

DISCIPLINARE TECNICO

**TUBO DI PVC-U PER FOGNATURE E SCARICHI
INTERRATI NON IN PRESSIONE**

Redazione a cura di PVC FORUM ITALIA
Gruppo tubi e raccordi in PVC compatto
per ulteriori informazioni consultare il sito web
www.pvcforum.it

| REVISIONE | DATA | MOTIVO |
|--|--|-----------|
| 0 | 15-03-2021 | Emissione |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| NORMALIZZAZIONE INTERNA MATERIALI | DESCRIZIONE: UNI EN 1401-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Parte 1: specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema. Settembre 2019 | |
| | REDAZIONE STANDARD E NORME | |
| | VERIFICA DI CONFORMITA' SERVIZI OPERATIVI | |
| | VERIFICA CLIENTI E SERVIZI | |
| | APPROVAZIONE IL DIRETTORE GENERALE | |

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica ha lo scopo di regolamentare le modalità di fornitura e collaudo dei tubi di PVC-U (non plastificato) per la costruzione di tubazioni di fognatura e scarichi interrati non in pressione.

2. NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN 1401-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Parte 1: specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema.
Settembre 2019

3. MATERIA PRIMA

Il materiale con il quale i tubi devono essere fabbricati è una miscela a base di polivinilcloruro e additivi necessari alla trasformazione.

Il contenuto di PVC deve essere almeno l'80% in massa per i tubi (massa volumica 1.35-1.60 kg/dm³) e almeno l'85% in massa per i raccordi, determinato secondo la norma EN 1905.

Un'ulteriore riduzione del contenuto di PVC-U fino al 75% in massa per i tubi è permessa solo con l'utilizzo di cariche micronizzate. In questo caso, la composizione delle cariche dovrà essere conforme alle specifiche seguenti

- contenuto di CaCO₃ \geq 96% in massa;
- contenuto di MgCO₃ \leq 4% in massa;
- contenuto di CaCO₃ e di MgCO₃ complessivamente \geq 98% in massa.

Inoltre la dimensione media delle particelle delle cariche D50 dovrà essere \leq 2,5 μ m e il diametro D98 \leq 20 μ m.

3.1. CARATTERISTICHE DELLA MATERIA PRIMA IN FORMA DI TUBO

| Caratteristiche | Requisiti | Parametri di prova | Metodo di prova |
|------------------|---|--|-----------------|
| Contenuto di PVC | \geq 80 % in massa oppure \geq 75 % in massa secondo le specifiche sopra riportate | Determinazione analitica del contenuto di PVC in base al contenuto di cloro totale | UNI EN 1905 |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|------------------------------|-------------------|--------------------|
| Massa Volumica | $\leq 1,53$ kg/dm^3 (per contenuto PVC $\geq 80\%$) $\leq 1,56$ kg/dm^3 (per contenuto PVC $\geq 75\%$) | Prova: metodo per immersione | | ISO 1183 |
| Resistenza alla pressione interna | Nessun cedimento durante il periodo di prova | Chiusure di estremità | Tipo a) o tipo b) | EN ISO 1167-1:2006 |
| | | Temperatura di prova | 60 °C | |
| | | Orientamento | Libero | |
| | | Numero di provette | 3 | |
| | | Tensione circonferenziale | 10 MPa | |
| | | Tempo di condizionamento | 1 h | |
| | | Tipo di prova | Acqua in acqua | |
| | | Periodo di prova | 1000 h | |

Table 3 — Formulation characteristics of fittings

| Characteristic | Requirements | Test parameters | | Test method |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Resistance to internal pressure | No failure during the test period | End caps | Type A or B conforming to EN ISO 1167-1:2006 | EN ISO 1167-1:2006 and EN ISO 1167-2 |
| | | Dimensions | $50 \text{ mm} \leq d_n \leq 110 \text{ mm}$ $3 \text{ mm} \leq e \leq 5 \text{ mm}$ | |
| | | Free length for injection-moulded pipe | $\geq 140 \text{ mm}$ | |
| | | Test temperature | 60 °C | |
| | | Orientation | Free | |
| | | Number of test pieces | 3 | |
| | | Circumferential (hoop) stress | 6,3 MPa | |
| | | Conditioning period | 1 h | |
| | | Type of test | Water-in-water | |
| | | Test period | 1 000 h | |

3.2. UTILIZZO DI MATERIALE DA RICICLO

L'allegato A della norma UNI EN 1401 riporta le condizioni per l'utilizzo di materiale non vergine per la produzione di tubi.

Si riassumono nella seguente tabella le percentuali di materiale da riciclo permesse.

Table 4 — Maximum allowed amount of non-virgin material

| Products | Own reprocessed material | External reprocessed and recycled material with agreed specification | External reprocessed and recycled material without agreed specification |
|-----------------|---------------------------------|---|--|
| Pipes | 100 % | 20 % | Not permitted |
| Fittings | 100 % | 20 % | Not permitted |

Il materiale non vergine può essere utilizzato adottando le specifiche riportate nella tabella seguente:

Table A.1 — Minimum characteristics of agreed specification

| Characteristic | Permitted deviations | Test method |
|--|--|--|
| PVC-content | ±4 % absolute by mass | EN 1905 |
| or Filler content by ash rest | | or EN ISO 3451-5, Method A |
| Density | ±20 kg/m ³ | EN ISO 1183-1 |
| Vicat softening temperature (VST) | ±2 °C | EN ISO 2507-1 |
| Particle size ^a | If relevant to be agreed with the supplier | If applicable, the test method (such as EN 15346:2014, Annex D or Annex E, ...) shall be stated in the agreed specification. |
| Impurities ^a | To be agreed with the supplier | The test method (such as EN 15346:2014, Annex C, evaluation of sheets or evaluation of micronized material ...) shall be stated in the agreed specification. |
| Source of the material | PVC-U products | |
| ^a The relevant requirements and test method depend on the recycling process and on the end product. | | |

4. CARATTERISTICHE GENERALI DEI TUBI

| Caratteristiche | Requisiti | |
|------------------------------------|--|--|
| Caratteristiche della composizione | Modulo di elasticità Massa volumica media Coefficiente medio di dilatazione termica Conducibilità termica Resistenza elettrica superficiale | $E_{(1min)} \geq 3200 \text{ MPa}$ $\approx 1,53 - 1.56 \text{ kg/dm}^3$ $\approx 0,08 \text{ mm/mK}$ $\approx 0,16 \text{ WK}^{-1}\text{m}^{-1}$ $> 10^{12} \Omega$ |
| Resistenza chimica | I tubi conformi alla presente norma sono resistenti alla corrosione da parte di acqua con ampio intervallo di valori pH, come l'acqua degli scarichi domestici, l'acqua piovana, l'acqua di superficie e del suolo. | |
| Deformazione diametrale | Condizioni normali di installazione: deformazione media prevedibile deve essere inferiore Però una deformazione del 15% non provoca malfunzionamento del sistema | < 8 % |
| Designazione parete | I tubi devono essere costruiti per estrusione con parete compatta e uniforme dello spessore indicato in UNI EN 1401 tale da garantire la rigidità nominale richiesta. | |
| Codice di applicazione | I tubi devono essere costruiti per l'utilizzo degli scarichi interrati e delle fognature non a pressione interrati all'esterno del perimetro dell'edificio con codice di area di applicazione U (in esterno alla struttura dell'edificio) e UD (in esterno e all'interno della struttura dell'edificio). | |
| Colore | Rosso mattone e/o grigio In considerazione dell'eventuale esposizione ai raggi solari un pur minimo abbassamento della tonalità del colore su di una parte del tubo non comprometterà l'idoneità del tubo all'impiego e conseguente motivo di rifiuto della fornitura. | RAL 8023 RAL 7037 |
| Aspetto | La superficie interna ed esterna dei tubi deve essere liscia, pulita e priva di cavità, impurità e porosità e qualsiasi altra irregolarità superficiale che possa impedire la loro conformità alla norma di riferimento ed alla presente specifica. | |
| Resistenza alla abrasione | Tubi e raccordi conformi alla presente norma sono resistenti alla abrasione. | |

4.2. CARATTERISTICHE MECCANICHE

| Caratteristiche | Requisiti | Parametri di prova | | Metodi di prova |
|---------------------|----------------|--|---|-----------------|
| Resistenza all'urto | TIR \leq 10% | Temperatura di prova | (0 + 1) °C | EN ISO 3127 |
| | | Mezzo di condizionamento | Acqua o aria | |
| | | Tipo di percussore | d 90 | |
| | | Massa del percussore per: dem = 110 mm dem = 125 mm dem = 160 mm dem = 200 mm dem = 250 mm dem \geq 315 mm | 1 kg 1,25 kg 1,6 kg 2,0 kg 2,5 kg 3,2 kg | |
| | | Altezza di caduta del percussore per: dem \leq 110 mm dem > 110 mm | 1600 mm 2000 mm | |

4.3. CARATTERISTICHE FISICHE

| Caratteristiche | Requisiti | Parametri di prova | | Metodo di prova |
|---|---|--|-------------------------|------------------------------|
| Temperatura di rammollimento Vicat(VST) | \geq 79°C | Conformi alla EN ISO 2507-1 | | EN ISO 2507-1 |
| Ritiro longitudinale | \leq 5% Il tubo non deve presentare bolle o screpolature. | Temperatura di prova | 150 °C | EN ISO 2505 bagno liquido |
| | | Tempo di immersione per: e \leq 8 mm e > 8 mm | 15 min 30 min | |
| | | oppure | | |
| | | Temperatura di prova | 150 °C | EN ISO 2505 in aria |
| | | Tempo di immersione: e \leq 4 mm 4 < e \leq 16 mm e > 16 mm | 30 min 60 120 min | |
| | | | | |
| Resistenza al dicloro-metano ad una temperatura specificata | Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta. | Temperatura di prova | 15 °C | EN ISO 9852 |
| | | Tempo di immersione: | 30 min | |

4.4. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

4.4.1. DIMENSIONI DEI TUBI

I tubi dovranno avere, i diametri, gli spessori e le tolleranze rispondenti ai valori riportati nella norma UNI EN 1401-1. In particolare i diametri gli spessori dovranno essere conformi alle seguenti tabelle:

Table 5 — Mean outside diameters

Dimensions in millimetres

| Nominal size DN/OD | Nominal outside diameter d_n | Mean outside diameter | |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------|
| | | $d_{em,min}$ | $d_{em,max}$ |
| 110 | 110 | 110,0 | 110,3 |
| 125 | 125 | 125,0 | 125,3 |
| 160 | 160 | 160,0 | 160,4 |
| 200 | 200 | 200,0 | 200,5 |
| 250 | 250 | 250,0 | 250,5 |
| 315 | 315 | 315,0 | 315,6 |
| 355 | 355 | 355,0 | 355,7 |
| 400 | 400 | 400,0 | 400,7 |
| 450 | 450 | 450,0 | 450,8 |
| 500 | 500 | 500,0 | 500,9 |
| 630 | 630 | 630,0 | 631,1 |
| 710 | 710 | 710,0 | 711,2 |
| 800 | 800 | 800,0 | 801,3 |
| 900 | 900 | 900,0 | 901,5 |
| 1 000 | 1 000 | 1 000,0 | 1 001,6 |

Table 6 — Wall thicknesses

Dimensions in millimetres

| Nominal size DN/OD | SN 2 SDR 51 ^a | | SN 4 SDR 41 | | SN 8 SDR 34 | | SN 16 SDR 27,6 | |
|-----------------------|-----------------------------|-------------|------------------|-------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|
| | e_{min} | $e_{m,max}$ | e_{min} | $e_{m,max}$ | e_{min} | $e_{m,max}$ | e_{min} | $e_{m,max}$ |
| 110 | — | — | 3,2 ^b | 3,8 | 3,2 | 3,8 | 4,0 | 4,6 |
| 125 | — | — | 3,2 ^b | 3,8 | 3,7 | 4,3 | 4,6 | 5,3 |
| 160 | 3,2 | 3,8 | 4,0 | 4,6 | 4,7 | 5,4 | 5,8 | 6,6 |
| 200 | 3,9 | 4,5 | 4,9 | 5,6 | 5,9 | 6,7 | 7,3 | 8,3 |
| 250 | 4,9 | 5,6 | 6,2 | 7,1 | 7,3 | 8,3 | 9,1 | 10,3 |
| 315 | 6,2 | 7,1 | 7,7 | 8,7 | 9,2 | 10,4 | 11,4 | 12,8 |
| 355 | 7,0 | 7,9 | 8,7 | 9,8 | 10,4 | 11,7 | 12,9 | 14,4 |
| 400 | 7,9 | 8,9 | 9,8 | 11,0 | 11,7 | 13,1 | 14,5 | 16,2 |
| 450 | 8,8 | 9,9 | 11,0 | 12,3 | 13,2 | 14,8 | 16,3 | 18,2 |
| 500 | 9,8 | 11,0 | 12,3 | 13,8 | 14,6 | 16,3 | 18,1 | 20,2 |
| 630 | 12,3 | 13,8 | 15,4 | 17,2 | 18,4 | 20,5 | 22,8 | 25,3 |
| 710 | 13,9 | 15,5 | 17,4 | 19,4 | 20,8 | 23,2 | 25,7 | 28,5 |
| 800 | 15,7 | 17,5 | 19,6 | 21,8 | 23,4 | 27,0 | 29,0 | 32,1 |
| 900 | 17,6 | 19,6 | 22,0 | 24,4 | 26,3 | 30,3 | 32,6 | 36,1 |
| 1 000 | 19,6 | 21,8 | 24,5 | 27,2 | 29,2 | 33,6 | 36,2 | 40,1 |

NOTE The tolerances for wall thickness conform to ISO 11922-1 [4], Grade W.

^a SDR 51 is applicable for application area code "U" only.

^b These values are based on experience.

4.4.2. TOLLERANZA DIMENSIONALE

Si permette una tolleranza puntuale sullo spessore fino a 1,2 e_{min} a patto che lo spessore medio sia inferiore o uguale allo spessore medio massimo specificato e_{max} . Per le applicazioni con codice U, DN 200 o maggiore, è permessa una riduzione dello spessore minimo e_{min} fino al 5 %, a patto che lo spessore medio massimo sia inferiore o uguale a quanto specificato in tabella come e_{max} .

4.4.3. LUNGHEZZA

La lunghezza delle barre sarà dichiarata dal produttore con indicazione precisa della lunghezza utile della stessa. La lunghezza utile è la lunghezza del tubo escluso il bicchiere.

4.5. SISTEMI DI GIUNZIONE

Il sistema di giunzione è a bicchiere con guarnizione elastomerica di tenuta conforme a UNI EN 681.

4.5.1. ESTREMITÀ DEI TUBI

Ogni tubo dovrà pervenire con l'estremità liscia tagliata nettamente e perpendicolare all'asse del tubo stesso con uno smusso di ~ 15°.

4.5.2. GUARNIZIONI

Le guarnizioni non devono provocare effetti nocivi sulle proprietà del tubo e devono avere la rispondenza ai requisiti prescritti nelle UNI EN 681-1, UNI EN 681-2.

5. MARCATURA E CONTRASSEGNI DEI TUBI

La marcatura dei tubi deve essere, indelebile su almeno una generatrice e i dati, di seguito elencati quelli minimi, ripetuti con intervalli non maggiori di 2 m.

1. il nome del fabbricante o marchio commerciale,
2. il numero della norma di riferimento UNI EN 1401-1,
3. il codice area di applicazione U o UD,
4. il materiale PVC-U,
5. il diametro nominale,
6. lo spessore o il rapporto standard dimensionale SDR,
7. la classe di rigidità nominale SN,
8. la data di produzione, numero di trafilatura e numero di lotto,
9. le prestazioni a bassa temperatura
10. il marchio di conformità
11. il marchio a garanzia di qualità www.tubipvc.it

6. CONTROLLI E RESPONSABILITÀ

Il committente si riserva il diritto di presenziare con propri incaricati alle prove ed agli esami per l'accertamento dei requisiti richiesti dalle norme di fabbricazione ed alla presente specifica.

Il fornitore s'impegna perciò a favorire il libero accesso degli incaricati dal committente agli impianti di fabbricazione dei tubi in ogni momento delle diverse fasi produttive e ai laboratori in ogni momento delle fasi di controllo e collaudo, comunicando con ragionevole anticipo la data di inizio della fabbricazione dei tubi commissionati, concedendo altresì agli incaricati piena libertà di azione, compatibilmente con le esigenze di produzione, per i controlli del caso.

Il committente si riserva il diritto di verificare mediante prelievo di campioni di tubo e/o di materia prima, la rispondenza a quanto dichiarato dal fornitore. Resta inteso che la presenza degli incaricati in occasione delle prove o degli esami di cui ai punti precedenti, non può considerarsi in ogni caso sostitutiva dei controlli del fornitore, rimanendo egli il solo responsabile della qualità dei tubi che produce.

Il fornitore si assume ogni e qualsiasi onere conseguente le consegne di tubo non conforme ai requisiti previsti dalla presente specifica.

7. DOCUMENTI

Il fornitore in fase di offerta dovrà allegare:

- la certificazione di qualità secondo UNI EN ISO 9000 da parte di istituto o ente competente, rilasciata conformemente a UNI CEI EN 45012;
- dichiarazione firmata dell'utilizzo di materia prima (miscela) vergine;
- la certificazione di conformità alla norma UNI EN 1401, dei tubi da parte di società certificatrice, rilasciata conformemente a UNI CEI EN 45011.

Ad ogni consegna la fornitura deve essere accompagnata da:

- dichiarazione di conformità alla norma di riferimento UNI EN 1401.

Se concordato in sede d'ordine il fornitore dovrà garantire inoltre:
l'assistenza da parte di un tecnico qualificato in occasione dell'inizio lavori di cantiere per la verifica delle corrette modalità di posa.

8. MOVIMENTAZIONE E TRASPORTO DEI TUBI

Per la movimentazione ed il trasporto dei tubi dovranno essere messi in atto tutti quei procedimenti idonei a far sì che questi giungano alla consegna perfettamente integri. L'eventuale deterioramento dei tubi, constatato all'atto della consegna, implica la contestazione del materiale difettoso. I pezzi contestati resteranno a disposizione del fornitore, le riparazioni ed i controlli saranno a suo carico.

9 MODALITÀ E PROCEDURE DI POSA IN OPERA

9.1 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 in metri), la larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo (B in metri) e l'altezza di riempimento sulla generatrice superiore della tubazione (H in metri):

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

9.1.1 Trincea stretta

È la migliore sistemazione nella quale collocare un tubo in PVC-U. 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.

9.1.2 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.

9.1.3 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.

9.1.4 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.

9.2 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:

$$H \geq 1,0$$

$$H \geq 1,5 D$$

9.3 Larghezza della trincea

È 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.

9.4 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.

9.5 Letto di posa

Alla canalizzazione in PVC-U 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,

9.6 Norme di compattazione e controlli qualitativi

Poiché le tubazioni di PVC-U sono flessibili, 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 costruite, si precisa, quale norma per l'appaltatore, che il letto di posa, il rinfiacco ed il primo ricoprimento delle tubazioni in PVC-U, devono essere eseguiti con la scrupolosa applicazione di quanto riportato nelle presenti norme.

Il grado di compattazione del materiale costituente il rinfiacco influisce in modo determinante sul valore di deformazione diametrale $(\Delta x/D)$ della tubazione; tale valore, che non deve superare i limiti ammissibili stabiliti, è ricavabile dalla formula di Spangler:

$$\Delta x = \frac{0,125 \cdot Q}{E \cdot (s/D)^3 + 0,0915 \cdot E_1}$$

dove:

Q = carico totale esterno sul tubo [kg/m];

E = modulo elastico del tubo [kg/m²];

s = spessore tubo [m];

D = diametro del tubo [m];

E₁ = modulo elastico del terreno [kg/m²].

In particolare E₁ dipende dal fattore α' di compattazione secondo la relazione:

$$E_1 = \frac{9 \cdot 10^4}{\alpha'} \cdot (H + 4),$$

dove H [m] è l'altezza del riempimento misurata a partire dalla generatrice superiore del tubo.

A sua volta α' è collegato all'indice Proctor, nel modo indicato dalla tabella seguente:

| Prova Proctor | α' |
|---------------|------------------|
| 95% | 1,0 |
| 90% | 1,5 |
| 85% | 1,5 ² |
| 80% | 1,5 ³ |
| 75% | 1,5 ⁴ |

L'indice Proctor definisce convenzionalmente il grado di compattazione di un terreno.

Per le tubazioni di PVC-U deve essere considerato un **indice di Proctor almeno pari al 90%**.

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 AASHTO 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).

9.7 Posa del tubo

Prima della posa in opera, i tubi devono essere ispezionati singolarmente per identificare eventuali difetti; i codoli e i bicchieri devono essere integri.

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 (anche se l'ingombro del bicchiere è minimo, è buona norma prevedere una nicchia in corrispondenza del suo appoggio) devono, se necessario, essere accuratamente riempite onde evitare eventuali vuoti sotto i bicchieri.

9.8 Procedura di rinterro

Il riempimento della trincea ed in generale dello scavo è l'operazione fondamentale della messa in opera. Trattandosi, infatti, di tubazioni in PVC-U, 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 mezzeria del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto al tubo e che lo strato L₁ di rinfianco tra tubo e parete sia continuo e compatto.

Il secondo strato di rinfianco L₂ giunge fino alla generatrice superiore del tubo. La sua compattazione deve essere eseguita sempre con la massima attenzione.

Il terzo strato L₃ 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 rinfianco 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 (strati L₄ e L₅) 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 (piettriccio con diametro > 2 cm) non deve superare il limite del 30%.

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

9.9 Condizioni di posa particolari

In presenza di falda freatica bisogna assicurarsi che detta falda non possa provocare in alcun modo spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo. Occorre, allo scopo, consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, evitando ogni possibile instabilità del terreno di posa e dei manufatti in muratura. Qualora nel corso dei lavori si verificano, per tratti limitati, condizioni di posa più gravose di quelle di progetto (sgrottamento delle pareti, frane, ecc.) si deve procedere ad opere di protezione che riconducano le condizioni di posa a quelle prescritte, con la realizzazione d'appositi muretti di pietrame o calcestruzzo atti a ridurre la lunghezza della sezione di scavo, o d'altra opportuna soluzione autorizzata dalla Direzione Lavori.

Nel caso in cui, per ragioni tecniche, l'altezza H di ricoprimento in qualche punto debba risultare inferiore ai minimi prescritti, occorre far assorbire i carichi verticali da opportuni manufatti di protezione (diaframmi rigidi di protezione e di ripartizione dei carichi da collocare sopra l'ultimo strato di materiale minuto compatto), secondo apposito ordine della Direzione Lavori.

In caso di attraversamento di linee ferroviarie, si può:

- prevedere un tubo guaina protettivo in acciaio rivestito;
- posare la tubazione in un cunicolo in cemento armato.

10 ESECUZIONE DELLE GIUNZIONI

Le giunzioni si effettuano rispettando le seguenti indicazioni, sia per i tubi sia per i pezzi speciali.

Si provvedere ad un'accurata pulizia delle parti da congiungere assicurandosi che siano integre; la guarnizione deve essere inserita (se non già premontata) nella apposita sede presente all'interno del bicchiere, in seguito:

- lubrificare la superficie esterna del codolo (estremità liscia del tubo) e la superficie interna del bicchiere con apposito lubrificante (grasso od olio siliconato, vaselina, acqua saponosa, ecc.). Evitare l'uso d'oli o grassi minerali che possono danneggiare la guarnizione;
- infilare la testata della tubazione fino a che l'estremità bicchiere non giunge a fine corsa, non forzare oltre. La perfetta riuscita di quest'operazione dipende esclusivamente dal preciso allineamento dei tubi e dall'accurata lubrificazione.