

ACQUA E SUOLO

Acqua e suolo - Infiltrazione

Obiettivi formativi:

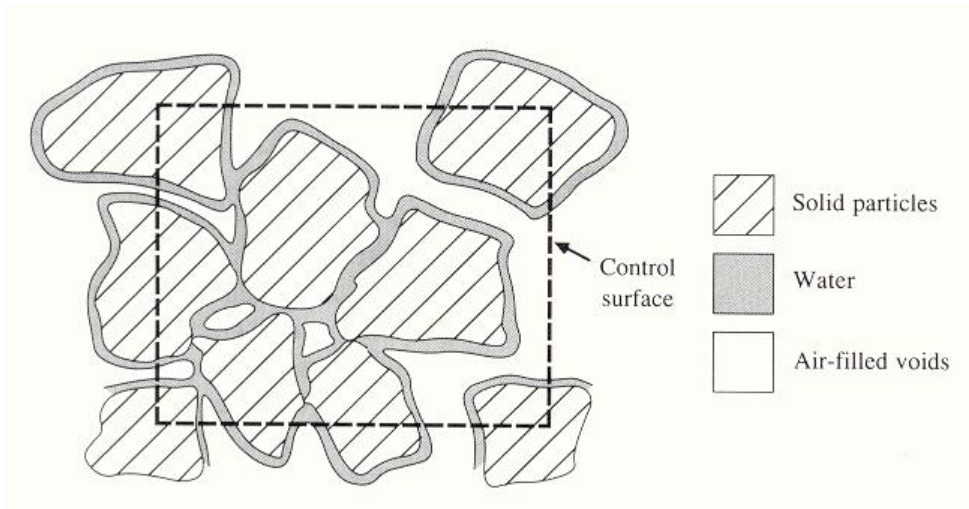
- Conoscere le principali proprietà idrauliche del suolo
- Conoscere i meccanismi che controllano l'infiltrazione
- Saper distinguere infiltrazione potenziale ed effettiva
- Saper utilizzare i principali metodi per il calcolo dell'infiltrazione

Riferimenti:

- Tarboton, Rainfall-Runoff Processes workbook chapter 4
- Maione: Le piene fluviali, cap 2
- Versace: Scheda didattica

Suolo:

- Sede di fenomeni di trasporto d'acqua in modalità non satura
- Mezzo trifase (Fasi: solida, liquida, aeriforme)



Adapted from Tarboton and Rigon

Caratteristiche fisiche

Densità frazione solida

$$\rho_m = \frac{M_m}{V_m} \sim 2650 \frac{kg}{m^3}$$

Bulk density
(Dens. apparente)

$$\rho_b = \frac{M_m}{V_s} = \frac{M_m}{W + V_m}$$

Porosità

$$n = \frac{V_v - V_m}{V_s} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_m}$$

Contenuto d'acqua volumetrico

$$\theta = \frac{V_w}{V_s} = \frac{M_{wet} - V_{dry}}{\rho_w \cdot V_s}$$

M_m = massa fase solida
 V_m = Volume fase solida
 V_s = Volume totale
 V_v = Volume vuoti
 V_w = Volume acqua contenuta

Saturazione effettiva

Contenuto acqua a saturazione $\theta_s = \frac{V_v}{V_s} = n$

Contenuto acqua pellicolare $= \theta_r$

Grado di saturazione $S_d = \frac{\theta}{n}$

Grado di saturazione effettivo $S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$

Porosità efficace $= n - \theta_r$

Acqua pellicolare, capillare, gravifica

Curva granulometrica con i limiti di appartenenza alle classi tessiturali

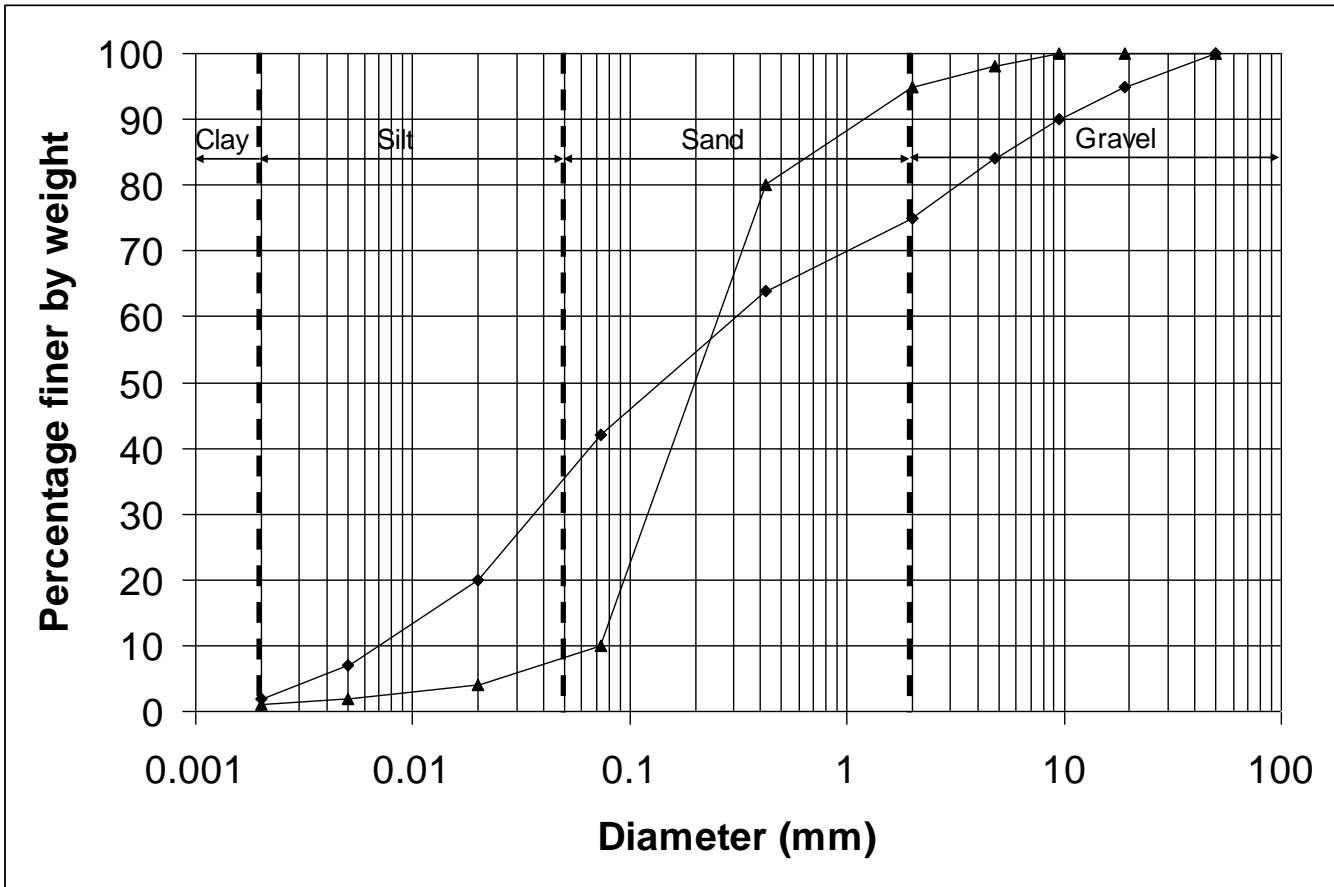
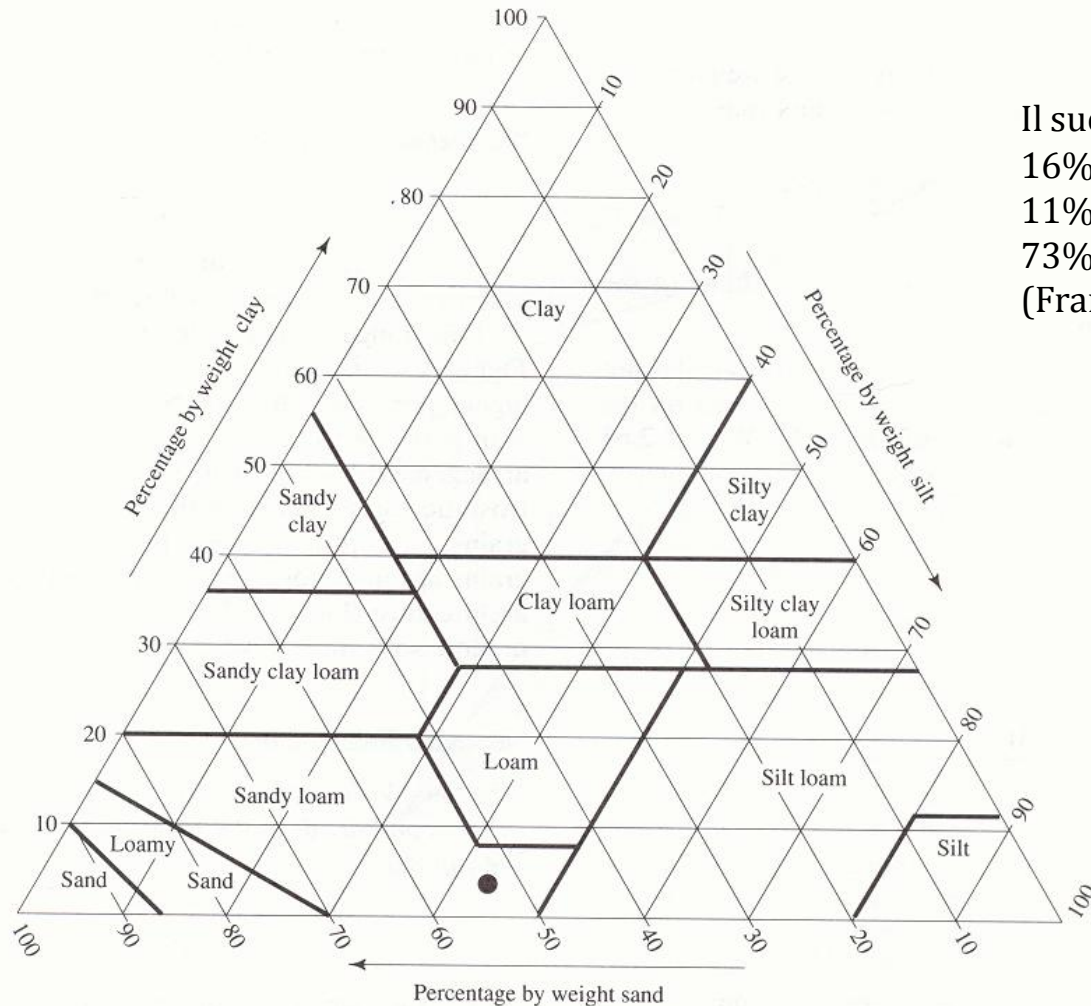


Illustrazione delle curve di distribuzione granulometrica. I confini tra le classi dimensionali indicati come argilla, limo, sabbia e ghiaia sono mostrati come linee verticali.

Triangolo tessiturale



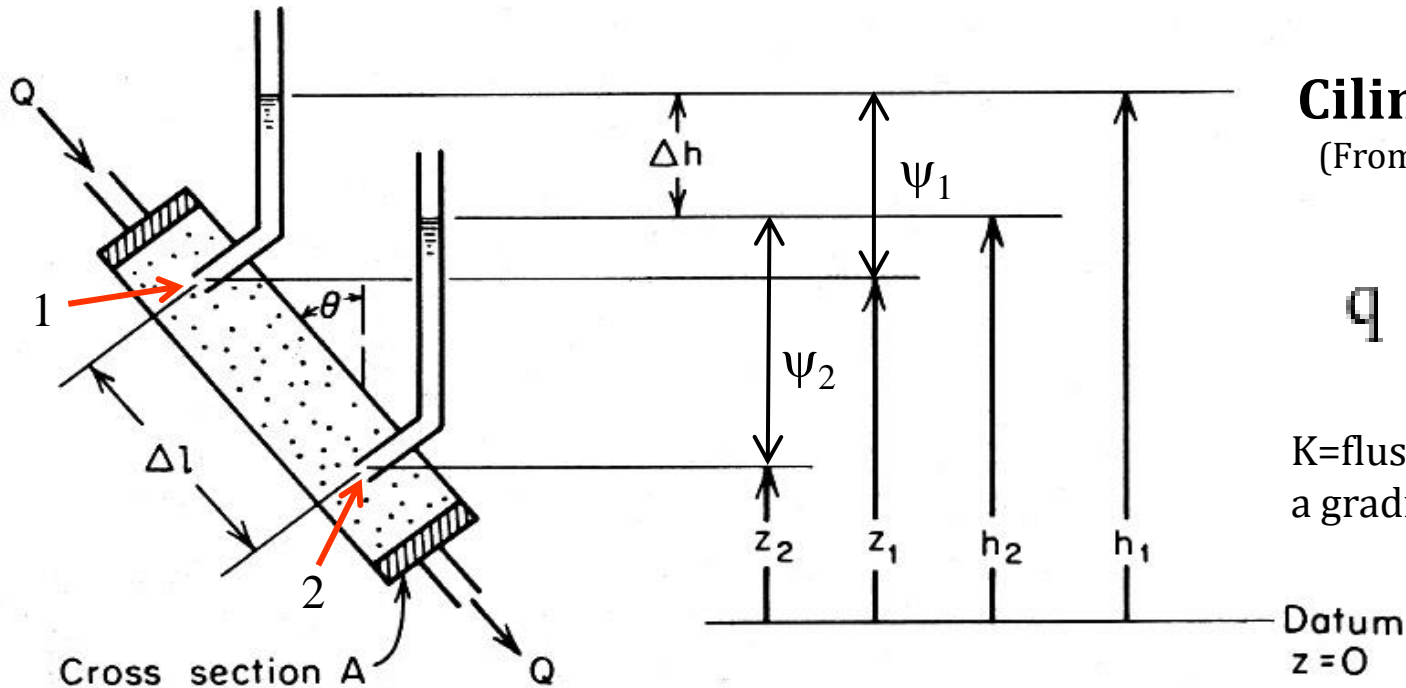
Il suolo **B** ha percentuali:
16% argilla
11% limo
73% sabbia
(Franco Sabbioso)

Triangolo tessiturale del terreno; mostra i termini tessiturali applicati ai terreni con varie frazioni di sabbia, limo e argilla

Tabella di conversione tipi di suolo

Terminologia americana	Simbolo	Terminologia italiana
Sand	S	Sabbia
Loamy Sand	LS	Sabbia con medio impasto
Sandy loam	SL	Medio impasto sabbioso
Loam	L	Medio impasto
Silty loam	SiL	Medio impasto limoso
Silt	Si	Limo
Sandy clay loam	SCL	Medio impasto sabbioso-argilloso
Clay loam	CL	Medio impasto argilloso
Silty clay loam	SiCL	Medio impasto limoso-argilloso
Sandy clay	SC	Argilla sabbiosa
Silty clay	SiC	Argilla limosa
Clay	C	Argilla

Legge di Darcy



Cilindro di Darcy
(From Freeze and Cherry)

$$q = -K \frac{\Delta h}{\Delta z}$$

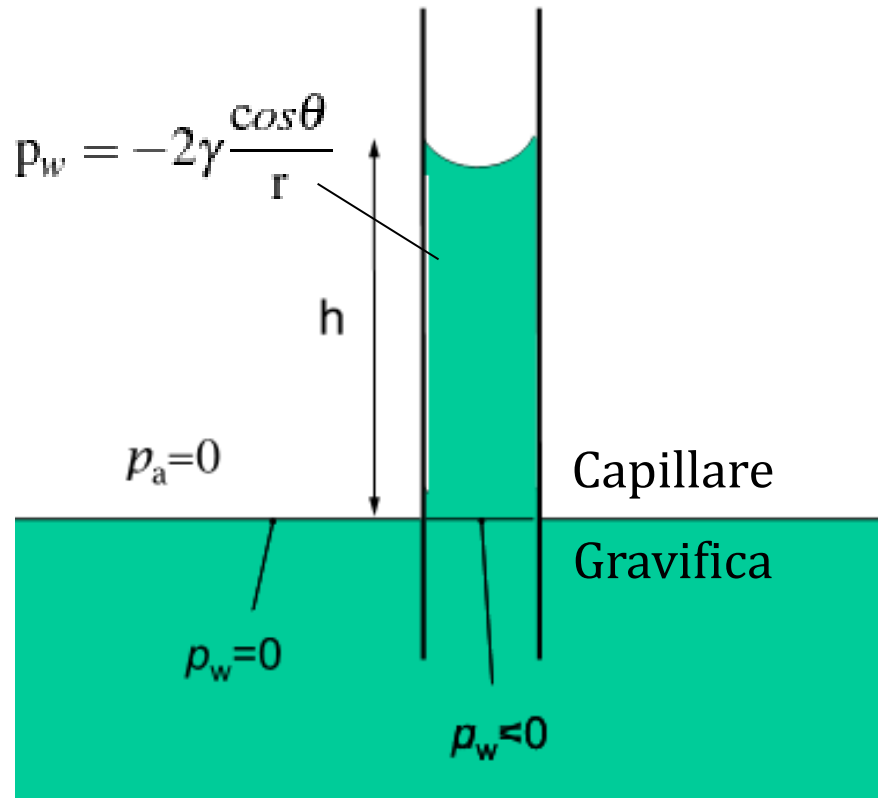
K =flusso (saturato) specifico
a gradiente unitario [cm/s]

potenziale nel caso saturo: $h = z + \frac{P}{\gamma}$

generalizzazione del potenziale: $h = z + \psi$

Potenziale

Tensiometro \longrightarrow misura ψ = suzione

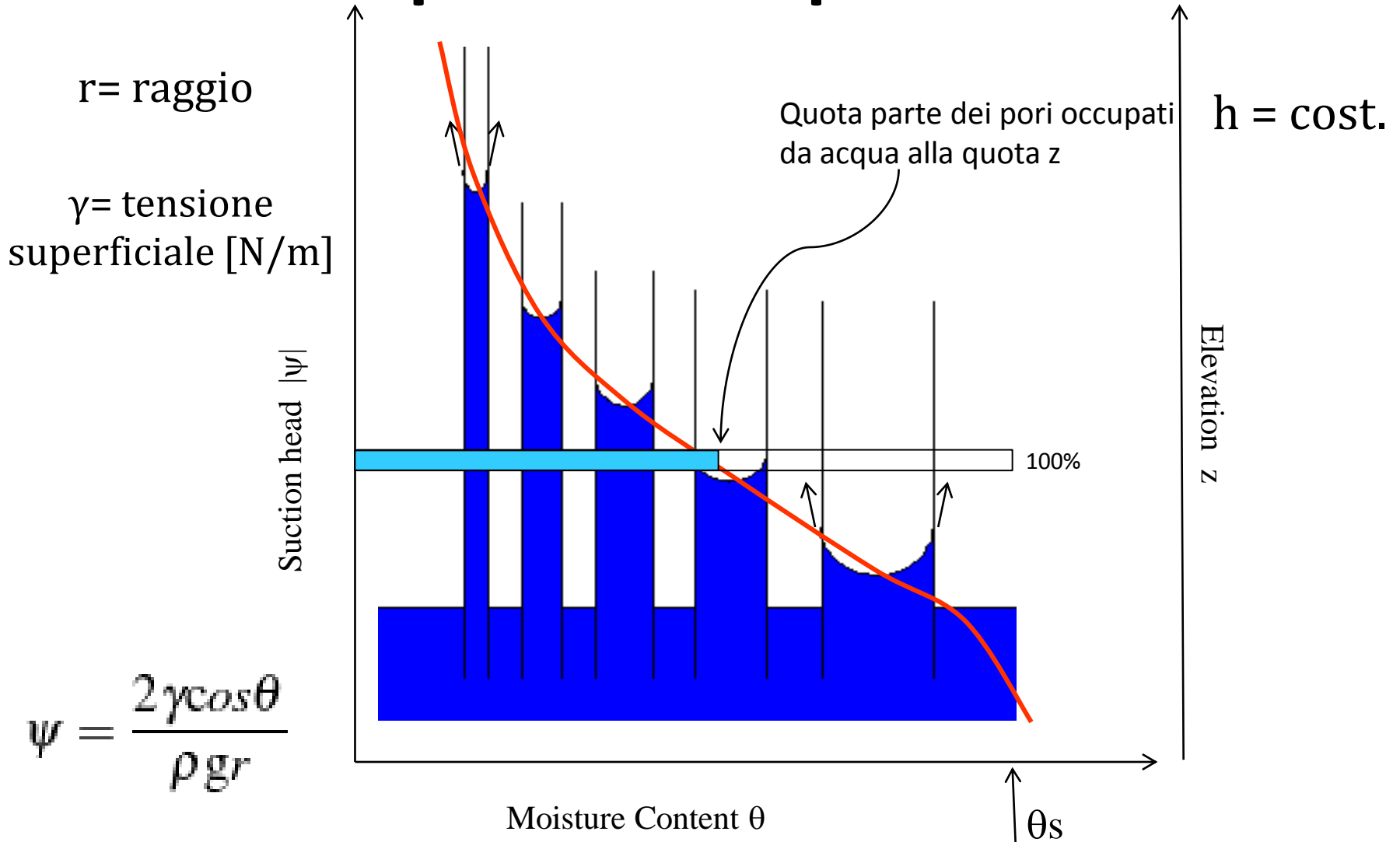


$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se } \psi < 0 \\ \Downarrow \\ h = z + \frac{P}{\gamma} = h = z + \psi \end{array} \right.$$

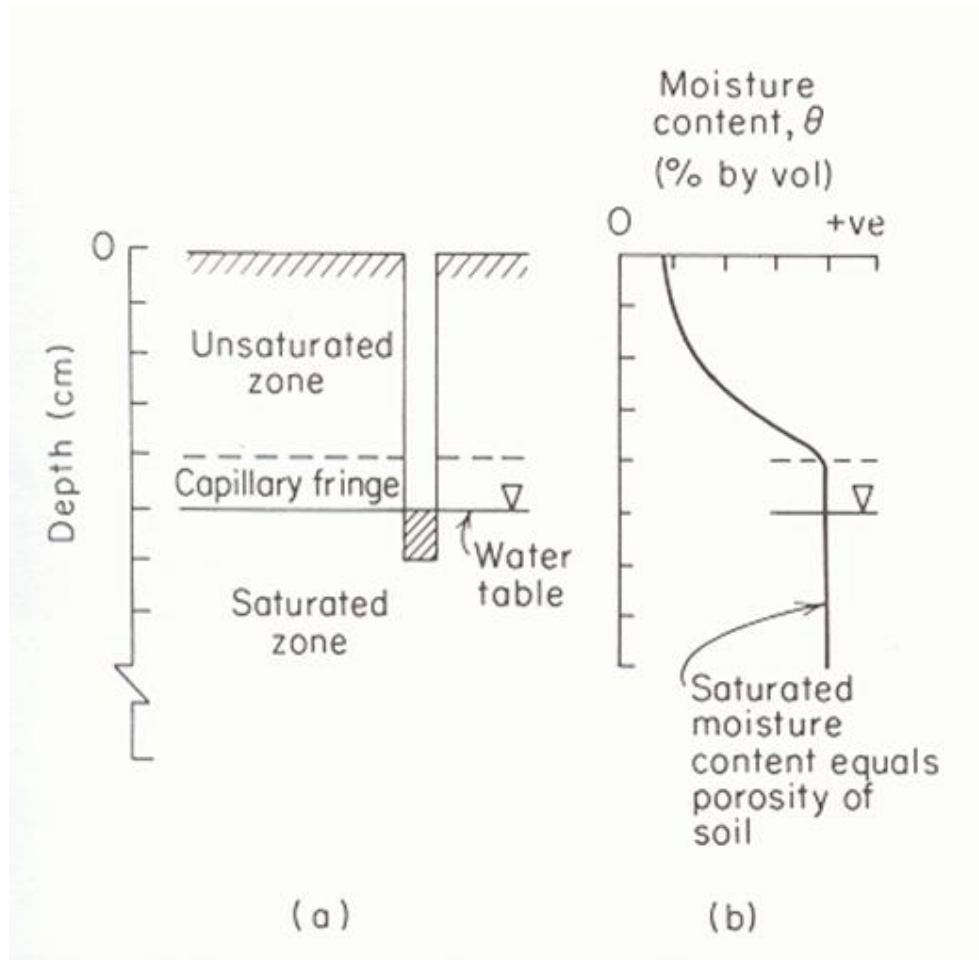
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{P}{\gamma} = 0 \\ \psi = 0 \implies h = z \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se } \psi > 0 \\ \Downarrow \\ \text{carico } h = \text{cost.} \\ (\text{continuità idraulica}) \end{array} \right.$$

Il profilo di equilibrio



Relazione tra suzione e contenuto d'acqua

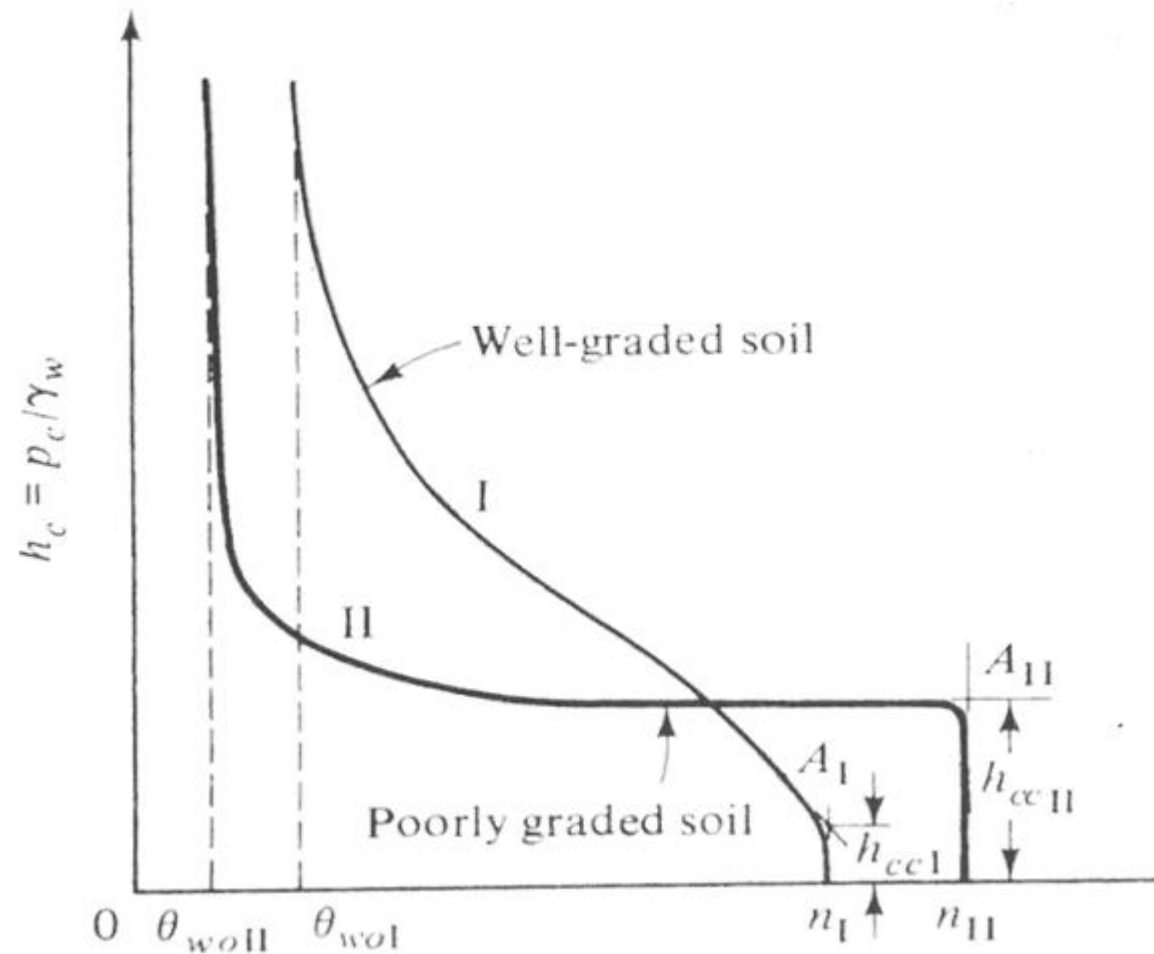


(da Freeze and Cherry, 1979)

La forma della curva di ritenzione idrica è funzione della distribuzione dei pori

Profili di equilibrio ($h=\text{cost}$)

Funzione di
tessitura e strutt.
di un suolo



Movimento (flusso) nel non saturo

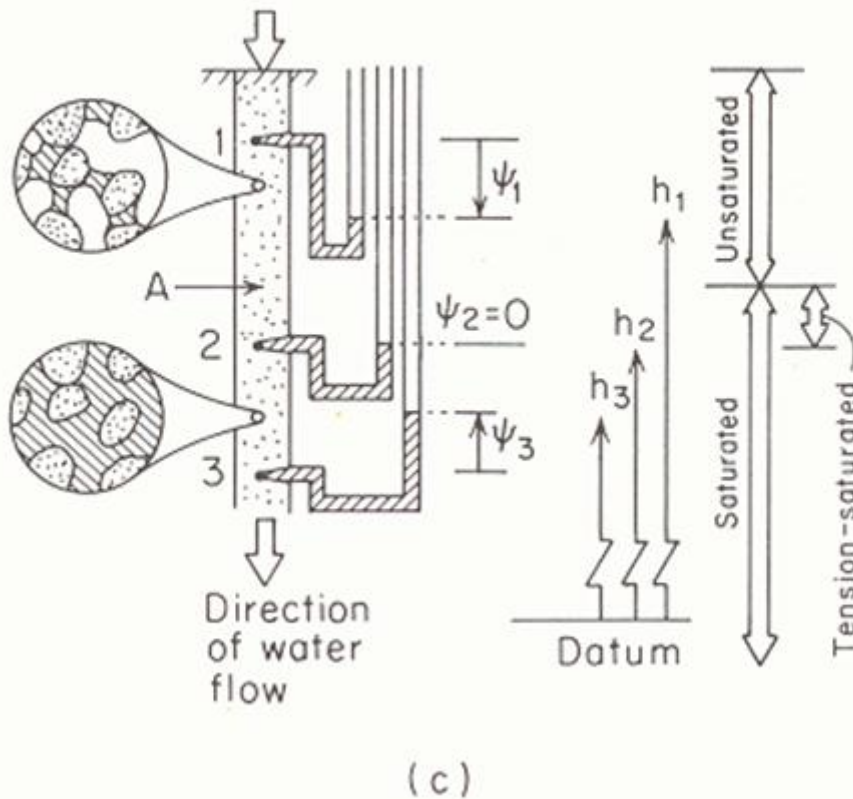
Nell'istituto per analogia:

$$\frac{Q}{A} = q = -k \frac{dh}{dL}$$

$$h = z + \psi$$

$$\frac{dh}{dL} = \text{grad. idraulico}$$

Il movimento va da h_1 a h_3



Relazioni q , k , $\text{grad}(h)$ nel non saturo

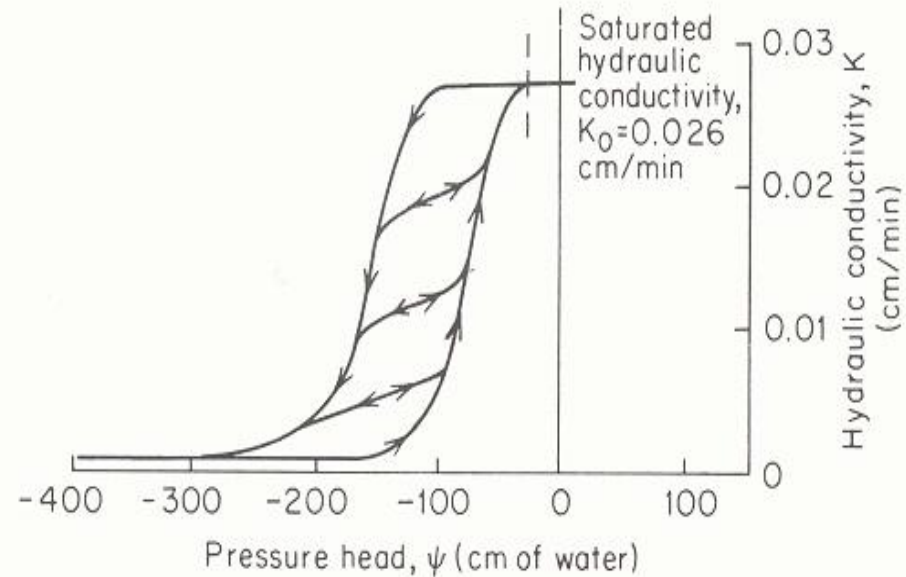
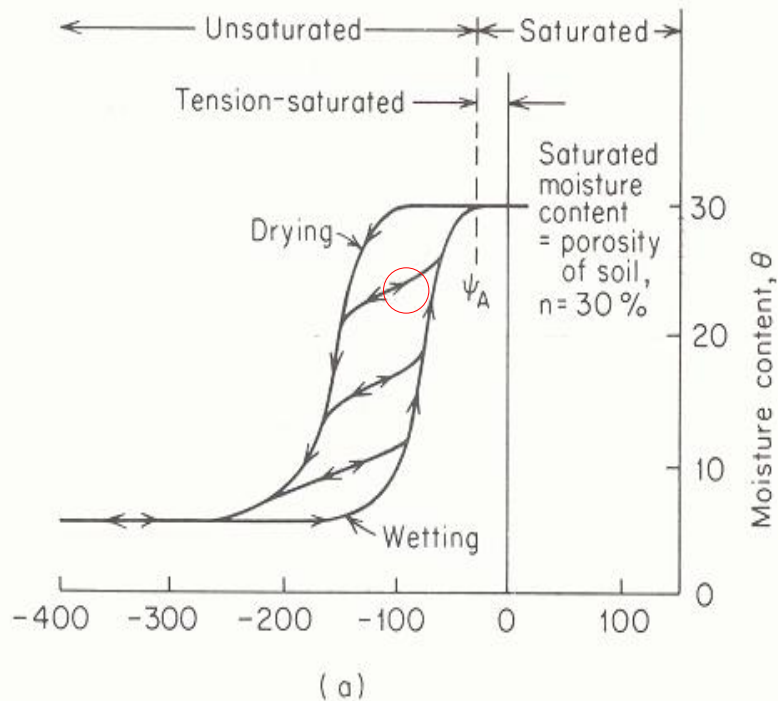
Se aumenta la sezione $\psi < 0$ e $|\psi| \uparrow$



diminuisce θ

A parità di $\Delta\psi$, per $|\psi|$ grande, $< k(\psi)$
(diminuisce l'area degli spazi occupati dall'acqua)

Curve di ritenzione idrica:

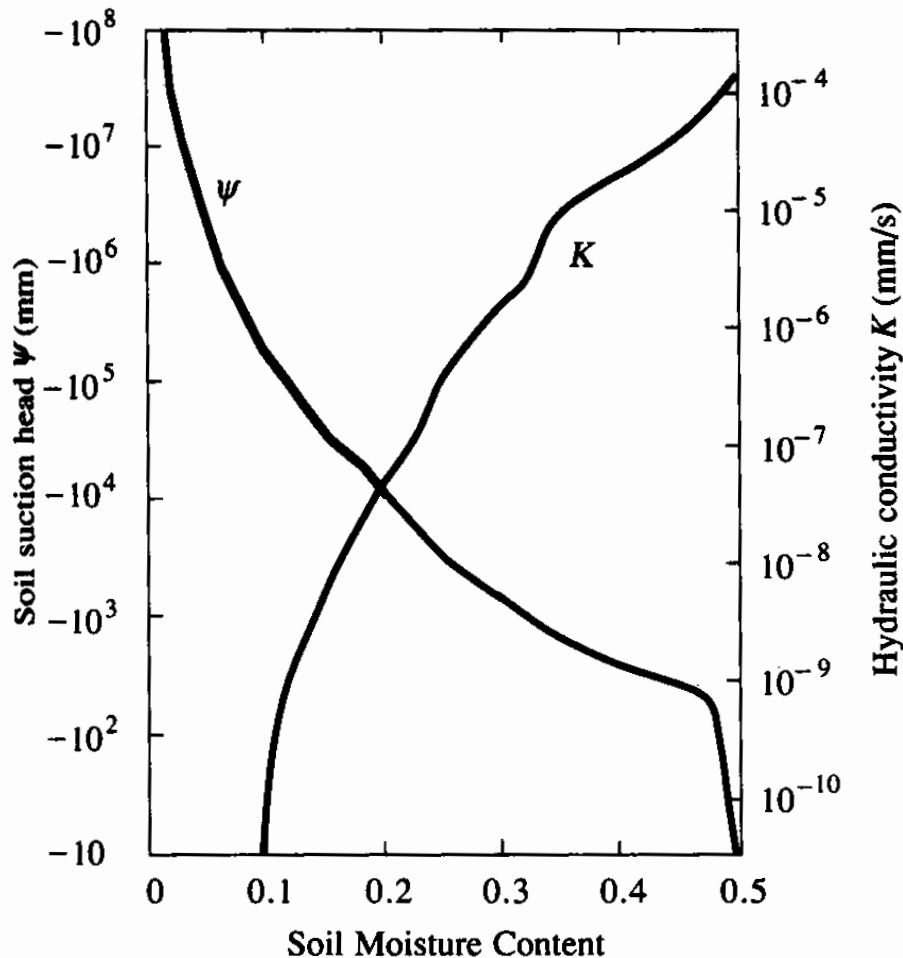


ψ_a = air entry tension

Porosità efficace = $n - \theta_r$

Grado di saturazione effettivo = $S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$

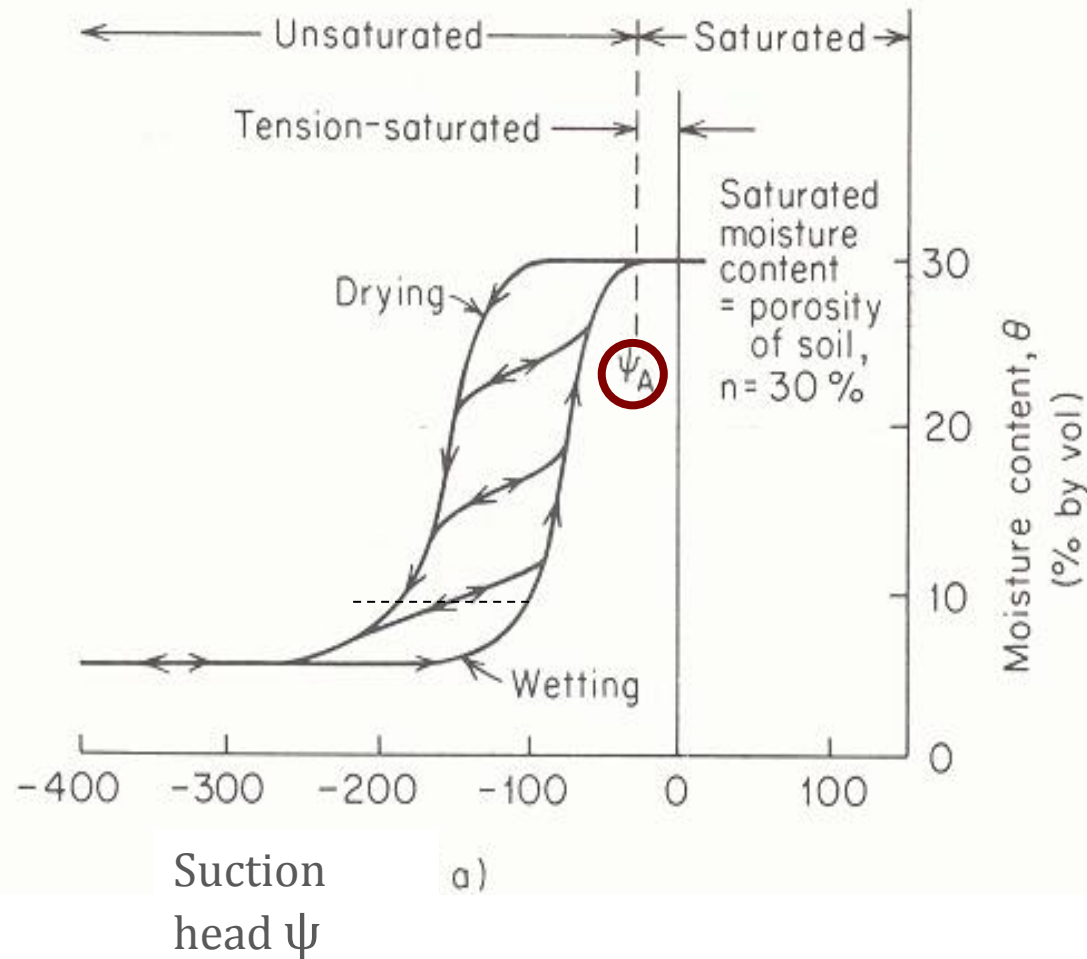
Acqua e suolo



\Rightarrow | θ | \Leftarrow Residual moisture content

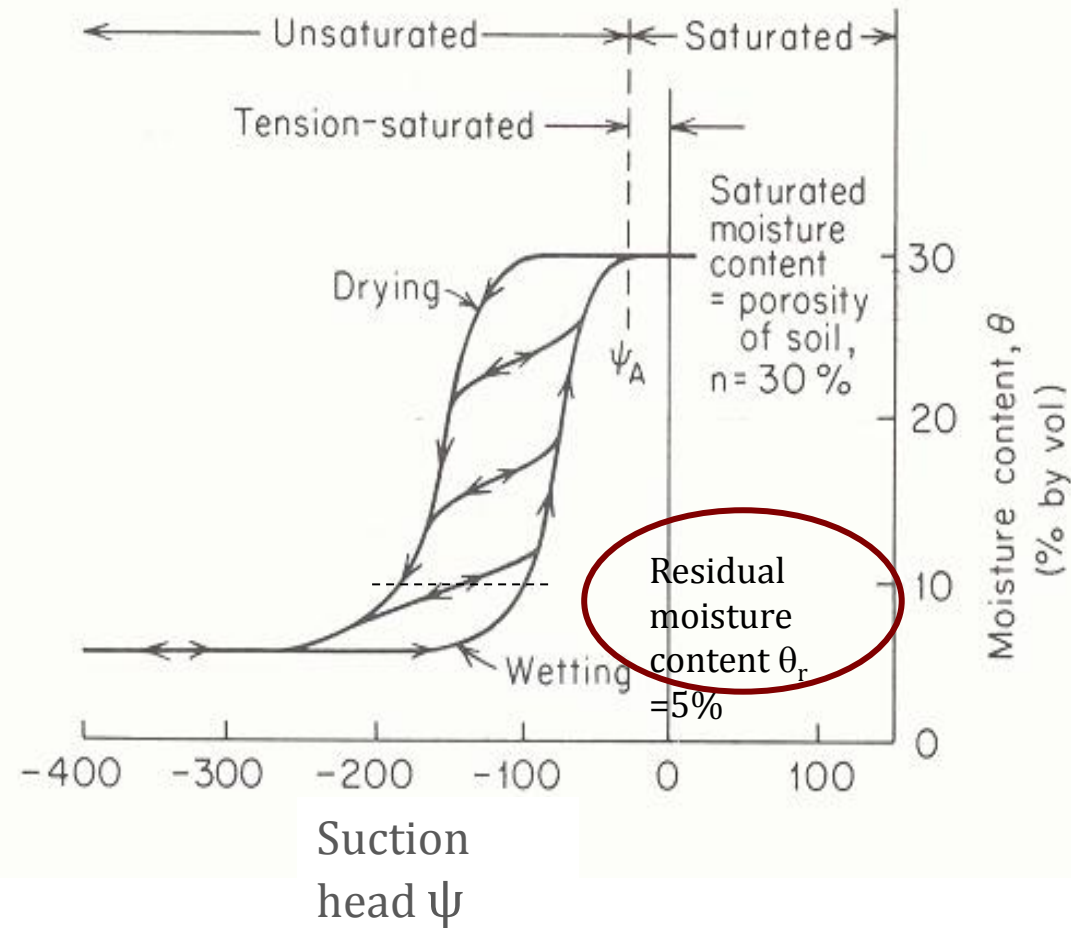
Questa rappresentazione
dà meno luogo ad isteresi
(solo $k(\theta)$)

$$\theta_r \quad (k \rightarrow 0)$$



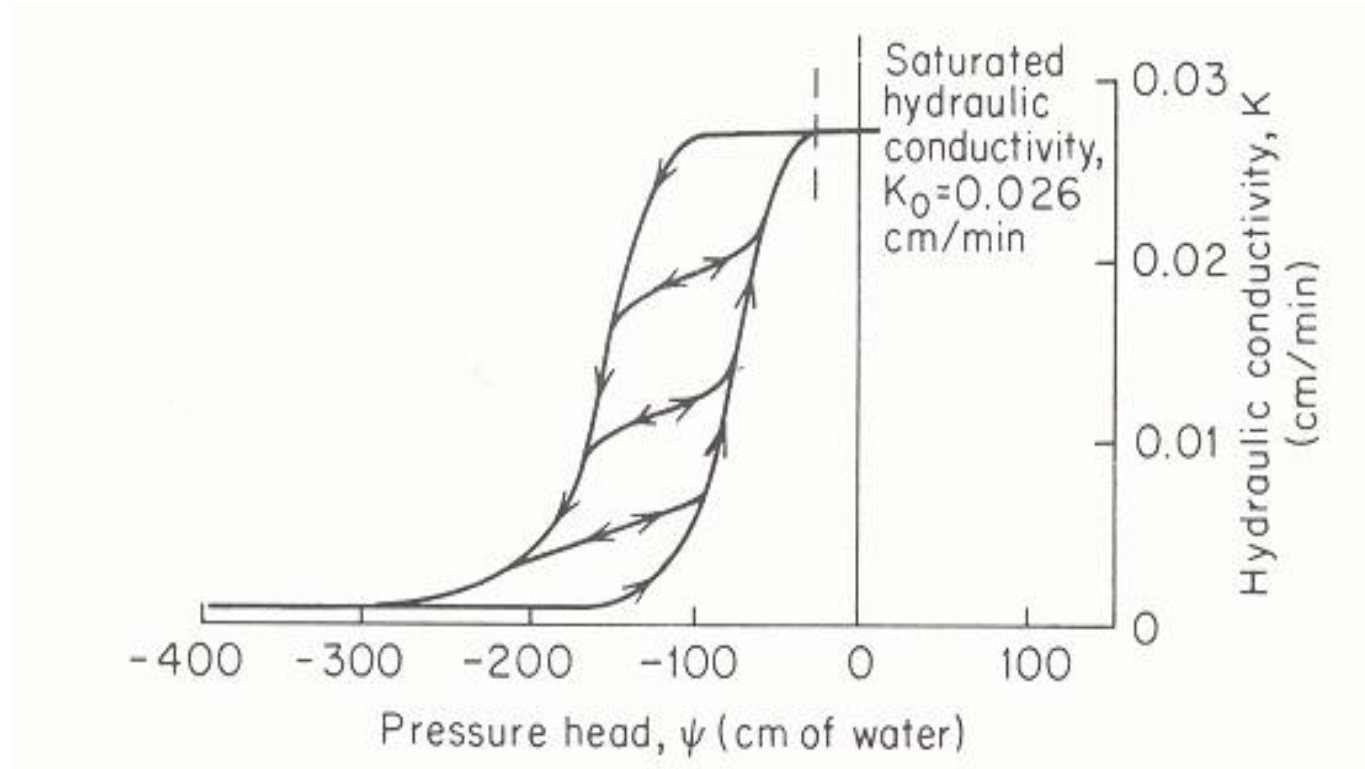
Curve caratteristiche (ritenzione idrica) θ - ψ

(from Freeze and Cherry, 1979).



Curve caratteristiche (ritenzione idrica) θ - ψ

(from Freeze and Cherry, 1979).



Curve caratteristiche (ritenzione idrica) K - ψ

(from Freeze and Cherry, 1979).

Forme parametriche delle curve di ritenzione

$$\text{Grado di saturazione effettivo} = S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

Brooks and Corey (1966)

$$|\psi(S_e)| = |\psi_a| S_e^{-b}$$

$$K(S_e) = K_{sat} S_e^c$$

Clapp and Hornberger (1978)

$$|\psi(\theta)| = |\psi_a| \left(\frac{\theta}{n}\right)^{-b}$$

$$K(\theta) = K_{sat} \left(\frac{\theta}{n}\right)^c$$

van Genuchten (1980)

$$|\psi(S_e)| = \frac{1}{\alpha} (S_e^{-1/m})^{1-m}$$

$$|K(S_e)| = K_{sat} S_e^{1/2} (1 - (1 - S_e^{1/m})^m)^2$$

Clapp and Hornberger (1978) parameters for Soil Moisture Characteristic functions. Values in parentheses are standard deviations.

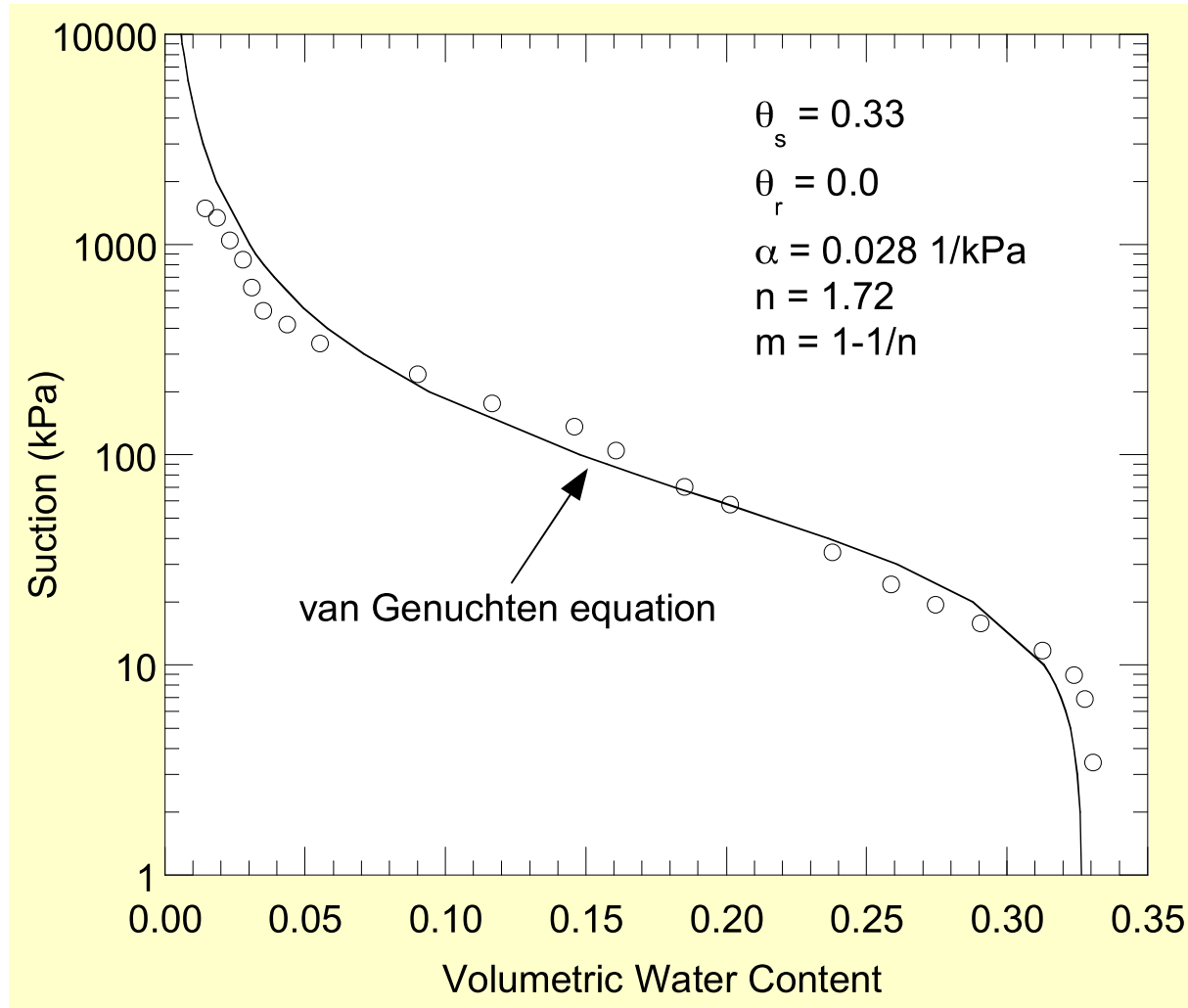
Soil Texture	Porosity n	K_{sat} (cm/hr)	$ \psi_a $ (cm)	b
Sand	0.395 (0.056)	63.36	12.1 (14.3)	4.05 (1.78)
Loamy sand	0.410 (0.068)	56.16	9 (12.4)	4.38 (1.47)
Sandy loam	0.435 (0.086)	12.49	21.8 (31.0)	4.9 (1.75)
Silt loam	0.485 (0.059)	2.59	78.6 (51.2)	5.3 (1.96)
Loam	0.451 (0.078)	2.50	47.8 (51.2)	5.39 (1.87)
Sandy clay loam	0.420 (0.059)	2.27	29.9 (37.8)	7.12 (2.43)
Silty clay loam	0.477 (0.057)	0.612	35.6 (37.8)	7.75 (2.77)
Clay loam	0.476 (0.053)	0.882	63 (51.0)	8.52 (3.44)
Sandy clay	0.426 (0.057)	0.781	15.3 (17.3)	10.4 (1.64)
Silty clay	0.492 (0.064)	0.371	49 (62.0)	10.4 (4.45)
Clay	0.482 (0.050)	0.461	40.5 (39.7)	11.4 (3.7)

based on analysis of 1845 soils.

Forme parametriche della conducibilità idraulica

equazione	autori
$K(\phi_m) = \frac{a}{\phi_m}$	Baver, Gardner e Gardner, 1972
$K(\phi_m) = K_s / [1 + (\phi_m / \phi_c)^n]$	Gardner, 1958
$K(\phi_m) = K_s / [b + \phi^n]$	Childs e Collis-George, 1950[?] b
$K(\theta) = a\theta^n$	Marshall and Holmes, 1979
$K(\theta) = K_s S_e^n$	Brooks e Corey
$K(\theta) = K_s \exp(a\phi)$	Mualem, 1976
$K(\theta) = K_s \sqrt{S_e} [1 - (1 - S_e)^{1/m}]^m]^2$	Van Genuchten, 1980
$K(S) = K_s S_e^c$	Clapp e Hornberger

Forme parametriche della curva di ritenzione



Contenuto d'acqua per uso agricolo

Al cessare del drenaggio \rightarrow (24/72 ore dopo $\Delta\theta$)

θ_{fc} at FIELD CAPACITY ($\psi = -340$ cm app.)

k non è proprio \emptyset mentre $\theta_r \implies k = 0$

θ_{wp} PERM. WILTING POINT (punto appass. permanente) $\psi = -15000$ cm

Contenuto d'acqua per uso agricolo

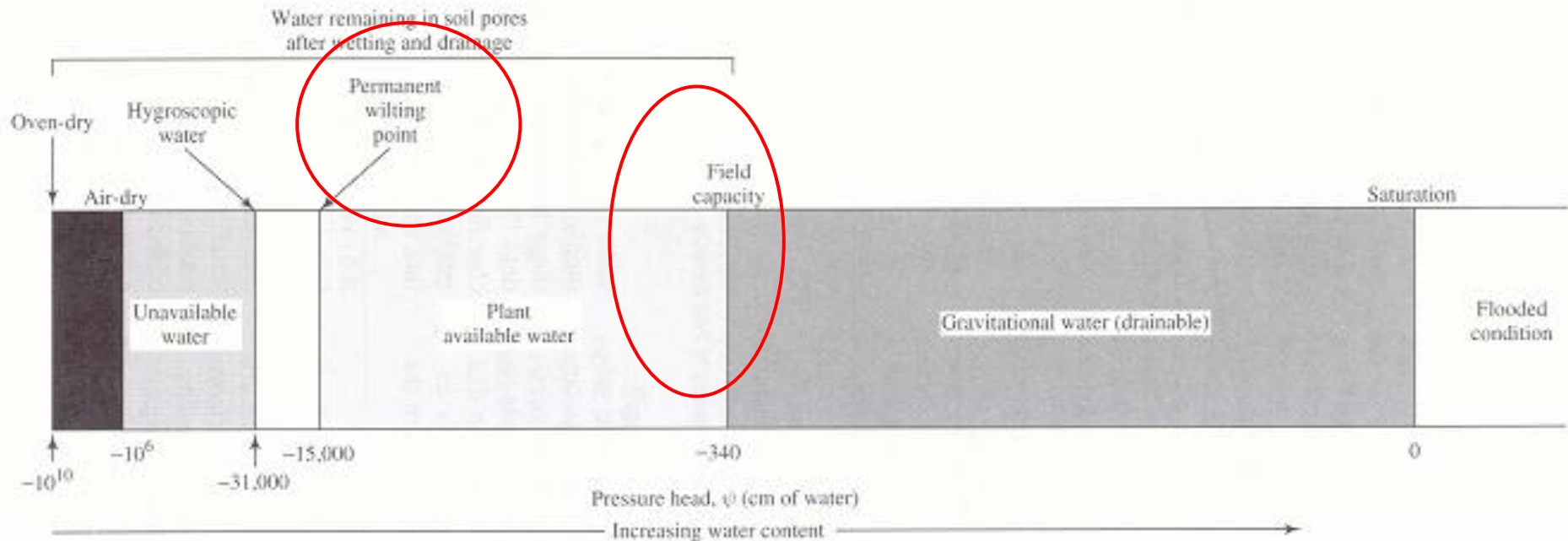
$$\theta_{fc} - \theta_{wp} = \text{CAPACITA' POTENZ. IDRICA} = \text{A.W.C.}$$

$$\text{Drainable porosity} = n - \theta_{fc} = nd$$

θ_r non è legato all'azione delle piante; θ_{wp} sì

Suolo nudo $\rightarrow \theta < \theta_{fc}$ solo per
asciugatura/evaporazione

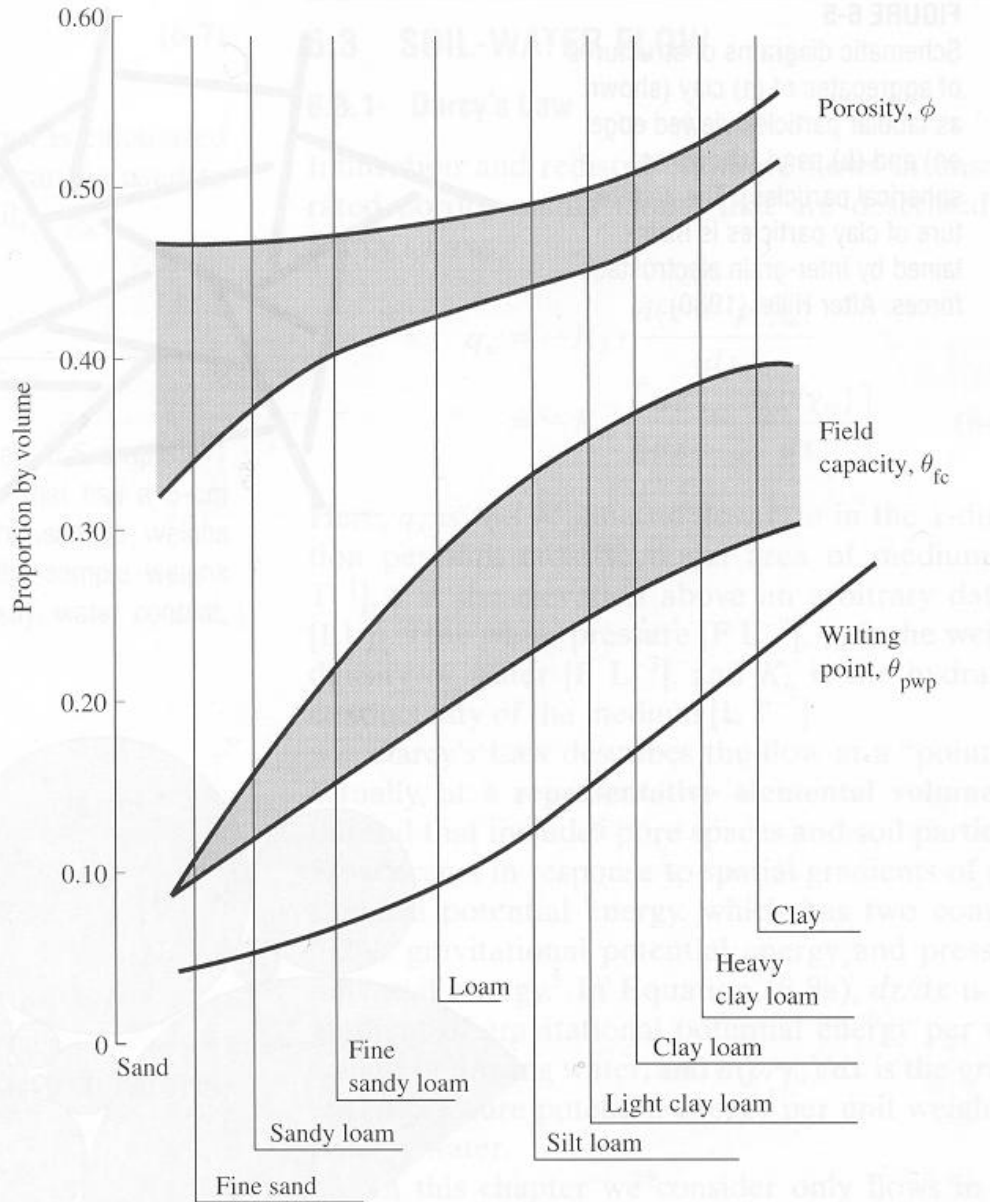
$\theta_{wp} < \theta < \theta_{fc} \rightarrow$ curva k_s per Penman-Monteith



Soil-water status as a function of pressure (tension).

Natural soils do not have tensions exceeding about -31000 cm;
in this range water is absorbed from the air. [from Dingman, 1994]

Acqua e suolo



Porosità, capacità minima di ritenzione (field capacities), e punto di appassimento (permanent wilting points) per suoli con diverse granulometrie.
(da Dunne e Leopold, 1978)