

# Costruire gestendo correttamente il suolo

Misure di protezione del suolo nei cantieri.  
Un modulo dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo».



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

# **Costruire gestendo correttamente il suolo**

Misure di protezione del suolo nei cantieri.

Un modulo dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo».

# Nota editoriale

## Valenza giuridica

La presente pubblicazione è un aiuto all'esecuzione elaborato dall'UFAM in veste di autorità di vigilanza. Destinata in primo luogo alle autorità esecutive, essa concretizza le prescrizioni del diritto federale in materia ambientale (in merito a concetti giuridici indeterminati e alla portata e all'esercizio della discrezionalità) nell'intento di promuovere un'applicazione uniforme della legislazione. Le autorità esecutive che vi si attengono possono legittimamente ritenere che le loro decisioni siano conformi al diritto federale. Sono ammesse soluzioni alternative, purché conformi al diritto vigente.

## Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

## Autori

Corsin Lang, UFAM, sezione Suolo

Matias Laustela, Basler & Hofmann AG, Esslingen

Bruno Grünenfelder, Basler & Hofmann AG, Esslingen

## Gruppo di accompagnamento

Harald Bentlage (UFAM, servizio giuridico 3), Andreas Chervet (Ufficio dell'agricoltura e della natura, BE), Dominique Gärtner (Ufficio per l'agricoltura, FR), Rolf Gsponer (Ufficio per il paesaggio e la natura, ZH), Bastien Guex (Ufficio dell'ambiente, GE), Elena Havlicek (UFAM, sezione Suolo), Harry Ilg (Ufficio per la protezione dell'ambiente, UR), Marco Lanfranchi (Ufficio per la natura e l'ambiente, GR), Dominik Müller (Dipartimento edilizia, trasporti e ambiente, AG), Ruedi Stähli (UFAM, sezione Suolo), Christiane Vögeli Albisser (Ufficio dell'agricoltura e della natura, BE)

## Indicazione bibliografica

UFAM (ed.) 2022: Costruire gestendo correttamente il suolo. Misure di protezione del suolo nei cantieri. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo». Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 2112: 39 pagg.

## Grafica e impaginazione

Cavelti AG, Marken. Digitale e stampa, Gossau

## Traduzione

Servizio linguistico italiano, UFAM

## Foto di copertina

Pista di cantiere e stazione tensiometrica.

© Archivio fotografico UFAM, sezione Suolo

## Link per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uv-2112-i](http://www.bafu.admin.ch/uv-2112-i)

La versione cartacea non può essere ordinata.

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese. La lingua originale è il tedesco.

© UFAM 2022

# Indice

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>
<b>Prefazione</b>	<b>6</b>
<b>1 Introduzione</b>	<b>7</b>
1.1 Situazione iniziale	7
1.2 Campo di applicazione	7
<b>2 Basi legali</b>	<b>9</b>
<b>3 Gestione del suolo specifica per progetto</b>	<b>11</b>
3.1 Stato iniziale del suolo	12
3.2 Stato finale del suolo	14
3.3 Tipo di interventi edilizi ed entità delle superfici occupate	15
3.4 Progetto suolo	15
3.5 Supervisione pedologica nei cantieri (SPSC)	16
3.6 Collaudi	17
<b>4 Gestione tecnico-edilizia corretta del suolo</b>	<b>18</b>
4.1 Preparazione del suolo	19
4.2 Circolare sul suolo o sottoporlo a un altro carico	20
4.3 Viabilità e superfici per le installazioni	23
4.4 Asportazione e trasferimento di suolo	25
4.5 Deposito temporaneo del suolo asportato	27
4.6 Riporto e ricoltivazione del suolo	28
4.7 Provvedimenti successivi	31
<b>Allegato</b>	<b>33</b>
A1 Scavi convenzionali di piccole dimensioni (scavi a U)	33
A2 Limiti di utilizzo per il transito e il riporto di suolo	35

---

# Abstracts

The «Sustainable use of soils on construction sites» is one of the modules composing the guidelines «Soil protection on construction sites». It provides guidance pertaining to soil management on construction sites in accordance with the current soil protection legislation and is based on the knowledge gained in the field since the mid-1990s. It is essentially about the proper handling of the topsoil and subsoil during all construction-related interventions, such as stripping, temporary stockpiling and respreading the soil. More consideration is now being paid to the initial quality of the soil: in other words, a soil survey is mandatory if a construction project involves soil resources. Therefore, a construction soil management plan should take into account not only the desired target state of soil at the end of the project but also the results of the initial soil survey.

Il presente modulo «Costruire gestendo correttamente il suolo» dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo» illustra come gestire il suolo durante i lavori di costruzione conformemente alla legislazione vigente in materia di protezione del suolo e si basa sulle conoscenze acquisite nella pratica dalla metà degli anni 1990. Il modulo è incentrato sulla gestione corretta dello strato superiore e inferiore del suolo durante tutti gli interventi costruttivi come l'asportazione, il deposito temporaneo e il riporto di suolo. Il modulo pone adesso maggiore attenzione allo stato iniziale del suolo, rendendo obbligatorie le informazioni pedologiche per i progetti di costruzione che prevedono un'occupazione del suolo. Sulla base dello stato iniziale e di quello previsto è possibile così determinare le misure di protezione del suolo necessarie per il progetto.

Das Modul «Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen» der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen» erläutert den Umgang mit Boden beim Bauen gemäss dem aktuellen Bodenschutzrecht und baut auf den Erkenntnissen auf, die seit Mitte der 1990er-Jahre in der Praxis gemacht wurden. Im Fokus steht der sachgerechte Umgang mit Ober- und Unterboden bei allen baulichen Eingriffen wie Abtrag, Zwischenlagerung und Auftrag von Boden. Neu wird stärker auf den bodenkundlichen Ausgangszustand fokussiert, entsprechend sind Bodeninformationen bei Bauvorhaben mit Bodenbeanspruchung zwingend. Auf Basis des Ausgangszustands und des geplanten Zielzustands können die für das Bauvorhaben notwendigen Bodenschutzmassnahmen abgeleitet werden.

Le module « Gestion respectueuse des sols lors de travaux de génie civil » de l'aide à l'exécution « Construire en préservant les sols » indique comment manier le sol dans le cadre de travaux de construction conformément à la législation en vigueur sur la protection des sols et s'appuie sur les connaissances acquises sur le terrain depuis le milieu des années 1990. Il s'agit essentiellement du maniement approprié de la couche supérieure et de la couche sous-jacente du sol durant toutes les interventions liées à la construction telles que le décapage du sol ainsi que l'entreposage provisoire et la remise en place des matériaux terreux. Désormais, l'accent est davantage mis sur l'état initial du sol. Aussi les informations pédologiques sont-elles obligatoires si un projet de construction prévoit une emprise sur les sols. Les mesures de protection des sols durant la phase de chantier sont déterminées en fonction de l'état initial et l'état cible souhaité.

**Keywords:**

*Soil, building, soil conservation, soil specialist on construction sites (SSCS)*

**Parole chiave:**

*Suolo, cantieri, protezione del suolo, specialista della protezione del suolo nei cantieri (SPSC)*

**Stichwörter:**

*Boden, Bauen, Bodenschutz, Bodenkundliche Baubegleitung (BBB)*

**Mots-clés:**

*Sols, chantiers, protection des sols, spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (SPSC)*

---

# Prefazione

L'intensità delle attività di costruzione per infrastrutture di ogni genere è costante. I cantieri si trovano sempre più spesso anche nelle regioni di montagna o nel bosco. Durante i lavori di costruzione, grandi volumi di suolo vengono spesso asportati, mossi, depositati e riportati. Spesso i suoli vengono utilizzati anche temporaneamente per le attrezzature di cantiere, come piste di cantiere o depositi intermedi di suolo.

I suoli deteriorati o inquinati non possono essere semplicemente riparati, ripuliti o ricostruiti. Lo sviluppo di un suolo richiede molto tempo: affinché si formi un centimetro di suolo, sono necessari 200-300 anni, ossia dall'inizio dell'industrializzazione fino ad oggi. Durante i lavori di costruzione si asporta quasi sempre suolo, in seguito riutilizzato ad esempio per ricoltivazioni o rivalutazioni di terreni. Una gestione scorretta del suolo può danneggiarne la struttura e provocare compattazioni che ne minacciano le funzioni. Tuttavia, la legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) protegge la qualità del suolo e l'ordinanza contro il deterioramento del suolo (O suolo) concretizza la sua protezione nei cantieri. Pertanto è di fondamentale importanza che si tenga conto a sufficienza della protezione del suolo non solo durante la realizzazione di opere di costruzione e la successiva ricoltivazione delle superfici utilizzate, bensì già nella fase di pianificazione dei progetti di costruzione. Basi legali, aiuti all'esecuzione, programmi di formazione e la crescente consapevolezza che il suolo è una risorsa non rinnovabile e sempre più scarsa hanno fatto sì che la protezione del suolo nell'edilizia è ora ampiamente accettata. Se un progetto prevede la gestione del suolo, l'impiego di macchine da cantiere o lo spostamento di grandi quantità di suolo asportato, le autorità richiedono quasi sempre il coinvolgimento di una supervisione pedologica del progetto già a partire dalla fase di pianificazione.

In collaborazione con i servizi cantonali per la protezione del suolo ed esperti della pratica, la sezione Suolo dell'Ufficio federale dell'ambiente ha elaborato il presente modulo «Costruire gestendo correttamente il suolo» come parte dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo». Lo scopo di questa pubblicazione è di contribuire a promuovere una gestione corretta del suolo nell'edilizia e di prevenire pregiudizi permanenti alla sua fertilità. Essa tiene conto delle modifiche nella legislazione e delle conoscenze acquisite nel costruire proteggendo il suolo da quando questa prassi si è affermata intorno alla metà degli anni 1990.

L'UFAM ringrazia tutti coloro che hanno contribuito alla riuscita di questa pubblicazione, in particolare il gruppo di accompagnamento.

Bettina Hitzfeld, divisione Suolo e biotecnologia  
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

---

# 1 Introduzione

## 1.1 Situazione iniziale

La presente pubblicazione è parte dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo», che copre tutti gli aspetti essenziali per una gestione parsimoniosa della risorsa suolo nell'edilizia. L'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo» è suddiviso in tre moduli:

- Costruire gestendo correttamente il suolo;
- Idoneità al riciclaggio del suolo<sup>1</sup>;
- Modificazioni del terreno per la rivalorizzazione del suolo<sup>2</sup>.

Il presente modulo «Costruire gestendo correttamente il suolo» spiega come gestire correttamente il suolo nei cantieri secondo la legislazione sulla protezione del suolo vigente e le conoscenze acquisite con l'esperienza. Sostituisce la Guida all'ambiente n. 10 «Costruire proteggendo il suolo» (2001) esistente. In questo modulo l'accento è posto sulla gestione corretta dello strato superiore e inferiore del suolo in tutti gli interventi edili, come l'asportazione, il deposito temporaneo e il riporto di suolo nonché il transito di veicoli su suolo naturale, nell'allestimento di superfici di deposito o di piste di cantiere e di trasporto. In questa nuova pubblicazione, gli aspetti tecnici vengono messi in relazione allo stato pedologico precedente l'intervento edile, che costituisce così la base di valutazione principale per la gestione corretta.

Nel capitolo 2 sono illustrate le prescrizioni di diritto federale determinanti per la gestione corretta del suolo nei progetti di costruzione che implicano interventi sul suolo. Le informazioni che in fase di pianificazione di un progetto di costruzione devono essere raccolte e inviate all'autorità di rilascio dell'autorizzazione, affinché questa possa valutare un progetto di costruzione dal punto di vista della legislazione in materia di protezione del suolo ed eventualmente approvarlo, sono illustrate nel capitolo 3. Nel capitolo 4 vengono presentate misure standard, con le quali è possibile garantire una gestione corretta del suolo. Informazioni di base dettagliate sullo stato della tecnica e della prassi attuali nei progetti di costruzione sono contenute in particolare nella pubblicazione della serie Studi sull'ambiente «Suolo e cantieri - Stato della tecnica e della prassi»<sup>3</sup> dell'UFAM.

## 1.2 Campo di applicazione

Il presente aiuto all'esecuzione riguarda lo strato superiore e inferiore del suolo. Per strato superiore del suolo si intende lo strato superficiale di terra ricco di humus; questo corrisponde generalmente all'orizzonte A. Lo strato inferiore, in pedologia anche detto orizzonte B, comprende gli strati di suolo biologicamente meno attivi. Al di sotto del suolo si trova il sottosuolo (orizzonte C). Secondo l'articolo 7 capoverso 4<sup>bis</sup> secondo periodo LPAmb, per suolo si intendono soltanto gli strati superficiali di terra, in quanto mobili e adatti alla crescita delle

<sup>1</sup> Valutazione del suolo in funzione del suo riciclaggio. Idoneità al riciclaggio del suolo. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2021. Pratica ambientale n. 2112.

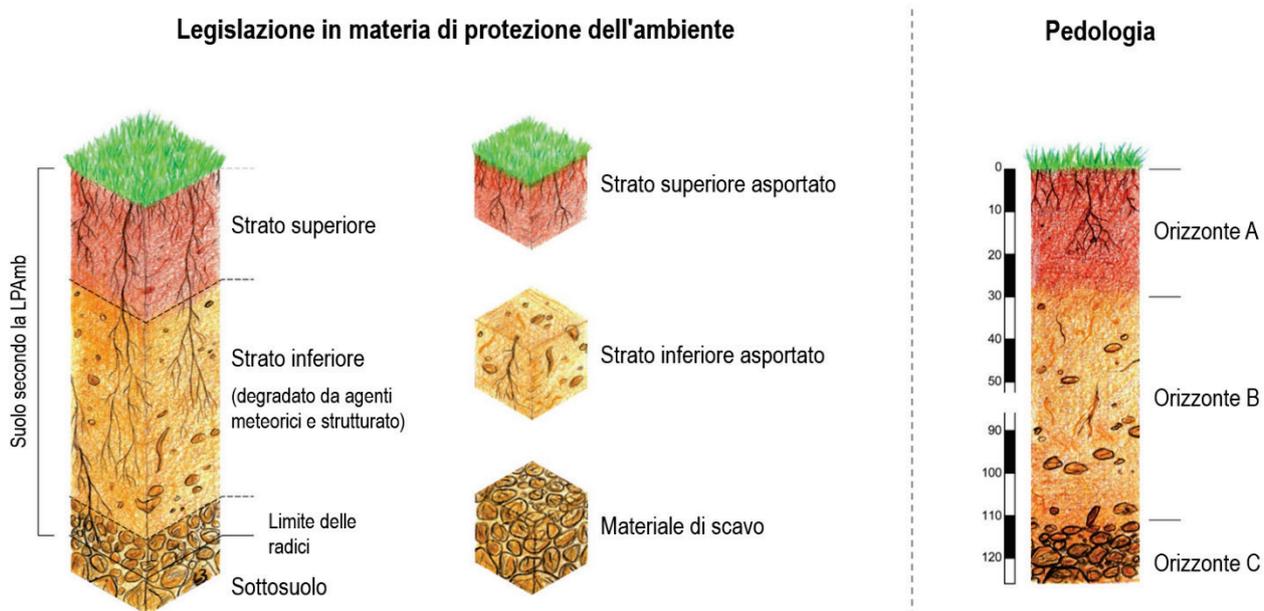
<sup>2</sup> Modificazioni del terreno per la rivalorizzazione del suolo. Valorizzazione delle funzioni ecologiche del suolo. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). In elaborazione.

<sup>3</sup> Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508.

piante (strato superiore e inferiore del suolo, cfr. fig. 1, illustrazione a sinistra). Il sottosuolo senza radici non degradato non è considerato suolo.

La figura 1 qui di seguito illustra le diverse definizioni di suolo. Gli orizzonti definiti in pedologia sono determinanti per dedurre le proprietà che costituiscono la base per la definizione delle misure di protezione del suolo necessarie. Alcune radici di piante (ad es. di alberi o di specie di piante esotiche invasive) possono arrivare fino al sottosuolo non degradato, ragione per cui la definizione di suolo della LPAmb si può applicare anche per questo strato.

**Figura 1**  
**Le diverse definizioni di suolo e il campo di applicazione della LPAmb**



---

## 2 Basi legali

Sulla base della legislazione sulla protezione dell'ambiente vigente, nel presente modulo vengono formulate proposte concrete su come preservare e gestire correttamente il suolo durante i lavori di costruzione. In particolare, sono determinanti le seguenti basi legali federali:

- legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (legge sulla protezione dell'ambiente, LPAmb; RS 814.01);
- ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo; RS 814.12).

### *Conservazione della fertilità del suolo*

La protezione qualitativa del suolo mira a conservarne a lungo termine la fertilità, mettendo in primo piano la prevenzione (art. 1 cpv. 2 LPAmb). Secondo l'articolo 33 capoverso 2 prima frase LPAmb, un suolo può essere deteriorato nella sua struttura fisica soltanto nella misura in cui il pregiudizio che ne deriva alla sua fertilità non è durevole. Questa disposizione non si applica all'uso edilizio del suolo e, pertanto, si intende esclusivamente l'impermeabilizzazione del suolo (art. 33 cpv. 2 prima frase, seconda parte, LPAmb).<sup>4</sup> Al contrario, il suolo non impermeabilizzato rientra nel campo di applicazione degli articoli di legge sulla protezione del suolo. In particolare le superfici non edificate nelle zone edificabili, i suoli utilizzati temporaneamente in progetti di costruzione come piste o per le attrezzature di cantiere e anche i suoli non impermeabilizzati nei pressi di costruzioni o impianti non sono considerati utilizzati a scopo edilizio ai sensi della LPAmb e, pertanto, rientrano nel campo di applicazione della protezione del suolo secondo la LPAmb.<sup>5</sup>

La definizione del concetto «fertilità del suolo» non si limita alla produttività del suolo intesa in senso agronomico. Secondo l'articolo 2 capoverso 1 lettera a O suolo, il suolo è considerato fertile se possiede, tra l'altro, una biocenosi biologicamente attiva, una struttura, una composizione e uno spessore tipici della sua posizione nonché una capacità di decomposizione intatta. Il suolo deve essere gestito in modo tale che eventuali inquinamenti non causino deterioramenti irreversibili della sua fertilità.

### *Deterioramento fisico del suolo*

Secondo l'articolo 2 capoverso 4 O suolo, sono considerate deterioramento fisico del suolo le modificazioni della struttura, della conformazione o dello spessore del suolo derivanti da interventi dell'uomo. Nella pratica questo significa che ogni intervento edilizio corrisponde a un deterioramento fisico. Se i deterioramenti sono di breve durata e non sono gravi, il suolo riesce a recuperare naturalmente le sue funzionalità. Per questo motivo, l'articolo 33 capoverso 2 prima frase LPAmb vieta solo i deterioramenti fisici che causano un pregiudizio durevole alla fertilità del suolo.

Chi costruisce un impianto, coltiva o sfrutta in altro modo il suolo deve scegliere e impiegare veicoli, macchine e apparecchi considerando le caratteristiche fisiche e l'umidità del suolo in modo da evitarne la compattazione o altre modifiche strutturali tali da pregiudicarne la fertilità a lungo termine (art. 6 cpv. 1 O suolo). Inoltre, secondo

<sup>4</sup> Spiegazioni sull'ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo). Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. (UFAMP; oggi Ufficio federale dell'ambiente, UFAM). 2001. Studi sull'ambiente n. 4809. Pag. 14.

<sup>5</sup> Spiegazioni sull'ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo). Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. (UFAMP; oggi Ufficio federale dell'ambiente, UFAM). 2001. Pratica ambientale n. 4809. Pag. 7.

---

l'articolo 7 capoverso 1 O suolo, chi asporta il suolo deve utilizzarlo in modo da poterlo reimpiegare come suolo, in particolare gli strati superiore e inferiore del suolo devono essere asportati e depositati separatamente.

Se lo strato superiore e inferiore del suolo asportati vengono reimpiegati (ad es. per ricoltivazioni o modificazioni del terreno), questo dev'essere collocato o aggiunto in modo tale che qualsiasi deterioramento fisico a scapito della fertilità del suolo preesistente e di quello collocato o aggiunto venga ridotto a un periodo quanto più breve possibile (massimo 3–5 anni<sup>6</sup>) e che il suolo preesistente non subisca un ulteriore deterioramento chimico e biologico (art. 7 cpv. 2 lett. a e b O suolo).

#### *Deterioramento chimico e biologico*

È considerato deterioramento chimico del suolo il deterioramento derivante da sostanze naturali o artificiali (sostanze nocive) (art. 2 cpv. 2 O suolo). Il deterioramento biologico del suolo è il deterioramento derivante in particolare da organismi geneticamente modificati, patogeni o alloctoni (art. 2 cpv. 3 O suolo). Le prescrizioni e le basi di valutazione dettagliate per la gestione di suoli che presentano gradi di inquinamento diversi sono disponibili nel modulo «Idoneità al riciclaggio del suolo» dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo».

#### *Principio*

Lo stato del suolo prima dello sfruttamento a scopo edilizio costituisce la principale base di valutazione per la sua gestione corretta. Le misure di protezione del suolo devono puntare a preservare a lungo termine la sua fertilità o perlomeno a ripristinarla dopo uno sfruttamento a scopo edilizio.

<sup>6</sup> Spiegazioni sull'ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo). Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. (UFAP; oggi Ufficio federale dell'ambiente, UFAM). 2001. Studi sull'ambiente n. 4809. Pag. 15.

---

## 3 Gestione del suolo specifica per progetto

Uno degli obiettivi della legge sulla protezione dell'ambiente è quello di conservare a lungo termine la fertilità del suolo (art. 1 cpv. 1 LPAmb). A scopo di prevenzione, inoltre, la legge intende limitare tempestivamente gli effetti che potrebbero divenire dannosi o molesti (art. 1 cpv. 2 LPAmb).

Nel quadro dei progetti di costruzione si può tenere conto della protezione preventiva del suolo con i seguenti principi:

### *Principi per costruire proteggendo il suolo*

- Ridurre al minimo la superficie di suolo interessata dal progetto di costruzione (superficie occupata<sup>7</sup>).
- Se possibile, dare la priorità alle superfici con deterioramento già esistente o a carattere antropico.
- Limitare lo sfruttamento, la sua durata e l'intensità al minimo necessario (ad es. numero di trasferimenti o frequenza del transito di veicoli).

### *Progettazione e autorizzazione dell'autorità competente*

L'autorità esecutiva si assicura di disporre dei dati necessari per la valutazione di un progetto di costruzione dal punto di vista della legislazione in materia di protezione del suolo. Secondo l'articolo 46 capoverso 1 LPAmb, l'autorità è autorizzata a chiedere le informazioni al committente dell'opera<sup>8</sup> o a raccoglierle autonomamente in via preliminare.

Per poter valutare se le misure di protezione del suolo previste per un progetto di costruzione sono corrette, le autorità competenti in materia necessitano delle informazioni seguenti:

- stato iniziale del suolo (proprietà, inquinamenti e stato del suolo);
- stato finale del suolo;
- natura degli interventi edilizi ed estensione della superficie occupata.

Le licenze di costruzione e le approvazioni dei piani contengono generalmente le informazioni sullo stato finale del suolo, le condizioni che ne derivano e i relativi parametri di misurazione (ad es. obiettivi di ricoltivazione con indicazione della profondità utile alle radici).

<sup>7</sup> La «superficie occupata» comprende l'intero perimetro del cantiere, ossia tutte le superfici interessate dal progetto di costruzione, come quelle con asportazione di suolo, con riporto di suolo nonché quelle utilizzate temporaneamente su suolo naturale (ad es. superfici di deposito e accessi con o senza piste di cantiere).

<sup>8</sup> Il committente dell'opera è il più alto organo decisionale in un progetto di costruzione. Può essere il proprietario fondiario e/o l'investitore. È l'istante nella procedura di autorizzazione necessaria. Analogamente alla norma SIA 112:2014 «Modello di pianificazione per progetti nel settore della costruzione. Norma utile alla comprensione (SN 509 112). Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA). 2014».

### 3.1 Stato iniziale del suolo

Lo stato iniziale del suolo può essere ad esempio rappresentato in carte pedologiche. Queste carte illustrano in linea generale secondo aspetti pedologici la presenza e lo spessore dei diversi orizzonti, fino a una profondità tra 1 e 2 metri. Descrivono la sequenza dei vari strati di suolo (orizzonti), la roccia madre all'origine della pedogenesi e una serie di proprietà fisiche e chimiche (caratteristiche del substrato).<sup>9</sup>

Se non sono disponibili carte pedologiche sufficientemente dettagliate per i settori in cui sono previsti interventi edilizi, occorre rilevare le proprietà del suolo e i parametri specifici per progetto necessari (ad es. tramite profili con la vanga o l'escavatrice, sondaggi manuali con trivella Edelman). Il grado di dettaglio del rilievo deve essere definito in modo tale da disporre di basi interpretabili per l'elaborazione di misure di protezione del suolo specifiche per il progetto e una valutazione della gestione corretta del suolo. Diverse schede cantonali contengono prescrizioni relative al grado di dettaglio dei rilievi pedologici. Queste schede possono essere utilizzate, insieme alla valutazione peritale, per la determinazione della densità del rilevamento. Il grado di dettaglio dei rilevamenti pedologici necessari che devono essere eseguiti da specialisti è influenzato in particolare dalla variabilità delle proprietà del suolo, dalla natura degli interventi edilizi e dalle dimensioni della superficie occupata dal progetto.

#### 3.1.1 Proprietà del suolo

La struttura, la composizione e lo spessore del suolo in un sito dipendono dalla roccia madre, dall'ubicazione del suolo nel terreno, dalla durata dello sviluppo del suolo, dalle condizioni climatiche e dall'utilizzazione attuale. Queste caratteristiche e questi fattori si riflettono sulla profondità del suolo e, quindi, sulla sua capacità di fornire alle piante elementi nutritivi, acqua e spazio sufficiente per le radici. A seconda della sua struttura, un suolo presenta una diversa sensibilità ai deterioramenti fisici. Per la valutazione dello stato di un suolo sono rilevanti i parametri e le proprietà del suolo seguenti: contenuto di scheletro, tessitura, valore del pH, tenore di sostanza organica, regime idrico e profondità del suolo.<sup>10</sup> Per la valutazione delle proprietà del suolo ci si può basare sul quaderno n. 24 «Kartieren und beurteilen von Landwirtschaftsböden»<sup>11</sup> (mappare e valutare i suoli agricoli) della Stazione federale di ricerche in agroecologia e agricoltura e sul manuale «Waldbodenkartierung»<sup>12</sup> (mappatura del suolo forestale) dell'allora Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio.

#### *Rilevamento delle proprietà del suolo*

Il rilevamento delle proprietà del suolo specifico per progetto andrebbe effettuato con una combinazione di metodi, in modo che eventuali errori specifici di un singolo metodo siano meno rilevanti. Si consiglia di combinare i sondaggi effettuati con strumenti manuali (sonda concava, trivella Edelman) con i profili (a mano con la vanga o meccanicamente con l'escavatrice). Per farlo, si può partire da una carta delle ipotesi, ossia sulla base della forma del paesaggio, della geologia, della geomorfologia, della cronologia edilizia e di utilizzazione vengono definiti differenti settori e, successivamente, vengono rilevate le proprietà del suolo di ciascun settore. In questo modo, su un ampio perimetro di progetto una carta delle ipotesi può fornire buoni risultati. In alternativa, il

<sup>9</sup> Bodenkartierung Schweiz. ENTWICKLUNG und AUSBLICK. Gruppo di lavoro Cartografia dei suoli della Società svizzera di pedologia (SSP). 2014. Capitolo 12.2 «Bodenkartierung und Bodenkarten». Pag. 90. Non disponibile in italiano.

<sup>10</sup> Suolo e cantieri Stato della tecnica e della prassi Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.2 «Descrizione dello stato iniziale e del grado di sensibilità dei suoli» Pag. 51 segg.

<sup>11</sup> Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe FAL 24. Stazione federale di ricerche in agroecologia e agricoltura (FAL, oggi Agroscope) Zurigo-Reckenholz. 1997. Capitolo 3 «Untersuchungen am Profil». Pag. 3.1-1 segg. Non disponibile in italiano.

<sup>12</sup> Manuale «Waldbodenkartierung». Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. (UFAFP), oggi Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 1996. Capitolo 6 «Untersuchungen am Profil (Profilskizze)». Pag. 56 segg. Non disponibile in italiano.

---

rilevamento può essere effettuato in una determinata griglia con una densità di trivellazione fissa per ciascuna superficie. In un progetto di costruzione con più perimetri parziali di dimensioni diverse è di norma più appropriato un rilevamento a griglia; al contempo, occorre definire un numero minimo di sondaggi per ciascun perimetro parziale, in modo che venga effettuato un rilevamento sufficientemente rappresentativo anche nei perimetri parziali di piccole dimensioni.

Il rilevamento specifico per progetto deve coprire miratamente determinati aspetti, in modo che sia possibile definire misure di protezione del suolo per realizzare il progetto di costruzione. Nei settori con asportazione di suolo, il rilevamento deve essere effettuato in modo tale che siano chiariti l'idoneità al riciclaggio e il bilancio volumetrico e sia possibile bandire l'impiego dell'eccesso di suolo e dichiararlo all'autorità competente. I settori con utilizzazione temporanea senza interventi di genio civile devono essere esaminati in misura tale che alla fine del progetto di costruzione sia disponibile un riferimento idoneo per il controllo dei risultati. Per i cantieri lineari (ad es. trincee) il riferimento per un controllo successivo dei risultati può essere situato anche accanto alla superficie utilizzata.

Nel verbale delle proprietà rilevate occorre misurare l'ubicazione di tutti i punti rilevati con una precisione sufficiente (di norma +/- 0,5 m) in posizione orizzontale e, nel caso ideale, registrarli come geodati. Questi sono particolarmente importanti nei progetti grandi e pluriennali, per poterli eventualmente trasmettere ad altri partecipanti al progetto.

### **3.1.2 Deterioramenti del suolo**

Per la determinazione della gestione corretta del suolo, occorre considerare, oltre alle sue proprietà, anche i deterioramenti esistenti. All'atto del rilevamento dello stato iniziale del suolo occorre quindi tenere conto anche dei deterioramenti esistenti. Il suolo può presentare deterioramenti chimici, biologici o fisici o contenere sostanze estranee. I deterioramenti chimici possono essere causati, ad esempio, dalle emissioni di impianti, dallo smaltimento dei rifiuti e dallo sfruttamento dei terreni. I deterioramenti biologici comprendono in particolare quelli derivanti da organismi geneticamente modificati, patogeni o alloctoni. Sono considerati deterioramenti fisici le modificazioni della struttura (ad es. compattazione), della composizione o dello spessore del suolo derivanti da interventi dell'uomo. Con il termine «sostanze estranee» nel suolo si intendono i rifiuti urbani, biogeni o altri rifiuti edili non minerali.

#### *Esame dei deterioramenti del suolo*

I settori con grado di deterioramento diverso (deterioramenti chimici o quota di sostanze estranee) o i settori deteriorati da organismi diversi devono essere esaminati separatamente. Affinché le indagini possano fornire risultati attendibili, occorre delimitare l'estensione orizzontale e verticale dei deterioramenti e valutare le cubature prodotte. Inoltre, occorre tenere conto dei fattori specifici per il sito (ad es. variabilità su piccola scala).

In numerosi Cantoni sono già disponibili carte con indicazioni sull'ubicazione delle superfici deteriorate chimicamente (cfr. anche il cap. 3.2 «Deterioramento chimico del suolo» del modulo «Valutazione del suolo in funzione del suo riciclaggio» dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo»). Il rilevamento dei deterioramenti chimici viene effettuato secondo il manuale dell'UFAMP «Prelievo e trattamento preliminare dei campioni per l'analisi del tenore di sostanze nocive nel suolo»<sup>13</sup>. Questo spiega la procedura per il prelievo dei campioni (strategia del prelievo di campioni, diversi tipi di campioni) e in particolare anche per quanto concerne

<sup>13</sup> Prelievo e trattamento preliminare dei campioni per l'analisi del tenore di sostanze nocive nel suolo. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. (UFAMP; oggi Ufficio federale dell'ambiente, UFAM). 2003. Studi sull'ambiente n. 4814, capitolo 3 «Basi del prelievo di campioni». Pag. 19 segg.

---

la delimitazione geografica dei suoli inquinati da sostanze nocive. Nel rilevamento delle sostanze nocive è importante che l'esame sia rappresentativo per l'intera superficie e non copra solo superfici di piccole dimensioni o parziali.

Il rilevamento delle sostanze estranee è indispensabile in particolare in caso di progetti di costruzione con asportazione di suolo all'interno della zona d'insediamento (cfr. cap. 3.3 «Sostanze estranee» del modulo «Valutazione del suolo in funzione del suo riciclaggio» dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo»). Si distingue tra rifiuti edili minerali (ad es. pezzi di tegole o di mattoni) e altre sostanze estranee (ad es. pezzi di rottami metallici, plastica).

Il rilevamento di deterioramenti biologici presuppone che sia possibile riconoscere gli organismi rilevanti. Una cartografia è particolarmente importante negli spazi vitali in cui si presentano in modo privilegiato organismi alloctoni invasivi (cfr. cap. 3.4 «Deterioramento biologico del suolo e organismi alloctoni invasivi» del modulo «Valutazione del suolo in funzione del suo riciclaggio» dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo»). Un importante strumento di supporto per il rilevamento di deterioramenti biologici è dato in particolare dai geoportali dei Cantoni o dal «Taccuino per neofite invasive» di Info Flora<sup>14</sup>.

### 3.1.3 Stato del suolo

Oltre alle proprietà del suolo e ai suoi deterioramenti, occorre descrivere il suo stato attuale. A tale scopo sono importanti informazioni sul carattere antropico, la vegetazione (ad es. colture esistenti), la stagione (ad es. manto nevoso, scioglimento della neve, quantità di precipitazioni) e sullo stato della superficie del terreno (ad es. corsie profonde già esistenti). Queste informazioni devono essere rilevate prima dell'inizio dei lavori di costruzione.

## 3.2 Stato finale del suolo

Dall'articolo 33 capoverso 2 LPAmb e dall'articolo 2 capoverso 1 O suolo si deduce che a lungo termine lo stato di un suolo utilizzato temporaneamente o per interventi di genio civile corrispondere almeno a quello precedente l'utilizzazione (stato iniziale). Lo stato finale si deduce dallo stato iniziale e deve quindi orientarsi alla struttura, alla composizione e allo spessore del suolo in quel sito. Se non è possibile dedurre lo stato finale da quello iniziale, si può utilizzare come criterio un suolo di riferimento su una superficie comparabile. Per definire lo stato finale si possono utilizzare parametri di misurazione come la profondità utile per le radici e la classe di idoneità all'utilizzazione<sup>15</sup>.

### Nota

*Gli obiettivi di utilizzazione dei suoli nelle zone d'insediamento sono spesso diversi da quelli definiti per i suoli situati al di fuori degli insediamenti. Gli obiettivi di ricoltivazione per i suoli nelle zone d'insediamento vengono definiti generalmente in modo specifico per l'utilizzazione<sup>16</sup>.*

<sup>14</sup> Il «Taccuino per neofite invasive» della fondazione Info Flora contiene tutte le osservazioni, le lotte e i controlli dei risultati relativi alle specie contenute nella «Lista Nera». La fondazione Info Flora è il centro nazionale dei dati e delle informazioni sulla flora svizzera e collabora con le autorità in tutte le questioni concernenti la protezione delle specie.

<sup>15</sup> Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe FAL 24. Stazione federale di ricerche in agroecologia e agricoltura (FAL, oggi Agroscope) Zurigo-Reckenholz. 1997. Capitolo 5.3 «Wasserhaushalt/Pflanzennutzbare Gründigkeit». Pag. 5.3-1 segg.; capitolo 9 «Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung». Pag. 3. 1-1 segg.

<sup>16</sup> Indicazioni di obiettivi di ricoltivazione compresi gli spessori degli strati per utilizzazioni differenti sono disponibili ad es. nella norma SIA 318:2009. Costruzione Garten- und Landschaftsbau (NS 568 318). Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA) 2009. Pag. 13. Non disponibile in italiano.

---

### 3.3 Tipo di interventi edilizi ed entità delle superfici occupate

Per poter valutare l'impatto degli interventi edilizi sui suoli occorrono informazioni sul tipo e l'entità dell'utilizzazione del suolo a scopo edilizio. Può trattarsi di un'utilizzazione del suolo temporanea (ad es. superfici per il deposito temporaneo) o duratura. Il tipo e l'entità dell'utilizzazione del suolo a scopo edilizio possono essere rappresentate su un piano. Sono inoltre importanti indicazioni concrete sulla superficie interessata dall'intervento e dall'asportazione e sulle quantità di suolo movimentate (strato superiore e inferiore).

### 3.4 Progetto suolo

I principi per la progettazione e l'autorizzazione menzionati nei capitoli precedenti si possono riassumere in un «progetto suolo»<sup>17</sup>, che contiene tutte le informazioni sulla gestione del suolo dal punto di vista tecnico-edilizio. In quali casi si renda necessario un progetto suolo è dimostrato in modo esemplare dal modello graduale nella tabella 1. Per i progetti soggetti a un esame dell'impatto sull'ambiente (EIA), questi contenuti devono essere integrati nel capitolo specialistico «Suolo» del rapporto sull'impatto ambientale (RIA).<sup>18</sup>

#### *Contenuto del progetto suolo*

Per garantire la gestione corretta del suolo, il progetto suolo deve contenere informazioni almeno sugli aspetti seguenti:

- informazioni pedologiche (stato iniziale);
- tipo ed entità dell'utilizzazione del suolo;
- periodo dell'intervento edilizio;
- misure di protezione del suolo specifiche per il progetto;
- bilancio volumetrico relativo allo strato superiore e inferiore del suolo;
- riciclaggio conforme alla legge dello strato superiore e inferiore del suolo in eccesso (se del caso, deposito conforme alla legge);
- stato finale del suolo (ad es. obiettivo di ricoltivazione in caso di suolo da ripristinare).

Il grado di dettaglio dipende dalla fase del suddetto progetto.<sup>19</sup> Gli aspetti pedologici vengono approfonditi adeguatamente nel loro grado di dettaglio nella sequenza «studio di fattibilità, progetto preliminare, progetto di costruzione, progetto per la pubblicazione, progetto di esecuzione». Dettagli al riguardo sono disponibili nel capitolo 2 «Pianificazione delle misure di protezione del suolo» della pubblicazione della serie Studi sull'ambiente «Suolo e cantieri - Stato della tecnica e della prassi»<sup>20</sup> dell'UFAM. Diversi Cantoni hanno concretizzato i requisiti per un progetto di costruzione. Queste informazioni sono disponibili su Internet.

<sup>17</sup> Il termine «strategia di protezione del suolo» sarà sostituito dal termine «progetto suolo». Con il suolo si costruisce, ossia esso è parte del progetto di costruzione e, pertanto, la sua gestione corretta deve essere miratamente pianificata e integrata da un punto di vista tecnico-edilizio nel progetto di costruzione. Le strategie di protezione servono invece a proteggere oggetti o settori, ad es. contro lo sfruttamento a scopo edilizio.

<sup>18</sup> Manuale EIA Direttiva della Confederazione per l'esame dell'impatto sull'ambiente. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2009. Pratica ambientale n. 0923. Modulo 5 «Contenuti della documentazione ambientale», capitolo 3 «Rapporto» Pag. 12 segg.

<sup>19</sup> Le fasi complete e le fasi parziali sono descritte nella norma SIA 112:2014 Costruzione. Modello di pianificazione per progetti nel settore della costruzione. Norma utile alla comprensione (NS 509 112). Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA) 2014. Pag. 9 segg.

<sup>20</sup> Suolo e cantieri Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 2 «Pianificazione delle misure di protezione del suolo». Pag. 38 segg.

### 3.5 Supervisione pedologica nei cantieri (SPSC)

Nella prassi esecutiva la supervisione pedologica nei cantieri (SPSC) si è affermata dalla fine degli anni 1990. La supervisione supporta generalmente il committente dell'opera in tutte le fasi di un progetto di costruzione e garantisce la gestione corretta del suolo, ad esempio mediante l'attuazione di misure di protezione specifiche per il cantiere, fornisce consulenza ed elabora soluzioni in caso di problemi impreveduti insieme alla direzione dei lavori e all'impresa edile. Come in altri settori ambientali (ad es. inquinamento fonico, siti contaminati, acque o natura e paesaggio), l'SPSC è affidata a uno specialista incaricato. La sua posizione e i suoi compiti possono variare a seconda del progetto e dell'organigramma di cantiere.<sup>21</sup> Gli specialisti della protezione del suolo nei cantieri devono disporre di conoscenze approfondite sui suoli, sono in grado di rilevarne e interpretarne le proprietà e dedurre una gestione corretta del suolo e conforme alla legge nonché di integrarla nelle varie fasi dei progetti di costruzione e accompagnarne l'attuazione.<sup>22</sup>

Poiché nella maggior parte dei casi la protezione del suolo può funzionare solo in modo preventivo (dal momento che il risanamento successivo del suolo sarebbe impossibile, troppo dispendioso o lungo), è necessaria di norma una competenza speciale per far confluire correttamente e tempestivamente nei rispettivi progetti i requisiti posti dalla legislazione in materia di protezione del suolo. A tale scopo è possibile coinvolgere un SPSC come organo consultivo. Se necessario per l'esecuzione dei requisiti posti dalla legislazione in materia di protezione del suolo, in base a questa è possibile disporre il coinvolgimento di un SPSC, ad esempio mediante una condizione nella licenza di costruzione (o nell'approvazione dei piani). Vari Cantoni hanno concretizzato ulteriormente i requisiti per un capitolato d'onere della supervisione pedologica e li hanno resi accessibili su Internet.

#### *Ripartizione dei ruoli e dei compiti*

Nella pratica, nel quadro di un progetto gli SPSC devono assumersi di norma la pianificazione figurativa e costruttiva per l'ambito riguardante il suolo (ad es. pianificazione specialistica). Poi nella fase di esecuzione di un progetto di costruzione, l'SPSC guida, coordina e supervisiona regolarmente i lavori rilevanti per il suolo nel cantiere (ad es. direzione dei lavori specialistica).<sup>23</sup>

Per i progetti a partire da una determinata superficie occupata (di norma 2000-5000 m<sup>2</sup> o 1000 m per cantieri lineari<sup>24</sup>) si è rivelato efficace coinvolgere un SPSC, sia per la fase di progettazione (ad es. pianificazione specialistica) che per la fase di esecuzione (ad es. direzione tecnica dei lavori). Per decidere se coinvolgere un SPSC occorre considerare, oltre alla superficie occupata, anche le proprietà dei suoli interessati e la disponibilità o meno di informazioni pedologiche. Si raccomanda un modello graduale come illustrato nella tabella 1.

<sup>21</sup> Suolo e cantieri Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 2.2 «Ruolo e compiti dello specialista della protezione del suolo nei cantieri (SPSC)» Pag. 48 segg.

<sup>22</sup> Un elenco degli specialisti della protezione del suolo nei cantieri riconosciuti dalla Società svizzera di pedologia (SSP) è disponibile sul sito della SSP: [www.soil.ch](http://www.soil.ch).

<sup>23</sup> Queste attribuzioni dei compiti sono descritte anche nella norma SIA 112:2014 Costruzione. Modello di pianificazione per progetti nel settore della costruzione Norma utile alla comprensione (NS 509 112). Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA) 2014. Pag. 6 segg.

<sup>24</sup> I piccoli cantieri con scavi a U convenzionali utilizzano generalmente una striscia di terreno larga circa 5 metri per lo scavo, il campo d'azione delle macchine da cantiere e il deposito intermedio per il materiale di scavo. Per uno scavo lungo 1000 metri viene quindi utilizzata una superficie pari a circa 5000 m<sup>2</sup>.

Tabella 1

**Modello graduale per il coinvolgimento di uno specialista per la gestione corretta del suolo sia nella fase di progettazione (pianificazione specialistica) che nella fase di esecuzione (direzione tecnica dei lavori)**

Superficie occupata, proprietà del suolo e deterioramenti del suolo		Grado di dettaglio della pianificazione pedologica e coinvolgimento di una supervisione pedologica
Superficie occupata: Proprietà del suolo: Deterioramenti del suolo:	piccola uniforme e resistente nessuna indicazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misure di protezione del suolo non selettive nell'autorizzazione</li> <li>• Nessuna pianificazione specialistica</li> <li>• Nessuna direzione tecnica dei lavori</li> </ul>
Superficie occupata: Proprietà del suolo: Deterioramenti del suolo:	piccola sfavorevoli o eterogenee indicazioni disponibili	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misure di protezione del suolo non selettive nell'autorizzazione</li> <li>• Nessuna pianificazione specialistica</li> <li>• Direzione tecnica dei lavori nella fase di esecuzione</li> </ul>
Superficie occupata:	da media a grande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessaria conoscenza dello stato iniziale</li> <li>• Pianificazione specialistica nella fase di progettazione</li> <li>• Direzione tecnica dei lavori nella fase di esecuzione</li> </ul>

### 3.6 Collaudi

Per garantire che vengano adempiute le condizioni riguardanti il suolo stabilite in un'autorizzazione, nella pratica si sono affermati «collaudi» dell'«opera edile suolo» (collaudo d'opera, collaudo finale) tra l'autorità competente, il detentore dell'autorizzazione e lo specialista della protezione del suolo nei cantieri. Anche tra le diverse fasi del ripristino (esecuzione, fase di provvedimenti successivi, fase di esercizio) vengono opportunamente effettuati collaudi appositi. Nella tabella 2 vengono elencati i collaudi da prendere in considerazione, compresa la menzione delle possibili parti coinvolte.<sup>25</sup>

Tabella 2

**Proposta per le verifiche, i collaudi e le parti interessate**

Verifiche e collaudi	Parti interessate
Possibili verifiche: ad es. plania grezza, drenaggi tecnici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresa</li> <li>• Direzione dei lavori</li> <li>• Direzione tecnica dei lavori</li> </ul>
Collaudo dopo la conclusione della ricoltivazione (collaudo d'opera)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Committente</li> <li>• Impresa</li> <li>• Direzione dei lavori</li> <li>• Direzione tecnica dei lavori</li> <li>• Proprietario del fondo</li> <li>• Gestore</li> </ul>
Collaudo dello stato finale dopo la conclusione dei provvedimenti successivi (collaudo finale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autorità</li> <li>• Committente</li> <li>• Direzione tecnica dei lavori</li> <li>• Proprietario del fondo</li> <li>• Gestore</li> </ul>

<sup>25</sup> Proposte per verbali di collaudo e parole chiave per i contenuti da esaminare sono disponibili nella «Richtlinie für den sachgerechten Umgang mit Boden» (linee guida per costruire gestendo correttamente il suolo). Associazione Svizzera dell'industria degli Inerti e del Calcestruzzo (ASIC). 2021. Allegato 2 «Abnahmeprotokolle». Pag. 78 Pag. segg. Non disponibile in italiano.

---

## 4 Gestione tecnico-edilizia corretta del suolo

La gestione corretta del suolo nei progetti di costruzione si è sviluppata e concretizzata dalla metà degli anni 1990. Per questa gestione corretta del suolo si possono desumere dagli articoli 6 capoverso 1 e 7 capoverso 2 lettera a in combinato disposto con l'articolo 2 capoverso 1 lettera a O suolo i seguenti requisiti:

### *Requisiti per la protezione del suolo nei progetti di costruzione*

- Dopo ogni utilizzazione, il suolo deve poter svolgere a lungo termine le stesse funzioni che svolgeva prima dell'utilizzazione (ad es. funzione di spazio vitale, produzione, regolazione).
- Il sistema dei pori deve potersi ricreare sia in termini di diversità (pori da fini a grossolani) che di continuità (sistema continuo).
- Occorre mantenere o almeno ripristinare lo spessore degli strati e la loro sequenza.
- I lavori non incidono sui suoli saturi di acqua.

### *Misure standard per una gestione corretta del suolo nei progetti di costruzione*

La legislazione vigente in materia di protezione dell'ambiente protegge tutti i suoli dai deterioramenti. Il livello ottimale di protezione dipende dalle proprietà e dall'utilizzazione del suolo. Qui di seguito vengono descritte e, con riserva delle peculiarità del caso specifico, raccomandate misure standard per una gestione corretta del suolo.

Le misure standard si riferiscono in primo luogo ai suoli coltivati e a quelli inerpati con sottosuolo sviluppato, ma sono adatte anche ai suoli negli insediamenti e nei giardini. Se questi suoli vengono utilizzati a scopo edilizio, l'accento sarà posto in particolare sulla conservazione dello strato trattato e sulla protezione duratura del sottosuolo profondo. Si possono prendere in considerazione scostamenti dalle misure standard in base alle proprietà e all'utilizzazione dei suoli. Nei progetti di costruzione in cui sono interessati ad esempio suoli minerali idromorfi, organici, alluvionali, in ambiente forestale o nelle zone di montagna e collinari possono essere opportuni o addirittura necessari provvedimenti che si discostano dalle misure standard. In quali casi siano indicate misure che si discostano da quelle standard è spiegato nei relativi capitoli della sezione «Divergenze rispetto allo standard».

I progetti per la posa di cavi e condutture di piccole dimensioni interessano generalmente su lunghe distanze suoli differenti per proprietà, utilizzazione e stato attuale. Misure tipiche per questo tipo di cantieri sono proposte nell'allegato A1 del presente aiuto all'esecuzione.

## 4.1 Preparazione del suolo

### *Obiettivi della preparazione*

Con la semina di un inerbimento si prevede di incrementare la portanza del suolo mediante sottrazione di acqua e di migliorare la stabilità della struttura del suolo tramite una rete di radici più fitta. L'inerbimento ha dato buoni risultati sia in caso di utilizzazione temporanea del suolo che prima della sua asportazione.<sup>26</sup>

Nella fase immediatamente precedente l'utilizzazione a scopo edilizio, dal punto di vista tecnico gli obiettivi di rendimento dell'utilizzazione a scopo agricolo dovrebbero avere un'importanza fundamentalmente secondaria. In questa fase la gestione serve in primo luogo a preparare il suolo in modo ottimale per l'utilizzazione a scopo edilizio. Per questo motivo, oltre al proprietario del fondo occorre coinvolgere tempestivamente nel progetto anche i gestori.

### 4.1.1 Misure standard

Misure regolari per la preparazione del suolo prima dell'intervento edilizio:

- Semina di una miscela (a radicamento profondo) di erba e trifoglio idealmente alcuni mesi, ma al più tardi sei settimane prima dell'utilizzazione a scopo edilizio, di modo che fino al momento dell'utilizzazione possa formarsi un manto erboso continuo e ben radicato.
- Sfalcio delle colture poco prima dell'utilizzazione a scopo edilizio (rimuovere la vegetazione tagliata). In alternativa pacciamare e lasciare la vegetazione tagliata sul terreno, ad esempio al di sotto di un raccordo temporaneo con i cantieri.
- Per preparare il suolo prima dell'intervento edilizio possono essere idonee colture campicole svernanti (frumento, colza), a condizione che tale intervento sia effettuato direttamente dopo il raccolto.

### 4.1.2 Divergenze rispetto allo standard

A causa delle condizioni climatiche e geomorfologiche, i *suoli situati nelle zone di montagna* sono soggetti a una dinamica diversa rispetto a quelli situati a basse quote. Il breve periodo vegetativo, la vegetazione scarsa che ne consegue, orizzonti di spessore ridotto e contenuto di scheletro elevato in terreni spesso in pendenza rendono più difficile la gestione, il ripristino e l'inerbimento dei suoli montani.<sup>27</sup>

Ad alta quota la pedogenesi è un processo estremamente lungo e ogni pregiudizio ha conseguenze a lungo termine. L'immagine del paesaggio è caratterizzata dalla variabilità su piccola scala della roccia madre all'origine della pedogenesi e della vegetazione. La principale minaccia per i suoli situati ad alta quota è costituita dall'erosione. Una struttura alterata del suolo e la conseguente riduzione della crescita della vegetazione può contribuire alla destabilizzazione dei pendii.<sup>28</sup> Per questo motivo, nel limite del possibile, i suoli nelle zone di

<sup>26</sup> Suolo e cantieri Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.5 «Inerbimento preliminare delle superfici occupate». Pag. 56 segg.

<sup>27</sup> Suolo e cantieri Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 1.6.2 «Cantieri in zone alpine e subalpine». Pag. 29 segg.

<sup>28</sup> Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmen und Umweltfachleute. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2013. Pratica ambientale n. 1322, capitolo 8.2 «Bodenschutz». Pag. 155 segg. Non disponibile in italiano.

---

montagna non devono essere asportati. Se tuttavia si rende necessaria un'asportazione, i suoli devono essere prelevati sotto forma di zolle erbose.

I *suoli forestali* presentano particolari caratteristiche pedologiche, come strutture sciolte, valori di pH generalmente bassi e strati di lettiera di spessori differenti.<sup>29</sup> Inoltre, nella foresta, i suoli permanentemente saturi di acqua sono più frequenti che, ad esempio, nei terreni drenati utilizzati a scopo agricolo.

Nel bosco l'inizio dei lavori di costruzione coincide generalmente con il disboscamento, che deve essere effettuato sempre tenendo conto delle proprietà del suolo, del tipo di utilizzazione a scopo edilizio che seguirà e della gestione prevista del suolo esistente. Ad esempio, in caso di utilizzazione temporanea è possibile tagliare i tronchi raso suolo e lasciare le radici nel terreno, poiché aiutano la distribuzione del carico nel suolo. La fresatura superficiale, invece, non ha dato buoni risultati.

## 4.2 Circolare sul suolo o sottoporlo a un altro carico

### *Portanza*

Nell'ambito di progetti di costruzione, i suoli sono sottoposti al transito di macchine di cantiere o ad altri carichi (ad es. installazioni, depositi di materiale). Per la conservazione della struttura del suolo è determinante la portanza del suolo (resistenza meccanica al carico) che può essere influenzata dai fattori seguenti:

- proprietà del suolo (in particolare granulometria e contenuto di scheletro);
- umidità del suolo;
- massa radicale e densità di vegetazione.

Quanto maggiore è l'umidità del suolo, tanto minore è la sua resistenza meccanica al carico. Quanto più fine è la granulometria del suolo, tanto più questo tende alla deformazione plastica e alla contemporanea compattazione. A ogni deformazione corrisponde una perdita di volume dei pori. Con l'aumentare della profondità del suolo, questa perdita si può recuperare con minore rapidità.

### *Determinazione dell'umidità del suolo*

L'umidità del suolo può essere determinata sulla base della tensione capillare misurabile con un tensiometro. I valori di misurazione tensiometrici costituiscono la base tecnica per valutare a partire da quale grado di umidità il suolo è trafficabile e può essere trasferito (cfr. all. A2-1). Per una misurazione attendibile nei cantieri è consigliabile installare su una superficie rappresentativa cinque tensiometri nel raggio di 4 m<sup>2</sup> e prendere come risultato della misurazione il valore mediano. La profondità di misurazione standard corrisponde a 30-35 cm (estremità della punta ceramica a una profondità del suolo di 35 cm). I dettagli sul funzionamento, la preparazione e l'uso del tensiometro sono disponibili nella letteratura sull'argomento<sup>30</sup> e in parte sui siti Internet dei servizi cantonali per la protezione del suolo.

<sup>29</sup> Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 1.6.1 «Cantieri in zone forestali», Pag. 26 segg.; Capitolo 4.1 «Cantiere con superficie occupata temporaneamente nel bosco». Pag. 78 segg.

<sup>30</sup> Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.6 «Misurazione dell'umidità del suolo». Pag. 57 segg.

---

A seconda dell'andamento meteorologico (ad es. della siccità) e delle proprietà del suolo, le precipitazioni hanno un impatto diverso sull'umidità del suolo. Nella pratica, quindi, per valutare la resistenza meccanica si considera, oltre alla tensione capillare, anche la quantità di precipitazioni.

Numerosi Cantoni gestiscono stazioni permanenti di misurazione dell'umidità del suolo.<sup>31</sup> Le misurazioni forniscono indicazioni preziose sull'evoluzione del grado di umidità dei suoli. Queste stazioni permanenti possono integrare una stazione di misurazione specifica per il cantiere.

In determinati casi o in caso di utilizzazione di breve durata di una piccola superficie, è possibile stimare l'umidità del suolo anche sulla base dell'evoluzione meteorologica e del test tattile (a mano) eseguito su materiale dello strato superiore e inferiore del suolo.<sup>32</sup> In questo modo è possibile valutare il comportamento di prosciugamento del suolo con un onere ridotto. Questo metodo è adatto anche al di fuori del periodo vegetativo nel semestre invernale.

#### *Transito con macchine di cantiere cingolate*

La trasmissione della pressione dei veicoli sul suolo e nel suolo è determinata principalmente dalla pressione della superficie di contatto, dal peso complessivo della macchina e dall'umidità del suolo. Nel quadro dell'elaborazione delle «Direttive per la protezione del suolo relative alla costruzione di impianti di trasporto in condotta» dell'Ufficio federale dell'energia (UFE), nel 1993 è stato allestito un nomogramma<sup>33</sup> con il quale è possibile stimare l'impiego di macchine sopportate dal suolo in base a questi fattori. Le misurazioni tensiometriche e il nomogramma forniscono un metodo affermato e praticabile per stimare la portanza del suolo durante l'impiego di macchine di cantiere cingolate. Il nomogramma e alcuni esempi concreti per la determinazione del limite di utilizzo delle macchine di cantiere cingolate per la transitabilità del suolo sono disponibili nell'allegato A2-2.

#### **4.2.1 Misure standard**

Quando si transita sul suolo o quando lo si sottopone a un altro carico, sono considerate generalmente corrette le misure di protezione del suolo seguenti:<sup>34</sup>

- Tensione capillare < 10 cbar: il suolo non è transitabile e non può essere sottoposto a carico.
- Tensione capillare ≥ 10 cbar: il suolo può essere sottoposto a un carico o è transitabile con macchine di cantiere cingolate. Il limite effettivo di utilizzo di una macchina si può calcolare direttamente sulla base dei relativi parametri caratteristici delle macchine o dedurre con l'ausilio del nomogramma per la valutazione dell'utilizzo ammissibile di macchine di cantiere cingolate sul suolo (cfr. all. A2-2). Se il limite di utilizzo specifico di una macchina calcolato è superiore alla tensione capillare del suolo, si utilizzano elementi protettivi provvisori (ad es. materassi di legno). In caso di impiego di elementi protettivi provvisori per il transito di macchine di cantiere cingolate occorre tenere conto anche dei limiti di utilizzo.

<sup>31</sup> Il Cercle Sol, la Conferenza dei capi dei servizi per la protezione dell'ambiente CCA collega le stazioni di misurazione dell'umidità del suolo disponibili in Svizzera con centibar.ch e le unisce in una pagina iniziale comune: [www.centibar.ch](http://www.centibar.ch).

<sup>32</sup> Come evitare la compattazione del suolo - consigli pratici! Agridea. 2014. Pag. 7.

<sup>33</sup> «Direttive per la protezione del suolo relative alla costruzione di impianti di trasporto in condotta» (Direttive per la protezione del suolo). Ufficio federale dell'economia energetica (UFEE; oggi Ufficio federale dell'energia UFE). 1993, revisione 1997. Allegato 6 «Nomogramma sul limite di utilizzo delle macchine di cantiere».

<sup>34</sup> Cfr. Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508 capitolo 3.7 «Scelta delle macchine e del metodo di asporto». Pag. 60 segg.

- Sul suolo naturale non è ammesso il transito diretto (ovvero senza elementi protettivi) con macchine di cantiere cingolate, la cui superficie di contatto esercita una pressione superiore a 0,5 kg/cm<sup>2</sup>.
- I veicoli da trasporto previsti per il transito su strade o piste di cantiere non possono essere impiegati direttamente sul suolo.
- Sul suolo naturale è ammesso il transito di macchine di cantiere con pneumatici convenzionali (ad es. piccolo dumper gommato) solo se la tensione capillare è  $\geq 25$  cbar, il carico per ruota non supera le 2,5 t e la pressione della superficie di contatto non supera 0,5 kg/cm<sup>2</sup>.
- Le macchine di cantiere possono transitare di norma solo sullo strato superiore del suolo.
- Il transito sul suolo deve essere limitato al minimo necessario, occorre cioè ridurre quanto più possibile i transiti e concentrarli su una piccola superficie e non su tutta. Il transito ripetuto (più di 3-5 transiti) nello stesso posto è ammesso solo a partire da 25 cbar o con elementi protettivi.
- Di norma, sui depositi intermedi di suolo non è ammesso il transito con macchine di cantiere. Solo nei depositi intermedi assestati, con superficie inerbita e prosciugati si può transitare sulla copertura vegetale (previo esame tecnico) rispettando le misure summenzionate, ad esempio con un escavatore cingolato per l'asportazione del deposito intermedio.
- Il transito necessario per la gestione di depositi intermedi di suolo e di suoli trasferiti o ricoltivati per la rimessa a coltura o i provvedimenti successivi (ricoltivazione) è ammesso solo se il suolo è ben prosciugato con macchine agricole idonee (peso ridotto, eventualmente con pneumatici a bassa pressione).<sup>35</sup>

#### 4.2.2 Divergenze rispetto allo standard

Un *aumento della tensione capillare minima necessaria* per il transito sul suolo può essere effettuato se ritenuto necessario a causa di proprietà del suolo sfavorevoli (ad es. suolo ricco di argilla).

I *suoli minerali idromorfi* non si prosciugano praticamente mai, presentano generalmente una granulometria fine e la struttura del suolo è fortemente sensibile alla compattazione. Generalmente i requisiti di umidità per il transito o l'utilizzazione a scopo edilizio non vengono raggiunti nemmeno nelle fasi più asciutte dell'anno. A causa del lento prosciugamento, può essere vantaggioso coprire temporaneamente il suolo (ad es. con teli di plastica) in caso di precipitazioni attese. Sono importanti in particolar modo misure volte a ridurre al minimo la superficie di suolo interessata (superficie occupata).

Sulla maggior parte dei suoli idromorfi è indispensabile adottare misure per la ripartizione del carico (ad es. sistemi di pannelli rigidi). Se ciò nonostante si transita direttamente su questi suoli, occorre impiegare macchine leggere con telai larghi (macchine con pressione della superficie di contatto particolarmente ridotta).

In caso di transito su *suoli organici* o se questi vengono sottoposti a un altro carico ci si deve attendere che il suolo reagisca come una spugna, soprattutto se negli strati più profondi è presente l'acqua sotterranea (terreno di costruzione instabile). Non appena si attuano misure di drenaggio per interventi di genio civile occorre tenere eventualmente conto di assestamenti importanti. Inoltre, in caso di riempimento di suolo organico, il sottosuolo può cedere (sifonamento) e, quindi, può convenire eseguire indagini non solo pedologiche, ma anche geologiche e geotecniche sulla stabilità del sottosuolo.

<sup>35</sup> Uno strumento per la valutazione della transitabilità di un suolo con mezzi e apparecchi agricoli è costituito dal modello di simulazione Terranimo<sup>®</sup>, con il quale la sollecitazione del suolo generate dai mezzi agricoli (pressione sul suolo) viene confrontata con la resistenza del suolo (solidità del suolo). Cfr. [www.terranimio.ch](http://www.terranimio.ch).

---

I progetti di costruzione devono essere eseguiti durante il periodo vegetativo, anche se *in montagna* è di breve durata. La progettazione del cantiere e le misure di protezione del suolo devono essere selezionate in modo tale che si possa lavorare il più possibile indipendentemente dall'umidità del suolo e non sia necessario disporre di suolo asciutto.

Spesso la misurazione dell'umidità del suolo con tensiometri non è possibile a causa degli spessori ridotti e del contenuto di scheletro del suolo in montagna. In alternativa, la valutazione dell'umidità si effettua osservando l'evoluzione meteorologica e mediante il test tattile.

Sui pendii scoscesi si può considerare l'impiego di un escavatore ragno, a condizione che il suolo sia ben asciutto. In caso di precipitazioni occorre interrompere i lavori.

Per via della composizione del suolo, compreso lo strato organico, della fitta rete di radici, della traspirazione degli alberi e dell'intercettazione, il bilancio idrico e il comportamento di prosciugamento dei *suoli forestali* sono paragonabili soltanto in parte a quelli dei suoli situati al di fuori del bosco. Ciò nonostante, come limite di utilizzo per il transito si possono applicare i consueti valori di tensione capillare.<sup>36</sup> Per il transito occorre fondamentalmente considerare i sentieri d'esbosco.

Se il suolo nella foresta non viene asportato bensì soltanto utilizzato temporaneamente, è possibile tagliare i tronchi raso suolo e lasciare le radici nel terreno. I tronchi e le radici lasciati nel terreno aiutano la ripartizione del carico nel suolo.

### 4.3 Viabilità e superfici per le installazioni

Le superfici occupate da raccordi con i cantieri e installazioni del cantiere vengono di norma utilizzate solo temporaneamente (ad es. per l'allestimento di piazzali per installazioni e montaggi, piste di cantiere e di trasporto o superfici per il deposito intermedio del suolo asportato o del materiale di scavo). Per le installazioni temporanee occorre utilizzare, ove possibile, superfici già impermeabilizzate o piazzali in ghiaia esistenti. Se per installazioni temporanee vengono utilizzate superfici con suolo, occorre tenere conto delle spiegazioni relative al carico dei suoli (cfr. cap. 4.2) e degli aspetti riguardanti la ripartizione del carico illustrati qui di seguito.

#### *Misure per la ripartizione del carico*

Gli elementi protettivi possono essere composti da vari materiali.<sup>37</sup> In particolare si sono dimostrati efficaci:

- elementi protettivi composti da mistone di ghiaia in forma sciolta<sup>38</sup> o pietrame frantumato, eventualmente integrato con un rivestimento;

<sup>36</sup> Physikalischer Bodenschutz im Wald. Waldbewirtschaftung im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Erhaltung der physikalischen Bodeneigenschaften. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2016. Studi sull'ambiente n. 1607, capitolo 6.4.2 «Befahrbarkeit des Waldbodens». Pag. 122 segg. Non disponibile in italiano.

<sup>37</sup> Cfr. Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.8 «Viabilità e piste di cantiere». Pag. 66 segg.;

Merkblatt Lastverteilende Massnahmen. Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich. Amt für Landschaft und Natur (ALN). 2008. Non disponibile in italiano.

<sup>38</sup> Per l'allestimento di un elemento protettivo in mistone di ghiaia in forma sciolta si applica di norma su un telo in tessuto (funzione di separazione) steso sul suolo naturale un mistone di ghiaia 0/45 e uno spessore di 0,5 m dopo la rullatura. Lo spessore di 0,5 m è ritenuto corretto per elementi protettivi in mistone di ghiaia in forma sciolta su suoli con strati inferiori sviluppati sui quali transitano veicoli da trasporto stradali. Per altre utilizzazioni si può variare lo spessore dello strato in modo specifico per progetto. In presenza di erba alta (e quindi di sufficiente biomassa separatrice), l'allestimento di piste in ghiaia su suolo naturale può essere eventualmente effettuato anche senza telo separatore. Tuttavia, all'atto dello smantellamento deve essere garantita una buona separazione del materiale di riempimento dal suolo. Quando si smantellano piste in ghiaia rimangono sempre sul terreno resti di ghiaia (o di telo) che devono essere rimossi a mano.

- 
- materassi di legno, i riempimenti di trucioli di legno (soprattutto nel bosco);
  - lastre rigide di calcestruzzo o metallo;
  - lastre mobili a incastro.

Tutti gli elementi protettivi devono essere sottoposti a manutenzione a seconda della loro costruzione e della frequenza d'uso, affinché resti garantita la loro funzione protettiva. Ad esempio, in caso di piste in ghiaia ciò significa che occorre garantire il mantenimento dello spessore minimo dello strato per tutto il periodo dell'utilizzazione.

#### 4.3.1 Misure standard

Le misure standard seguenti sono da ritenersi regolarmente corrette per la viabilità e le superfici destinate alle installazioni:

- Per proteggere il suolo esistente vengono utilizzati elementi protettivi in particolare se i carichi superano la portanza del suolo, se si rendono necessari trasporti con veicoli gommati (peso complessivo > 10 t) o se le superfici devono essere utilizzate più volte o con tutte le condizioni meteorologiche. Lo scopo degli elementi protettivi è di ripartire i carichi sulla superficie, per prevenire variazioni strutturali, in particolare nello strato inferiore del suolo.
- Gli elementi protettivi vengono impiegati sul suolo naturale senza asportazione preliminare di suolo.
- Il dimensionamento è effettuato in modo specifico per progetto in funzione delle proprietà del suolo e dell'utilizzazione prevista.

#### 4.3.2 Divergenze rispetto allo standard

I requisiti posti alla viabilità e alla logistica nelle *zone montane e sui pendii* sono generalmente diversi da quelli posti in pianura o sulle superfici leggermente inclinate nell'Altipiano. Spesso le piste di cantiere con materiale apportato non sono realizzabili o non sono proporzionali. Di conseguenza, sono necessarie soluzioni adeguate alle caratteristiche locali, sia per quanto riguarda il tipo di pista di cantiere che la sua lunghezza. Si sono dimostrate efficaci piste allestite con il materiale di sottofondo disponibile sul posto. Può essere opportuna anche l'asportazione dello strato di suolo sottile compresa la zona radicale (come zolle erbose). Per via dei requisiti naturali ed edilizi variabili su piccola scala, generalmente il tipo e la posizione del raccordo possono essere stabiliti solo direttamente sul posto con tutte le parti coinvolte.

Quando si allestiscono piste di cantiere sui pendii possono insorgere problemi come lo scivolamento laterale delle piste in ghiaia, la loro scarsa resistenza a causa della trazione ridotta dei veicoli di trasporto o anche lo slittamento dei veicoli su materassi di legno bagnati. Per ridurre questi effetti collaterali si può ricorrere in particolare a una modifica dell'inclinazione del pendio mediante asportazione laterale del suolo o al consolidamento della pista in ghiaia con uno strato di rivestimento.

Per proteggere i suoli al di fuori del perimetro del cantiere occorre adottare, a seconda dell'inclinazione, misure di sicurezza come dighe temporanee o l'installazione di pannelli o coperture che sui pendii impediscono lo scivolamento o il dilavamento di suolo o di pietre.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Linee guida per l'inverdimento in alta quota Ingegneria naturalistica. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Capitolo 5.1 «Vorbereitung Baustelle». Pag. 33.

---

In particolare per i raccordi con i cantieri su *suoli composti da uno strato superiore posto direttamente sul sottosuolo (suoli A/C) o per i piazzali per installazioni e montaggi con interventi di genio civile* (ad es. ponteggi di montaggio fondati) può essere opportuno asportare completamente il suolo da proteggere (strato superiore ed eventualmente inferiore) e depositarlo temporaneamente fino alla ricoltivazione successiva.

## 4.4 Asportazione e trasferimento di suolo

In caso di asportazione o anche di trasferimento del suolo è importante che i lavori possano essere eseguiti sollecitando il meno possibile il suolo. Per numerosi lavori con il suolo è generalmente idoneo e corretto l'impiego di escavatori cingolati. Per singole fasi di lavoro si può anche prendere in considerazione l'impiego di altre macchine di cantiere.<sup>40</sup> Il loro impiego può essere considerato in modo specifico in funzione del progetto e in base alle proprietà del suolo, insieme alle misure di protezione del suolo supplementari eventualmente necessarie.

L'asportazione corretta del suolo avviene a strati e a strisce, asportando separatamente lo strato superiore e quello inferiore del suolo.<sup>41</sup> Per l'asportazione dello strato superiore e inferiore del suolo di grandi superfici ha dato buoni risultati l'impiego di un escavatore cingolato con una benna a lama liscia. In linea di principio, il sollevamento del suolo con un escavatore è preferibile al suo trascinamento (ad es. con un bulldozer o una pala cingolata).

### Nota

*Il suolo asportato può essere inquinato da sostanze nocive e contenere organismi alloctoni invasivi (ad es. specie di piante indesiderate) e sostanze estranee. Se in un progetto di costruzione si ha un eccesso di suolo asportato, occorre chiarire la sua idoneità al riciclaggio. Le basi per la valutazione dell'idoneità al riciclaggio del suolo asportato sono disponibili nel modulo «Valutazione del suolo in funzione del suo riciclaggio» dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo».*

### 4.4.1 Misure standard

Le misure di protezione del suolo seguenti concernenti l'asportazione e il trasferimento di suolo sono da ritenersi corrette:<sup>42</sup>

- Tensione capillare < 6 cbar: il suolo non può essere mosso, poiché la sua resistenza meccanica è troppo ridotta per il trasferimento.
- Tensione capillare ≥ 6 cbar: il suolo può essere lavorato e trasferito.
- Lo strato superiore e quello inferiore del suolo vengono asportati separatamente (non spinti).

<sup>40</sup> Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.7. 1. «Macchine di cantiere – criteri di selezione per il bando di concorso» Pag. 62 segg.

<sup>41</sup> Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.7. 2. «Metodi di asporto sulle superfici occupate». Pag. 65 segg.

<sup>42</sup> Cfr. Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.7 «Scelta delle macchine e del metodo di asporto». Pag. 60 segg.

---

#### 4.4.2 Divergenze rispetto allo standard

A causa della struttura sensibile del suolo, ove possibile i *suoli minerali idromorfi* non devono essere asportati, in particolare non in caso di installazioni temporanee. Se l'asportazione è inevitabile, i relativi lavori non devono assolutamente essere eseguiti con macchine di cantiere che agiscono con forze di taglio sulla struttura del suolo.

Ove possibile, anche i *suoli organici* non devono essere asportati, in particolar modo in caso di installazioni temporanee. In caso di asportazione di suolo organico, la differenziazione degli strati può fare riferimento alla quota di sostanza organica, alla presenza di parti minerali (orizzonti organo-minerali o strati minerali intermedi) e al grado di decomposizione.

Le variazioni delle proprietà del suolo (ad es. spessori degli strati, granulometrie, tenori di scheletro) riscontrabili generalmente su piccola scala, in particolare nei *suoli alluvionali*, possono influenzare la scelta delle misure di protezione del suolo necessarie. Ad esempio, in caso di utilizzazione temporanea i suoli sabbiosi sono nettamente meno sensibili e possono essere lasciati maggiormente sul posto o sottoposti a un carico.

Il periodo vegetativo breve e la vegetazione specifica fanno sì che ad *alta quota* la conservazione della vegetazione esistente sia particolarmente difficile (ad es. arbusti nani). In base allo spessore del suolo e alla vegetazione, occorre asportare zolle erbose con l'intera zona radicale, compreso il suolo (soprattutto alle quote più alte e in caso di spessore del suolo ridotto) o asportare separatamente lo strato superiore e inferiore del suolo.<sup>43</sup> I vantaggi dell'impiego di zolle erbose in alta montagna sono in particolare il deterioramento fisico ridotto del suolo (possibilità di lavorare anche con suolo umido), la conservazione della vegetazione tipica del luogo, compresa la zona radicale e degli organismi presenti nel suolo e la protezione contro l'erosione al momento della ricoltivazione, anche senza misure di ingegneria biologica in zone con pendenza superiore a 30 per cento.<sup>44</sup> Inoltre si può ridurre al minimo la superficie che necessita di una risemina.

In caso di asportazione di *suolo nella foresta*, a seconda delle proprietà del suolo e degli spessori degli strati si può derogare a una separazione netta dello strato superiore e inferiore del suolo. In presenza di uno strato organico (o dopo la rimozione di resti di legno e corteccia) può essere opportuno asportare lo strato organico, compreso lo strato superiore del suolo generalmente poco spesso e separarlo così dallo strato inferiore del suolo. Nei suoli senza orizzonti di rivestimento, con strato superiore di spessore ridotto e strato inferiore spesso e multistrato (ad es. i suoli in cui con l'aumentare della profondità aumenta la finezza della granulometria o il tenore di scheletro), lo strato superiore può essere asportato insieme a uno strato superiore dello strato inferiore e separato dal rimanente strato inferiore del suolo.

<sup>43</sup> Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2013. Pratica ambientale n. 1322. Capitolo 8.2 «Bodenschutz» (protezione del suolo). Pag. 155 segg. Non disponibile in italiano.

<sup>44</sup> Linee guida per l'inverdimento in alta quota Ingegneria naturalistica. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Capitolo 6.3 «Begrünungsverfahren». Pag. 39 segg. Non disponibile in italiano.

## 4.5 Deposito temporaneo del suolo asportato

Nei cantieri è frequente che lo strato superiore e inferiore del suolo asportato non possa essere riutilizzato subito e sia necessario un deposito temporaneo. Con un allestimento adeguato (ubicazione, forma, altezza) e una gestione idonea del deposito temporaneo è possibile conservare la struttura del suolo anche in caso di deposito pluriennale.

### 4.5.1 Misure standard

Le misure seguenti di protezione per il deposito temporaneo di suolo asportato sono considerate regolarmente corrette:<sup>45</sup>

#### *Deposito temporaneo di suolo asportato*

- I depositi temporanei di suolo vengono allestiti direttamente sul suolo naturale (anche per depositi di lunga durata).<sup>46</sup>
- Lo strato superiore e inferiore del suolo, i suoli che presentano differenze importanti (ad es. tenore organico, tenore di scheletro) o deterioramenti (chimici, biologici o da sostanze estranee) vengono depositati temporaneamente in maniera separata e contrassegnati in modo univoco. In caso di deposito temporaneo di suoli deteriorati, occorre garantire che il suolo sottostante non venga ulteriormente deteriorato dal deposito temporaneo.
- Per i depositi temporanei viene rispettata l'altezza standard (in stato sedimentato). Per lo strato superiore del suolo è risultata efficace un'altezza di 1,5 metri e per lo strato inferiore del suolo un'altezza di 2,5 metri. L'altezza può variare leggermente a seconda della durata del deposito, delle proprietà del suolo e della forma del deposito temporaneo.
- La base del deposito temporaneo presenta un potenziale di drenaggio (nessuna depressione, altrimenti con drenaggio). L'acqua superficiale deve poter defluire liberamente dal deposito temporaneo.
- È indicato allestire i depositi temporanei in modo da renderne possibile la gestione (ad es. ubicazione, accesso).
- Al momento dell'allestimento di depositi paralleli al pendio vengono installati ausili per l'infiltrazione e, se necessario, adottate ulteriori misure per la raccolta dall'acqua superficiale al di sopra del deposito intermedio.
- I depositi temporanei di suolo vengono inerbiti immediatamente. La semina deve garantire una crescita rapida su tutta la superficie e un radicamento profondo. In questo modo è possibile ottenere un prosciugamento rapido del deposito temporaneo e prevenire la comparsa di piante indesiderate (ad es. piante infestanti problematiche). Sono possibili deroghe in caso di breve durata del deposito.
- I depositi temporanei di suolo sono gestiti e curati. La gestione di depositi temporanei di suolo comprende lo sfalcio regolare e la rimozione della vegetazione tagliata.
- I depositi temporanei di suolo sono sorvegliati per prevenire la comparsa di piante indesiderate. Se si sviluppano piante infestanti, occorre combatterle e se compaiono piante alloctone invasive occorre adottare misure specifiche.

<sup>45</sup> Cfr. Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.9 «Metodi di deposito temporaneo del suolo asportato».

<sup>46</sup> In caso di deposito temporaneo di materiali di riempimento diversi dallo strato superiore e inferiore del suolo come materiale di scavo e di sgombero, l'altezza di riempimento per il deposito diretto sul suolo naturale non deve superare i 3,5-4 metri. Estrapolazione: limitando il carico superficiale a circa  $8 \text{ t m}^{-2}$  ( $4 \text{ m}^3 \times \text{ca. } 1,8 \text{ t}$ ), con pressione sul suolo di massimo  $0,8\text{-}1 \text{ kg/cm}^2$  a partire da  $10 \text{ cbar}$  il suolo sottostante può essere sottoposto a un carico.

- La semina e la gestione di depositi temporanei viene effettuata su suoli ben asciutti e portanti con macchine agricole possibilmente leggere con un peso complessivo fino a 3 t (cfr. anche il cap. 4.2). I depositi temporanei piccoli e a forma di terrapieno possono essere seminati a mano e lavorati con decespugliatori. Per curare la coltura nei depositi pluriennali si può utilizzare il bestiame minuto (pascolamento adattato) non appena sul deposito temporaneo è presente una fitta vegetazione (generalmente dal terzo periodo vegetativo).
- In caso di asportazione di depositi temporanei con piante infestanti, queste vanno prima rimosse (comprese le radici) o ridotte al minimo con una diserbatura della superficie.

#### 4.5.2 Divergenze rispetto allo standard

I suoli con quota organica superiore al 30 per cento devono essere preferibilmente riciclati direttamente dopo l'asportazione o depositati temporaneamente al massimo per un mese. Occorre valutare misure supplementari come, ad esempio, l'aumento del deposito intermedio<sup>47</sup> o l'allestimento di depositi intermedi in depressioni bagnate. Poiché questi suoli possono modificarsi fortemente durante il deposito temporaneo, ove possibile si deve rinunciare all'asportazione (ad es. in caso di utilizzazione temporanea). Un deposito temporaneo di lunga durata può comportare una degradazione indesiderata della sostanza organica.

A causa della breve durata del periodo vegetativo, nelle *zone di montagna* è praticamente impossibile inerbire i depositi temporanei di suolo asportato dallo strato superiore e inferiore e, se situati sui pendii, in genere occorre proteggerli dall'erosione. Pertanto, il suolo viene generalmente depositato con il materiale vegetale disponibile sul posto (autoctono), compreso l'insieme dei semi sotto forma di zolle erbose. Le zolle erbose devono essere accatastate correttamente in modo compatto nel deposito temporaneo, trattate con cura e protette dalla disidratazione. Nella pratica si è rivelato efficace posare sotto il deposito temporaneo un geotessuto (funzione di separazione) a protezione della superficie esistente. Il riutilizzo delle zolle erbose senza deposito temporaneo consente da un lato di conservare meglio la vegetazione e, dall'altro, il trasferimento diretto del suolo o delle zolle erbose permette di ridurre la superficie utilizzata, poiché non sono più necessarie superfici per i depositi temporanei.

## 4.6 Riporto e ricoltivazione del suolo

Dopo un intervento di genio civile o un'utilizzazione temporanea occorre ripristinare i suoli presenti inizialmente. Per il riporto di suolo ha dato buoni risultati l'impiego di un escavatore cingolato con una benna a lama liscia. Per singole fasi di lavoro nelle ricoltivazioni di suolo si possono prendere in considerazione anche altre macchine di cantiere. Il loro impiego può essere consentito in modo specifico per progetto e in base delle proprietà del suolo con eventuali misure di protezione del suolo supplementari.

#### *Suoli modificati da opere di genio civile*

In una ricostruzione del suolo la base è costituita dalla plania grezza portante, composta da sottosuolo, materiale di scavo o di sgombero. Lo strato superiore e inferiore del suolo viene riportato in base all'obiettivo di ricoltivazione (ad es. spessore dello strato in funzione della profondità utile per le radici o proprietà dello strato superiore del suolo in base alla classe di idoneità di utilizzazione). Il sottosuolo può essere anche inserito sotto

<sup>47</sup> L'aumento può contribuire a ridurre la quantità di materiale organico che viene a contatto con l'aria e rallentare così il processo di degradazione (ad es. in caso di materiale organico fibroso scarsamente decomposto che presenta anche una densità ridotta).

---

forma di strato (non portante) al di sotto dello strato inferiore del suolo, ad esempio per aumentare la distanza dall'acqua sotterranea sottostante. I requisiti per uno strato intermedio del genere possono divergere nettamente da quelli per una plania grezza e devono essere definiti in modo specifico per progetto.

#### *Suoli occupati temporaneamente*

Anche i suoli occupati temporaneamente, ossia i suoli sottoposti a un carico non modificati da opere di genio civile, devono essere ricoltivati anche nella fase di provvedimenti successivi. Anche se il carico è stato effettuato correttamente, lo strato superiore del suolo è generalmente costipato e deve essere dissodato meccanicamente. La profondità del dissodamento dipende dalla profondità dello strato costipato e deve essere definita in modo specifico per progetto. Generalmente la compattazione si limita a una parte dello strato superiore del suolo. Per il dissodamento sono indicate macchine agricole e apparecchi come erpici o estirpatori. Un dissodamento, ad esempio con l'escavatore a benna, non può sostituire efficacemente quello eseguito con una macchina agricola.

#### **4.6.1 Misure standard**

Le misure di protezione del suolo seguenti sono da ritenersi regolarmente corrette per il riporto e la ricoltivazione di suoli:<sup>48</sup>

- In caso di ricostruzione del suolo si presuppone una plania grezza con un potenziale di drenaggio tale da garantire lo scarico dell'acqua superficiale. Il potenziale di drenaggio può essere garantito, ad esempio, mediante una plania grezza permeabile, una superficie sufficientemente inclinata della plania grezza o ausili per l'infiltrazione.
- A seconda del piano di drenaggio, la plania grezza viene scarificata meccanicamente per una concatenazione migliore del sottosuolo e dello strato superiore e inferiore del suolo.
- Lo strato superiore e inferiore del suolo viene riportato a strati e strisce senza compattazione attiva con un escavatore cingolato (posizionato a lato del suolo sulla plania grezza).
- A seconda delle proprietà del suolo e del suo prosciugamento (ad es. suolo a granulometria grossa e molto secco) i singoli strati di suolo riportati vengono leggermente pressati con la parte piatta della benna. In questo modo si previene l'assestamento differenziato e l'erosione.
- Prima di essere rimessi a coltura, i suoli utilizzati temporaneamente devono essere dissodati con macchine agricole, in modo tale che non rimangano settori costipati.

#### **4.6.2 Divergenze rispetto allo standard**

Nei *paesaggi montani strutturati in piccoli territori* occorre adeguare la plania grezza ai requisiti della ricoltivazione e all'ambiente circostante. Può essere quindi inclinata in modo irregolare e integrata con elementi strutturali superficiali. Tra questi si possono collocare, ad esempio, zolle erbose comprese della zona radicale. Prima del riporto di zolle erbose, il sottofondo deve essere preparato in modo tale da permettere una crescita rapida. Le zolle erbose con le parti di vegetazione devono sviluppare radici forti. Inoltre, le cavità tra le zolle devono essere riempite con suolo autoctono in forma sfusa e le zolle erbose devono essere protette contro la disidratazione anche dopo il riporto.<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Cfr. Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 3.10 «Metodi di ripristino o riporto dei suoli al termine dei lavori («opera suolo»)». Pag. 70 segg.

<sup>49</sup> Linee guida per l'inverdimento in alta quota Ingegneria naturalistica. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Capitolo 6.3. «Begrünungsverfahren». Pag. 39 segg.

Il riporto di suolo deve essere orientato all'obiettivo dell'inerbimento. Una superficie ruvida offre nicchie protette ai germogli, previene l'erosione e rallenta la disidratazione. In montagna la quota di terra fine per un inerbimento deve essere di almeno il 30 per cento. In caso contrario si può spargere uno strato con materiale a granulometria fine o, sulle superfici soggette a sfruttamento agricolo intensivo, anche compostaggio, letame, fieno e paglia. Le sementi devono essere adeguate in modo ottimale all'altitudine, al tipo di suolo (alcalino o acido) e al luogo dell'impiego e devono comprendere essenze «strutturanti» (in genere Poaceae – graminacee) e alcune leguminose (Fabaceae – papilionacee).<sup>50</sup> Può essere opportuna una concimazione iniziale.<sup>51</sup> Per prevenire l'erosione occorre garantire un rapido consolidamento del nuovo suolo. È possibile prevenire il dilavamento del suolo con una copertura (ad es. con stuoie di protezione contro l'erosione); eventualmente può essere necessario creare anche piccoli canali di drenaggio.<sup>52</sup> Un attecchimento rapido della vegetazione, comprese le radici profonde, può favorire la protezione contro l'erosione. Una lavorazione di terreni pietrosi con una fresa aumenterebbe invece l'esposizione al rischio di erosione.<sup>53</sup> Per prevenire danni da erosione, la copertura del suolo dopo il ricollocamento dello strato superiore del suolo e della vegetazione deve ammontare ad almeno il 70 per cento.<sup>54</sup>

Per il *riciclaggio del suolo di un cantiere nel bosco su superfici al di fuori del bosco* occorre tenere conto degli aspetti riguardanti la chimica del suolo. I suoli nel bosco presentano generalmente proprietà nettamente diverse da quelli utilizzati per l'agricoltura (ad es. valore del pH). La presenza di radici nel suolo asportato non riduce la sua idoneità al riciclaggio. Tuttavia, la presenza nel suolo da riciclare di ceppaie, radici grosse come un braccio e ramaglie non è opportuna, poiché a seconda della grandezza possono ostacolare la lavorazione e far aumentare l'onere per il trasferimento. Inoltre, in caso di ricoltivazione su superfici utilizzate a scopo agricolo non sono desiderate radici nello strato lavorato e, pertanto, devono essere prima rimosse (ad es. con un setaccio). Se il suolo non viene utilizzato a scopo agricolo, le parti di radici nello strato superiore del suolo generalmente non sono problematiche.

In rari casi il *riporto di suolo avviene con un inerbimento intermedio* dello strato inferiore del suolo, ossia riportando lo strato superiore e quello inferiore in momenti diversi. Prima viene collocato lo strato inferiore del suolo, poi viene effettuata la semina (inerbimento intermedio) e, al più presto dopo un anno, si procede al riporto dello strato superiore del suolo.<sup>55</sup> L'inerbimento intermedio ha il vantaggio di strutturare e attivare biologicamente lo strato inferiore prima del riporto dello strato superiore del suolo. Le radici lasciano pori verticali che favoriscono il trasporto dell'aria e dell'acqua. Poiché per il trasferimento di suoli si utilizzano oggi prevalentemente escavatori cingolati e questi consentono il riporto di più strati di suolo senza dover transitare sul suolo appena collocato, il riporto di suolo con inerbimento intermedio dello strato inferiore si esegue ancora soltanto in pochi singoli casi, soprattutto quando si ricoltiva uno strato inferiore del suolo partendo da un deposito pluriennale.

<sup>50</sup> Suolo e cantieri Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508. Pag. 86.

<sup>51</sup> Linee guida per l'inverdimento in alta quota Ingegneria naturalistica. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Capitolo 6.4. «Zusatzstoffe». Pag. 42 segg

<sup>52</sup> Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidungsbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2013. Pratica ambientale n. 1322. Pag. 155. Non disponibile in italiano.

<sup>53</sup> Suolo e cantieri Stato della tecnica e della prassi. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508, capitolo 1.6.3 «Cantieri nelle zone montane del Giura». Pag. 30 segg.;

Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidungsbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2013. Pratica ambientale n. 1322. Pag. 156. Non disponibile in italiano.

<sup>54</sup> Das Stabilitätspotential alpiner Geoökosysteme gegenüber Bodenstörungen durch Skipistenbau. Mosimann T. 1984. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie. Band 12. S. 167–176. Non disponibile in italiano.

<sup>55</sup> Richtlinie für den sachgerechten Umgang mit Boden. Associazione Svizzera dell'industria degli Inerti e del Calcestruzzo (ASIC). 2021. Capitolo 7.5.3 «Bodenauftrag mit Zwischenbegrünung». Pag. 55 segg. Non disponibile in italiano.

## 4.7 Provvedimenti successivi

Ultimata la ricoltivazione del suolo o conclusa l'utilizzazione temporanea, iniziano i provvedimenti successivi, il cui obiettivo è stabilizzare il suolo appena collocato, ripristinare il sistema dei pori e promuovere e ricostituire l'attività biologica. I provvedimenti successivi durano fino al raggiungimento dell'obiettivo di ricoltivazione (generalmente 3-5 periodi vegetativi).<sup>56</sup> Le misure di lavorazione e gestione del suolo necessarie durante i provvedimenti successivi dipendono dalle proprietà del suolo, dal tipo e dall'entità degli interventi sul suolo e dallo stato del suolo dopo la conclusione del riporto. Come nella fase precedente, l'inizio dei lavori di costruzione, durante i provvedimenti successivi gli obiettivi di rendimento dell'utilizzazione a scopo agricolo hanno un'importanza secondaria.

### 4.7.1 Misure standard

Durante la fase di gestione sono da ritenersi regolarmente corrette le misure di protezione del suolo seguenti:

- Transito sul suolo soltanto se è asciutto e con macchine leggere (cfr. cap. 4.2).
- Semina di una miscela di sementi di piante a radicamento profondo e rapidamente tappezzanti. La scelta della miscela di sementi dipende dall'obiettivo di ricoltivazione, dalla coltivazione durante i provvedimenti successivi e dai requisiti climatici e specifici del suolo (di norma una miscela di trifoglio e graminacee con un'elevata quota di leguminose a radicamento profondo).
- La semina si effettua in genere immediatamente dopo la conclusione della ricoltivazione. In caso di ricoltivazione a fine autunno non conviene attendere fino a primavera, poiché dopo un periodo di precipitazioni intenso in primavera il suolo non è generalmente lavorabile con macchine per alcune settimane. In autunno si possono seminare anche miscele di colture foraggere pluriennali. La semina di colture intermedie o transitorie è invece opportuna solo in pochi casi.
- I suoli seminati e le colture vengono gestiti e curati. La gestione comprende lo sfalcio di pulizia dopo la semina seguita dallo sfalcio regolare. Dopo lo sfalcio, la vegetazione tagliata viene rimossa e in autunno viene effettuata la pacciamatura. Le piante infestanti e le piante alloctone invasive vanno combattute.
- Nel primo (eventualmente anche nel secondo) periodo di vegetazione non viene effettuata alcuna concimazione azotata (ad es. letame). Di norma si rinuncia all'impiego di colaticcio durante tutti i provvedimenti successivi per favorire la crescita in profondità delle radici. Si possono aggiungere altre sostanze nutritive o oligoelementi se questa misura è ritenuta opportuna a seguito di esami del suolo.
- Durante i primi tre periodi vegetativi non è ammesso il pascolo con bestiame grosso. Dal terzo periodo vegetativo si può prendere in considerazione un pascolo estensivo con bestiame minuto (ad es. pecore).
- La durata dei provvedimenti successivi dipende dall'entità dell'intervento sul suolo. Per i suoli ricostruiti si sono dimostrati efficaci almeno tre periodi vegetativi di gestione prudente con prato. Per i siti utilizzati per la campicoltura si passa successivamente in modo altrettanto prudente alle colture campicole (preferibilmente frumento o colza dopo la prima aratura invece di tuberi e radici, verdure di campo, barbabietole da zucchero o granturco insilato).
- La durata dei provvedimenti successivi di suoli utilizzati temporaneamente e non trasferiti viene determinata individualmente in funzione della situazione effettiva e può essere nettamente ridotta rispetto ai terreni ricostruiti.

<sup>56</sup> Raccomandazioni dettagliate in merito ai provvedimenti successivi sono disponibili nelle schede informative cantonali e nella pubblicazione «Richtlinie für den sachgerechten Umgang mit Boden». Associazione Svizzera dell'industria degli Inerti e del Calcestruzzo (ASIC). 2021. Capitolo 9 «Nachnutzung – Folgebewirtschaftung». Pag. 65 segg. Non disponibile in italiano.

- 
- Gli obiettivi e le misure durante i provvedimenti successivi vengono concordati per iscritto con il proprietario e i gestori e controllati dai titolari dell'autorizzazione (in genere il committente).
  - In presenza di lacune, la durata dei provvedimenti successivi viene prolungata. Le misure per l'eliminazione di lacune non devono essere attuate troppo presto, poiché, ad esempio, l'ubicazione e l'estensione delle zone bagnate può cambiare molto nei primi due periodi vegetativi.

---

# Allegato

## A1 Scavi convenzionali di piccole dimensioni (scavi a U)

I progetti di posa di cavi e condotte di piccole dimensioni (larghezza dello scavo fino a 0,6 m e profondità 1,2 m ca.) vengono eseguiti preferibilmente durante il periodo vegetativo. La particolarità per quanto riguarda il suolo è costituita dal fatto che questi cantieri lineari si estendono per lunghe distanze su suoli diversi per proprietà, utilizzazione e stato attuale e generalmente utilizzano solo piccoli settori di un'unità di gestione.

Tenendo conto delle colture, la costruzione di condotte di servizio con piccoli scavi in superfici utilizzate a scopo agricolo viene effettuata a volte al di fuori del periodo vegetativo. Questi interventi sul suolo naturale possono essere presi in considerazione anche in caso di tensione capillare ridotta, se l'utilizzazione è situata ai margini delle unità di gestione e possono essere eseguiti con apparecchiature e macchine di piccole dimensioni (peso operativo < 5 t). La valutazione dell'umidità del terreno per la determinazione del limite di utilizzo delle macchine impiegate può essere effettuata con il test tattile (cfr. cap. 4.2).

In caso di scavi di larghezza ridotta e durata breve dell'intervento sul suolo si può rinunciare ai provvedimenti successivi e passare direttamente a un'utilizzazione a scopo agricolo senza limitazioni.

Con le misure seguenti è possibile garantire regolarmente una gestione corretta del suolo quando si posano cavi e condotte di piccole dimensioni o si effettuano lavori di scavo simili (ad es. drenaggi):<sup>57</sup>

- Al momento della scelta del tracciato, della definizione delle superfici di deposito e della pianificazione dell'organizzazione del cantiere occorre tenere conto delle proprietà mutevoli del suolo.
- Per i tragitti lungo il cantiere (ad es. trasporti) occorre utilizzare il più possibile le strade e i sentieri esistenti.
- L'asportazione di suolo viene effettuata solo nel settore dello scavo (larghezza dello scavo), con le macchine di cantiere cingolate posizionate sul terreno naturale.
- Lo scavo viene effettuato separando gli strati pedologicamente rilevanti, depositato e nuovamente riempito. Questi strati sono di norma lo strato superiore e inferiore del suolo e il materiale del sottosuolo.
- I depositi intermedi vengono allestiti accanto allo scavo, a forma di terrapieno e separati in base allo strato.
- Se a seguito del dislocamento di condotte e materiale per massicciata risulta un eccesso di materiale, viene rimosso il materiale del sottosuolo (non lo strato superiore o inferiore del suolo).
- Il riempimento dello scavo va effettuato rispettando l'ordine originario degli strati.
- Lo strato inferiore e superiore del suolo viene riempito senza compattazione attiva, lo strato superiore viene posato in alto nel settore dello scavo (lasciarlo assestare); una compattazione attiva viene effettuata solo per il sottosuolo.

<sup>57</sup> Suolo e cantieri. Stato della tecnica e della prassi Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). 2015. Studi sull'ambiente n. 1508. 2015. Capitolo 4.4 «Cantieri lineari per la posa di condotte e cavi interrati». Pag. 95 segg.

---

**Nota**

*Al momento della pianificazione e della posa di condotte di grandi dimensioni con scavi profondi, scavi a V o scavi che vengono eseguiti con macchine speciali (aratro per condotte, scavafossi), occorre armonizzare in modo specifico per progetto le misure di protezione del suolo alle proprietà del suolo e alle macchine disponibili per l'esecuzione. A tale scopo fungono da base le spiegazioni contenute nel capitolo 4 relative alla gestione tecnico-edilizia corretta del suolo.*

## A2 Limiti di utilizzo per il transito e il riporto di suolo

### A2-1 Valori di tensione capillare minimi per l'impiego di macchine rispettoso del suolo

Il grado di prosciugamento del suolo può essere rilevato tramite la tensione capillare. Lo strumento di misurazione più diffuso a tal fine è il tensiometro. In stato di saturazione, nel suolo non vi è tensione (si tratta dello stato permanente, ad es. della falda freatica). Non appena l'acqua defluisce in profondità, evapora o è utilizzata dalle piante, ossia quando l'acqua presente nelle cavità del suolo (pori) viene eliminata, si determina una cosiddetta tensione capillare (depressione). Per la determinazione della transitabilità, questa tensione viene misurata in modo unitario a una profondità di 30-35 cm (estremità della punta ceramica a una profondità del suolo di 35 cm).

Per l'asportazione, il trasferimento e il transito sul suolo si applicano i valori di tensione capillare minimi elencati nella tabella 3. Nella pratica, per valutare la resistenza meccanica occorre considerare, oltre alla tensione capillare, anche la quantità di precipitazioni.

**Tabella 3**

**Tensione capillare minima (in cbar) per l'impiego di macchine rispettoso del suolo**

cbar	Grado di umidità e stato del suolo	Possibilità d'impiego
< 6	Il suolo è bagnato e si attacca all'escavatore a benna	La resistenza meccanica del suolo è troppo ridotta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• il suolo non può essere mosso;</li> <li>• non si può transitare sul suolo o sottoporlo a un altro carico.</li> </ul>
6-10	Il suolo è umido e plastico, non si attacca all'escavatore a benna	Il suolo non è abbastanza resistente al carico per consentire il transito di veicoli, è possibile una lavorazione rispettosa del suolo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• il suolo può essere lavorato o trasferito;</li> <li>• non si può transitare sul suolo o sottoporlo a un altro carico.</li> </ul>
≥ 10	Il suolo è umido e si rompe facilmente, è scorrevole nell'escavatore a benna	Sul suolo è ammesso il transito di macchine di cantiere cingolate. Il limite effettivo di utilizzo di una macchina viene determinato sulla base del nomogramma (cfr. all. A2-2) e dei parametri caratteristici della macchina.
≥ 25	Il suolo è secco	Sul suolo naturale è ammesso il transito di macchine di cantiere con pneumatici convenzionali (ad es. piccolo dumper gommato) se il carico per ruota non supera 2,5 t e la pressione della superficie di contatto non supera 0,5 kg/cm <sup>2</sup> .

## A2-2 Determinazione del limite di utilizzo delle macchine di cantiere cingolate per il transito sul suolo

Il nomogramma per la valutazione dell'utilizzo ammissibile di macchine di cantiere cingolate sul suolo (cfr. figura 2) mostra il limite di utilizzo in base alla pressione della superficie di contatto e del peso operativo della macchina a seconda della tensione capillare misurata con il tensiometro a una profondità di 30-35 cm (estremità della punta ceramica a una profondità del suolo di 35 cm).<sup>58</sup> Il punto di intersezione tra la pressione della superficie di contatto (linee orizzontali) e il peso operativo (linee verticali) indica il limite di utilizzo specifico della macchina in cbar (tensione capillare minima necessaria: linea obliqua).

Oltre che con il nomogramma, il limite di utilizzo di una macchina di cantiere cingolata si può calcolare anche per mezzo della seguente formula (esempi cfr. tab. 4):

### Calcolo del limite di utilizzo delle macchine di cantiere cingolate

$$\text{Tensione capillare minima necessaria [cbar]} = \text{peso operativo della macchina di cantiere cingolata [t]} \times \text{pressione della superficie di contatto [kg/cm}^2\text{]} \times 1,25$$

Tabella 4

#### Esempi dei limiti di utilizzo specifici delle macchine di cantiere cingolate

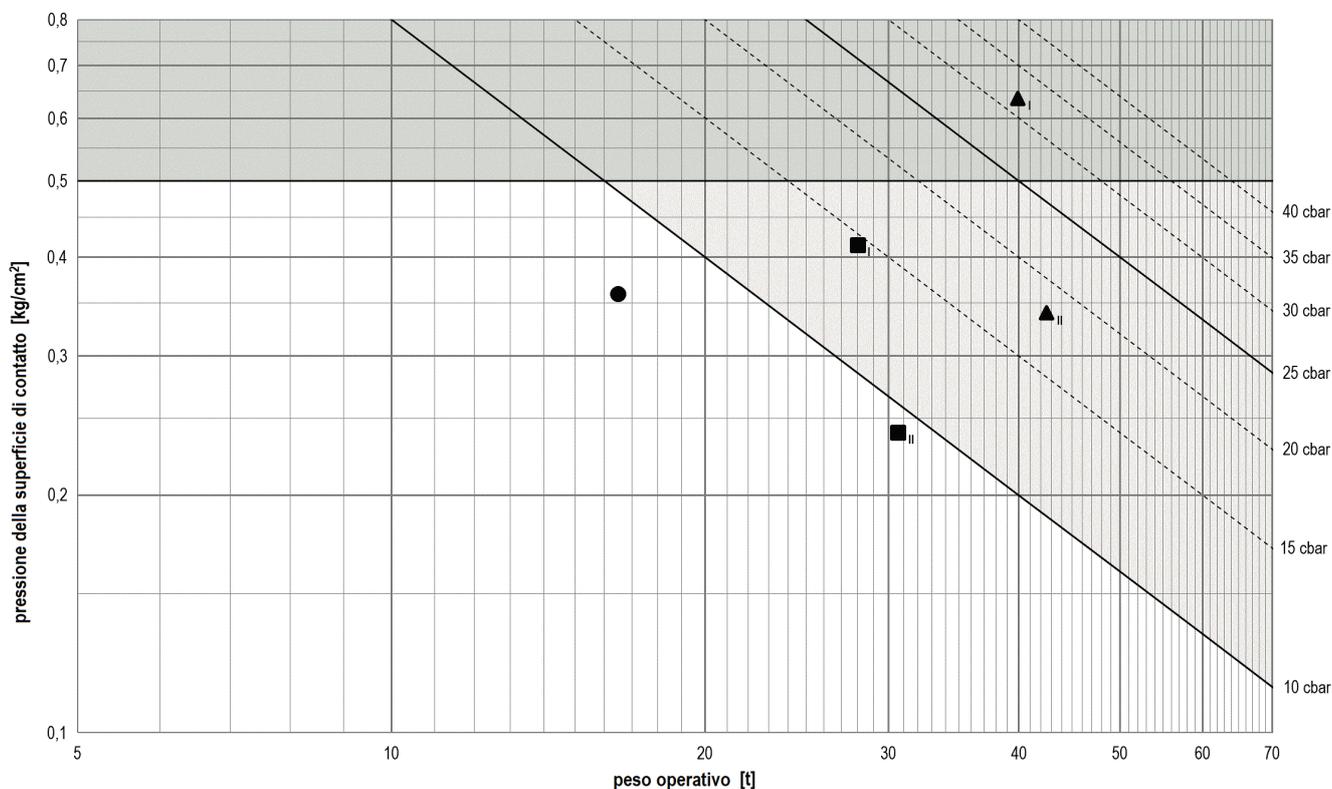
	Peso operativo [t]	Larghezza del cingolo [mm]	Pressione superficie di contatto [kg/cm <sup>2</sup> ]	Limite di utilizzo specifico della macchina [cbar]	Possibilità di utilizzo
●	16,5 t	700 mm	0,36 kg/cm <sup>2</sup>	7,4 cbar	Utilizzabile sul suolo a partire da una tensione capillare di 10 cbar. Questa macchina di cantiere cingolata ha un limite di utilizzo calcolato di 7,4 cbar di tensione capillare, tuttavia sotto 10 cbar di tensione capillare il suolo naturale non è abbastanza resistente per poter essere transitato.
■ <sub>I</sub>	28,0 t	800 mm	0,415 kg/cm <sup>2</sup>	14,5 cbar	Utilizzabile sul suolo a partire da una tensione capillare di 14,5 cbar.
■ <sub>II</sub>	30,63 t	800 mm	0,24 kg/cm <sup>2</sup>	9,2 cbar	Utilizzando un materasso di legno <sup>a)</sup> come elemento protettivo, questa macchina di cantiere cingolata può essere utilizzata a partire da una tensione capillare di 10 cbar.
▲ <sub>I</sub>	39,9 t	700 mm	0,64 kg/cm <sup>2</sup>	31,7 cbar	La pressione della superficie di contatto di questa macchina di cantiere cingolata è superiore a 0,5 kg/cm <sup>2</sup> . Pertanto, anche rispettando il limite di utilizzo calcolato questa macchina non può essere utilizzata direttamente sul terreno naturale. L'utilizzo può avvenire solo su un elemento protettivo.
▲ <sub>II</sub>	42,53 t	700 mm	0,34 kg/cm <sup>2</sup>	18,0 cbar	Utilizzando un materasso di legno <sup>a)</sup> come elemento protettivo, questa macchina di cantiere cingolata può essere utilizzata a partire da una tensione capillare di 18 cbar.

<sup>a)</sup> Impiego di un materasso di legno: 6 tavole di legno (5 m × 2,5 m × 0,3 m) da 700 kg/m<sup>3</sup> danno 2,63 t di peso proprio. La superficie portante è di 12,5 m<sup>2</sup>.

<sup>58</sup> «Direttive per la protezione del suolo relative alla costruzione di impianti di trasporto in condotta» (Direttive per la protezione del suolo). Ufficio federale dell'economia energetica (UFEE; oggi Ufficio federale dell'energia UFE). 1993, revisione 1997. Allegato 6 «Nomogramma sul limite di utilizzo delle macchine di cantiere».

Figura 2

**Nomogramma per la valutazione dell'utilizzo ammissibile di macchine di cantiere cingolate sul suolo**



- Bianco:** il limite di utilizzo della macchina di cantiere cingolata calcolato sulla base dei parametri caratteristici della macchina è < 10 cbar di tensione capillare, ma il suolo è sufficientemente portante per poter essere transitato solo a partire da una tensione capillare di 10 cbar. Di conseguenza, la macchina di cantiere cingolata è utilizzabile sul suolo a partire da una tensione capillare di 10 cbar (cfr. ●).
- Grigio chiaro:** il limite di utilizzo specifico della macchina calcolato è >= 10 cbar di tensione capillare. Di conseguenza, la macchina di cantiere cingolata è utilizzabile sul suolo a partire dal limite di utilizzo calcolato (cfr. ■<sub>I</sub>).  
Se la tensione capillare nel suolo è inferiore al limite di utilizzo specifico della macchina calcolato, si possono utilizzare elementi protettivi provvisori (materassi di legno; cfr. cap. 4.3) per ridurre la pressione della superficie di contatto e consentire in tal modo l'utilizzo della macchina anche con una tensione capillare più bassa (cfr. ■<sub>II</sub>).
- Grigio scuro:** se la pressione della superficie di contatto della macchina è superiore a 0,5 kg/cm² (cfr. ▲<sub>I</sub>), questa può essere utilizzata solo con un elemento protettivo (ad es. materassi di legno; 4.3). Per le macchine con un peso operativo ridotto si può, se del caso, derogare a questa prescrizione (previo esame tecnico). Anche in caso di impiego di elementi di protezione provvisori, occorre tenere conto della tensione capillare minima necessaria (cfr. ▲<sub>II</sub>).

### Nota

Le macchine di cantiere cingolate con peso operativo < 5 t sono fuori dal campo di applicazione ragionevole del nomogramma. L'impiego di queste macchine sul terreno deve essere valutato da uno specialista in modo specifico per progetto.

Per l'installazione di elementi protettivi si applicano le stesse prescrizioni tecniche concernenti l'umidità del suolo applicate per il transito sul suolo (cfr. cap. 4.2). In particolare la posa di elementi protettivi provvisori (ad es. materassi di legno, lastre mobili rigide) o lo spargimento di elementi protettivi composti da mistone di ghiaia in forma sciolta si possono effettuare solo se il suolo è sufficientemente portante, ossia a partire da una tensione capillare di 10 cbar. La tensione capillare minima deve essere osservata anche quando si lavora stando su un elemento protettivo provvisorio.