



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI AGRARIA

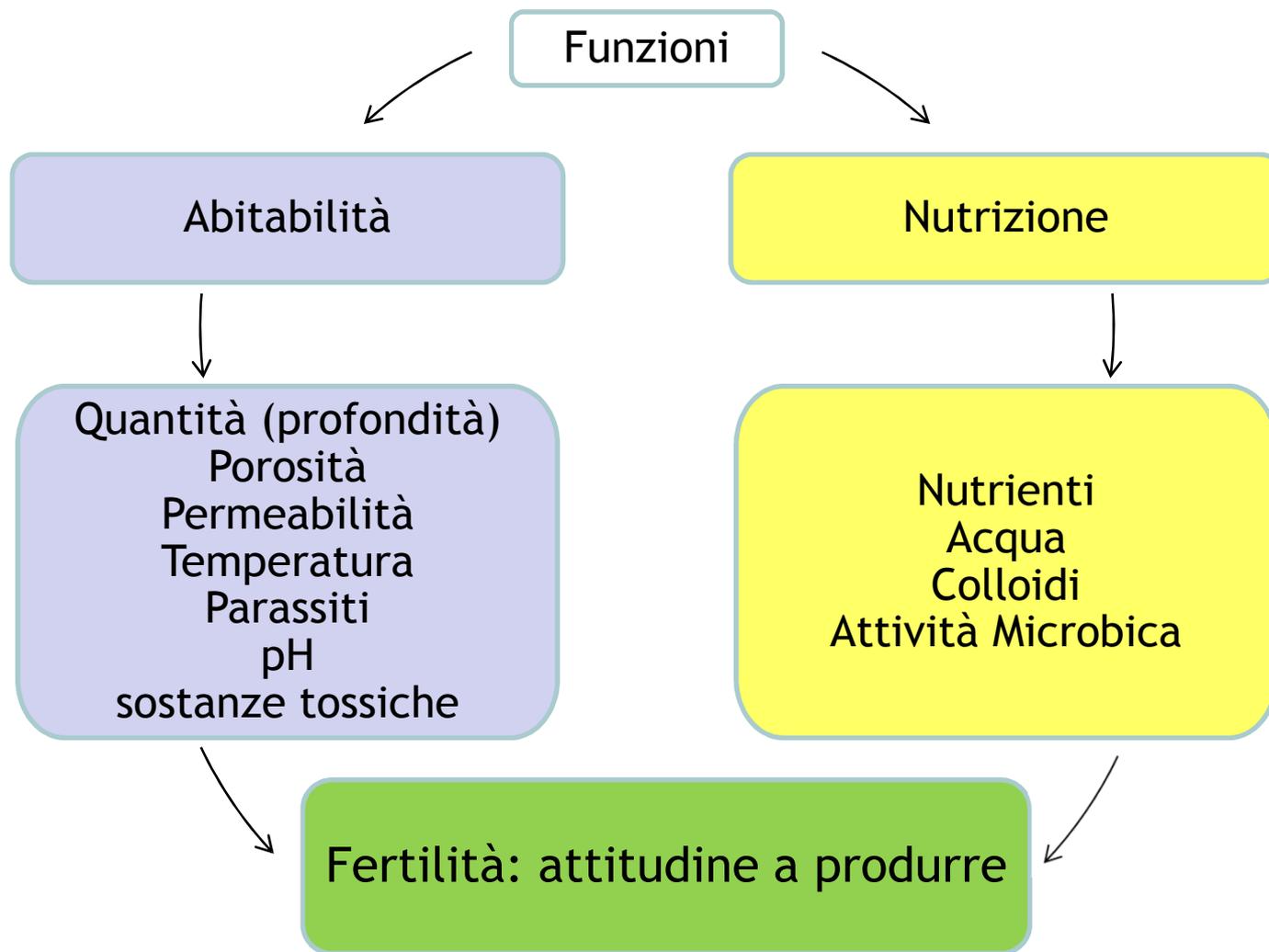


IL TERRENO

Marco Acutis

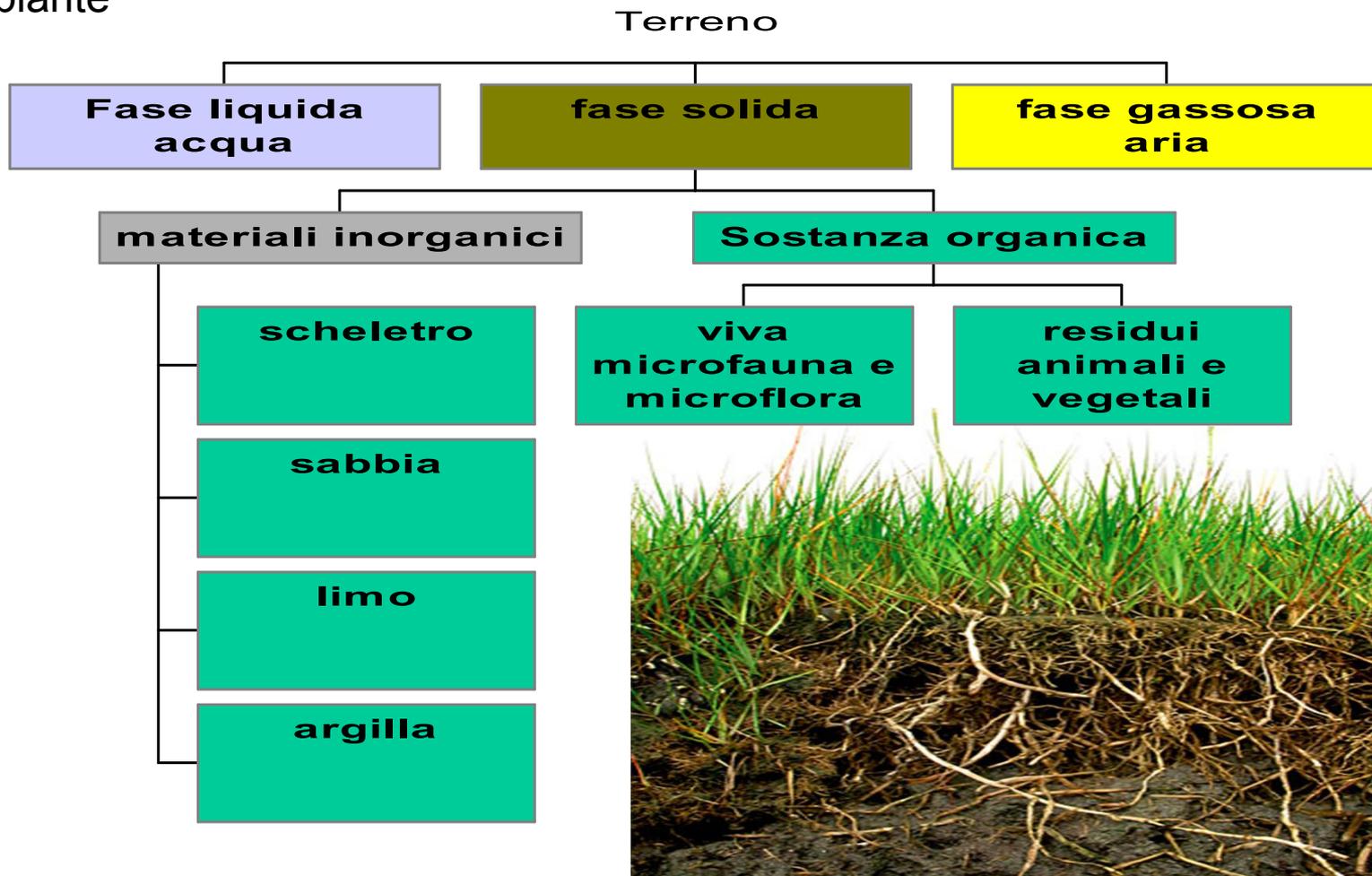
Corso di studi in Produzione e Protezione delle Piante e dei Sistemi del Verde

Il Terreno

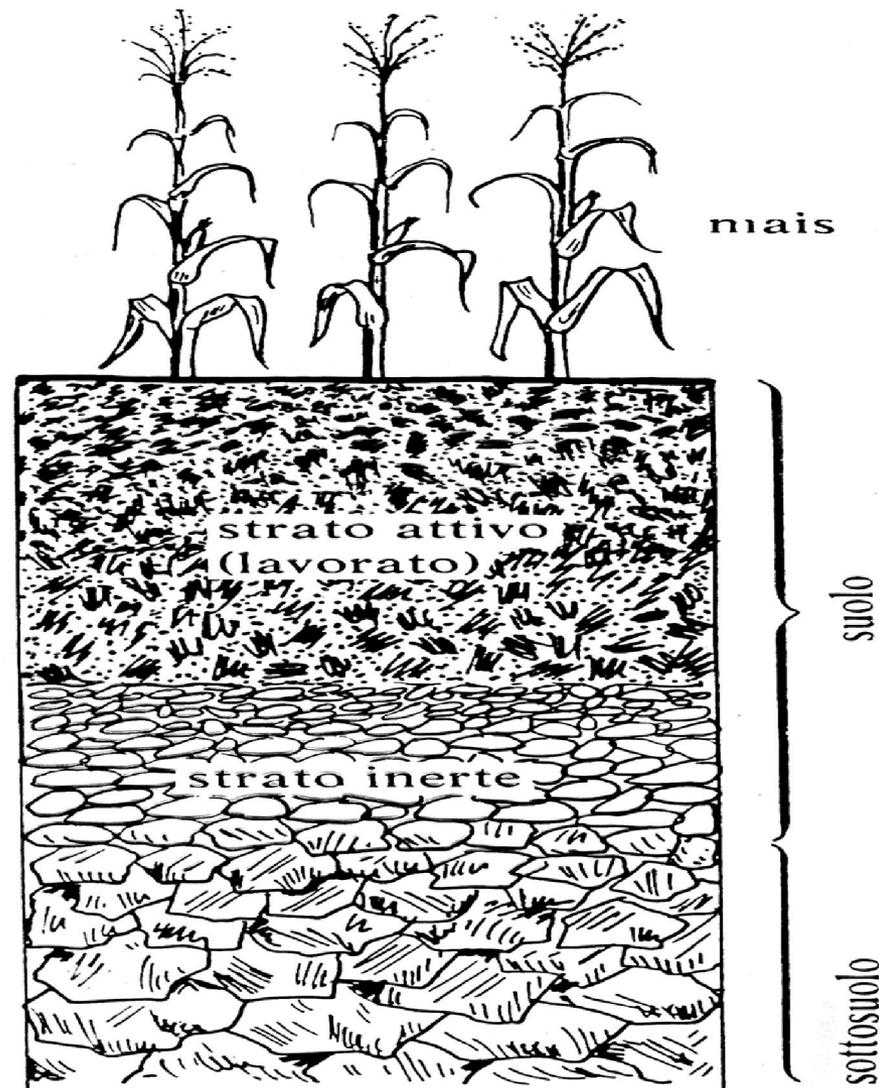
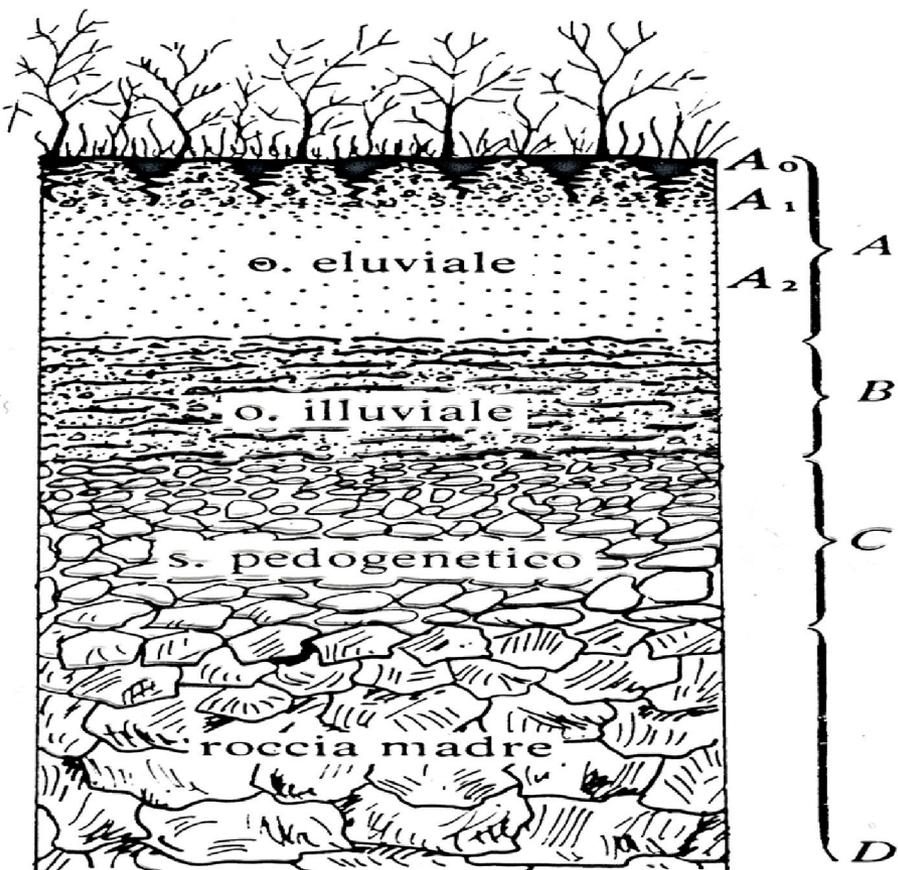


Il Terreno

- E' lo strato superficiale della crosta terrestre capace di ospitare la vita delle piante

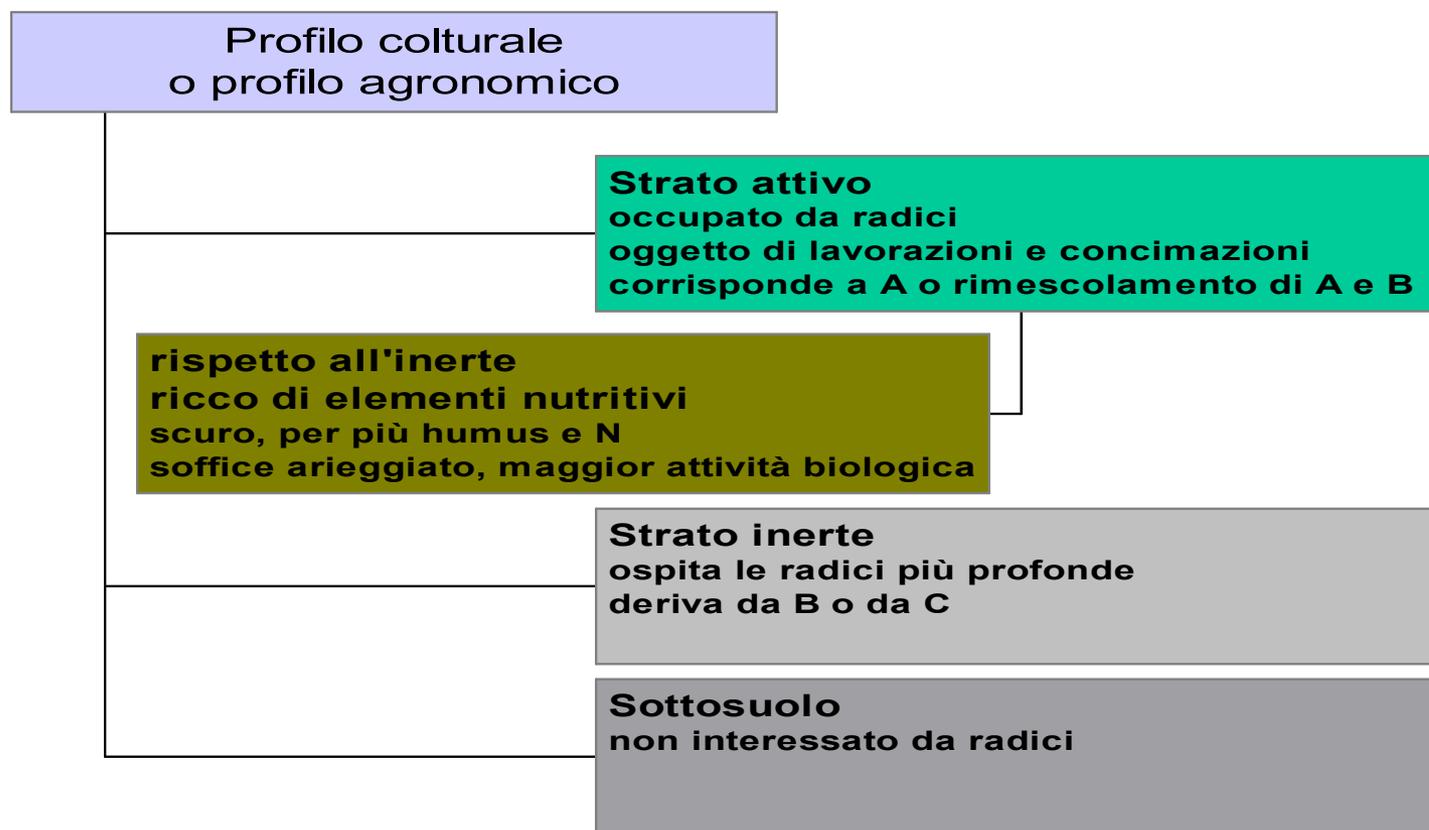


Il profilo del Terreno



Terreno Agrario

- Differisce da quello naturale per l'intervento umano:
 - asportazione dei prodotti, riduzione della sostanza organica
 - lavorazioni (la più importante modifica alla stratigrafia)
 - concimazioni e irrigazioni (input supplementari)



Strati di inibizione

- Talvolta sono presenti nel profilo strati che inibiscono lo sviluppo radicale



- Strati di inibizione agronomici**

- Crostone: deposito di CaCO_3 al limite di percolazione delle acque (Puglie, Veneto)
- Ferretto: concrezioni ferruginose per illuviazione
- Cappellaccio: tufi impermeabili in Campania e Lazio
- Crostone di lavorazione: specialmente in terreni argillosi, per la pressione del tallone dell'aratro, usato erroneamente sempre alla stessa profondità



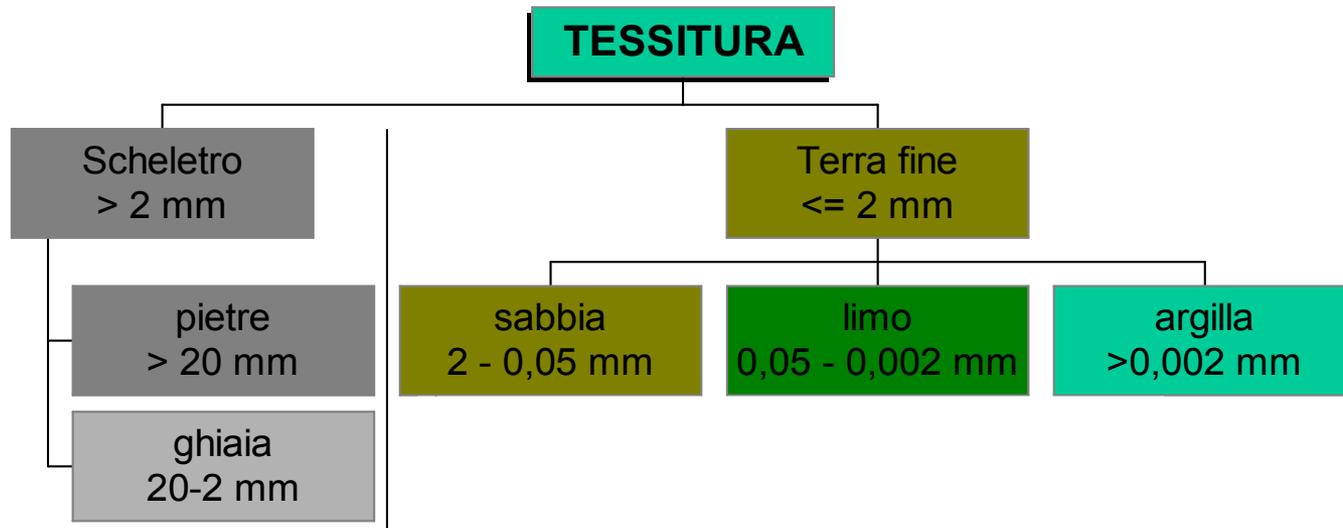
La tessitura

Detta anche composizione granulometrica

E' la ripartizione in funzione della dimensione dei costituenti minerali (% in peso)

Molte proprietà del suolo dipendono da essa.

Conoscerla è indispensabile, ma non sufficiente per caratterizzare un terreno

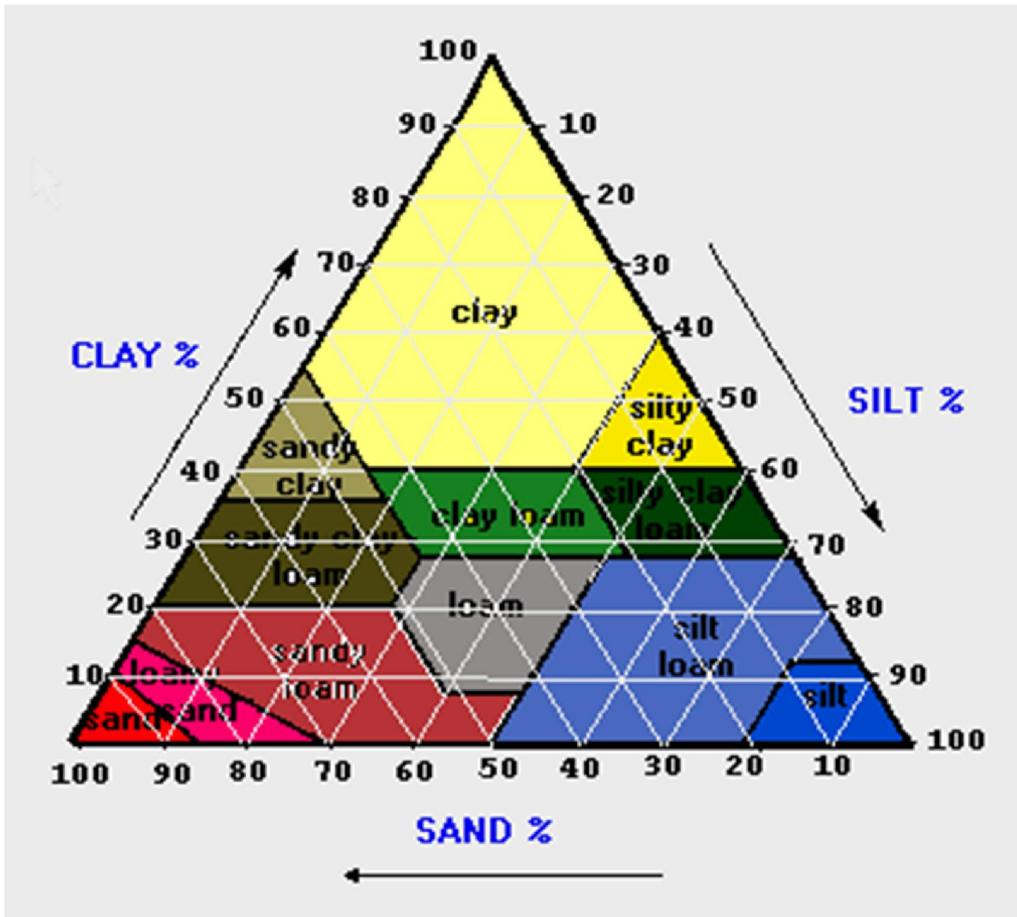


**Classificazione
USDA**



Classificazione granulometrica

Il triangolo granulometrico



Il triangolo granulometrico consente una classificazione del terreno in funzione della composizione della terra fine (classificazione USDA)

Sand = sabbia

Silt= limo

Clay = argilla

Loam=di grana media (vecchio termine *franco*)

Clay = argilla

Attenzione: in inglese c'è prima l'aggettivo del nome.

In italiano viceversa es: Sandy clay = argilloso-sabbioso

Oltre alla classificazione granulometrica

Quando prevale una caratteristica di natura chimica e/o fisica, oltre alla classificazione granulometrica, si utilizzano termini che meglio descrivono il profilo di suolo in esame

Calcare tra 10 e 20% = calcareo dopo (es argilloso-calcareo)

calcare > 20% = calcareo prima (es calcareo-argilloso)

sost. organica tra 5 e 10% = umifero dopo (es argilloso-umifero)

sost. organica > 10% = umifero prima (es: umifero-argilloso)

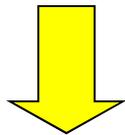
scheletro > 40% = pietroso o ciottoloso



Scheletro

Sottrae volume al terreno:

- minor disponibilità di acqua e elementi nutritivi
- impedimento allo sviluppo delle radici
- difficoltà di lavorazione
- siccome in genere molto scheletro si accompagna a tessitura grossolana, alta permeabilità



Spietramento (talvolta)

Funzioni e caratteristiche delle frazioni granulometriche

Sabbia

- Povertà chimica per ridotte superfici di scambio
- Scioltezza e facilità di lavorazione
- forte drenaggio
- elevato arieggiamento: rapida mineralizzazione della sost. organica.
- non trattiene i fertilizzanti
- incoerente: facile erodibilità
- rapido riscaldamento
- facile accesso ai campi



Funzioni e caratteristiche delle frazioni granulometriche

Limo

- Polverosi allo stato secco
- fangosi allo stato umido
- Terreni generalmente poco strutturati,
- Le particelle di limo tendono ad intasare la macroporosità quindi bassa permeabilità
- poveri di elementi nutritivi
- formano croste superficiali e zolle dure
- freddi
- produttivi se con buone concimazioni organiche e chimiche

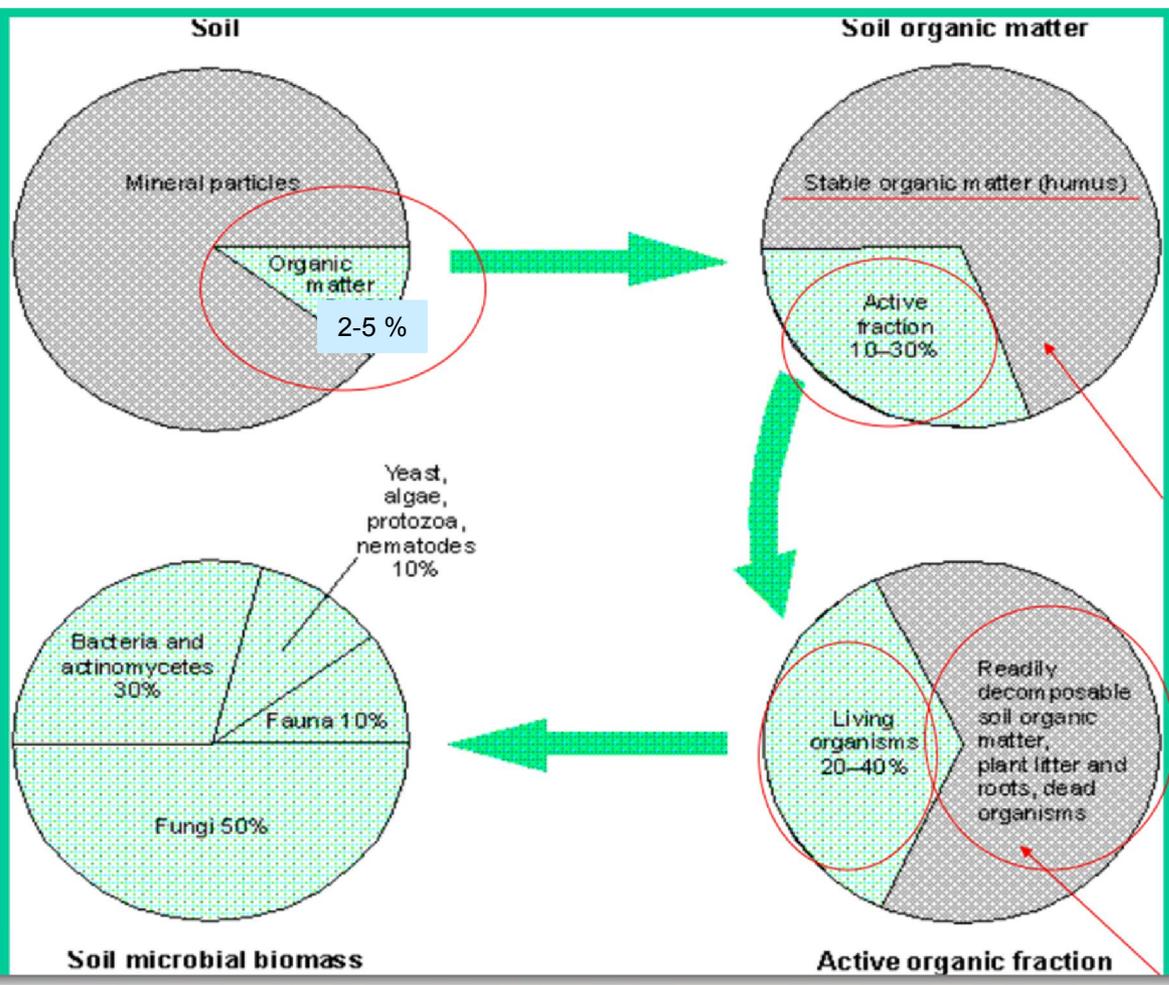


Argilla

- pesanti
- di difficile lavorazione
- elevata dotazione di elementi nutritivi
- riserve idriche buone
- molto produttivi, ma difficili da gestire al meglio

Il Terreno: sostanza organica

La sostanza organica del terreno si esprime in percentuale; si stima a partire dalla quantità di carbonio presente nel terreno ($C.O. = S.O. / 1,724$)



Humus: sostanza organica stabile. Deriva da molecole organiche trasformate, non riconducibili alle classi di composti organici noti

Componente labile della sostanza organica, prontamente decomponibile dalla massa microbica

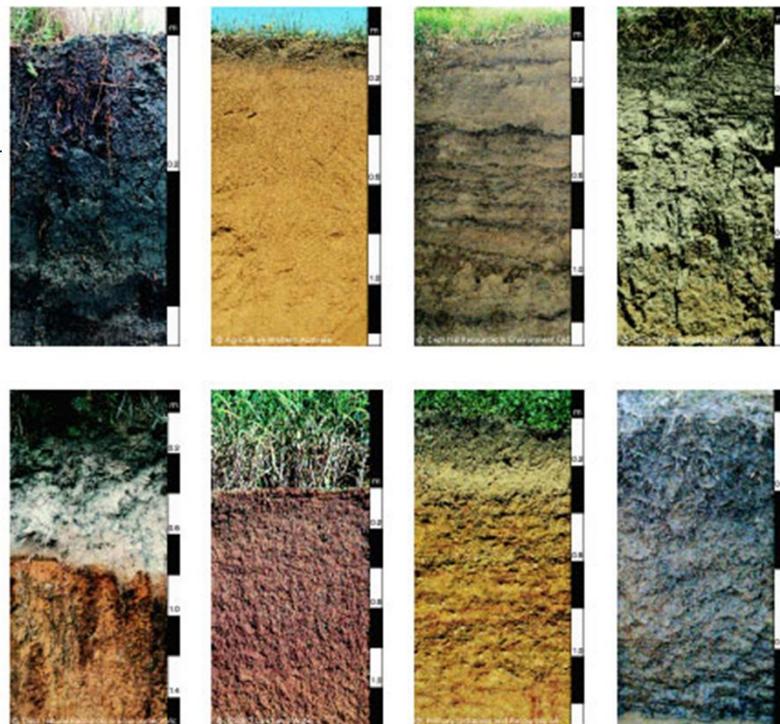
Il Terreno: capacità di scambio cationico (CSC) (meq/100g) (cmol/Kg)

- È la quantità di ioni scambiabili, presenti sulla superficie della matrice colloidale. Valore ottimale tra 10 e 20 meq/100g
- caratteristica legata alla presenza della componente colloidale, sia minerale (argille) sia organica (humus), aventi un'estesa area superficiale con cariche prevalentemente elettronegative. Le cariche negative sono solitamente neutralizzate da **ioni positivi (cationi)** trattenuti elettrostaticamente sulla superficie dei colloidi del terreno.
- ioni normalmente adsorbiti ai siti negativi sono Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H_3O^+ , Al^{3+} .
- quanto più estesa è la superficie colloidale, tanto maggiore sarà la CSC
- equilibrio dinamico con ioni presenti nella soluzione circolante
- I cationi Calcio, Magnesio, Potassio e Sodio insieme costituiscono le **basi di scambio**. Il rapporto tra le basi di scambio e la CSC indica il **grado di saturazione in basi (GSB)**.

Profondità del terreno

- Detta anche spessore o potenza del terreno
- Un terreno profondo è vantaggioso in quanto:
 - meno esigente per concimazione e irrigazione
 - idoneo a tutte le colture (erbacee, arboree)
 - idoneo ad alti investimenti colturali

In genere presenti nelle zone alluvionali (es Pianura Padana); i superficiali in collina e montagna



Classificazione FAO della profondità dei terreni

tipo	Profondità m	Indice di potenzialità
Molto sottile	<0,3	20
Sottile	0,3-0,6	50
Abbastanza profondo	0,6-0,9	80
Profondo	0,9-1,2	100



Caratteristiche terreni

Giudizi relativi, validi solo per terreni medio-profondi e profondi

	Sost. Org	Acqua	Azoto		Fosforo	Potassio	Lavorabilità	Temperatura
			contenuto	diponibilità	disponibilità			
sabbiosi	bassa	bassa	bassa	alta	variabile	bassa	ottima	caldo
limosi	media	media	media	media	bassa	bassa	difficile	freddo
argillosi	alta	alta	alta	bassa	alta	alta	difficile	medio



La Porosità

- Il terreno può essere visto come un insieme di particelle solide che lasciano tra loro interstizi di forma e dimensione variabile. Il volume dei vuoti, in %, rappresenta la **porosità**.
- Dalla porosità dipendono:
 - movimenti dell'acqua nel suolo
 - movimenti dei gas
 - penetrazione delle radici
 - facilità di lavorazione
- Misura: la misura diretta della porosità è difficile.
Si misura, in genere, la **massa volumica apparente** (o densità apparente) che corrisponde al **peso secco di un'unità di volume del suolo**, spazi vuoti compresi
La densità assoluta di un suolo (cioè il peso specifico, non considerando i vuoti) è abbastanza costante e vale 2,6 - 2,65 t m⁻³. Fanno eccezione terreni umiferi (perché l'humus ha densità reale di circa 1,2) e quelli fortemente ferrosi (l'ematite ha densità circa 5)
- Quindi la porosità si può calcolare:

$$(2.65 - \text{densità apparente})/2.65$$



Misura della densità apparente

- Si infigge nel terreno un piccolo cilindretto di volume noto (circa $0,1 \text{ dm}^3$). Si preleva il cilindro pieno di terreno e si rifilano i bordi con un coltello, si estrae il terreno, lo si essicca in stufa e lo si pesa.
- La densità varia per lavorazioni, azione del gelo, compattazione in seguito al passaggio di mezzi meccanici, ma non varia in funzione dell'umidità del suolo se non in presenza di argille rigonfiabili.

▪ Densità tipiche di alcuni terreni	
Sabbioso	$1,4- 1,5 \text{ t m}^{-3}$
limoso-sabbioso	$1,2-1,3 \text{ t m}^{-3}$
argilloso	1.2 t m^{-3}
umifero	1 t m^{-3}
grana media	$1,3 \text{ t m}^{-3}$



- Terreni leggeri: con questo nome si indicano i terreni sabbiosi perché facili da lavorare e **NON PER LA LORO DENSITA'**
- Terreni pesanti: argillosi e limosi

Dimensione dei pori

- MICROPOROSITA' o porosità capillare: è il volume totale dei pori con diametro <10 micron (μm). Trattengono l'acqua per capillarità, contro la forza di gravità.
 - MACROPOROSITÀ: è il volume totale dei pori con diametro >10 micron. L'acqua si allontana da essi, e vengono a costituire uno spazio per l'aria (macroporosità = capacità per l'aria)
- Terreno ideale: 60% microporosità, 40% macroporosità

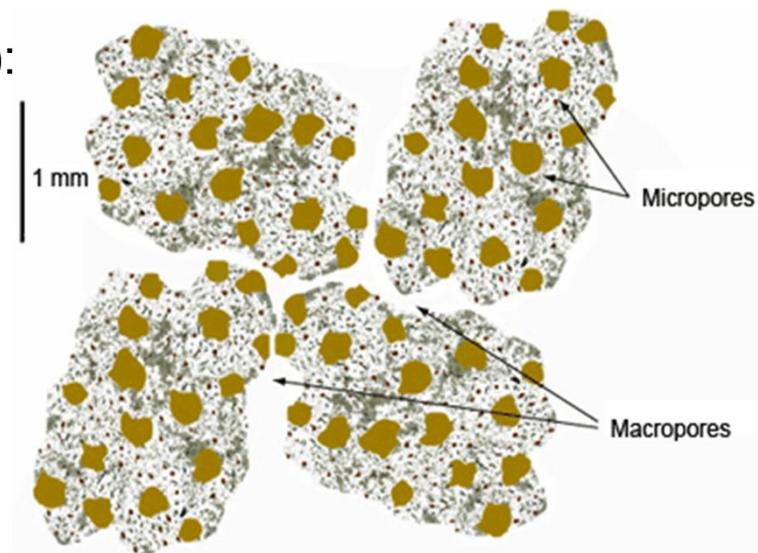
► **Troppa microporosità** (tipica di terreni limosi):

- Troppa acqua nel suolo=asfissia
- Ristagni idrici
- Denitrificazione
- Difficoltà di infiltrazione dell'acqua
- Difficoltà penetrazione radici

► **Troppa macroporosità**:

- Scarsa disponibilità di acqua
- Infiltrazione veloce con trasporto di elementi verso la falda
- Eccessivo arieggiamento, rapida mineralizzazione della sostanza organica

Scopo delle lavorazioni creare un buon equilibrio tra macro e microporosità.

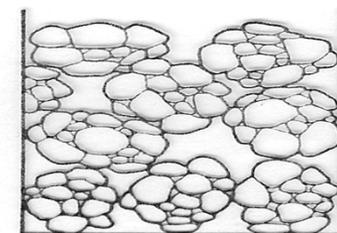
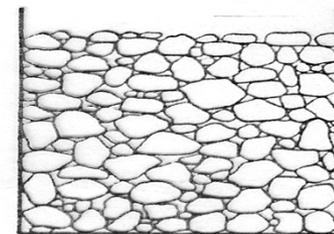


La Struttura

- E' l'aggregazione spaziale delle particelle solide di terreno.
- La formazione di aggregati è possibile grazie ai cementi: argille, humus, complessi argillo-humici, azione pedofauna (lombrichi).

TIPI DI STRUTTURA:

- ▶ **Granulare** o strato **astrutturato**: terreno che assume lo stato di massimo assestamento. Problema in terreni limosi e argillosi.
- ▶ Struttura **compatta**: formazioni di blocchi, con l'argilla dispersa
- ▶ Strutture **frammentate**: le altre particelle sono collegate da argilla o humus a formare aggregati di forma varia. Si riconoscono strutture **prismatiche**, **cubiche** e **sferiche**; tra queste la **glomerulare** è la più favorevole; i diametri sono tra 1 e 5 mm.



AGISCONO SULLA STRUTTURA:

Lavorazioni

Gelo e disgelo

Vegetazione

Variazioni del contenuto
in acqua del terreno

Fauna terricola

Ioni deflocculanti (Na)
e flocculanti (Ca)

Sostanza
organica



La Struttura: le proprietà delle argille

- Sono quelle dei colloidi elettronegativi:
 - **Idrofilia**: l'acqua può penetrare tra le argille disposte a foglietti, che possono rigonfiarsi. Ne deriva plasticità, adesività, rigonfiabilità
 - **Dispersibilità**. I colloidi possono presentarsi allo stato disperso, formando una miscela omogenea con l'acqua, si hanno terreni con struttura compatta.
 - **Flocculazione** Se uno ione positivo neutralizza le loro cariche elettriche negative, tendono a aggregarsi e a flocculare

Flocculazione

Separazione dei colloidi dall'acqua

Aggregazione attorno a elementi sabbiosi

Formazione di una struttura (meno adesività, facili lavorazioni)

OCCORRE ANCHE L'HUMUS PER UN'AGGREGAZIONE STABILE



La Struttura e gli agenti climatici

- Alternanza di essiccamento e umettamento nei terreni argillosi creano tensioni interne e dividono gli aggregati
- **Gelo e disgelo:**
 - su suolo umido: cristalli di ghiaccio che sollevano il suolo, in particolare in suoli calcarei (il calcare contiene molta acqua), positivo per struttura, negativo per scalzamento piante
 - su suolo asciutto: numerose e piccole fessure, disgelo piovoso, suolo mal drenato: disgelo fangoso, con distruzione degli aggregati (terreni lavorati troppo finemente); se non ci sono ristagni la pioggia non annulla la struttura.



La Struttura e esseri viventi

Raggrumano il terreno suddividendolo e cementandolo con sostanza organica

Lombrichi: non tollerano acidità e povertà di Ca, secco e ristagno; con le gallerie orizzontali e verticali migliorano drenaggio e aerazione; l'aggregazione avviene nel tubo digerente

Batteri, funghi: attivi in presenza di buona ossigenazione, in profondità fermentazioni anaerobiche con acidi organici dannosi per la struttura

Radici: il mezzo più efficace per migliorare la struttura: frammentano i suoli massicci, agglomerano le particelle nei suoli sabbiosi



Batteri del suolo su ife fungine

La Struttura e lavorazioni

Positivo:

- formazione di macrozolle, poi aggregati ridotti dagli agenti atmosferici
- interrimento di sostanza organica

Negativo:

- ossidazione della sostanza organica
- polverizzazione degli aggregati per azione meccanica
- spappolamento in caso di umidità eccessiva

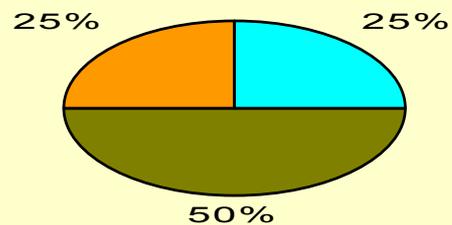
Dimensione degli aggregati

Aggregati zollosi	>4 mm
aggregati macrostrutturali	3 - 4 mm
aggregati strutturali (ottimali)	1 - 3 mm
aggregati microstrutturali	0,25 - 1 mm
aggregati astrutturali	<0,25 mm

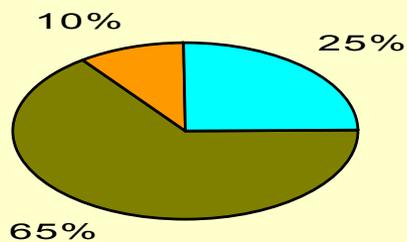


Struttura: aria e acqua

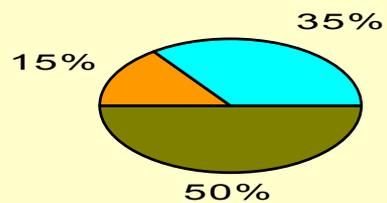
terreno ben strutturato



terreno compatto mal strutturato

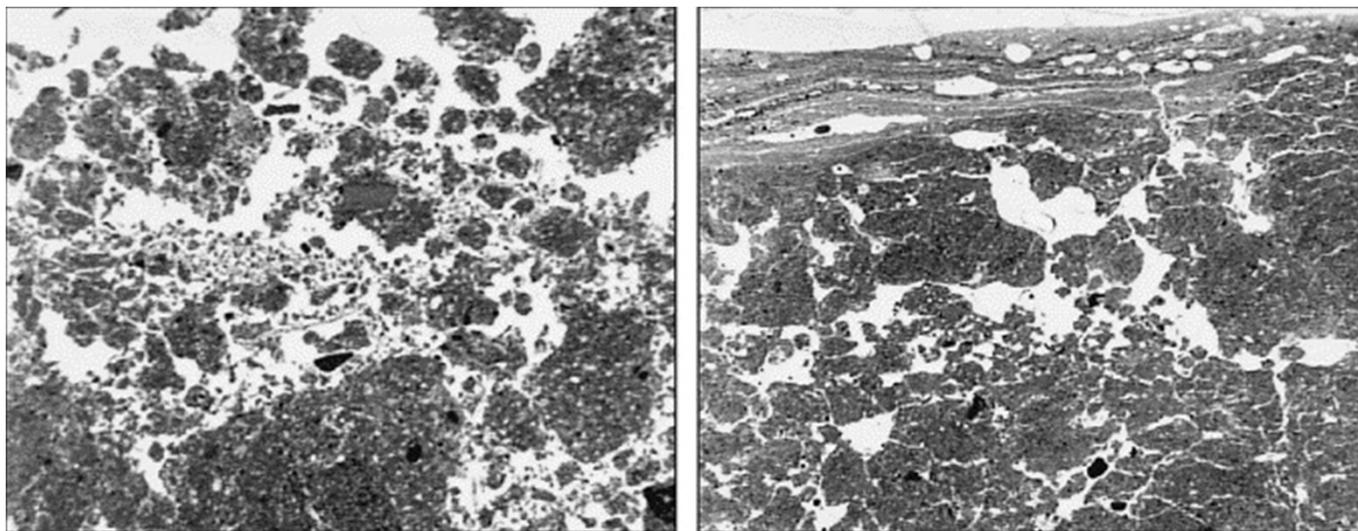


terreno mal strutturato, cattivo drenaggio



Stabilità della Struttura

- La degradazione della struttura è sempre in relazione all'acqua e alle azioni meccaniche
 - azione battente della pioggia
 - compressione esercitata dall'aria spinta dall'acqua
 - rigonfiamento e dispersione dei colloidali cementanti
 - Compattazione (lavorazioni)



Strato superficiale (0-10 cm) di suolo arato (sinistra) e lo stesso suolo dopo l'azione battente della pioggia (destra). Si noti l'evidente compattamento e la formazione di crosta. Da Pagliai et al., 2004

Interventi per migliorare la Struttura

- Il problema si pone in particolare per i terreni limosi e argilloso-sodici, ed è particolarmente importante negli strati superficiali per avere buone emergenze
- Modifica della tessitura (solo orticoltura, aggiunta di sabbia)
- Aggiunta di calcio (flocculazione dei complessi argillo-umici)
- Aggiunta di sostanza organica: (sovescio, letamazioni) subito formazione di polisaccaridi e mucillagini, molto efficienti ma di breve durata, poi humus, meno efficiente ma duraturo.
- Compostaggio superficiale: lasciando in superficie paglia, letame, residui si protegge il suolo dall'azione battente della pioggia e sviluppo di intensa attività microbiologica
- Inserimento di prati poliennali di graminacee negli ordinamenti colturali: evita azione battente delle piogge, migliora la permeabilità, aumenta la sostanza organica nel suolo.
- Cementi artificiali, a imitazione di polisaccaridi naturali, uso molto limitato
- In terreni sodici, dilavamento del sodio, deflocculante
- Evitare (se possibile) concimazione potassica (K è deflocculante)



Tenacità, Adesività e Plasticità

Tenacità o coesione: resistenza del suolo a penetrazione e schiacciamento, fattore di resistenza all'avanzamento degli organi lavoranti. Aumenta diminuendo l'umidità; a pari umidità è max nei suoli argillosi, minima in quelli sabbiosi. Buona struttura e sostanza organica riducono la tenacità.

Adesività: tendenza del terreno ad aderire agli organi lavoranti. Troppa adesività è un problema per l'aratura.

Plasticità: proprietà di cambiare forma in maniera continua sotto l'azione di una forza e di mantenerla dopo che la forza ha finito di agire.

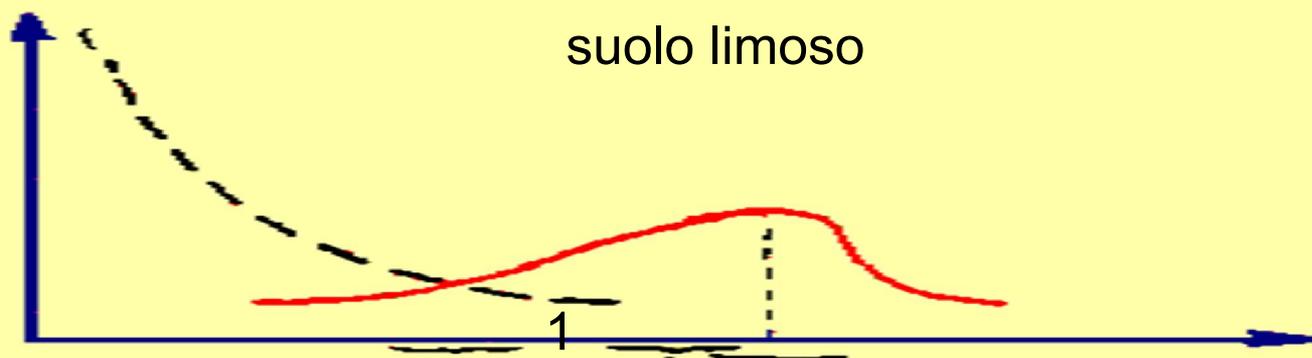
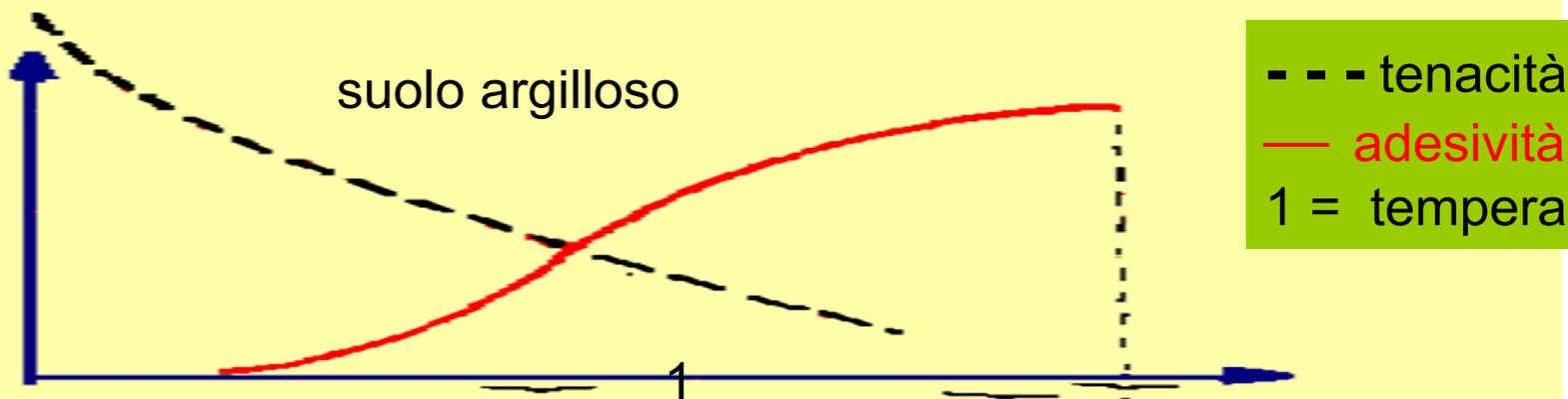
- Stato fluido: sparisce l'effetto di una lavorazione, un "solchetto" si richiude: terreni argillosi molto umidi

- Stato plastico: il terreno può essere modellato; da un giudizio soggettivo, modellando con le mani bastoncini di terra, si determina il limite superiore di plasticità, all'umidità in cui cessa la fluidità, e il limite plastico inferiore, i bastoncini si rompono rotolando: limite inferiore di plasticità. La differenza di contenuto % di umidità tra i due è l'indice di plasticità (da 3-4 in terreni sciolti a 25 in terreni argillosi)
La plasticità determina la lavorabilità di un terreno, che deve essere lavorato quando non è plastico.

Stato di **TEMPERA:** la terra si sgretola senza impastarsi e offre la minima tenacità: condizioni ideali per la lavorazione



Tenacità, Adesività



Idrologia – Contenuto idrico del suolo

Il contenuto d'acqua nel suolo si esprime come:

- % di acqua in peso rispetto al terreno secco (si estrae un campione con una trivella, lo si pesa e lo si essicca fino a peso costante in stufa a 105 ° C)

$$\%H_2O = \frac{(\text{peso}_{\text{umido}} - \text{peso}_{\text{secco}})}{\text{peso}_{\text{secco}}} * 100$$

- % di acqua in volume θ (si può ottenere pesando bagnato e dopo essiccamento in stufa un volume noto di suolo, con gli stessi cilindretti usati per la massa volumica apparente)

$$\%H_2O \text{ vol} = \frac{\text{peso}_{\text{umido}} - \text{peso}_{\text{secco}}}{\text{Volume}} * 100$$

- In % rispetto alla saturazione = $\theta / \theta_{\text{saturo}}$
utile per confrontare diversi terreni; in prima approssimazione $\theta_{\text{saturo}} = \text{porosità}$; in realtà non è vero, perché non tutta la porosità è riempibile dall'acqua, dell'aria rimane sempre intrappolata nel terreno; $\theta_{\text{saturo}} = 0,98-0,70 * \text{porosità}$, usualmente $0,9 * \text{porosità}$



Idrologia – Il potenziale

Il potenziale dell'acqua (Ψ) è un parametro che misura l'energia potenziale che ha l'acqua presente nel suolo, in riferimento alle condizioni dell'acqua libera. Questo parametro è impiegato per quantificare il lavoro che le piante devono spendere per l'assorbimento radicale. Generalmente occorre lavoro per estrarre dell'acqua dal suolo e quindi il potenziale è negativo.

Si misura in kPa.

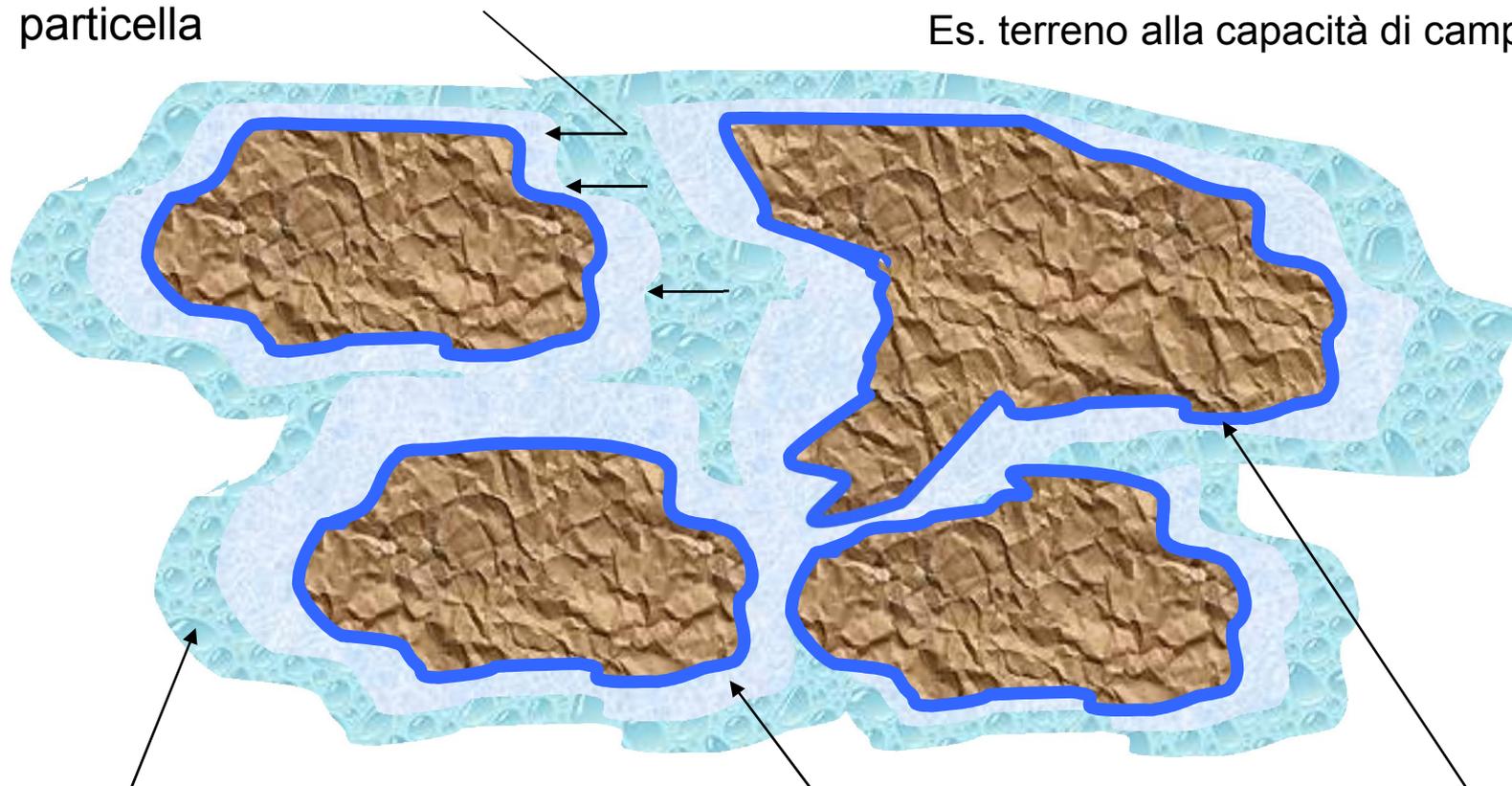
Altra espressione è in Bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$).

I potenziali sono spesso espressi come altezza di una colonna d'acqua. Approssimativamente $1 \text{ kPa} = 10 \text{ cm}$ di colonna d'acqua (esattamente 10.2)



Idrologia

Le forze (capillarità) che trattengono l'acqua aumentano al ridursi della distanza dalla particella
Es. terreno alla capacità di campo; $ad=100\%$



Acqua legata debolmente
($-0.3 \approx -1.0$ bar sono
sufficienti ad allontanarla)

Acqua legata fortemente
(sono necessari $-1 \approx -15$
bar)

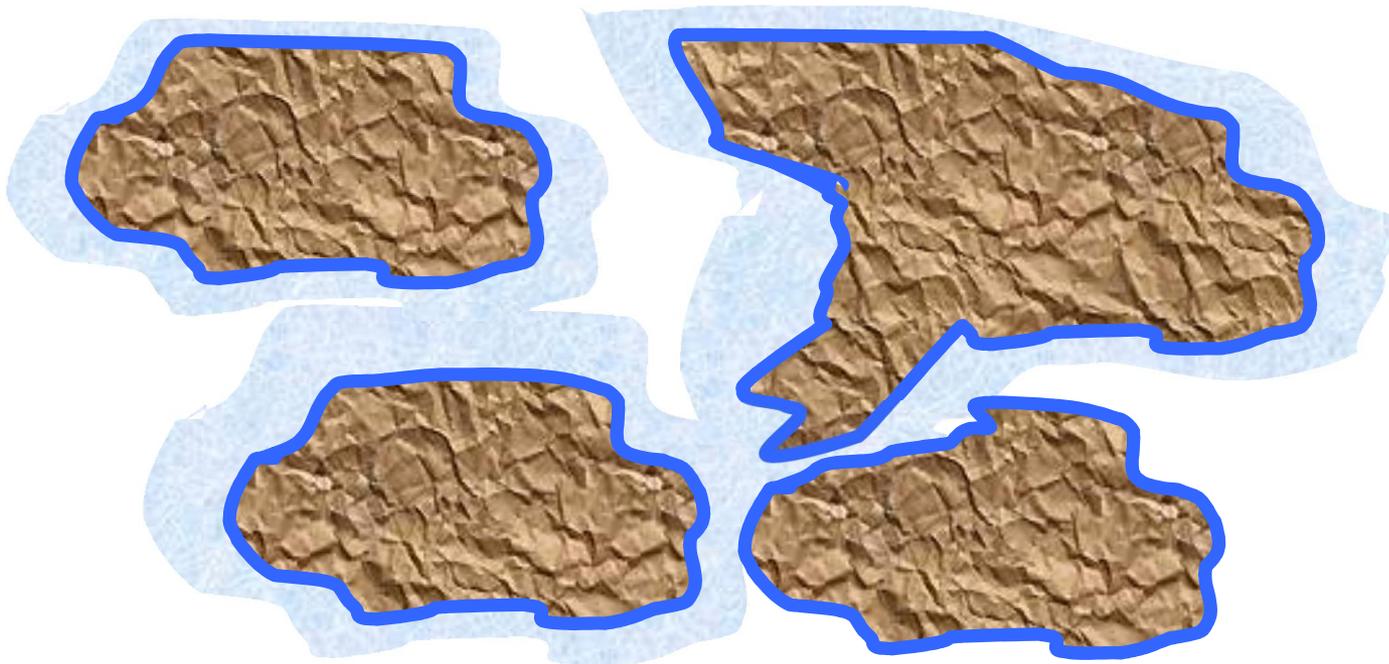
Acqua igroscopica
Legata con forza > 15
bar



Idrologia – Il potenziale

Quanto l'ET (assorbimento radicale + evaporazione) consuma tutta l'acqua facilmente disponibile, rimane solo l'acqua legata più fortemente ($\Psi = -1 \approx -15$ bar) e la pianta consuma sempre più energia per assorbirla dal terreno

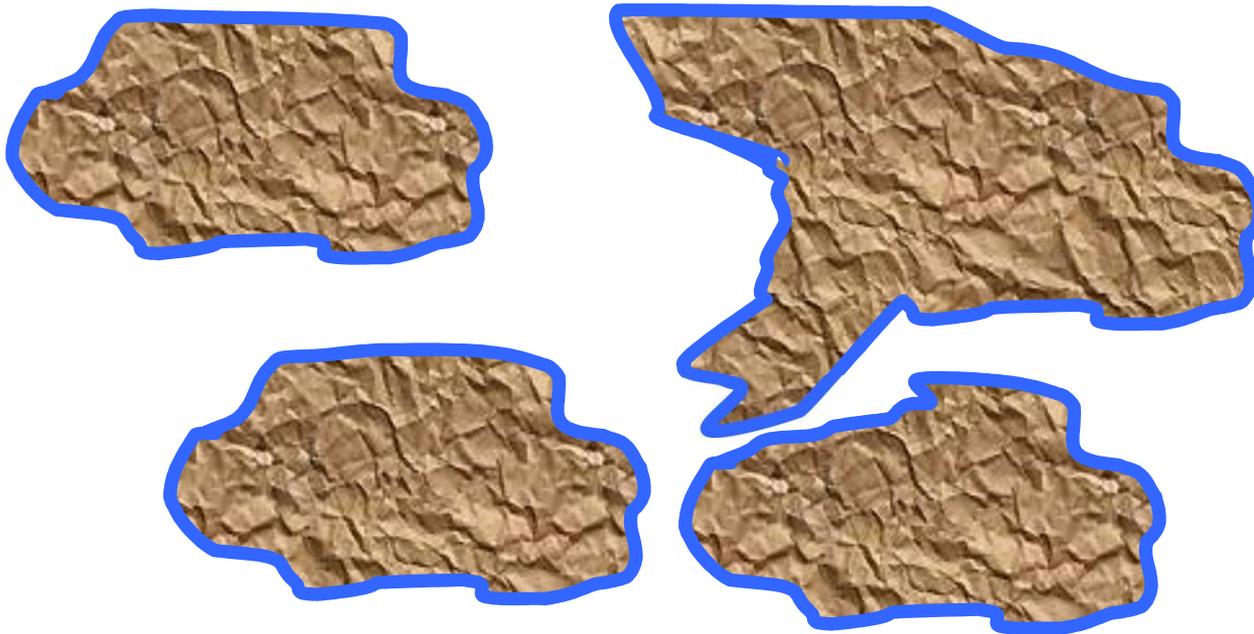
Es. terreno alla umidità critica; $ad=50\%$



Idrologia – Il potenziale

Se continua l'ET la pianta va in stress idrico, poi siccome è rimasta solo l'acqua legata fortemente ($\Psi = -15$ bar) la pianta non è in grado di allontanarla dal suolo \Rightarrow PERDITA TURGORE e APPASSIMENTO

Es. terreno al punto di appassimento; $ad = 0\%$



Le componenti del potenziale

Il potenziale totale dell'acqua del suolo è la somma di diverse componenti:

Ψ **matriciale**: dovuto alla capillarità, interazione tra liquido e matrice solida. E' la componente predominante in suoli asciutti

Ψ **osmotico**: lavoro richiesto per trasportare l'acqua da una soluzione all'acqua pura: per osmosi, l'acqua sarebbe attratta verso un'area a bassa concentrazione verso un'altra a maggior concentrazione. Poco importante nel suolo, fondamentale nelle cellule delle piante, determina l'assorbimento d'acqua

Ψ **gravitazionale**, dovuto alla distanza della particella di acqua considerata rispetto al piano di riferimento. Predomina in suoli bagnati.

Ψ **pneumatico** e idrostatico: variazioni di potenziale dovuto all'applicazione di pressione idrostatica o pneumatica all'acqua: falde in pressione.

Ψ **di sovraccarico (overburden)**: effetto di una pressione applicata alla matrice solida: parte della pressione è trasferita all'acqua stessa. Può essere importante in profondità in terreni argillosi, deformabili, ai quali viene applicato il peso del terreno sovrastante



Relazioni tra potenziale e contenuto idrico

Tab. 1 - Alcune caratteristiche fisiche e idrologiche di tipi diversi di terreno (da Anstett, 1979)

Tipo di terreno	Massa volumica apparente (g/cm ³)	Capacità di campo		Acqua utilizzabile (% del volume)	Costanti idrologiche (in mm) di uno strato di terreno dello spessore di cm 50		
		% del peso	% del volume		capacità di campo	punto di appassimento	acqua utilizzabile
Sabbioso	1,35	10	13,5	11,0	67,5	12,5	55,0
Sabbioso-limoso	1,30	16	21,0	18,0	105,0	15,0	90,0
Limoso-sabbioso	1,25	20	26,0	21,5	130,0	27,5	107,5
Limoso	1,20	29	35,0	24,5	175,0	52,5	122,5
Limoso-argilloso	1,15	33	38,0	22,5	190,0	77,5	112,5
Argilloso	1,10	38	42,0	22,0	210,0	100,0	110,0
Torboso	1,00	70	70,0	40,0	350,0	150,0	200,0



Conducibilità idrica

E' l'altezza d'acqua (cm h^{-1} e mm d^{-1} le espressioni più comuni, m s^{-1} più corretta, o g s m^{-3}) che si muove in una sezione di suolo nell'unità di tempo. Il valore è massimo con terreno alla saturazione (K_s , conducibilità idrica alla saturazione) e decresce rapidamente al diminuire dell'umidità. La K_s è estremamente variabile, da 0,1 a 100 cm h^{-1} secondo la tipologia di suolo, è massima nei suoli sabbiosi e minima in quelli argillosi.

è estremamente variabile nello spazio, in uno stesso appezzamento si possono trovare valori differenti di 2-3 ordini di grandezza.

la conducibilità decresce più rapidamente in terreni sabbiosi che in terreni argillosi



Conducibilità Idrica

- Capacità del terreno di farsi attraversare dall'acqua
- Si misura in mm h^{-1} (o cm h^{-1} o mm d^{-1} o m s^{-1})

Dipende da, tessitura, struttura \Rightarrow **porosità**

	<u>mm h^{-1}</u>
Molto permeabile	> 150
Permeabile	50-150
Mediamente permeabile	15-50
Mediocremente permeabile	5-15
Poco permeabile	1-5
Molto poco permeabile	< 1

- L'acqua nel terreno si muove da punti a potenziale più basso (meno negativo) a punti a potenziale più alto (più negativi) a una velocità determinata dal gradiente di potenziale e dalla conducibilità, ovviamente conservando la massa.

