

La banca dati dei terreni agrari

I metodi per le analisi dei suoli

Maria Martin– Università degli Studi di Torino – DISAFA

CAMPUS DISAFA Grugliasco – 2 aprile 2025



UNIVERSITÀ
DI TORINO



DISAFA

Dipartimento di
Scienze Agrarie,
Forestali e Alimentari

Quali informazioni forniscono le analisi dei suoli?

- Determinare l'attitudine di un suolo nei confronti una specifica coltura
- Verificare lo stato attuale della fertilità di un suolo in relazione alla coltura (o alla rotazione colturale) in atto, per ottimizzare la gestione agronomica
- Verificare l'efficacia di azioni migliorative per evitare o risanare situazioni di degrado

Campionamento dei suoli agrari

Un buon campionamento è la base per ottenere dati attendibili.

Il campionamento deve essere:

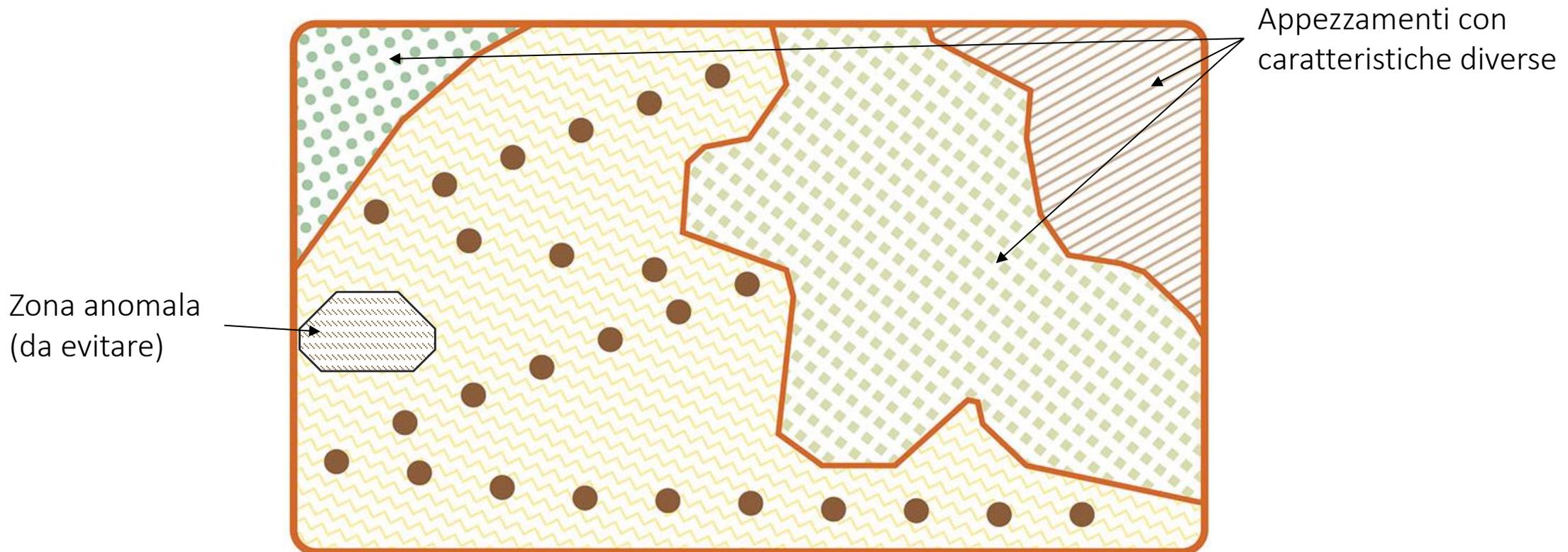
- RAPPRESENTATIVO, quindi riferibile alla situazione tipica dell'appezzamento sia per quanto riguarda il tipo di suolo, la gestione, la geomorfologia, la profondità;
- APPROPRIATO, organizzato in funzione delle informazioni che si intende ottenere, in modo congruo con i parametri interpretativi da utilizzare.

Come campionare

- Nel caso dei suoli agrari, soprattutto se soggetti ad aratura, il metodo più utilizzato è il campionamento per profondità, che distingue il topsoil (0-20/30 cm) e il subsoil (30-60/70 cm).
- Per le colture erbacee, soprattutto se si tratta di analisi fatte periodicamente, può essere sufficiente campionare il topsoil, mentre per le colture arboree è bene fare campioni anche di subsoil, tenendoli separati dal topsoil.
- Un solo campione non basta a rappresentare l'appezzamento, perché non tiene conto della variabilità spaziale, che può essere molto elevata: occorre quindi preparare un CAMPIONE COMPOSITO.

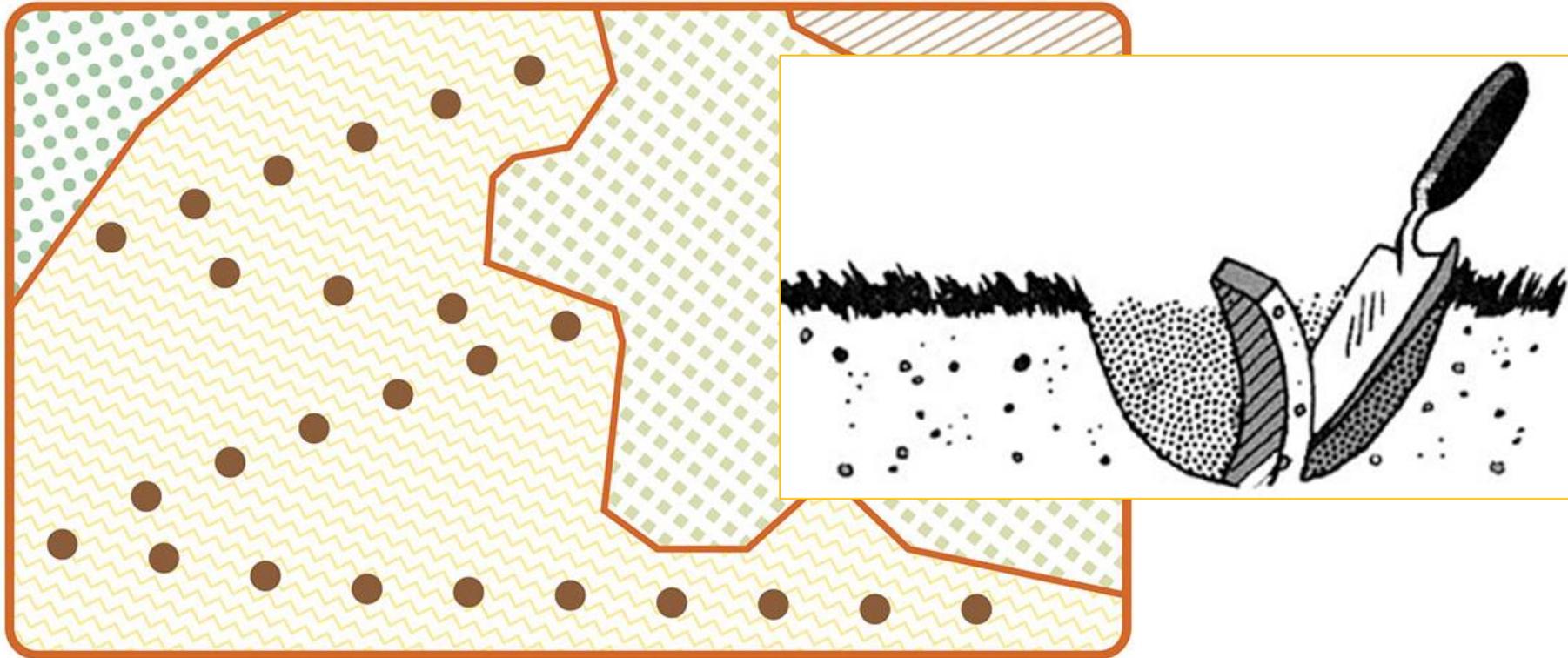
Preparazione del campione composito

- Individuare appezzamenti omogenei per tipo di suolo, coltura e gestione storica. Evitare, oppure campionare separatamente le zone anomale, le capezzagne, le zone soggette a transito ecc.



Preparazione del campione composito

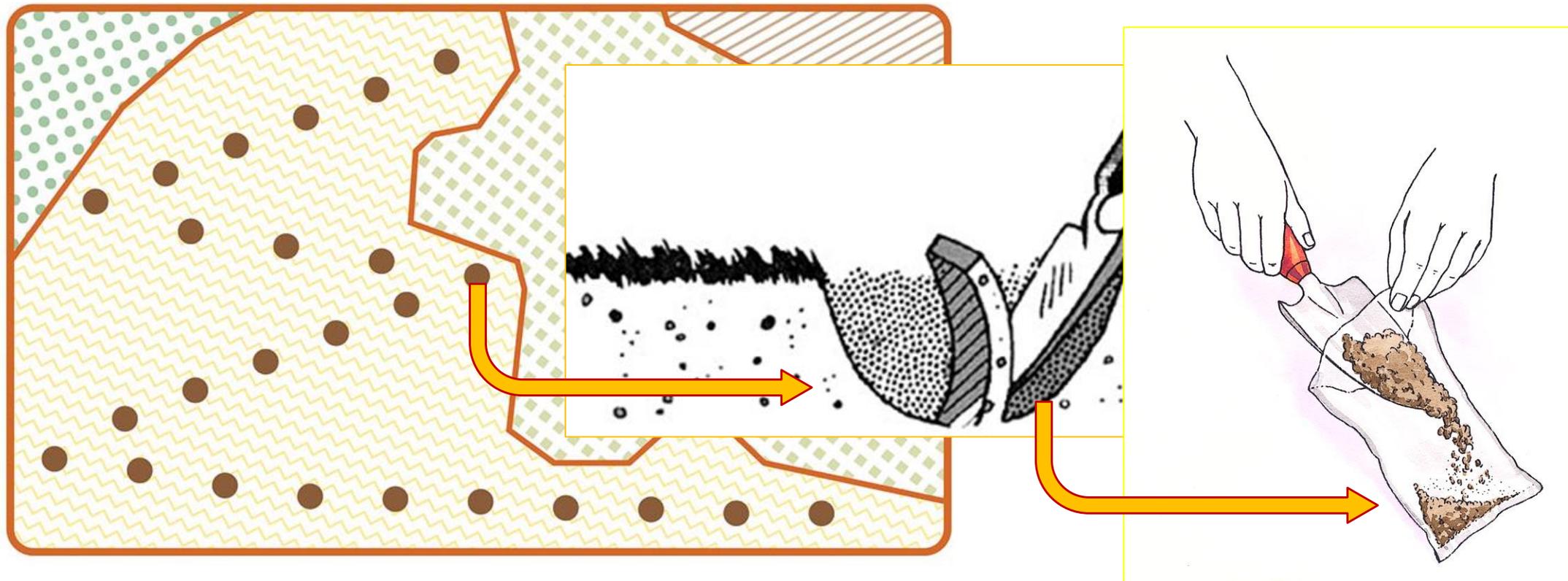
- Procedere casualmente nell'apprezzamento omogeneo, seguendo una W oppure le diagonali, e prelevare con una trivella o una vanga almeno 5 sub-campioni/ha, sempre alla stessa profondità, rappresentando in modo omogeneo tutto lo spessore campionato, dopo aver eliminato l'eventuale cotica erbosa.



Preparazione del campione composito

- Mescolare accuratamente i subcampioni e prelevare circa 1 kg del campione composito. Georeferenziare il campione, insacchettare, etichettare e consegnare al laboratorio, seguendo le indicazioni presenti sul sito della Regione Piemonte

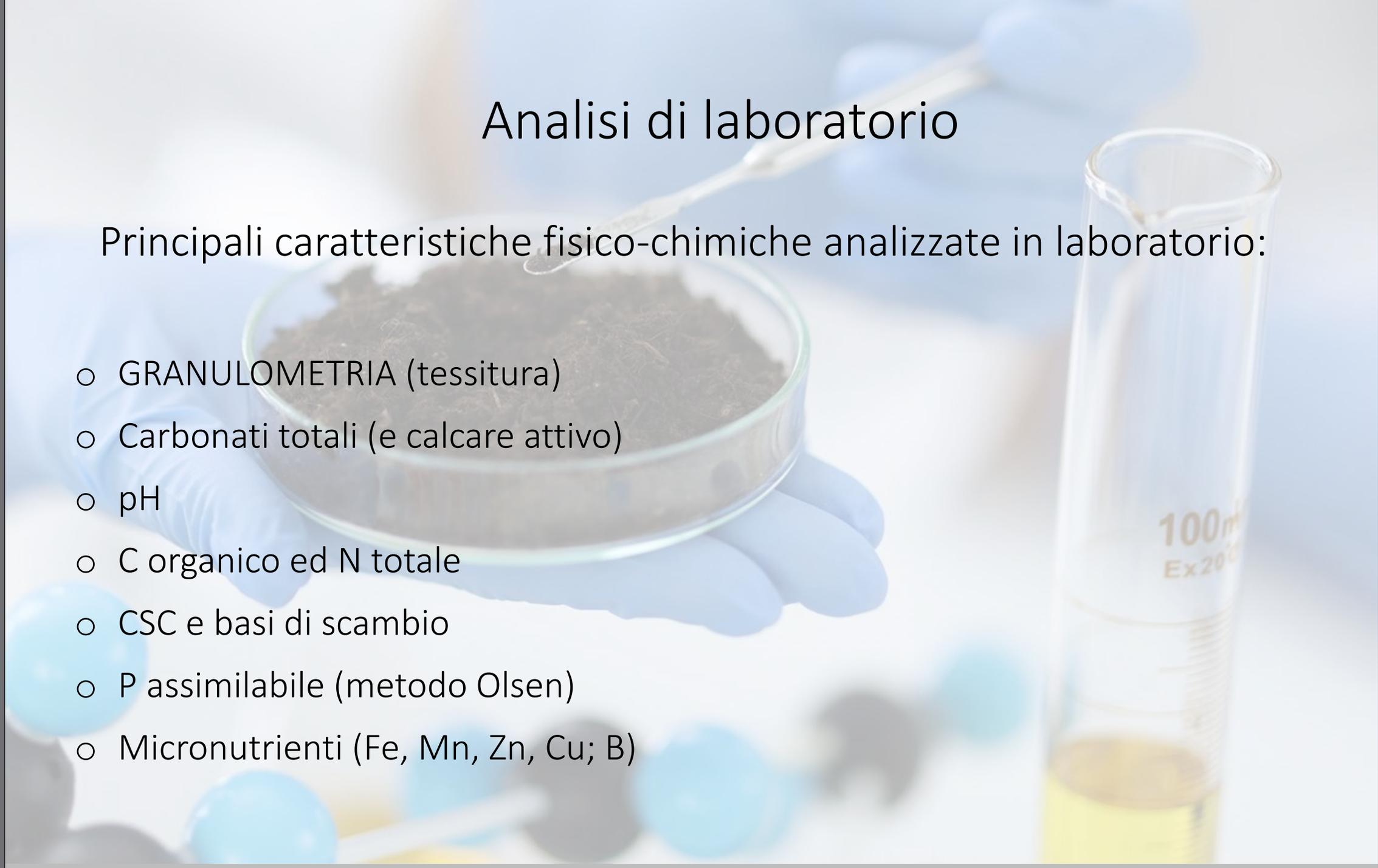
(<https://servizi.regione.piemonte.it/media/1650/download?attachment>)



Analisi di laboratorio

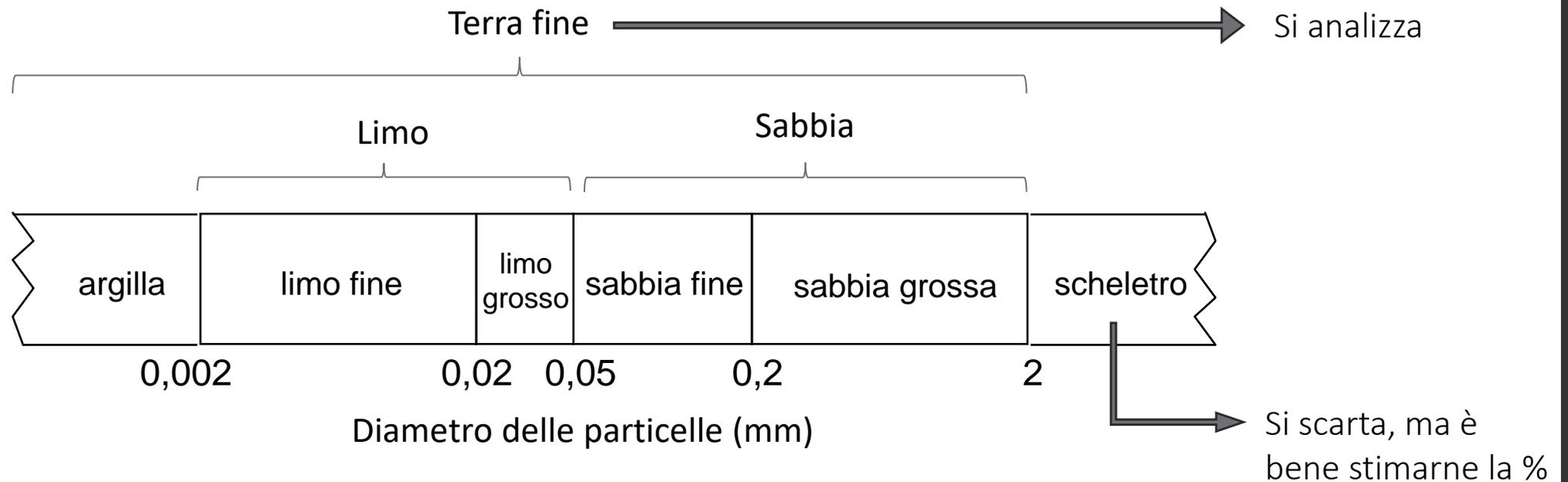
Principali caratteristiche fisico-chimiche analizzate in laboratorio:

- GRANULOMETRIA (tessitura)
- Carbonati totali (e calcare attivo)
- pH
- C organico ed N totale
- CSC e basi di scambio
- P assimilabile (metodo Olsen)
- Micronutrienti (Fe, Mn, Zn, Cu; B)



La granulometria

- Esistono molti diversi criteri per i limiti delle classi dimensionali delle particelle. In Italia si usa normalmente la suddivisione SISS:



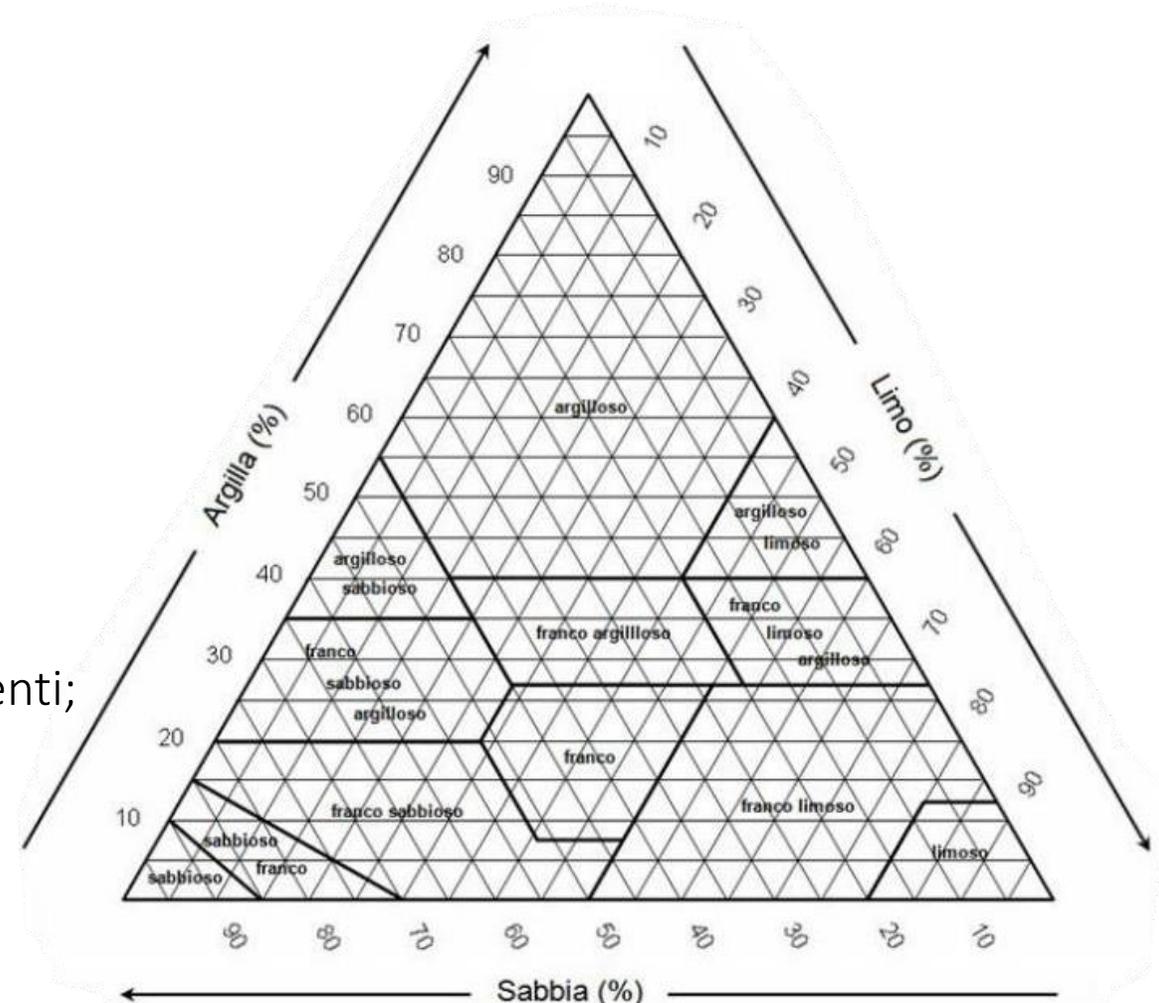
- **Granulometria apparente: semplice dispersione degli aggregati;**
- Granulometria reale: distruzione dei cementi organici e inorganici.

La granulometria

- In base alla composizione granulometrica si individuano 12 classi tessiture (USDA)

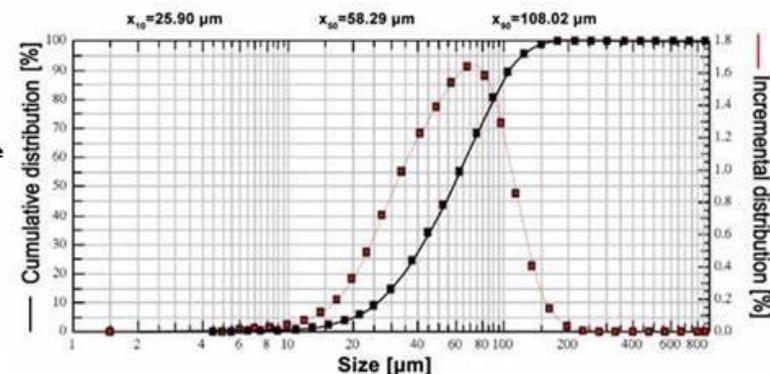
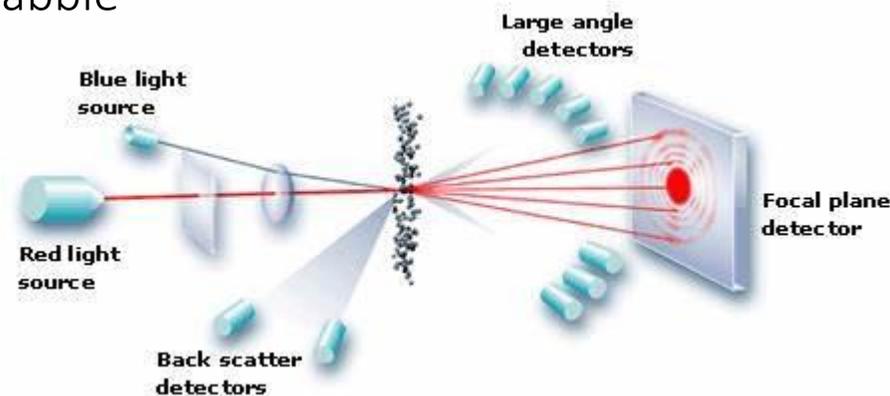
La tessitura condiziona:

- La struttura e la lavorabilità;
- La capacità di ritenzione idrica;
- La capacità di scambio cationico;
- La capacità tampone nei confronti del pH;
- La capacità di stabilizzare la sostanza organica;
- La capacità di trattenere/scambiare altri nutrienti;



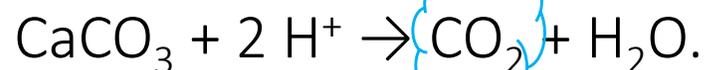
La granulometria

- I metodi più frequentemente usati sono quelli per setacciatura e per sedimentazione; spesso una combinazione dei due (es: separazione per setacciatura delle frazioni sabbiose e per sedimentazione di quelle di limi e argille).
 - Metodi storici, robusti, con ampi database, ma time-consuming
- Recentemente si sta diffondendo l'uso di granulometri laser.
 - Metodi più rapidi, utilizzano poco campione, ma i risultati non coincidono con quelli della sedimentazione; richiedono comunque separazione preventiva delle sabbie



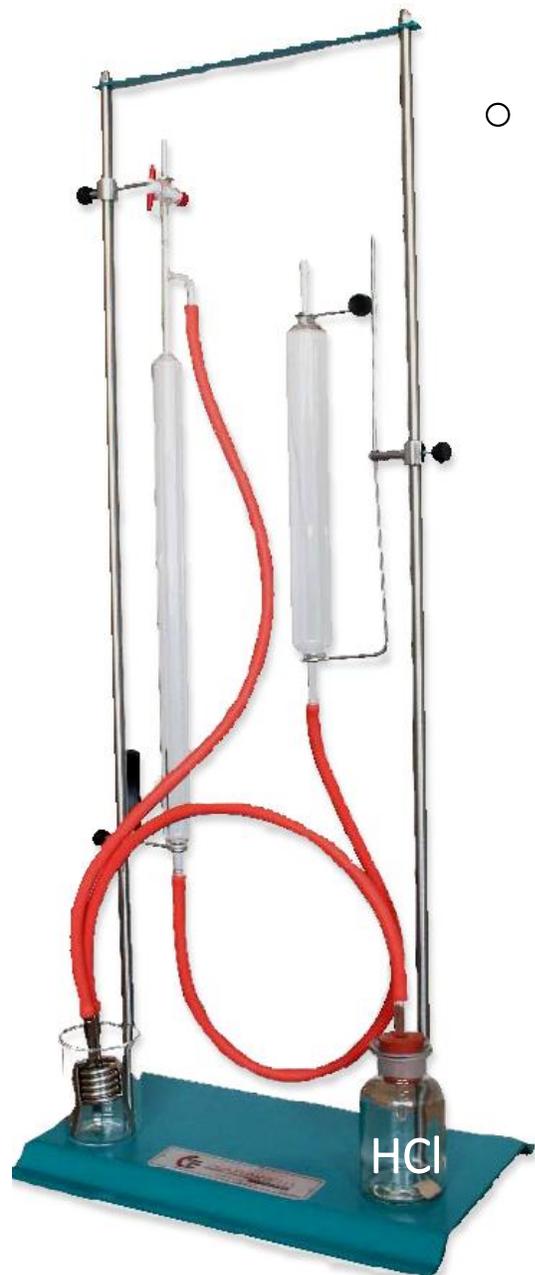
I carbonati totali

- I carbonati totali sono dati dal carbonato di calcio (CaCO_3) oppure dalla dolomite [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] complessivamente presenti nel suolo. Si misurano comunemente per dissoluzione in acido e misura del volume di CO_2 sviluppata, che è direttamente proporzionale al carbonato presente, secondo la reazione:



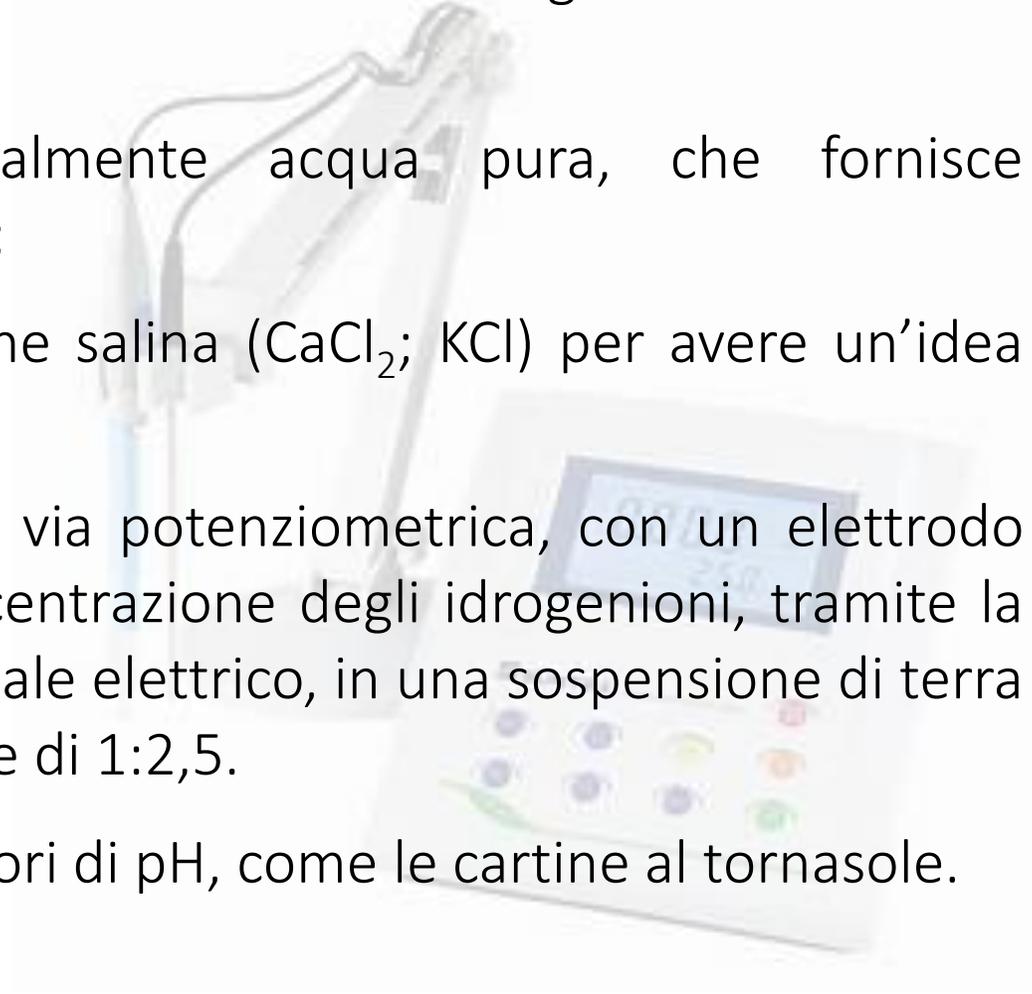
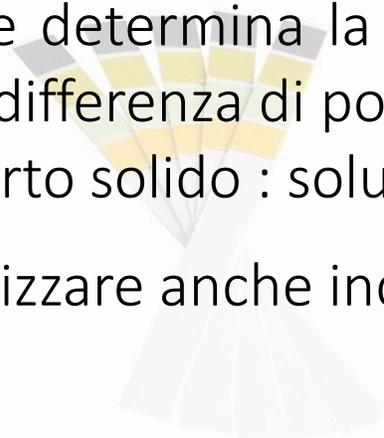
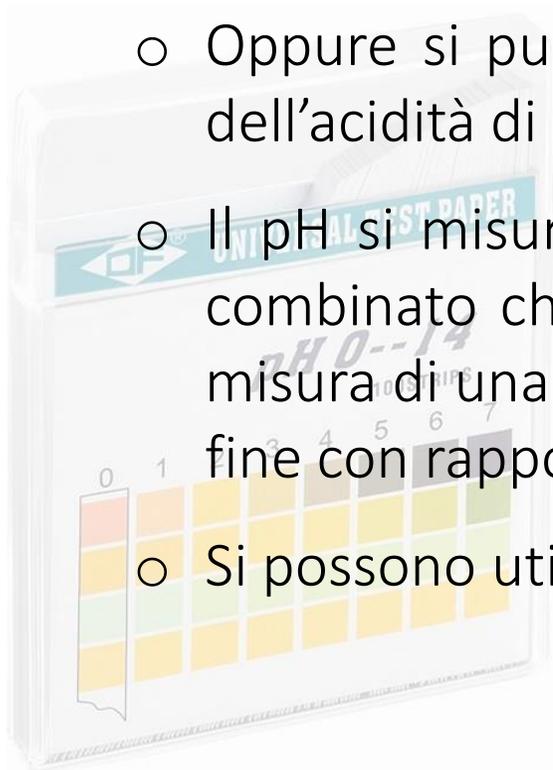
Calcare totale (g kg^{-1})	Giudizio
0 – 25	Non calcareo
25-90	Lievemente calcareo
90-180	Mediamente calcareo
180-250	Sensibilmente calcareo
250-500	Fortemente calcareo
>500	Estremamente calcareo

- I suoli calcarei hanno un pH tamponato tra 6.8 e 8.6, elevata saturazione in basi (anche >100%), buona capacità di stabilizzare C; tendono a immobilizzare P, Fe, Mn, Zn, Cu...



Il pH

- Il pH, o reazione del suolo, fornisce una misura del grado di acidità o alcalinità.
- La fase disperdente è generalmente acqua pura, che fornisce un'indicazione dell'acidità solubile;
- Oppure si può usare una soluzione salina (CaCl_2 ; KCl) per avere un'idea dell'acidità di scambio.
- Il pH si misura quasi sempre per via potenziometrica, con un elettrodo combinato che determina la concentrazione degli idrogenioni, tramite la misura di una differenza di potenziale elettrico, in una sospensione di terra fine con rapporto solido : soluzione di 1:2,5.
- Si possono utilizzare anche indicatori di pH, come le cartine al tornasole.



Il pH

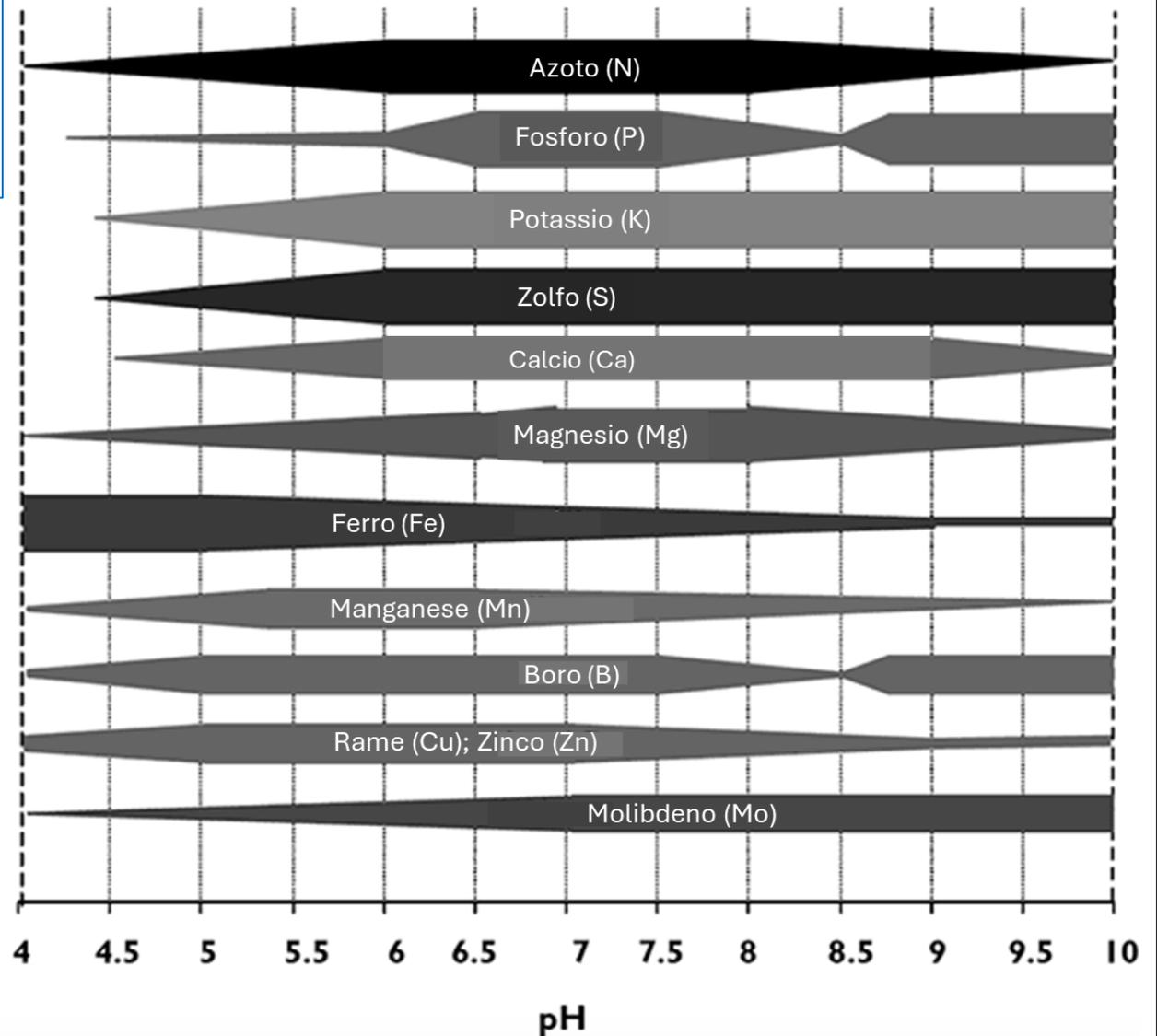
Classificazione della reazione[§]	pH in acqua (unità di pH)
Estremamente acida	< 4,5
Fortemente acida	4,5 ÷ 5,0
Moderatamente acida	5,1 ÷ 6,0
Debolmente acida	6,1 ÷ 6,5
Neutra	6,6 ÷ 7,3
Debolmente alcalina	7,4 ÷ 7,8
Moderatamente alcalina	7,9 ÷ 8,4
Fortemente alcalina	8,5 ÷ 9,0
Estremamente alcalina	> 9,0

[§]Classificazione secondo il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America-USDA.

Il pH

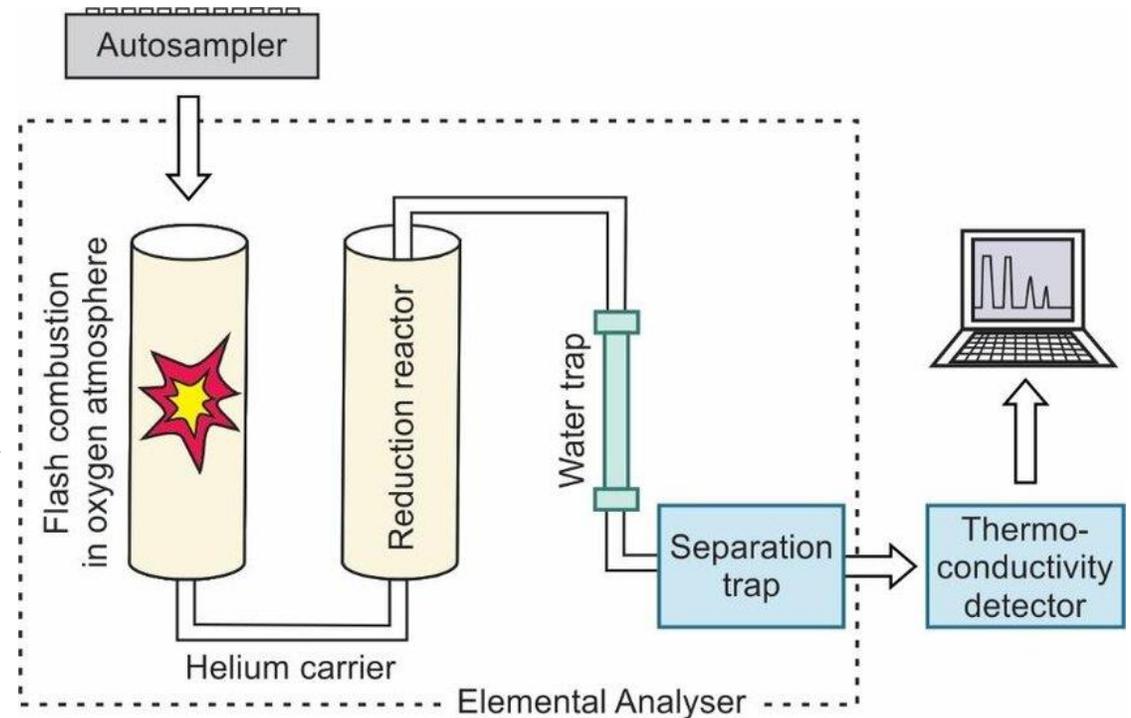
Il pH dipende dal substrato litologico, dal clima, dalla vegetazione, dalla gestione del suolo

- Condiziona la disponibilità degli elementi nutritivi
- L'attività microbica e fungina
- Le colture sono spesso adattate a specifiche condizioni di pH



La sostanza organica

- Per la misura del carbonio organico si ricorre ormai quasi ovunque al metodo per combustione e successiva quantificazione della CO_2 svolta.
- I suoli carbonatici devono essere pretrattati con acido oppure il C dei carbonati sottratto al C totale.
- Questo metodo permette la simultanea determinazione dell'N totale che si libera sotto forma di ossidi.



La sostanza organica

- La quantità di sostanza organica è uno dei principali criteri per la valutazione della fertilità del suolo per gli effetti positivi sulla stabilità degli aggregati, sulla struttura, sulle attività biologiche e sulla disponibilità di nutrienti per le piante.

Giudizio sul contenuto di sostanza organica nel topsoil di suoli agrari			
Dotazione in sostanza organica [§] (g/kg)	Raggruppamento delle classi tessiturali USDA		
	Suoli sciolti S/SF/FS	Suoli medio impasto F/FL/FA/FSA	Suoli compatti A/AL/FLA/AS/L
Molto bassa	<7,9	<10,0	<12,1
Bassa	≥7,9 – <14,0	≥10,0 – <17,9	≥12,1 – <22,1
Media	≥14,0 – <20,7	≥17,9 – <25,9	≥22,1 – <31,0
Elevata	≥20,7	≥25,9	≥31,0

[§] Sostanza organica = $1,724 \times C$ organico; $10 \text{ g kg}^{-1} = 1\%$.

L'azoto totale e il rapporto C/N

- L'azoto totale del suolo è quasi tutto contenuto nella sostanza organica; la sua quantità è strettamente correlata a quella della S.O. e alle sue caratteristiche.
- La sua disponibilità dipende dalla velocità di mineralizzazione, che produce le forme di N inorganico (NH_4^+ e NO_3^-).

Giudizio sul contenuto di azoto totale nel topsoil di suoli agrari	
Azoto totale (g kg^{-1})	Dotazione
<0,5	Molto bassa
0,5-1,0	Bassa
1,1-2,0	Media
2,1-2,5	Elevata
>2,5	Molto elevata

L'azoto totale e il rapporto C/N

- Il rapporto C/N dipende dal tipo di materiale vegetale incorporato nel suolo e dall'attività dei microrganismi, che a sua volta dipende da condizioni quali umidità, temperatura, pH, ...
- Il rapporto C/N può dare indicazioni sul grado di mineralizzazione e sulla sua velocità

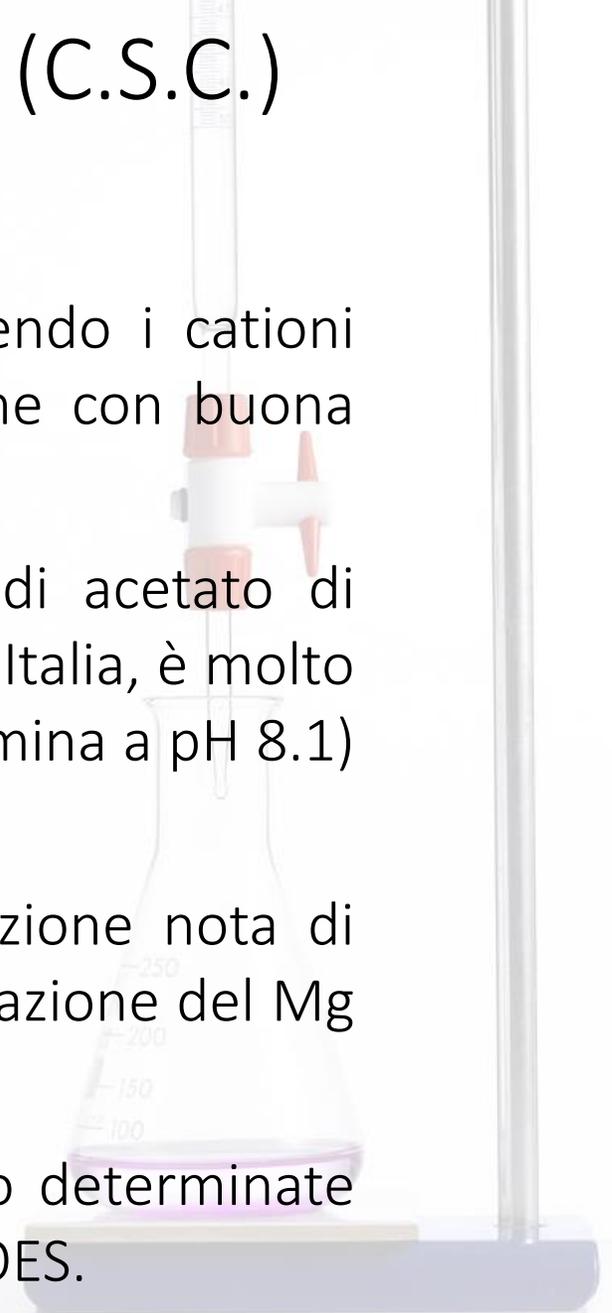
Tipi di biomasse	Rapporto C/N
Foglie e fusti freschi	15 – 35
Letame maturo	20 – 25
Letame fresco	25 – 35
Masse radicali	25 – 35
Stocchi di mais	50 – 60
Paglie di cereali	80 – 100
Legno	250 – 500



Rapporto C/N nel suolo	Giudizio	Stima della velocità di mineralizzazione
< 9	basso	mineralizzazione veloce
9-12	equilibrato	mineralizzazione normale
>12	elevato	mineralizzazione lenta

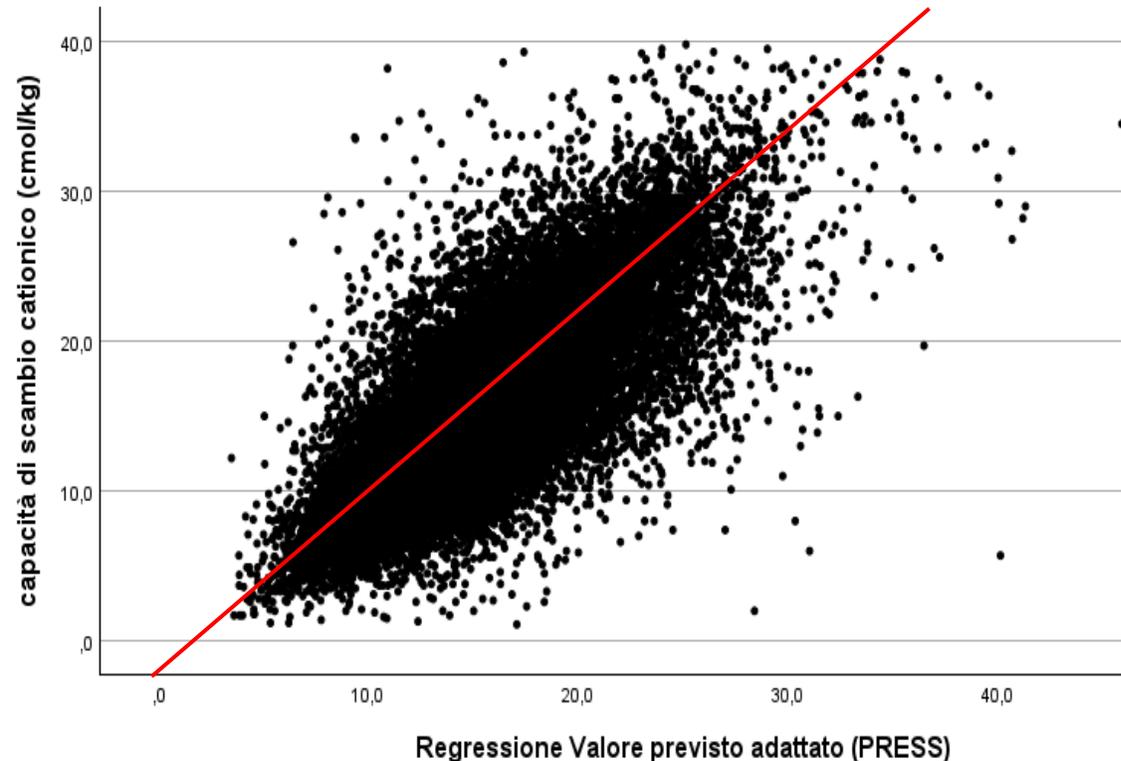
La capacità di scambio cationico (C.S.C.) e le basi di scambio

- La C.S.C. e le basi di scambio si determinano sostituendo i cationi presenti sul complesso di scambio con un altro catione con buona affinità per le superfici, ma poco abbondante nel suolo.
- Tra i cationi più utilizzati vi è l'ammonio (soluzione di acetato di ammonio a pH 7) (IUSS, 2022; Soil Survey Staff, 2022); in Italia, è molto usato il bario (soluzione di cloruro di bario e trietanolammina a pH 8.1) (MIPAAF, 1999)
- Il bario è poi sostituito da una soluzione a concentrazione nota di magnesio, la C.S.C. è data dalla differenza tra la concentrazione del Mg aggiunto e quello misurato in soluzione per titolazione.
- Le basi di scambio, portate in soluzione dal bario, sono determinate per spettrometria di assorbimento atomico, oppure ICP-OES.



La capacità di scambio cationico (C.S.C.) e le basi di scambio

- La C.S.C. dipende dalla disponibilità delle superfici di scambio;
- Queste sono determinate dal contenuto di argille e S.O.
- La saturazione in basi, invece, è direttamente correlata al pH: al crescere del pH, cresce la saturazione in basi.

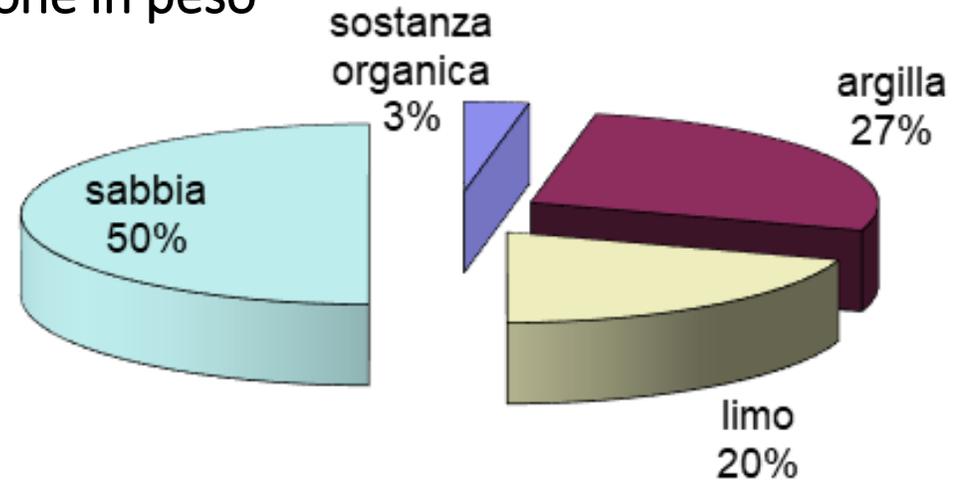


$$\text{C.S.C.} = 0.5 \cdot \text{Argilla (\%)} + 2 \cdot \text{S.O. (\%)} + 2.6$$

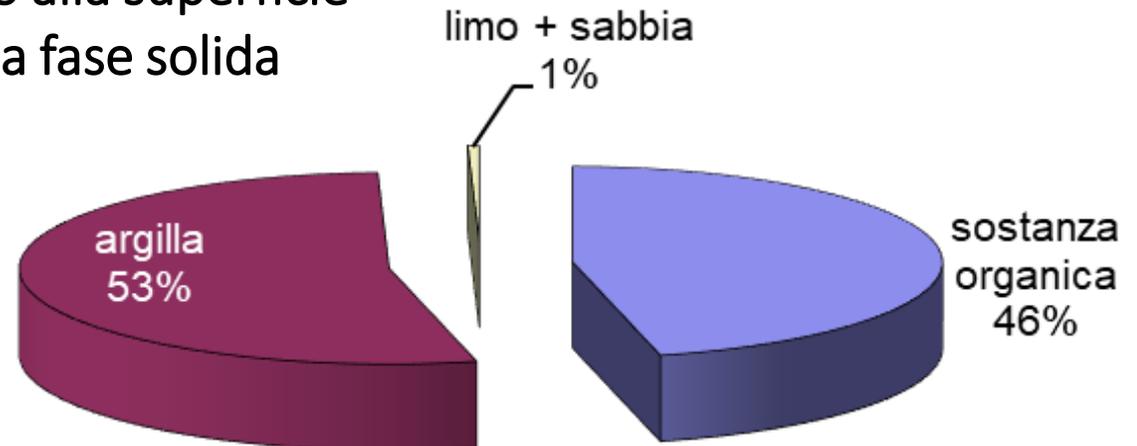
La capacità di scambio cationico (C.S.C.) e le basi di scambio

- Composizione in peso

C.S.C. f (argilla; S.O.), perché
C.S.C. è una proprietà di
superficie



- Contributo alla superficie
totale della fase solida



La capacità di scambio cationico (C.S.C.) e le basi di scambio

- La CSC e i cationi scambiabili si esprimono come $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$, in sostituzione dei $\text{meq}/100 \text{ g}$, unità di misura obsoleta. Le due unità di misura coincidono e non occorre alcun calcolo per la conversione.
- Il rapporto tra gli scambiabili dipende dal materiale parentale e dalla fertilizzazione.
- Quando le masse sono espresse come ossidi: $\text{K}_2\text{O} = \text{K}^+ \cdot 1.2$; $\text{MgO} = \text{Mg}^{2+} \cdot 1.7$; $\text{CaO} = \text{Ca}^{2+} \cdot 1.4$

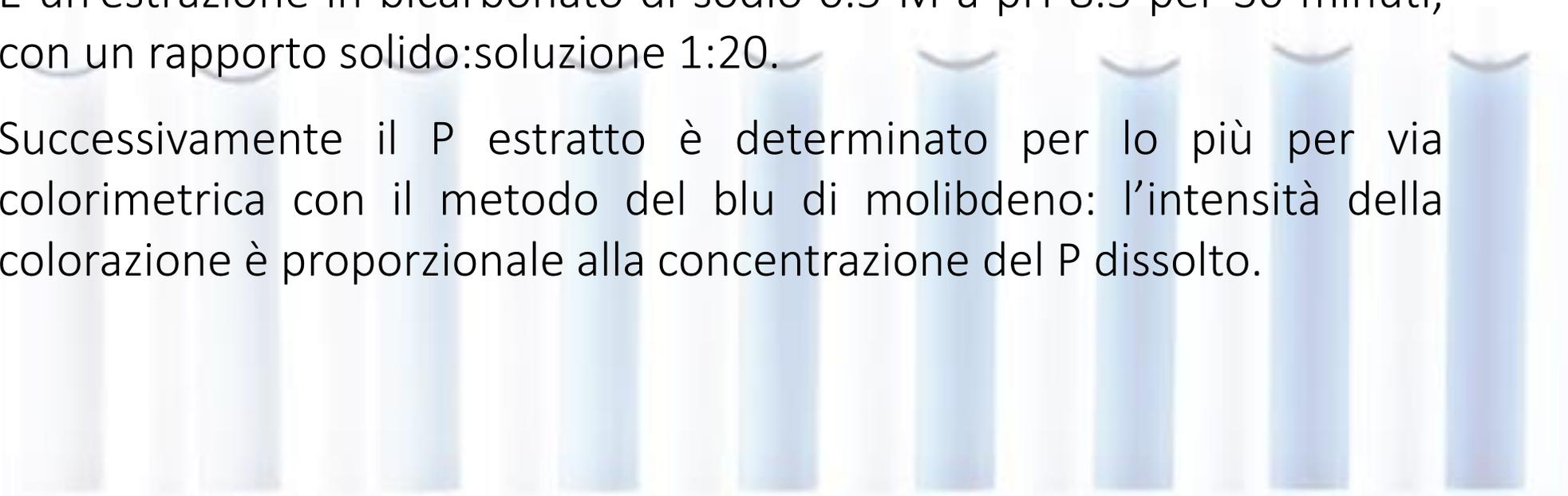
C.S.C. ($\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1} \text{ suolo}$)	Giudizio
<5	Molto bassa
5-10	Bassa
10-15	Moderatamente bassa
15-25	Moderatamente alta
25-50	Elevata
≥ 50	Molto Elevata

	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
	(% C.S.C.)		
Molto bassa	< 1.5	< 1	< 35
Bassa	1.5 – 3	1 – 3	35 – 55
Media	3 – 4	3 – 10	55 – 70
Elevata	> 4	> 10	> 70*

(*) Nei suoli calcarei non si prende in considerazione la saturazione calcica

Il fosforo assimilabile

- Il fosforo è il macronutriente meno mobile nel suolo, quindi la sua quantità totale è poco indicativa della disponibilità per le piante
- Esistono molti metodi per stimare la frazione del P totale che le piante sono in grado di utilizzare. In Italia è usato soprattutto il metodo Olsen, ideato per i suoli calcarei, ma adatto anche alle altre situazioni.
- È un'estrazione in bicarbonato di sodio 0.5 M a pH 8.5 per 30 minuti, con un rapporto solido:soluzione 1:20.
- Successivamente il P estratto è determinato per lo più per via colorimetrica con il metodo del blu di molibdeno: l'intensità della colorazione è proporzionale alla concentrazione del P dissolto.



Il fosforo assimilabile

- La fertilizzazione fosfatica dovrebbe tenere conto non solo degli asporti delle colture, ma anche della concentrazione di P disponibile nel suolo.
- Eccessive concentrazioni di P nei suoli non rappresentano solo una spesa inutile, ma anche un rischio ambientale.
- Il P dai suoli si trasferisce alle acque soprattutto come particolato sospeso, oltre che in soluzione.

Giudizio	P Olsen (mg kg⁻¹)[§]	P Bray (mg kg⁻¹)[§]
<i>Molto basso</i>	< 5	< 8
<i>Basso</i>	6-9	9-15
<i>Medio</i>	10-14	16-20
<i>Elevato</i>	15-20	21-30
<i>Suolo sovralfertilizzato in P (soglia attenzione rischio ambientale)</i>	> 20	> 30

[§] Valori espressi come mg P kg⁻¹ di suolo. Si consideri che P₂O₅ = P x 2.3

Il fosforo assimilabile

- Il giudizio sulla disponibilità fosfatica dipende anche dalla tessitura.
- Suoli più compatti tendono a mantenere in soluzione una concentrazione più bassa, ma possono rifornire più a lungo la soluzione.
- Ciò giustifica l'adozione di valori soglia differenti in funzione della tessitura, inclusa la soglia di attenzione ambientale, che scende all'aumentare del contenuto di argille.

	P Olsen (mg kg⁻¹)		
<i>Tessitura</i>	<i>Sciolta</i> <i>S-SF-FS</i>	<i>Media</i> <i>F-FL-FA-FSA</i>	<i>Compatta</i> <i>A-AL-FLA-AS-L</i>
<i>Molto basso</i>	< 10	< 8	< 5
<i>Basso</i>	10-13	9-11	5-9
<i>Medio</i>	14-18	12-15	10-12
<i>Elevato</i>	>18	>15	>13

I micronutrienti

- Tra i micronutrienti, Fe, Mn, Cu, Zn formano per lo più ossidi insolubili, soprattutto nei suoli calcarei, dove possono manifestarsi carenze.
- Le soglie critiche sono estremamente variabili a seconda della coltura.
- Le aliquote disponibili possono essere determinate con estrazione in DTPA a pH 7.2 (suoli neutri e alcalini) o in EDTA a pH 4.65 (suoli acidi).
- Il B può essere poco presente in suoli dilavati.
- Il B disponibile si estrae in soluzione acquosa a caldo.

Elemento	Dotazione (mg kg ⁻¹)		
	Bassa	Media	Elevata
Fe	< 2.5	2.5 – 4.5	> 4.5
Mn	< 1.0	1.0 – 1.5	> 1.5
Zn	< 0.5	0.5 – 1.0	> 1.0
Cu	< 0.2	0.2 – 1.0	> 1.0
B	< 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5

Quando analizzare il suolo

Le analisi del suolo, eseguite periodicamente, sono importanti per la corretta gestione agronomica

Con quale cadenza è consigliato eseguirle?

Alcune proprietà sono piuttosto stabili nell'arco di secoli o millenni, altre variano in tempi di decenni, di anni, di mesi o anche di ore.

<i>Proprietà</i>	<i>Frequenza di analisi</i>
<i>Proprietà stabili:</i> Tessitura; carbonati	Almeno una volta; ripetere in caso di movimento terra o importanti interventi di correzione
<i>Proprietà variabili sul medio periodo:</i> CSC, S.O, pH, micronutrienti	Ogni 5-10 anni, a meno di interventi correttivi; quando vi sia un cambiamento di gestione e/o coltura
<i>Proprietà variabili sul breve periodo</i> P Olsen, K scambiabile	Ogni 3-5 anni, nonché ogni volta che vi sia un cambiamento di gestione e/o coltura
<i>Proprietà variabili sul brevissimo periodo:</i> Forme inorganiche di azoto (ammonio, nitrato)	Spesso variano troppo rapidamente per avere indicazioni agronomiche utili

	Variabilità verticale	Variabilità temporale
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	Spesso aumenta con la profondità	Aumenta in inverno e in primavera, è minore in estate
$\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$	Spesso aumenta con la profondità. Orizzonte E è più acido	Meno variabile del $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$
E.C.	Dipende dal clima. E' più variabile nei suoli irrigati. E' influenzata dall'aggiunta di gesso e di fertilizzanti	Varia in accordo con la pioggia e le irrigazioni
C.S.C	Aumenta con l'argilla (profondità) e con la SO (in superficie)	C.S.C. varia lentamente nel tempo. Ca e Mg variano poco durante l'anno
K_{scamb}	Dipende dalla fertilizzazione: si accumula in superficie. Se liscivia si accumula negli orizzonti ricchi di argilla.	Generalmente più alto in estate ed autunno
Al_{scamb}	Molto basso in superficie (S.O)	Non varia molto
P_{ass}	Dipende dalla fertilizzazione: si accumula in superficie.	Minimi in autunno, aumenta dopo le piogge
N_t	Si accumula in superficie	Poco variabile
$\text{C}_{\text{org.}}$	Si accumula in superficie	Poco variabile

Attenzione, non sempre i dati sui referti sono riportati correttamente.

Ad esempio, non è possibile confrontare le saturazioni nelle singole basi di scambio presenti in questo referto con la tabella di riferimento

pH	6.1
argilla (%)	2.0
S.O. (%)	3.4



CAPACITA SCAMBIO CATIONICO		meq/100 gr	25,625	BARIO CLORURO TRIETANOLAMMINA	
SATURAZIONE CSC	Ca ⁺	% C.S.C.	86,75	meq/100 g.	3,34
	Mg ⁺	% C.S.C.	5,54	meq/100 g.	0,21
	K ⁺	% C.S.C.	7,71	meq/100 g.	0,30



	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
	(% C.S.C.)		
Molto bassa	< 1.5	< 1	< 35
Bassa	1.5 – 3	1 – 3	35 – 55
Media	3 – 4	3 – 10	55 – 70
Elevata	> 4	> 10	> 70*

Ca ²⁺		13.04
Mg ²⁺	(% CSC)	0.82
K ⁺		1.17

Grazie per l'attenzione

Maria Martin– Università degli Studi di Torino – DISAFA

CAMPUS DISAFA Grugliasco – 2 aprile 2025



**UNIVERSITÀ
DI TORINO**



DISAFA

Dipartimento di
Scienze Agrarie,
Forestali e Alimentari