5
Halloysite (2H ₂ O)	0.5
Halloysite (4H ₂ O)	0.1
Attapulgite	0.5-1.2
Allophane	0.5-1.2