



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



**CATAP**  
Coordinamento delle Associazioni  
Tecnico-scientifiche  
per l'Ambiente e il Paesaggio

# Il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture



MANUALI E LINEE GUIDA

65.2/2010

# **Linee guida per il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture**

**Manuali e linee guida**

**65.2/2010**

---

## **INFORMAZIONI LEGALI**

L'ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE (ISPRA) E LE PERSONE CHE AGISCONO PER CONTO DELL' ISTITUTO NON SONO RESPONSABILI PER L'USO CHE PUÒ ESSERE FATTO DELLE INFORMAZIONI CONTENUTE IN QUESTO MANUALE.

**ISPRA** – ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE  
Dipartimento Difesa della Natura – Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale  
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma  
[www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)

ISBN 978-88-448-0471-8

RIPRODUZIONE AUTORIZZATA CITANDO LA FONTE

## **ELABORAZIONE GRAFICA**

ISPRA – Servizio Comunicazione  
*GRAFICA:* Alessia Marinelli, Elena Porrazzo  
*FOTO DI COPERTINA:* Massimo Paolanti

## **COORDINAMENTO TIPOGRAFICO**

Daria Mazzella  
ISPRA – Settore Editoria

## **AMMINISTRAZIONE:**

Olimpia Di Girolamo  
ISPRA – Settore Editoria

## **DISTRIBUZIONE:**

Michelina Porcarelli  
ISPRA – Settore Editoria

FINITO DI STAMPARE NOVEMBRE 2010

---

---

**Autori**

Massimo Paolanti AIP (Associazione Italiana Pedologi)

**Revisione per ISPRA**

Marco di Leginio SUO - Servizio istruttorie, piani di bacino e raccolta dati

Fiorenzo Fumanti SUO - Servizio istruttorie, piani di bacino e raccolta dati

Carlo Jacomini NAT - Servizio tutela della biodiversità

Paolo Sciacca AMB - Servizio valutazioni ambientali

Alessandro Troccoli SUO - Servizio geologia applicata e idrogeologia

---

---

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
1.1	IL SUOLO: DEFINIZIONI.....	2
1.2	CARATTERISTICHE E QUALITÀ DEI SUOLI.....	2
1.3	FUNZIONI DEL SUOLO .....	4
<b>2</b>	<b>LA SITUAZIONE ANTE OPERAM.....</b>	<b>5</b>
2.1	ACQUISIZIONE INFORMAZIONE PREESISTENTI.....	5
2.2	TECNICHE DI RILEVAMENTO E CAMPIONAMENTO DEI SUOLI .....	5
2.2.1	<i>Il rilievo di campo .....</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Il campionamento dei suoli .....</i>	<i>9</i>
2.2.3	<i>Le analisi di laboratorio .....</i>	<i>9</i>
<b>3</b>	<b>LA CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI .....</b>	<b>11</b>
3.1	LA CLASSIFICAZIONE AMERICANA .....	11
3.2	IL WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES (WRB) .....	16
3.3	I SUOLI TECNICI .....	16
<b>4</b>	<b>ELEMENTI DI PROGETTO.....</b>	<b>18</b>
4.1	INDICAZIONI PER IL PRELIEVO.....	18
4.1.1	<i>Cosa prelevare. Terre da scavo e terreno vegetale.....</i>	<i>18</i>
4.1.2	<i>Asportazione del suolo .....</i>	<i>20</i>
4.1.3	<i>Stoccaggio provvisorio (deposito intermedio) .....</i>	<i>20</i>
4.2	RIPRISTINO: DEFINIZIONE DEL “SUOLO OBIETTIVO” .....	20
4.2.1	<i>Le caratteristiche dello strato di copertura.....</i>	<i>21</i>
4.2.2	<i>Modalità di messa in posto.....</i>	<i>22</i>
4.2.3	<i>Piano di fertilizzazione.....</i>	<i>24</i>
4.3	IL TRANSITO SUL SUOLO .....	26
<b>5</b>	<b>MONITORAGGIO E MANUTENZIONE .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>GLOSSARI .....</b>	<b>30</b>

---

---

## 1 PREMESSA

Le presenti linee guida vogliono fornire alcune indicazioni utili per il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture.

Una protezione del suolo efficace inizia con la pianificazione del progetto. Ancora prima dell'arrivo delle macchine e attrezzature edili sul cantiere, devono essere adottate misure preventive per proteggere il suolo.

Durante l'esecuzione delle infrastrutture sono asportate, depositate, e successivamente riutilizzate, grandi cubature di suolo. Inoltre il suolo subisce modifiche dovute alle attività di cantiere (installazioni, piste, depositi, alloggi temporanei ecc). È importante che il suolo e il materiale di sterro siano trattati in modo da preservarne la fertilità ed a tal fine è necessario che chi utilizza il suolo ne conosca la struttura, la vita, le funzioni e le sue vulnerabilità.

Una buona organizzazione dei lavori, consente di conservare la risorsa suolo ed assicura il successo al progetto di ripristino nel suo complesso. È importante evitare inutili contaminazioni del suolo grazie a uno svolgimento accurato dei lavori, ma anche conoscere caratteristiche e qualità del suolo e pianificare il riutilizzo della copertura pedologica, possibilmente in loco. Per assicurare tutto ciò in sede di progetto è necessario definire l'uso ottimale di macchinari e tecniche di lavorazione.

Il suolo è, con l'aria e l'acqua, uno dei comparti ambientali che rientrano nell'accezione di "risorse naturali". Il mantenimento dell'ambiente naturale e la protezione del suolo è quindi un'azione fondamentale per il funzionamento dell'ecosistema ed il sostentamento della vita umana.

La degradazione del suolo rappresenta ormai un'emergenza a livello planetario ed è particolarmente pressante in Italia a causa dell'alta variabilità dell'ambiente e per la presenza di molti tipi di suolo caratterizzati da vulnerabilità senza dubbio più alta rispetto a quelli presenti negli altri Paesi Europei.

"I suoli, anche se non sempre visibilmente, condizionano fortemente gli altri elementi del paesaggio costituendo con gli stessi un insieme sociale. Il modello dell'identità locale, che determina la peculiarità di molti luoghi e dei loro paesaggi, poggia sulle caratteristiche dei suoli localmente presenti" (*Lehmann et al., 2006*) -

L'inserimento paesaggistico delle infrastrutture senza una coerenza tra gli obiettivi proposti e le caratteristiche dei suoli, naturali o antropogenici (ossia fortemente caratterizzati dall'attività umana), è destinata a fallire a meno di non prevedere continui e costosi interventi.

Nelle operazioni di ripristino legate alle infrastrutture in linea teorica dovremmo tener conto di tutte le possibilità di impatto sui suoli: dai disturbi molto limitati fino alla necessità di dover ricostituire o costituire ex novo la *copertura pedologica*. Comunque sia, si deve tenere conto che:

- ✓ ogni tipo di "*copertura vegetale*" ha esigenze specifiche di suolo;
- ✓ ogni modalità di ripristino della copertura vegetale deve tenere conto delle caratteristiche dei suoli.
- ✓ ogni tipo di suolo può essere soggetto a fenomeni degradativi (erosione, compattazione, salinizzazione, ecc.) che ne possono compromettere la funzionalità;
- ✓ bisogna "*progettare bene i suoli*" e ciò può voler dire: assicurare il successo del ripristino e diminuire i costi per le operazioni di mantenimento.

Sulle superfici ove sia previsto da progetto l'inserimento di una "*copertura vegetale*", questa di fatto affonda le sue radici su un materiale a cui il progettista, consapevole o inconsapevole, chiede di svolgere le funzioni di suolo.

Per una buona riuscita dell'intervento è necessario che le caratteristiche e le qualità del suolo siano coerenti con gli obiettivi della progettazione.

- Se il materiale da "trasformare" in suolo è destinato ad uso agricolo, questo deve consentire che tale utilizzazione sia sostenibile sia dal punto di vista economico che da quello ambientale.
- Se l'utilizzazione è invece insita in un progetto di ripristino ambientale, dobbiamo valutare come trasformarlo in suolo rendendolo coerente, a breve ed a lungo termine, con la vegetazione che vogliamo che vi si sviluppi.

Le linee guida per il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture vogliono essere uno strumento operativo destinato alla costituzione di capitoli tecnici da parte delle amministrazioni

---

competenti, ovverosia devono fornire indicazioni ai progettisti ai fini di una migliore difesa delle matrici e dei valori ambientali.

In linea generale, l'approccio è quello della conservazione della risorsa suolo, almeno nei limiti del possibile, considerando che a tal fine spesso: non sono necessarie complesse e costose attività quanto semplici accorgimenti da inserire nella pratica di cantiere ed il risultato può essere quello di un risparmio complessivo di tempi e costi nella fase di ripristino.

Attualmente nella progettazione delle infrastrutture, ed in particolare nelle operazioni di ripristino non si tiene conto dei suoli, se non in maniera tecnicamente molto grossolana, e questo rende obbligatorio inserire una breve parte di carattere generale. Con le stesse finalità sono inoltre inseriti un glossario tecnico ed una breve bibliografia, costituita da un elenco dei principali manuali tecnici di riferimento.

Sono escluse dalle linee guida i casi di contaminazione del suolo, per i quali si rimanda alla normativa ed alla manualistica specifica.

Questa stesura è da considerarsi una prima approssimazione di carattere generale da approfondire, correggere nei suoi errori ed approssimazioni e da implementare con capitoli su argomenti specifici attualmente non trattati come ad esempio la ricostituzione di suoli su scarpata, od indicazioni tecniche per la preparazione di miscugli. Anche la parte generale teorica è stata contenuta al minimo necessario per permettere la comprensione del testo.

## 1.1 Il suolo: definizioni

Il suolo è una risorsa a cui sono state dedicate diverse definizioni ognuna delle quali tende ad evidenziare alcuni aspetti piuttosto che altri, probabilmente per il semplice motivo che il suolo, in quanto matrice complessa, non è facilmente comprimibile in una definizione.

La "Carta Europea del Suolo" (Consiglio d'Europa, 1972) definisce il suolo come uno dei beni più preziosi dell'umanità. Consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della terra.

Possiamo in linea generale concordare sulla seguente definizione: il suolo è un sistema aperto (pedosfera) le cui caratteristiche, proprietà e attributi, derivano dall'alterazione del substrato pedogenetico (qualunque esso sia: roccia, altro suolo, stockpiles, ecc.), sottoposto ad input esterni di energia e materia, e presenta funzioni di trasformazione, traslocazione e conservazione di massa (tra cui quella biologica) ed energia (Busoni, 2000).

Secondo la definizione contenuta nella relazione che presenta la **Strategia tematica per la protezione del suolo** per "suolo" s'intende lo strato superiore della crosta terrestre, costituito da componenti minerali, organiche, acqua, aria e organismi viventi; esso rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua e ospita gran parte della biosfera (COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE, 2006).

## 1.2 Caratteristiche e qualità dei suoli

La **qualità** di un suolo è stata definita come la capacità del suolo di "funzionare" entro i limiti di ecosistemi naturali e di essere gestito per sostenere la produttività di piante ed animali, mantenere e migliorare la qualità delle acque e dell'aria, e sostenere la salute e la dimora umana (Karlen et al., 1997)

La qualità del suolo può essere valutata tramite indicatori. A tale scopo si devono utilizzare parametri che ci indicano se un suolo funziona al pieno delle sue potenzialità in un paesaggio (Busoni, 2000).

I parametri possono essere di tre tipi principali: chimici, fisici o biologici. Importante è ricordare che **le qualità**, invece, sono funzioni complesse che esprimono come e quando le caratteristiche del suolo, singolarmente e sinergicamente, reagiscono ad input esterni. Queste sono dedotte dalle caratteristiche intrinseche o estrinseche del suolo.

Liste di indicatori utili per definire la qualità dei suoli sono state proposte da diversi soggetti, in diversi casi tenendo in considerazione funzioni specifiche del suolo in relazione allo scopo per le quali le stesse sono state definite.

---

A titolo di esempio dall'atlante degli Indicatori del Suolo a fini ambientali redatto da ANPA (2001) si può estrarre il seguente elenco:

- ✓ Bilancio di nutrienti nel suolo (Input/Output di nutrienti)
- ✓ Capacità di scambio cationico del suolo
- ✓ Capacità protettiva del suolo nei confronti delle acque superficiali e profonde
- ✓ Contenuto in metalli pesanti nel suolo
- ✓ Contenuto in sostanza organica del suolo
- ✓ Drenaggio del suolo
- ✓ Fertilità del suolo
- ✓ Permeabilità del suolo
- ✓ pH del suolo
- ✓ Profondità utile del suolo
- ✓ Tessitura del suolo

Nelle linee guida per la progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali (APAT, 2004) si considerano anche:

- ✓ Densità apparente;
- ✓ Azoto totale;
- ✓ Capacità di ritenzione idrica e curva di ritenzione (punto di appassimento, capacità di campo e saturazione);
- ✓ Conducibilità idraulica (laterale e verticale);
- ✓ Profondità della falda;

In questa lista sono anche incluse la descrizione del profilo e la classificazione del suolo, secondo modalità tecniche riconosciute, ed il campionamento fatto per strati od orizzonti di suolo.



---

## 1.3 Funzioni del suolo

Il suolo svolge una serie di funzioni, non solo di interesse ecologico od economico:

- ✓ Regola il ciclo naturale dell'acqua, dell'aria e delle sostanze organiche e minerali;
- ✓ filtra e depura l'acqua, immagazzina, trasforma e decompone le sostanze;
- ✓ in esso sono stoccate molte sostanze fra le quali il carbonio, di cui costituisce il maggior serbatoio del pianeta;
- ✓ è un anello fondamentale del flusso energetico e del ciclo dei nutrienti che contraddistinguono l'ecosistema Terra;
- ✓ permette lo sviluppo di essenze vegetali, fornisce cibo, biomassa e materie prime
- ✓ funge da piattaforma per lo svolgimento delle attività umane;
- ✓ è un elemento del paesaggio e del patrimonio culturale e svolge un ruolo fondamentale come *habitat e pool genico*;
- ✓ è sorgente di sedimenti per la vita acquatica e per le attività umane.

La maggior parte di queste funzioni può tuttavia essere assicurata dal suolo soltanto se:

- ✓ il bilancio idrico e la porosità non sono compromessi;
- ✓ le piante trovano sufficiente spazio per le radici;
- ✓ vi è equilibrio tra i nutrienti e il tipo e la quantità di organismi che vivono nel terreno;
- ✓ il tenore di inquinanti si mantiene a un livello tollerabile per le piante e gli organismi del suolo.

La strategia tematica per la protezione del suolo dell'Unione europea (COM (2002) 267; COM (2006) 231) propone misure destinate a proteggere il suolo ed a preservare la sua capacità a svolgere le sue funzioni ecologiche, economiche, sociali e culturali.

La strategia prevede: l'istituzione di un quadro legislativo che consenta di proteggere e utilizzare i suoli in modo sostenibile, l'integrazione della protezione del suolo nelle politiche nazionali e comunitarie, il rafforzamento della base di conoscenze, nonché una maggiore sensibilizzazione del pubblico.

Elemento fondamentale della strategia è la proposta di Direttiva che istituisce un quadro per la protezione del suolo (COM (2006) 232). Il principale presupposto della proposta di Direttiva è che, per consentire al suolo di svolgere le proprie funzioni, è necessario difenderlo dai processi di degrado, definiti anche **minacce**, che lo danneggiano. Queste sono state individuate in: erosione, diminuzione di materia organica, contaminazione locale e diffusa, impermeabilizzazione, compattazione, diminuzione della biodiversità, salinizzazione e frane. L'ultima fase del degrado è rappresentata dalla desertificazione.

E' inoltre necessario ricordare che il suolo è una risorsa praticamente non rinnovabile, poichè i processi di formazione e rigenerazione sono estremamente lenti. È una matrice ambientale che reagisce agli influssi esterni con molto ritardo: i problemi vengono individuati solo a posteriori, quando spesso è troppo tardi per rimediarvi. Inoltre il suolo immagazzina anche inquinanti, motivo per cui spesso la contaminazione chimica è irreversibile.

Se nella pratica della progettazione l'attenzione viene concentrata su una sola delle funzioni, non bisogna comunque distogliere l'attenzione dal considerare il suolo come multifunzionale ossia "un suolo sano" svolge contemporaneamente numerose funzioni (ad esempio permette lo sviluppo di essenze vegetali, regola il , regola il ciclo dell'acqua e dei nutrienti, è anche un habitat ed un filtro biologico ecc.).

---

## 2 LA SITUAZIONE ANTE OPERAM

Se il progetto di ripristino prevede per tutta od almeno per parte dell'area interessata dai lavori necessari alla realizzazione dell'infrastruttura la ricostituzione di un suolo simile a quello esistente "ante" è evidente che è necessario conoscere i tipi di suoli preesistenti e la loro distribuzione sul territorio. Il processo più lineare per avere tale informazione prevede la disponibilità di una cartografia dei suoli dell'area di dettaglio adeguato (1:50.000 – 1:10.000). A livello nazionale la disponibilità di un tale dato è poco frequente e riguarda solo alcune aree del paese. Non è previsto altresì allo stato attuale che tali conoscenze vengano ottenute all'interno della fase progettuale dell'opera stessa. Alcune infrastrutture, poi, hanno uno sviluppo prevalentemente lineare e questo rende più complicato l'acquisizione di informazioni di tipo geografico sui suoli. Ci limitiamo, quindi, ad indicare le modalità per ottenere, seppure in prima approssimazione, un quadro conoscitivo dei suoli.

### 2.1 Acquisizione informazione preesistenti

Molte regioni hanno elaborato delle cartografie a scala 1:250.000, che possono fornire un quadro conoscitivo di area vasta che permette di conoscere quali possono essere in prima approssimazione i principali tipi di suolo presenti nella zona e quale sia la modalità di espressione dei fattori della pedogenesi. Tali informazioni sono disponibili presso gli Enti che svolgono la funzione di servizio pedologico regionale (vedi anche <http://www.aip-suoli.it/suolo/3regioni.htm>) che, in alcuni casi, li hanno rese fruibili tramite WEB GIS. Ovviamente è importante, utilizzare il materiale a maggior dettaglio qualora questo sia disponibile.

Da tali fonti è possibile ottenere, oltre alle cartografie dei suoli (carte pedologiche), anche cartografie tematiche derivate quali ad es. le carte della capacità d'uso dei suoli; le carte relative alla vulnerabilità dei suoli o quelle della capacità dei suoli di proteggere altre matrici ambientali come le acque. Le carte dei suoli ci informano circa la distribuzione geografica dei diversi tipi di suoli ma anche circa le caratteristiche e qualità degli stessi.

### 2.2 Tecniche di rilevamento e campionamento dei suoli

L'acquisizione di informazioni sui suoli può avvenire, come già detto, tramite rilievo diretto in campo oppure utilizzando banche dati pedologiche preesistenti. La cartografia dei suoli si avvale generalmente del cosiddetto "*paradigma suolo*" (Hudson, 1992), ciò equivale a dire che le misure dei caratteri e delle qualità del suolo rilevate in un punto specifico possono essere ritenute valide, con un determinato grado di approssimazione e di incertezza, nelle aree dove i fattori della pedogenesi alla scala di riferimento sono analoghi a quelli dell'ambiente in cui il suolo è stato rilevato. Ossia in ambienti simili vi è una buona possibilità che vi siano suoli simili. Tale affermazione deve, però, essere sempre verificata con sopralluoghi mirati di campo, tenendo conto che a livello operativo non interessa tanto effettuare considerazioni di carattere generale quanto conoscere le caratteristiche che determinino il comportamento funzionale del suolo e la sua resilienza. Non ha invece alcun fondamento tecnico dedurre le caratteristiche dei suoli da altre caratteristiche territoriali.

La descrizione di campo è fondamentale per la classificazione e la valutazione del suolo, così come per la comprensione dei processi pedogenetici e delle caratteristiche funzionali. Il rilevamento del suolo è assimilabile ad una ricerca di campagna. Solo se l'attività di campo è svolta con scrupolo ed adeguata professionalità è possibile eseguire un corretto campionamento e regolare l'attività di laboratorio, scegliendo le analisi da effettuare e i metodi più appropriati.

La scelta del punto dove eseguire lo scavo e la descrizione del sito di rilevamento deve essere effettuata in modo da individuare il concetto centrale (modale) del suolo rappresentativo dell'elemento territoriale che si vuole indagare. Vengono a tal fine escluse le situazioni anomale.

Le osservazioni pedologiche possono essere ricondotte a quattro tipologie principali:

- ✓ Profilo
- ✓ Trivellata

- ✓ Pozzetto o minipit
- ✓ Osservazione superficiale o speditiva

Come **profilo pedologico** si intende uno scavo di adeguate dimensioni e profondità, utile per descrivere la morfologia derivante dallo sviluppo genetico-evolutivo del suolo e per prelevare campioni per le analisi di laboratorio. Il profilo è composto da una sequenza di orizzonti risultanti dall'evoluzione pedogenetica e rappresenta la minima unità ideale di campionamento.



**Foto 2.1** Esempio di profilo pedologico

La trincea deve essere abbastanza larga per cogliere la variabilità laterale del suolo ed abbastanza profonda da poter osservare il suolo fino al proprio “materiale genitore” e se possibile anche il substrato pedogenetico. Essenziale è la scelta del punto dove eseguire lo scavo e la descrizione del profilo. Tale scelta deve essere effettuata in modo da individuare il concetto centrale (modale) del suolo rappresentativo dell'elemento territoriale che si vuole indagare. Devono essere escluse tutte le situazioni anomale (fossi, canalette, scoline, bordi di terrazzi, ciglioni antropici, aree di discarica, aree contigue a cave e a strade, superfici con riporti di materiali o interessate da lavorazioni straordinarie profonde recenti ecc.).

La **trivellata** è effettuata mediante una trivella di tipo “olandese” e permette di estrarre “carote di suolo”. Il campione prelevato è disturbato e solo alcune caratteristiche o qualità possono essere osservate con precisione. Delle porzioni di suolo estratte non deve essere considerata la parte superiore, i primi 5 cm circa, allo scopo di eliminare il materiale caduto o comunque asportato dalle pareti del foro. Tale accorgimento non va però seguito per la prima "carota". Per la scelta del sito della trivellata valgono le stesse considerazioni fatte per il profilo. Questo tipo di osservazione è utilizzato soprattutto per individuare il sito idoneo allo scavo di un profilo pedologico, o per confermare la presenza di certe caratteristiche dei suoli.



**Foto 2.2** Esempio di trivellata.

---

I caratteri che vengono più comunemente rilevati sono:

- Spessore degli orizzonti o strati
- Umidità del suolo
- Colore della massa
- Presenza di figure di ossido-riduzione e screziature.
- Tessitura
- Presenza di scheletro
- Concentrazioni
- Reazione (pH)
- Reazione all'HCl diluito
- Consistenza

Un pedologo esperto può, ma non sempre, designare il tipo di orizzonte e classificare i suoli.



**Foto 2.3** Esempio di minipit (o pozzetto).

Per **minipit** o pozzetto s'intende uno scavo di circa 50 - 60 cm di profondità, utile per verificare le condizioni dello strato maggiormente interessato dalle radici.

L'**osservazione speditiva** rappresenta una casistica varia che può andare dall'annotazione delle condizioni superficiali del suolo o di altre caratteristiche della stazione alla descrizione speditiva di sezioni naturali o artificiali, di situazioni disturbate ecc.

Nell'ambito di rilevamenti finalizzati all'elaborazione di banche dati e alle cartografie pedologiche, la scelta dei siti ove effettuare la raccolta dei dati sui suoli tradizionalmente segue due schemi principali: il rilevamento libero, ossia il pedologo seleziona direttamente in campo i siti idonei, oppure un rilevamento predeterminato, a griglia o a transetto. Tradizionalmente risulta comunque predeterminato il numero di osservazione per unità di superficie.

Recentemente viene proposto uno schema di rilevamento definito "GIS oriented", nel quale il numero delle osservazioni di campo necessarie varia in relazione agli elementi territoriali individuati.

Per elementi territoriali si intendono combinazioni di fisiografia, elemento morfologico, substrati pedologici e "land cover" considerati significative per la determinazione e la distribuzione dei suoli da una scala di dettaglio di 1:10.000.

In linea generale si raccomanda quindi di selezionare aree significative (aree campione), ove indagare le caratteristiche dei suoli verificando con modalità di rilievo rapido, che il modello individuato sia generalizzabile anche ad altre parti del territorio.

## 2.2.1 Il rilievo di campo

In campo, si compiono una serie di operazioni fondamentali. In primo luogo si descrive la **stazione**. In questa fase vengono prese molte informazioni relative ai cosiddetti fattori della pedogenesi, ossia sono verificate le condizioni relative a fisiografia, e morfometria, ai substrati geologici ed ai materiali parentali da cui si sviluppa il suolo, alle condizioni superficiali del suolo ed al “*land cover*”. Ovviamente alcune informazioni possono essere integrate dalla consultazione di altri strati informativi (carte geologiche, clima ecc). Assieme alla stazione vengono anche considerate le caratteristiche superficiali del suolo (es. pietrosità e rocciosità superficiale, fessure ecc.)

Figura 2.1 Esempio di suolo.

Quindi si procede alla descrizione degli **orizzonti o strati di suolo**. Nel profilo pedologico è normalmente possibile riconoscere una serie di strati con andamento parallelo alla superficie: essi prendono nome di orizzonti

I principali orizzonti e strati dei suoli si utilizzano lettere maiuscole O, L, A, E, B, C, R, M e W a queste lettere si aggiungono altri caratteri per completare la designazione.

✓ **Orizzonti o strati O**: strati dominati da materiale organico.

✓ **Orizzonti o strati L**: include materiali limnici organici o minerali che possono essere sia stati depositi in acqua per precipitazione che attraverso l'azione di organismi acquatici, quali alghe o diatomee. Oppure possono derivare da piante subacquee o galleggianti sull'acqua e successivamente modificati da animali acquatici.

✓ **Orizzonti A**: orizzonti minerali che si sono formati alla superficie o sotto un orizzonte **O**, nei quali l'originale struttura della roccia è stata completamente o quasi completamente obliterata.

✓ **Orizzonti E**: orizzonti minerali nei quali la caratteristica principale è la perdita d'argilla silicata, ferro, alluminio, o di alcune combinazioni di questi, con una concentrazione residuale di sabbia e limo. In questi orizzonti l'originale struttura della roccia è stata completamente o quasi completamente obliterata.

✓ **Orizzonti B**: orizzonti che si sono formati sotto un orizzonte **A, E, O**. In questi orizzonti principali l'originale struttura della roccia è stata completamente o quasi completamente obliterata,

✓ **Orizzonti o strati C**: orizzonti o strati, ad esclusione di quelli fortemente cementati e della roccia dura, che sono debolmente interessati da processi pedogenetici e mancano delle proprietà degli orizzonti **O, A, E, o B**. La maggior parte sono strati minerali.

**Strati R**: roccia dura sottostante il suolo.

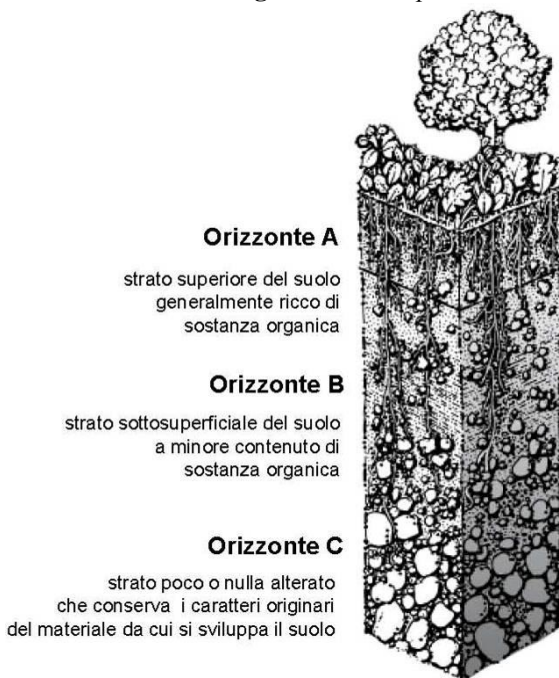
✓ **Strati M**: strati profondi quasi continui, disposti orizzontalmente e limitanti lo sviluppo radicale costituiti da manufatti

✓ **Strati W**: acqua. Questo simbolo indica uno strato di acqua entro o al di sotto del suolo.

È importante ribadire che descrivere un suolo vuol dire descrivere gli orizzonti che lo compongono.

In campo possiamo designare molte caratteristiche degli orizzonti di suolo quali:

- ✓ Profondità, spessore ;
- ✓ Condizioni di Umidità;
- ✓ Colore
- ✓ Presenza di figure redoximorfiche (segnalano problemi di smaltimento delle acque) e litocromie
- ✓ Tessitura
- ✓ Frammenti grossolani
- ✓ Reazione del suolo (pH), misura in campo



### Orizzonte A

strato superiore del suolo  
generalmente ricco di  
sostanza organica

### Orizzonte B

strato sottosuperficiale del suolo  
a minore contenuto di  
sostanza organica

### Orizzonte C

strato poco o nulla alterato  
che conserva i caratteri originali  
del materiale da cui si sviluppa il suolo

- 
- ✓ Consistenza
  - ✓ Struttura
  - ✓ Conducibilità idraulica
  - ✓ Concentrazioni
  - ✓ Vuoti
  - ✓ Presenza di pellicole
  - ✓ Facce di pressione e scorrimento
  - ✓ Radici (loro diffusione nei diversi orizzonti)
  - ✓ Attività biologica
  - ✓ Effervescenza all'HCl
  - ✓ Stima della densità apparente
  - ✓ Classificazione

Evidentemente, alcune valutazioni di campo non possono essere molto precise, anche se un pedologo esperto può essere molto attendibile. D'altronde la precisione richiesta varia anche in relazione alle esigenze della progettazione e quindi dovranno essere selezionate con accortezza e competenza le determinazioni da effettuare in laboratorio.

### **2.2.2 Il campionamento dei suoli**

Una fase fondamentale è quella del **campionamento**. Nessuna analisi di laboratorio può avere significato se il campione non rappresenta la popolazione da cui è stato estratto.

Di seguito si riportano alcune indicazioni per il campionamento dei suoli (da Paolanti et al., 2007):

- iniziare sempre dagli orizzonti più profondi per evitare di inquinare gli orizzonti sottostanti con quelli superiori;
- separare subito e il più possibile i ped del campione prelevato, soprattutto se il suolo è argilloso, in modo da evitare di creare masse molto compatte e dure durante il disseccamento in laboratorio;
- eliminare la materia organica vivente quali: fauna e radici vive, foglie e rami verdi;
- eliminare i frammenti grossolani, se non è prevista l'analisi degli stessi.

Esistono modalità di campionamento diverse a secondo del tipo di analisi da effettuare e delle caratteristiche del suolo.

Con le informazioni di campo ed i risultati di laboratorio è possibile definire in maniera precisa ed attendibile caratteristiche e qualità del suolo, utili alla valutazione ed alla progettazione.

### **2.2.3 Le analisi di laboratorio**

Definire quali e quante analisi e prove di laboratorio debbano essere effettuate sui campioni di suolo e quanti e quali orizzonti di quanti profili debbono essere analizzati è un argomento molto complesso, che dipende essenzialmente da:

- A. Presenza di informazioni pregresse
- B. Esigenze della progettazione
- C. Tipologia di suolo e caratteristiche territoriali

Se nell'area disponiamo già di informazioni pedologiche pregresse, probabilmente l'attività di campo servirà a verificare la congruenza tra quanto segnalato e la condizione specifica dell'area in cui insisterà l'opera e potremmo limitarci ad analizzare un numero ridotto di campioni.

Se l'opera non prevede impatti importanti, oppure l'accantonamento del suolo è molto limitato nel tempo e si tratta di un ripristino prevalentemente conservativo, il numero di determinazioni analitiche sarà ovviamente limitato, così come nel caso in cui vi siano situazioni di relativamente contenuta variabilità territoriale e pedologica ed in cui le variazioni sono relative a parametri misurabili in campo (ad esempio spessori o contenuto in frammenti grossolani).

---

Per approfondimenti e chiarimenti sul rilevamento e la cartografia si rimanda alla manualistica presente ed alle Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici (Costantini (coord), 2007). In particolare sono consultabili i seguenti capitoli:

✓ **LA DESCRIZIONE DEL SUOLO** (M. Paolanti, E. A. C. Costantini, M. Fantappiè, R. Barbetti)

✓ **LE BANCHE DATI GEOGRAFICHE** (R. Barbetti, E. A.C. Costantini, M. Fantappiè, S. Magini, M. Paolanti, G. L'abate)

Per le metodiche analitiche i riferimenti metodologici sono i seguenti:

✓ MIPA (1997) – Metodi di analisi fisica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. M. Pagliai. Ed. Franco Angeli.

✓ MIPA (2000) – Metodi di analisi chimica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. P. Violante. Ed. Franco Angeli.

✓ MIPA (2002) – Metodi di analisi microbiologica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. Giovanni Picci, Paolo Nannipieri. Ed. Franco Angeli.

✓ MIPA (2004) – Metodi di analisi biochimica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. Anna Benedetti e Liliana Gianifreda. Ed. Franco Angeli.

✓ MIPA (2005) – Metodi di analisi mineralogica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. Paola Adamo. Ed. Franco Angeli.

---

### 3 LA CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI

Nella cartografia pedologica la descrizione dei suoli di un'area è accompagnata dalla classificazione degli stessi. Nella nomenclatura sono riassunte molte caratteristiche dei suoli utili per comprenderne comportamenti e risposte all'uso.

In natura il suolo è un corpo naturale molto sensibile alle variazioni dei fattori (fattori della pedogenesi) che ne determinano dinamiche evolutive e caratteristiche. Si può dire, infatti, che non esistono due suoli perfettamente identici. I sistemi di classificazione dei suoli permettono di (Costantini, 1991):

- ✓ Organizzare la conoscenza sui suoli;
- ✓ Favorire la comprensione fra individui e classi;
- ✓ Suddividere i suoli in gruppi omogenei per fini prammatici;
- ✓ Trasferire delle informazioni sui suoli;
- ✓ Fornire uno strumento che agevoli la cartografia dei suoli.

I sistemi di classificazione dei suoli sono numerosi e moltissimi paesi hanno elaborato sistemi nazionali. Un elenco, di alcuni dei principali sistemi tassonomici, in uso, può essere il seguente:

- ✓ RUSSIA: Classification and diagnostics of soils of the USSR
- ✓ CINA: CSTC - Chinese Soil Taxonomic Classification
- ✓ AUSTRALIA: CSIRO Australian Soil Classification
- ✓ FRANCIA: Référentiel Pédologique
- ✓ STATI UNITI D'AMERICA: Soil Survey Staff (U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service – ora Natural Resources Conservation Service). Soil Taxonomy
- ✓ FAO e UNESCO: Legenda della Carta Mondiale dei Suoli in scala 1:5.000.000
- ✓ FAO, ISRIC e ISSS: WRB - World Reference Base for Soil Resources

In Italia, invece, non esiste un sistema nazionale e sono adottati prevalentemente la classificazione americana (Soil Taxonomy) e ed il World Reference Base for soil resources.

#### 3.1 La classificazione americana

La classificazione americana Soil Taxonomy è attualmente alla sua decima edizione (SOIL SURVEY STAFF - 2006 - Keys to Soil Taxonomy - Tenth Edition, USDA, Soil Conservation Service, Washington D.C., USA).

Questa si basa sull'identificazione di orizzonti e proprietà diagnostiche, che permettono di collocare il suolo studiato in campo in una categoria.

Questa classificazione prevede 6 livelli, già definiti ove il suolo studiato in campagna va collocato. Tali livelli sono: ordini, sottordini, grandi gruppi, sottogruppi, famiglie e serie. I diversi livelli gerarchici, ma in particolare l'ultimo, possono essere suddivisi in fasi.

I principi fondamentali che la regolano sono:

- ✓ è una classificazione che vuole essere il più oggettiva possibile (due pedologi esperti dovrebbero classificare lo stesso suolo nello stesso modo);
- ✓ è multicategoriale, così da consentire di scegliere il livello gerarchico adeguato agli obiettivi del rilevamento;
- ✓ il sistema può essere integrato per inserire nuovi tipi di suolo senza essere stravolto;
- ✓ le proprietà diagnostiche e le caratteristiche differenziali nella maggior parte dei casi possono essere riconosciute in campagna.

Le prime quattro categorie evidenziano i processi pedogenetici dominanti e subordinati (livello genetico); le ultime raggruppano i suoli sotto l'aspetto pratico in funzione della risposta all'uso (livello pragmatico).

Le Fasi separano suoli per caratteristiche, intrinseche o estrinseche dei suoli, determinate specificatamente durante il rilevamento.



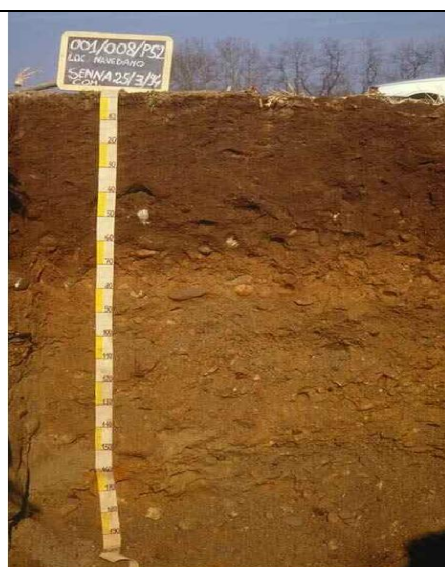
---

Gli **Ordini** sono 12 e sono distinti dalla presenza o assenza dei principali orizzonti diagnostici o proprietà diagnostiche.

1. **Alfisuoli**: suoli caratterizzati dalla lisciviazione di argilla in un orizzonte illuviazione Bt.
2. **Andisuoli**: suoli sviluppatasi su materiali vulcanici; si osserva abbondanza di composti amorfi come allofane, imogolite e ferridrite.
3. **Aridisuoli**: i suoli delle regioni a clima secco, caratterizzati da regime di umidità aridico;
4. **Entisuoli**: suoli giovanissimi, poco sviluppati; le condizioni ambientali non riescono a far progredire lo sviluppo di un suolo oltre un certo segno.
5. **Gelisuoli**: i suoli delle zone fredde, interessati dal *permafrost*. Presentano spesso delle pedoturbazioni originate dall'alternanza fra gelo e disgelo nel profilo.
6. **Histosuoli**: i suoli organici, costituiti per la maggior parte da resti vegetali a vario grado di decomposizione.
7. **Inceptisuoli**: sono suoli poco evoluti, in cui si osservano comunque segni di alterazione dei minerali primari, perdita per dilavamento di basi, ferro o alluminio e differenziazione in orizzonti. Non si osservano invece segni di lisciviazione di argilla, né abbondanza di composti amorfi fra alluminio e humus.
8. **Mollisuoli**: suoli caratterizzati dalla presenza di un orizzonte superficiale ricco in sostanza organica, scuro, piuttosto profondo e ricco in basi.
9. **Oxisuoli**: suoli minerali molto alterati, caratterizzati da intensissimo dilavamento di silice e cationi, argille di neoformazione (quando presenti) di tipo 1:1 (caolinite). La sostanza organica si ritrova solo nei primissimi centimetri.
10. **Spodosuoli**: sono i suoli tradizionalmente conosciuti come podzol, contraddistinti dall'accumulo di sostanza organica e alluminio (con o senza ferro) in un orizzonte spodico di illuviazione. È solitamente presente anche un orizzonte eluviale albico, decolorato.
11. **Ultisuoli**: sono suoli in cui si manifesta illuviazione di argilla in un orizzonte argillico, ma in cui, a differenza degli Alfisuoli, si ha una bassa saturazione in basi.
12. **Vertisuoli**: (dal latino *vertere*, cioè girare) questi suoli hanno la caratteristica di rimescolarsi continuamente. Sono suoli ricchi in argille espandibili: nei periodi umidi assorbono acqua e si "gonfiano" quando secchi, al contrario, perdono acqua e diminuiscono di volume, producendo crepacciature.



**Foto 3.1:** Suolo molto evoluto su depositi limosi di origine glaciale. Caratteri di idromorfia a partire da 70 cm. *Classificazione USDA: Aquic Fraglossudalf, fine-silty, mixed, nonacid, mesic. Località: C.NA REGINA. Val Grande Piemonte* (Foto Petrella, IPLA SpA)



**Foto 3.2:** *Classificazione USDA: Humic-pachic Dystrudept. sandy, mixed, mesic, Località: fraz. Navedano, comune di Senna Comasco. Como (Foto ERSAF Lombardia)*



**Foto 3.3:** *Classificazione USDA: Lamellic Haplustalfs, corse loamy over sandy or sandy skeletal, mixed, superactive, mesic. Località: C.na Speranza, comune di Gropello Cairoli. Pavia (Foto ERSAF Lombardia)*



**Foto 3.4:** *Classificazione USDA: Oxyaquic Fraglossudalfs, fine silty, mixed, superactive, mesic. Località: Cabiato, comune di Mariano Comense. Como (Foto ERSAF Lombardia)*



**Foto 3.5:** Suolo su terrazzamento in Liguria. *Classificazione USDA: Typic Paleudults fine-loamy, mixed, mesic. Località Voltri. Genova. (Foto Brancucci)*



**Foto 3.6:** Suolo che presenta a ca 60cm una discontinuità con un suolo sottostante (thapto) più evoluto, testimone di condizioni climatiche diverse delle attuali. *Classificazione USDA: Humic Eutrodept fine skeletal mixed thermic, thapto Typic Hapludalf fine. Località: Colle Rosa. Genova. (Foto Castellani)*



**Foto 3.7:** Suolo poco evoluto su depositi alluvionali. Suolo profondo, non calcareo, a tessitura grossolana. Classificazione USDA: *Typic Ustifluvent coarse loamy mixed mesic*. Località: Terranova Bracciolini. Arezzo (Foto Castellani)



**Foto 3.8:** Suolo franco argilloso, moderatamente ben drenato, con reazione sub alcalina. Classificazione USDA: *Typic Haplustept fine loamy mixed mesic*. Località: Terranova Bracciolini. Arezzo (Foto Castellani)



**Foto 3.9:** Suolo profondo, franco argilloso, piuttosto mal drenato molto calcareo. Classificazione USDA: *Calciustept Typic fine, mixed thermic*. Località: Capolarette. Ancona (Foto Castellani)



**Foto 3.10:** Suolo con caratteristiche Andiche molto sviluppate, su lave a Leucite. Classificazione USDA: *Typic fulviudand*. Località: S. Martino al Cimino. Viterbo (Foto Paolanti)



**Foto 3.11:** Suolo con caratteristiche Andiche, su lave a Leucite. Classificazione USDA: *Andic haplumbrepts*. Località: S. Martino al Cimino. Viterbo (Foto Paolanti)



**Foto 3.12:** Suolo su substrati detritici calcarei, in una tartufaija spontanea di *Tuber melanosporum*. Classificazione USDA: *Pachic Hapludolls loamy-skeletal, mixed, mesic*. Località: Capodacqua, L'Aquila. (Foto Chiuchiarelli, Paolanti, Santucci ARSSA Abruzzo)



**Foto 3.13:** Fondovalle alluvionale con falda superficiale. Classificazione USDA: *Aquic Haploxerepts fine, mixed, thermic*. Località: Località Padula. Montenero di Bisaccia. Campobasso. (Foto Chiuchiarelli, Paolanti, Santucci ARSSA Abruzzo)



**Foto 3.14:** Suolo della bonifica del Fucino. Classificazione USDA: *Typic Fluvaquents coarse-silty, carbonatic, mesic*. Località: Piana del Fucino, Ortucchio, L'Aquila. (Foto Chiuchiarelli, Paolanti, Santucci ARSSA Abruzzo)



**Foto 3.15:** Suolo rappresentativo di ambienti di altitudine appenninici, su detrito calcareo. Classificazione USDA: *Lithic Cryrendolls loamy-skeletal, mixed*. Località: M. Sirente (in prossimità della vetta). Secinaro, L'Aquila. (Foto: Vannicelli, Chiuchiarelli. ARSSA Abruzzo)



**Foto 3.16:** Suolo moderatamente profondo, che si imposta sui depositi argilloso limosi delle colline del Teramano. Classificazione USDA: *Typic Haploxerepts fine, mixed, thermic*. Località: Torano Nuovo. Teramo (Foto Chiuchiarelli, Paolanti, Santucci ARSSA Abruzzo)



**Foto 3.17:** Suolo su argille e limi fluviolacustri. Classificazione USDA: *Typic Pachic Calcixerolls fine, carbonatic, thermic*. Località: Bufera, Caltanissetta (Foto Paolanti)



**Foto 3.18:** Suolo su argille e limi fluviolacustri. Classificazione USDA: *Typic Haploxerolls, thermic*. Località: venti bocche Bufera, Caltanissetta. (Foto Paolanti)

### 3.2 Il World Reference Base for soil resources (WRB)

Il World Reference Base (WRB) for Soil Resources è il sistema di nomenclatura e classificazione ufficialmente adottato dalla Commissione Europea .

Gli obiettivi di questo sistema, attualmente alla sua seconda edizione (IUSS WORKING GROUP WRB. 2006), sono:

- ✓ sviluppare un sistema internazionalmente accettabile per delineare la risorsa suolo, usando come struttura la Legenda FAO
- ✓ fornire tale struttura di una consistente base scientifica
- ✓ riconoscere entro la struttura, importanti relazioni spaziali di suoli e di orizzonti di suoli caratterizzati da topo- e cronosequenze;
- ✓ enfatizzare la caratterizzazione morfologica dei suoli piuttosto che seguire un approccio analitico basato esclusivamente sul laboratorio.

Questo sistema comprende due livelli di dettaglio categorico:

- 1) la “**base di riferimento**” (*Reference Base*), che è limitata solo al primo livello, con 32 gruppi pedologici di riferimento;
- 2) le “**unità di suolo di riferimento**” (*WRB Classification System*) consistente in combinazioni di un gruppo di prefissi come qualificatori (o modificatori) univoci, che vengono aggiunti ai gruppi pedologici di riferimento, e che consentono una caratterizzazione e classificazione molto precisa di profili di suolo individuali.

### 3.3 I suoli tecnici

È significativo notare come i sistemi internazionali di classificazione dei suoli, si interessino di suoli disturbati dall’attività dell’uomo con modalità differenti da quelle che normalmente avvengono in ambito agricolo e forestale, ciò è dovuto alle sollecitazioni che pianificatori e gestori delle risorse territoriali hanno posto in tal senso, agli organismi che si occupano di suoli.

Il World Reference Base (WRB) for Soil Resources ha introdotto, nella versione 2006, un nuovo *reference soil group*, che raccoglie i **TECHNOSOLS**.

**Tabella 3.1:** chiavi di classificazioni relative ai *TECHNOSOLS* nel *WRB 2006*.

Key to the reference soil groups	Prefix qualifiers	Suffix qualifiers
Other soils having: 1. 20 percent or more (by volume, by weighted average) artefacts in the upper 100 cm from the soil surface or to continuous rock or a cemented or indurated layer, whichever is shallower; or 2. a continuous, very slowly permeable to impermeable, constructed geomembrane of any thickness starting within 100 cm of the soil surface; or 3. technic hard rock starting within 5 cm of the soil surface and covering 95 percent or more of the horizontal extent of the soil.	Ekranic Linic Urbic Spolic Garbic Folic Histic Cryic Leptic Fluvic Gleyic Vitric Stagnic Mollic Alic Acric Luvic Lixic Umbric	Calcaric Ruptic Toxic Reductic Humic Densic Oxyaquic Skeletal Arenic Siltic Clayic Drainic Novic



**Foto 3.19:** Alcuni esempi di Technosols. Da sin.: Spolic Technosol (Calcaric, Skeletic), Garbic Technosol (Reductic), Mollic Urbic Technosol (da Spaargaren, 2006)

Anche il sistema tassonomico Americano (Soil Taxonomy), molto utilizzato in Italia, prevede categorie che riguardano queste tipologie di suolo, sia a livello di orizzonti diagnostici che di categorie della classificazione.

In realtà in molti casi, si può parlare di “materiale di suolo o substrati”, privi di attività biologica o di entisuoli, ossia suoli nei loro primissimi stadi di evoluzione.

---

## 4 ELEMENTI DI PROGETTO

In sede progettuale è possibile prevedere gli impatti sui suoli in fase di realizzazione dell'opera e quali funzioni saranno chiamati a svolgere i suoli alla luce del tipo di ripristino previsto (sempre comunque nell'accezione della multifunzionalità dei suoli).

In questa sede dovrà essere definito se, per quanto possibile, il ripristino sarà conservativo, oppure se e quanto ci saranno trasformazioni rispetto alla situazione ante operam. Ad esempio può succedere che possano essere modificate le morfologie originarie creando dei versanti in un'area pianeggiante ed in questo caso per i suoli diventa sensibile il tema del rischio di erosione. In ogni caso la progettazione deve tenere conto delle relazioni suolo pianta.

Nel progetto, cioè, si dovrà tenere conto delle caratteristiche e qualità che il suolo dovrà avere e quindi di tutte le attività che si dovranno svolgere in relazione anche ai diversi impatti cui saranno soggetti i suoli. La casistica che verrà trattata con maggiore dettaglio è quella che prevede l'asportazione ed il successivo ripristino.

### 4.1 Indicazioni per il prelievo

Il suolo in natura è frutto di una lunga e complessa azione dei fattori (fattori della pedogenesi), e se vogliamo in seguito "riprodurre" un suolo il più possibile simile a quello presente ante operam dovrà essere posta la massima cura ed attenzione alle fasi di: asportazione, deposito temporaneo e messa in posto del materiale terroso. Un suolo di buona qualità sarà in linea generale più capace di rispondere, sia nell'immediato sia nel corso del tempo, alle esigenze del progetto di ripristino, ossia occorreranno minori spese di manutenzione e/o minore necessità di ricorrere ad input esterni.

#### 4.1.1 Cosa prelevare. Terre da scavo e terreno vegetale

Il materiale "terroso" può essere prelevato in loco dello stesso cantiere oppure da altri siti. Evidentemente nel secondo caso si dovrà valutare con maggiore accuratezza l'idoneità del materiale. È evidente, che se si vuole ricostituire in un ambiente una copertura vegetale coerente con la vegetazione potenziale dell'area, i suoli debbono essere coerenti con quelli naturalmente presenti nell'area. A tale scopo per esempio le cartografie dei suoli a piccola scala possono essere molto utili, in prima approssimazione, ai fini di questa valutazione poiché permettono di verificare se l'area di provenienza delle terre da scavo ricade in un'area con caratteristiche simili a quella dell'intervento di ripristino. Per effettuare questa valutazione è necessaria una buona esperienza nel settore e comunque occorrerà sempre una valutazione diretta sul materiale.

La normativa che regola attualmente le terre da scavo è quella del **Decreto legislativo del 3-4-2006 n. 152** ed il successivo **Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4** (*Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale*) tratta delle terre da scavo nell'art. 186.

Esiste a livello regionale, di province autonome ma anche comunale una complessa serie di norme, linee guida e regolamenti che regolano la materia alle quali si rimanda.

#### **Articolo 186. Terre e rocce da scavo**

- 1) Le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per **reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati** purché:
  - a) siano impiegate direttamente **nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti**;
  - b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;
  - c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate;
  - d) sia garantito un **elevato livello di tutela ambientale**;
  - e) sia accertato che **non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica** ai sensi del titolo V della parte quarta del presente decreto;
  - f) le loro caratteristiche chimiche e chimico fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non **determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali** interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;
  - g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata. L'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti, in sostituzione dei materiali di cava, è consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183, comma 1, lettera p).
- 2) Ove la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione ambientale integrata, la sussistenza dei requisiti di cui al comma 1, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare di norma un anno, devono risultare da un apposito progetto che è approvato dall'autorità titolare del relativo procedimento. Nel caso in cui progetti prevedano il riutilizzo delle terre e rocce da scavo nel medesimo progetto, i tempi dell'eventuale deposito possono essere quelli della realizzazione del progetto purché in ogni caso non superino i tre anni.
- 3) Ove la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività diverse da quelle di cui al comma 2 e soggette a permesso di costruire o a denuncia di inizio attività, la sussistenza dei requisiti di cui al comma 1, nonché **i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare un anno**, devono essere dimostrati e verificati nell'ambito della procedura per il permesso di costruire, se dovuto, o secondo le modalità della dichiarazione di inizio di attività (Dia).
- 4) Fatti salvi i casi di cui all'ultimo periodo del comma 2, ove la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nel corso di lavori pubblici non soggetti né a Via né a permesso di costruire o denuncia di inizio di attività, la sussistenza dei requisiti di cui al comma 1, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare un anno, devono risultare da idoneo allegato al progetto dell'opera, sottoscritto dal progettista.
- 5) Le terre e rocce da scavo, **qualora non utilizzate nel rispetto delle condizioni di cui al presente articolo, sono sottoposte alle disposizioni in materia di rifiuti** di cui alla parte quarta del presente decreto.
- 6) La caratterizzazione dei siti contaminati e di quelli sottoposti ad interventi di bonifica viene effettuata secondo le modalità previste dal Titolo V, Parte quarta del presente decreto. L'accertamento che le terre e rocce da scavo di cui al presente decreto non provengano da tali siti è svolto a cura e spese del produttore e accertato dalle autorità competenti nell'ambito delle procedure previste dai commi 2, 3 e 4.
- 7) Fatti salvi i casi di cui all'ultimo periodo del comma 2, per i progetti di utilizzo già autorizzati e in corso di realizzazione prima dell'entrata in vigore della presente disposizione, gli interessati possono procedere al loro completamento, comunicando, entro novanta giorni, alle autorità competenti, il rispetto dei requisiti prescritti, nonché le necessarie informazioni sul sito di destinazione, sulle condizioni e sulle modalità di utilizzo, nonché sugli eventuali tempi del deposito in attesa di utilizzo che non possono essere superiori ad un anno. L'autorità competente può disporre indicazioni o prescrizioni entro i successivi sessanta giorni senza che ciò comporti necessità di ripetere procedure di Via, o di Aia o di permesso di costruire o di Dia.



---

### 4.1.2 *Asportazione del suolo*

L'asportazione è l'impatto di livello massimo che può essere condotto su un suolo. Quando tale pratica viene eseguita si producono, in linea generale, terre da scavo che, per quanto possibile, saranno riutilizzate nelle opere di ripristino ambientale legato all'infrastruttura in oggetto.

Come prima indicazione ricordiamo di separare gli strati superficiali da quelli profondi. Si raccomanda di agire in condizioni di umidità idonee' ossia con "suoli non bagnati". L'umidità di suolo tollerabile dipende da vari fattori, quali: tessitura, stabilità strutturale, tipo di macchine impiegate ecc.

Come grandezza di misurazione dell'umidità può essere utilizzato il potenziale dell'acqua nel suolo (parametro differenziale che misura l'energia potenziale che ha l'acqua presente nel suolo, generalmente questo parametro è impiegato per quantificare il lavoro che le piante devono spendere per l'assorbimento radicale). Per le misurazioni possono essere utilizzati tensiometri. Le misure forniscono le indicazioni circa le classi dei pori ancora piene di acqua. In termini generali a  $pF < 1,8 - 2$  non si dovrebbe intervenire sui suoli ( $pF$  unità di misura che corrisponde al logaritmo in base 10 della tensione espressa in cm d'acqua), per non correre il rischio di degradare la struttura del suolo e quindi alterarne, in senso negativo, il comportamento idrologico (infiltrazione, permeabilità) e altre caratteristiche fisiche con la creazione di strati induriti e compatti inidonei allo sviluppo degli apparati radicali.

Si raccomanda (prescrive) inoltre di separare gli orizzonti superficiali (orizzonti A generalmente corrispondenti ai primi 20-30 cm), dagli orizzonti sottostanti (orizzonti B) e quindi se possibile anche dal substrato inerte non pedogenizzato (orizzonti C).

### 4.1.3 *Stoccaggio provvisorio (deposito intermedio)*

Il suolo asportato deve essere temporaneamente stoccato in un apposito deposito seguendo alcune modalità di carattere generale, quali:

- ✓ asportare e depositare lo strato superiore e lo strato inferiore del suolo sempre separatamente;
- ✓ il deposito intermedio deve essere effettuato su una superficie con buona permeabilità non sensibile al costipamento;
- ✓ non asportare la parte più ricca di sostanza organica (humus) dalla superficie di deposito;
- ✓ la formazione del deposito deve essere compiuta a ritroso, ossia senza ripassare sullo strato depositato;
- ✓ non circolare mai con veicoli edili ed evitare il pascolo sui depositi intermedi;
- ✓ rinverdire con piante a radici profonde (preferenzialmente leguminose).

In caso di interventi molto brevi (posa di condotte), può essere evitato il rinverdimento del deposito.

Il deposito intermedio di materiale terroso per lo strato superiore del suolo, non dovrebbe di regola superare 1,5-2,5 m, d'altezza in relazione alla granulometria del suolo ed al suo rischio di compattamento.

Lo strato di suolo superficiale ben aerato si è formato in seguito a un'intensa attività biologica. Il metabolismo chimico di questo strato del suolo avviene in condizioni aerobiche. La porosità, il tenore di humus e l'attività biologica diminuiscono nettamente con l'aumento della profondità.

A causa al peso proprio, gli strati inferiori del deposito vengono compressi. Ciò comporta prima di tutto il degrado delle caratteristiche fisico idrologiche del suolo.

Mediante il deposito intermedio in mucchi a forma trapezoidale e limitandone l'altezza, si cerca di ridurre al minimo o evitare la formazione di un nucleo centrale anaerobico del deposito.

Con l'instaurarsi di fenomeni di asfissia si può produrre una colorazione grigiastra legata agli ossidi di ferro accompagnata, per i depositi ricchi di sostanza organica, da odori di putrescenza.

Si cerca quindi di evitare di avere sia fenomeni di ristagno sia di erosione (pendenze troppo accentuate).

## 4.2 **Ripristino: definizione del "suolo obiettivo"**

In questa parte si descrivono le modalità di trattamento successivamente ad operazioni di asportazione e deposito temporaneo del suolo per poi operare la ricostituzione della copertura pedologica.

---

In natura il suolo è frutto di una lunga e complessa evoluzione, che vede l'interazione di diversi fattori (clima, substrato, morfologia, vegetazione, uomo e tempo), nel caso di ripristino l'obiettivo è quello di predisporre un suolo in una sua fase iniziale, ma che abbia poi i presupposti per evolvere mantenendo caratteristiche ritenute idonee.

Devono essere definite quindi le caratteristiche e qualità di un "suolo obiettivo" che risponde alle esigenze progettuale.

Il suolo obiettivo, ad esempio, in un'ottica conservativa dovrebbe riprodurre il suolo originario se conosciuto, o comunque essere adeguato alla destinazione d'uso dell'area.

Possiamo indicare tre strati corrispondenti agli orizzonti principali A, B e C che assolvono funzioni diverse, semplificando:

- **A** con funzione prevalente di nutrizione;
- **B** con funzione prevalente di serbatoio idrico,
- **C** con funzione prevalente di drenaggio e ancoraggio

Questa indicazione è di carattere generale e deve essere adattata in relazione alla situazione specifica ed alle necessità di cantiere. In molti casi l'orizzonte C si viene a formare direttamente per alterazione fisica del substrato in loco o a ripartire dagli orizzonti profondi residui dopo l'asportazione.

#### **4.2.1 Le caratteristiche dello strato di copertura**

Le caratteristiche e qualità del suolo più importanti da considerare sono:

- ✓ profondità del suolo e profondità utile alle radici
- ✓ tessitura e contenuto in frammenti grossolani
- ✓ contenuto in sostanza organica
- ✓ reazione
- ✓ contenuto in calcare totale ed attivo
- ✓ caratteristiche del complesso di scambio
- ✓ salinità
- ✓ densità apparente
- ✓ caratteristiche idrologiche (infiltrazione, permeabilità, capacità di acqua disponibile)
- ✓ struttura (caratteristiche e stabilità)
- ✓ porosità

Alcune caratteristiche e qualità del "suolo obiettivo", fanno riferimento a tutto lo spessore della copertura in quanto sono la risultante dell'interazione dei diversi strati. Ad esempio la capacità d'acqua disponibile, ossia la capacità di immagazzinare acqua nel suolo per poi renderla disponibile alle piante, è la somma della capacità dei diversi strati. La conducibilità idraulica, viceversa, è condizionata dallo strato meno permeabile. Il contenuto in sostanza organica ha generalmente un gradiente e diminuisce sensibilmente con la profondità.

L'elenco ha solo carattere indicativo, alcune qualità ed alcune caratteristiche indicate sono tra di loro collegate ed alcune sono evidentemente più semplici di altre da stimare o misurare.

In un suolo ricostruito non si può pensare di riprodurre la complicazione degli strati che generalmente accompagnano un suolo in natura e si deve quindi pensare ad uno schema semplificato a due od anche tre strati nel caso di suoli profondi.

Il primo strato ha una profondità di circa 20 - 30 cm e corrisponde agli orizzonti più importanti per lo sviluppo degli apparati radicali e generalmente con un'attività biologica più elevata.

Per un suolo profondo un metro possiamo considerare, ad esempio, due strati uno che va dalla superficie fino a 30 cm ed uno da 30 fino a 100.

Le caratteristiche del suolo vengono definite per classi o valori soglia a seconda dei parametri che vanno stabiliti in relazione al progetto di ripristino.

Comunque sia le caratteristiche del suolo obiettivo debbono essere stabilite e quantificate per classi indicando il range di variabilità ammesso.

Nella tabella che segue è riportato un esempio concreto di valori (intervalli di valori) delle principali caratteristiche e qualità del suolo previste secondo un progetto di ripristino.

**Tabella 4.1:** caratteri e qualità degli strati (orizzonti) del suolo.

Carattere/qualità del suolo	Orizzonti superficiali (strato 0-30 cm)	Orizzonti sub-superficiali (strato 30-100 cm)
<b>Tessitura (USDA)</b>	Sabbia $\geq$ 50%; argilla 10-20%; limo 10-30%	Sabbia $\geq$ 50%; argilla 10-20%; limo 10-30%
<b>Frammento grossolani di diametro &lt; 25 mm</b>	Frequente (15,1-35,0% in volume della terra fine)	< 35%
<b>Reazione (pH in H<sub>2</sub>O)</b>	pH da 6,1 a 7,0	pH da 6,1 a 7,0
<b>Carbonio organico (%)</b>	> 0,9	> 0,4
<b>Calcare totale (%)</b>	Assente	assente
<b>Calcare attivo (%)</b>	Assente	assente
<b>Capacità di scambio cationico (meq/100)</b>	> 10	> 10
<b>Salinità</b>	non salino	non salino

**Tabella 4:** caratteri e qualità del suolo di riferimento riferiti all'intero spessore del suolo.

Carattere/qualità del suolo	Valore	Note
<b>Rocciosità superficiale</b>	Assente	
<b>Pietrosità superficiale</b>	< del 15%	(% di volume)
<b>Profondità utile alle radici</b>	100 cm	
<b>Capacità in acqua disponibile</b>	> 100 mm	
<b>Conducibilità idraulica (Ksat)</b>	Da 100 a 10 $\mu$ n/s	
<b>Drenaggio interno</b>	Buono	
<b>Disponibilità di ossigeno</b>	Buona	
<b>Scorrimento superficiale</b>	Basso o assente	

L'esempio si riferisce ad un caso ove si vuole ricreare un suolo "simile" alla tipologia di suolo presente nell'intorno dell'area, ma sono disponibili solo materiali inerti. Il contenuto in carbonio organico all'atto del ripristino non può ovviamente essere troppo elevato, poiché c'è un limite alla concimazione organica apportabile. Si considera che nel corso del tempo si possano raggiungere condizioni più soddisfacenti. Come si vede si tratta di range abbastanza larghi che sono comunque relazionati alle caratteristiche naturali dei materiali di partenza (si tratta di un distretto vulcanico).

Nel caso in esame vi erano vincoli di progetto, che limitavano ad un metro la profondità del suolo.

Senza questa limitazione al di sotto della profondità del metro (ma anche a partire dai 70 cm di profondità) si può ipotizzare del materiale terroso, poco o "non pedogenizzato" anche ricco in frammenti grossolani penetrabile alle radici.

#### 4.2.2 Modalità di messa in posto

Un'adeguata tecnica di ripristino ambientale, e delle adeguate attenzioni possono consentire l'instaurarsi di condizioni pedologiche accettabili in tempi non molto lunghi. L'intento è, come già ripetuto, quello di mettere in posto un suolo ad uno stato assolutamente iniziale che nel tempo possa poi raggiungere un suo equilibrio essere colonizzato dagli apparati radicali e dai microrganismi che si assesti in un rapporto equilibrato tra le particelle solide del suolo solida ed i differenti tipi di pori, che abbia una sua resilienza ai fenomeni degradativi e che mantenga la capacità di svolgere le sue funzioni.

Le modalità di azione che si propongono sono le seguenti:

- Prima di procedere al ripristino dei suoli occorre aver predisposto la morfologia dei luoghi cui dovrà accompagnarsi il suolo e verificare la necessità di un adeguato drenaggio dell'area.

- 
- All'atto della messa in posto i diversi strati che sono stati accantonati devono essere messi in posto senza essere mescolati e rispettandone l'ordine.
  - Il ripristino deve essere effettuato con macchine adatte e in condizioni asciutte.
    - ✓ Nella messa in posto del materiale terroso deve essere evitato l'eccessivo passaggio con macchine pesanti o comunque non adatte e che siano prese tutte le accortezze tecniche per evitare compattamenti o comunque introdurre limitazioni fisiche all'approfondimento radicale o alle caratteristiche idrologiche del suolo.
    - ✓ Le macchine più adatte sono quelle leggere e con buona ripartizione del peso.
    - ✓ In termini generali a  $pF < 1,8 - 2$  non si dovrebbe intervenire sui suoli ( $pF$  unità di misura spesso ancora in uso che corrisponde al logaritmo in base 10 della tensione espressa in cm d'acqua), per non correre il rischio di degradare la struttura del suolo e quindi alterarne, in senso negativo, il comportamento idrologico (infiltrazione, permeabilità) e altre caratteristiche fisiche con la creazione di strati induriti e compatti inadatti allo sviluppo degli apparati radicali.
    - ✓ Soprattutto nei casi in cui il materiale che viene ricollocato è di limitato spessore (meno di un metro), lo strato "di contatto", sul quale il nuovo suolo viene disposto, deve essere adeguatamente preparato. Spesso succede che si presenta estremamente compattato dalle attività di cantiere: se lasciato inalterato, potrebbe costituire uno strato impermeabile e peggiorare il drenaggio del nuovo suolo, oltre che costituire un impedimento all'approfondimento radicale.
  - La miscelazione di diversi materiali terrosi e l'incorporazione di ammendanti e concimazione di fondo avverrà prima della messa in posto del materiale
  - Anche se l'apporto di sostanza organica ha la funzione di migliorare la "fertilità fisica del terreno", si deve evitare un amminutamento troppo spinto del suolo ed un eccesso di passaggi delle macchine.
    - ✓ Per suoli profondi se lo strato inferiore del suolo è stato depositato transitoriamente per lunghi periodi ( $> 1$  anno) può essere utile effettuare un inerbimento intermedio per lo strato profondo e successivamente inserire lo strato superficiale
    - ✓ L'utilizzo di materiale non pedogenizzato, ossia ricavato solo per disgregazione fisica può essere utilizzato per la parte inferiore di suoli molto profondi, ma anche per altre situazioni nelle quali il suolo obiettivo da progetto abbia profondità poco elevate.

Nel caso, le morfologie prevedano dei versanti in relazione alle pendenze, alla lunghezza dei versanti stessi ed alle caratteristiche di erodibilità del suolo si dovranno mettere in atto azioni ed accorgimenti antierosivi.

Un suolo di buona qualità dotato di struttura adeguata e di buona stabilità strutturale ha di per se la capacità di far infiltrare le acque e quindi di diminuire lo scorrimento superficiale e di limitare l'erosione. Queste qualità vanno però accompagnate da una copertura protettiva sul terreno, al fine di ridurre l'azione battente della pioggia, trattenere parte dell'acqua in eccesso, rallentare la velocità di scorrimento superficiale, trattenere le particelle di suolo, migliorare la struttura, la capacità di infiltrazione e la fertilità del suolo. Può essere necessario inserire anche sistemazioni idrauliche per rallentare i deflussi superficiali.

Per le scelte che riguardano i soprassuoli vegetali e le tecniche di ingegneria naturalistica si rimanda alle linee guida di settore.

---

### 4.2.3 Piano di fertilizzazione

La pianificazione per interventi di concimazione e/o ammendamento e correzione possono essere ritenuti necessari alla luce delle caratteristiche del materiale terroso e dei materiali disponibili per la concimazione organica di fondo.

In questa fase è necessario monitorare le caratteristiche degli strati di materiale terroso per verificarne le caratteristiche e potere predisporre correzioni, correttivi ed ammendamenti necessari.

Il contenuto di sostanza organica nel suolo è un indicatore della qualità ambientale. *“La sostanza organica esplica infatti la propria azione sulle proprietà nutrizionali del terreno, sia perché costituisce una riserva di elementi nutritivi ed energetici per i microrganismi del suolo e di elementi nutritivi per le piante, sia perché attraverso i meccanismi di scambio, adsorbimento, complessazione e chelazione, modula la disponibilità degli elementi medesimi”* (Benedetti, 2008)

In termini generali, si indica come normali prassi di tipo agronomico l'effettuazione di una concimazione organica. In questo caso, può essere considerato utile l'utilizzo di **compost** di qualità.

Il compost è un ammendante, ossia ha la capacità di migliorare le caratteristiche fisico meccaniche del suolo, con un discreto effetto concimante ed è quindi in grado di sostituire la letamazione ed in parte la fertilizzazione minerale.

Sono ormai abbondanti le prove sperimentali e dimostrative condotte in Italia. Varie sono anche le utilizzazioni aziendali del compost come ammendante sia nei suoli destinati a coltivazioni arboree quanto per quelli ove vi siano seminativi.

Attualmente il miglioramento della qualità dei prodotti disponibili ha accentuato la surrogazione di letami o fertilizzanti di sintesi, anche per la riduzione della disponibilità dei primi e dei costi dei secondi.

Per l'uso del compost occorrono alcuni accorgimenti:

- monitoraggio della qualità del prodotto utilizzato,
- attenzione nell'utilizzo, in considerazione dei risultati d'analisi,
- dar peso alla certificazione del prodotto.

Ricordiamo inoltre il beneficio che ha l'incremento del contenuto di carbonio organico nel suolo nelle strategie ambientali relative ai cambiamenti climatici.

Il calcolo della quantità necessaria di compost si basa sul bilancio umico, tenendo conto di diversi fattori quali:

- quantità di suolo (T) calcolata tramite:
  - ✓ spessore considerato
  - ✓ densità apparente del suolo (val generali min-max da 0,8 a 1,7 kg/dm<sup>3</sup>)
- quantità di sostanza organica da apportare, che dipende da:
  - ✓ contenuto di partenza del materiale terroso
  - ✓ contenuto in sostanza organica del compost (mediamente 35-55% ss)
  - ✓ contenuto di umidità del compost (35-55% s.t.q.)

L'utilizzo di Compost in agricoltura è regolato dal **D.Lgs. 75 del 29 aprile 2010** (Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti), che abroga e sostituisce il precedente D.Lgs. 217 del 29 04 2006.

Ai materiale definiti da tale norma si fa riferimento con il termine *“compost di qualità”*.

Vedi a tal proposito il Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4 (art. 183 definizioni), di modifica del D.Lgs. 152/2006, che definisce i compost come segue:

---

t) **compost da rifiuti**: prodotto ottenuto dal compostaggio della frazione organica dei rifiuti urbani nel rispetto di apposite norme tecniche finalizzate a definirne contenuti e usi compatibili con la tutela ambientale e sanitaria e, in particolare, a definirne i gradi di qualità;

u) **compost di qualità**: prodotto, ottenuto dal compostaggio di rifiuti organici raccolti separatamente, che rispetti i requisiti e le caratteristiche stabilite dall'allegato 2 del decreto legislativo n. 217 del 2006 e successive modifiche e integrazioni;

Nel D.Lgs. 75 del 29 04 2010 gli ammendanti sono definiti come “i materiali da aggiungere al suolo in situ, principalmente per conservarne o migliorarne le caratteristiche fisiche o chimiche o l'attività biologica, disgiuntamente o unitamente tra loro, i cui tipi e caratteristiche sono riportati nell'allegato 2”.

I diversi tipi di compost sono, quindi, definiti come segue:

- Ammendante Compostato Verde (**ACV**). Prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione controllato di rifiuti organici che possono essere costituiti da scarti della manutenzione del verde ornamentale, altri materiali vegetali come sanse vergini (disoleaqrte o meno) od esauste, residui delle colture ed altri rifiuti di origine vegetale;
- Ammendante Compostato Misto (**ACM**). Prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione controllato di rifiuti organici che possono derivare da frazione organica degli RSU proveniente da raccolta differenziata, da rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, da rifiuti di attività agro-industriali e da lavorazione del legno o dal tessile naturale non trattati, da reflui e fanghi nonché dalle matrici previste per **ACV**.
- Ammendante Torboso Composto (**ATC**). Prodotto ottenuto per miscela di torba con ammendante compostato verde e/o misto

Il compost da rifiuti (vedi anche i termini biostabilizzato o FOS) può essere utilizzato per i recuperi ambientali, quale ad esempio la copertura delle discariche, con riferimento al DCI 27/7/1984. (**Delibera Comitato Interministeriale del 27/07/1984**), che definisce: caratteristiche agronomiche del compost, limiti di accettabilità per il compost ai fini della tutela ambientale tabella e le concentrazioni limite di metalli nei terreni ed i limiti di quantità di metalli addizionabili annualmente con la somministrazione del compost.

La normativa di settore è comunque complessa ed articolata ed in rapida evoluzione.

Si dovrà in ogni caso conoscere le caratteristiche esatte del compost, tenendo conto che gli ACM (ammendanti compostati misti), possono presentare un elevato contenuto in sali solubili. Si raccomanda l'utilizzo di compost con un grado di maturità elevato. L'azoto apportato con gli ammendanti compostati è sotto forma organica e quindi a lenta cessione.

Il quantitativo esatto deve essere stimato conoscendo l'analisi del prodotto e del materiale terroso disponibile, al fine di evitare comunque eccessi di azoto e la perdita di lisciviazione dello stesso.

L'eventuale utilizzo di concimazione minerale, a questo punto dovrà essere dosata tenendo conto delle dotazioni del terreno e dell'apporto del compost.

Si può presumere che comunque non siano necessari apporti di potassio, ma unicamente delle miscele con funzione di starter all'atto della semina (es. fosfato biammonico 18:46), ma ciò varia in considerazione del tipo di suolo, del soprassuolo vegetale e dalla tecnica di semina e piantagione che viene adottata.

Un caso che va considerato è quello di dover miscelare il materiale minerale per variare la tessitura. In questi casi bisogna valutare con attenzione le caratteristiche dei materiali da utilizzare, sia dal punto di vista fisico che da quello chimico.

Come già detto, la miscelazione di diversi materiali terrosi e l'incorporazione di ammendanti e concimazione di fondo deve avvenire prima della messa in posto del materiale.

---

### 4.3 Il transito sul suolo

Ogni cantiere dovrà per quanto possibile limitare il degrado del suolo, cercando di preservarne la qualità, evitando ogni inutile costipamento o alterazione degli orizzonti naturali del suolo. A tal fine si raccomanda di:

- circolare solo su suolo asciutto e con sufficiente portanza;
- impiegare solo macchine e procedimenti adatti. Sono adatte le macchine possibilmente leggere e con buona ripartizione del peso, vale a dire con basso carico sul terreno. I telai larghi e lunghi riducono la pressione sul suolo;
- evitare tragitti inutili;
- ridurre al minimo la superficie dell'intervento;
- evitare ogni spostamento inutile di suolo, segnatamente la scarificazione dell'humus e non lasciare mai il suolo senza copertura vegetale, ossia incolto e non protetto.

---

## 5 MONITORAGGIO E MANUTENZIONE

Il suolo è una matrice complessa, caratterizzata da una elevata variabilità orizzontale, cioè tra suoli diversi, e verticale, cioè tra i diversi orizzonti di uno stesso suolo, a fronte invece di una variabilità temporale nettamente meno marcata rispetto ad altre matrici, quali l'acqua e l'aria.

Tutto ciò rende sicuramente difficile la creazione di una rete di monitoraggio che, per sua stessa definizione, dovrebbe permettere di seguire nel tempo l'evoluzione qualitativa della matrice monitorata.

In ogni caso per cantieri complessi e lunghi verifiche e controlli debbono essere effettuati già in corso d'opera e quindi successivamente.

Per il collaudo ed il monitoraggio il riferimento è quello della tabella del suolo obiettivo.

La tecnica da adottarsi consiste nello scavo di minipits con integrazione di una trivella manuale per verificare le condizioni al di sotto della soglia di scavo. Ricordiamo che un minipit può essere agevolmente scavato a mano e si tratta quindi di una tecnica non invasiva e poco costosa.



---

## 6 BIBLIOGRAFIA

- ANPA, 2001. Atlante degli indicatori del suolo. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Centro Tematico Nazionale - Suolo e Siti Contaminati.
- APAT, 2004. Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali, versione aggiornata sulla base delle indicazioni contenute nella strategia tematica del suolo dell'Unione Europea, Centro Tematico Nazionale – Territorio e Suolo
- APAT 2008. Il suolo la radice della vita
- BENEDETTI A., DELL'ABATE M.T., MOCALI S., POMPILI L., 2006. Indicatori microbiologici e biochimici della qualità del suolo: In: ATLAS Atlante di Indicatori della Qualità del Suolo. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Edizioni Delta Grafica, Città di Castello Perugia
- BENEDETTI A., MOCALI S., 2008. Analisi a livello di suolo. In Indicatori di biodiversità per la sostenibilità in agricoltura. ISPRA.
- BUSONI E., 2000. Indicatori della qualità del Suolo o indicatori delle qualità del suolo: Un'analisi nell'ottica della Landscape Ecology. Indicatori per la qualità del suolo. Prospettive ed applicabilità. Accademia delle Scienze detta dei XL. Società Italiana della Scienza del Suolo.
- COMMISSION OF THE EC, 2002. Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. COM (2002) 179
- COMMISSION OF THE EC, 2006. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. COM (2006) 232
- COMMISSION OF THE EC, 2006. Thematic Strategy for Soil Protection. COM 231
- COSTANTINI E.A.C., FAVI E., LULLI L., RODOLFI G., 1991. I suoli in campagna, da Il Suolo – Pedologia nelle scienze della terra e nella valutazione del territorio, a cura di Cremaschi M. e Rodolfi G. La Nuova Italia Scientifica, p. 17-60.
- COSTANTINI E.A.C., 2006. Metodi di valutazione dei suoli e delle terre. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali. Edizioni Cantagalli.
- COSTANTINI E.A.C., 2007 (Coordinatore) Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Coordinatore:
- HUDSON B.D., 1992. The Soil Survey As Paradigm-Based Science. Soil Sc. Soc. Am. J. 56:836-841.
- IUSS WORKING GROUP WRB, 2006. World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103. Rome, FAO
- LEHMANN A, DAVID S., STAHR K., 2006. TUSEC (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions). A Method for the Assessment of Natural and Anthropogenic Soils .- Pedological Manual. Contribution to Work Package 7 "Soil Evaluation" for the project TUSEC-IP prepared within the framework of the EU INTERREG III B Community Initiative Alpine Space. – (Coordination Work Package 7: University of Hohenheim). – Hohenheim. 99 p.
- MIPA, 1997. Metodi di analisi fisica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. M. Pagliai. Ed. Franco Angeli.
- MIPA, 2000. Metodi di analisi chimica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. P. Violante. Ed. Franco Angeli.
- MIPA, 2002. Metodi di analisi microbiologica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. Giovanni Picci, Paolo Nannipieri. Ed. Franco Angeli
- MIPA, 2004. Metodi di analisi biochimica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. Anna Benedetti e Liliana Gianifreda. Ed. Franco Angeli
- MIPA, 2005. Metodi di analisi mineralogica del suolo. Ministero per le Politiche Agricole, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. Coord. Paola Adamo. Ed. Franco Angeli
- PAOLANTI M., COSTANTINI E. A. C., FANTAPPIÈ M. & BARBETTI R., 2007. La descrizione del suolo. In linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Coordinatore: E. A. C. Costantini.

- 
- SOIL SURVEY STAFF, 2006. Keys to Soil Taxonomy (Tenth Edition), USDA, Soil Conservation Service, Washington D.C., USA
- SPAARGAREN O., 2006. Anthrosols and Technosols JRC Summer School presentations. [http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/events/SummerSchool\\_2006/Presentations/8\\_Spaargaren\\_AnthroTechnosols.pdf](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/events/SummerSchool_2006/Presentations/8_Spaargaren_AnthroTechnosols.pdf)
- KARLEN D.L., MAUSBACH M.J., DORAN J.W., CLINE R.G., HARRIS R.F., SHUMAN G.E., 1997. Soil Quality: a concept, definition and framework for evaluation". *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 61, 4-10.
- USDA – NRCS, 1999. Soil Taxonomy, 2nd Edition. Agricultural Handbook n. 436
- UFAFP, 2001. Costruire proteggendo il suolo. Ufficio Federale dell'Ambiente, delle Foreste e del Paesaggio. Berna

---

## 7 GLOSSARI

### Glossario dei principali termini utilizzati in pedologia

**Abrupto** (limite): Indica che il passaggio da un orizzonte all'altro avviene entro 2.5 cm.

**Acqua disponibile per le piante - AWC** (o acqua utile): E' definita come la differenza tra la quantità di acqua nel suolo alla capacità di campo e la quantità al punto di appassimento, espressa in mm.

**Argilla** (del suolo): E' la frazione minerale del suolo le cui particelle hanno un diametro inferiore a 0.002 mm.

**Azoto totale:** Rappresenta la percentuale di azoto contenuta nel suolo.

**Calcare attivo:** E' la frazione finemente suddivisa di calcare totale, suscettibile di solubilizzarsi rapidamente sotto forma di bicarbonato.

**Calcare totale:** Rappresenta il quantitativo totale di carbonati presenti nella frazione di suolo inferiore a 2 mm, espressa come carbonato di calcio.

**Calcareo:** Suolo contenente una quantità di carbonato di calcio tale da dare effervescenza visibile e/o udibile se trattato con acido cloridrico 1N.

**Cambiamento tessiturale abrupto** (vedi WRB 1999) Cambiamento tessiturale abrupto è un incremento molto netto nel contenuto in argilla in un limitato intervallo di profondità.

**Carbonio organico:** Si tratta del carbonio contenuto nei composti di tipo organico presenti nel suolo.

**Classe granulomerica:** distribuzione delle dimensioni delle particelle dell'intero suolo e non equivale alla tessitura che si riferisce solo alla terra fine suolo (vedi "particle-size class". Soil Taxonomy)

**Colloidale** (frazione): E' la frazione del terreno costituita da particelle con diametro compreso tra 1  $\mu$  (0.001 mm) e 1 mu. Con la soluzione circolante del suolo formano un sistema disperso, fisicamente eterogeneo in cui sono riconoscibili le superfici di separazione tra il solvente e il soluto. Questo sistema è caratterizzato da un'enorme superficie di contatto tra le due fasi, con elevata tensione superficiale.

**Colore del suolo:** Viene definito con un sistema (Munsell) che utilizza tre variabili: Hue (tinta), Value (luminosità), Chroma (purezza).

**Concrezione:** Concentrazione localizzata di carbonati, o silice, oppure ossidi di ferro e manganese.

**Contatto paralitico:** Contatto tra suolo e materiale sottostante, di solito costituito da una roccia sedimentaria parzialmente consolidata (siltite, argillite, marna, arenaria), che non può essere penetrata dalle radici.

**Contenitore pedogeografico:** termine usato per indicare un pedopaesaggio a scala di percezione e di rappresentazione cartografica in genere piccola. E' un tratto di superficie terrestre contraddistinto da un insieme di caratteri ambientali caratteristici, spesso socialmente riconosciuto e contraddistinto da un nome geografico (es.: Pianura Padano-Veneta, Dorsali antiappenniniche toscane, Tavoliere delle Puglie) nel quale possono essere presenti suoli simili, ma anche molto diversi tra loro ed inclusioni di pedopaesaggi diversi che potrebbero essere separati cartograficamente ad un livello gerarchico inferiore.

**Copertura pedologica (equivalente all'inglese "soil cover"):** insieme dei suoli che coprono la superficie terrestre.

**Drenaggio:** esprime la capacità di un suolo di smaltire l'acqua dalla superficie, attraverso l'intero profilo, fino al sottosuolo; tiene conto della frequenza e della durata dei periodi di saturazione idrica, anche parziale.

**Eluviazione:** rimozione di materiale in soluzione o sospensione.

**Epipedon:** orizzonte diagnostico formatosi in superficie, includente la parte superiore del suolo (colorata in scuro per effetto della sostanza organica) e/o l'orizzonte eluviale superiore.

**Erosione:** processo che implica l'asportazione del terreno superficiale a causa dell'azione meccanica, fisica e chimica esercitata dagli agenti atmosferici.

**Fattori della pedogenesi** (detti anche "fattori di stato"): roccia, clima, organismi (incluso l'uomo), morfologia, tempo.

**Fisiografia:** aspetto che la superficie terrestre assume in seguito all'opera degli agenti della morfogenesi.

**Fotointerpretazione:** tecnica che consente ad esperti di determinare e classificare fenomeni territoriali dalla lettura di foto aeree o immagini telerilevate, quali ad esempio, tipi di vegetazione, determinazione di faglie o aggiornamento di basi cartografiche esistenti.

---

**Humus:** frazione ben decomposta e relativamente stabile della sostanza organica presente nel suolo.

**Idromorfia:** saturazione idrica del suolo, permanente o temporanea, inducente condizioni di anaerobiosi, riduzioni chimiche, segregazione localizzata del ferro.

**Illuviazione:** processo di deposizione in un orizzonte di materiale (trasportato in sospensione o soluzione) proveniente da un'altra parte del suolo.

**Incertezza dell'informazione pedologica:** grado di approssimazione nel fornire informazioni reali riguardo il tipo, il numero e la distribuzione di suoli presenti in una delimitazione o unità cartografica, la precisione dei limiti geografici, la confidenza della classificazione tassonomica, l'attribuzione delle qualità, la valutazione delle attitudini e limitazioni d'uso.

**Inclusione:** Si riferisce a suoli diversi da quelli che caratterizzano una determinata unità cartografica e che occupano aree di limitata estensione all'interno della medesima.

**Limo:** E' la frazione minerale di un suolo le cui particelle hanno un diametro compreso tra 0.05 e 0.002 millimetri.

**Litologia:** indica le caratteristiche generali, macroscopiche, dei vari tipi di roccia.

**Macroporosita'** (capacità per l'aria): si intende il volume dei pori pieni d'aria quando il suolo è alla capacità di campo. Corrisponde approssimativamente al volume dei pori con diametro >60 micron.

**Ochrico:** orizzonte superficiale di colore chiaro, contenente limitate quantità di Sostanza Organica.

**Oggetto:** entità fisica o logica definita da un insieme di caratteristiche e regole di comportamento che ne esprimono lo stato statico o dinamico.

**Ondulato** (limite): indica che il limite tra un orizzonte e l'altro presenta ondulazioni più larghe che profonde.

**Orizzonte andico** (vedi WRB 1999) L'orizzonte andico (dal giapponese *an*, scuro, e *do*, suolo) è un orizzonte che risulta da un'alterazione moderata di depositi prevalentemente piroclastici. Tuttavia possono anche essere riscontrati in associazione con materiali non-vulcanici (per esempio loess, argilliti, e prodotti di alterazione ferrallitici). La loro mineralogia è dominata da minerali a basso ordine cristallino e, nei depositi piroclastici, costituiscono parte della sequenza di alterazione (materiali dei suoli *tefrici*, orizzonti *vitrici*, orizzonti *andici*).

**Orizzonte Ap:** (p sta per plowed, lavorato) strato superficiale del suolo, disturbato dalla coltivazione o dal pascolo.

**Orizzonte argico** (vedi WRB 1999): L'orizzonte argico (dal latino *argilla*, argilla) è un orizzonte sotto superficiale che ha un contenuto di argilla nettamente più alto rispetto all'orizzonte sovrastante. La differenziazione tessiturale può essere causata da un accumulo illuviale di argilla, da una formazione predominante di argilla pedogenetica nel sottosuolo o dalla distruzione di argilla nell'orizzonte di superficie, dall'erosione di superficie selettiva di argilla, dall'attività biologica, o da una combinazione di due o più di questi differenti processi. La sedimentazione dei materiali di superficie che sono più grossolani rispetto all'orizzonte sottosuperficiale, può incrementare una differenziazione tessiturale pedogenetica. Tuttavia, una pura discontinuità litologica, quale può rinvenirsi nei depositi alluvionali, non si qualifica come un orizzonte argico.

**Orizzonte argillico** (vedi ST 1999): l'orizzonte argillico è un orizzonte illuviale in cui argille stratificate a reticolo stratificato si sono accumulate fino ad una significativa quantità mediante illuviazione.

**Orizzonte calcico** (vedi WRB 1999): l'orizzonte calcico (dal latino *calx*, calcare) è un orizzonte in cui si è accumulato carbonato di calcio secondario (CaCO<sub>3</sub>)

**Orizzonte cambico** (vedi WRB 1999): L'orizzonte cambico (dal latino *cambiare*, cambiare) è un orizzonte sottosuperficiale che, rispetto agli orizzonti sottostanti, mostra evidenza di alterazione. Manca del gruppo di proprietà diagnostiche per un orizzonte *ferralico*, *argico*, *natrico* o *spodico* e dei colori scuri, del contenuto di materia organica e della struttura di un orizzonte *histico*, *folico*, *mollico* o *umbrico*.

**Orizzonte mollico** (vedi WRB 1999): l'orizzonte mollico (dal latino *mollis*, soffice) è un orizzonte di superficie di colore scuro, ben strutturato con un'alta saturazione in basi ed un contenuto di materia organica da moderato ad alto.

**Orizzonte ochrico** (vedi WRB 1999): l'orizzonte ochrico (dal greco *ochros*, pallido) è un orizzonte di superficie che manca di una stratificazione fine e che è o di colore chiaro, o sottile, o ha un basso contenuto in carbonio organico, o è massivo e (molto) duro quando è asciutto.

**Orizzonte umbrico** (vedi ST 1999): orizzonte superficiale scuro che non si può distinguere ad occhio nudo da un epipedon mollico, ma che ha una saturazione in basi inferiore al 50%.

---

**Orizzonte:** strato di suolo approssimativamente parallelo alla superficie, con caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche definite e omogenee, determinate dall'azione dei processi pedogenetici.

**Orizzonti A:** orizzonti minerali che si sono formati alla superficie o sotto un orizzonte O, nei quali l'originale struttura della roccia è stata completamente o per lo più obliterata, e che sono caratterizzati da una o più delle seguenti condizioni: - un accumulo di sostanza organica umificata intimamente legata alla frazione minerale senza mostrare le proprietà caratteristiche di orizzonti E o B (vedi sotto); proprietà risultanti dalla coltivazione, pascolamento, o disturbi affini; - una morfologia che è differente dall'orizzonte B o C sottostante come risultato di processi riferiti alla superficie.

**Orizzonti B:** orizzonti che si sono formati sotto un orizzonte A, E, O o H, e nei quali i lineamenti principali sono l'obliterazione di tutta o della maggior parte dell'originale struttura della roccia, insieme con una delle seguenti condizioni, o una loro combinazione: concentrazione illuviale di argilla silicata, ferro, alluminio, humus, carbonati, gesso o silice, soli o in combinazione; evidenze di rimozione di carbonati; concentrazione residuale di sesquiossidi; rivestimenti di sesquiossidi tali da far sì che l'orizzonte sia notevolmente più basso in *value*, più alto in *chroma*, o più rosso in *hue* degli orizzonti soprastanti e sottostanti, senza illuviazione di ferro apparente; alterazione tale da produrre argilla silicata o liberare ossidi, oppure entrambi, e da creare una struttura granulare, o poliedrica, o prismatica se a cambiamenti in contenuto idrico si accompagnano cambiamenti di volume; fragilità<sup>4</sup>.

**Orizzonti E:** orizzonti minerali nei quali la caratteristica principale è la perdita d'argilla silicata, ferro, alluminio, o di alcune combinazioni di questi, che produce una concentrazione residuale di sabbia e limo, e nei quali l'originale struttura della roccia è stata completamente o per lo più obliterata.

**Orizzonti o strati C:** orizzonti o strati, tranne la roccia dura, che sono poco interessati dai processi pedogenetici e mancano delle proprietà degli orizzonti H, O, A, E, o B. La maggior parte sono strati minerali, ma alcuni strati calcarei e silicei come le conchiglie, il corallo e la terra di diatomee sono inclusi. Il materiale costituente gli orizzonti C può essere sia simile che dissimile da quello dal quale il *solum* si è presumibilmente formato. Un orizzonte C può essere stato modificato anche se non c'è evidenza di pedogenesi. Le radici delle piante possono infiltrarsi negli orizzonti C, che costituiscono un importante mezzo di crescita. Da intendersi come strati C sono i sedimenti, il saprolite, la roccia non consolidata e altri materiali geologici, i quali generalmente si disgregano in meno di 24 ore quando i loro frammenti, secchi all'aria o più secchi, vengono immessi nell'acqua, e quando umidi possano essere scavati con una vanga. Alcuni suoli si formano in materiale già molto alterato e questo materiale, che non soddisfa i requisiti degli orizzonti A, E o B, è designato come C. I cambiamenti non considerati come pedogenetici sono quelli non riferiti agli orizzonti soprastanti: gli strati che hanno accumuli di silice, carbonati, o gesso, anche se induriti, possono essere inclusi tra gli orizzonti C quando lo strato non è chiaramente interessato da processi pedogenetici, altrimenti è un orizzonte B.

**Orizzonti o strati H** (vedi WRB 1999): strati dominati da materiale organico, che si sono formati da accumuli di materiale organico indecomposto o parzialmente decomposto alla superficie del suolo, che può essere sommerso. Tutti gli orizzonti H sono saturi d'acqua per periodi prolungati, oppure lo sono stati in passato e adesso sono artificialmente drenati. Un orizzonte H può essere presente nella parte superiore di suoli minerali, o a qualsiasi profondità sotto la superficie, se sepolto.

**Orizzonti o strati O** (vedi WRB 1999): strati dominati da materiale organico, consistenti in lettiera indecomposta o parzialmente decomposta, come foglie, aghi, rametti, muschi e licheni, che si è accumulata sulla superficie. Gli orizzonti O possono essere presenti nella parte alta sia di suoli minerali che organici, ma non sono saturi d'acqua per periodi prolungati. La frazione minerale di tale materiale è solo una piccola percentuale del volume, ed è generalmente molto meno della metà del peso. Uno strato O può essere alla superficie di un suolo minerale o a qualsiasi profondità sotto la superficie, se è sepolto. Un orizzonte formato da illuviazione di materiale organico in un sottosuolo minerale non è un orizzonte O, sebbene alcuni orizzonti formati in questa maniera contengano molta sostanza organica.

**Paesaggio pedologico:** sinonimo di pedopaesaggio.

**Paradigma "suolo-paesaggio":** espressione che indica come sia possibile prevedere alcune delle caratteristiche del suolo attraverso l'esame del paesaggio. Principio che si fonda sulla constatazione che i fattori della pedogenesi sono gli stessi, eccetto per le forze endogene, a quelli della morfogenesi.

**Parentale (materiale):** substrato minerale od organico, non consolidato e più o meno alterato, da cui si è sviluppato il suolo.

**Pattern:** configurazione caratteristica del paesaggio, percettibile in fotointerpretazione e telerilevamento.

**Pedodiversità:** termine o indice usato per esprimere la numerosità dei suoli appartenenti a Unità Tipologiche diverse in una delimitazione o in una unità cartografica appartenente ad un determinato livello

---

pedopaesaggistico. Può essere anche riferito all'unità di superficie o ad un contenitore pedogeografico più ampio; l'ambiente mediterraneo, ad esempio, è noto per la sua elevata pedodiversità, in genere molto superiore a quella degli altri paesi europei o del resto del mondo.

**Pedogenesi:** processo attraverso cui le rocce e i residui vegetali vengono gradualmente trasformati in suolo.

**Pedon:** unità di descrizione e di campionamento in campo del suolo.

**Pedopaesaggio (o paesaggio pedologico):** termine generico che si applica a qualunque livello gerarchico nella classificazione dei paesaggi pedologici. Indica un tratto di superficie terrestre che ha un certo significato pedologico, cioè raccoglie suoli che hanno in comune una o più caratteristiche, proprietà o processi. E' individuabile da un insieme di condizioni climatiche, litologiche, morfologiche, pedologiche, di uso del suolo e di vegetazione caratteristiche. Può corrispondere al polypedon a scala di dettaglio o di grande dettaglio, quando tutti i fattori della pedogenesi sono uniformi (al livello di percezione umana in campo), ma al riconoscimento è quasi sempre formato da più polypedon.

**Pedosfera:** insieme dei suoli presenti in un ambito territoriale in genere di vaste proporzioni, quale quello terrestre (in analogia ad atmosfera, idrosfera, litosfera).

**Permeabilità:** si intende la proprietà del suolo di essere attraversato dall'acqua o dall'aria. Salvo diverse indicazioni la permeabilità si riferisce alla velocità del flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo, in direzione verticale.

**Pietrosità e rocciosità superficiale:** esprime il contenuto di pietre con diametro > 7.5 cm (quelle con dimensioni < 7.5 cm non ostacolano l'utilizzo delle macchine) e la classe d'ingombro degli affioramenti rocciosi alla superficie del suolo

**Potenziale dell'acqua nel suolo:** in agronomia e pedologia, è un parametro differenziale che misura l'energia potenziale che ha l'acqua presente nel suolo, in riferimento alle condizioni dell'acqua libera. Questo parametro è impiegato per quantificare il lavoro che le piante devono spendere per l'assorbimento radicale

**Polypedon:** unione dei pedon i cui fattori della pedogenesi sono così simili da far sì che le caratteristiche morfologiche e funzionali dei pedon ricadano in specifici campi di variazione (range).

**Pozzetto:** consiste in uno scavo fino a sotto l'epipedon quindi in genere fino ad una profondità di 50-60 cm.

**Profilo:** sezione verticale del suolo, comprensiva di tutti gli orizzonti, dalla superficie al substrato inalterato

**Profondità del suolo:** è intesa come la profondità del confine tra il suolo e uno strato continuo e coerente sottostante. Il substrato coerente è chiamato "soffice" se è sufficientemente soffice o finemente stratificato o fratturato da poter essere scavato con una vanga quando è umido, anche se con difficoltà. E' chiamato "duro" quando è sufficientemente duro e massivo da non consentire, allo stato umido, uno scavo a mano con la vanga, sebbene questa lo possa rompere o frantumare.

**Profondità utile alle radici:** profondità degli orizzonti che possono essere interessati dalle radici. Si assume come orizzonte impenetrabile alle radici quello che presenta una radicabilità inferiore al 30%. La radicabilità è intesa come percentuale di volume di suolo esplorabile dalle radici. Può essere stimata da caratteristiche del profilo e dalla distribuzione delle radici presenti (se presenti) nel suolo. Orizzonti impenetrabili o difficilmente penetrabili possono essere: la roccia, i sedimenti consolidati, i densipan, i fragipan, i duripan e gli orizzonti petrocalcici, petrogipsici, petroferri, placici, orizzonti con falda permanente

**Proprietà diagnostiche** (vedi WRB 1999) riflettono specifiche condizioni pedologiche piuttosto che orizzonti.

**Proprietà gleyiche:** (vedi WRB 1999) il suolo sviluppa proprietà gleyiche (dal nome locale russo *gley*, massa di suolo sporco) se, a meno che non venga drenato, è completamente saturo di acqua di falda per un periodo di tempo sufficiente a permettere l'instaurarsi di condizioni riducenti (il tempo può variare da pochi giorni nei tropici a poche settimane in altre aree), e mostrare una configurazione di colori gleyica.

**Proprietà stagniche:** (vedi WRB 1999) il suolo ha proprietà stagniche (dal latino *stagnare*, ristagnare) se, almeno temporaneamente e a meno che non sia drenato, è completamente saturo d'acqua proveniente dalla superficie per un periodo abbastanza lungo da indurre condizioni riducenti (tempo che può variare da pochi giorni ai tropici a poche settimane in altri ambienti) e mostra una configurazione di colori stagnina.

**Reazione:** indica il grado di acidità e di alcalinità del suolo. E' espressa come valore di pH, che è il logaritmo negativo della concentrazione idrogenionica della soluzione acquosa dei suoli.

**Relazioni pedologiche funzionali:** funzionalità di carattere diverso (fisico, chimico, biologico, umano) che legano i suoli all'interno di un pedopaesaggio. Possono variare a seconda della finalità del rilevamento, della scala di indagine e dell'ambiente studiato. In un'area collinare, ad esempio, le relazioni funzionali tra suoli possono essere espresse, alla scala del grande dettaglio, dagli scambi di energia e di materia, in particolare dai flussi idrici e dai processi erosivi. Nello stesso ambiente, a minor dettaglio, le relazioni funzionali tra i

---

suoli di un pedopaesaggio possono essere invece relative alla risposta agronomica delle colture, oppure a problematiche gestionali o di conservazione del suolo simili.

**Resilienza del suolo:** capacità di recuperare la sua integrità funzionale e strutturale dopo un disturbo esterno continuando a svolgere regolarmente le sue funzioni.

**Rilevamento pedologico di dettaglio:** studio della natura e distribuzione dei suoli nel paesaggio tramite rilievo diretto, effettuato soprattutto in campagna.

**Rilevamento pedologico di riconoscimento:** studio della natura e distribuzione dei suoli nel paesaggio tramite riconoscimento diretto ed indiretto, cioè per mezzo dell'individuazione di relazioni tra i suoli ed altri elementi del paesaggio apprezzabili in fotointerpretazione e telerilevamento (vedi anche pattern).

**Sabbia:** E' la frazione minerale di un suolo le cui particelle hanno un diametro che varia da 0.05 a 2.0 millimetri.

**Scheletro:** (frammenti grossolani): insieme degli elementi presenti nel suolo, con diametri superiori a 2 millimetri.

**Screziature:** Macchie o sfumature di colore diverso da quello generale dovuto a fenomeni di ossidazione-riduzione. Possono presentare diversa superficie occupata, dimensione e contrasto. La loro presenza nel profilo è in relazione al regime idrico ed alla genesi del suolo.

**Sezione di controllo:** è quella parte del profilo di un suolo che viene presa in esame per lo studio di determinate caratteristiche e proprietà inerenti scelte classificatorie. Lo spessore di suolo considerato varia sensibilmente a seconda del tipo di suolo e delle caratteristiche esaminate.

**Soil Taxonomy (ST):** sistema tassonomico americano basato sull'identificazione di orizzonti e proprietà diagnostiche. Prevede sei livelli gerarchici: ordini, sott'ordini, grandi gruppi e sottogruppi, famiglie e serie. Le finalità sono dichiaratamente prammatiche

**Sostanza organica:** complesso di sostanze di origine vegetale e animale, sovrapposto al suolo minerale o ad esso incorporato, che in seguito a processi di decomposizione e di riorganizzazione porta alla formazione dell'humus. Si ottiene moltiplicando il contenuto di carbonio organico del suolo per 1.72.

**Stazione di rilevamento (site):** intorno del luogo dove viene realizzata l'osservazione, di dimensione variabile nell'ordine delle decine o alcune centinaia di metri quadri.

**Struttura:** è la proprietà delle particelle elementari del suolo di riunirsi per formare unità strutturali più grandi dette "aggregati".

**Substrato:** è la parte sottostante al suolo dove i fenomeni pedogenetici sono scarsi o assenti.

**Substrato:** formazione rocciosa, consolidata o no, che si trova al di sotto del materiale parentale, e che è intervenuta nella formazione del suolo indirettamente o non è intervenuta affatto. In termini pratici il substrato è ciò che è riportato da una carta geologica di qualità standard, e la sua definizione è ricavabile da questa quando non osservabile direttamente.

**Suolo:** corpo naturale, tridimensionale, della superficie terrestre e supporto di vita vegetale. Le sue proprietà derivano dall'azione nel tempo del clima e degli organismi viventi sulla roccia madre e sono condizionate dal rilievo.

**Tessitura:** è data dalle proporzioni relative delle particelle che costituiscono il terreno, suddivise secondo la seguente classificazione: sabbia: 2 – 0.05 mm, limo: 0.05 – 0.002 mm, argilla: <0.002 mm. (vedi "textural class" secondo Soil Survey Manual 1993).

**Trivellata:** è un tipo di osservazione con cui si possono essere studiati un numero di caratteri pedologici limitato. E' quindi soprattutto una osservazione esplorativa e di controllo ed assume un maggiore significato solo se può essere correlata ad un profilo di riferimento. La trivellata si esegue in genere con carotatore di tipo "olandese" che ci permette di arrivare fino a 120 cm di profondità.

**Variabilità pedologica:** termine usato in riferimento alle possibili variazioni di caratteri e proprietà all'interno di una Unità Tipologica di Suolo.

**World Reference Base for Soil Resources (WRB):** si basa sulla Revised Legend della Carta dei Suoli del Mondo della FAO/UNESCO. Utilizza su proprietà del suolo definite in termini di orizzonti diagnostici e caratteristiche che, nel maggior modo possibile, dovrebbero essere misurabili e osservabili in campo. La selezione degli orizzonti diagnostici e delle caratteristiche, prende in considerazione le loro relazioni con i processi di formazione del suolo. Per la classificazione dei suoli non si utilizzano parametri climatici. Il WRB comprende due ordini di dettaglio categorico: la "base di riferimento" ed i gruppi pedologici di riferimento.

## Classi utilizzate per la descrizione dei suoli

### **Erosione areale**

erosione idrica diffusa
erosione idrica incanalata moderata
erosione idrica incanalata forte
erosione eolica moderata
erosione eolica forte
erosione di massa

### **Pendenza**

Pianeggiante < 5 %
Debole 6-13%
Moderata 14-20%
Forte 21-35%
Scoscesa 36-60%
molto scoscesa > 60%

### **Profondità utile alle radici**

molto scarsa <25 cm
Scarsa 25-50 cm
moderatamente elevata 50-100 cm
Elevata 100-150 cm
molto elevata >150 cm

### **Pietrosità superficiale**

Assente <0.3%
Scarsa 0,3-1%
Comune 1-3%
Frequente 3-15%
Abbondante 15-50%
molto abbondante 50-90%
affioramento di pietre >90%

### **Rocciosità**

Assente 0%
Scarsa 0-2%
Roccioso 2-10%
Molto roccioso 10-25%
Estremamente roccioso 25-90%
Roccia affiorante >90%

### **Capacità in acqua disponibile (AWC)**

molto bassa < 50 mm
Bassa 50 - 100 mm
Moderata 100 - 150 mm
Elevata 150 - 200 mm
molto elevata > 200 mm

### **Calcare totale**

non calcareo	< 0, 5%
scarsamente calcareo	0,5 - 1
debolmente calcareo	1 - 5
moderatamente calcareo	5-10
molto calcareo	10 - 20
fortemente calcareo	20 - 40
estremamente calcareo	> 40

### **Calcare attivo**

basso	< 1%
medio	1% -3,5%
elevato	3,5 -10%
m elevato	<10%

### **Sostanza organica**

Contenuto in	Carbonio Org.	Sostanza Org.
molto scarso	< 0,45	< 0,77
scarso	0,45 - 0,90	0,77 - 1,55
medio	0,90 - 1,36	1,55 - 2,34
elevato	1,36 - 1,81	2,34 - 3,11
molto elevato	>1,81	>3,11

### **Scheletro (Frammenti litoidi con Ø >2mm)**

scarso	1 - 5%
comune	5 - 15%
frequente	15 -35%
abbondante	35 - 70%
molto abbondante	>70%

### **Reazione (pH)**

estremamente acida	< 4,5
fortemente acida	4,5 - 5
moderatamente acida	5,1 - 6
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	8,4 - 9
Estremamente alcalina	> 9

### **Capacità di scambio cationico**

bassa	< 10 meq/100g
media	10-20
alta	> 20

### **Saturazione in basi**

molto bassa	< 35 %
bassa	35 - 50
media	50 - 60
alta	60 - 75
molto alta	> 75



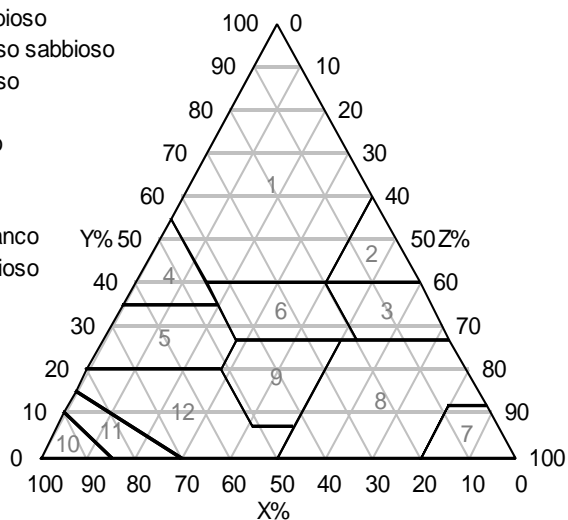
## Tessitura

argilla	<0.002 mm
limo	0.002-0.050 mm
sabbia molto fine	0.050-0.100 mm
sabbia fine	0.100-0.250 mm
sabbia media	0.250-0.500 mm
sabbia grossolana	0.500-1.0 mm
sabbia molto grossolana	1.0-2.0 mm

## Triangolo tessiturale USDA

Classi USDA:

- 1: argilloso
- 2: argilloso limoso
- 3: franco argilloso limoso
- 4: argilloso sabbioso
- 5: franco argilloso sabbioso
- 6: franco argilloso
- 7: limoso
- 8: franco limoso
- 9: franco
- 10: sabbioso
- 11: sabbioso franco
- 12: franco sabbioso



Il triangolo riportato sopra è del tipo a tre entrate (argilla Y, limo Z e sabbia X).

<i>Classi generali</i>	<i>Codice</i>	<i>Classe</i>
<b>Fine</b>	<b>A</b>	Argilla
	<b>AL</b>	Argilla limosa
	<b>AS</b>	Argilla sabbiosa
<b>Media</b>	<b>FLA</b>	Franco limoso argillosa
	<b>FA</b>	Franco argillosa
	<b>FSA</b>	Franco sabbioso argillosa
	<b>FL</b>	Franco limosa
	<b>L</b>	Limo
	<b>F</b>	Franca
	<b>FS</b>	Franco sabbiose
<b>Grossolana</b>	<b>SF</b>	Sabbie franche
	<b>S</b>	Sabbie

## Drenaggio interno

Eccessivamente drenato	suoli con conducibilità idraulica alta (da 36 a 360 mm/ora) e molto alta (>360 mm/ora) e un basso valore di acqua utilizzabile. Non sono adatti alle colture almeno che non vengano irrigati. Sono privi di screziature.
Piuttosto eccessivamente drenato	suoli con alta conducibilità idraulica (da 36 a 360 mm/ora) e basso valore di acqua utilizzabile. Senza irrigazione possono essere coltivate solo un ristretto numero di piante e con basse produzioni. Sono privi di screziature.
Ben drenato	suoli con valore medio di acqua utilizzabile. Trattengono una quantità ottimale di acqua ma non sono abbastanza umidi in superficie o per un periodo abbastanza lungo nella stagione di crescita da condizionare negativamente le colture. Sono di solito privi di screziature.
Moderatamente ben drenato	suoli abbastanza umidi in superficie per un periodo sufficientemente lungo da condizionare negativamente le operazioni di impianto e raccolta delle colture mesofitiche, a meno che non venga realizzato un drenaggio artificiale. I suoli moderatamente ben drenati hanno comunemente uno strato a bassa conducibilità idraulica (< 3.6 mm/ora), uno stato di umidità relativamente alto nel profilo, un apporto di acqua per infiltrazione o alcune combinazioni fra queste condizioni. Possono avere screziature da scarse a comuni sia rosse che grigie sotto 75 cm.
Piuttosto mal drenato	suoli abbastanza umidi in superficie o per un periodo sufficientemente lungo da ostacolare gravemente le operazioni di impianto, di raccolta o di crescita delle piante, a meno che non venga realizzato un drenaggio artificiale. I suoli piuttosto mal drenati hanno comunemente uno strato a bassa conducibilità idraulica, un elevato stato di umidità nel profilo, un apporto di acqua per infiltrazione o una combinazione fra queste condizioni. Generalmente hanno screziature con chroma < 2 e/o rosse da comuni ad abbondanti oltre 50 cm.
Imperfettamente drenato	suoli generalmente umidi vicino o in superficie per una parte considerevole dell'anno, cosicché le colture a pieno campo non possono crescere in condizioni naturali. Le condizioni di scarso drenaggio sono dovute ad una zona satura, ad un orizzonte con bassa conducibilità idraulica, ad infiltrazione di acqua o ad una combinazione fra queste condizioni. Generalmente hanno screziature con chroma < 2 da comuni ad abbondanti fin dalla superficie del suolo.
Eccessivamente mal drenato	suoli umidi in superficie o in prossimità della superficie per la maggior parte del tempo. Sono abbastanza umidi da impedire la crescita di importanti colture (ad eccezione del riso), a meno che non vengano drenati artificialmente. Generalmente hanno screziature con chroma < 2 abbondanti fin dalla superficie del suolo.