

Ministero per le Politiche Agricole e Forestali

OSSERVATORIO NAZIONALE PEDOLOGICO E PER LA QUALITA' DEL SUOLO

Gruppo di lavoro “Suoli agricoli inquinati”

Sottogruppo “Metodologie di indagine”

LINEA GUIDA PER LA DETERMINAZIONE DEL VALORE DI FONDO NATURALE E NATURALE-ANTROPICO DEI SUOLI AGRARI PER METALLI E METALLOIDI

Gruppo di lavoro:

Paolo Giandon e Roberta Cappellin¹, Liviana Leita², Pietro Capodaglio³, Stefano Brenna⁴, Elisa Sacchi⁵, Antonio Nassisi⁶, Claudio Baffi⁷, Nicoletta Calace⁸, Marta Plazzotta⁹

¹ARPAV- Servizio Osservatorio Suolo e Rifiuti - Unità Operativa Suolo

²CRA-ISNP Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura-Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante

³ARPA Valle d'Aosta

⁴Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste della Lombardia

⁵Università di Pavia

⁶ARPA Emilia Romagna Eccellenza Suolo

⁷Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza

⁸Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici

⁹Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
1.2	CAMPO DI APPLICAZIONE.....	3
1.3	OBIETTIVI	3
2	VALORE DI FONDO NATURALE E NATURALE-ANTROPICO DI METALLI E METALLOIDI NEI SUOLI AGRARI	4
2.1	NOTE SUL COMPORTAMENTO DI METALLI E METALLOIDI NEL SUOLO	4
2.2	COSA SI INTENDE PER VALORE DI FONDO	6
3	PROCEDURA OPERATIVA	8
3.1	INDAGINI PRELIMINARI	8
3.2	STRATEGIE DI CAMPIONAMENTO.....	9
3.3	DESCRIZIONE DEL PUNTO DI PRELIEVO E CAMPIONAMENTO.....	12
3.3.1	<i>Georeferenziazione e indentificazione del punto</i>	12
3.3.2	<i>Descrizione del punto</i>	12
3.3.3	<i>Metodologia di prelievo</i>	14
3.3.4	<i>Descrizione della trivellata</i>	14
3.3.5	<i>Campionamento</i>	15
3.4	ANALISI DI LABORATORIO.....	16
3.5	VALUTAZIONE DEI DATI ESISTENTI	17
3.6	ELABORAZIONE DEI RISULTATI.....	18
4	BIBLIOGRAFIA	21

ALLEGATO 1 - SCHEDA DI RILEVAMENTO

ALLEGATO 2 - MANUALE DI RILEVAMENTO

ALLEGATO 3 - ABBONDANZA NATURALE DI ALCUNI METALLI E METALLOIDI IN ROCCE E SUOLI

1 INTRODUZIONE

Il Gruppo di Lavoro “Suoli agricoli inquinati” che opera nell’ambito dell’Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo ha redatto le presenti linee guida per fornire una metodologia univoca riguardo alla valutazione del fondo naturale e naturale-antropico di metalli pesanti e metalloidi nei suoli agricoli. La valutazione dell’inquinamento dei suoli agrari deve infatti essere innanzitutto rapportata alla concentrazione di fondo degli elementi per i quali è ragionevole supporre un processo di inquinamento; successivamente si potranno stabilire eventuali azioni per il ripristino della qualità del suolo.

Il documento riporta in particolare la metodologia più attendibile per la determinazione dei valori di fondo, suggerendo nel contempo alcuni strumenti statistici che possono essere utilizzati allo scopo.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il D. Lgs. 152/06 prevede l’emanazione di uno specifico regolamento interministeriale per le aree agricole; l’art. 241 recita:

“Il regolamento relativo agli interventi di bonifica, ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d’emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all’allevamento è adottato con decreto del Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio di concerto con i Ministri delle attività produttive, della salute e delle politiche agricole e forestali”.

Rispetto al D.M. 471/99, il D. Lgs. 152/06 non parla solo di “limiti e procedure”, ma di un apposito regolamento che deve vedere il coinvolgimento non solo del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, ma anche dei Ministeri delle Attività Produttive e della Salute.

Il Decreto Legislativo n. 152/06 del 03 aprile 2006 “Testo Unico recante le Norme in Materia Ambientale” definisce all’art. 240 comma 1 lettera b la Concentrazione di Soglia di Contaminazione (CSC): *“per concentrazioni soglia di contaminazione si intendono i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l’analisi di rischio sito specifica, come individuati nell’Allegato 5 alla parte quarta del citato decreto. Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un’area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più*

concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati”.

Appare pertanto necessario individuare criteri di indagine univoci per la determinazione del valore di fondo naturale allo scopo di poter distinguere tra situazioni di effettivo inquinamento causata da apporti esterni al suolo (processo esogeno) e situazioni di elevata concentrazione naturale degli elementi presenti nel suolo (processo endogeno)

Ai fini dell'applicazione delle presenti linee guida, si richiamano le definizioni riportate all'articolo 240 del D.Lgs. 152/06.

1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente documento si prefigge di fornire le linee guida in merito unicamente al contenuto naturale e naturale-antropico di metalli e metalloidi nel suolo. Le linee guida proposte forniscono la metodologia da seguire per la determinazione del “*valore di fondo naturale e del fondo naturale-antropico*”, definiti come il valore numerico relativo al contenuto di singoli elementi nel suolo agrario la cui origine può risalire:

- alla disgregazione e trasformazione della roccia madre o ad altre sorgenti naturali (*fondo naturale*);
- a sorgenti diffuse non naturali, quali deposizioni atmosferiche e pratiche agronomiche dedicate (*fondo naturale-antropico*)

Appare necessario quindi discriminare la quantità naturalmente presente nel suolo agricolo da quella apportata da fattori esogeni.

1.3 OBIETTIVI

Le presenti linee guida hanno come obiettivo:

- fornire modalità operative per la determinazione dei valori di concentrazione del fondo naturale e fondo naturale-antropico di metalli e metalloidi nel suolo;
- proporre la metodologia per una corretta conduzione delle operazioni di campionamento, analisi ed elaborazione dei risultati che si rendessero necessarie a tali fini.

2 VALORE DI FONDO NATURALE E NATURALE-ANTROPICO DI METALLI E METALLOIDI NEI SUOLI AGRARI

2.1 NOTE SUL COMPORTAMENTO DEI METALLI E METALLOIDI NEL SUOLO

Il suolo - formatosi dalla matrice litologica grazie ad un lungo processo evolutivo nel corso del quale l'azione dei fattori pedogenetici si è esplicitata, attraverso processi di ordine fisico, chimico e biologico, alterando profondamente i minerali originari e plasmando la frazione organica - è un sistema aperto, in equilibrio dinamico, che raggiunge, nel tempo, un grado di maturità e di equilibrio relativamente stabili (climax).

La conoscenza dei meccanismi di pedogenesi e delle caratteristiche del suolo risulta di importanza preminente per l'esercizio dell'agricoltura, e in questo senso assume particolare importanza la conoscenza dei meccanismi e dei processi che hanno luogo nello strato di suolo (topsoil o suolo superficiale) dove più intensa è l'attività biologica.

L'analisi dei processi biogeochimici e dei fattori che regolano il comportamento di metalli e metalloidi nel suolo agrario richiede la conoscenza delle fasi presenti nel suolo:

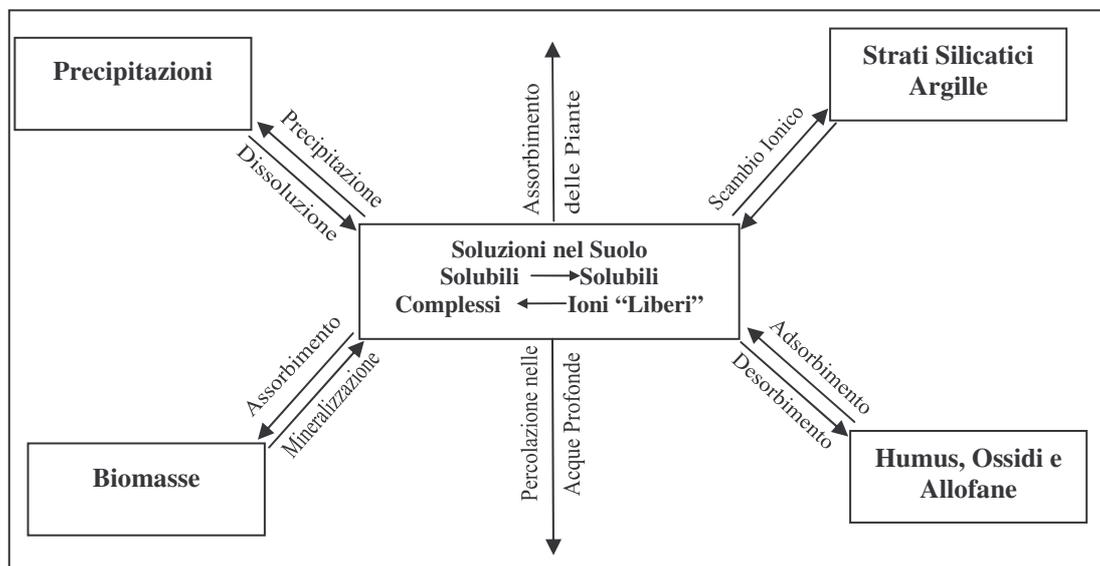
- la fase solida: è definita dalla presenza di componenti inorganici (abiotici) ed organici costituiti da:
 - minerali primari (silicati, feldspati, olivine, pirosseni, anfiboli e miche che rappresentano la frazione più grossolana, cioè sabbiosadel suolo);
 - minerali secondari (prodotti di alterazione dei primari di dimensione delle particelle argillose; silicati a strati es.: 1:1, 2:1, ossidi di Fe, Al, e Mn e minerali non cristallini (allofane);
 - humus;
 - biomassa del suolo;
 - colloid;
- la fase acquosa consiste di acqua e sostanze disciolte (inorganiche ed organiche) (es. ioni liberi e complessati di metalli, carbonio organico disciolto e altri ligandi);

- la fase gassosa è una miscela di gas e vapori di composizione analoga a quella dell'aria atmosferica, ma con un più elevato contenuto di vapor d'acqua e CO₂;

In particolare la soluzione del suolo è influenzata da equilibri multifase che coinvolgono soprattutto le fasi solida e acquosa la cui interfaccia, per il suolo, rappresenta il sito a più intensa reattività.

I processi d'interazione biotica e abiotica che governano il comportamento dei metalli nel suolo sono mostrati sinteticamente in Figura 1.

Figura 1. Schema dei processi interattivi nel sistema suolo concernenti la speciazione dei metalli tra la fase solida e acquosa (modif. da Adriano, 2001)



I fenomeni maggiori includono lo scambio ionico (adsorbimento-desorbimento), la solubilizzazione (precipitazione-dissoluzione) e l'assorbimento (assimilazione o immobilizzazione) da parte della biomassa vivente.

Microorganismi e radici delle piante interagiscono con le specie disciolte, e gli essudati microbici e radicali possono condizionare la solubilità e l'eventuale trasporto di questi composti. Questi processi hanno una grande influenza sulla speciazione biogeochimica degli elementi metallici ed influenzano la loro solubilità, mobilità, biodisponibilità e tossicità.

Alternativamente la predominanza dei singoli processi è influenzata da fattori biogeochimici e ambientali; a causa della natura dinamica dello scambio degli elementi tra le varie fasi il sistema rimarrà in uno stato di quasi-equilibrio nelle condizioni di campo; altri processi quali adsorbimento, desorbimento, reazioni redox, alterazioni,

acidificazioni e capacità tampone influenzano le dinamiche biogeochimiche dei metalli e metalloidi.

Alcuni fattori possono essere considerati come fattori primari (variabili principali) che governano e guidano i processi biogeochimici (es. pH, capacità di scambio cationico, potenziale redox, tipo e speciazione chimica degli elementi), altri fattori biogeochimici ed ambientali possono influenzare tali processi, la mobilità ed il bioaccumulo dei metalli.

In generale nel suolo agrario la presenza di metalli e metalloidi può essere fatta risalire a due origini:

- naturale (es. geogenica);
- antropica (da apporti esterni, es. con l'introduzione nel suolo di materiali derivanti da attività industriali, civili e agricole).

A differenza di quanto avviene in ambiente forestale per i suoli agrari è difficile definire una condizione “naturale”, può quindi essere introdotto e definito il concetto di “naturale-antropico” (o usuale) come la condizione osservata normalmente in un suolo agrario dove lo strato superficiale è stato oggetto negli anni di deposizione e accumulo di metalli e metalloidi, ma non ad una concentrazione tale da non influenzare le normali attività e funzioni del suolo ai fini agricoli. Per contro un suolo contaminato è rappresentato da una condizione di elevata concentrazione di metalli e metalloidi attribuibile all'apporto esterno di sostanze con elevato contenuto di metalli o metalloidi.

2.2 COSA SI INTENDE PER VALORE DI FONDO

Per definire correttamente il concetto di valore di fondo naturale o naturale-antropico del suolo si può far riferimento alla norma ISO 19258/2005 (Soil Quality – Guidance on the determination of background values).

Con il termine “contenuto di fondo di natura pedogeochimica o naturale del suolo” si intende la concentrazione di elementi ingenerata dai fattori caratteristici della pedogenesi, quali ad esempio la composizione ed alterazione della roccia madre;

Con il termine “contenuto di background o fondo naturale-antropico” si intende invece la concentrazione di un elemento riferito ad un tipo di suolo, localizzato in un'area o regione definita, che scaturisce dalla sommatoria delle concentrazioni apportate da sorgenti naturali e diffuse non naturali, quali ad esempio la deposizione atmosferica e le pratiche agronomiche.

Con il termine "valore di fondo naturale" o "valore di fondo naturale-antropico" si intende il valore numerico relativo ai rispettivi contenuti che si ricavano dall'elaborazione statistica dei dati.

Risulta quindi evidente che l'indagine per la determinazione del valore di fondo naturale e del valore di fondo naturale-antropico, è legata ad una ricognizione limitata ai principali elementi.

Per una migliore comprensione, il contenuto medio di metalli e metalloidi in diverse tipologie di rocce e di suoli viene riportato in Allegato 3.

3 PROCEDURA OPERATIVA

3.1 INDAGINI PRELIMINARI

Un progetto per la determinazione del valore di fondo naturale e naturale-antropico può essere sviluppato considerando sostanzialmente i seguenti aspetti:

- individuazione delle aree di indagine;
- ubicazione dei punti e modalità di campionamento;
- metodiche analitiche;
- elaborazione dati.

Per pianificare al meglio le operazioni per la determinazione del valore di fondo naturale si devono raccogliere quante più informazioni possibili relativamente alle aree oggetto di indagine.

La formazione del suolo è condizionata da diversi fattori che agiscono sull'alterazione, disgregazione e trasformazione della roccia madre. La presenza di metalli e metalloidi nel suolo dipende sostanzialmente dalla roccia madre da cui un suolo si è formato. Una situazione particolare si ha in corrispondenza di pianure alluvionali in cui il tipo di materiale presente dipende non solo dal substrato in situ, ma anche da quello trasportato e sedimentato dai corpi idrici superficiali.

Una prima indicazione sulle caratteristiche dell'area in esame si può ricavare dalle seguenti fonti:

- **Carta geologica** (cartografia geologica ufficiale alla scala di maggior dettaglio disponibile): consente di individuare le formazioni geologiche presenti;
- **Carta geomorfologica** (cartografie in scala 1:50.000): rappresenta le forme d'accumulo e di erosione del rilievo e ne interpreta l'origine in funzione dei processi geomorfici, endogeni ed esogeni, che le hanno generate;
- **Carta dei suoli** (cartografie realizzate da enti regionali o provinciali alla scala di maggior dettaglio disponibile): contiene una descrizione dei caratteri dei suoli presenti nell'area;
- **Carta geochemica** (cartografie realizzate da Università o APAT): descrive il contenuto in elementi chimici dei substrati geologici;

- **Reti di monitoraggio dei suoli:** se sono attivate possono essere disponibili valori di concentrazione dei metalli pesanti;
- **Carte di distribuzione di metalli e metalloidi:** cartografie realizzate da agenzie regionali per la protezione ambientale, enti regionali o provinciali alla scala di maggior dettaglio disponibile in cui sono consultabili valori di concentrazione dei metalli pesanti e cartografie di distribuzione territoriale di ciascun elemento;

E' importante che tutti i dati raccolti siano georeferenziati, in modo da essere inseriti in appositi database gestiti nell'ambito di sistemi informativi territoriali; ciò al fine non solo di consentire la mera sovrapposizione cartografica delle diverse tematiche, ma anche di eseguire le elaborazioni geostatistiche di cui al cap. 3.6.

Le aree da sottoporre ad indagine devono essere prive di contaminazioni derivanti da attività antropiche e quindi rappresentative del fondo naturale. L'indagine per la determinazione del fondo naturale e naturale-antropico deve essere preceduta dalla verifica che nell'area investigata siano effettivamente presenti il suolo ed il sottosuolo naturale. Nel caso in cui sia disponibile una cartografia pedologica, allo scopo di verificare la concordanza tra i caratteri del suolo dell'area prescelta e quelli corrispondenti all'unità tipologica rilevabile dalla cartografia, può essere utile eseguire delle trivellate nell'area di riferimento per evidenziare il grado di variabilità presente e l'eventuale disomogeneità intrinseca dell'area.

Nella scelta dei punti di campionamento deve essere tenuto in considerazione anche l'uso del suolo, in particolare per evitare zone contaminate o troppo vicine a potenziali fonti inquinanti (es. discariche, grandi vie di comunicazione, insediamenti produttivi significativi, etc..) e aree che presentino evidenti tracce di rimaneggiamento o di intervento antropico.

3.2 STRATEGIE DI CAMPIONAMENTO

Vi sono due possibili approcci per la definizione dei punti di campionamento all'interno dell'area di studio in cui viene richiesta la determinazione del valore di fondo naturale e naturale-antropico:

- un approccio "tipologico" in funzione delle caratteristiche dei suoli e del substrato litologico da cui il suolo si è originato; tale approccio richiede la disponibilità di informazioni ad un dettaglio sufficiente per poter ritenere uniforme l'origine deposizionale del suolo;

- un approccio “sistematico” che prevede la localizzazione dei punti da campionare secondo una griglia a maglia fissa, più adatto nel caso di conoscenza scarsa o nulla delle caratteristiche geologiche e pedologiche del sito.

L'indagine condotta con l'approccio tipologico consente di raggiungere una maggiore comprensione dei processi che hanno generato il contenuto dei vari elementi nel suolo; per questo motivo si ritiene che debba essere preferita laddove esista una cartografia dei suoli al dettaglio richiesto per il tipo di indagine.

Campionamento con approccio tipologico

Il contenuto naturale di metalli nel suolo dipende primariamente dalla natura dei minerali da cui il suolo si è originato e secondariamente dagli eventuali processi di traslocazione degli elementi intervenuti nel corso della pedogenesi; per questo motivo è ragionevole attendersi un livello di concentrazione relativamente omogeneo in ambiti di pianura (ad es. all'uscita delle conoidi fluviali, in aree comprese tra conoidi, all'interno di uno stesso bacino deposizionale) e più variabile in ambiti di collina e montagna (in funzione della morfologia e dei materiali parentali).

La scelta dei punti di campionamento secondo un “approccio tipologico”, cioè in funzione del materiale parentale e delle diverse tipologie di suoli, segue criteri di rappresentatività delle principali unità tipologiche di suolo, in particolare rispetto ai bacini deposizionali per i territori di pianura e alle formazioni geologiche ed ai relativi costituenti minerali per i territori di collina e montagna. L'obiettivo finale è determinare un valore di fondo naturale per ciascun metallo e per ciascuna delle aree omogenee (bacino deposizionale o materiale parentale) in cui è suddiviso il territorio indagato. Per la determinazione del fondo naturale-antropico è opportuno utilizzare un campione dello strato superficiale (topsoil: 5-40 cm) prelevato nello stesso punto di campionamento del campione profondo che deve essere raccolto in corrispondenza dell'orizzonte C del profilo pedologico (orizzonte generalmente minerale, poco influenzato dai processi pedogenetici che non ha le proprietà degli orizzonti O, A, E o B – per le definizioni vedi Allegato 2).

Indicativamente per un livello di dettaglio coerente con una cartografia dei suoli in scala 1:250.000 la densità dei punti di campionamento non dovrebbe essere inferiore a 0,1 osservazioni/km².

Si deve tenere in considerazione la necessità di garantire un numero minimo di campioni necessari per l'analisi statistica dei risultati (almeno 15) per ciascuna unità considerata oggetto dell'indagine (omogenea per bacino deposizionale, materiale parentale o altro).

Alla scala di semidettaglio o di dettaglio potrà essere aumentata la densità delle osservazioni in particolare per affinare l'indagine fino al livello di unità di paesaggio della carta dei suoli.

Campionamento con approccio sistematico

L'adozione di una rete di monitoraggio con punti di campionamento omogeneamente distribuiti ha il vantaggio di acquisire, in modo oggettivo e indipendente da criteri predefiniti, elementi conoscitivi sullo stato dei suoli in riferimento alla concentrazione di metalli pesanti. Tale metodologia non consente però di comprendere appieno quale sia l'origine degli elementi chimici ricercati perché non distingue all'interno di un'area la presenza di materiali di partenza diversi dai quali dipende fortemente la concentrazione dei metalli; è pertanto da limitare a monitoraggi ad ampia scala per avere una prima idea delle concentrazioni degli elementi o per scale di grande dettaglio dove l'omogeneità è molto alta.

La distanza tra i punti adiacenti (passo) della rete, è funzione del dettaglio con cui deve essere fornita l'informazione prodotta; deve essere inoltre ricercato un compromesso tra la necessità di avere informazioni dettagliate con i costi necessari alla raccolta di tali informazioni.

A livello europeo vengono indicate come ottimali reti di risoluzione pari a 16 x 16 o 18 x 18 km che corrispondono ad una scala 1:1.000.000, la stessa per la quale è disponibile una carta dei suoli; secondo l'European Soil Bureau la densità di punti ottenibile con queste reti consente di avere almeno un punto per ogni principale tipologia di suoli descritta dalla carta dei suoli in scala 1:1.000.000. È probabile quindi che una rete 8 x 8 o 9 x 9 km corrisponda ad una scala 1:500.000, mentre una rete 4 x 4 o 4,5 x 4,5 km corrisponda ad una scala 1:250.000.

3.3 DESCRIZIONE DEL PUNTO DI PRELIEVO E CAMPIONAMENTO

3.3.1 Georeferenziazione e indentificazione del punto

Il rilevatore dovrà riportare sulla Carta Tecnica Regionale con la miglior precisione possibile il punto esatto del campionamento o rilevare le coordinate utilizzando un sistema GPS avendo cura di testare preventivamente l'effettiva precisione dello strumento utilizzato.

3.3.2 Descrizione del punto

Per ciascun punto di prelievo dovrà essere compilata una scheda (allegato1), per la cui redazione può essere opportuno ricorrere all'utilizzo di codici descritti nel manuale di rilevamento allegato. Dev'essere definito un codice alfanumerico che identifica il rilevamento; a tale codice di rilevamento faranno seguito le due cifre dell'anno di esecuzione del rilievo.

Ogni punto di prelievo sarà identificato da un codice univoco composto da una lettera che identifica il tipo di osservazione (P=profilo, T=trivellata) e da un numero sequenziale (es. T32).

Per ogni sito andranno descritte le seguenti voci:

- **CODICE RILEVAMENTO:** (vedi quanto già detto alla voce codice rilevamento)
- **ID RILIEVO:** va inserito il codice del punto di prelievo (es.: T32)
- **DATA:** va inserita la data di rilievo
- **CARTA TOPOGRAFICA:** inserire il numero e il tipo di carta topografica utilizzata come base di riferimento (es. n. CTR)
- **LOCALITA'/COMUNE/PROVINCIA:** inserire il riferimento alla localizzazione geografica
- **QUOTA (m.s.l.m):** indicare la quota del sito ricavata dalla Carta Tecnica Regionale o tramite altri strumenti (esempio DTM o misura diretta con altimetro)

- **PENDENZA %:** indicare la pendenza stimata della stazione di rilievo (voce particolarmente rilevante per le stazioni di montagna), si può utilizzare eventualmente una bussola da geologo o in alternativa una stima da elaborazioni effettuate a partire dal modello digitale del terreno
- **CARTOGRAFIA PEDOLOGICA ESISTENTE:** in questa voce è opportuno specificare se esiste per la zona di rilievo una cartografia pedologica indicandone il tipo, la scala e l'anno di produzione
- **UNITA' TIPOLOGICA DI SUOLO (UTS) :** utilizzare questa voce se la zona è già stata descritta dal punto di vista pedologico, in caso affermativo riportare la sigla dell'UTS
- **GRADO DI RICOLLEGAMENTO ALL'UTS**
- **SISTEMA DI COORDINATE**
- **DATI DELLE COORDINATE**
- **USO DEL SUOLO PREVALENTE:** riportare l'uso del suolo per il sito ove avviene il prelievo, per questa voce può essere opportuno consultare la tabella "*USO DEL SUOLO*" nel manuale di rilevamento allegato
- **PAESAGGIO DOMINANTE:** riportare la natura della forma del paesaggio per il sito ove avviene il prelievo, per questa voce può essere opportuno consultare la tabella "*NATURA DELLA FORMA*" nel manuale di rilevamento allegato
- **ASPETTI SUPERFICIALI RILEVANTI:** riportare gli aspetti superficiali rilevati per il sito ove avviene il prelievo, per questa voce può essere opportuno consultare la tabella "*ASPETTI SUPERFICIALI*" nel manuale di rilevamento allegato. Es. si possono riportare eventuali recenti lavorazioni agrarie o irrigazioni
- **MATERIALE PARENTALE E SUBSTRATO:** riportare se esistenti o se determinabili in campagna le caratteristiche relative al materiale parentale o al substrato, per questa voce può essere opportuno consultare la tabella "*MATERIALE PARENTALE E SUBSTRATO*" nel manuale di rilevamento allegato.
- **RILEVATORI:** inserire i nomi dei rilevatori

- **FALDA:** indicare l'eventuale presenza della falda, specificando se supposta o se misurata in pozzi/piezometri presenti nei dintorni del sito; in quest'ultimo caso indicarne la soggiacenza
- **NOTE**

Sarà inoltre opportuno realizzare una foto del paesaggio circostante il sito e una foto della carota estratta.

3.3.3 Metodologia di prelievo

Individuato il punto si eseguirà il campionamento utilizzando una trivella di tipo olandese con diametro di almeno 5 cm in grado di arrivare fino ad almeno 120 cm in profondità. La trivella viene introdotta verticalmente con un movimento rotatorio nel terreno; una volta estratta la trivella la carota viene adagiata su una superficie preventivamente preparata (può essere utile allo scopo predisporre un telo di lunghezza pari a circa 150 cm e larghezza pari a 50 cm), le singole carote estratte andranno adagate di seguito rispettando la profondità di prelievo; per le carote successive alla prima è opportuno eliminare la parte più superficiale (5 cm circa) per evitare di considerare materiale caduto o comunque asportato dalle pareti del foro.

La profondità da raggiungere, se non vi sono impedimenti quali ad esempio presenza di frammenti grossolani o radici che possono impedire la penetrazione della trivella o presenza di falda superficiale, è quella dell'intera trivella.

3.3.4 Descrizione della trivellata

Dopo aver eseguito la trivellata sarà opportuno cercare di evidenziare la presenza di diversi orizzonti pedologici sulla base di differenze di colore, tessitura, presenza di screziature e concrezioni; tali profondità andranno riportate nella scheda di descrizione del sito indicando il valore del limite inferiore; per ciascun orizzonte individuato potranno poi essere determinate alcune proprietà diagnostiche quali il colore utilizzando le Tavole Munsell; si potranno infine descrivere brevemente eventuali annotazioni o particolarità riscontrate.

Le voci da compilare nella scheda sono le seguenti:

- **N_ORIZZONTE:** si dovrà riportare il numero sequenziale dell'orizzonte

- *LIMITE INFERIORE (cm)*: andrà indicato il limite inferiore dell'orizzonte individuato.
- *COLORE*: riportare il colore rilevato secondo le caratteristiche delle Tavole Munsell riportando l'annotazione come: hue, value e chroma (es.10YR3/2).
- *SCREZIATURE*: indicare, se presenti, il colore, la percentuale e le dimensioni in cm di screziature originate da processi ossido-riduttivi.
- *TESSITURA*: riportare le percentuali di sabbia totale, sabbia molto fine e argilla stimate in campagna e la classe tessiturale determinata con il triangolo tessiturale USDA. Per questa voce può essere opportuno consultare il capitolo "TESSITURA" nel manuale di rilevamento allegato.
- *FIGURE DI PRECIPITAZIONE*: indicare, se presenti, tipo, natura, percentuale e dimensioni, delle figure pedogenetiche di precipitazione di carbonati e sali solubili o di ossidi e idrossidi. Per questa voce può essere opportuno consultare il capitolo "FIGURE PEDOGENETICHE" nel manuale di rilevamento allegato.
- *EFFERVESCENZA ALL'HCl*: Indicare la classe di effervescenza stimata; per questa voce può essere opportuno consultare la tabella "REAZIONE ALL'HCL" nel manuale di rilevamento allegato.
- *NOTE*: indicare eventuali annotazioni tipo presenza di materiali estranei (mattoni, resti di manufatti, ecc) o altre caratteristiche che possono essere ritenute rilevanti per evidenziare le qualità del suolo.
- *CAMPIONE*: indicare se è stato prelevato il campione e il numero di campioni prelevati

3.3.5 Campionamento

. Il campione di topsoil andrà prelevato fino ad una profondità pari allo strato lavorato (generalmente 5-40 cm). Esso deve essere rappresentativo dell'intera profondità campionata: questo problema non si pone nel caso di terreni agricoli soggetti a frequenti lavorazioni, poiché lo strato superficiale è regolarmente omogeneizzato, ma nel caso di terreni naturali deve essere prelevata una aliquota dell'intero intervallo e non solo della porzione mediana.

Il campione di suolo profondo andrà prelevato in corrispondenza dell'orizzonte C o del materiale parentale per uno spessore di circa 30 cm che sia rappresentativo

dell'intero orizzonte; nel caso di orizzonti che presentino uno spessore inferiore è opportuno evitare di campionare situazioni intermedie privilegiando il campione raccolto a profondità maggiore.

I campioni dovranno essere raccolti e chiusi in un sacchetto o altro contenitore pulito, asciutto e impermeabile all'acqua e alla polvere, su ogni sacchetto dovrà essere messa un'etichetta o dovrà essere scritto in modo indelebile il codice del rilevamento, il codice identificativo del sito (ID_RILIEVO) e l'intervallo di profondità del prelievo.

I campioni così raccolti andranno quindi conservati in luogo asciutto e pulito avendo cura di trasportarli e stocarli in modo tale da non danneggiare il campione, soprattutto quando vengano utilizzati sacchetti di plastica (a scopo preventivo, per evitare la perdita del campione, potrebbe essere utile utilizzare un doppio sacchetto).

3.4 ANALISI DI LABORATORIO

Le determinazioni analitiche devono essere effettuate con metodi di analisi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale ed eseguite sulla frazione granulometrica inferiore ai 2 mm (*terra fine*). A tal fine il campione di suolo, essiccato all'aria e disgregato, dovrà essere setacciato avendo cura di non introdurre, in alcuna fase del trattamento, contaminazioni da oggetti metallici.

Le metodiche analitiche utilizzate per la maggior parte dei parametri sono quelle individuate dal D.M. del 13 settembre 1999 “Metodi ufficiali di analisi chimica sul suolo”, e ad integrazione le metodiche USEPA ed ISO.

Nei rapporti di prova dei terreni deve essere specificato che le procedure di campionamento ed i metodi di analisi sono conformi al D.M. 13 settembre 1999.

Un'ampia rassegna dei metodi per i suoli nei siti contaminati è stata realizzata dal CTN TES nell'ambito della Task 06.08.03 “Linee guida per metodi” (Rapporto APAT 37/2003 “Proposta di guida tecnica sui metodi di analisi dei suoli contaminati”) e sono disponibili su www.sinanet.apat.it.

Per determinare il contenuto naturale di metalli nel suolo si ritiene opportuno eseguire le seguenti analisi:

- Elementi “totali”: determinazione della concentrazione estraibile con aqua regia per i seguenti elementi: antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, rame, manganese, mercurio, nichel, piombo, selenio, stagno, vanadio, zinco, ferro, alluminio.

Si valuterà inoltre la possibilità di eseguire le seguenti analisi:

- Metalli assimilabili: estrazione con soluzioni saline

Per eventuali approfondimenti, si potranno effettuare

- Analisi mineralogiche sulla frazione totale (tout-venant): tramite diffrazione a raggi X (metodo delle polveri) sarà determinata la mineralogia totale.
- Analisi mineralogiche sulla frazione inferiore a 2 µm (frazione argillosa): tramite diffrazione a raggi X (metodo delle polveri) sarà determinata la tipologia e l'abbondanza relativa dei diversi minerali argillosi utilizzando specifici trattamenti diagnostici.

Qualora venisse richiesto per una migliore comprensione è indicato analizzare alcuni parametri del suolo che sono strettamente connessi con il comportamento chimico dei metalli pesanti e con la loro biodisponibilità; in particolare, verranno determinati i seguenti parametri:

- Tessitura (le argille presenti nei suoli possono infatti determinare fenomeni di adsorbimento dei metalli);
- pH (le variazioni di pH influenzano le variazioni di solubilità dei metalli);
- Sostanza organica (la sostanza organica, come le argille, può influire sui processi di adsorbimento);
- Capacità di Scambio Cationico (modifica e può influenzare i processi di adsorbimento);
- Calcare totale.

3.5 VALUTAZIONE DEI DATI ESISTENTI

Per la definizione dei valori di fondo di un'area possono essere utilizzati anche dati rilevati nel corso di precedenti indagini; in questo caso deve essere posta particolare attenzione alla qualità e confrontabilità dei dati che sono originati da fonti diverse.

I dati devono essere accompagnati da appropriate informazioni che consentano di risalire agli scopi dell'indagine ed alle metodologie utilizzate, e quindi devono essere armonizzati tra loro e con i dati provenienti da indagini eseguite ex novo attraverso una procedura di comparazione che verifichi la confrontabilità di obiettivi e metodi con le procedure evidenziate nei precedenti paragrafi. Tale processo di armonizzazione produrrà una valutazione di conformità dei dati ai metodi descritti nel presente

documento. Gli aspetti che devono essere considerati per giungere alla valutazione conclusiva sono i seguenti:

- completezza delle informazioni rispetto ai requisiti minimi richiesti;
- comparabilità delle strategie di campionamento, dei riferimenti terminologici e descrittivi e dei metodi di analisi;
- identificazione ed eliminazione di eventuali campioni contaminati che, per definizione, devono essere esclusi dalla determinazione del valore di fondo.

3.6 ELABORAZIONE DEI RISULTATI

3.6.1 Determinazione dei valori del fondo naturale e naturale-antropico

L'elaborazione dei dati è il punto conclusivo dell'intero processo di determinazione del valore di fondo. L'elaborazione è fortemente dipendente dal numero di dati che si hanno a disposizione e quindi è importante determinare in fase di progettazione della caratterizzazione il numero adeguato di campioni da prelevare e analizzare secondo quanto descritto nei precedenti paragrafi.

L'elaborazione dei dati deve essere eseguita per ciascun gruppo di dati ricadenti all'interno delle aree definite come omogenee sulla base dei criteri descritti nella scelta dei punti di campionamento con approccio tipologico. Al fine di evitare di includere campioni contaminati nel calcolo del valore di fondo naturale-antropico, è opportuno verificare per ogni profilo, che il fattore di arricchimento superficiale (ovvero il rapporto tra la concentrazione del metallo nello strato superficiale ed in quello profondo) non sia di molto superiore a 2-3.

Inoltre i risultati ottenuti dall'analisi dei campioni prelevati dagli orizzonti superficiali devono essere elaborati separatamente da quelli relativi agli orizzonti profondi in quanto i due insiemi di dati costituiscono popolazioni diverse, l'una rappresentativa del valore di fondo naturale-antropico e l'altra del valore di fondo naturale.

I parametri di statistica descrittiva da determinare sono almeno i seguenti: valore medio, deviazione standard, coefficiente di variabilità (CV%), valore massimo, mediano e minimo, coefficienti di asimmetria (skewness) e di curtosi (kurtosis), test di Shapiro-Wilk e di Dixon. Poiché la distribuzione degli elementi nei suoli naturali spesso mostra una distribuzione di tipo log-normale, anziché di tipo gaussiano, può essere utile anche riportare la media geometrica dei dati e la relativa deviazione standard.

Di seguito si propongono due metodi per la determinazione del valore di fondo, il primo basato sulla distribuzione cumulativa di frequenza, applicabile solo in presenza di popolazioni numerose e uniformemente distribuite in un intervallo sufficientemente ampio di valori, e il secondo sull'individuazione dei percentili della distribuzione.

Nel primo caso occorrerà realizzare un grafico della distribuzione cumulativa di frequenza. Il valore corrispondente al punto di inflessione potrà essere assunto come valore di fondo in quanto dovrebbe rappresentare il limite superiore alle condizioni naturali. Le condizioni di fondo sarebbero quindi identificate dalla distribuzione delle concentrazioni dall'origine del diagramma fino al punto di inflessione. Il valore di concentrazione relativo al punto di inflessione della curva della distribuzione cumulativa di frequenza, viene proposto come soglia massima di background. Il principale punto di inflessione sarà individuato attraverso lo studio delle derivate e dello stesso grafico "quantili su concentrazione".

Nel secondo caso, come indicato in ISO 19258/2005, si procederà alla determinazione dei percentili (25°, 50°, 75°, 90°, 95°), dopo aver rimosso gli eventuali valori anomali evidenziati dalla trasformazione logaritmica delle osservazioni e dalla verifica della log-normalità della distribuzione.

I valori corrispondenti al 90° o, in termini meno cautelativi, al 95° percentile potranno essere assunti come limiti superiori dei valori di fondo.

3.6.2 Possibili approfondimenti con l'uso della geostatistica

I metodi "classici" della statistica utilizzati per descrivere le differenze riscontrabili in una o più proprietà diagnostiche del suolo, tra diverse unità cartografiche a differenti livelli di scala, non tengono in considerazione, però, la variabilità distribuita casualmente entro l'unità studiata.

Il modello classico infatti può risultare inadeguato all'interpolazione di variabili dipendenti spazialmente, poiché non tiene conto della correlazione spaziale e della posizione relativa dei campioni.

Recenti sviluppi della teoria statistica consentono alla dipendenza spaziale delle proprietà del suolo d'entrare direttamente nel processo d'interpolazione; essa si basa sulla teoria delle "variabili regionalizzate" che tiene conto delle caratteristiche casuali e strutturali delle variabili per una descrizione ed una valutazione ottimale delle proprietà

di un suolo ed oggi forma la base delle procedure (note come “Geostatistica”) per l’analisi e la stima delle variabili dipendenti spazialmente..

Il modo più semplice per applicare questa tecnica ed ottenere mappe tematiche è quello di effettuare le stime dei valori della variabile nei nodi di una griglia regolare ed evidenziare i risultati identificando i pixel sulla carta attraverso la griglia di valori.

Corrispondente alla griglia di valori che rappresentano le stime di kriging si crea anche la griglia delle varianze delle stime dalle quali (o dalla radice quadrata delle stesse) si può ricavare la mappa degli errori.

4 BIBLIOGRAFIA

- Adriano D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments. II Edition Springer-Verlag, pagg. 867.
- Alloway, 1995. "Heavy metals in soils" Blackie –London
- Amorosi A., Sammartino I., 2005. "Geologically-oriented geochemical maps: a new frontier for geochemical mapping?" *Geoacta*, vol. 4, pp.1-12
- APAT – Settore Sistemi Integrati Ambientali; Centro Tecnico Nazionale Territorio e Suolo, 2005. "Proposta di guida tecnica sui metodi di campionamento dei siti contaminati". <http://www.fonti.sinanet.apat.it>
- APAT, 2003. "Proposta di guida tecnica sui metodi di analisi dei suoli contaminati".
- ARPAV – Comune di Venezia – Provincia di Venezia, 2002. "Determinazione del livello di fondo di metalli pesanti nei suoli dell'entroterra Veneziano".
- ARPAV, 2004. "Manuale per la descrizione del suolo". www.arpa.veneto.it
- Decreto Ministeriale 13 settembre 1999. "Approvazione dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21 ottobre 1999.
- Decreto Legislativo n. 152 del 03 aprile 2006. "Testo Unico recante le Norme in materia ambientale".
- De Vivo B., Lima A., Siegel F.R., 2004. "Geochimica ambientale. Metalli potenzialmente tossici". Liguori Editore, Napoli, 449 pp.
- Facchinelli A., Sacchi E., Mallen L., 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. *Environmental Pollution*, 114/3, 313-324.
- Giandon P., Vinci I., Fantinato L., 2000. "Heavy metal concentration in soil of the basing draining in the Venice lagoon". In: *Bollettino S.I.S.S.* 49 (1-2) pp. 359-366.
- Giandon P., Cappellin R., Ragazzi F., Vinci I., 2004. "Confronto tra livello naturale ed "usuale" dei metalli pesanti nei suoli della pianura veneta in relazione al materiale parentale". In: *Bollettino S.I.S.S.* 53 (1-2) pp. 540-544
- FAO, 2006. "Guidelines for soil description" 4th Edition
- FAO, 2006. "World references base for soils resources 2006" World soil resources report 103.
- ISO 19258, 2005. "Soil quality – Guidance on the determination of background values".
- Jenn E.A. 1968. *Adv. Chem.* 73, pagg. 337-387.
- Lindsay W.L. 1979. *Chemical Equilibria in soils*, Wiley Interscience, New York, pagg. 449

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Magistrato alle Acque di Venezia per tramite del suo concessionario Consorzio Venezia Nuova, 2004. “*Indagini integrative a supporto della progettazione degli interventi sulle sponde dei canali di Porto Marghera. Indagini ed elaborazioni per la determinazione del livello di fondo di metalli pesanti e PCB nei suoli di aree della conterminazione lagunare e limitrofe*”.
- Nassisi A., Baffi C., 2003. Background levels of Trace Elements in the soils of Piacenza (ITALY): Geostatistical applications and treatment of data sources by GIS. 7th Conference ICOBTE, Uppsala, Sweden– June 15-19, 2003; Extended abstracts proceedings Vol I (III); pg 68-69.
- Provincia di Milano, 2003. “*Linee guida per la determinazione dei valori del fondo naturale nell’ambito della bonifica dei siti contaminati*”.
- Sequi P., 1989. “*Chimica del suolo*”. Patron Editore
- Regione Piemonte, 2003. Metalli pesanti e fosfati nei suoli piemontesi: un'indagine ambientale. Collana Ambiente n.26, Torino, 144 pp.
- Regione Lombardia, 2006. Analisi del contenuto in rame ed altri metalli nei suoli agricoli lombardi. Quaderni della Ricerca n. 61, Milano, 120 pp.
- Sacchi E., Benna S., Setti M., Leoni M., Garzetti F., Dallera D., 2006. I metalli pesanti nei suoli agrari della Provincia di Pavia. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, 45, 83-97.
- USDA, 2002. “*Field Book for describing and sampling soils*”. Version 2.0 NSSC
- Ungaro F., 2005. “*Contenuto in metalli pesanti negli orizzonti superficiali dei suoli della pianura del Brenta. Analisi statistica e analisi spaziale esplorativa*”. Rapporto 1.1 CNR-IRPI Firenze
- Ungaro F. 2005. “*Contenuto in metalli pesanti negli orizzonti sottosuperficiali dei suoli della pianura del Brenta. Analisi statistica, analisi spaziale esplorativa e definizione dei livelli di fondo usuali*”. Rapporto 2.1 CNR-IRPI Firenze
- U.S.E.P.A., 2002. “*Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA*”. EPA 540-R-01-03.
- U.S.E.P.A. QA/G-5S, 2002. “*Guidance for Choosing a Sampling Design for Environmental data Collection*” EPA/240/R-02/005.

ALLEGATO 1 – SCHEDA DI RILEVAMENTO

COD_RILEV	ID_RILIEVO	DATA	CARTA_TOPOGRAFICA	LOCALITA'/COMUNE/PROVINCIA	QUOTA	PENDENZA(%)
MEP						
CARTOGRAFIA PEDOLOGICA ESISTENTE				UNITA' TIPOLOGICA DI SUOLO		
COORD_DATUM		COORD_N		COORD_E		USO DEL SUOLO PREVALENTE
PAESAGGIO DOMINANTE				ASPETTI SUPERFICIALI RILEVANTI		
MATERIALE PARENTALE E SUBSTRATO				RILEVATORI		
FALDA (cm)		NOTE				

N° ORIZ	TIPO ORIZ	LIMITE INF. <i>cm</i>	COLORE	SCREZIATURE			Tessitura $\varnothing < 2$ mm (%)				FIGURE di precipitazione				Eff. <i>HCl</i>	NOTE	CAMP.
				<i>colore</i>	<i>%</i>	<i>cm</i>	<i>Sabbia tot.</i>	<i>Sabbia m.f.</i>	<i>Argilla</i>	<i>Tess. USDA</i>	<i>tipo</i>	<i>nat</i>	<i>%</i>	<i>cm</i>			

ALLEGATO 2 – MANUALE DI RILEVAMENTO

USO DEL SUOLO

100	colture foraggere permanenti	110	prato permanente asciutto
		120	prato permanente irriguo
200	Seminativi avvicendati	210	cereali autunno-vernini (frumento, orzo, avena)
		220	colture da ciclo estivo (mais, sorgo ecc.)
		221	mais
		222	sorgo
		223	girasole
		230	risaia
		240	colture orticole in pieno campo
		241	pomodori
		242	cipolle
		243	meloni o cocomeri
		244	piselli
		245	bietole da coste
		246	asparago
		247	radicchio
		248	aglio
		249	cavolo o cavolfiore
		250	barbabietole da zucchero
		260	soia
		270	prato avvicendato
		280	erbaio
		290	seminativo arborato
		291	seminativo arborato a olivo
		292	seminativo arborato a vite
		293	seminativo arborato a olivo e vite
294	seminativo arborato a frutteto misto		
300	Colture agrarie legnose	310	vigneto
		311	vigneto con olivo secondario
		320	frutteto: pomacee
		321	mele
		322	pere
		329	altro (specificare in nota)
		330	frutteto: drupacee
		331	ciliegie
		332	pesche
		333	albicocco
		334	susine
		339	altro (specificare in nota)
		340	castagneto da frutto
		350	noceto
		355	noccioleto
		360	piccoli frutti
		370	oliveto
		371	oliveto con vigneto secondario
		380	agrumeto
		390	altre
391	kiwi		
392	kaki		
400	Colture arboree forestali	410	pioppeto
		420	resinose
		430	latifoglie
500	Boschi cedui	510	ceduo di latifoglie caducifoglie
		520	ceduo di latifoglie sempreverdi
		530	ceduo invecchiato e/o degradato
		540	ceduo appena utilizzato

600	Boschi ad altofusto	610	fustaia di latifoglie senza ceduo dominato
		620	fustaia di conifere senza ceduo dominato
		630	fustaia mista senza ceduo
		640	rimboschimento (novelletto)
		650	area a rinnovazione gamica naturale
		660	area appena tagliata a raso
		670	fustaia di latifoglie con ceduo dominato
		680	fustaia di conifere con ceduo dominato
700	Boschi misti e altre situazioni	710	ceduo composto
		720	ceduo coniferato
		730	ceduo composto e coniferato
		740	bosco degradato (copertura <20%)
800	Pascoli	810	pascolo arborato e/o cespugliato
		820	prato-pascolo
900	Altre utilizzazioni	910	suolo nudo
		911	calanchi
		912	corpo o nicchia di frana
		913	nevaio e ghiacciaio
		920	coltivo abbandonato
		930	incolto improduttivo
		940	vivaio e semenzaio
		950	area a verde attrezzato
		960	scavo antropico
		970	cava
		971	torbiera
		980	altro
		981	corso d'acqua
		982	lago
		983	spiaggia e duna costiere
		984	urbano
985	area umida		
986	marcita		

MORFOLOGIA DEL PAESAGGIO

NATURA DELLA FORMA

Per natura della forma si intendono, specificamente, le modalità di genesi della morfologia che si sta esaminando.

La codifica è su 2 livelli; il primo livello ha natura generale, il secondo livello si sforza di comprendere tutti i casi noti e rilevanti, ma non ha l'ambizione di esservi riuscito. Si raccomanda fortemente, quando nessuna variabile del secondo livello risulti pienamente adeguata, di codificare la forma al primo livello, fornire una adeguata descrizione degli elementi morfologici, e riportare in nota la descrizione della natura della forma.

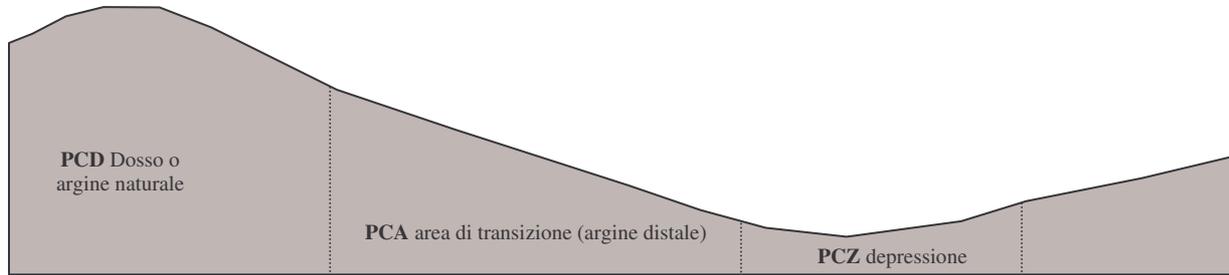
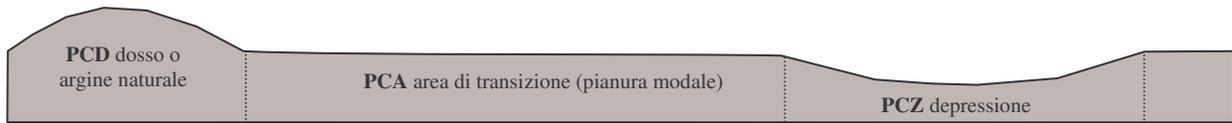
A00	FORME DI ORIGINE ANTROPICA		
AV	livellamento, versante rimodellato		
AT	versante terrazzato		
		ATI	integro
		ATD	degradato
		ATM	terrazzamento meccanizzato
		ATC	versante ciglionato
AA	area di accumulo		
		AAD	discarica di rifiuti o inerti
		AAR	riporto di terra
AG	arginatura per canale o altra opera		
AU	area urbanizzata		
C00	FORME DI ORIGINE CARSIACA		
CD	depressione carsica		
		CDD	dolina a fondo piatto
		CDC	dolina di crollo
		CDV	dolina di subsidenza
		CDO	dolina nella copertura
		CDA	depressione carsica aperta
		CDU	uvala
		CDR	uvala di crollo
		CDE	uvala aperto
		CDP	polje
		CDT	polje aperto
		CDI	rilievo residuale (chicot)
		CDH	hum
CV	valle fluvio-carsica		
		CVT	ripiano con tracce di reticolo fluvio-carsico
		CVV	valle secca
		CVA	valle cieca o valle di sorgente
		CVC	canyon carsico
CI	versante carsificato		
CR	ripiano carsificato		
CP	pietraia carsica (griza o grisè)		
S00	FORME DERIVANTI DA STRUTTURA E TETTONICA		
SD	depressione tettonica (Graben)		
SR	rilievo tettonico (Horst)		
SB	versante a balze		
SV	versante di faglia		
SC	cuesta		
SS	superficie strutturale		
		SSD	Superficie strutturale dissecata
		SSO	Superficie strutturale ondulata
V00	FORME DI ORIGINE VULCANICA		
VR	cratere		
		VRM	cratere di esplosione (maar)
VA	caldera		

VT	depressione vulcano-tettonica		
VC	cono vulcanico		
		VCC	cono di cenere
		VCS	cono di scorie
		VCP	cono poligenico
		VCL	cono di lava
VL	colata lavica		
VD	cupola o domo lavico		
VP	plateau vulcanico		
W00	FORME DI ORIGINE EOLICA		
WD	dune		
		WDS	dune stabilizzate
		WDP	dune spianate
		WDA	duna appoggiata
WI	area interdunale		
		WIL	area interdunale periodicamente allagata (lama)
WA	area di accumulo eolico		
WE	superficie o conca di deflazione		
E00	FORME DEL MODELLAMENTO EROSIVO ¹		
EF	versante/i in frana		
		EFN	nicchia di frana
		EFC	corpo di frana
ED	versante/i dissestato/i		
		EDR	versante dissestato da creep (reptazione)
		EDS	versante dissestato da soliflusso
		EDF	versante dissestato da frane di suolo (soil slips)
		EDC	versante con calanchi
		EDB	versante con biancane
		EDI	incisione accelerata cartografabile
		EDL	colata da trasporto in massa
EL	versante/i lineare		
		ELN	non aggradato (senza deposito di versante al piede)
		ELR	regolare (con deposito al piede)
EV	versante con vallecole		
		EVN	non aggradato (senza deposito di versante al piede)
		EVA	non aggradato in incisione accelerata (per trasporto in massa)
		EVR	regolare (con deposito al piede)
		EVS	regolare in incisione accelerata (per trasporto in massa)
EN	canale di valanga		
EG	pediment o glacis d'erosione		
ET	rilievo residuale (tor)		
ES	superficie di spianamento		
		ESP	forma spianata
		ESS	forma semispianata
		ESD	forma disseccata
ER	resto di terrazzo		
EA	forme di accumulo		
		EAS	falda di detrito da crollo (talus) stabilizzata
		EAF	falda di detrito da crollo (talus) attiva
		EAD	cono (o coni coalescenti) di detrito stabilizzato
		EAC	cono (o coni coalescenti) di detrito attivo
		EAV	cono di valanga
		EAT	torbiera di versante
		EAP	glacis d'accumulo
P00	FORME DI ORIGINE FLUVIALE (in pianura)		
PT	terrazzo fluviale		

¹ In caso che il versante si adatti a più di una definizione, fare riferimento al carattere che influenza maggiormente i caratteri e la distribuzione dei suoli.

		PTI	terrazzo disseccato	
		PTO	terrazzo con superficie ondulata	
		PTX	terrazzo con tracce di canali intrecciati	
		PTY	terrazzo con tracce di canali singoli	
		PTM	paleoalveo a canale singolo su terrazzo	
		PTB	paleoalveo a canali intrecciati su terrazzo	
PP	piana pedemontana (alta pianura)			
		PPC	conoide	
		PPE	conoidi coalescenti	
		PPD	depressione di interconoide	
		PPX	paleoalveo a canali intrecciati su conoide	
		PPY	paleoalveo a canale singolo su conoide	
		PPW	conoide con tracce di canali intrecciati	
		PPF	glacis d'accumulo	
		PPT	parte distale del conoide (transizione con la bassa pianura)	
PC	piana alluvionale (bassa pianura)			
PB	piana alluvionale bonificata			
		PCA	area di transizione (pianura modale o argine distale, vedi schema)	PBA
		PCD	dosso o argine naturale (levee)	PBD
		PCI	isola fluviale	
		PCF	alveo attivo a canali intrecciati	
		PCG	golena	
		PCT	area di tracimazione	PBT
		PCZ	depressione (bacino interfluviale)	PBZ
		PCV	ventaglio o canale di rotta	PBV
		PCC	ventaglio o canale di rotta distale	PBC
		PCE	piana alluvionale elevata	
		PCX	area con tracce di canali intrecciati	PBX
		PCY	area con tracce di canali singoli (piana a meandri)	PBY
		PCM	paleoalveo a canale singolo	PBM
		PCB	paleoalveo a canali intrecciati	PBB
		PCS	piana a meandri	
		PCR	bassura di risorgiva	PBR
PD	delta			
PE	delta bonificato			
		PDA	area di transizione (pianura modale o argine distale, vedi schema)	PEA
		PDD	dosso o argine naturale (levee)	PED
		PDT	area di tracimazione	PET
		PDZ	depressione (bacino intercanale)	PEZ
		PDW	alveo inattivo	PEW
		PDV	ventaglio di rotta	PEV
F00	FORME DI FONDOVALLE			
FA	piana alluvionale di fondovalle			
FB	piana alluvionale di fondovalle bonificata			
		FAA	fondovalle indifferenziato	FBA
		FAF	alveo attivo a canali intrecciati	FBF
		FAM	alveo di corso effimero o semieffimero	FBM
		FAX	fondovalle con tracce di canali intrecciati	FBX
		FAY	fondovalle con tracce di canali singoli	FBY
		FAB	fondovalle con substrato roccioso subaffiorante	FBB
		FAR	fondovalle riempito	FBR
		FAS	fondovalle sospeso	FBS
FL	piana di riempimento e/o prosciugamento lacustre			
FD	piana di riemp. e/o prosc. lacustre bonificata			
		FLM	a prevalenza minerale	FDM
		FLS	a prevalenza minerale, sospesa	FDS

		FLO	a prevalenza organica (torbiera)	FDO
FT	terrazzo alluvionale			
		FTI	terrazzo disseccato	
		FTO	terrazzo con superficie ondulata	
		FTX	terrazzo con tracce di canali intrecciati	
		FTY	terrazzo con tracce di canali singoli	
FC	conoidi			
		FCC	conoide	
		FCE	conoidi coalescenti	
		FCD	depressione di interconoide	
		FCF	glacis d'accumulo	
FE	terrazzo d'erosione			
FR	conca di riempimento complesso			
FS	conca di riempimento complesso, sospesa			
G00	FORME GLACIALI E PERIGLACIALI			
GC	circo glaciale			
GS	conca di sovraescavazione			
		GSR	conca di sovraescavazione riempita	
GN	nicchia di nivazione			
GG	valli glaciali			
		GGU	valle glaciale ad U	
		GGV	valle glaciale sospesa	
GT	terrazzo di erosione glaciale			
GB	colata di blocchi (e rock glaciers)			
GF	depositi fluvioglaciali			
		GFK	esker	
		GFS	piana di alluvionamento proglaciale (sandur)	
		GFR	rilievi di contatto glaciale (kame)	
GM	rilievi morenici			
		GMF	morena frontale	
		GML	morena laterale	
		GMA	morena di fondo, morena di ablazione	
		GMI	depressione intermorenica	
		GMD	drumlin	
		GMN	nivomorena	
GD	superficie interessata da crioturbazione			
M00	FORME DI ORIGINE MARINA, LAGUNARE E LACUSTRE			
MT	terrazzo marino			
ML	terrazzo lacustre			
MA	piattaforma d'abrasione			
		MAP	piede di falesia (talus)	
MP	piana costiera			
		MPF	piana di fango	
		MPS	piana di sabbia	
		MPP	palude costiera bonificata	
		MPC	cordone	
		MPD	duna	
		MPM	canale di marea	
		MPA	piana di marea o laguna bonificata	
		MPL	fascia di oscillazione lacustre	



Schema esemplificativo della natura delle forme in piana alluvionale a bassa pendenza (in alto) e a pendenza più elevata (in basso).

ASPETTI SUPERFICIALI RILEVANTI

Nello stesso sito possono coesistere aspetti superficiali diversi; in questa voce è possibile includere anche la descrizione di caratteristiche quali forme di erosione o di deposizione e particolari situazioni di gestione delle acque.

ASPETTI PEDOLOGICI		ASPETTI ANTROPOGENICI		STATO DEL SUOLO	
FE	Fessurazione	LS	Livellato o spianato	AR	Arato di recente
CS	Croste strutturali	SS	Assolcato	LL	Altre lavorazioni
CD	Croste sedimentarie	SP	Sistemato a porche	CC	Coltura o inerbimento in atto
ES	Efflorescenze saline	CM	Compattato da macchine	NN	Nudo post raccolto o sfalcio
US	Complessi organo-sodici dispersi	CA	Compattato da animali	NE	Vegetazione spontanea su suolo agricolo
SM	Self-mulching	SN	Sentieramento da pascolo	OO	Spandimento recente di sostanza organica
AS	Cumuli da animali scavatori	AL	Altri	PP	Pacciamato
TL	Turricole da lombrichi			TT	Copertura di materiali tecnologici di scarto
GL	Gallerie interfaccia suolo-neve			AL	Altri
RI	Rimescolamento da mammiferi				
AL	Altri				

MATERIALE PARENTALE E SUBSTRATO

SUBSTRATO CONSOLIDATO

CODICE	DESCRIZIONE
XXX	Litologia mista
XCA	Litologia mista carbonatica
XSI	Litologia mista silicatica
MA0000	ROCCE IGNEE
MA1100	ROCCE PLUTONICHE DA ACIDE A INTERMEDIE
MA1101	Granito
MA1102	Granodiorite
MA1103	Diorite
MA1104	Tonalite
MA1105	Sienite
MA1106	Monzonite
MA1200	ROCCE PLUTONICHE DA BASICHE A ULTRABASICHE
MA1201	Gabbro
MA1202	Anortosite
MA1203	Peridotite
MA1204	Pirosenite
MA2100	ROCCE IPOABISSALI E DI COLATA CONSOLIDATE
MA2101	Riolite
MA2102	Porfido
MA2103	Dacite
MA2104	Latite
MA2105	Trachite
MA2106	Andesite
MA2107	Basalto
MA2108	Fonolite
MA2109	Tefrite
MA2110	Nefelinite
MA2111	Leucite
MA2112	Ossidiana

MA2200	ROCCE VULCANICHE PIROCLASTICHE	
MA2202	Ignimbriti	
MA2203	Cenere	Depositi piroclastici di dimensioni <2 mm
MA2204C	Tufo (ceneri consolidate)	
MA2205	Pomici e scorie	<u>Pomice</u> : roccia vetrosa vescicolata, generalmente di colore chiaro e bassa densità. Si distingue dalle scorie per diverso colore in quanto le <u>scorie</u> sono più scure e più dense, senza riferimento al chimismo.
SE0000	ROCCE SEDIMENTARIE	
SE1100	ROCCE SEDIMENTARIE CLASTICHE CONSOLIDATE O POCO CONSOLIDATE	
SE1101	Conglomerato a spigoli arrotondati (puddinga)	Costituita per >25% da clasti di dimensioni >2 mm, a spigoli arrotondati
	Breccia	clasti a spigoli vivi
SE1102	Arenaria	Costituita da granuli delle dimensioni delle sabbie, prevalentemente silicei (>50%)
SE1103	Arenaria a cemento siliceo	
SE1104	Arenaria a cemento calcareo	
SE1106	Siltite	Classe granulometrica dominante il limo, di qualsiasi origine e composizione
SE1107	Argillite	Classe granulometrica dominante l'argilla. Solo sedimenti cementati o sovraconsolidati
SE1108	Torbidite (flysch)	Strati alternati arenitico/siltitici ed argillosi (emipelagiti); da risedimentazione per flussi gravitativi in acque profonde.
SE1109	Marna	Rocce clastiche o miste (clastico/chimiche) composte da argille e carbonato di calcio in quantità comprese tra circa 35 e 65%. Argille marnose e Marne argillose sono termini intermedi tra argille e marne. Marne calcaree e Calcari marnosi sono termini intermedi tra marne e calcari
SE1109D	Calccare marnoso	
SE1105	Calcarenite	Prevalenza di granuli (dim. sabbie) carbonatici (>>50%)
SE1110	Calccare clastico (calcirudite)	Roccia costituita per >25% da granuli >2 mm, con composizione prevalente carbonatica (es. brecce legate ad ambienti di piattaforma carbonatica)
SE2000	ROCCE SEDIMENTARIE, EVAPORITICHE E/O DI ORIGINE ORGANOGENA	
SE2001	Calccare	
SE2001F	Calccare fossilifero	Roccia composta principalmente da frammenti carbonatici di origine biologica
SE2001O	Calccare oolitico e pisolitico	
SE2001L	Calccare lacustre	
SE2001M	Calccare dolomitico	
SE2002	Travertino	
SE2003	Dolomia	
SE2004	Diatomeite	
SE2005	Gesso e anidrite	
SE2006	Alite	Corpi rocciosi la cui composizione principale è data da cloruro di sodio ed eventualmente altri sali più solubili del gesso, di origine evaporitica
ME0000	ROCCE METAMORFICHE	
ME1001	Scisto	
ME1002	Fillade	
ME1003	Quarzite	
ME1004	Gneiss	
ME1005	Serpentinite	
ME1006	Anfibolite	
ME1007	Granulite	
ME1010	Marmo	
ME1011	Calcescisto	
ME1012	Metamorfiti di contatto	
ME1014	Cataclasite	

MATERIALE PARENTALE NON CONSOLIDATO

	DEPOSITI EOLICI (Non vulcanici)		
EO	deposito eolico		
		EOS	sabbie eoliche
		EOL	loëss
		EOF	deposito eolico fine
	DEPOSITI GLACIALI		
GL	depositi glaciali o fluvioglaciali		
		GLI	till indifferenziato
		GLB	till di ablazione
		GLG	till di alloggiamento (sovracosolidato)
		GLF	deposito fluvioglaciale
		GLL	deposito glaciolacustre
	MATERIALI NON TRASPORTATI		
RE	residuo		
		RED	detrito in posto (alterazione prevalentem. fisica)
		RES	saprolite (alterazione prevalentem. chimica)
		REC	residuo di roccia calcarea
	DEPOSITI PREVALENTEMENTE GRAVITATIVI		
CO	colluvio		
		COA	depositi da lavorazioni agricole ²
		AVG	depositi di glaciais d'accumulo ³
CR	depositi di crollo (falda di detrito)		
CF	depositi di frana		
CL	depositi di colata		
		CLD	colata di detrito (debris flow)
		CLT	colata di fango (mud flow)
	MATERIALI DIVERSI		
DS	depositi di origine sconosciuta		
DA	depositi antropici		
		COA	depositi da lavorazioni agricole ⁴
		DAA	riporti di terra a fini agricoli
		DAU	riporti di terra a fini non agricoli
		DAR	rifiuti
		DAC	inerti di cava
		DAI	scarti di miniera o industriali
	MATERIALI ORGANICI		
OO	depositi organici		
OF	fanghi lacustri organici ⁵		
OT	torba		
	DEPOSITI VULCANICI		
VF	depositi freato-magmatici		
VV	depositi piroclastici (tephra)		
VP	depositi piroclastici da caduta		
VC	depositi di colata piroclastica (tufi non cementati)		
VL	lahar		
	DEPOSITI IN O DA ACQUE		
AC	sedimenti marini litoranei		
		ACE	depositi di estuario
		ACS	depositi di spiaggia
		ACD	sabbie di cordone
		ACP	depositi di palude salmastra
		ACC	depositi di canale tidale

² Ripetuto nei depositi prevalentemente gravitativi e nei materiali diversi

³ Ripetuto nei depositi prevalentemente gravitativi e nei depositi di versante; da usare esclusivamente nel caso in cui il modo di messa in posto sia ignoto; altrimenti usare colluvio o alluvioni di versante

⁴ Ripetuto nei depositi prevalentemente gravitativi e nei materiali diversi

⁵ Ripetuto nei materiali organici e nei sedimenti lacustri

		ACT	depositi di piana tidale
		ACF	depositi di falesia o costa alta
		ACB	depositi cementati da carbonati
		ACR	depositi cementati da sostanza organica e/o ossidi
AM	sedimenti marini		
		AMR	sedimenti marini grossolani
		AMS	sabbie marine
		AMP	argille e limi marini
		AMC	sedimenti marini con assetto caotico, o indifferenziato
AL	sedimenti lacustri, o fluviolacustri		
		ALR	sedimenti lacustri grossolani
		ALS	sabbie fluviolacustri
		ALF	argille e limi fluviolacustri
		ALD	fanghi diatomitici
		ALC	fanghi calcarei
		OFO	fanghi organici ⁶
AP	sedimenti palustri		
		APM	prevalentemente minerali
		APO	prevalentemente organici
		APV	misti
AF	sedimenti fluviali		
		AFC	depositi di canale
		AFP	depositi di piena ad alta energia
		AFB	depositi di piena a bassa energia
		AFH	colmate
		AFF	depositi di conoide ⁷
AV	depositi di versante		
		AFF	depositi di conoide ⁸
		AVA	alluvioni di versante
		AVG	deposito di glaciais d'accumulo ⁹

⁶ Ripetuto nei materiali organici e nei sedimenti lacustri

⁷ Ripetuto nei depositi fluviali e nei depositi di versante

⁸ Vedi nota sopra

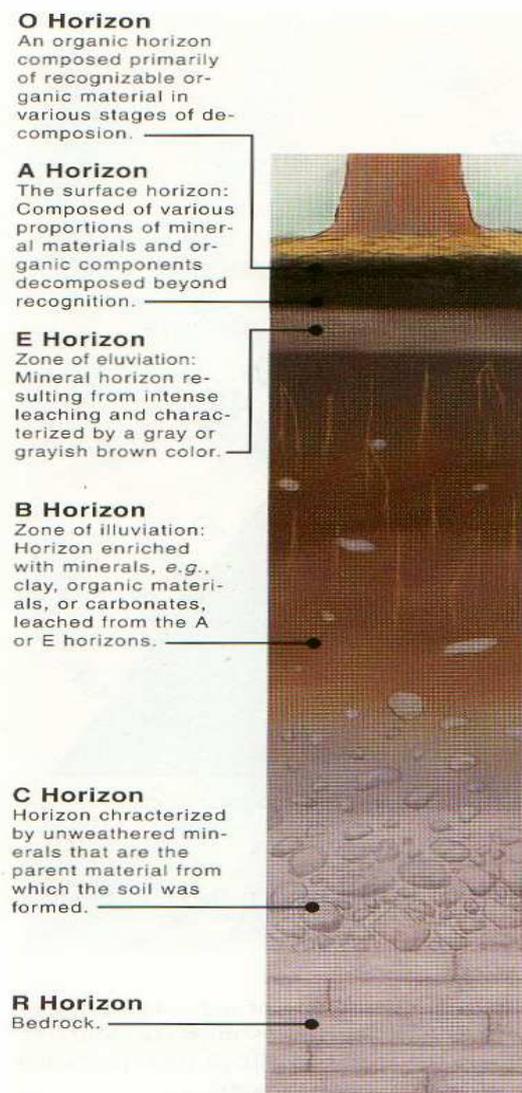
⁹ Ripetuto nei depositi prevalentemente gravitativi e nei depositi di versante; da usare esclusivamente nel caso in cui il modo di messa in posto sia ignoto; altrimenti usare colluvio o alluvioni di versante

TIPO ORIZZONTE

Gli orizzonti e strati principali vengono così denominati:

- **Orizzonti O:** Strati dominati da materiale organico;
- **Orizzonti A:** Orizzonti minerali formati in superficie o al di sotto dell'orizzonte O, in cui la struttura originale della roccia non è riconoscibile o lo è solo in piccola parte e che sono caratterizzati da un accumulo di sostanza organica umificata intimamente mescolata con la frazione minerale e non dominati dalle caratteristiche proprie degli orizzonti E o B;
- **Orizzonti E:** Orizzonti minerali nei quali la principale caratteristica è la perdita di silicati, argilla, ferro, alluminio o una combinazione di questi, che lasciano una concentrazione di particelle di quarzo di dimensioni del limo e della sabbia o di altri materiali resistenti;
- **Orizzonti B:** Orizzonti formati al di sotto di un orizzonte A, E od O e che sono dominati dalla scomparsa di tutta o gran parte della struttura originale della roccia e mostrano una o più delle seguenti caratteristiche: 1) concentrazione illuviale di argilla silicea, ferro, alluminio, humus, carbonati, gesso o silice, da soli o in combinazione. 2) evidenza della rimozione di carbonati, c) concentrazione residuale di sesquiossidi, d) rivestimenti di sesquiossidi che rendono l'orizzonte considerevolmente più ridotto in brillantezza, più elevato in purezza o più rosso come tinta, rispetto agli orizzonti sovrastanti o sottostanti senza apparente illuviazione del ferro, e) formazione di argille silicee, ossidi, struttura granulare a blocchi o prismatica, f) fragilità;
- **Orizzonti o strati C:** Orizzonti o strati, esclusa la roccia madre compatta, che sono stati poco influenzati dai processi pedogenetici e non hanno proprietà degli orizzonti O, A, E o B. Il materiale costituente gli orizzonti o strati C può essere simile o dissimile da quello da cui il *solum* si è formato;
- **Strati R:** Roccia compatta, incluso granito, basalto, quarzite e arenaria o calcare induriti, abbastanza coerenti da rendere impossibile lo scavo manuale.

Un esempio dimostrativo viene riportato nella figura. La sequenza di orizzonti indicata è puramente indicativa e non è rappresentativa di un suolo agricolo.



TESSITURA

Secondo le discipline e gli interessi specifici sono usati differenti limiti dimensionali per assegnare le particelle minerali individuali (non aggregate) a differenti classi, ed è quindi chiaro che la scelta dei limiti ha un che di arbitrario ed è soprattutto orientata agli scopi per cui vengono raccolti i dati. Molti argomenti a supporto di certi valori limite riguardano le relazioni tra le dimensioni delle particelle e l'acqua, la mineralogia, la suscettività ad essere trasportate ed anche le relazioni con proprietà chimiche, come ad es. la capacità di scambio. Una suddivisione dimensionale ampiamente accettata anche in Italia è quella seguita da NSSC del NRCS-USDA, qui riportata.

Definizione		Ø equivalente:	
		mm	micron
sabbia	molto grossolana	2.0-1.0	2000-1000
	grossolana	1.0-0.5	1000-500
	media	0.5-0.25	500-250
	fine	0.25-0.10	250-100
	molto fine	0.10-0.05	100-50
limo		0.05-0.002	20-2
argilla		<0.002	<2
argilla fine		<0.0002	<0.2

STIMA IN CAMPAGNA PER LE PARTICELLE MINERALI CON DIAMETRO EQUIVALENTE ≤ 2 MM (TERRA FINE)

Nei paragrafi successivi vengono presentati e illustrati due approcci abbastanza alternativi per la stima tessiturale di campagna. Una prima procedura mira a determinare in termini quantitativi (numerici) i valori percentuali assegnabili ai separati minerali delle dimensioni dell'argilla e della sabbia. La seconda mira alla determinazione della classe tessiturale a cui può essere assegnato il campione dell'orizzonte minerale che si sta descrivendo.

Tutte le "sensazioni" e le manipolazioni descritte nei paragrafi successivi hanno un carattere molto indicativo e non sono ultimative. Ogni rilevatore dovrebbe crearsi una sua "chiave personalizzata", verificando spesso l'attendibilità delle proprie stime su campioni standard analizzati in laboratorio e specifici dell'ambiente in cui sta rilevando. È importante sapere anche che, indipendentemente dalla taratura personale, alcune proprietà del suolo influiscono generalmente sulle sensazioni alla manipolazione.

- *Tipi di minerali argillosi.* I campioni dominati da argille di tipo montorillonitico resistono di più alla deformazione quando si lavorano per passare dalla forma a pallina a quella di cilindretto, ma il cilindretto rimane stabile anche allungandosi molto (sovrastima del contenuto in argilla), mentre certe argille di tipo micaceo e caolinitico possono far sottostimare il contenuto in argilla perché tendono a formare un cilindretto che resta stabile solo se non molto lungo.
- *Sostanza organica (SO).* Conferisce coesione anche nel campo delle tessiture sabbiose, mentre dà una sensazione di untuosità nel campo delle tessiture argillose. Quando si lavora la pallina tra le dita tende poi a produrre comunque un cilindretto abbastanza breve e spesso. Certi campioni che contengono più del 2% di SO e dal 40 al 50% di argilla si comportano come se ne contenessero soltanto dal 30 al 40%. Inoltre nei campioni allo stato secco un elevato contenuto in SO rende più difficile l'azione di inumidimento e quindi la formazione della pallina.
- *Ossidi.* Soprattutto quelli di ferro e alluminio, se presenti in quantità significative, possono richiedere molta più acqua del normale per arrivare a formare la pallina, ma una volta realizzata non sarà necessario quasi nessuno sforzo di torsione per formare il cilindretto, portando ad una sottostima della quantità di argilla. In certe situazioni (ad es. negli Oxisols) l'azione cementante degli ossidi è tale che risultano falsati anche i dati tessiturali ottenuti dalle analisi di laboratorio (se non si ricorre a particolari precauzioni nella fase di pretrattamento dei campioni).

- *Carbonati di Ca e Mg.* Conferiscono una consistenza scivolosa e vellutata alla pallina e tendono quindi ad aumentare l'apparente argillosità delle tessiture sabbiose e franche. Se presenti tra il 10 ed il 30% (e anche finemente suddivisi) fanno sovrastimare la frazione limosa, soprattutto se confrontiamo la granulometria di campo con le analisi su campioni pretrattati per la rimozione dei carbonati. La loro presenza può anche far sottostimare la frazione argillosa perché tendono a formare un cilindretto più corto e meno stabile.
- *Composizione cationica.* Le argille dominate da sodio e magnesio sono difficili da bagnare e lavorare; tendono a produrre una pallina poco stabile ma tenace, molto resistente agli sforzi di torsione, e quindi portano a sovrastimare il contenuto in argilla.
- *Aggregazione fine e molto stabile.* A causa dell'incompleto sbriciolamento degli aggregati (soprattutto quando si parte da campioni poco umidi o secchi) è facile arrivare ad una sovrastima del contenuto in sabbie, a meno di non svolgere una manipolazione ed omogeneizzazione più vigorosa e più prolungata nella fase di preparazione della pallina.
- *Sostanze minerali amorfe e complessi organo-minerali.* Al prelievo il campioncino può essere molto soffice e leggero (fluffy). Quando umido (ma non bagnato) si comporta da solido e resiste alle deformazioni in modo più o meno elastico. Quando viene bagnato fino a superare il limite di adesività e si applica una pressione e torsione crescenti tra pollice ed indice il campioncino cambia fase (da solido e plastico a liquido) ed allora slitta ("skids") tra le dita lasciandole inumidite o bagnate. Rilasciando la pressione il campioncino si comporta nuovamente da solido. Tutto ciò complica l'eventuale "taratura" delle sensazioni e d'altra parte tutti i rilevatori conoscono le difficoltà delle definizioni dimensionali della terra fine negli Andosols (vedi anche TERMINI INTEGRATIVI E SOSTITUTIVI DELLA TESSITURA).

I criteri di stima per le particelle più fini si basano soprattutto su caratteri legati alla consistenza (adesività e plasticità) ed alle sensazioni tattili che si provano lavorando tra le dita un piccolo campione di suolo in diverse condizioni di contenuto idrico. La prova permette quindi di determinare anche la classe di ADESIVITÀ e PLASTICITÀ della terra fine dell'orizzonte che si sta descrivendo.

QUANTITÀ PERCENTUALE DI ARGILLA

Dopo aver stimato la classe di plasticità si rimodella il campioncino a forma di pallina, aggiungendo eventualmente un po' di acqua per ritornare al limite di massima plasticità. Questa pallina viene ora pressata e arrotolata tra il pollice e l'indice, cercando di formare un cilindretto via via sempre più sottile e lungo; lunghezza e stabilità del cilindretto sono la chiave interpretativa per stimare il contenuto percentuale di argilla, secondo le indicazioni seguenti:

Si ricorda che le classi tessiturali del "triangolo USDA" hanno i seguenti valori-soglia per le particelle delle dimensioni dell'argilla:

7%	12%	18% (Famiglie)	27%	35%	40%	60%
----	-----	----------------	-----	-----	-----	-----

Dal momento che le caratteristiche sensoriali legate alle particelle delle dimensioni della sabbia sono essenzialmente "grattare e smerigliare" è possibile anche una stima qualitativa di campagna per le frazioni sabbiose, secondo la descrizione che segue.

QUANTITÀ PERCENTUALE DI SABBIA: SABBIA TOTALE E SABBIA MOLTO FINE (ST e SMF)

Si riprende il cilindretto usato per la stima del contenuto in argilla e aggiungendo nuova acqua si bagna il campioncino fino al limite di plasticità; si lavora e si omogeneizza nel palmo della mano riformando la pallina che poi si prende tra pollice, indice e medio bagnandola ulteriormente fino ad approssimarsi al *limite liquido*. In queste condizioni si sente ± chiaramente sui polpastrelli l'effetto delle frazioni sabbiose e se ne possono stimare le quantità anche in relazione ai caratteri

dimensionali. Le particelle con \emptyset equivalente tra 0.05 e 0.5 mm (sabbie da molto fini a medie) danno una netta sensazione di smeriglio, con graduazione che si avvicina al limite della percezione nell'intervallo tra 0.03 e 0.06 mm. Le frazioni con \emptyset equivalente inferiore a 0.03 mm non si avvertono più come smeriglio, ma danno una sensazione simile a quella del borotalco, scivolosa e saponosa. Le particelle con \emptyset equivalente superiore a 0.5 mm si avvertono invece più per il loro grattare (specialmente se composte da frammenti a spigoli abbastanza vivi) piuttosto che per l'effetto smeriglio.

Se la quantità stimata della sabbia totale non supera il 50%, basterà indicare questo valore sotto la variabile "Sabbia Totale", ma se la quantità stimata risulta superiore può essere molto utile indicare non solo il valore numerico stimato di "Sabbia Totale" ma anche quale frazione¹⁰ risulti eventualmente dominante all'interno della frazione totale oppure se nessuna frazione sia probabilmente dominante (sabbie scarsamente selezionate).

Si ricorda che le classi tessiturali del "triangolo USDA" hanno i seguenti valori-soglia per le particelle delle dimensioni della sabbia:

15% (Famiglie)	20%	23%	43%	50%	52%	70%	85%
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

¹⁰ Un ausilio visivo che presenta un certo interesse per la stima delle frazioni sabbiose (e utile per orizzonti di suoli tipo (ST) Psammets o (WRB) Arenosols) è rappresentato da una specie di regolo (sand ruler) con gradazioni di particelle con \emptyset equivalente standard, prodotto ad es. da Eijkelkamp (Catalogo P1.83.08.04).

CLASSI DI TESSITURA U.S.D.A. (TERRA FINE)

La compilazione di questa voce è facoltativa, mentre è obbligatoria la stima dei valori di sabbia e argilla. sono riportate le definizioni ed i relativi codici per le 24 classi (12 principali e 12 aggiuntive) del sistema NSSC.

<i>Cod</i>	<i>Definizione</i>	<i>Valori soglia</i>
S	SABBIE (CL. sabbiosa)	85% o più di sabbia totale, e la percentuale di limo, più 1.5 volte la percentuale di argilla, è 15 o meno.
SAM	Sabbia media (CL. sabbiosa media)	25% o più di sabbia molto grossolana, grossolana e media (ma meno del 25% di sabbia molto grossolana e grossolana), e <50% di sabbia fine o molto fine
SAG	sabbia grossolana (CL. sabbiosa grossolana)	25% o più di sabbia grossolana e molto grossolana e <50% di ogni altra frazione sabbiosa
SAF	sabbia fine (CL. sabbiosa fine)	50% o più di sabbia fine; oppure meno del 25% di sabbia molto grossolana, grossolana e media e <50% di sabbia molto fine
SAV	sabbia molto fine (CL. sabbiosa molto fine)	50% o più di sabbia molto fine
SF	SABBIE FRANCHE (CL. sabbioso franca)	al limite superiore contiene 85-90% di sabbia totale e la percentuale di limo, più 1.5 volte la percentuale di argilla, è 15 o più; al limite inferiore non contiene meno del 70-85% di sabbia totale e la percentuale di limo, più 2 volte quella dell'argilla, è 30 o meno
SFM	sabbia franca media (CL. sabbioso franca media)	25% o più di sabbia molto grossolana, grossolana e media (ma meno del 25% di sabbia molto grossolana e grossolana), e <50% di sabbia fine o molto fine
SFG	sabbia franca grossolana (CL. sabbioso franca grossolana)	25% o più di sabbia molto grossolana e grossolana e <50% di ogni altra frazione sabbiosa
SFF	sabbia franca fine (CL. sabbioso franca fine)	50% o più di sabbia fine; oppure meno del 25% di sabbia molto grossolana, grossolana e media e <50% di sabbia molto fine
SFV	sabbia franca molto fine (CL. sabbioso franca molto fine)	50% o più di sabbia molto fine.
FS	FRANCO SABBIOSO (CL. franco sabbiosa)	20% o meno di argilla e 52% o più di sabbia totale e la percentuale di limo, più 2 volte la percentuale dell'argilla, è >30%; oppure contiene <7% di argilla, <50% di limo e 43-52% di sabbia totale.
FSM	franco sabbioso medio (CL. franco sabbiosa media)	30% o più di sabbia molto grossolana, grossolana e media (ma <25% di sabbia molto grossolana e grossolana) e <30 % di sabbia fine o molto fine
FSG	franco sabbioso grossolano (CL. franco sabbiosa grossolana)	25% o più di sabbia molto grossolana e grossolana e <50 % di ogni altra frazione sabbiosa
FSF	franco sabbioso fine (CL. franco sabbiosa fine)	30% o più di sabbia fine e <30 % di sabbia molto fine; oppure 15-30% di sabbia molto grossolana, grossolana e media; oppure >40% di sabbia fine e molto fine, di cui almeno la metà è sabbia fine, e meno del 15% di sabbia molto grossolana, grossolana e media
FSV	franco sabbioso molto fine (CL. franco sabbiosa molto fine)	30% o più di sabbia molto fine; oppure >40% di sabbia fine e molto fine, di cui almeno la metà è sabbia molto fine, e <15% di sabbia molto grossolana, grossolana e media
F	FRANCO (CL. franca)	7-27% di argilla, 28-50% di limo e <52% di sabbia totale
FL	FRANCO LIMOSO (CL. franco limosa)	50% o più di limo, 12-27% di argilla; oppure 50-80% di limo e <12% di argilla
L	LIMO (CL. limosa)	80% o più di limo e <12% di argilla
FSA	FRANCO SABBIOSO ARGILLOSO (CL. franco sabbioso argillosa)	20-35% di argilla, <28% di limo e 45% o più di sabbia totale
FA	FRANCO ARGILLOSO (CL. franco argillosa)	27-40% di argilla e 20-45% di sabbia totale
FLA	FRANCO LIMOSO ARGILLOSO (CL. franco limoso argillosa)	27-40% di argilla e <20% di sabbia totale
AS	ARGILLA SABBIOSA (CL. argilloso sabbiosa)	35% o più di argilla e 45% o più di sabbia totale
AL	ARGILLA LIMOSA (CL. argilloso limosa)	40% o più di argilla e 40% o più di limo
A	ARGILLA (CL. argillosa)	40% o più di argilla, <45% di sabbia totale e <40% di limo

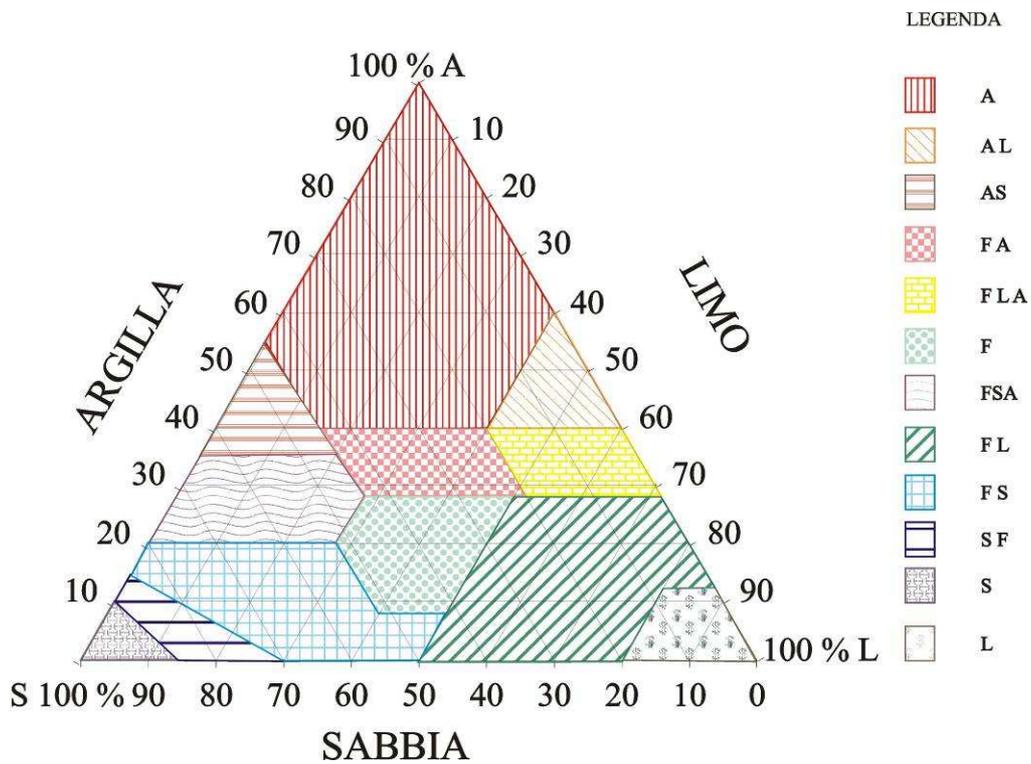
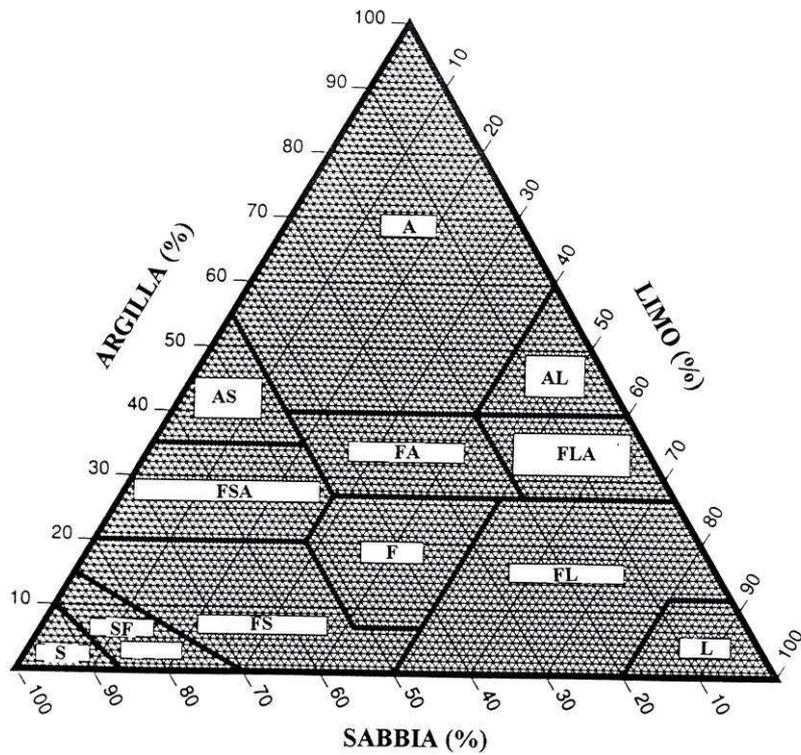


Figura 4.6. Triangolo tessiture USDA (Keys to Soil Taxonomy 1996, modificato)

CHIAVE PER LA DETERMINAZIONE IN CAMPAGNA DELLE CLASSI TESSITURALI ("TRIANGOLO USDA")

a	Nel manipolare il campione bagnato e omogeneizzato, la sensazione nettamente prevalente è il grattare e lo smerigliare della sabbia?	SI	→ b	
		NO	→ k	
b	è possibile formare una pallina e un cilindretto, anche se poco stabili?	SI	→ f	
		NO	→ c	
c	le mani asciugandosi restano pulite?	SI	→ d1	
		NO	→ e	
d	1 la sensazione prevalente è il grattare della sabbia grossolana e molto grossolana; le particelle sono chiaramente visibili a occhio nudo e anche allontanando quelle più grossolane si sente ancora grattare e smerigliare con scarso smeriglio fine e molto fine?	SI	SAG	S
		NO	→ d2	
	2 la sensazione prevalente è lo smerigliare e nell'impasto sono ben visibili poche particelle grossolane; quando vengono eliminate rimane il caratteristico effetto di smerigliatura, compreso quello vicino al limite della sensibilità ⁴⁶ , anche senza ulteriori aggiunte di acqua?	SI	SAV	
		NO	→ d3	
	3 la sensazione prevalente è quella dello smerigliare, anche se si può avvertire ancora il grattare di pochissime particelle visibili ad occhio nudo. Quando queste vengono eliminate con un po' d'acqua rimane solo la sensazione di smeriglio fine, compreso quello al limite della sensibilità ⁴⁶ ?	SI	SAF	
			NO	
	4 nessuna frazione sabbiosa sembra prevalere una sulle altre (sabbie scarsamente selezionate); si vedono abbastanza bene le particelle grossolane, ma se queste vengono allontanate con un po' d'acqua rimane ben avvertibile soltanto la sensazione di smeriglio:		SAM	
e	1 la sensazione prevalente è il grattare della sabbia grossolana e molto grossolana; le particelle sono chiaramente visibili a occhio nudo e anche allontanando quelle più grossolane si sente ancora grattare e smerigliare con scarso smeriglio fine e molto fine?	SI	SFG	SF
			NO	
	2 la sensazione prevalente è lo smerigliare e nell'impasto sono ben visibili poche particelle grossolane; quando vengono eliminate rimane il caratteristico effetto di smerigliatura, compreso quello vicino al limite della sensibilità ⁴⁶ , anche senza ulteriori aggiunte di acqua?	SI	SFV	
			NO	
3 la sensazione prevalente è quella dello smerigliare, anche se si può avvertire ancora il grattare di pochissime particelle visibili a occhio nudo. Quando queste vengono eliminate con un po' d'acqua rimane solo la sensazione di smeriglio fine, compreso quello al limite della sensibilità ⁴⁶ ?	SI	SFF		
		NO		→ e4
	4 nessuna frazione sabbiosa sembra prevalere una sulle altre (sabbie scarsamente selezionate); si vedono abbastanza bene le particelle grossolane, ma se queste vengono allontanate con un po' d'acqua rimane ben avvertibile soltanto la sensazione di smeriglio grossolano e fine:		SFM	
f	adesività e plasticità sono assenti o molto scarse?	SI	→ g	
		NO	→ h	
g	1 la sensazione prevalente è ancora il grattare della sabbia grossolana e molto grossolana; nell'impasto sono appena visibili le particelle con Ø equivalente >0.5 mm, che si possono eliminare con una certa difficoltà. Lavando con un po' d'acqua lo smerigliare fine e molto fine non aumenta in modo deciso?	SI	FSG	FS
			NO	
	2 sensazione prevalente è lo smerigliare fine e nell'impasto sono visibili solo pochissime particelle grossolane; aggiungendo un po' d'acqua si sente molto bene lo smerigliare molto fine, al limite della sensibilità ⁴⁶ e con un rumore stridente delle particelle che sfregano tra di loro?	SI	FSV	
			NO	
3 sensazione prevalente è lo smerigliare, con rumore stridente, anche se si avverte ancora la presenza di particelle con Ø equivalente >0.5 mm che danno la sensazione del grattare, ma sono poco visibili nell'impasto. Aggiungendo un po' d'acqua si sente molto bene lo smerigliare, ma non aumenta quello molto fine, al limite della sensibilità ¹¹ ?	SI	FS		
		NO		→ g4
	4 nessuna frazione sabbiosa sembra prevalere una sulle altre (sabbie scarsamente selezionate), ma va posta molta attenzione per non sovrastimare il grattare delle particelle più grossolane, che non sono facilmente eliminabili con ulteriori aggiunte d'acqua:		FS	
h	plasticità moderata e buona adesività; si riesce a formare facilmente un cilindretto senza troppi sforzi di torsione:		FSA	
k	si sente ancora lo smerigliare (ed anche un po' il grattare) della sabbia, ma saponosità (e talcosità nella fase di asciugamento) del limo sono marginali o secondari; variano soprattutto i caratteri specifici dell'argillosità?	SI	→ i	
		NO	→ m	
i	plasticità moderata e buona adesività?	SI	FA	
		NO	→ l	
l	grande adesività e plasticità; il campione asciuga lentamente e si stacca dalle dita con difficoltà?	SI	A	
		NO	F	
m	plasticità moderata ed adesività assente, ma grande saponosità; il cilindretto si forma con difficoltà e non è stabile. Rapido asciugamento con mani che spolverano?	SI	L	
		NO	→ n	
n	plasticità scarsa ed adesività moderata, con grande saponosità; è possibile formare un cilindretto abbastanza stabile senza alcun sforzo di torsione?	SI	FL	
		NO	→ o	
o	plasticità moderata e buona adesività, ancora con sensazione di saponosità; si forma un cilindretto stabile e il campioncino asciutto si stacca dalle dita senza troppa fatica?	SI	FLA	
		NO	AL	

¹¹ Attenzione alla sensazione dello smeriglio molto fine: l'effetto è avvertibile anche con particelle delle dimensioni del limo molto grossolano (Ø equivalente >0.03-0.05 mm)

FIGURE PEDOGENETICHE

Sono unità discrete, localizzate su superfici naturali o ben individuabili nella massa in cui sono immerse. Si distinguono dalla massa/e dell'orizzonte per differenze di composizione, consistenza o organizzazione interna, che impartiscono proprietà ottiche o tattili riconoscibili in campagna. Nel Manuale le varie figure pedogenetiche sono presentate tenendo distinti i processi da cui sono prodotte, a cui può corrispondere, almeno in parte, la modalità di osservazione in campagna. Figure di origine diversa ma riconosciute in base a un unico processo di osservazione (pellicole di argilla e superfici orientate per stress) sono in posizioni adiacenti nella guida (e nella scheda). Le figure pedogenetiche si suddividono nelle seguenti categorie:

- 1 Figure di precipitazioni di carbonati e sali più solubili
- 2 Figure di precipitazione di ossidi e idrossidi (descritti in scheda negli stessi campi delle precedenti)
- 3 Figure tessiturali
- 4 Figure da stress
- 5 Figure di origine biologica (attività biologica)

FIGURE DI PRECIPITAZIONE DI CARBONATI E SALI PIÙ SOLUBILI

Queste figure di precipitazione o concentrazione secondaria, a carico di composti minerali più o meno solubili (carbonati come Ca , Mg , Na_2CO_3 – gesso $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – barite $BaSO_4$ – alite e altri sali molto solubili come $NaCl$, solfati di $Na-Mg$, ecc.), a volte in combinazione con altri composti come silice e/o opale, si possono presentare in molte forme.

- Rivestimenti, cioè figure correlate a vuoti (pori), granuli o aggregati di cui coprono parzialmente o interamente le superfici, con concentrazione relativa di alcuni costituenti.
- Masse non cementate di forme molto varie e di dimensioni anche più che centimetriche, che non possono essere rimosse come unità individuali e che non hanno un habitus cristallino.
- Masse cementate termine generico comprensivo sia per noduli che concrezioni, può essere utilizzato nei casi in cui il rilevatore abbia dubbi interpretativi sull'assetto interno.
- Noduli, corpi più o meno cementati, di forma generalmente sferica o tubolare, senza una struttura concentrica. Un termine generale usato spesso dai rilevatori e con significato simile, senza prendere in considerazione l'assetto interno, è masse cementate.
- Concrezioni, corpi più o meno cementati con forme simili ai noduli, riconoscibili per l'assetto interno concentrico, intorno ad un punto, una linea od un piano.
- Croste, figure esistenti alla sommità di orizzonti costituite prevalentemente da masse cementate, con morfologia ben diversa dalla massa sottostante ma di spessore troppo limitato per essere descritte come un orizzonte separato (ad esempio, le pellicole laminari dure alla sommità di orizzonti Calcici o Petrocalcici)
- Agglomerati e raggruppamenti di cristalli, formati da sali relativamente solubili come alite, gesso o carbonati, non cementati tra loro e che si concentrano per precipitazione dalla soluzione del suolo; sono visibili ad occhio nudo o con lente.

TIPO

- RV** Rivestimenti
MA Masse non cementate
MC Masse cementate
NO Noduli
CN Concrezioni
CR Croste
EF Efflorescenze
CY Cristalli

NATURA

- CA** Carbonati di Ca e Mg
- GS** Gesso
- SS** Sali più solubili del gesso

FIGURE DI PRECIPITAZIONE DI OSSIDI E IDROSSIDI

TIPO

- RV** Rivestimenti
- MA** Masse non cementate (concentrazioni soffici)
- MC** Masse cementate
- NO** Noduli
- CN** Concrezioni
- CR** Croste

NATURA

- FE** Ferro
- FM** Ferro e manganese
- SF** Sostanza organica, ferro e alluminio
- AL** Alluminio
- SI** Silice amorfa (include normalmente carbonati)

REAZIONE ALL'HCl

Cod.	Classe	Effetti all'udito (campione tenuto vicino all'orecchio)	Effetti alla vista
0	Nulla	Nessuno	Nessuno
1	Molto debole	Da indistinto fino a scarsamente udibile	Nessuno
2	Debole	Da indistinto fino a moderatamente udibile	Debole effervescenza limitata a singoli granuli, appena visibile
		Da moderatamente a distintamente udibile	Debole effervescenza generale visibile ad una attenta osservazione
3	Forte	Facilmente udibile	Moderata effervescenza; bolle evidenti fino a 3 mm di diametro
4	Violenta	Facilmente udibile	Forte effervescenza generale; ovunque bolle, fino a 7 mm di diametro, facilmente visibili.

ALLEGATO 3 – ABBONDANZA NATURALE DI ALCUNI METALLI IN ROCCE E SUOLI

Contenuto (espresso in % o mg Kg⁻¹) naturale medio di alcuni metalli pesanti in diversi tipi di rocce e suoli. La X indica l'ordine di grandezza del dato che è sconosciuto (De Vivo et al., 2004; Alloway, 1995)

Metallo	Graniti	Peridotiti serpentinitiche e serpentiniti	Basalti	Argilliti	Argilliti oceaniche	Arenarie	Calcari	Carbonati di mare profondo
Al (%)	7,2	1,5	8,2	8	8,4		0,42	2
As	2	1	2,2	13	13	1	1	1
Be	3		0,7	3	2,6		0,X	0,X
Cd	0,13	0,12	0,21	0,3	0,03	0,05	0,3	0,0X
Co	4	110	47	20	74	0,3	0,1	7
Cr	10	2980	185	100	90	35	11	11
Cu	20	42	94	50	250	30	4	30
Fe (%)	1,42	7,15	8,6	5,1	6,5		0,38	0,9
Hg	0,03	0,004	0,09	0,4	0,03	0,29	0,04	0,0X
Mn (%)	0,045	1,04	0,18	0,09	0,07	0,46	0,11	0,1
Mo	1	0,3	1,5	2,627	0,4	0,2	3	
Ni	10	2000	145	60	230	9	20	30
Pb	17	14	7	20	30	10	9	9
Sb	0,22	0,1	0,6	1,5	1	0,05	0,2	0,15
Sc	7		27	16	19		1	2
Se	0,05	0,13	0,05	0,6	0,17	0,01	0,08	0,17
Sn	3	0,5	1,5	6	1,5	0,5	0,X	0,X
Ti (%)	0,12	0,07	1,14	0,6	0,46		0,04	0,08
Tl	1,5	< 0,1	0,21	1,4	0,8	0,36	0,0X	0,16
V	50	40	225	140	120	20	20	20
Zn	50	58	118	85	200	30	20	35