

**Direttive per la protezione del suolo relative alla
costruzione di impianti di trasporto in condotta**

(Direttive per la protezione del suolo)

1o gennaio 1997

SOMMARIO

1. Introduzione	4
2. Scopo	4
3. Limiti di validità	5
4. Basi giuridiche	5
5. Cartografia dei suoli	5
5.1 Obiettivo	5
5.2 Estensione	6
5.3 Procedura per il progetto di concessione (VCA 1° livello)	6
5.4 Procedura per il progetto di approvazione dei piani (VCA 2° livello)	6
5.4.1 Rilevamento	6
5.4.2 Carte dei suoli ed interpretazione	7
6. Preparazione, costruzione e ricoltivazione	7
6.1 Considerazioni generali	7
6.2 Progetto di costruzione	8
6.3 Preparazione alla costruzione	8
6.4 Costruzione	9
6.4.1 Considerazioni generali	9
6.4.2 Criteri per la scelta delle macchine di cantiere, relativamente ad ogni singolo tratto.	9
6.4.3 Decisione sulla scelta delle macchine di cantiere, relativamente ad ogni singolo tratto.	9
6.5 Ripristino, ricoltivazione e riconsegna	10
7. Utilizzazione dei terreni dopo la conclusione dei lavori	11
8. Disposizioni transitorie	12
9. Entrata in vigore	12

INDICE DELLE APPENDICI

- APPENDICE 1 Esempio di carta del suolo
- APPENDICE 2 Esempio tabella per la carta dei suoli
- APPENDICE 3 Diagramma "Procedimento decisionale per determinare la sensibilità al costipamento del sottosuolo".
- APPENDICE 4 Spiegazioni del diagramma "Procedimento decisionale per determinare la sensibilità al costipamento del sottosuolo"
- APPENDICE 5 Determinazione della preconsolidazione mediante la curva degli assestamenti
- APPENDICE 6 Nomogramma sul limite di utilizzo delle macchine di cantiere
- APPENDICE 7 Descrizione del tensiometro
- APPENDICE 8 Esempio di capitolato per pedologi
- APPENDICE 9 Costruzione delle condotte

1. Introduzione

Gli impianti di trasporto in condotta di combustibili e carburanti liquidi e gassosi (nel seguito denominate "condotte") servono per l'approvvigionamento energetico, e la loro realizzazione è quindi di pubblico interesse.

È ugualmente di interesse pubblico la protezione del suolo che va difeso e non deve essere esposto a danneggiamenti evitabili, in particolare a costipamenti. Il suolo, (vale a dire lo strato di terra permeabile in cui possono crescere le piante) presenta un sistema di cavità viventi che, se sottoposto a transito veicolare, reagisce con diversa sensibilità. Per giudicare se i tratti in questione sono percorribili, bisogna considerare prima di tutto la quantità di acqua e di argilla presente nel suolo.

Danni provocati al suolo (soprattutto costipamenti dovuti a carichi fisici) non possono essere completamente evitati. Bisogna comunque fare il possibile per evitare che nel sottosuolo si verifichino costipamenti, e fare in modo che il suolo, a circa 2 anni dall'ultimazione dei lavori, si possa rigenerare.

Dopo un'applicazione di circa tre anni, le direttive per la protezione del suolo del 14 maggio 1993 sono state riesaminate ed adeguate allo stato attuale delle esperienze pratiche e della teoria, da un gruppo di lavoro formato da rappresentanti dell'Ufficio federale dell'energia, da rappresentanti dell'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, dall'Ispettorato federale degli oleo e gasdotti, dal Politecnico federale di Zurigo, dagli Uffici cantonali per la protezione del suolo, dall'Industria del gas nonché da un esperto autonomo per la protezione del suolo. Le presenti direttive per la protezione del suolo (DPS) sostituiscono le direttive del 14 maggio 1993.

Le presenti direttive vanno periodicamente esaminate e se necessario adeguate, in base alle esperienze pratiche e alle conoscenze scientifiche.

In casi particolari e di comune accordo con l'Ufficio federale dell'energia, con i concessionari interessati e con l'Ufficio cantonale competente per la protezione del suolo, si può derogare da tali direttive.

2. Scopo

Scopo delle presenti direttive è quello di consentire la costruzione di condotte, senza che il suolo venga danneggiato, di uniformare la documentazione relativa alla procedura di autorizzazione e valutazione del progetto, nonché di formulare le condizioni e disposizioni al fine di evitare conflitti tra i promotori del progetto ed i soggetti coinvolti dalla costruzione (gestori e proprietari fondiari).

3. Limiti di validità

Le direttive si applicano durante la costruzione e la manutenzione di condotte interrato adibite al trasporto di petrolio, di gas naturale o di altri combustibili e carburanti liquidi e gassosi, indicati dal Consiglio Federale ai sensi dell'art. 5 dell'ordinanza sugli impianti di trasporto in condotta dell'11 settembre 1968 (SR 746.11).

4. Basi giuridiche

- Legge sugli impianti di trasporto in condotta del 4 novembre 1963 (SR 746.1)
- Legge sulla tutela dell'ambiente del 7 ottobre 1983 (SR 814.01), Revisione del 21 dicembre 1995
- Legge sui boschi del 4 ottobre 1991 (SR 921.01)
- Manuale sulla valutazione della compatibilità ambientale (VCA), settembre 1990
- Comunicazioni sulla VCA "Terreno e VCA", marzo 1991

5. Cartografia dei suoli

5.1 Obiettivo

I suoli vanno classificati a seconda della loro sensibilità al costipamento e la loro pedologia.

Le carte devono:

- indicare lo stato del suolo prima dell'inizio dei lavori;
- indicare in anticipo, rispetto al periodo di costruzione, i tratti critici del tracciato;
- permettere un andamento dei lavori che tenga in considerazione la sensibilità e lo spessore del suolo;
- consentire la pianificazione dei tempi di scadenza dei lavori e di realizzazione della costruzione, che tenga conto in modo ottimale delle difficoltà dovute al suolo.

5.2 Estensione

L'estensione delle carte comprende la zona per la quale, durante la fase di costruzione e di esercizio delle condotte, si prevedono effetti negativi sull'ambiente (p. es. piste di costruzione).

5.3 Procedura per il progetto di concessione (VCA 1° livello)

Le caratteristiche del terreno vengono rilevate solo se ritenute necessarie per la scelta del tracciato nell'ambito del progetto di concessione e per l'elaborazione del capitolato VCA 2° livello.

5.4 Procedura per il progetto di approvazione dei piani (VCA 2° livello)

5.4.1 Rilevamento

Il rilevamento ha come scopo la classificazione dei suoli in base alla loro sensibilità al costipamento e alle future possibilità di coltivazione. La classificazione avviene in base alle seguenti caratteristiche:

- composizione del suolo secondo gli orizzonti ed il loro spessore;
- aerazione del suolo e regime idrico;
- tipo di suolo incluso il contenuto di scheletro (contenuto di sassi);
- struttura del terreno e densità degli strati;
- inclinazione trasversale e longitudinale (pendenza del terreno rispetto all'andamento della condotta);
- condizioni particolari;
- tipi di utilizzazione.

Il rilevamento si basa sulla documentazione esistente, su verifiche e rilevamenti pedologici sul terreno (un profilo per ogni elemento tipologico e sondaggi) e se necessario su analisi di laboratorio. I verbali di campo e di laboratorio devono essere tenuti a disposizione dei competenti Uffici della Confederazione e dei cantoni.

Nel caso in cui il richiedente voglia considerare per la valutazione della sensibilità al costipamento anche la pressione di preconsolidazione, bisogna definire il precarico del terreno in base alla curva di consolidazione (appendice 5). I verbali delle misure sono da mettere a disposizione degli Uffici competenti per la protezione del suolo della Confederazione e dei cantoni, assieme alla domanda di pubblicazione dei piani di costruzione.

5.4.2 Carte dei suoli ed interpretazione

I risultati del rilevamento, soprattutto quelli relativi alla sensibilità al costipamento nonché eventuali difficoltà di costruzione, vengono indicati nella carta del suolo su scala 1 : 10.000 oppure 1 : 5.000. Per ogni tratto essa contiene le indicazioni sulla lunghezza, sulla classificazione dei suoli a secondo della sensibilità al costipamento, sulla pendenza del suolo (trasversale e longitudinale rispetto all'andamento della condotta), sui cantieri speciali nonché sulle misure speciali di protezione eventualmente necessarie, inclusa la rimozione dell'humus (vedi appendice 1).

La sensibilità al costipamento del sottosuolo viene valutata secondo il diagramma rappresentato nell'appendice 3 " Procedimento decisionale per determinare la sensibilità al costipamento del sottosuolo". Con tale classificazione viene stabilito soprattutto come utilizzare il nomogramma (appendice 6) per la determinazione dei limiti di utilizzo delle macchine di cantiere.

Alla carta dei suoli vengono allegate le tabelle che descrivono le principali caratteristiche per ogni tratto (contenuto di scheletro ed argilla, tipo di terreno, spessore del suolo, regime idrico, categorie della sensibilità al costipamento, misure previste durante la costruzione, pendenze trasversali e longitudinali, nonché lunghezza dei tratti. Un esempio della carta del suolo e della tabella è riportato nell'appendice 1 e 2).

6. Preparazione, costruzione e coltivazione

6.1 Considerazioni generali

L'insieme delle misure da adottare per il progetto di costruzione devono essere messe a disposizione dell'Ufficio cantonale per la protezione del suolo con il progetto di costruzione. Il concessionario deve garantire la loro conformità con la documentazione per la gara d'appalto.

La realizzazione del progetto di costruzione, nonché i lavori di costruzione e di coltivazione, vengono eseguiti sotto la sorveglianza di esperti per la protezione del suolo, nominati dopo aver sentito il parere degli Uffici cantonali per la protezione del suolo interessati. Il compito degli esperti è quello di far rispettare, in collaborazione con la direzione lavori, le direttive per la protezione del suolo e sorvegliare i lavori di costruzione, fino alla riconsegna definitiva ai rispettivi proprietari fondiari o gestori, delle particelle interessate.

Il capitolato degli esperti per la protezione del suolo deve essere compilato dal concessionario in accordo con gli Uffici cantonali per la protezione del suolo (esempio appendice 8).

I proprietari fondiari ed i gestori vanno informati in tempo ed in modo dettagliato, al più tardi alla stipulazione dei contratti di servitù, sulle conseguenze previste dal progetto ed in particolare sulla larghezza della pista, sul procedimento di costruzione, sulla prevedibile durata del danneggiamento, sul rinverdimento della pista, sulle prestazioni d'indennizzo, sulla ricoltivazione, sugli effetti dell'utilizzazione del terreno dopo i lavori nonché sulle misure di protezione cautelative o preventive da prendere in caso di condizioni sfavorevoli (inclusa la sospensione dei lavori). Il concessionario deve tener conto il più possibile degli eventuali suggerimenti dei proprietari fondiari e dei gestori durante la fase di costruzione.

6.2 Progetto di costruzione

Le disposizioni sulle tipologie d'intervento da adottare durante la costruzione, affinché non si danneggi il suolo, vanno concretizzate nei piani per misure speciali secondo la seguente articolazione:

- lavori preliminari alla costruzione
- fase di costruzione
- ripristino e ricoltivazione

I piani per misure speciali informano per esempio dove bisogna rimuovere l'humus oppure dove è necessario impiegare un procedimento speciale. Le fasi della costruzione vanno trascritte, per quanto possibile, nei piani di costruzione. E' necessario distinguere tra le misure di protezione da adottare per la normale procedura di costruzione e le misure speciali da adottare nelle aree con elevata sensibilità al costipamento.

Per la protezione del sottosuolo si procederà alla rimozione dell'humus su terreni a prato e su terreni arabili solo per la larghezza dello scavo. Sulla pista percorsa da mezzi, di regola, non si esegue la rimozione dell'humus. Il momento appropriato per la rimozione dell'humus durante la fase della costruzione, si basa sulla topografia, sulla composizione del suolo, sulle caratteristiche del suolo e sulla sensibilità al costipamento del sottosuolo (appendice 9).

Nel bosco tale procedimento di regola non è realizzabile a causa dello sradicamento dei ceppi e della struttura mista tra suolo e sottosuolo. Bisogna assicurare che dopo la conclusione dei lavori di costruzione, ci sia a disposizione terreno ricco di humus per poter effettuare la ricoltivazione.

6.3 Preparazione alla costruzione

Prima dell'inizio dei lavori vengono inviati ai competenti Uffici cantonali per la protezione del suolo i dati sulle macchine di cantiere che si intendono impiegare,

compreso il loro peso complessivo, il loro carico specifico sul terreno nonché un piano aggiornato delle fasi di costruzione.

La pista di costruzione ricavata su terreni arabili è da rinverdire al momento opportuno e lasciata così il più a lungo possibile (si dovrà prevedere minimo 3 mesi di crescita durante il periodo di vegetazione; la semina, se possibile, deve avvenire prima del 15 agosto dell'anno precedente ai lavori, affinché il suolo si asciughi il più rapidamente possibile mediante un naturale processo di evapotraspirazione). In alternativa al rinverdimento, e qualora cio' fosse applicabile, si potrebbe usare come pista percorribile un campo di stoppie di cereali.

6.4 Costruzione

6.4.1 Considerazioni generali

Le misure di protezione durante la costruzione si basano su un piano di misure speciali e dipendono dalle condizioni del terreno e dalle condizioni meteorologiche al momento della costruzione.

In caso di condizioni favorevoli di clima e di terreno, i lavori devono protrarsi oltre il normale orario di lavoro.

Durante la fase di costruzione, le carte dei suoli devono essere continuamente controllate dagli esperti, affinché le misure per la protezione del suolo possano essere adattate agli eventuali mutamenti delle condizioni. In caso di importanti cambiamenti, deve esser consultato preventivamente il competente Ufficio cantonale per la protezione suolo.

6.4.2 Criteri per la scelta delle macchine di cantiere, relativamente ad ogni singolo tratto.

I criteri fondamentali per la scelta delle macchine di cantiere, si basano sulla sensibilità al costipamento in ogni tratto da realizzare, ricavate dalle carte dei suoli (paragrafo 5.4.2.), sul peso complessivo delle macchine e sul carico specifico trasmesso sul terreno (nomogramma appendice 6). Se si conoscono preventivamente le caratteristiche del terreno, la sensibilità al costipamento viene giudicata in base alle misure della tensione capillare effettuate con il tensiometro, (vedi spiegazioni in appendice 7). Ulteriori criteri da tenere in considerazione sono le condizioni meteorologiche, l'evapotraspirazione, le caratteristiche locali del suolo, il procedimento per la costruzione ecc.

6.4.3 Decisione sulla scelta delle macchine di cantiere, relative ad ogni singolo tratto.

Se l'utilizzo delle macchine a disposizione non è possibile ai sensi del paragrafo 6.4.2, l'esperto per il suolo richiede la sospensione dell'attività di costruzione oppure di compensare l'insufficiente capacità portante del terreno con misure aggiuntive.

Nei casi critici, la decisione sull'utilizzo delle macchine di cantiere viene presa in cantiere e possono essere coinvolti, oltre alla direzione lavori e all'esperto del suolo, anche i diretti interessati quali i proprietari fondiari o i gestori.

Se la direzione lavori non è d'accordo con tale decisione, è il concessionario, di comune accordo con l'Ufficio competente per la protezione del suolo, a decidere.

L'Ufficio cantonale per la protezione del suolo può a sua volta, secondo i criteri delle direttive per la protezione del suolo, richiedere al concessionario la sospensione di singole attività di costruzione.

Se non si raggiunge alcun accordo, la decisione definitiva spetta all'Ufficio federale dell'energia dopo aver sentito le parti in causa, (concessionario, Ufficio preposto per la protezione del suolo, ecc.).

Fino all'arrivo di una decisione (al massimo entro un giorno lavorativo), per il concessionario vale come direttiva la proposta dell'esperto del suolo alla direzione lavori, o quella dell'Ufficio cantonale per la protezione del suolo.

6.5 Ripristino, ricoltivazione e riconsegna

Il riempimento degli scavi viene eseguito normalmente dalle escavatrici. Nel riporre il materiale nello scavo, bisogna fare attenzione a controllare e prevenire i successivi assestamenti del suolo effettuando un adeguato costipamento preventivo o una baulatura compensativa, limitatamente allo spessore del sottosuolo.

La scarificazione del suolo è da limitare soprattutto alle zone che, con grande probabilità, hanno subito un elevato costipamento.

Prima di rimettere l'humus bisogna eliminare i massi in superficie, al fine di riportare l'area allo stato originario. Bisogna evitare di percorrere con le macchine di cantiere le zone appena ricoperte con l'humus.

Per il rinverdimento bisogna seminare, in accordo con i gestori, un'adeguata miscela di erbe. A titolo informativo, la stabilità strutturale del terreno viene raggiunta con il trifoglio e con l'erba medica, grazie al loro radicamento profondo. La preparazione del terreno da seminare e la semina, vanno effettuate in un'unica fase lavorativa.

Se a causa dell'avanzata stagione non è più possibile eseguire la semina a prato, viene consigliata la concimazione naturale del terreno, in attesa di eseguire un'adeguata semina di piante erbacee durante la successiva primavera. La coltivazione di piante tuberose e del mais va in ogni caso evitata.

Circa 4 - 6 settimane dopo la semina bisogna eseguire, se necessario e in accordo con il gestore, un accurato diserbo (cardi, ecc.).

In occasione della restituzione dei terreni occupati ai rispettivi proprietari fondiari oppure ai gestori, alla fine della fase di ricoltivazione viene compilato un verbale di accettazione dei terreni dove vengono indicate le misure da adottare durante la futura utilizzazione del terreno.

7. Utilizzazione dei terreni dopo la conclusione dei lavori

Se le condizioni durante la fase di costruzione sono state favorevoli, i terreni ricoltivati devono essere utilizzati ad erbaio per almeno 12 mesi dopo la semina. Nei terreni dove è stata effettuata una scarificazione più profonda di 50 cm, bisogna mantenere un rinverdimento per circa 2 anni e utilizzare preferibilmente tali terreni per produrre foraggio secco. Per superfici uniformi di oltre 50 are su cui si è eseguito uno scasso del suolo oppure un riempimento con materiale di risulta (p. es. aree di serbatoi di stoccaggio con tubi interrati), si consiglia il maggese.

Quando il terreno è umido bisogna evitare l'impiego di mezzi pesanti. Lo sfalcio ed il raccolto vanno eseguiti esclusivamente su terreni ben asciutti, con mezzi leggeri muniti di pneumatici gemellati. In caso di condizioni sfavorevoli del suolo, l'erba falciata va lasciata sul terreno. Va evitato per 12 mesi l'impiego di concime liquido su terreni scarificati e su terreni dove è stato riportato l'humus.

Il pascolo va evitato su suoli umici superficiali, con presenza di ghiaia nel sottosuolo, per un periodo di almeno 12 mesi, su terreni sabbiosi e normalmente permeabili per 18 mesi e su terreni pesanti ricchi di argilla e bagnati, per 24 mesi. Se il sottosuolo ha subito uno scasso, tali tempi dovranno essere adeguatamente prolungati. Se attraverso le zone ricoltivate è previsto che passi il bestiame, vanno realizzati opportuni passaggi, impiegando legno oppure trucioli. Le aree da proteggere devono esser recintate.

Entro i termini sopracitati che dipendono dalla natura del sottosuolo e da un eventuale scasso dello strato profondo costipato, va evitata la coltivazione di piante tuberose e di mais.

Per permettere la coltivazione di particelle confinanti altrimenti non accessibili, vanno realizzati e segnalati i passaggi opportunamente consolidati.

Dopo la conclusione del tempo dedicato alla ricoltivazione del terreno, viene raccomandata, nell'ambito della pianificazione della coltivazione, una rotazione culturale con predominanza a produzione di cereali.

Il gestore viene indennizzato dal concessionario nell'ambito del contratto di servitù per gli inconvenienti e per il mancato raccolto durante la fase di ricoltivazione e della successiva utilizzazione del terreno. In caso di grave trasgressione nel rispetto delle

direttive di ricoltivazione, è prevista una riduzione dell'indennizzo per gli inconvenienti e per il mancato raccolto.

Gli Uffici cantonali per la protezione del suolo consigliano e assistono i gestori ed il concessionario nel loro lavoro, nell'interesse di un ottimale ripristino della fertilità del terreno.

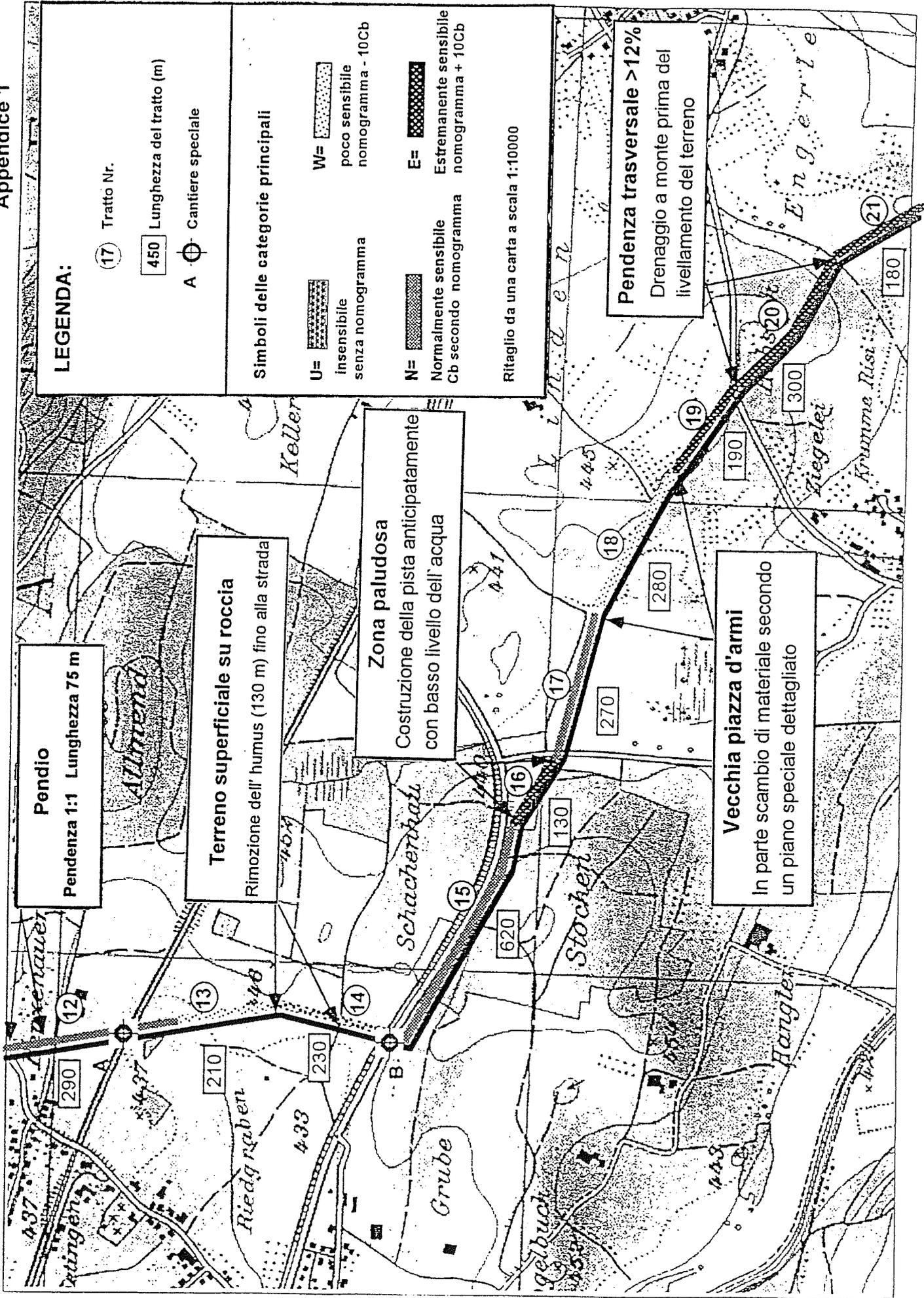
8. Disposizioni transitorie

Per progetti di costruzione di condotte, esposti pubblicamente prima dell'entrata in vigore delle presenti direttive, valgono per la costruzione le direttive del 14 maggio 1993.

Le presenti direttive possono essere applicate per i progetti di costruzione di impianti di trasporto in condotta esposti pubblicamente prima dell'entrata in vigore di queste direttive, se verranno successivamente adempite le richieste ai sensi del capitolo 5 e dei paragrafi 6.1, 6.2 e 6.3.

9. Entrata in vigore

Tali direttive entrano in vigore in data 1° gennaio 1997.



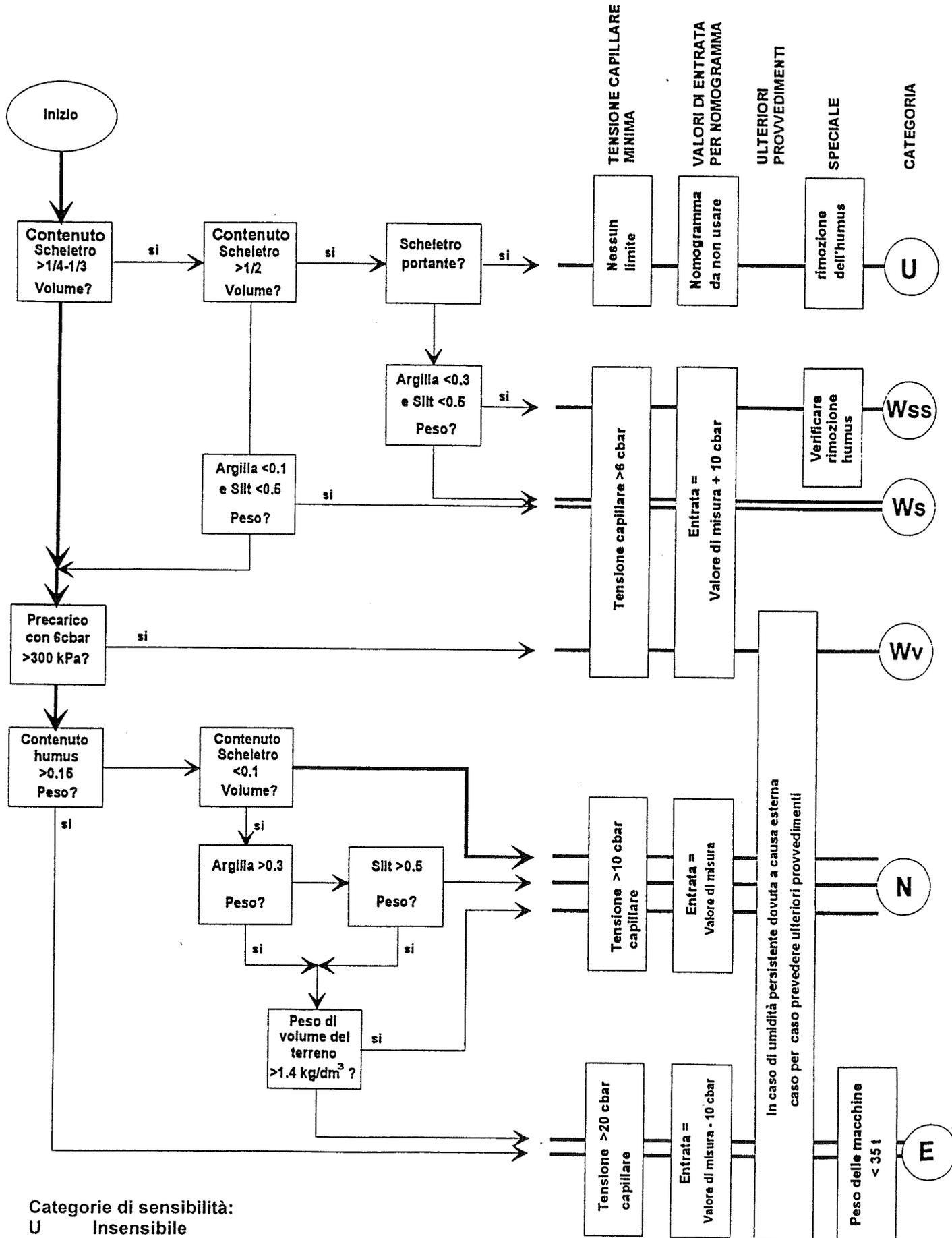
Descrizione dei tratti con provvedimenti							Lunghezza del tratto				
Tratto Nr.	Tessitura Argilla e scheletro	Tipo di suolo	Spessore del suolo	Regime idrico	Categoria di Sensibilità	Topografia	Provvedimenti	Cat. U	Cat. W	Cat. N	Cat. E
12	L/ska	suolo bruno profondo	30	permeabile	N	pendio					
13	IS/skr	suolo bruno regosolico	15 - 20	molto permeabile	Ws			210			290
14	S/eskr	litosuolo	< 15	molto permeabile	U		rimozione dell'humus			230	
15	L/skh	suolo bruno profondo	25	permeabile	N					620	
16	tU/skf	suolo paludoso	20	molto bagnato	E		costruzione della pista				130
17	uL/skh	suolo lisciviato	25	permeabile	N					270	
18	sL/skr	suolo antropogenico *)	< 20	impermeabile	Wv		risanamento		280		
19	tU/skf	suolo bruno	25	permanentemente umido	E						190
20	uT/skh	gley di versante	20	con acqua di pendio	E	forte pendenza trasversale	drenaggio				300
21	tL/skh	suolo bruno pseudogley	20	influenzato da acqua ristagnante	E		predisposizione della pista				180
Totale di ogni categoria								230	490	1180	800

Provvedimenti:(Breve descrizione di ogni tratto interessato.)

- 12 Pendio nella zona Lenzenauer.Sostituire il muro con briglie al di sopra della strada d'accesso.Assicurare la stabilità del boschetto per la sicurezza del pendio.
- 14 Nella parte superiore (cima) rimuovere con cura su tutta la larghezza l'humus e deporlo a lato (ca.130 m dal sentiero verso nord).
- 16 Con basso livello dell'acqua (estate) fare una pista provvisoria sempre verso la stessa direzione con un escavatore leggero per una lunghezza totale di 130 m.(Larghezza 5 m)
- 18 *) In parti riempimento,vecchio posto per l'esercitazione dei carriarmati.(scavo nella zona del bersaglio ca.2500 m3 smaltire o sostituire secondo una pianta speciale sotto la sorveglianza della protezione dell'ambiente).
- 20 Prima del livellamento del pendio a monte fare un drenaggio di raccolta ed incanalare l'acqua (PE ø 12 cm,profondo da un 1,5 fino a 2 m),ghiaia fino a 30 cm sotto il terreno,lasciato aperto durante il cantiere.
- 21 Suoli sensibili con bassa capacità di asciugamento,preparare abbastanza piste provvisorie per tutta la larghezza del tratto (Materassi di legno)

DIAGRAMMA

Procedimento decisionale per determinare la sensibilità al costipamento



Categorie di sensibilità:

- U Insensibile
- Wss (molto) poco sensibile per l'elevatissimo contenuto scheletrico (sassi)
- Ws poco sensibile per l'elevato contenuto scheletrico
- Wv poco sensibile per l'elevata preconsolidazione
- N normalmente sensibile
- E estremamente sensibile

Spiegazioni del diagramma "Procedimento decisionale per determinare la sensibilità al costipamento del sottosuolo"

Il diagramma è parte integrante delle direttive riviste per la protezione del suolo nella costruzione di condotte interrate (Direttive per la protezione del suolo) dell'Ufficio federale dell'energia.

Il diagramma fornisce i concetti basilari per la classificazione dei suoli cartografati del tracciato, in riferimento alla sensibilità al costipamento del sottosuolo. Questa classificazione stabilisce la metodologia di utilizzo del nomogramma per determinare i limiti di utilizzo delle macchine di cantiere in funzione della tensione capillare misurata al momento dell'inizio lavoro. Determinare il metodo per stabilire il valore di entrata nel nomogramma, a partire dai valori di tensione capillare misurata ed il caso in cui si può non usare il nomogramma. Inoltre la classificazione dà indicazioni su eventuali misure complementari e su limitazioni da adottare.

Vengono distinte le seguenti categorie principali :

N	normalmente sensibile
W	poco sensibile
E	estremamente sensibile
U	insensibile

La categoria W viene ulteriormente suddivisa:

Wv	poco sensibile per l'elevata preconsolidazione
Ws	poco sensibile per l'elevato contenuto scheletrico (sassi)
Wss	(molto) poco sensibile per l'elevatissimo contenuto scheletrico (sassi)

Da questa classificazione risulta che la sensibilità al costipamento può essere condizionata sia dalla composizione granulometrica che da una preconsolidazione del suolo (consolidazione, misurata come " precarico ").

Un primo caso si ha quando i suoli presentano un'elevata percentuale di scheletro ed una granulometria grossolana, che non possono essere costipati oppure lo potrebbero essere con un elevato carico, quale quello provocato dal transito dei mezzi pesanti, che riducono il volume dei vuoti al punto da non garantire più una capacità drenante. Per questo motivo l'aerazione del suolo viene pregiudicata. Nei casi estremi lo scheletro forma una struttura portante che può assorbire e sopportare il carico generato. Questo dipende non solo dal contenuto scheletrico (generalmente da circa 2/3 fino a 3/4 della parte del volume e più), bensì anche dalla qualità dello scheletro (resistenza, forma dei sassi) e dalla sua struttura (imbricciamento, supporto reciproco dei sassi).

Un secondo caso si presenta spesso quando il suolo è stato fortemente compresso dal carico di un ghiacciaio durante l'ultima glaciazione e non più allentato, in maniera tale che il sottosuolo si presenta tutt'oggi così compatto che percorrendolo con macchine di cantiere (tranne che in uno stato molto umido o bagnato) non può essere ulteriormente compresso.

La classificazione avviene in base al rilevamento dei corrispondenti parametri nell'ambito della cartografia dei suoli per il progetto.

Per il parametro relativo alle frazioni granulometriche (contenuto scheletrico, contenuto di argilla e di sili) come anche per il contenuto di humus, si dovranno stimare i valori, derivandoli dalla descrizione dei profili, con valutazione al tatto o valutazione visiva (secondo l'indicazione dell'AG Bodenkunde).

L'interpretazione di questi parametri deve essere effettuata da un pedologo con una provata esperienza di campo.

Il precarico ed il peso di volume del terreno sono da determinare in laboratorio su un campione indisturbato. La pressione di preconsolidazione è da determinare dalla curva di assestamento.

Come principio vale che un criterio deve essere esplicitamente soddisfatto, in modo che di fronte ad una domanda si possa dare la risposta "SI". Se il criterio non è soddisfatto, si deve seguire l'altra soluzione proposta, corrispondente alla risposta "NO". Nel caso che manchino i dati di base, si deve seguire il tracciato segnato in grassetto, che porta alla categoria N (Ipotesi fondamentale).

DETERMINAZIONE DELLA PRECONSOLIDAZIONE MEDIANTE LA CURVA DEGLI ASSESTAMENTI (Prova edometrica)

Il livello di preconsolidazione del terreno è un indicatore della sensibilità del suolo al costipamento.

Più semplicemente indica in che misura il terreno in un determinato luogo abbia già subito un carico e quale ulteriore carico può subire senza che ci sia, come conseguenza, nessun ulteriore costipamento.

Un nuovo carico, fino al livello della preconsolidazione, porta solo ad un costipamento elastico, vale a dire reversibile. Dopo la rimozione del carico, il terreno ritorna allo stato iniziale (vedi fig. 1a: portata nel campo reversibile della riconsolidazione).

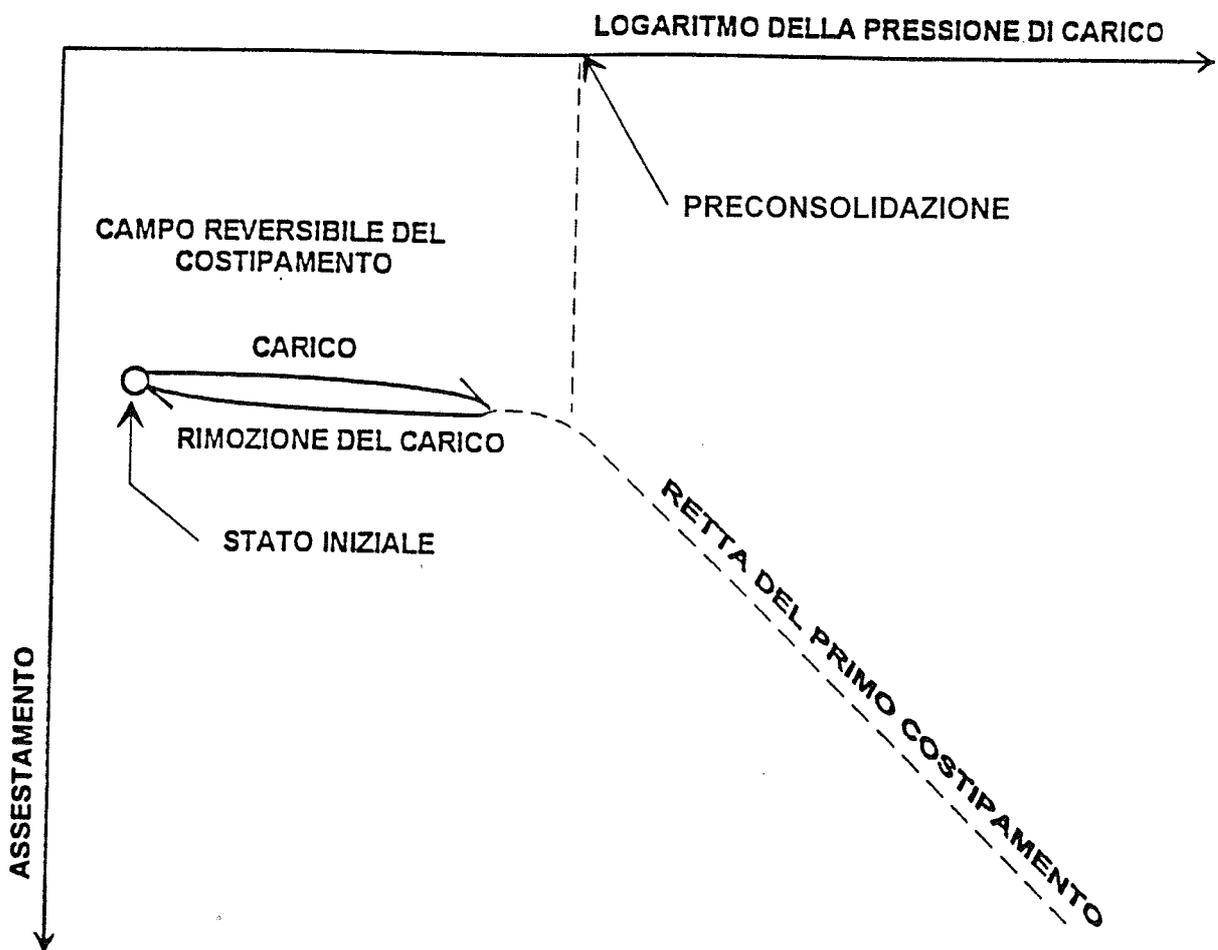


Fig. 1a Assestamento reversibile (elastico): la preconsolidazione non viene oltrepassata. Il terreno viene costipato solo momentaneamente, fino a quando il carico permane.

Se il carico oltrepassa il valore della preconsolidazione, una deformazione plastica si aggiunge a quella elastica, producendo quindi un ulteriore costipamento (vedi fig. 1b: portata nel campo della retta del primo costipamento).

La sollecitazione indotta dal nuovo carico, si trasforma nel nuovo valore di preconsolidazione.

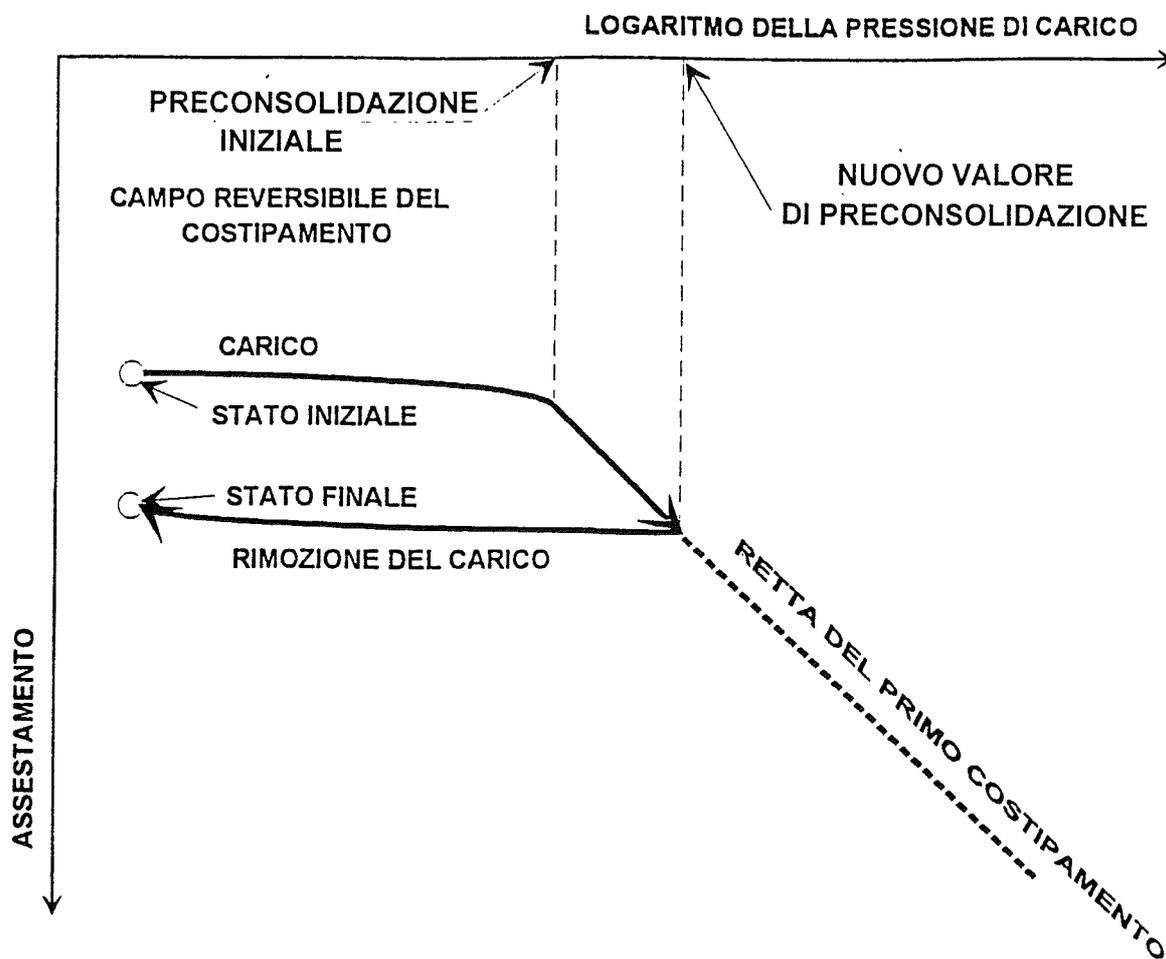


Fig. 1b Assestamento non reversibile (plastico): il valore della preconsolidazione viene oltrepassato. Il terreno viene consolidato in maniera durevole e, in funzione del carico, può procurare un maggiore o minore danno alla fertilità del terreno.

Più precisamente, il livello di preconsolidazione non è un valore, bensì la risultante di quanto avvenuto sul terreno. Il fattore di maggiore influenza è soprattutto l'umidità del terreno. Infatti un suolo bagnato è per principio meno soggetto alla consolidazione rispetto ad un suolo asciutto. Ciò significa che la preconsolidazione, relativamente ad una medesima sollecitazione, non risulta sempre la stessa al variare dell'umidità nel suolo.

Come viene determinata la preconsolidazione?

La curva di assestamento viene determinata con la prova edometrica (vedi fig. 2). Su un campione indisturbato, racchiuso in un anello rigido, viene applicata una pressione assiale con carico sempre maggiore, e viene misurato il valore dell'assestamento del campione.

Poiché la preconsolidazione dipende dal grado di umidità del terreno, è importante preservare l'umidità del campione indisturbato. Per l'applicazione di questa prova nel procedimento decisionale riportato in appendice 3, è necessario che la pressione capillare di 6 cbar (così detta "capacità di campo" del suolo), venga mantenuta per tutta la durata del test.

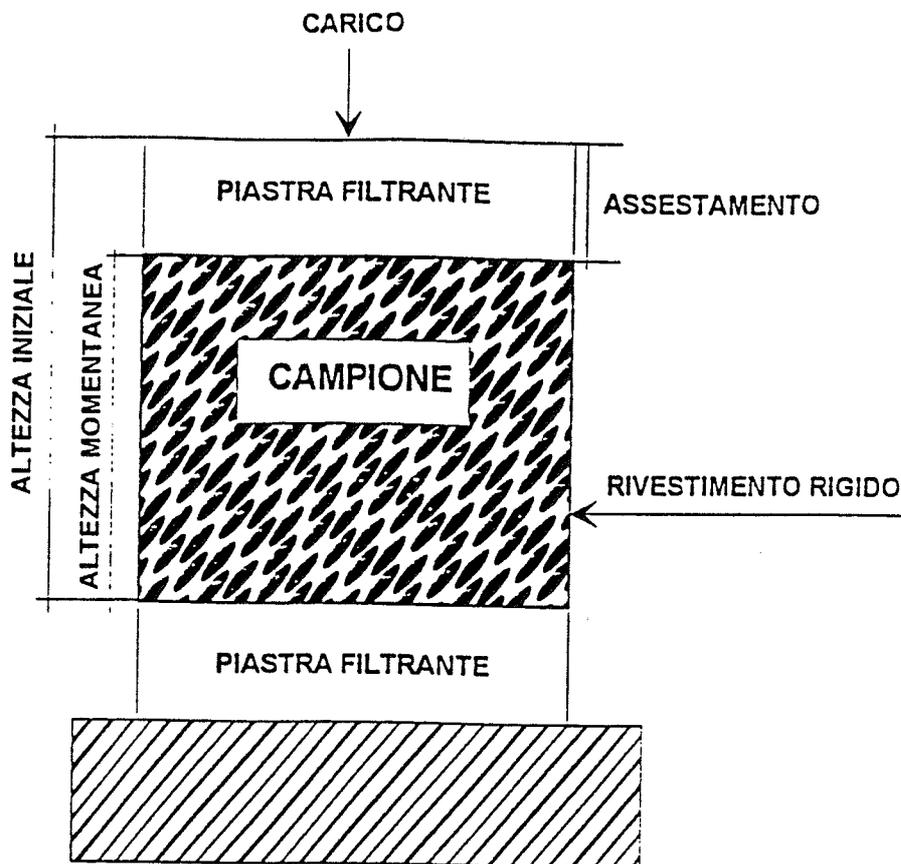


Fig.2 Schema di un edometro

Riportando l'assestamento come funzione del logaritmo della pressione di carico, si ottiene la curva di assestamento nella quale il campo di preconsolidazione iniziale ha, secondo l'esperienza, la forma di una retta. Il campo del nuovo carico assume la forma di una curva piegante dalla retta. Poiché il passaggio tra queste due curve non è netto, non sempre risulta evidente leggere l'effettivo valore del carico. Il valore di preconsolidazione può essere stimato per approssimazione, applicando il procedimento proposto da Casagrande e di seguito schematicamente riassunto (secondo LANG e HUDER, 1990, pag 53⁽¹⁾):

1. Riportare i valori del carico esercitato (su scala logaritmica), in funzione dei valori di assestamento relativo dei campioni.
2. Adattare la curva nel campo reversibile del costipamento e la retta nel campo del primo costipamento. Se non è possibile adattare la retta, vuol dire che il carico non raggiunge il valore di preconsolidazione oppure che lo supera di molto poco.
3. Segnare ad occhio il punto K d'inflessione della curva.
4. Disegnare la tangente per il punto K.
5. Tracciare una retta parallela all'ascissa, passante per il punto K
6. Costruire la bisettrice tra la tangente e l'orizzontale per il punto K ed intersecarla con la retta del primo costipamento (vedi punto 2). La proiezione del punto d'intersezione sull'asse del carico esercitato, determina il livello della preconsolidazione del campione analizzato.

⁽¹⁾ LANG, H. – J. & HUDER J., 1990. Bodenmechanik und Grundbau, 4. Auflage. Springer-Verlag – Berlin und Heidelberg, 259 pagine)

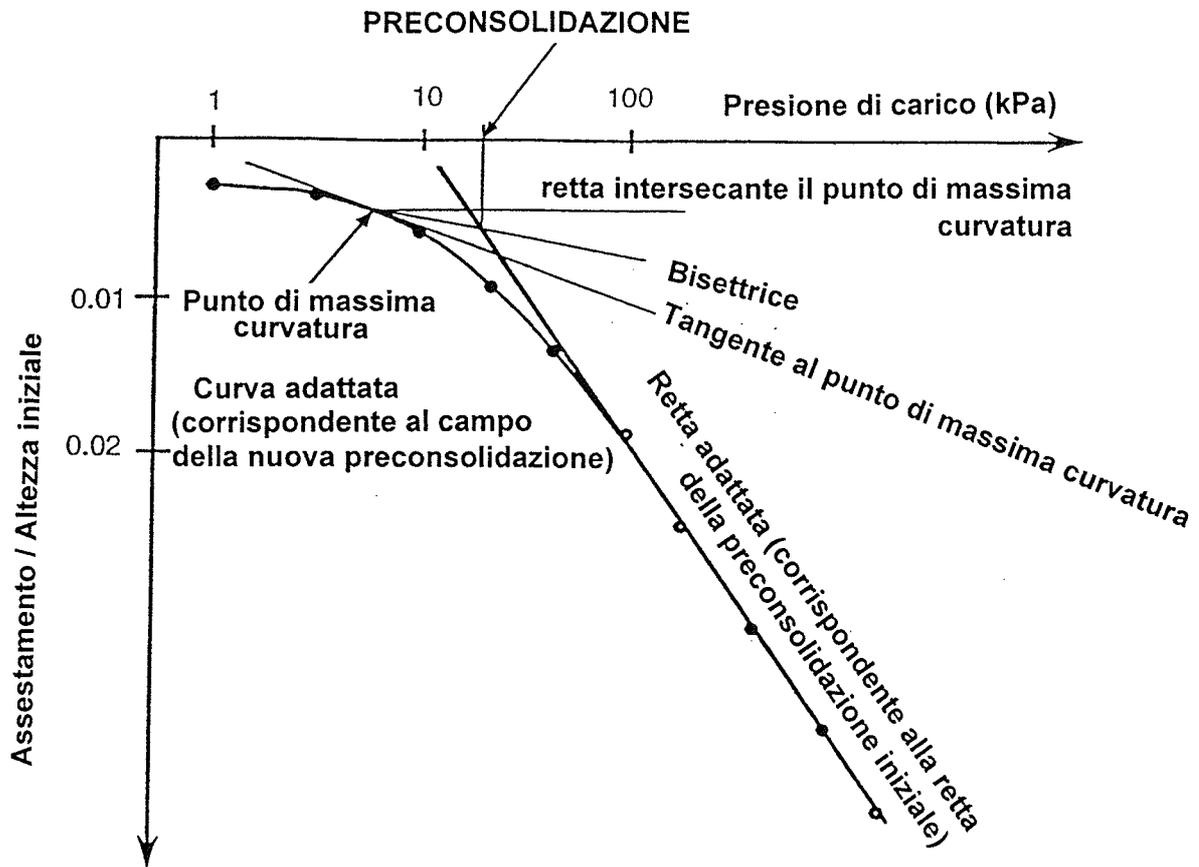
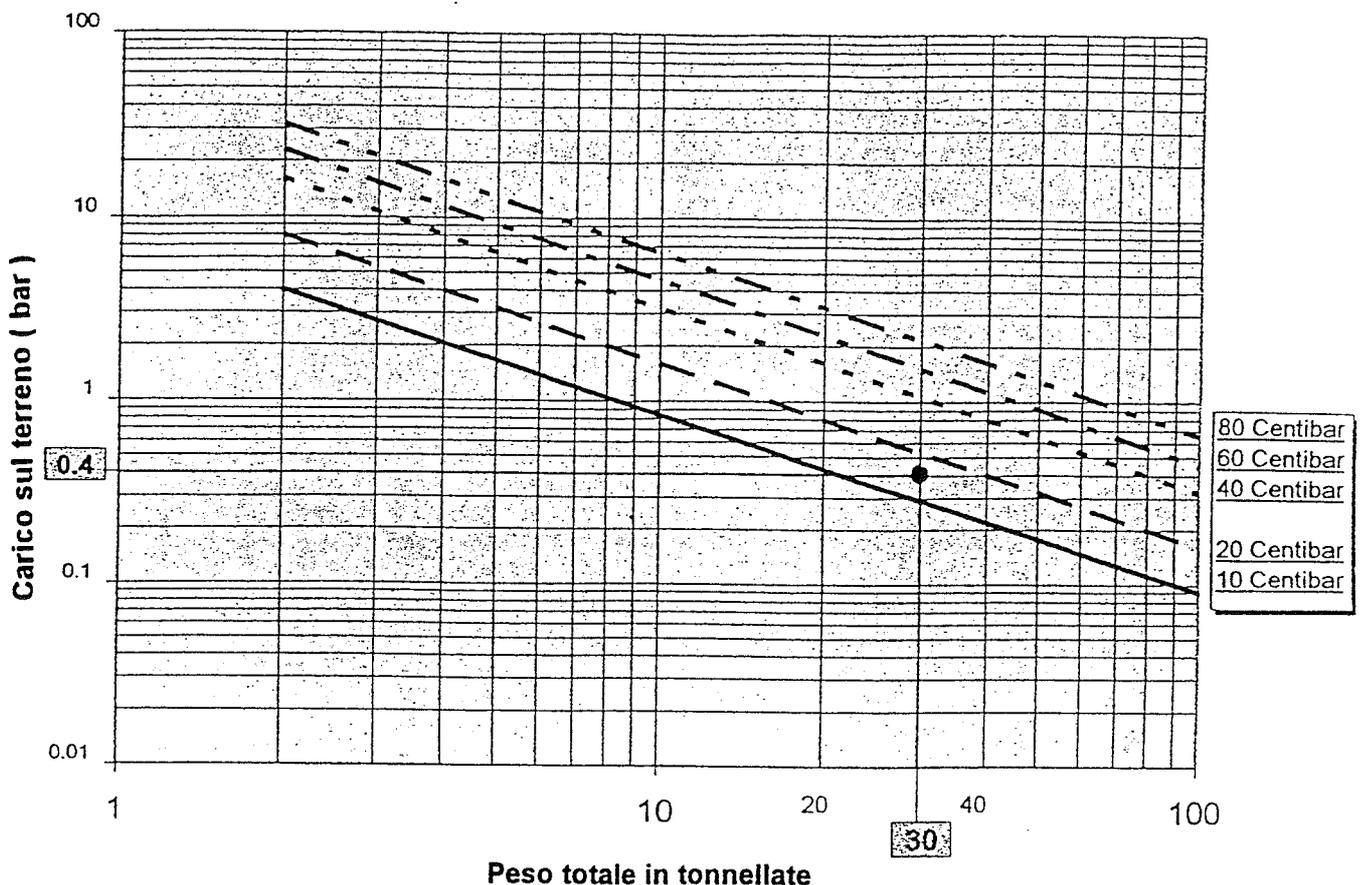


Fig. 3 Definizione della preconsolidazione secondo Casagrande

Indicazioni importanti per l'esecuzione della prova edometrica:

- Il campione di suolo deve essere indisturbato. Per quanto possibile, dovrebbero essere usati campioni di grosse dimensioni. Particolarmente adatti sono i campioni prelevati con il cosiddetto "Burgerzylinder" (un cilindro di metallo da un litro). Poiché tale contenitore risulta abbastanza rigido, i campioni possono essere usati direttamente per la misura della curva di assesamento, in modo da evitare i disturbi dovuti all'espulsione dalla fustella.
- Affinchè il precarico misurato possa essere utilizzato per la determinazione della sensibilità al costipamento usando il diagramma in appendice 3, i campioni devono essere prelevati ad una profondità di 32,5 cm (metà dell'altezza del campione).
- Per la costruzione della curva di assesamento, viene raccomandato di lavorare con la seguente successione di pressioni: 4 kPa, 12,5 kPa, 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400 kPa e 800 kPa. Per una valutazione affidabile devono trovarsi almeno due pressioni al disopra ed al disotto del precarico. Se in un certo campo di pressioni non puo' essere trovato alcun raccordo tra la curva e la retta, potrebbe significare che la preconsolidazione è stata oltrepassata già con la pressione piu' bassa (nel caso di un suolo sciolto) o che il valore di preconsolidazione non è stato raggiunto o superato di poco (nel caso di un suolo compatto).
- In un terreno che appare relativamente omogeneo, la preconsolidazione puo' variare di molto anche su piccole distanze. Viene raccomandato di determinare il valore della mediana per almeno tre prove.

NOMOGRAMMA LIMITE DI UTILIZZO DELLE MACCHINE DI CANTIERE



Esempio :Peso totale	30 tonnellate
Carico sul terreno	0,4 bar
Limite di utilizzo	15 centibar

Definizione calcolabile del limite di utilizzo:

Limite di utilizzo (centibar) =
 $\text{peso macchina operatrice (ton)} \times \text{carico sul terreno (bar)} \times 1,25$

Osservazioni:

1. La valutazione del limite di utilizzo delle macchine di cantiere si effettua come indicato nel paragrafo 6.4.2, tenendo conto delle osservazioni specifiche dei tratti sulle carte dei suoli e del grafico relativo al "diagramma decisionale per la determinazione della sensibilità dei sottosuoli" (appendice 3).
2. La tolleranza di +/- 10% dei valori della mediana relativa ai valori della pressione capillare è da tenere in considerazione.
3. Sono ammessi sulla pista mezzi gommati di peso totale fino a 3.5 t e mezzi di peso totale fino a 5.0 t se muniti di pneumatici speciali larghi "Terrareifen".
4. Macchine che richiederebbero una pressione capillare > 90 cbar, non possono essere utilizzate senza l'adozione di provvedimenti supplementari.

DESCRIZIONE DEL TENSIOMETRO

Misurazione della tensione capillare nel suolo con i tensiometri

Suolo - Volume dei pori - Acqua del suolo

Il suolo naturale è costituito di elementi solidi e di cavità intermedie. Si può affermare approssimativamente che il 50 % in volume è costituito da elementi solidi ed il restante 50% di cavità. Gli interstizi formano un sistema poroso stabile e quindi mettono a disposizione un sistema comunicante per l'acqua e per i gas. L'acqua piovana penetra nel suolo attraverso il sistema poroso. Con la saturazione l'acqua del suolo sottostà quasi esclusivamente alla forza gravitazionale ed il suolo si drena sotto l'influsso di questa forza. Con il volume dei pori non saturo si crea un'energia capillare (dimensione $M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$, per es. Joule), condizionata dalle forze che agiscono sui menischi dell'acqua (effetto capillare). Riferito al volume (L^3) la nuova grandezza assume la dimensione di una pressione ($M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$, per esempio Pa oppure $N \cdot m^{-2}$)

Tensione capillare

La pressione calcolata sulla base dell'energia dell'acqua del suolo è definita come pressione capillare (con segno negativo: "aspirazione") o più comunemente come tensione capillare S

La tensione capillare agisce sulle particelle solide del terreno così da garantire un effetto stabilizzante sulla struttura ed influisce, quindi, sul carico meccanico ammissibile del suolo.

Tensiometro

Lo strumento utilizzato per la misurazione della tensione capillare si chiama tensiometro. Attraverso una cella porosa appoggiata sul terreno, si stabilisce un contatto idraulico tra acqua del suolo e manometro. L'unità di misura usata è il bar = $10^5 N \cdot m^{-2} = 10^5 Pa = 10^3 hPa$ (= 1.032 atm = 1032 cm di colonna d'acqua).

Installazione del tensiometro

Il tensiometro è costituito da un tubo di materiale sintetico (per lo più di diametro 7/8"), da una cella di ceramica (a contatto con l'acqua del suolo) e da un manometro montato sulla parte superiore.

Per la misura della tensione capillare del suolo si installano i tensiometri ad una profondità di 35 cm.

Prima dell'installazione dell'apparecchio, si realizza un foro con una trivella (diametro appena al di sopra del diametro del tubo del tensiometro), fino alla profondità desiderata. Quindi si introduce il tensiometro e, in corrispondenza della parte inferiore porosa di ceramica, si mette una sospensione di limo, affinché venga assicurato il contatto con la matrice del suolo. È molto importante che il tubo faccia ben contatto con la superficie del suolo e pertanto, sul terreno ed intorno al tubo, si mette del materiale plastico (inteso come materiale argilloso) oppure una guarnizione di gomma. Così viene evitato, nella fase di bagnatura, un "corto circuito" causato dall'infiltrazione dell'acqua lungo il tubo.

Manutenzione del tensiometro

La trasmissione della pressione dall'acqua del suolo al manometro dello strumento avviene attraverso la fase liquida (acqua). Con la depressione l'acqua viene man mano disaerata,

cio' conduce alla formazione di bolle d'aria nel sistema. Se la quantità d'aria aumenta eccessivamente, allora s'interrompe il collegamento idraulico ed il sistema non funziona piu'. Se ci sono dubbi sul funzionamento del manometro, si procede alla sua sostituzione oppure si deve verificare la taratura del punto zero, inserendolo in un recipiente pieno d'acqua sotto una tensione capillare precedentemente ed artificialmente preparata (livello dell'acqua all'altezza della parte inferiore porosa di ceramica). In poco tempo il manometro dovrebbe posizionarsi sullo zero. Nello stesso modo si puo' eseguire la taratura al punto zero.

Interpretazione della pressione capillare

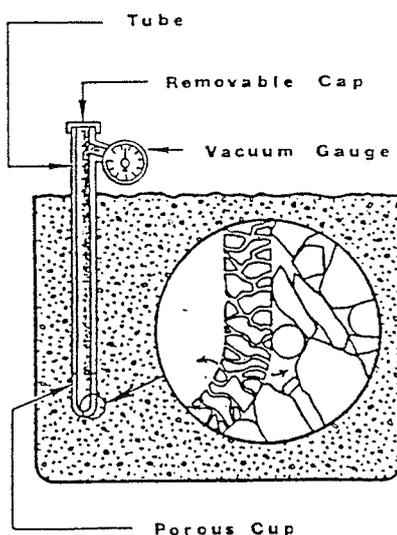
Il suolo naturale, è per principio da considerare come un mezzo eterogeneo, anche se entro certi limiti e con una certa approssimazione si puo' classificare, in uno spazio territoriale definito, come mezzo piu' o meno omogeneo all'interno dello stesso tipo di suolo. Ne consegue che un'unica misura in un determinato posto non è sufficiente per caratterizzare la tensione capillare di un suolo. L'esperienza ha dimostrato che necessitano da 3 a 5 tensiometri per una superficie di 2 m².

La valutazione statistica non tiene conto della media (che presuppone una distribuzione normale di valori, cosa del resto non sicura), bensì del valore mediano (detto anche mediana). Cio' significa che tra una serie di valori di misura, si deve scegliere quello di mezzo (per es. con 5 tensiometri, il terzo valore) che viene considerato come valore rappresentativo di misura.

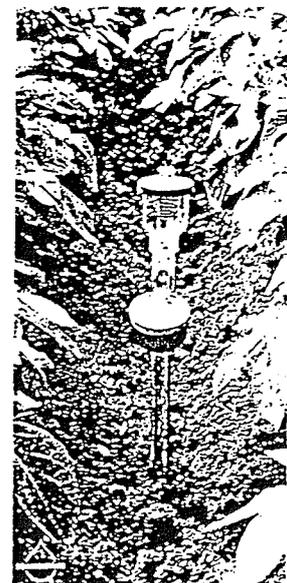
Per l'uso pratico della presente direttiva, si puo' utilizzare la mediana, considerato come valore accettabile in un intorno di piu' o meno 10 %.

Limite dell'impiego

Poichè i tensiometri sono riempiti d'acqua, nel periodo invernale possono gelare. Per usarli in condizioni di rischio di gelo, la parte superiore deve protetta da una guaina, in modo che la temperatura non scenda sotto 0 °C.



Principio del funzionamento



Tensiometro (esempio)

ESEMPIO DI CAPITOLATO PER I PEDOLOGI

Il pedologo é responsabile:

- Dell'osservanza delle direttive per la protezione del suolo
- Dell'esecuzione ed interpretazione delle misure delle pressioni capillari
- Dell'informazione all'Ufficio cantonale specializzato per la protezione del suolo sullo svolgimento dei lavori del cantiere

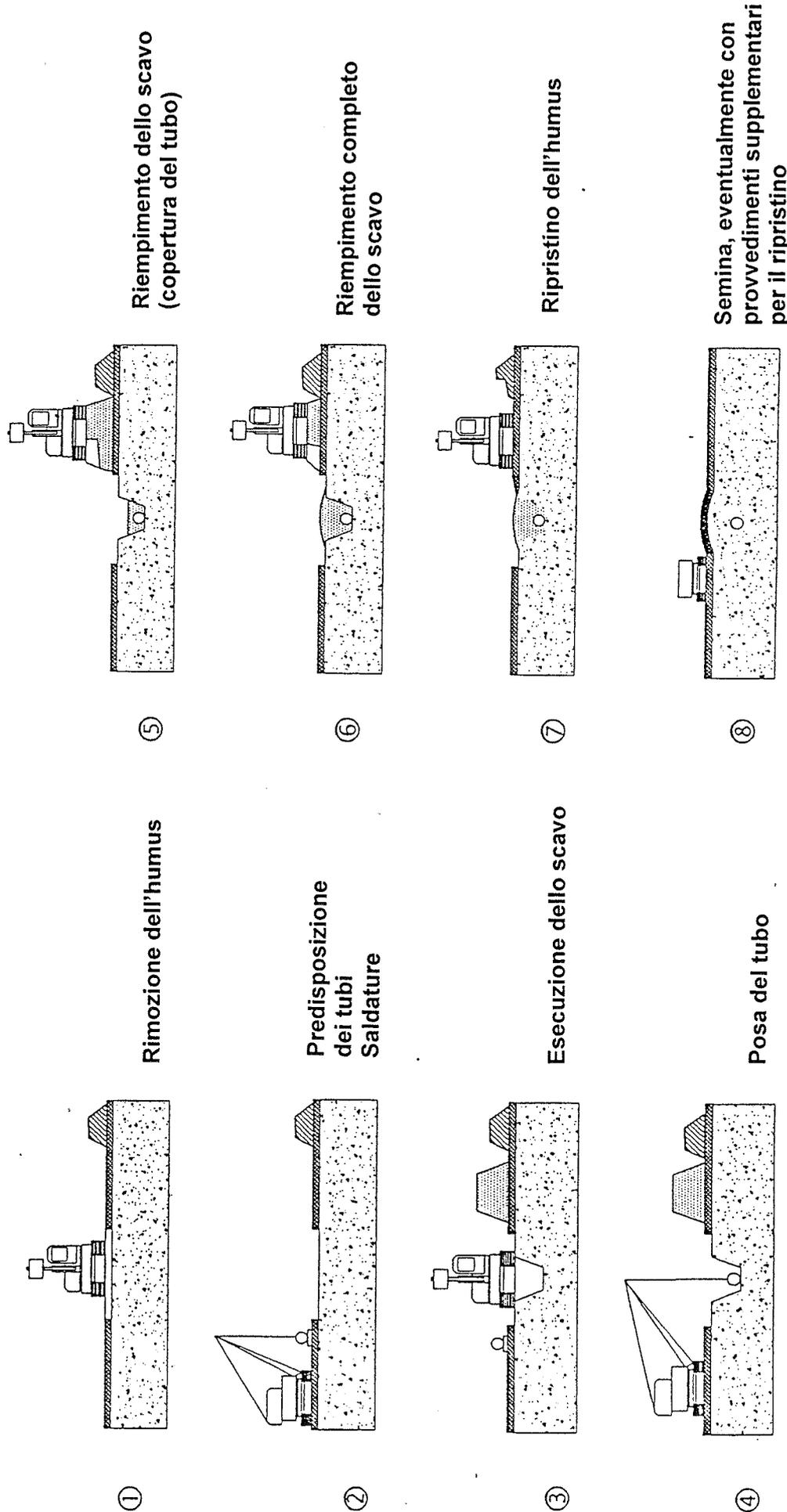
Il pedologo e' consulente specializzato:

- Della direzione dei lavori durante la fase di costruzione
- Dei proprietari,gestori,incaricati servitu`e danni, della direzione dei lavori durante il ripristino ed il risanamento di luoghi problematici

Il pedologo partecipa:

- Alle riunioni di cantiere
- All'accettazione delle particelle interessate dopo il completamento dell' opera

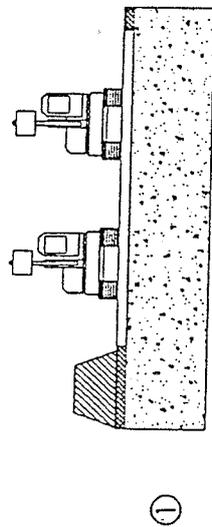
Costruzione di metanodotti su suoli coltivabili
Procedimento della costruzione con la rimozione dell'humus sulla
larghezza dello scavo
Esempio per suoli profondi e mediamente profondi



-  Humus
-  Deposito di humus
-  Sottosuolo
-  Materiale di scavo proveniente dal sottosuolo

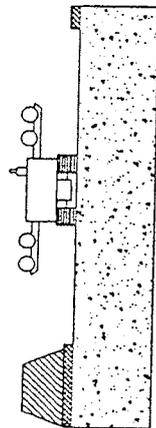
Costruzione di metanodotti su suoli coltivabili Procedimento della costruzione con la rimozione dell'humus sulla larghezza dello scavo

Esempio per suoli con scarso spessore di humus e con elevato contenuto di scheletro nel
sottosuolo (suolo autoportante)



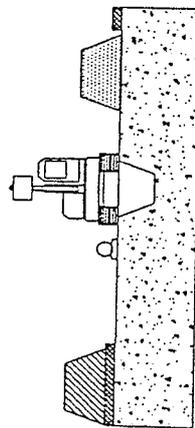
①

Rimozione dell'humus



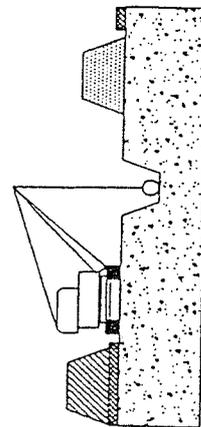
②

Predisposizione
dei tubi
Saldature



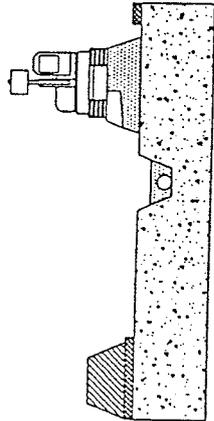
③

Esecuzione dello scavo



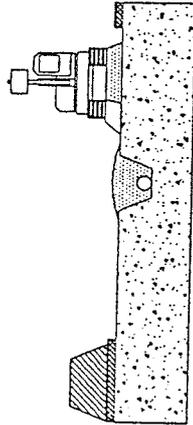
④

Posa del tubo



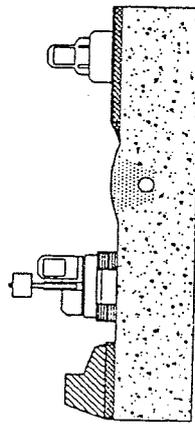
⑤

Riempimento dello scavo
(copertura del tubo)



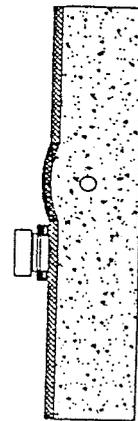
⑥

Riempimento completo
dello scavo



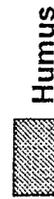
⑦

Ripristino dell'humus



⑧

Semina, eventualmente con
provvedimenti supplementari
per il ripristino



Humus



Deposito di
humus



Sottosuolo

Materiale di scavo proveniente
dal sottosuolo