

Suolo



# Carta Europea del suolo (Consiglio d'Europa – Strasburgo, 1972)

- Il suolo è uno dei beni più preziosi dell'umanità. Consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della Terra.
- Il suolo è una risorsa limitata che si distrugge facilmente.
- La società industriale usa i suoli sia a fini agricoli che a fini industriali o d'altra natura. Qualsiasi politica di pianificazione territoriale deve essere concepita in funzione delle proprietà dei suoli e dei bisogni della società di oggi e domani
- Gli agricoltori e i forestali devono applicare metodi che preservino la qualità dei suoli.
- I suoli devono essere protetti dall'erosione.
- I suoli devono essere protetti dall'inquinamento.
- Ogni agglomerato urbano deve essere organizzato in modo tale che siano ridotte al minimo e ripercussioni sfavorevoli sulle zone circostanti.
- Nei progetti di ingegneria civile si deve tener conto di ogni loro ripercussione sui territori circostanti e, nel costo, devono essere previsti e valutati adeguati provvedimenti di protezione.
- E' indispensabile l'inventario delle risorse del suolo.
- Per realizzare l'utilizzazione razionale e la conservazione dei suoli sono necessari l'incremento della ricerca scientifica e la collaborazione interdisciplinare.
- La conservazione dei suoli deve essere oggetto di insegnamento a tutti i livelli e di informazione pubblica sempre maggiore.
- I governi e le autorità amministrative devono pianificare e gestire razionalmente le risorse rappresentate dal suolo.

# ■ Definizione di suolo

- La Geosfera è quella parte di terra in cui vivono gli uomini e da cui traggono cibo, minerali, carburante.
- La parte più importante della geosfera - dal punto di vista dell'attività umana - è il Suolo
- Definizione "da dizionario": Parte superficiale del terreno.
- Definizione "scientifica": un corpo dinamico naturale che costituisce la parte superiore della crosta terrestre, derivante dall'azione integrata nel tempo del clima, della morfologia, della roccia madre e degli organismi viventi.
- Il Suolo è quindi un comparto ambientale dinamico in evoluzione
- Suoli: corpi naturali formati nella zona di contatto tra l'atmosfera, la litosfera e la biosfera per disgregazione e decomposizione delle rocce e degradazione e trasformazione dei residui vegetali.
- È il prodotto finale di fenomeni fisici, chimici, biologici.
- Suolo: [Minerali] / [Materia Organica] / [Acqua] / [Aria]

# ■ Fattori che agiscono sullo sviluppo del suolo

- Il suolo non può essere considerato un compartimento ambientale statico, ma piuttosto come un complesso dinamico in continua evoluzione che comprende una matrice di costituenti organici e minerali sottoposti ad una continua circolazione.
- Tutti questi processi sono la risultante della natura e dell'intensità di una serie di fattori che condizionano la formazione e lo sviluppo del suolo e che possono essere riassunte come:

$$S = f (cl, o, r, p, t) \quad \text{Equazione di Jenny (1941)}$$

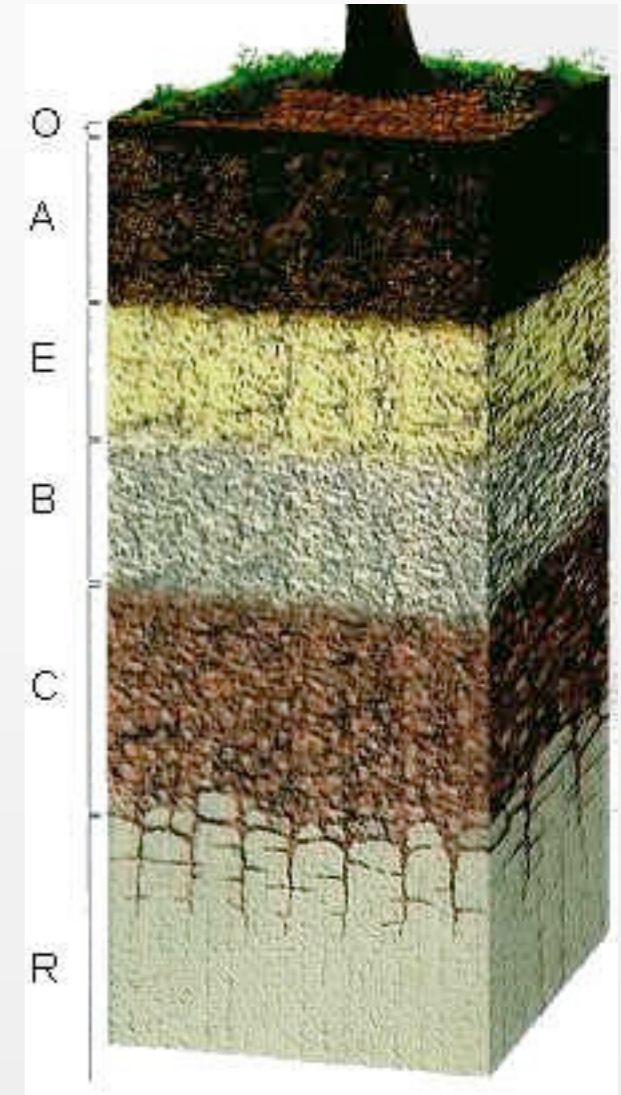
cl = clima / o = componente biotica / r = morfologia / p = substrato / t = tempo

# Pedogenesi

- L'insieme dei processi di alterazione delle rocce e di trasformazione della sostanza organica con le relative fasi di cambiamento di equilibrio dei prodotti nel suolo.
- Alterazione della roccia madre
- Ricopertura da parte di una coltre di detriti
- Insestimento dei cosiddetti "organismi pionieri"
- Frammentazione della roccia e dissoluzione di sali con il loro metabolismo.
- Insestimento di vegetali dotati di radici che penetrando nelle fessure portano ancora avanti il processo di frammentazione.
- Insestimento di organismi vegetali e di microorganismi che decomponendo il corpo di animali e vegetali morti formano la sostanza organica del suolo.

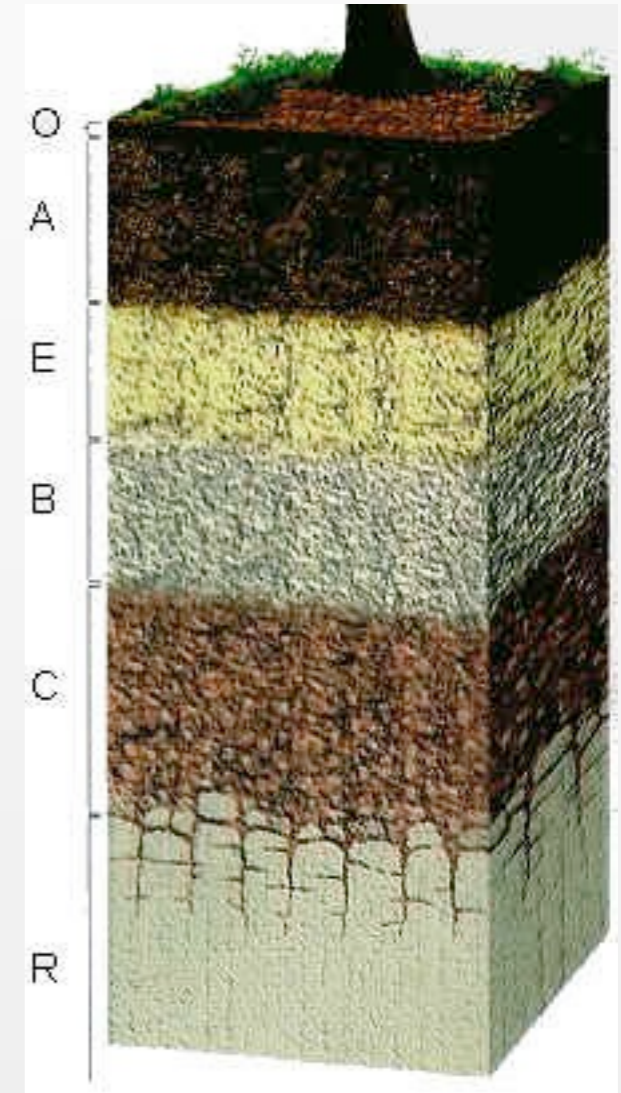
## ■ Gli strati del suolo

- Lo spessore del suolo varia da pochi centimetri a qualche metro e al di sotto troviamo la roccia nella quale la vita non può svilupparsi.
- I componenti di un suolo sono suddivisi in strati, chiamati orizzonti; ogni orizzonte ha una sua tessitura (dimensioni, forma, e distribuzione spaziale delle particelle) e una sua composizione.
- Gli orizzonti si indicano con lettere dell'alfabeto e si descrivono a partire dall'alto e cioè dall'orizzonte che raccoglie il detrito superficiale (foglie morte, funghi, escrementi, ecc).



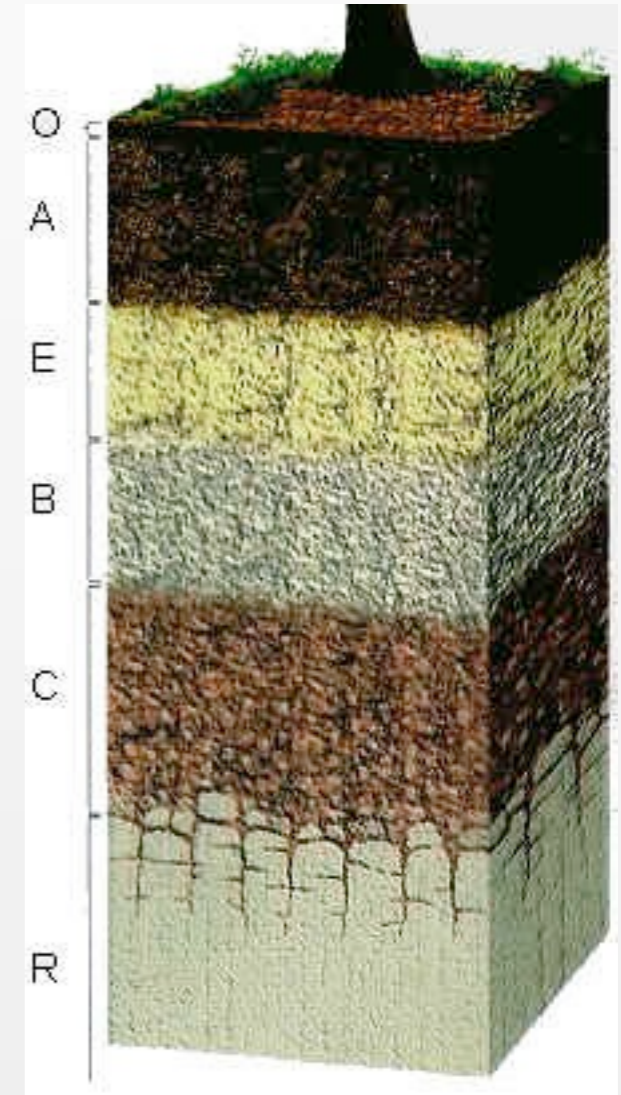
## ■ Gli strati del suolo

- **orizzonte O**, caratterizzato dalla presenza di sostanza organica. Alcuni strati O consistono di lettiere fresche o parzialmente decomposte, costituite da foglie, aghi, rami, muschi, licheni. Altri sono materiali organici depositati in condizioni di saturazione idrica e sottoposti a decomposizione di diverso grado. Generalmente la frazione minerale costituisce meno della metà in peso del materiale.
- **orizzonte A**, ricco di minerali erosi, dagli agenti atmosferici e di humus derivante da sostanze organiche provenienti dalla decomposizione degli organismi; presenta elevata attività biologica e abbondanti radici (colore scuro)



## ■ Gli strati del suolo

- orizzonte E, peculiare è la perdita di argilla, ferro o alluminio, o di loro composti, da cui deriva una concentrazione residuale di granuli sabbiosi e limosi (assieme ad A è detto anche zona eluviale, cioè di massima lisciviazione) (colore chiaro)
- orizzonte B, presenta una minore attività biologica e contiene argille e ossidi di ferro e alluminio provenienti dagli strati superiori (da questo orizzonte in giù è la zona illuviale)

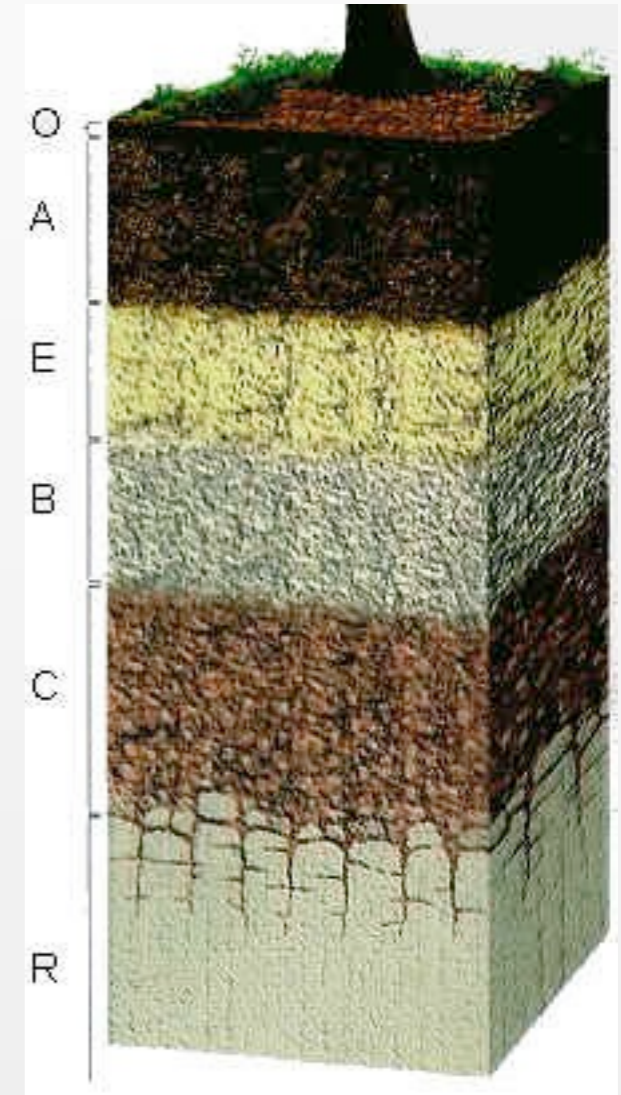




# ■ Gli strati del suolo

- **orizzonte C**, caratterizzato da alterazione prevalentemente fisica della roccia e reazioni chimiche carbonato/bicarbonato
- **orizzonte R**, è la roccia inalterata (hard bedrock), sottostante al suolo

*Gli orizzonti da "O" fino a "B" costituiscono quello che universalmente e scientificamente è riconosciuto come solum, cioè suolo in senso stretto (variabile, secondo il grado d'erosione, da qualche decina di centimetri a qualche metro), mentre tutto quello che è immediatamente al di sotto del solum pedologico, cioè al di sotto dello strato R costituisce il sottosuolo, inteso in senso geologico.*



# ■ Componente inorganica

## □ Composizione percentuale

Elementi	% in peso	% atomica	% ionica in vol.
Ossigeno	47.2	61.7	93.8
Silicio	28.2	21.0	0.9
Alluminio	8.2	6.4	0.5
Ferro	5.1	1.9	0.4
Calcio	3.7	1.9	1.0
Sodio	2.9	2.6	1.3
Potassio	2.6	1.4	1.8
Magnesio	2.1	1.8	0.3
Idrogeno	tracce	1.3	-

# ■ Componente inorganica

## □ Gruppi di minerali di maggior importanza nella crosta terrestre

Gruppo minerale	Esempi	Formula
Silicati	Quarzo	$\text{SiO}_2$
	Olivina	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
Ossidi	Corindone	$\text{Al}_2\text{O}_3$
	Magnetite	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
Carbonati	Calcite	$\text{CaCO}_3$
	Dolomite	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
Solfuri	Pirite	$\text{FeS}_2$
	Galena	$\text{PbS}$
Solfati	Gesso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Alogenuri	Salgemma (alite)	$\text{NaCl}$
	Fluorite	$\text{CaF}_2$
Elementi nativi	Rame	$\text{Cu}$
	Zolfo	$\text{S}$

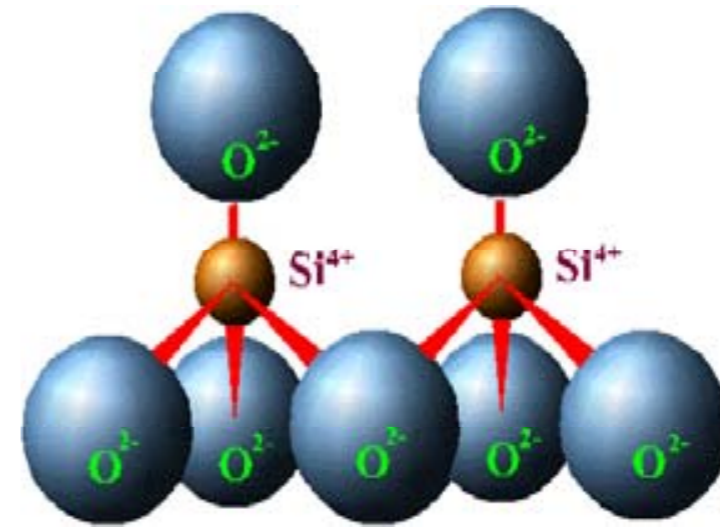
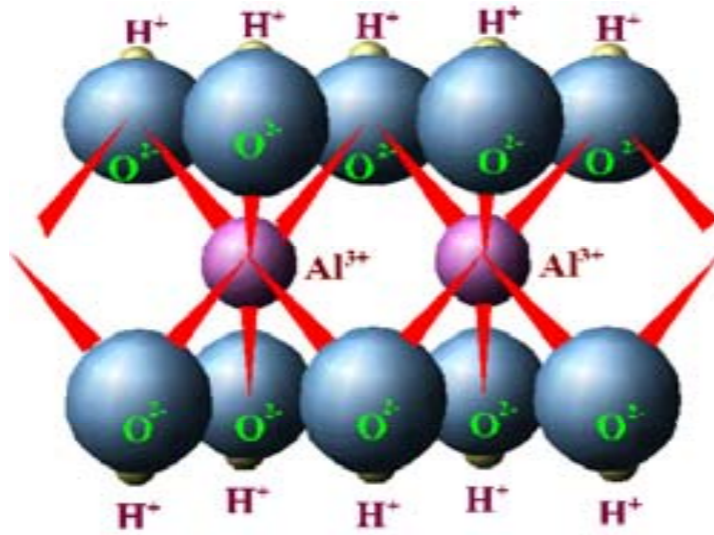
# ■ Componente inorganica

## □ Argille

- Termine impiegato per designare sia un minerale (minerale argilloso), sia una roccia composta prevalentemente da tale minerale, sia la frazione minerale del suolo costituita da particelle di diametro inferiore a 2  $\mu\text{m}$ .
- Tale frazione, detta anche argilliforme, può includere - oltre ai minerali argillosi s.s. (anche detti argille mineralogiche) - gel amorfi, particelle di quarzo, calcite, miche, ossidi e idrossidi cristallini, solfuri (caolinite, cloriti, illite, kanditi, montmorilloniti, smectiti, vermiculiti)
- I tre maggiori gruppi di minerali argillosi sono:
  - Montmorillonite =  $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$
  - Illite =  $\text{K}_{0-2}\text{Al}_4(\text{Si}_{8-6}\text{Al}_{0-2})\text{O}_{20}(\text{OH})_4$
  - Kaolinite =  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
- Legano fortemente cationi come  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{NH}_4^+$ , proteggendoli dalla lisciviazione, ma rendendoli indisponibili nel suolo come nutrienti per le piante

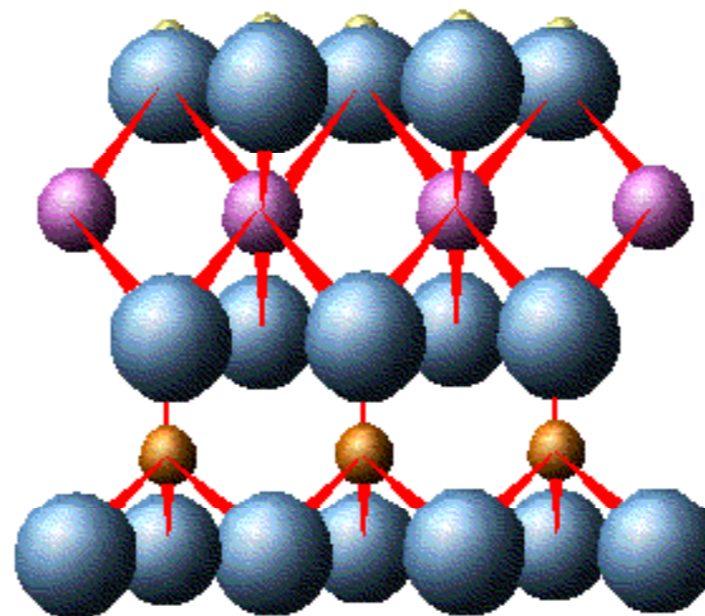
# ■ Componente inorganica

## □ Struttura minerali argillosi



Strato Ottaedrico

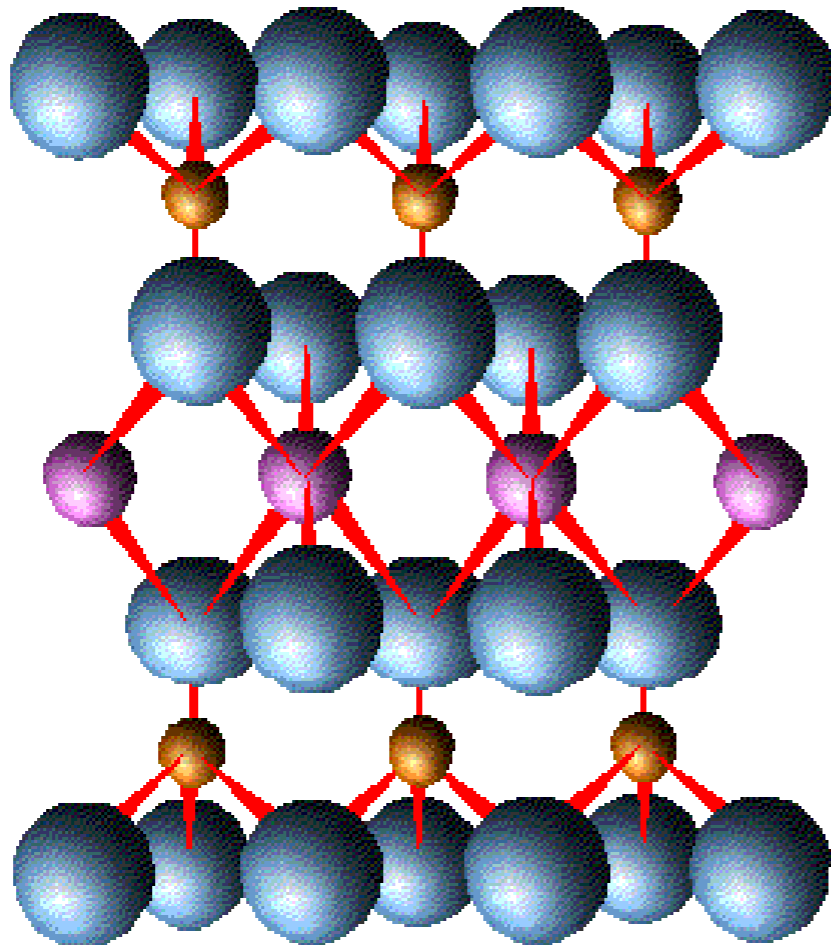
Strato Tetraedrico



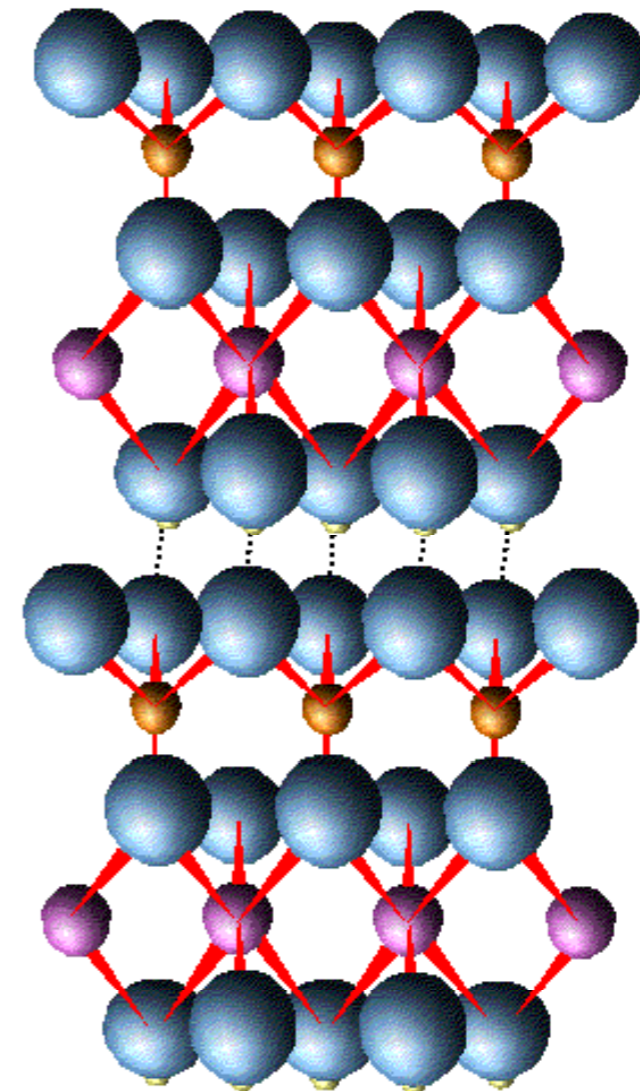
# ■ Componente inorganica

## □ Struttura minerali argillosi

Montmorillonite



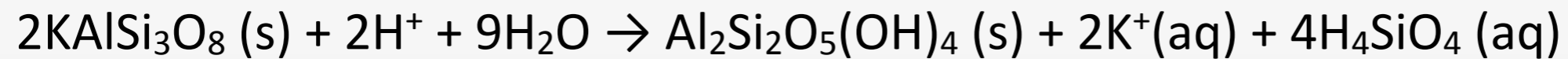
Kaolinite



# ■ Componente inorganica

- Origine delle Argille

- Le argille derivano dalla degradazione di feldspati, olivina, augite, orneblenda



# ■ Componente inorganica

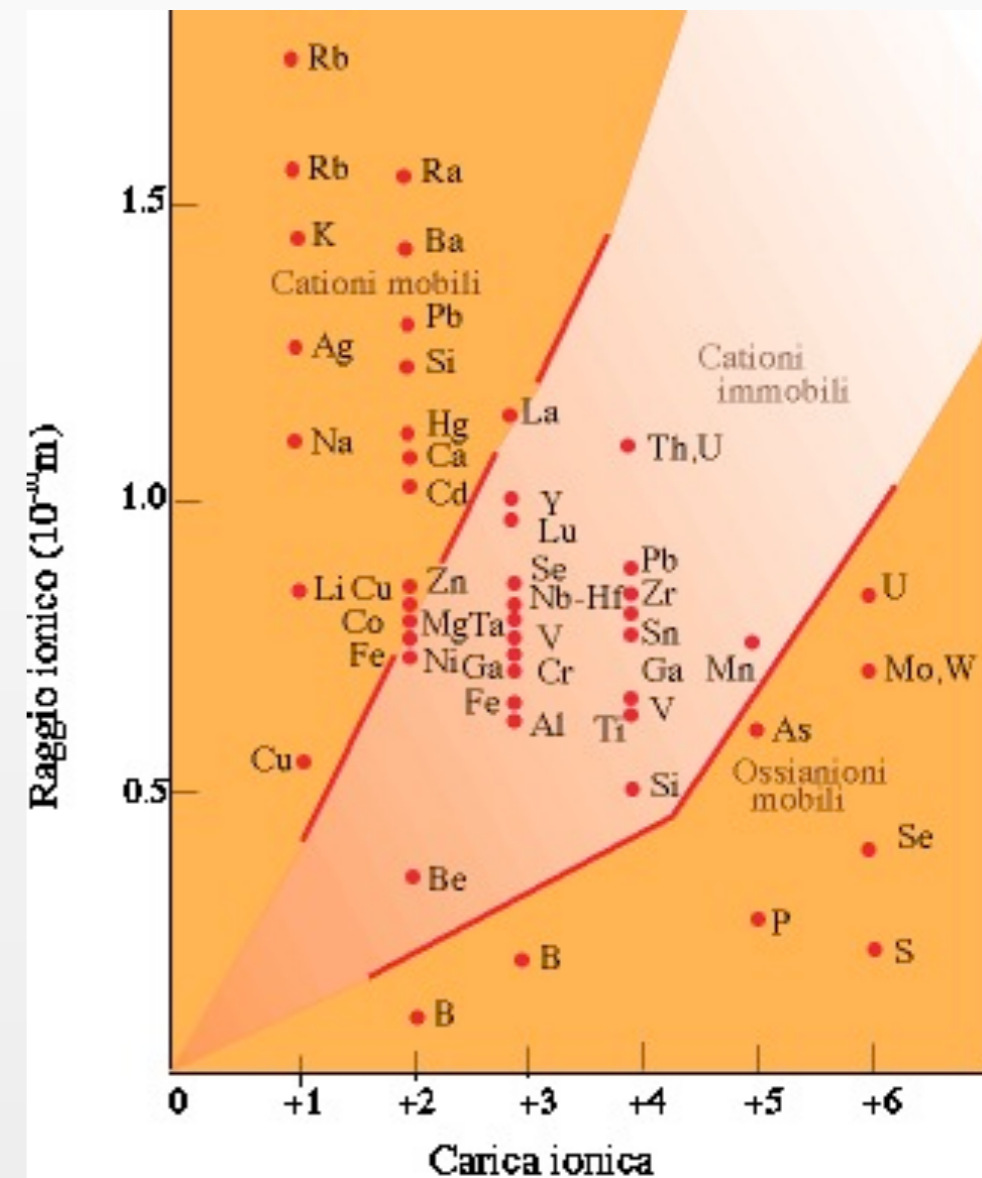
- Mobilità degli ioni
- $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Si}^{4+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+}$
- Diversi processi che coinvolgono la mobilità degli ioni la condizionano:
  - diversa velocità di alterazione dei minerali;
  - immobilizzazione di alcuni ioni nell'organizzazione  
cristallina di minerali argillosi;
  - scambio ionico;
  - assorbimento selettivo operato dalle piante



# ■ Componente inorganica

## □ Mobilità degli ioni

- Il potenziale ionico descrive bene la mobilità degli ioni nel processo globale di alterazione delle rocce per la formazione dei sedimenti. Proprietà fondamentale degli elementi, misura della forza di attrazione degli ioni, espressa come rapporto tra carica ionica ( $z$ ) e raggio ionico ( $r$ ) in Ångstrom.
- In base al Potenziale Ionico gli ioni si possono suddividere in 3 gruppi:
- $PI \leq 3$  ( $K^+ = 0.75$ ,  $Na^+ = 1.0$ ,  $Ca^{2+} = 2.0$ ,  $Fe^{2+} = 2.7$ ,  $Mg^{2+} = 3.0$ ): possono essere solubilizzati e facilmente lisciviati;
- $3 \leq PI \leq 9.5$  ( $Fe^{3+} = 4.7$ ,  $Al^{3+} = 5.9$ ): precipitano come idrossidi, non si allontanano da ambienti di alterazioni, partecipano a reazioni di sintesi;
- 3)  $PI \geq 9.5$ : formano ossoanioni solubili.



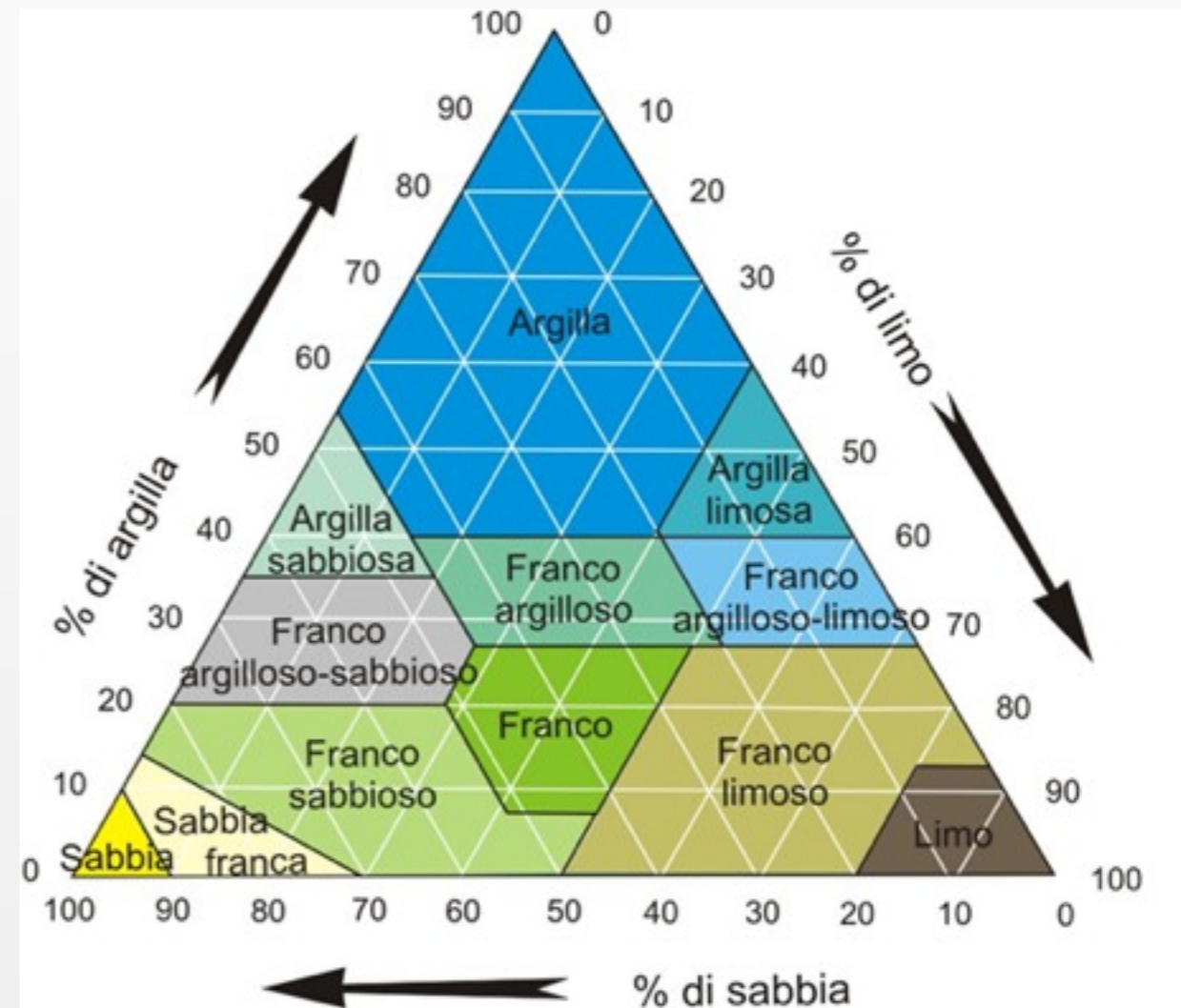
# ■ Componente inorganica

## Granulometria

- Si intende la distribuzione delle singole particelle minerali Per convenzione internazionale l'indagine granulometrica si effettua separando le particelle in base al loro diametro. In base al diametro delle sue particelle la terra fine viene classificata in ciascuna delle seguenti componenti:
- sabbia(diametro delle particelle comprese tra 2 mm e 0,05 mm);
- limo (diametro delle particelle comprese tra 0,05 mm e 0,002 mm);
- argilla (diametro delle particelle inferiori a 0,002 mm).

# ■ Componente inorganica

- **Tessitura**
- Dal valore percentuale delle diverse frazioni si definisce la tessitura di un suolo utilizzando il diagramma riportato.
- Gruppo delle classi sabbiose: frazione sabbiosa è superiore al 70% e inferiore al 15%
- Gruppo delle classi argillose - più del 40% di argilla;
- Gruppo delle classi franche - È il gruppo che contiene il maggior numero di suddivisioni. Idealmente un suolo franco è dato dalla mescolanza, equilibrata, di sabbia, limo e argilla; conseguentemente, anche le proprietà che condizionano l'uso del suolo, ad esempio la pesantezza o la leggerezza, sono presenti in proporzioni equilibrate.



# ■ Componente organica

## I composti organici nel suolo

- Il materiale organico costituisce meno del 5% di un suolo produttivo, ma ha grande influenza sulle sue caratteristiche e sulla sua produttività
- La presenza di sostanza organica, e di humus che ne è la componente più importante, migliora sensibilmente la qualità del suolo, producendo i seguenti effetti:
  - modificazioni biologiche
  - influisce sull'attività microbiologica, incidendo sulla regolarità dei cicli energetici del carbonio e dell'azoto
  - favorisce l'attività enzimatica e la crescita dei microrganismi e la loro biodiversità
  - aumenta lo sviluppo delle radici e quindi la crescita dei vegetali.
  - modificazioni fisiche
  - assicura una più intensa resistenza ai processi di desertificazione
  - migliora la struttura, la porosità, l'aerazione e il drenaggio
  - aumenta la disponibilità di acqua per le piante
  - induce una maggiore resistenza al compattamento, alla formazione di croste superficiali e all'erosione

# ■ Componente organica

## □ **Modificazioni Chimiche**

- dà luogo a reazioni chimiche (in particolare, scambio ionico, effetto tampone);
- diminuisce il pH (incrementa il potere tampone).
- favorisce l'assimilazione dei nutrienti da parte dei vegetali
- aumenta la resistenza al dilavamento dei nutrienti e altri elementi che influenzano la fertilità
- ha proprietà "chelanti"
- impediscono ad elementi quali ferro (Fe), fosforo (P) e altre sostanze minerali di precipitare e divenire indisponibili per il nutrimento delle piante
- amplia la capacità dei suoli di adsorbire metalli e di inattivare e degradare inquinanti organici (residui di antiparassitari, solventi industriali, idrocarburi).

# Humus

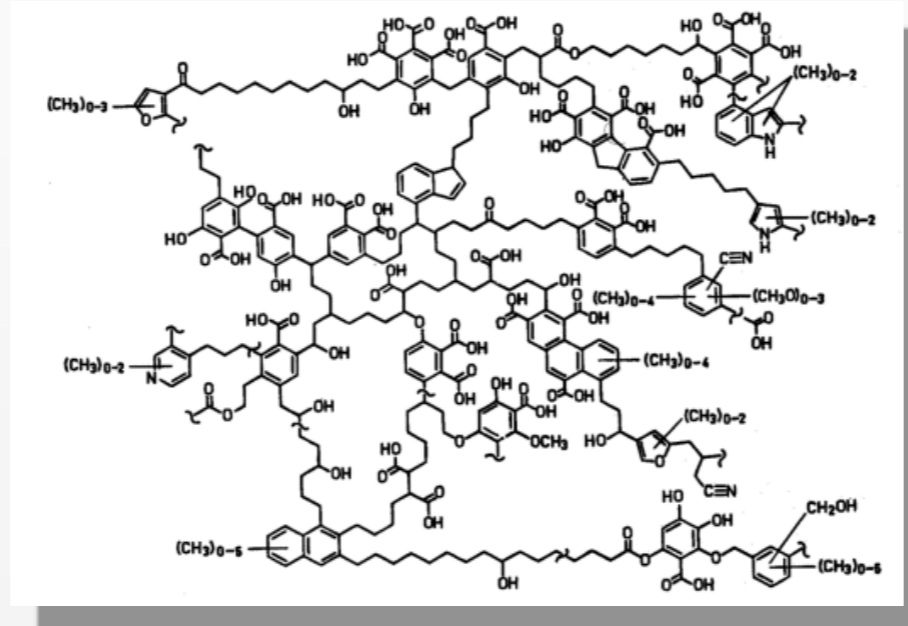
- Tra i componenti organici del suolo l'humus è di gran lunga il più importante.
- Parte costituita dai residui organici con predominanza di materia derivante dai vegetali superiori.
- Deriva dalla decomposizione della vegetazione (UMIFICAZIONE).
- La composizione chimica elementare dell'humus è nella media costituita:
  - Carbonio (C)      55%
  - Ossigeno (O)      36%
  - Azoto (N)          5%
  - Idrogeno (H)      4%

- Chimicamente l'humus risulta costituito da numerosi composti organici:
  - Lignina e suoi derivati (Polimero naturale presente nelle molecole vegetali)
  - Proteine (Sostanze organiche azotate, ad elevato PM e complessità)
  - Carboidrati (Sostanze formate da Carbonio, Ossigeno e Idrogeno che possono essere espressi con la formula generale  $C_m(H_2O)_n$  (es. Zuccheri)
  - Grassi
  - Cere
  - Acidi organici
  - Alcoli

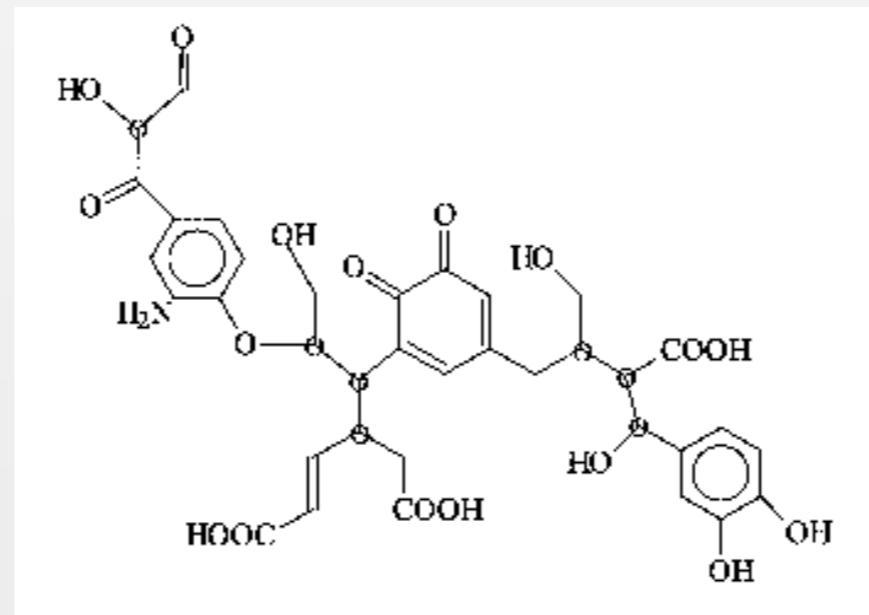
# Humus

□ L'Humus contiene inoltre

□ acidi fulvici



□ acidi umici



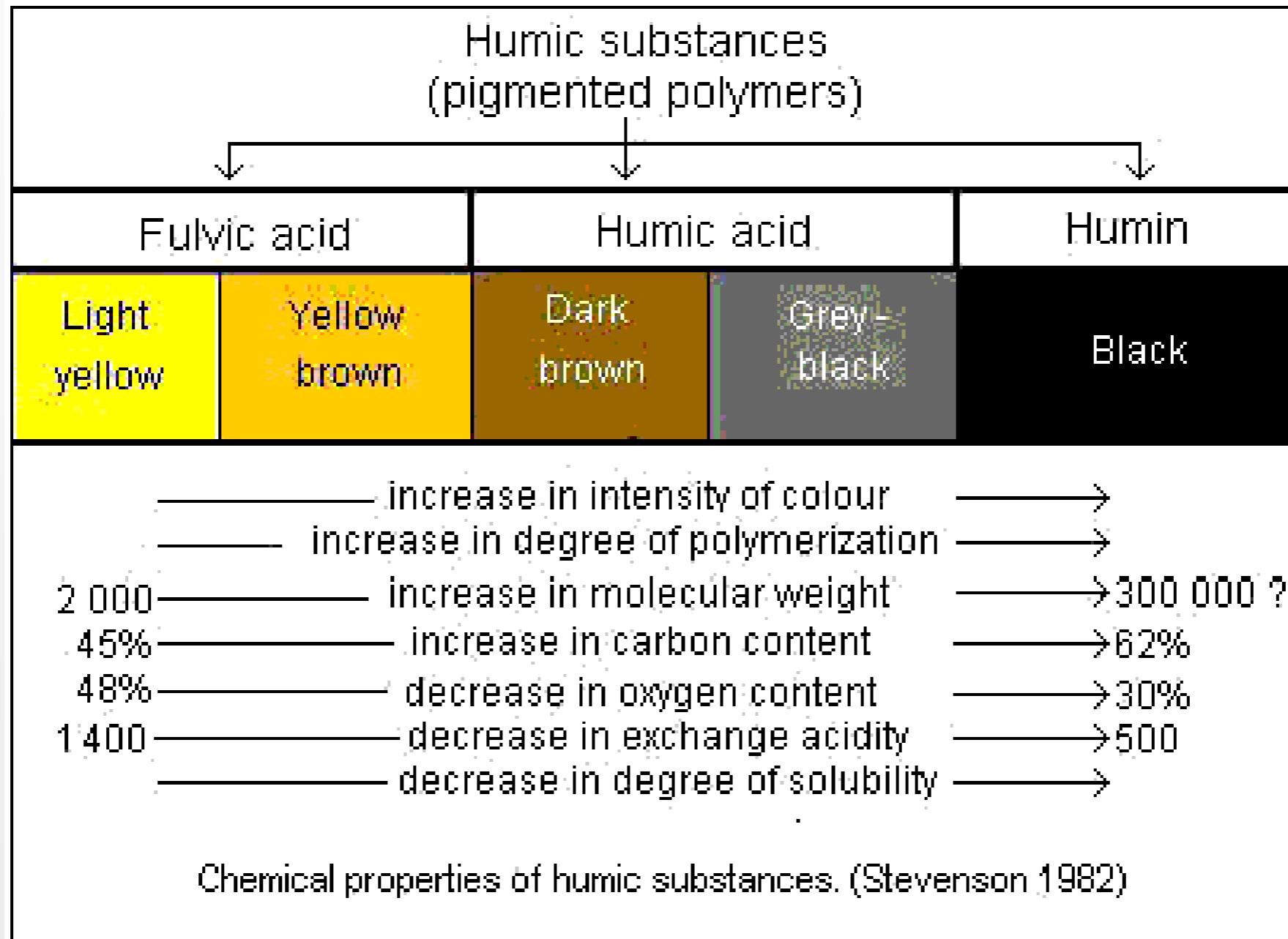


# Humus

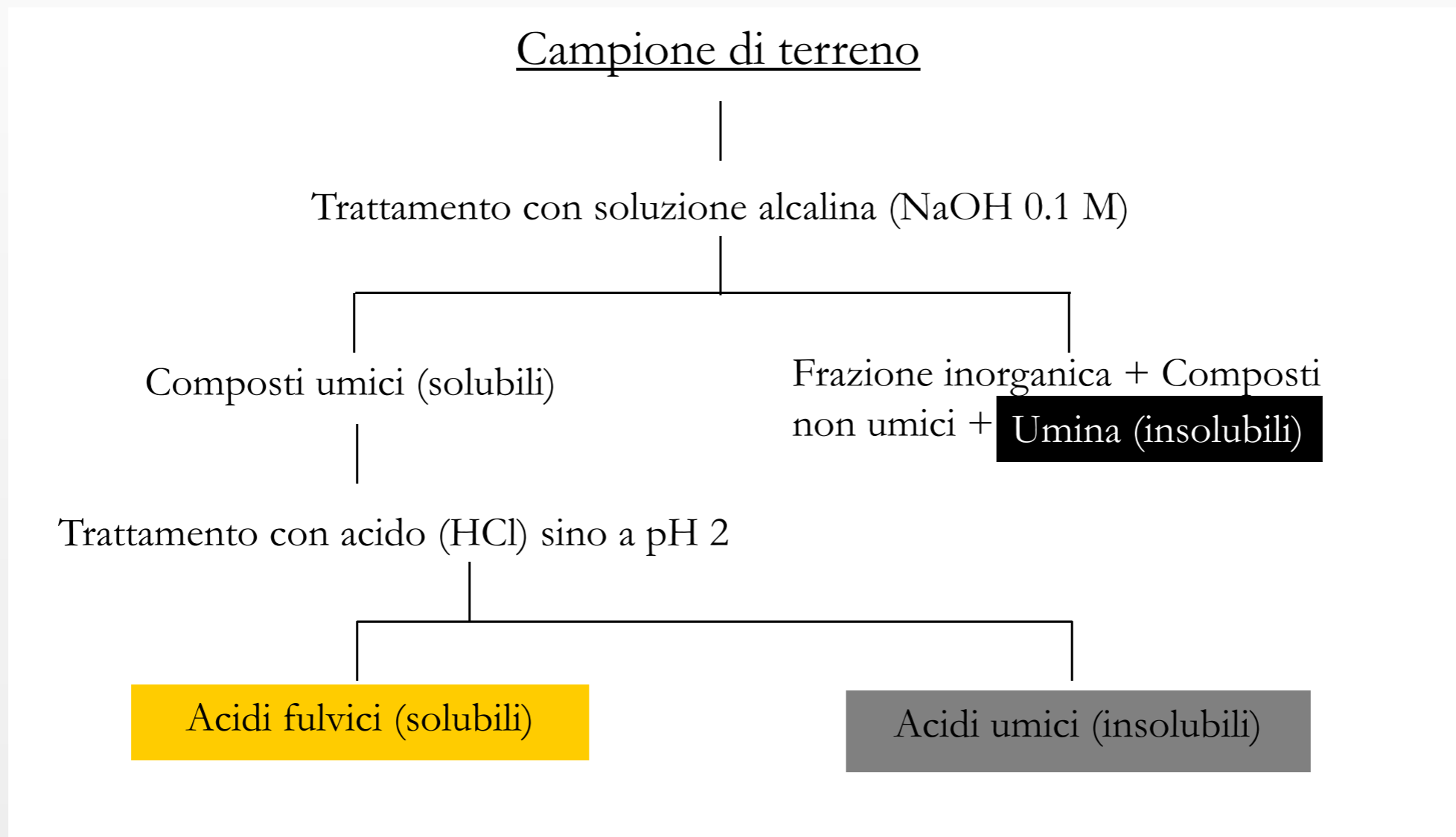
- Una delle caratteristiche delle sostanze umiche dal punto di vista ambientale è quella di complessare ioni metallici:
  - Fe e Al si legano fortemente mentre il Mg debolmente
  - Ni, Pb Ca e Zn formano, invece, legami intermedi.
  
- Gli acidi fulvici nelle acque sono coinvolti nel trasporto del Ferro.
  
- Nelle acque potabili clorate le sostanze umiche danno luogo al Trialometani (THM, cloroformio e dibromoclorometano) cancerogeni per reazione con il Cl<sub>2</sub>.
  
- Le sostanze umiche hanno grande affinità per composti tipo DDT e Atrazina.

# Humus

## Colorazione sostanze umiche



## □ Procedura per l'estrazione di acidi umici



## pH del suolo

- Normalmente varia tra 4 e 8,5.
- Il valore è stabile, variazioni sono rari e possibili solo a seguito di forti e prolungati impatti ambientali.
- Potenziali rischi di acidificazione si possono avere in presenza di precipitazioni atmosferiche acide.
- Fenomeni di inquinamento industriale (scarti, rifiuti) rendono questo parametro sempre più importante da monitorare.
- La conoscenza del grado di acidità o di alcalinità può stabilire se vi siano le condizioni favorevoli per determinate colture.

# pH del suolo

- Il pH dipende da diversi fattori:
- Tipo di clima
  - Nei climi umidi l'acidità è spesso elevata, mentre nelle zone aride i suoli tendono a essere alcalini.
- Acidità delle precipitazioni
- Tipo di roccia del substrato
  - Di solito i suoli sabbiosi e quelli ricchi di humus sono acidi, mentre quelli calcarei hanno reazione alcalina.

# pH del suolo

- Acidità del terreno
  - L'acidità del terreno aumenta con la mineralizzazione spinta della sostanza organica, così come con l'eccessivo dilavamento provocato dalle piogge.
  - I terreni acidi sono in genere poveri di elementi nutritivi, in essi inoltre sono sfavorite la crescita della flora batterica e i processi di trasformazione della sostanza organica.

pH	TIPO DI SUOLO
3 / 4,5	Fortemente acido
4,6 / 5,5	Acido
5,6 / 6,5	Subacido
6,6 / 7,5	Neutro
7,6 / 8,5	Subalcalino
8,6 / 9,5	Alcalino
9,6 / 10,5	Fortemente alcalino

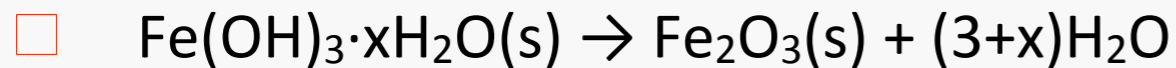
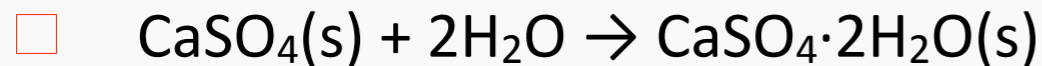
# Roccia

- Un terreno si considera calcareo quando il calcare supera la percentuale del 20%
- I terreni calcarei sono molto permeabili, seccano facilmente e, quando sono asciutti, appaiono polverizzati.
- Le rocce calcaree, sciogliendosi, riducono in parte l'acidità e mettono in circolazione calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ); in questo modo esercitano un'azione protettiva (effetto tampone) rispetto alle piogge acide che degradano il suolo impoverendolo di nutrienti.  
I terreni calcarei sono poco fertili.
- Un terreno si considera argilloso quando contiene argilla in misura superiore al 40%
- I terreni argillosi si rigonfiano per effetto dell'acqua diventando plastici; quando sono molto asciutti diventano duri per effetto dell'evaporazione.
- I terreni argillosi sono sufficientemente fertili.

# ■ Componente inorganica

## **Processi di alterazione geochimica**

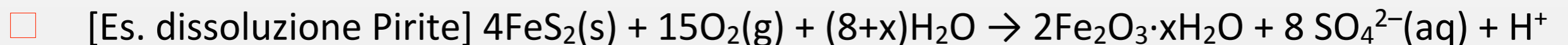
### Idratazione/deidratazione



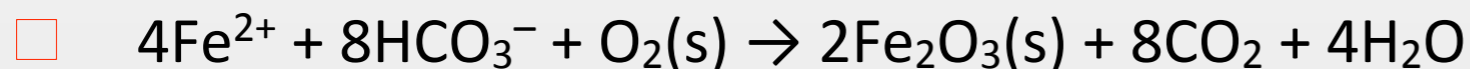
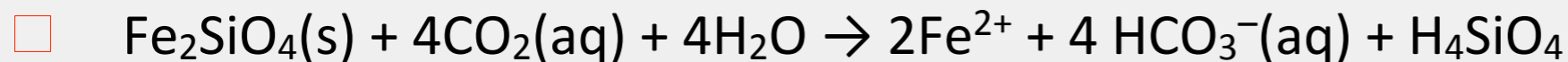
### Dissoluzione



### Ossidazione



[Es. dissoluzione di un minerale di Fe(II) seguita dall'ossidazione di Fe(II) a Fe(III)]



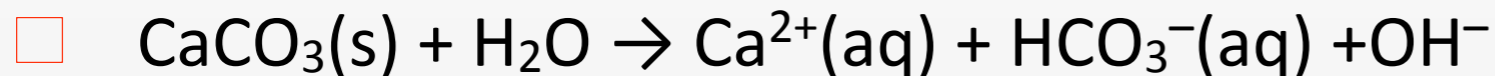
La seconda può avvenire ad una certa distanza dalla prima. Fe, Mn e S risultano i principali elementi che subiscono ossidazione all'interno del processo di degrado



# ■ Componente inorganica

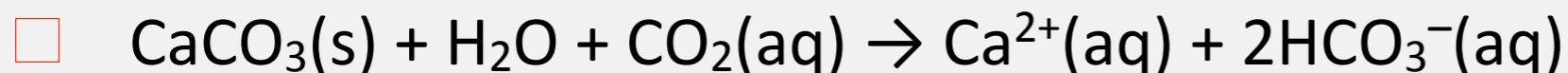
## □ Processi di alterazione geochimica

□ Dissoluzione con idrolisi, come avviene nell'idrolisi dello ione carbonato quando i carbonati minerali si sciolgono:

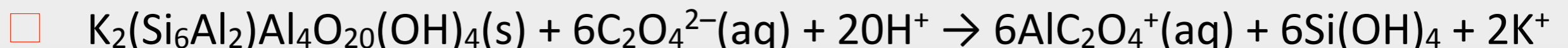


□ L'idrolisi è il mezzo più efficace mediante cui i silicati si degradano.

□ Idrolisi acida, che spiega la dissoluzione di quantità significative di  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  in presenza di acque ricche di  $\text{CO}_2$ :



□ Complessazione, come esemplificata dalla reazione con lo ione ossalato,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  sulla muscovite,  $\text{K}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ :



# Inquinamento suolo

- Attività industriali**

- Fanghi di depurazione delle acque reflue industriali

  - Zn, Cu, Pb, Cr e Ni

- Fonderie, industrie elettrochimiche, processi di fotoincisione, di vulcanizzazione ed, in genere, tutti quelli che utilizzano l'elettrolisi

  - Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd, Hg

- Gli stessi aerosol ed i fumi di fonderie e le raffinerie

  - Cd, Zn

# Inquinamento suolo

## Attività civili

Fase gassosa dei combustibili utilizzati per il riscaldamento, nei fumi degli inceneritori od in seguito al traffico veicolare

Pb, Cd

Consumo dei pneumatici

Cd, Zn

Corrosione delle tubature

# Inquinamento suolo

## Attività agricole

Più del 10 % dei fungicidi e degli insetticidi utilizzati anni fa

Cu, Hg, Mn, Pb, Zn

Liquami suini (dieta alimentare come integratori)

Zn, Cu

Concimi chimici (sia dalle materie prime che dai processi industriali)

Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn

Eccessivo apporto di azoto e fosforo