

SYSTEM GROUP

MODALITA' DI POSA DI CONDOTTE IN POLIETILENE



CENTRALTUBI



ITALIANA CORRUGATI

Gennaio 2009

INDICE

1	ASPETTI GENERALI	3
2	CALCOLO STATICO DELLE CONDOTTE.....	5
2.1	VERIFICA DELLE DEFORMAZIONI.....	5
2.2	DEFINIZIONE DEI CARICHI STATICI E DINAMICI – DETERMINAZIONE DELLE DEFORMAZIONI ..	6
2.2.1	<i>Carico ripartito in superficie</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Carico del terreno.....</i>	<i>6</i>
2.2.3	<i>Carichi mobili.....</i>	<i>6</i>
2.2.4	<i>Carico per acqua di falda</i>	<i>7</i>
2.2.5	<i>Deformazione del tubo dovuta al carico.....</i>	<i>7</i>
3	MODALITÀ DI POSA	9
3.1	TIPOLOGIE DEGLI SCAVI	9
	<i>Tipo di trincea.....</i>	<i>9</i>
	<i>B (larghezza scavo).....</i>	<i>9</i>
3.2	RINTERRO	11
3.2.1	<i>Procedure di base</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Incassatura nella zona del tubo</i>	<i>11</i>
3.2.3	<i>Connessioni a strutture rigide.....</i>	<i>14</i>
3.3	METODI DI COMPATTAZIONE RACCOMANDATI	17
3.4	RINTERRO FUORI CASSATURA	17
3.5	CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELLA COMPATTAZIONE	18
3.6	PRECAUZIONI SPECIALI	18
3.7	NORME DI COMPATTAZIONE E CONTROLLI QUALITATIVI	23
4	APPENDICE A – NORMATIVA UNI EN 1046 – CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI	25
4.1	PROSPETTO A.1 – GRUPPI DI TERRENO.....	25
4.2	PROSPETTO A.2 – TERMINOLOGIA DELLE CLASSI DI CONSOLIDAMENTO	26
5	APPENDICE B – SEZIONE DI PROTEZIONE DELLE CONDOTTE - RICOPRIMENTI INFERIORI AL METRO	27

1 ASPETTI GENERALI

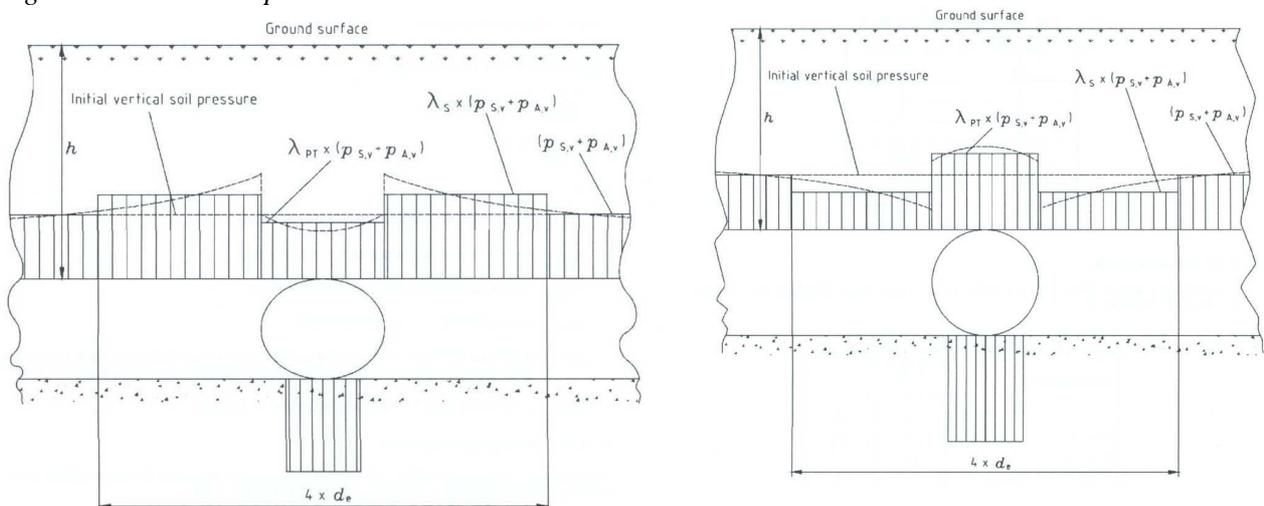
La presente nota tecnica ha lo scopo di fornire alcune indicazioni tecniche sulle modalità di posa delle condotte in polietilene strutturato con parete corrugata e spirolata prodotte dalle Aziende facenti parte del SYSTEM GROUP.

Nel proseguo si riportano, in maniera generale, le prescrizioni tecniche, le norme, le prove e le caratteristiche generali per effettuare la posa delle suddette condotte.

Sono inoltre riportate le verifiche statiche di condotte DN 2000 soggette a diversi altezze di ricoprimento da posarsi in area agricola in assenza quindi di traffico veicolare.

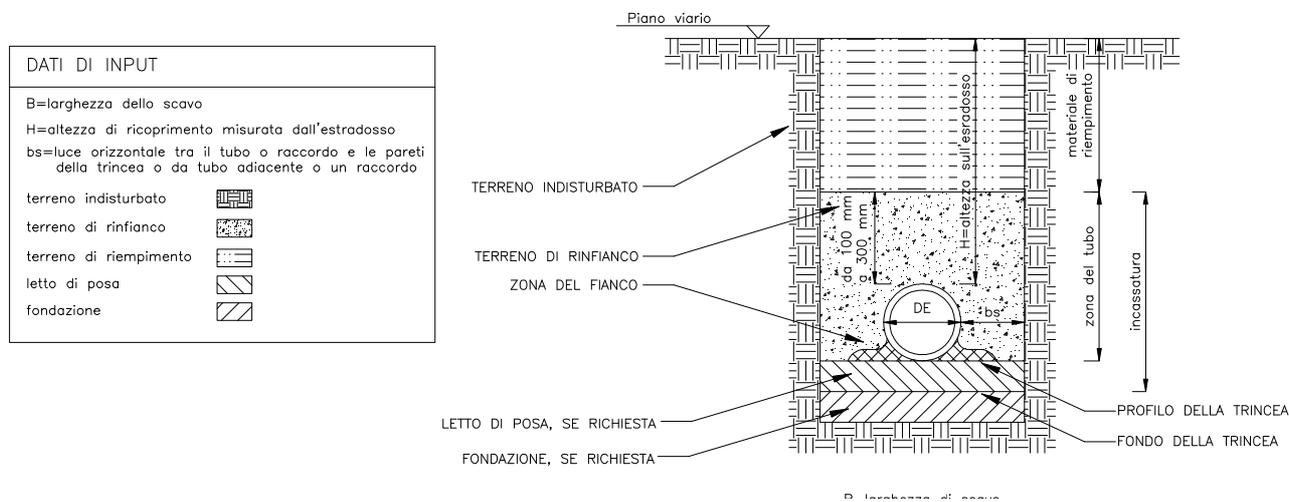
Le condotte in PEAD sono caratterizzate dal classico comportamento flessibile contrariamente alle condotte che hanno invece un comportamento rigido così come rappresentato nello schema seguente (Figura 1) riportante i due distinti comportamenti, (pr CEN/Tr 1295, sulla sinistra condotta con comportamento flessibile, sulla destra con comportamento rigido).

Figura 1: schema comportamento condotte



In Figura 2 si riporta un esempio di posa di una sezione trasversale in trincea.

Figura 2: Sezione trasversale in trincea



Si precisa che le informazioni contenute nella presente nota andranno contestualizzate, verificate e validate rispetto alle effettive e reali condizioni di progetto e di posa a cura del progettista e/o direttore dei lavori e che il fornitore e i realizzatori del presente supporto tecnico non assumono alcuna responsabilità diretta o indiretta sull'uso e sui risultati forniti. Resta sempre e comunque convenuto che l'utente deve verificare personalmente i risultati, per i quali si assume la piena ed esclusiva responsabilità.

2 CALCOLO STATICO DELLE CONDOTTE

2.1 VERIFICA DELLE DEFORMAZIONI

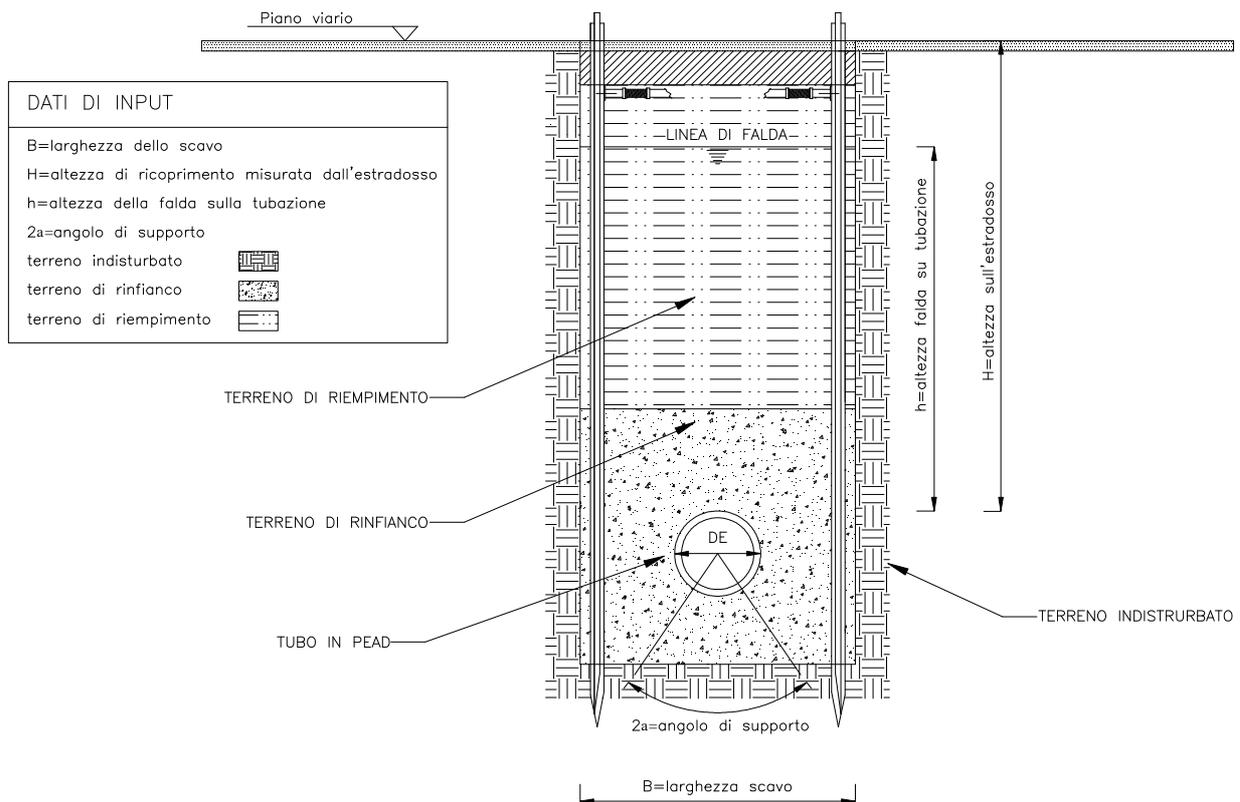
L'equazione che regola il calcolo delle deformazioni dei tubi corrugati è la classica equazione derivante dal metodo di Sprangler, in cui i dati relativi a trincea, materiali di riempimento e compattazione non sono direttamente presenti, ma rientrano nei calcoli dei diversi fattori utilizzati.

Nel dimensionamento del tubo interrato si devono considerare vari parametri, che rivestono notevole importanza ai fini della verifica delle sollecitazioni alle quali il tubo interrato può essere sottoposto.

Profondità di installazione, tipologia del terreno e del materiale di riporto, grado di compattezza del materiale di riempimento, eventuale presenza di acqua di falda, intensità del traffico stradale ecc. sono fattori che esercitano un'influenza nel dimensionamento dello spessore del tubo.

In Figura 3 si riporta una sezione tipo di posa impiegata per le verifiche di deformazione.

Figura 3: Sezione tipo di posa per le verifiche di deformazione



2.2 Definizione dei carichi statici e dinamici – determinazione delle deformazioni

2.2.1 Carico ripartito in superficie

I carichi ripartiti in superficie sono costituiti da terrapieni, riporti di materiale, basamenti per infrastrutture, serbatoi o qualsiasi altro carico permanente presente in superficie.

2.2.2 Carico del terreno

Il carico esercitato sul tubo dal terreno di ricoprimento varia in funzione della tipologia di trincea realizzata e dal tipo di materiale impiegato per il rinterro.

La tipologia di posa maggiormente impiegata è quella corrispondente alla trincea stretta. In questo caso nel calcolo del carico del terreno si fa uso della formula di Marston nella quale intervengono il coefficiente di attrito fra il materiale di rinterro e quello nativo costituente le pareti dello scavo ed il coefficiente di attrito interno del terreno di rinterro.

$$q_t = C_d \cdot \gamma \cdot B \quad [\text{N/m}^2]$$

dove

$$C_d = \frac{1 - e^{-2K \tan \Theta \cdot H / B}}{K \cdot \tan \Theta \cdot H / B} \quad \text{è il coefficiente di Marston,}$$

$$K = \tan^2 \left(\frac{90^\circ - \phi}{2} \right) \quad \text{è un coefficiente adimensionale,}$$

H e B sono rispettivamente l'altezza di ricoprimento e la larghezza della trincea in corrispondenza della generatrice superiore del tubo [m]

γ è il peso specifico del materiale di rinterro [N/m³]

Il carico più gravoso si genera in condizioni di trincea infinita o terrapieno ($B \geq 10 \cdot D_e$ e $H \leq 2 \cdot B$) ed è dato dall'espressione seguente.

$$q_t = \gamma \cdot H \quad [\text{N/m}^2]$$

In base alla tipologia dello scavo si deve applicare l'appropriata equazione.

2.2.3 Carichi mobili

Scegliendo per il calcolo dei carichi mobili l'ipotesi più sfavorevole con trincea infinita o terrapieno la formula è la seguente.

$$q_m = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{P}{(H + De/2000)^2} \cdot \varphi \quad [\text{N/m}^2]$$

dove

$\varphi = 1 + \frac{0.3}{H}$ è il coefficiente correttivo dinamico per mezzi stradali

$\varphi = 1 + \frac{0.6}{H}$ è il coefficiente correttivo dinamico per mezzi ferroviari

H è l'altezza di ricoprimento in corrispondenza della generatrice superiore del tubo [m]

De è il diametro esterno del tubo [mm]

P è il carico esercitato da una ruota o coppia di ruote del mezzo [N].

2.2.4 Carico per acqua di falda

Il carico esercitato dall'acqua di falda è dato dall'espressione seguente.

$$q_f = \gamma_{H_2O} \cdot (H - H_1 + De/2000) \quad [\text{N/m}^2]$$

dove

H è l'altezza di ricoprimento [m]

H1 è la profondità alla quale inizia la falda [m]

De è il diametro esterno del tubo [mm]

γ_{H_2O} è il peso specifico dell'acqua di falda [9810 N/m³].

2.2.5 Deformazione del tubo dovuta al carico

I carichi presenti in superficie, il carico del terreno, quello stradale e quello eventuale dell'acqua di falda agiscono complessivamente sulla condotta dando luogo ad un carico complessivo pari a q.

$$q = q_s + q_t + q_m + q_f \quad [\text{N/m}^2]$$

Questo carico agisce sul tubo deformandolo sia in direzione verticale che orizzontale, l'intensità della deformazione δ dipende dal modulo di reazione del terreno E_s e dalla rigidità del tubo R_T .

Il modulo di reazione del terreno dipende dalla tipologia stessa del terreno adottato per il ricoprimento e dalla densità Proctor.

L'espressione che permette di valutare la deformazione δ [mm] subita dal tubo è quella di Spangler basata sull'ipotesi che, per effetto del carico, la sezione del tubo assuma una forma ellittica.

$$\frac{\delta}{De} = \frac{k \cdot f \cdot q}{8 \cdot R_T + 0.061 \cdot E_s}$$

dove:

k è un fattore che tiene in conto dell'angolo di supporto

f è un termine che tiene in conto dell'incremento di deformazione che la condotta può subire nel tempo

R_T è la rigidità del tubo di polietilene [N/m²]

E_s è il modulo di reazione del terreno [N/m²]

De è il diametro esterno del tubo [mm]

La deformazione calcolata con la precedente espressione deve dare risultato di schiacciamento relativo inferiore al 5% del diametro esterno.

3 MODALITÀ DI POSA

3.1 Tipologie degli scavi

Il tipo di scavo previsto in progetto in base alla valutazione dei carichi, al tipo di terreno e all'organizzazione di cantiere, deve poi essere "scrupolosamente" realizzato nella successiva fase esecutiva.

In sede esecutiva, quindi, è essenziale la corrispondenza scrupolosa tra il progetto e l'effettiva realizzazione.

In tabella si riportano le principali tipologie di scavo rapportando tra loro il diametro della tubazione (D), la larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo (B) e l'altezza di riempimento sulla generatrice superiore della tubazione (H).

Tabella 1: Tipologie di scavo

<i>Tipo di trincea</i>	<i>B (larghezza scavo)</i>	
<i>Trincea stretta</i>	$\leq 3 D$	$< H/2$
<i>Trincea larga</i>	$3 < D < 10$	$< H/2$
<i>Terrapieno</i>	$\geq 10 D$	$\geq H/2$

Trincea stretta

E' la migliore sistemazione nella quale collocare un tubo in PEAD. La tubazione è alleggerita del carico sovrastante, trasmettendo parte di esso al terreno circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale il manufatto stesso è sottoposto.

Trincea larga

Il carico sul tubo è sempre maggiore di quello relativo alla sistemazione in trincea stretta. Per questo motivo, in fase di progettazione, si consiglia di partire da quest'ipotesi per conservare un buon grado di sicurezza nei calcoli di dimensionamento.

Terrapieno (posizione positiva)

La sommità del tubo si colloca sul livello naturale del terreno.

Se è prevista l'azione di carichi pesanti, non deve essere adottata questa tipologia di posa a causa dei cedimenti del terreno indotti dall'assenza dei fianchi di scavo.

Terrapieno (posizione negativa)

La tubazione è sistemata ad un livello inferiore a quello naturale del terreno.

A seguito di un attrito, anche se modesto, tra il materiale di riempimento sistemato a terrapieno ed i fianchi naturali dello scavo, il tubo riesce a sopportare carichi leggermente superiori a quelli della posizione positiva, ma in ogni caso inferiori a quelli sopportabili nella sistemazione a trincea stretta e larga, per cui anche questa tipologia di posa è sconsigliabile.

Profondità della trincea

La profondità della tubazione H (in metri), intesa come distanza tra il piano di campagna e la generatrice superiore della condotta, deve soddisfare il più cautelativo fra i seguenti requisiti, nei quali D è il diametro esterno espresso in metri:

$$H \geq 1,0$$

$$H \geq 1,5 D$$

Larghezza della trincea

E' determinata dalla profondità di posa e dal diametro della tubazione, dovendo consentire la sistemazione del fondo, la congiunzione dei tubi e l'agibilità del personale.

La larghezza minima del fondo B (in metri) è di norma:

$$B = D + 0,5 \quad \text{per } D \leq 0,4 \text{ m}$$

$$B = 2D \quad \text{per } D \geq 0,5 \text{ m.}$$

Per altro verso, non si devono superare di molto tali valori limite inferiori, poiché l'efficienza della trincea è tanto maggiore quanto minore è la sua larghezza.

Fondo della trincea

Le trincee devono essere realizzate senza cunette o asperità, in modo da costituire un supporto continuo alla tubazione. Si sconsigliano fondi costruiti con gettate di cemento o simili perché irrigidiscono la struttura.

Nelle trincee aperte in terreni eterogenei, collinosi o di montagna, occorre garantirsi dall'eventuale slittamento del terreno con opportuni ancoraggi.

Se si ha motivo di temere l'instabilità del terreno, a causa di acqua reperita nella trincea, bisogna opportunamente consolidare il fondo con l'ausilio di tubi di drenaggio al di sotto della canalizzazione, disponendo intorno ad essi uno strato spesso di ghiaia o di altro materiale appropriato; occorre, in altre parole, assicurare la condizione che non sussista la possibilità di alcuno spostamento del materiale di rinterro a causa della falda acquifera.

Letto di posa

Alla canalizzazione in PE deve essere assicurato un letto di posa stabile e a superficie piana, nonché libero da ciottoli, pietrame ed eventuali altri materiali.

Il letto di posa non deve essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea.

Il materiale utilizzato in condizioni di posa normali è la sabbia mista a ghiaia con diametro massimo di 20 mm.

Nei terreni in pendenza è consigliabile evitare sabbie preferendo ghiaia o pietrisco senza spigoli tagliati di pezzatura massima pari a 10/15 mm.

Il materiale deve poi essere accuratamente compattato e raggiungere uno spessore di almeno $(10+1/10D)$ cm, avendo cura di rispettare la pendenza calcolata in fase progettuale.

Il fondo dello scavo deve essere realizzato con materiale di granulometria abbastanza fine, in modo che non ci siano spigoli vivi a contatto con le pareti del tubo.

Poiché la larghezza dello scavo può essere ridotta, si consiglia uno scavo non maggiore di 1,50 volte il diametro esterno del tubo. Valori maggiori potranno, naturalmente, essere adottati per consentire l'agibilità delle maestranze al fine di un'accurata sistemazione del fondo e del letto di posa e di una corretta esecuzione di tutte le operazioni necessarie per la realizzazione delle eventuali giunzioni e per la costipazione del materiale di rinfilanco. Le pareti dello scavo, soprattutto nella parte di terreno in cui è alloggiato il tubo, devono essere le più possibili verticali.

Il riempimento dello scavo è la parte più delicata nell'installazione e va eseguito mediante compattazione a strati successivi di circa 30 cm. Il valore di compattazione è quello con densità Proctor maggiore di 90÷95%.

3.2 Rinterro

3.2.1 Procedure di base

Porre il materiale di rinterro della zona del tubo in strati da ogni parte e compattare secondo le metodologie contenute nei paragrafi seguenti, a meno che altrimenti specificato nelle specificazioni di progetto.

Assicurarsi comunque di compattare il materiale sotto i fianchi del tubo.

La caduta libera di materiale di rinterro sulla generatrice del tubo deve essere tenuta al minimo.

Il rinterro sopra la zona del tubo deve essere steso in strati approssimativamente uniformi, se applicabile, è compattato secondo quanto previsto nella Tabella 4.

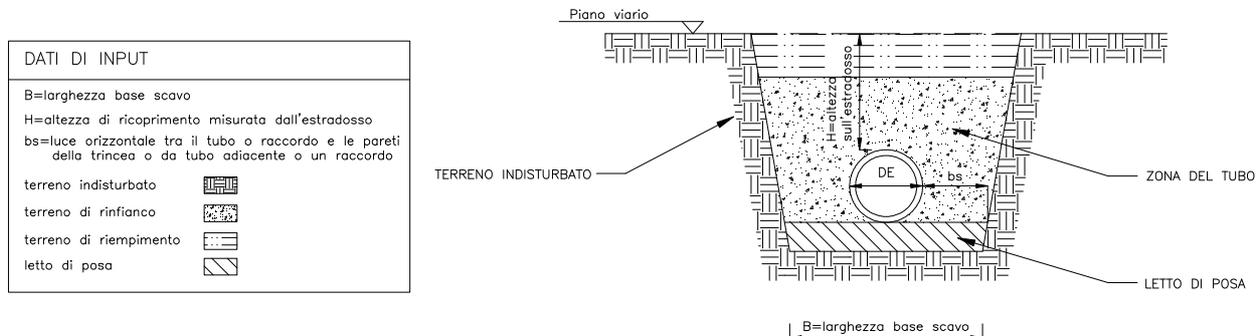
Quando si prevede che l'acqua di falda possa fluire attraverso l'incassatura granulare si deve considerare di provvedere barriere come sbarramenti d'argilla.

3.2.2 Incassatura nella zona del tubo

L'incassatura è principalmente dipendente dalla rigidità anulare, l'altezza della copertura e la natura del terreno nativo.

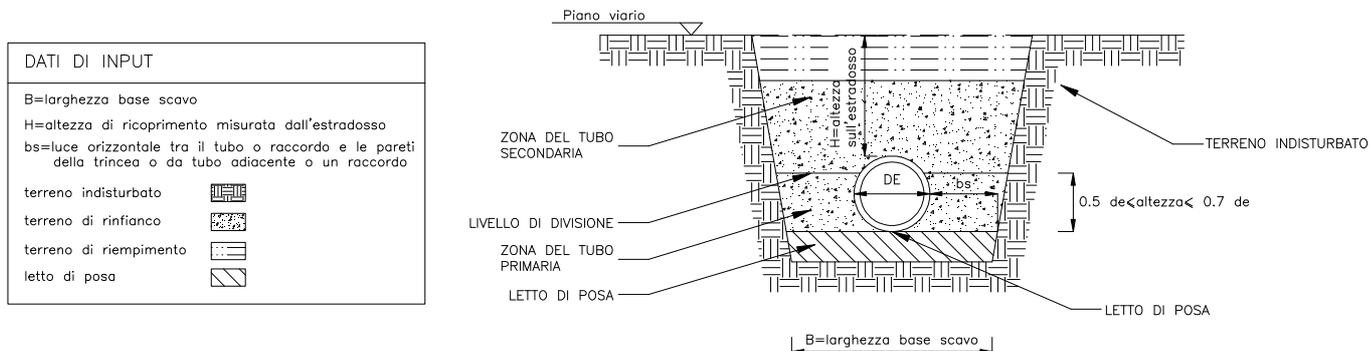
Uno dei più comuni metodi usati in pratica per l'installazione dei tubi è l'incassatura attorno al tubo fatta con lo stesso materiale (Figura 4).

Figura 4: Trincea con l'incassatura attorno al tubo omogenea



Un altro metodo che può essere impiegato per l'installazione dei tubi è l'incassatura realizzata con due materiali o diversi gradi di consolidamento. In questo caso è importante che il livello di divisione tra il materiale inferiore e superiore avvenga tra il 50% ed il 70% del diametro del tubo sopra il letto di posa (Figura 5). Questo per prevenire la possibilità di generare alti sforzi/allungamenti al livello di divisione quando il tubo si deflette.

Figura 5: Trincea con l'incassatura attorno al tubo divisa



Quando viene usato materiale importato per la zona primaria si raccomanda che venga usato un materiale granulare ben vagliato con dimensioni massime delle particelle conformi alla Tabella 2. Quando viene usato materiale a singola pezzatura si raccomanda che le dimensioni massime delle particelle siano di una grandezza inferiore di quelle date nella medesima Tabella 2.

Il terreno nativo può essere usato come materiale per la zona del tubo se esso è conforme a tutti i seguenti criteri:

- a) senza particelle maggiori dei limiti applicabili dati nella Tabella 2;
- b) senza grumi maggiori di due volte il massimo delle dimensioni delle particelle date nella Tabella 2;
- c) senza materiale ghiacciato;
- d) senza detriti (per esempio asfalto, bottiglie, vasi, legni);
- e) quando è specificata la compattazione, il materiale deve essere compattabile.

Tabella 2: Dimensione massima delle particelle

Dimensione nominale DN	Dimensioni massima mm
DN < 100	15
100 ≤ DN < 300	20
300 ≤ DN < 600	30
600 ≤ DN	40

NOTA I valori sono quelli usati nel descrittore del vaglio, per esempio 6/14, 8/12 ecc.. È riconosciuto che in tale cernita particelle individuali possono avere dimensioni superiori del descrittore.

Terreni finemente granulati con plasticità da medio ad alta e terreni organici (con classificazione di gruppo 5 o gruppo 6; vedi appendice A) sono generalmente considerati non adatti come materiale di ripiena per la zona primaria del tubo, a meno che il tubo e l'installazione non siano stati progettati per queste condizioni.

Le proprietà strutturali del materiale di ripiena nella zona del tubo sono primariamente dipendenti dal tipo di materiale e del grado di compattazione raggiunto. Il grado di compattazione può essere usato variato usando differenti tipi di equipaggiamento e variando il numero degli strati.

La Tabella 3 da per gruppi di materiale classificati in accordo con l'appendice A il grado di compattazione espresso in densità standard Proctor (SDP) per le tre classi di compattazione usate nella norma UNI EN 1046 cioè "W", "M" o "N".

NOTA: La densità Proctor è determinata secondo la DIN 18127.

Tabella 3 :Densità Proctor normalizzate per classe di compattazione

Classe di compattazione	Descrizione *)			Gruppo di materiale di ripiena (vedi appendice A)			
	Inglese	Francese	Tedesco	4 SDP %	3 SDP %	2 SDP %	1 SDP %
N	Not	Non	Nicht	da 79 a 85	da 75 a 80	da 84 a 89	da 90 a 94
M	Moderate	Modéré	Mäßig	da 81 a 89	da 86 a 92	da 90 a 95	da 95 a 97
W	Well	Soigné	Gut	da 90 a 95	da 93 a 96	da 96 a 100	da 98 a 100

*) Per informazione.

Il riempimento della trincea ed in generale dello scavo è l'operazione fondamentale della messa in opera. Trattandosi di tubazioni in PEAD, l'uniformità del terreno è fondamentale per la corretta realizzazione di una struttura portante, in quanto il terreno reagisce in modo da contribuire a sopportare il carico imposto.

Il materiale già usato per la costruzione del letto è sistemato attorno al tubo e costipato a mano per formare strati successivi di 20 cm, fino alla mezzera del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto al tubo e che lo strato di rinfiacco tra tubo e parete sia continuo e compatto.

Il secondo strato di rinfiacco giunge fino alla generatrice superiore del tubo.

La sua compattazione deve essere eseguita sempre con la massima attenzione. Il terzo strato arriva a 15 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo.

La compattazione deve avvenire solo lateralmente al tubo, mai sulla sua verticale.

Il costipamento del riempimento che avvolge il tubo deve essere uniforme e raggiungere il 90% del valore ottimale determinato con la prova di Proctor modificata.

Il rinfiacco con terreni torbosi, melmosi, argillosi, ghiacciati è proibito in quanto detti terreni non sono costipabili per il loro alto contenuto d'acqua.

L'ulteriore riempimento è effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato dagli elementi con diametro superiore a 10 cm e dai frammenti vegetali ed animali; va eseguito per strati successivi pari a 20 cm che devono essere compattati ed eventualmente bagnati per lo spessore di 1 m (misurato dalla generatrice superiore del tubo), in modo tale che la densità della terra in sito raggiunga, a costipazione effettuata, il 90% del valore ottimale determinato con la prova di Proctor modificata.

Il materiale più grossolano (pietriccio con diametro > 2 cm) non deve superare il limite del 30%.

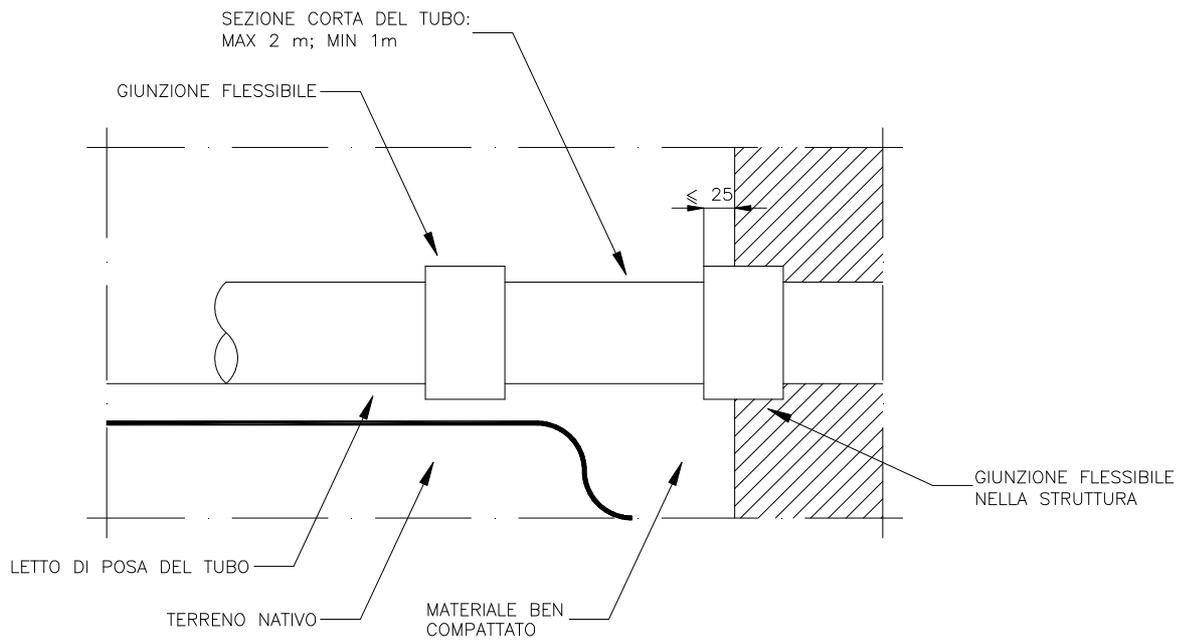
Va lasciato, infine, uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale.

3.2.3 Connessioni a strutture rigide

Quando una tubazione entra o esce da una struttura, come un edificio, un pozzetto o un blocco di ancoraggio, si devono fornire dei mezzi che tollerano assestamenti differenziali. Da Figura 6 a Figura 9 vengono mostrate le connessioni tipiche con strutture rigide.

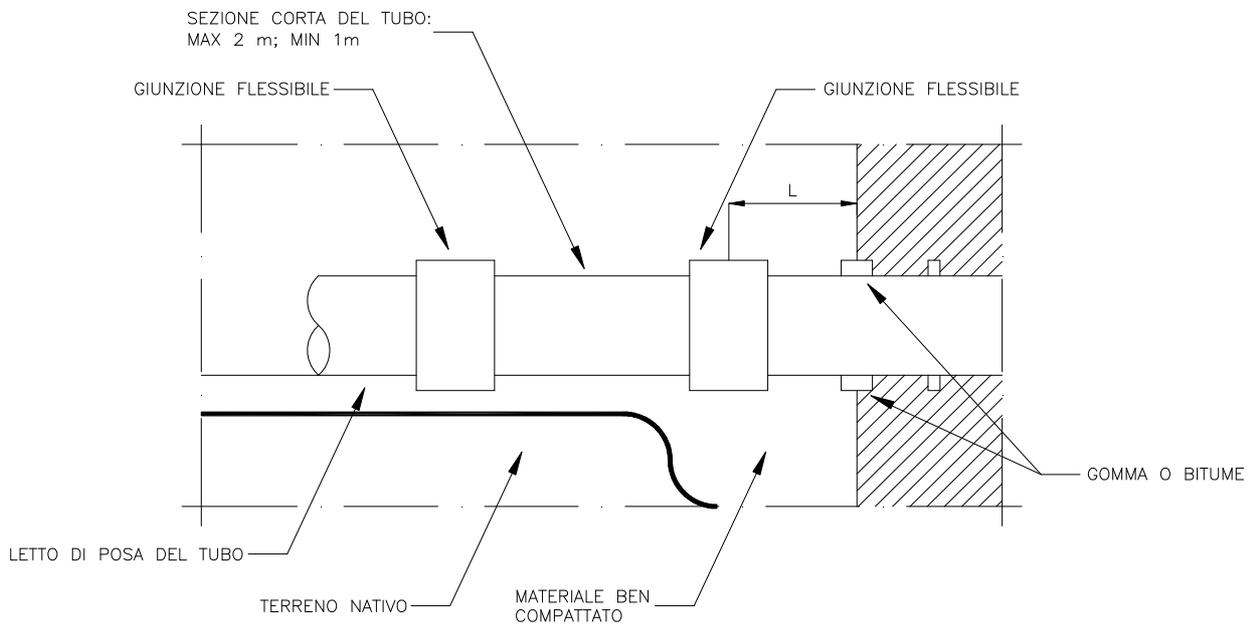
La loro applicabilità deve essere verificata rispetto alle regolamentazioni locali e/o nazionali. Quando il sistema di tubazione utilizza giunzioni flessibili, esse dovrebbero essere collocate come mostrato nella Figura 6 o nella Figura 7. Alcuni materiali, come il polietilene, sono sufficientemente flessibili per tollerare tali movimenti e possono essere connessi come mostrato in Figura 8.

Figura 6: Connessione tipo 1



In questo tipo di connessione, quando si immerge un raccordo o un bicchiere nel calcestruzzo, occorre mantenere la sua rotondità cosicché futuri assemblaggi di giunzioni possano essere eseguiti facilmente.

Figura 7: Connessione tipo 2



Nelle connessioni di tipo 2, occorre porre il primo giunto flessibile entro una distanza L di 400 mm o $0,5 \times d_e$, quale dei due è maggiore.

Figura 8: Connessione di tipo 3

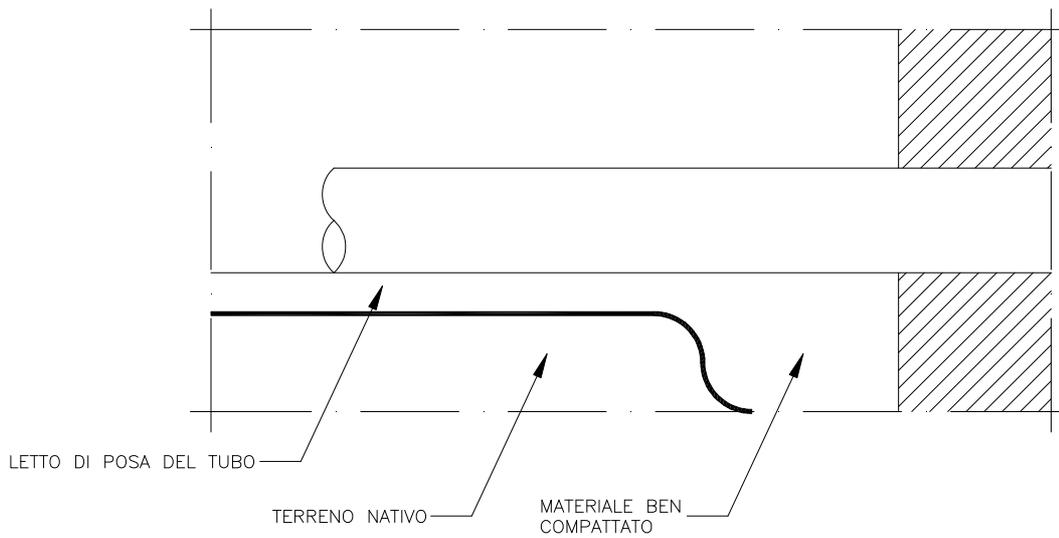
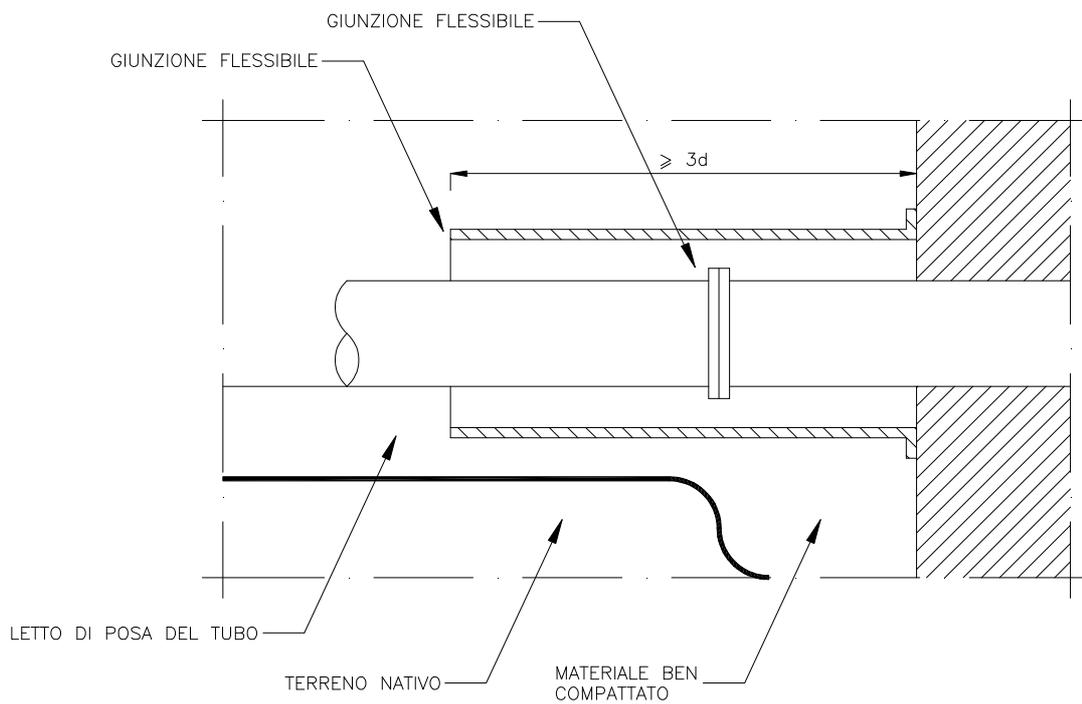


Figura 9: Connessione di tipo 4



Le connessioni di tipo 4 vengono impiegate nei sistemi di tubazioni poco flessibili che utilizzano giunzioni rigide. In questa situazione un mezzo per la riduzione dei carichi di flessione e taglio sul tubo, risultanti da differenze di adattamento del tubo e della struttura, è l'uso di un tubo di schermo.

3.3 Metodi di compattazione raccomandati

La Tabella 4 fornisce gli spessori massimi raccomandati degli strati ed il numero di passi necessari per raggiungere le classi di compattazione per vari tipi di equipaggiamento e materiali di ripiena nella zona del tubo. Include pure gli spessori minimi raccomandati di copertura necessaria sopra il tubo prima che corrispondenti pezzi di equipaggiamento possano essere usati sopra il tubo.

I dettagli dati nella Tabella 4 sono una guida e dove l'installazione è di una dimensione sufficiente si raccomanda di fare prove usando una varietà sulle combinazioni cosicché si seleziona in pratica la miglior soluzione.

Tabella 4 Spessori raccomandati degli strati e numero di passi per la compattazione

Apparecchiatura	Numeri di passi per classe di compattazione		Spessore massimo degli strati, in metri, dopo la compattazione per gruppo di terreno (vedi appendice A)				Spessore minimo sopra la generatrice superiore prima della compattazione
	Buono	Moderato	1	2	3	4	m
Piedi o mazza a mano min. 15 kg	3	1	0,25	0,10	0,10	0,10	0,20
Mazza vibrante min. 70 kg	3	1	0,30	0,25	0,15	0,15	0,30
Vibratore piatto min. 50 kg	4	1	0,10	-	-	-	0,15
min. 100 kg	4	1	0,15	0,10	-	-	0,15
min. 200 kg	4	1	0,20	0,15	0,10	-	0,20
min. 400 kg	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
min. 600 kg	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Rullo vibrante min. 15 kg	6	2	0,35	0,25	0,20	-	0,60
min. 30 kg	6	2	0,60	0,50	0,30	-	1,20
min. 45 kg	6	2	1,00	0,75	0,40	-	1,80
min. 65 kg	6	2	1,50	1,10	0,60	-	2,40
Rullo doppio vibrante min. 5 kg	6	2	0,15	0,10	-	-	0,20
min. 10 kg	6	2	0,25	0,20	0,15	-	0,45
min. 20 kg	6	2	0,35	0,30	0,20	-	0,60
min. 30 kg	6	2	0,50	0,40	0,30	-	0,85
Rullo triplo vibrante (senza vibrazione) min. 50kg	6	2	0,25	0,20	0,20	-	1,00

3.4 Rinterro fuori cassatura

La rimanente parte del rinterro può essere fatta con materiale scavato con un massimo di dimensioni delle particelle fino a 300 mm purché ci sia almeno 300 mm di copertura sopra il tubo. Se la compattazione è necessaria il materiale deve essere adatto per la compattazione e devono avere le particelle con un massimo delle dimensioni non maggiori di 2/3 dello spessore dello strato di compattazione.

NOTA: Si richiama l'attenzione di ogni regola di sicurezza locale e/o nazionale.

Sotto aree senza traffico si ritiene sufficiente usare la classe di compattazione N (vedi Tabella 3). Sotto aree con traffico deve essere usata la classe di compattazione W (vedi Tabella 3).

3.5 Controllo della qualità della compattazione

La conformità alle assunzioni di progetto deve essere confermata con uno o più dei seguenti metodi:

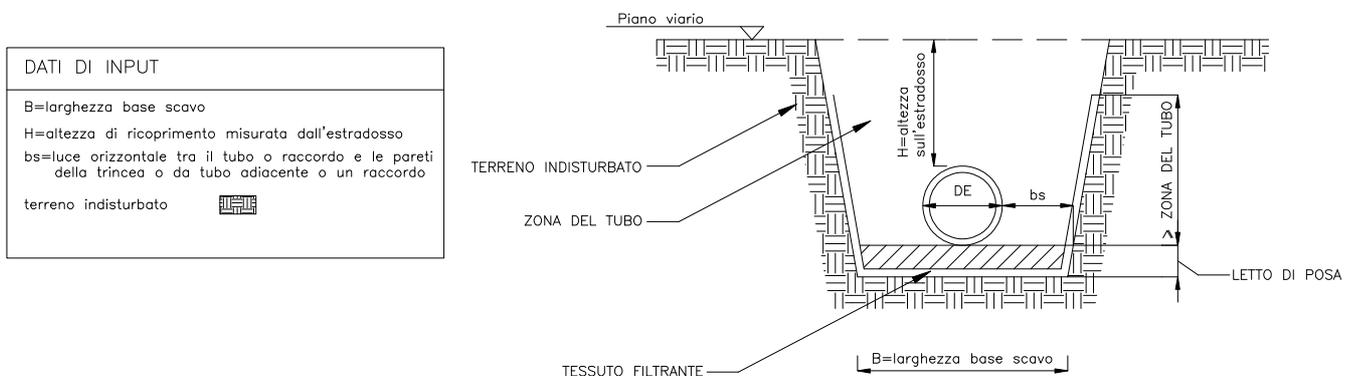
- controllo continuo delle procedure di rinterro;
- verifica della deflessione iniziale del tubo installato,
- verifica in sito del grado di compattazione con opportune prove in condizioni secche e di saturazione.

Dopo la riparazione o altre procedure di collegamento, ci si deve accertare che quando si sostituisce il materiale di rinterro sia di lato che sopra abbia una densità approssimativamente uguale a quella immediatamente adiacente alla zona rimpiazzata.

3.6 Precauzioni speciali

Tra le condizioni speciali che si possono incontrare durante la posa o immediatamente dopo, ci sono vene d'acqua, acqua stazionaria sul fondo della trincea, o il fondo della trincea mostra una tendenza all'instabilità. In questi casi è importante rimuovere l'acqua per mezzo di un pozzo filtrante o galleria filtrante fino a che la condotta non sia stata installata. La gradazione del materiale di ripiena nella zona del letto di posa e fondazione della condotta deve essere tale che in condizioni di saturazione, le particelle fini di quest'area non migrino nel terreno adiacente al fondo o nelle pareti della trincea e che il materiale del fondo o delle pareti della trincea non migri in queste aree. Ogni migrazione o movimento di particelle del terreno da un'area all'altra può condurre alla perdita della necessaria fondazione o del supporto laterale della condotta o ambedue. La migrazione dei materiali fini può essere impedita in taluni casi con l'uso di tessuti filtranti adatti (Figura 10).

Figura 10: Protezione contro la migrazione del materiale



Il rinforzo del fondo della trincea può essere fatto usando un tavolato di legno (Figura 11), calcestruzzo rinforzato o geotessili (da Figura 12 a Figura 15).

Figura 11: Fondo della trincea rinforzata con tavolato di legno

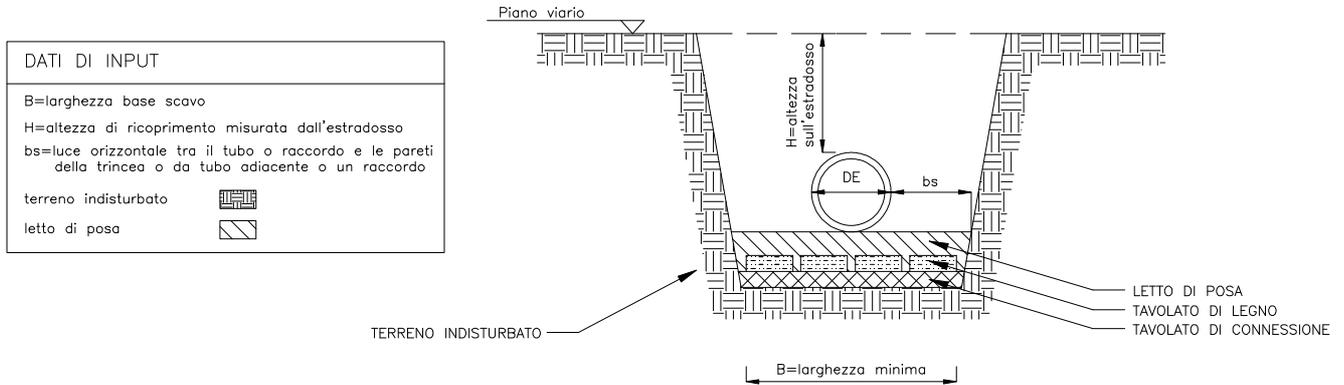


Figura 12: Fondo della trincea con geotessile che riduce un assetamento irregolare nella zona di transizione del suolo

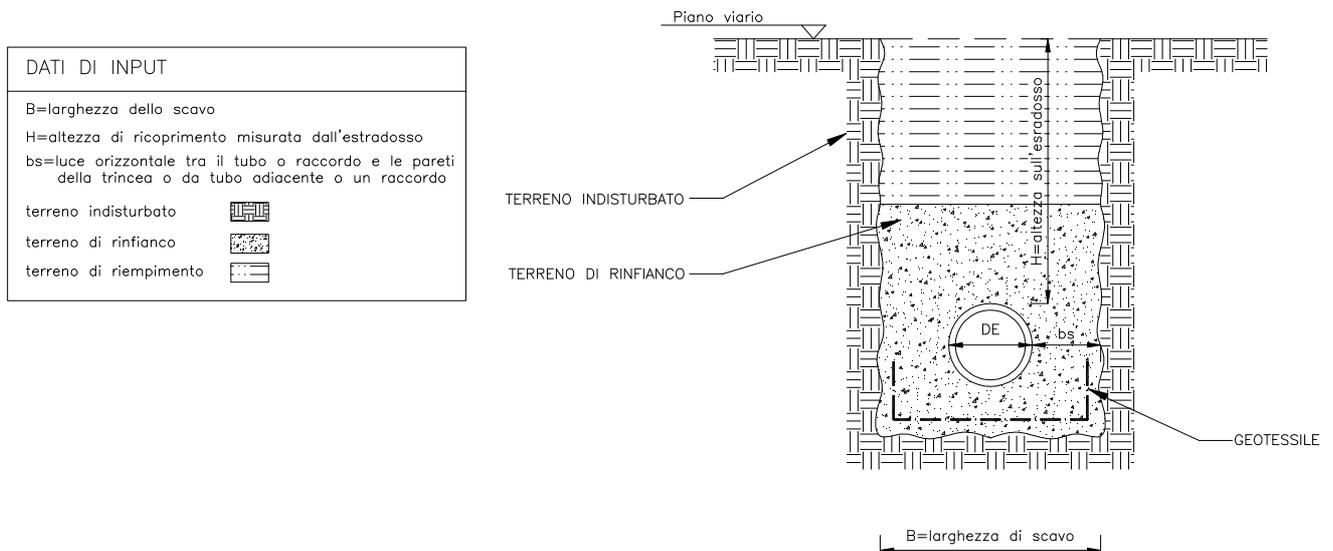


Figura 13: Fondo della trincea con geotessile che forma un contenitore parziale del terreno e supporto

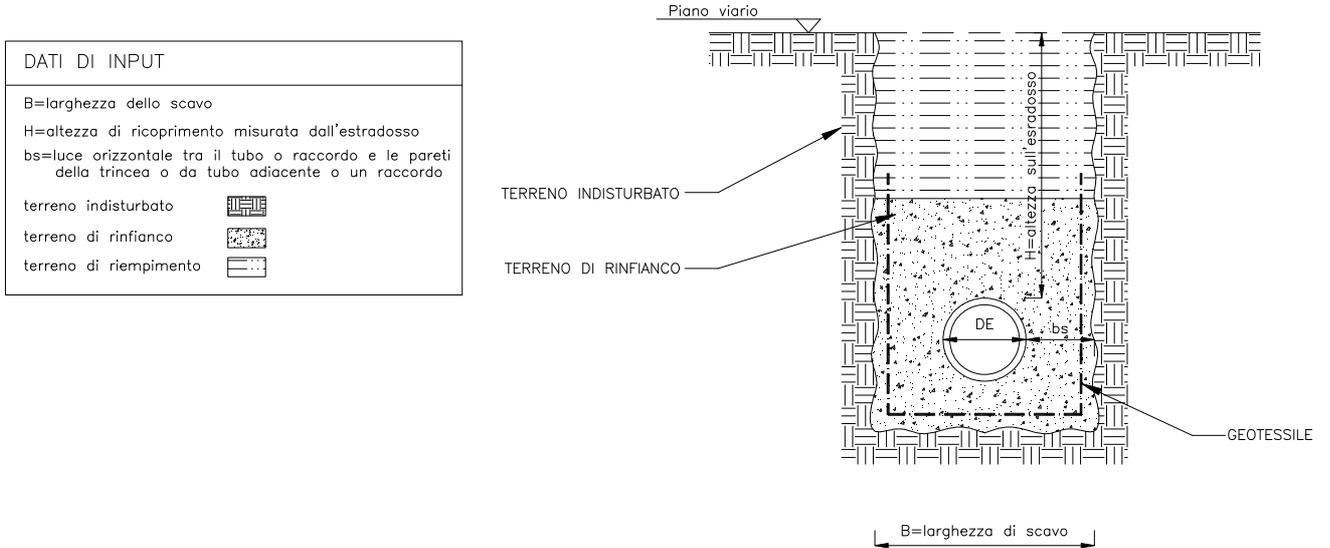


Figura 14: Fondo della trincea con geotessile che forma un blocco totale di terra di contenimento e supporto

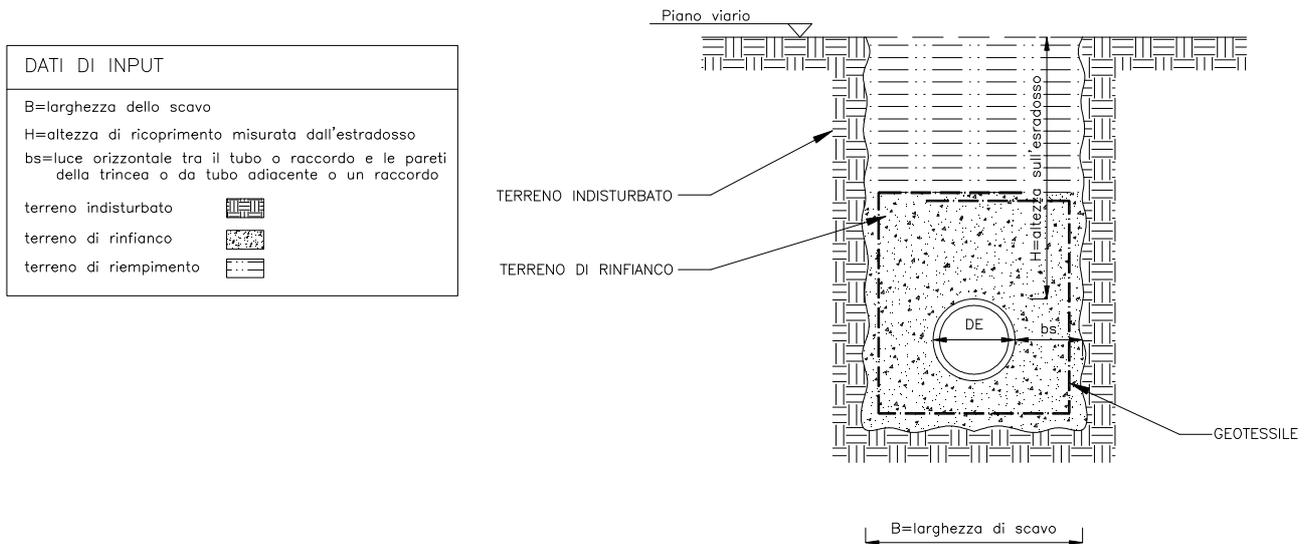
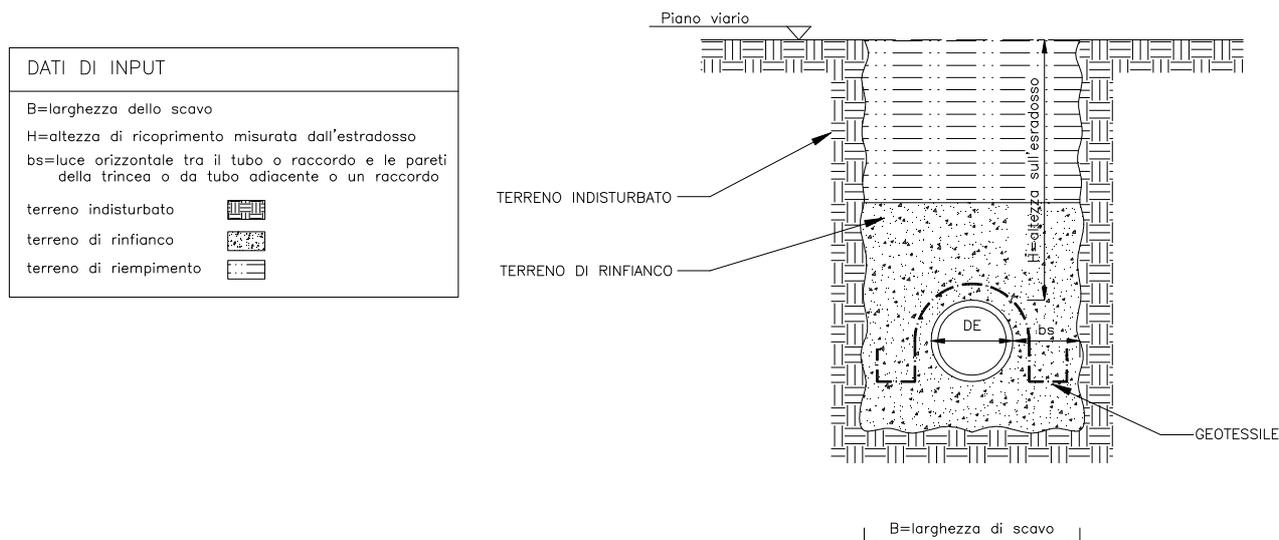


Figura 15: Fondo della trincea con geotessile che agisce come un'ancora che previene il galleggiamento



Durante le procedure d'installazione prendere precauzioni per evitare la flottazione del tubo. Evitare lo spostamento del tubo quando viene posato il materiale sotto i fianchi.

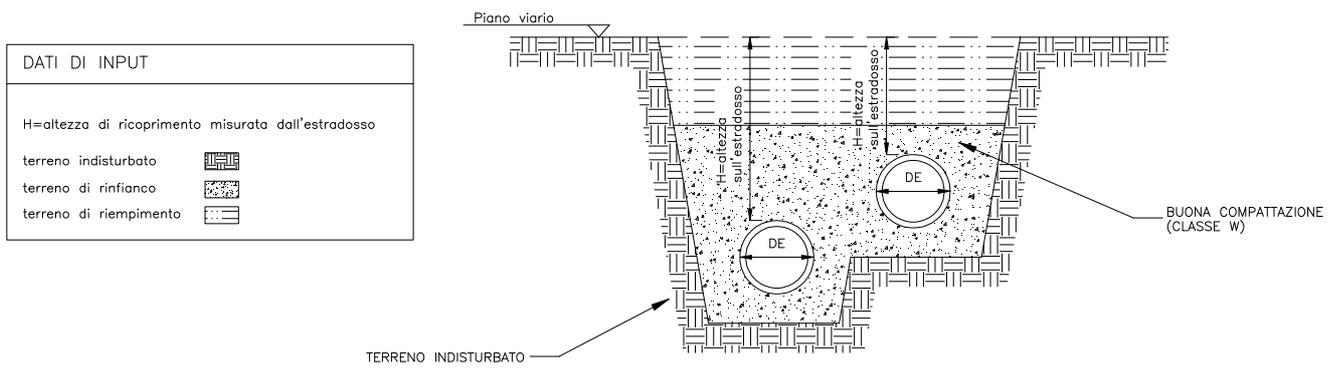
Prendere precauzioni quando si rimuovono i pannelli, il fasciame di protezione o altre protezioni della trincea per evitare la distruzione del materiale compattato. Quando si rimuove la protezione, fare questo in stadi, mentre si procede al riempimento sui fianchi, con il minimo possibile di rottura dello strato laterale compattato. Assicurarsi di riempire i vuoti e ricompattare. Se la possibilità di inficiare la compattazione non può essere esclusa con un sufficiente grado di certezza, usare un tubo progettato per tollerare queste incertezze di installazione.

In alcuni casi si rende necessario quando si progettano le tubazioni o di ridurre, per esempio, la densità nominale Proctor prevista e/o scegliere un tubo con rigidità anulare maggiore.

Nel processo di rinterro della trincea, proteggere il tubo da cadute di oggetti e l'impatto diretto con i macchinari per la compattazione o altre sorgenti di danneggiamento potenziale. Quando il rinterro deve essere compattato fino alla superficie del suolo, non usare macchine di compattazione direttamente sopra il tubo fino a che non sia stato posto sufficiente rinterro. Non usare macchine a rullo o mazze vibranti per consolidare il rinterro finale a meno che il loro uso non sia raccomandato dai fabbricanti dei tubi e dei macchinari. Assicurare almeno lo spessore minimo sopra la generatrice superiore del tubo dati nel prospetto 6, o di un ammontare maggiore se raccomandato dai fabbricanti dei tubi e dei macchinari, prima di usare tale macchinario di consolidamento.

Sistemi di tubi paralleli che giacciono nella trincea comune devono essere posti sufficientemente distanti da permettere ai macchinari di compattazione di compattare il materiale della zona del tubo tra i tubi (Figura 16).

Figura 16: Tubi paralleli in trincea a scalini



Uno spazio non minore di 150 mm maggiore della larghezza del pezzo più largo del macchinario usato per la compattazione può essere considerato una distanza sufficiente tra i tubi.

Compattare il materiale di ripiena nella zona del tubo tra i tubi con la stessa densità come il materiale tra il tubo e la parete della trincea.

3.7 Norme di compattazione e controlli qualitativi

Poiché le tubazioni di PEAD sono flessibili (anularmente), l'uniformità del terreno circostante è fondamentale per la corretta realizzazione di una struttura portante, poiché il terreno, deformato dalla tubazione, reagisce in modo da contribuire a sopportare il carico imposto.

Per assicurare la stabilità e l'integrità nel tempo delle condotte posate, si precisa, quale norma per l'appaltatore, che il letto di posa, il rinfianco ed il primo ricoprimento delle tubazioni in PEAD, devono essere eseguiti con la scrupolosa applicazione di quanto riportato nel presente disciplinare.

Il grado di compattazione del materiale costituente il rinfianco influisce in modo determinante sul valore di

deformazione diametrale $\left(\frac{\delta}{De}\right)$ della tubazione; tale valore, che non deve superare i limiti ammissibili stabiliti, ricavabile dalla formula di Spangler.

Per le tubazioni di PEAD deve essere considerato un indice di Proctor almeno pari al 90%, affinché si abbiano valori accettabili della deformazione diametrale.

L'ottenimento del valore richiesto per l'indice Proctor deve essere verificato mediante l'esecuzione di apposite prove e relative certificazioni, il cui numero è stabilito in fase di progettazione.

Le suddette prove, definite "prove di costipamento e determinazione delle caratteristiche di densità dei materiali", devono essere effettuate col metodo AASHO standard con 4 punti della curva densità/contenuto d'acqua.

Per ottenere la densità richiesta si utilizzano opportuni metodi di costipamento (a mano, con pigiatoi piatti o con apparecchi meccanici leggeri).

Inoltre, per assicurare la rispondenza alle prescrizioni di progetto, la D.L. verifica che siano rispettate le modalità esecutive del riempimento ed esegue periodicamente misurazioni dell'ovalizzazione della tubazione installata; se la deformazione risulta maggiore dei valori ammissibili, se possibile, s'incrementa la compattazione; in caso contrario si sostituisce il materiale di riempimento.

Prima della posa in opera, i tubi devono essere ispezionati singolarmente per scoprire eventuali difetti; le punte, i bicchieri e le guarnizioni devono essere integre.

I tubi ed i raccordi devono essere sistemati sul letto di posa in modo da avere un contatto continuo con il letto stesso.

Le nicchie precedentemente scavate per l'alloggiamento dei bicchieri o manicotti con diametro esterno maggiore di quello della condotta, devono essere accuratamente riempite onde evitare eventuali vuoti sotto i bicchieri.

Non sarà necessario scavare le nicchie per l'alloggiamento dei bicchieri quando saranno utilizzate tubazioni corrugate con diametro esterno del bicchiere uguale al diametro esterno della condotta.

Le condotte devono essere posate in modo perfettamente rettilineo poiché gli eventuali disassamenti provocano difetti di tenuta nei giunti.

Pertanto sia nella fase di scavo che nella formazione delle giunzioni si deve assicurare la rettilineità dell'asse dei tubi.

I disassamenti necessari al tracciato della condotta devono ottenersi esclusivamente mediante i pezzi speciali (curve) o in corrispondenza di pozzetti.

La rettilineità dell'asse in senso verticale (costanza della livelletta) deve realizzarsi esclusivamente mediante rinalzature con terra vagliata o con sabbia della stessa natura del letto di posa; in nessun caso si devono usare pietre o altri corpi.

4 APPENDICE A – NORMATIVA UNI EN 1046 – CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI

4.1 Prospetto A.1 – Gruppi di terreno

Tipo di terreno	Gruppo di terreno					Da usarsi come terreno di ripiena	
	#	Nome tipico	Simbolo	Tratti caratteristici	Esempi		
Granulare	1	Ghiaia a singola pezzatura	(GE) [GU]	Linea di granulazione stretta, predominanza di una zona a singola pezzatura	Roccia frantumata, ghiaia di fiume o di costa, ghiaia morenica, ceneri vulcaniche	SI	
		Ghiaia ben vagliata, miscela di ghiaia e sabbia	[GW]	Linea di granulazione continua, pezzatura a più zone			
		Miscela di ghiaia e sabbia poco vagliata	(GI) [GP]	Linea di granulazione a scalini, una o più zone di pezzatura assenti			
	2	Sabbia mono dispersa	(SE) [SU]	Linea di granulazione stretta, predominanza di una zona a singola pezzatura	Sabbia da dune e depositi alluvionali, sabbia di vallata, sabbia di bacino	SI	
		Ghiaia ben vagliata, miscela di ghiaia e sabbia	[SW]	Linea di granulazione continua, pezzatura a più zone			
		Miscela di ghiaia e sabbia poco vagliata	(SI) [SP]	Linea di granulazione a scalini, una o più zone di pezzatura assenti			
	3	Ghiaia con limo, miscela poco vagliata di limo, ghiaia e sabbia	[GM] (GU)	Linea di granulazione larga/intermittente con limo finemente granulato	Ghiaia degradata, detriti da riporto, ghiaia con argilla	SI	
		Ghiaia con argilla, miscela poco vagliata di ghiaia, limo e sabbia	[GC] (GT)	Linea di granulazione larga/intermittente con argilla finemente granulata			
		Sabbia con limo, miscele poco vagliate di sabbia e limo	[SM] (SU)	Linea di granulazione larga/intermittente con argilla finemente granulata			
		Sabbia con argilla, miscele poco vagliate di sabbia e limo	[SC] (ST)	Linea di granulazione larga/intermittente con argilla finemente granulata			
	Coesivo	4	Limo inorganico, sabbia molto fine, farina di roccia, sabbia fine con limo o argilla	[ML] (UL)	Poca stabilità, reazione rapida, da poca a niente plasticità	Loess, terriccio	SI
			Argilla inorganica, argilla particolarmente plastica	[CL] (TA) (TL) (TM)	Da media a molto alta stabilità, da bassa a nulla reazione, da bassa a media plasticità		
Organico	5	Terreno granulato misto con mistura di humus e calcare	[OK]	mescolanza di vegetali e non vegetali, odore di putrefatto, basso peso, molta porosità	Strato, superficiale, sabbia calcarea, sabbia da tufo	NO	

	Limo organico e limo organico argilloso	[OL] (OU)	Stabilità media, reazione da lenta a molto veloce, plasticità da bassa a media	Calccare marino, terreno superficiale	
	Argilla organica, argilla con mescolanze organiche	[OH] (OT)	Alta stabilità, senza reazione, plasticità da media ad alta	Fango, terriccio	
6	Torba, altri terreni altamente organici	[Pt] (HN) (HZ)	Torba decomposta, fibre, colore da marrone a nero	Torba	NO
	Fanghi	[F]	fanghiglie depositate sotto acqua spesso con dispersione di sabbia/argilla/calcare, molto leggere	Fanghi	
NOTA I simboli usati provengono da due fonti. Quelli tra parentesi quadre [...] dalla norma inglese BS 5930. Quelli tra parentesi tonde (...) dalla norma tedesca DIN 18196.					

Quando un terreno è una miscela di tipi qualunque sia il tipo dominante presente esso può essere usato per la classificazione.

Frequentemente viene indicato per il terreno la densità o il grado di consolidamento. Questo può essere sotto forma di parole o numeri. Il prospetto A.2 (normativa UNI ENV 1046) dà una relazione approssimata tra le varie descrizioni usate.

4.2 Prospetto A.2 – Terminologia delle classi di consolidamento

Descrizione	Grado di consolidamento			
	Proctor standard ¹⁾	≤ 80	da 81 a 90	da 91 a 94
Conto dei colpi	da 0 a 10	da 11 a 30	da 31 a 50	> 50
Grado di consolidamento aspettato raggiunto dalla classe di compattazione in questa prenorma	NO (N)			
	MODERATO (M)			
	BUONO (W)			
Terreno granulare	sciolto	mediamente denso	denso	molto denso
Terreno coesivo e organico	morbido	fermo	rigido	duro
1) Determinato secondo la DIN 18127.				

Dove non sono disponibili dettagliate informazioni del terreno nativo non disturbato allora usualmente si assume che esso abbia un consolidamento equivalente tra 91 % ed il 97 % della densità standard Proctor (SPD).

5 APPENDICE B – SEZIONE DI PROTEZIONE DELLE CONDOTTE - RICOPRIMENTI INFERIORI AL METRO

