



Direzione Ingegneria
Area Tecnologia dei Materiali

DISCIPLINARE TECNICO
PER LA FORNITURA E POSA IN OPERA
DI TUBI E RACCORDI IN PRFV CENTRIFUGATO
PER COLLETTAMENTO FOGNARIO

Redatto da:

Ing. Giuseppe De Stefano

Visto: Il Direttore
Ing. Andrea Volpe

EDIZIONE GENNAIO 2020

INDICE

1. GENERALITA'	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. MATERIALI.....	4
4. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE	5
4.1. STRATO PROTETTIVO INTERNO (LINER).....	5
4.2. STRATO CENTRALE.....	5
4.3. STRATO PROTETTIVO ESTERNO.....	5
5. PARAMETRI PER IL DIMENSIONAMENTO E LA VERIFICA DEI TUBI.....	6
6. RESISTENZA TRASVERSALE - CLASSI DI RIGIDITA'	6
7. GIUNZIONI.....	7
7.1. GIUNTO A MANICOTTO CON GUARNIZIONE CONTINUA A LABBRO.....	7
7.2. GIUNTO FLANGIATO.....	8
8. RACCORDI O PEZZI SPECIALI.....	8
9. CLASSIFICAZIONE DI TUBI E RACCORDI	9
10. MARCATURE.....	10
11. PROVE E CONTROLLI IN FABBRICA	10
11.1. PROVE DISTRUTTIVE.....	10
11.2. PROVE NON DISTRUTTIVE	10
12. ACCETTAZIONE DEL PRODOTTO E MOTIVI DI RIFIUTO.....	11
13. MOVIMENTAZIONE, STOCCAGGIO E RIPARAZIONE DEI MATERIALI.....	12
14. MODALITA' DI POSA IN OPERA	13
14.1. POSA DI CONDOTTE INTERRATE.....	13
14.2. POSA DI CONDOTTE SOTTOMARINE IN TRINCEA O SU FONDALE (CENNI)	16
14.3. POSA DI CONDOTTE MEDIANTE TECNOLOGIA <i>NO-DIG</i> DEL TIPO T.O.C.....	16
14.4. POSA DI CONDOTTE MEDIANTE TECNOLOGIE <i>NO-DIG</i> DEL TIPO "A SPINTA"	16
15. PROVA DI PRESSIONE IN OPERA	16
15.1. PROVA PER CONDOTTE A PELO LIBERO	16
15.2. PROVA PER CONDOTTE IN PRESSIONE	18

1. GENERALITA'

Nel presente disciplinare vengono riportate le caratteristiche, le prove e le modalità di posa in opera relative a tubi e raccordi in materiale plastico rinforzato con fibre di vetro (PRFV), prodotti per centrifugazione (nel proseguo definito "PRFV centrifugato").

In Acquedotto Pugliese, tali materiali sono utilizzabili per la realizzazione di collettori ed emissari fognari, interrati e sottomarini, senza pressione o con pressioni nominali fino a 6 bar. Le tubazioni ed i raccordi di PRFV centrifugato possono essere utilizzati anche per la realizzazione di condotte posate con tecniche No-Dig del tipo "a spinta" (ad esempio: *Microtunnelling*) e per la realizzazione di tratte "aeree".

Le tubazioni ed i raccordi in PRFV centrifugato devono avere caratteristiche tecniche in tutto conformi a quanto prescritto nelle vigenti norme UNI EN 14364 (per posa in trincea), ISO 25780 (per posa No-Dig) e UNI 9032.

Sono utilizzabili tubazioni e raccordi aventi diametri da DN 200 a DN 3600 mm e pressioni nominali fino a PN 6.

Le giunzioni tubo-tubo e tubo-raccordo devono essere del tipo "a manicotto" con guarnizione continua a labbro oppure del tipo "flangiato".

Lo spessore di parete delle tubazioni deve essere calcolato in base alle condizioni di posa, alle pressioni nominali ed ai diametri nominali. La scelta dello spessore deve essere eseguita dal produttore, in base alle condizioni al contorno dichiarate da Acquedotto Pugliese. Lo stesso produttore, sulla scorta delle citate condizioni al contorno e, quindi, dei requisiti prestazionali richiesti a tubazioni e raccordi, deve anche stabilire, oltre allo spessore di parete, la qualità e la quantità dei materiali che andranno a comporre il materiale plastico, ed in particolare la quantità di inerte siliceo da aggiungere alla resina ed alla fibra di vetro.

La Ditta produttrice dei tubi e dei pezzi speciali deve possedere un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma ISO 9001, approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

UNI 9032: Tubazioni di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche - Linee guida per la definizione dei requisiti per l'impiego.

UNI EN 14364: sistemi di tubazioni di materia plastica per fognatura e scarichi con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliesteri insatura (UP) - Specifiche per tubi, raccordi e giunzioni.

ISO 25780: Plastics piping systems for pressure and non-pressure water supply, irrigation, drainage or sewerage - Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin - Pipes with flexible joints intended to be installed using jacking techniques.

UNI PdR 26.2: Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrate a basso impatto ambientale - Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali.

UNI EN 1229: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Metodi di prova per determinare la tenuta idraulica della parete sottoposta ad una pressione interna di breve durata.

UNI EN 1394: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della resistenza in trazione circonferenziale apparente iniziale.

UNI EN 1228: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della rigidità anulare specifica iniziale.

UNI EN 1447: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della resistenza a lungo termine alla pressione interna.

UNI EN 1393: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione della proprietà iniziali in trazione longitudinale.

UNI EN 761: Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Tubi e raccordi di materiale termoindurente rinforzato con fibre di vetro (PRFV) - Determinazione del fattore di scorrimento sotto carico allo stato secco.

UNI EN 681-1: Elementi di tenuta in elastomero - Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua - Gomma vulcanizzata.

UNI CEN/TS 14578: Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua o scarico e fognatura - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Procedure raccomandate per l'installazione.

UNI CEN/TS 14632: Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature, scarichi e per la distribuzione dell'acqua in pressione o non - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Guida per la valutazione della conformità.

UNI CEN/TS 14807: Sistemi di tubazioni di materia plastica-Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Guida per l'analisi strutturale delle tubazioni interrato di PRFV - UP.

UNI EN 1610: Costruzione e collaudo di condotte di fognatura.

Decreto Ministeriale 12.12.85: Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle tubazioni.

3. MATERIALI

I materiali plastici rinforzati con fibra di vetro (P.R.F.V.) rientrano nella categoria dei materiali cosiddetti "compositi", nei quali un materiale di natura fibrosa con elevate caratteristiche di resistenza alla trazione è inglobato in un materiale omogeneo (matrice) di minori caratteristiche meccaniche.

La matrice è costituita da resine poliesteri insature termoindurenti ed ha il compito di tenere assieme le fibre, aventi orientazione e densità definite dalle specifiche tecniche di costruzione. Le fibre di vetro possono essere presenti in varie forme (*rovings* continui, *mats* a fili tagliati, stuoie e tessuti, veli di superficie, ecc.).

Resine

Devono essere utilizzate resine poliesteri del tipo ortoftalico.

Rinforzi

Devono essere costituiti da fibre di tipologia definita dal produttore delle tubazioni e possono essere usati sotto forma di fili (*roving*), tagliati e non tagliati, di *mats* di superficie, di tessuto e di stuoia.

Cariche

Le resine impiegate possono contenere cosiddette “cariche”, ai fini del controllo della viscosità, della resistenza alla fiamma, della resistenza ai raggi ultravioletti, ecc.

Acceleranti, Catalizzatori, Induritori, Inibitori

Devono essere utilizzati prodotti che portino alla completa polimerizzazione dei componenti dell'elemento strutturale, secondo le prescrizioni del fornitore della resina.

Inerti

È possibile l'utilizzo di inerti secondo le prescrizioni del produttore delle tubazioni.

4. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Le tubazioni in PRFV oggetto del presente disciplinare sono prodotte per “centrifugazione”. La parete dei tubi è costituita dai seguenti strati, costituenti un unico elemento strutturale:

4.1. Strato protettivo interno (LINER)

Questo strato deve essere costituito da pura resina, senza presenza di fibre e/o inerti, e deve avere uno spessore complessivo non inferiore a 1,3 mm. Deve essere privo di difetti, quali screpolature ed incrinature, e non deve presentare cavità o bolle d'aria.

Il valore di rugosità ammesso non deve essere superiore a 0,017 mm.

Il valore di abrasione risultante dal cosiddetto “test di Darmstadt”, eseguito secondo le norme DIN 1956 ed EN 295-3 a 100.000 cicli, non deve essere superiore a 0,2 mm, senza affioramento di fibre. A 500.000 cicli è ammesso un valore di abrasione superiore, ma sempre senza affioramento di fibre.

4.2. Strato centrale

Come rinforzi di fibra devono essere utilizzati fili tagliati.

Questo strato può essere costituito, oltre che da fibre di vetro e resina, anche da elementi inerti e cariche minerali (sabbia, carbonati, ecc.).

4.3. Strato protettivo esterno

Questo strato deve essere costituito da resina ed inerti; pertanto, deve essere privo di fibre.

Lo strato protettivo esterno deve consentire la posa “aerea” delle tubazioni e deve impedire l'assorbimento degli eventuali lubrificanti impiegati durante la posa No-Dig del tipo “a spinta” (*Microtunneling, Pipe jacking, ecc.*).

5. PARAMETRI PER IL DIMENSIONAMENTO E LA VERIFICA DEI TUBI

L'efficienza di una tubazione in PRFV centrifugato passa attraverso un corretto dosaggio delle materie prime, durante la produzione della tubazione.

Lo spessore della parete della tubazione e, in particolare, la quantità di inerti da aggiungere alla resina ed alle fibre di vetro devono essere stabiliti dal produttore, in base alle condizioni di funzionamento della condotta (portata, eventuale pressione) ed alle condizioni di posa (tipologia di posa, carichi agenti sulle tubazioni, ecc.), comunicate, al produttore stesso, da Acquedotto Pugliese.

L'idonea individuazione dei suddetti elementi di base, nelle condizioni al contorno ipotizzate, deve condurre alla realizzazione di una tubazione che rechi in sé adeguate caratteristiche di resistenza meccanica, che consentano alla tubazione stessa di non raggiungere, in fase di esercizio, i massimi valori di ovalizzazione, di sollecitazione a trazione e a taglio, oltre i quali si avrebbe la fessurazione o la rottura della parete.

In sostanza, la tubazione deve essere realizzata in modo tale da avere i seguenti requisiti tecnici:

- un valore di Rigidezza Specifica Trasversale (come definita al paragrafo 6), che consenta, in condizioni ottimali di posa (come definite nel paragrafo 11), una ovalizzazione massima pari al 3% (in ogni caso, il valore massimo ammissibile di ovalizzazione non deve superare il 5%);
- nel caso di tubazioni a pressione, vi sia un coefficiente di sicurezza almeno pari a 2 volte il PN, con riferimento al collasso della sezione trasversale per instabilità elastica, dopo 50 anni di esercizio.

In generale, le tubazioni devono essere verificate secondo le prescrizioni delle norme UNI EN 14364 (tubazioni per posa in trincea) ISO 25780-2011 e UNI/PdR 26.2:2017 (tubazioni per posa senza scavo a spinta), utilizzando i coefficienti di sicurezza previsti nelle norme citate.

Non sono ammissibili eventuali dispositivi per irrigidimento locale, atti a sopperire ad insufficienti requisiti tecnici in termini di resistenza meccanica.

6. RESISTENZA TRASVERSALE - CLASSI DI RIGIDITA'

La resistenza meccanica trasversale è l'attitudine del tubo a resistere alle azioni che si esercitano in direzione normale al suo asse nel piano delle sezioni trasversali.

Essa è funzione delle condizioni di installazione e delle condizioni di esercizio.

La resistenza meccanica trasversale iniziale è strettamente legata alla Rigidezza Specifica Trasversale, definita dalla seguente formula:

$$R = EI/D^3 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

in cui:

E = modulo elastico del materiale in direzione circonferenziale espresso in N/mm² i cui valori minimi sono: $E = 6500$, in presenza di inerti silicei; $E = 18500$, in assenza di inerti silicei.

I = momento di inerzia trasversale della striscia unitaria della parete del tubo rispetto all'asse neutro della parete (mm⁴/m).

D = diametro nominale medio del tubo in mm.

I tubi sono classificati in base al valore di Rigidezza Nominale, anche definita Classe di Rigidezza (SN, espressa in N/m²), secondo la norma UNI EN 14364.

Di seguito, vengono riportati i valori *standard* della Classe di Rigidity:

Classe di Rigidity (SN) N/m²
5.000
10.000
15.000

Per particolari condizioni di carico statico o per posa con tecniche *No-Dig*, possono essere previste Classi di Rigidity superiori (fino a SN 1.000.000 N/m²).

7. GIUNZIONI

Sono ammessi i giunti dei tipo “a manicotto” in PRFV o in acciaio inox (per le tubazioni per posa *No-Dig*), con guarnizione in gomma elastomerica continua con profilo a labbro, o giunti “flangiati”.

Non sono ammesse giunzioni saldate.

7.1. Giunto a manicotto con guarnizione continua a labbro.

Il giunto “a manicotto” è dotato, su tutta la sua superficie interna, di una guarnizione continua, con profili di tenuta a labbro.

La guarnizione elastomerica può essere in NBR (da preferirsi in caso di collettamento di acque non depurate) oppure in EPDM e deve essere in tutto conforme alle prescrizioni della norma UNI EN 681-1.

Le dimensioni degli elementi costituenti il giunto, come pure le caratteristiche chimico-fisiche delle guarnizioni, devono essere determinati in funzione delle condizioni di progetto e devono essere dichiarati dal produttore.

La profondità di inserimento della estremità deve essere segnata sulla tubazione, soprattutto nei casi in cui non sia automaticamente determinata dalla geometria del giunto.

Il giunto a manicotto consente le “deviazioni angolari” indicate nella norma UNI EN 14364 e di seguito riportate:

Diametro Nominale (mm)	Deviazione angolare (gradi)
< 500	3
500 ≤ DN < 900	2
900 ≤ DN < 1800	1
> 1800	0,5

Tale tipologia di giunzione può anche essere impiegata in applicazioni subacquee (condotte sottomarine) e per condotte prementi (sempre con PN ≤ 6 bar).

7.2. Giunto flangiato

Tale tipo di giunzione è adoperato unicamente per gli accoppiamenti con le apparecchiature di linea (valvole a saracinesca, valvole a clapet, valvole di sfiato, dispositivi di scarico, ecc.) e con eventuali raccordi (curve, pezzi a T, ecc.).

L'assemblaggio si ottiene collegando, mediante bulloni/tiranti/rondelle in acciaio zincato o acciaio inossidabile, le due estremità flangiate (quella dell'apparecchiatura/raccordo e quella del tubo) ed interponendo tra esse una idonea guarnizione elastomerica in SBR/EPDM/NBR conforme alla norma UNI EN 681-1.

Le flange possono essere di ghisa sferoidale o in acciaio, del tipo "libero" o "fisso", e devono avere dimensioni conformi alla norma UNI EN 1092-2 (flange di ghisa sferoidale) oppure alla norma UNI EN 1092-1 (flange di acciaio).

Le flange, sia di ghisa sferoidale che di acciaio, devono essere interamente rivestite con vernice epossidica avente spessore minimo pari a 250 micron.

Il giunto flangiato non consente deviazioni angolari.

Esso deve assicurare una resistenza meccanica almeno pari a quella degli elementi collegati.

Anche il giunto flangiato può essere impiegato in applicazioni subacquee (condotte sottomarine) e per condotte prementanti (sempre con $PN \leq 6$ bar).

8. RACCORDI O PEZZI SPECIALI

I raccordi/pezzi speciali in PRFV devono assicurare le stesse prestazioni garantite dalle tubazioni ad essi connesse.

In Acquedotto Pugliese possono essere utilizzate le seguenti tipologie di raccordo/pezzo speciale, previste dalla norma UNI EN 14364:

- Curve (90°, 60°, 45°, 30°, 22.5°, 15°, 11.25°);
- Flange;
- Pezzi a T;
- Croci;
- Riduzioni.

Le estremità dei raccordi possono essere del tipo "a bicchiere" o del tipo "flangiato" e, naturalmente, devono corrispondere a quelle dei tubi ai quali i raccordi stessi devono essere collegati.

I diametri devono essere corrispondenti a quelli dei tubi ai quali i raccordi stessi devono essere collegati.

Lo spessore dei raccordi dipende, come per i tubi, da calcoli e verifiche progettuali, che il produttore deve eseguire, in funzione delle condizioni al contorno dichiarate dai tecnici di Acquedotto Pugliese.

Le flange in ghisa sferoidale devono avere dimensioni conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 1092-2.

Le flange in acciaio devono avere dimensioni conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 1092-1.

Le flange, sia di ghisa sferoidale che di acciaio, devono essere interamente rivestite con vernice epossidica avente spessore minimo pari a 250 micron.

Altre dimensioni dei raccordi/pezzi speciali (lunghezze, spessori, ecc.) sono definite dalla norma UNI EN 14364.

9. CLASSIFICAZIONE DI TUBI E RACCORDI

I tubi ed i raccordi di PRFV centrifugato vengono classificati attraverso i seguenti elementi tecnici:

Diametri Nominali

Il valore del diametro nominale (DN) corrisponde alla dimensione del diametro prevista dalla norma UNI EN 14364 per i tubi e i raccordi.

I diametri *standard*, espressi in millimetri, utilizzabili in AQP e previsti dalla norma EN 14364 sono i seguenti:

DN 200, DN 250, DN 300, DN 350, DN 400, DN 450, DN 500, DN 600, DN 700, DN 800, DN 900, DN 1000, DN 1200, DN 1400, DN 1600, DN 1800, DN 2000, DN 2200, DN 2400, DN 2600, DN 2800, DN 3000 DN 3600.

Per i tubi posati con le tecniche *No-Dig* del tipo “a spinta” (es.: *Microtunnelling*), i diametri esterni *standard*, espressi in millimetri, utilizzabili in AQP e compatibili con le più diffuse macchine perforatrici presenti sul mercato senza ulteriori modifiche, sono quelli previsti dalla UNI/PdR 26.2:2017, ossia:

DE 272; DE 376; DE 401; DE 550; DE 650; DE 752; DE860; DE 960; DE 1099; DE 1280; DE 1499; DE 1720; DE 1937; DE 2160; DE 2400; DE 2555; DE 3000; DE 3600.

Pressioni Nominali

Per la realizzazione di condotte di scarico in pressione (es.: condotte sottomarine con funzionamento a gravità oppure condotte sottomarine “prementi”), in Acquedotto Pugliese, possono essere utilizzati tubi e raccordi aventi le seguenti Pressioni Nominali:

PN 1, PN 4, PN 6.

Classi di Rigidità

Così indicato nel paragrafo 6 del presente documento, per le applicazioni in Acquedotto Pugliese, sono considerabili le seguenti Classi di Rigidità: SN 5.000 N/m², SN 10.000 N/m², SN 15.000 N/m².

Per particolari condizioni di carico statico o per posa con tecniche *No-Dig*, possono essere previste Classi di Rigidità superiori (fino a SN 1.000.000 N/m²).

Lunghezza nominale delle tubazioni

Le barre di tubazione hanno generalmente una lunghezza pari a 6 m.

All’occorrenza e in accordo col produttore, possono essere utilizzate tubazioni aventi lunghezze diverse (es.: 1 m, 2 m, 3 m).

Tipo di raccordo

Come indicato al paragrafo 8 del presente documento, in Acquedotto Pugliese possono essere utilizzate le seguenti tipologie di raccordo/pezzo speciale, previste dalla norma UNI EN 14364:

Curve (90°, 60°, 45°, 30°, 22.5°, 15°, 11.25°); Flange; Pezzi a T; Croci; Riduzioni.

10. MARCATURE

Tutte le barre di tubo e tutti i raccordi prodotti devono essere corredati da un apposito cartellino identificativo indelebile, posizionato su una estremità delle barre o dei raccordi stessi, che riporti le seguenti indicazioni:

- nome del fabbricante;
- anno e mese di fabbricazione;
- diametro nominale (DN);
- norma di riferimento (UNI EN 14364 e/o ISO 25780 e/o UNI 9032);
- pressione nominale (PN);
- Rigidezza Specifica Trasversale/Classe di Rigidità (SN);
- forza massima di spinta (solo per le tubazioni per posa No-Dig “a spinta”)
- codice identificativo del tubo o del raccordo;
- eventuali altre indicazioni richieste da AQP, relative all’impiego di tubi e raccordi.

11. PROVE E CONTROLLI IN FABBRICA

Il produttore deve effettuare su tubazioni e raccordi in PRFV, oggetto di fornitura, tutte le prove ed i controlli in stabilimento previsti dalla normativa vigente e, successivamente, deve redigere idoneo Certificato di Collaudo, riportante gli esiti delle prove e dei controlli eseguiti in fabbrica/.

Le prove ed i controlli suddetti sono di seguito indicati.

11.1. Prove distruttive

Tali prove, di qualificazione e di verifica del calcolo, devono essere eseguite all'inizio della fornitura su tubi aventi diametro e caratteristiche eguali a quelle delle tubazioni oggetto di collaudo, fatta eccezione per le prove di fessurazione e di tenuta del giunto, che devono essere eseguite anche su tubi di diametro differente.

Le prove distruttive comprendono:

- Prova di fessurazione e/o rottura per pressione interna (per tubazioni con PN>1 bar);
- Prova di schiacciamento fra piatti paralleli (da questa prova si deve ricavare la Rigidezza Specifica Trasversale);
- Prova di tenuta del giunto.

11.2. Prove non distruttive

Controllo delle materie prime

a) Resine

Nello stabilimento di fabbricazione dei tubi si deve provvedere, mediante apposite prove sistematiche, alla verifica della corrispondenza delle caratteristiche della resina alle prescrizioni del produttore delle tubazioni, relative ad ogni partita di resina approvvigionata.

b) Fibre di vetro

Nello stabilimento di fabbricazione delle tubazioni si deve provvedere, sistematicamente, per ogni partita di fibre di vetro approvvigionata: all'ispezione visiva; al controllo dell'umidità (secondo ISO3344); al controllo del peso (secondo ISO 3374).

Esame visivo

Mira ad accertare che il *liner* interno abbia superficie liscia ed uniforme e sia esente da fibre di vetro scoperte, cricche, inclusioni di corpi estranei, bolle d'aria, crateri.

Controllo dimensionale

a) Diametri

Il diametro interno deve essere ricavato quale media dei valori rinvenuti da n. 4 misurazioni di diametro effettuate a circa 45° tra di loro, con tubo posato su un piano orizzontale e in posizione fissa durante l'esecuzione dei rilievi.

Quindi, essendo d1, d2, d3, d4 i valori misurati, la misura del diametro è data da:

$$D = (d1+d2+d3+d4) / 4.$$

Le misure devono essere rilevate mediante di misura tarati e certificati ed aventi precisione pari ad almeno 1/4 della tolleranza prescritta.

Deve essere, infine, controllata la rispondenza tra il valore del diametro interno rilevato ed il valore dichiarato.

b) Spessori

La misura dello spessore di un tubo o di parte di esso deve essere ricavata quale media aritmetica delle misure effettuate in n. 5 punti diversi, scelti a giudizio del collaudatore, fuori dalle zone a spessore variato per esigenze di montaggio e altre necessità.

Gli spessori saranno misurati con strumenti aventi le seguenti precisioni:

- +/- 0,2 mm, per valori di spessore fino a 10 mm inclusi;
- +/- 0,3 mm, per valori di spessore oltre i 10 mm.

In caso di utilizzo di strumenti comparatori, questi devono avere le punte con raggio di curvatura (R) maggiore di 12,5 mm.

Infine, deve essere controllata la rispondenza tra il valore dello spessore rilevato ed il valore dichiarato.

Tenuta idraulica

Da effettuare solo nel caso di tubazioni con PN > 1 bar.

12. ACCETTAZIONE DEL PRODOTTO E MOTIVI DI RIFIUTO

Ai fini dell'accettazione del prodotto, il produttore deve dimostrare di possedere i seguenti documenti:

- Certificazione del Sistema di Qualità aziendale secondo la vigente norma ISO 9001, approvato da Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;
- Dichiarazione del produttore che attesti che l'azienda acquista le materie prime da fornitori in possesso di certificazione secondo la vigente norma ISO 9001, rilasciata da Ente terzo accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021. A questa dichiarazione deve essere allegata la suddetta certificazione.
- Certificato di Collaudo, redatto dal produttore, attestante l'esito dei *test* eseguiti in fabbrica, previsti dalle norme vigenti e riportati al punto 11 del presente documento;

- Dichiarazione del produttore nella quale si attesta che le tubazioni ed i raccordi in PRFV prodotti sono in tutto corrispondenti a quanto richiesto dal presente disciplinare;
- Documentazione, approvata da organismo terzo accreditato, relativa alle prove a lungo termine, eseguite secondo le norme indicate di cui al paragrafo 2 del presente disciplinare.

Qualora sia ritenuto opportuno approfondire la qualità dei prodotti consegnati, è facoltà dell'AQP dar corso ad una, o più di una, tra le seguenti procedure:

- ottenere conferme dal produttore della materia prima circa la qualità della materia prima stessa, trasmettendogli un campione codificato di tubo e/o di raccordo; il produttore della materia prima invierà ad AQP, in forma riservata e senza coinvolgere il fabbricante dei prodotti finiti, i risultati delle analisi comparative effettuate;
- procedere all'effettuazione di prove e controlli sui materiali da fornire ad AQP, presso il sito produttivo;
- procedere all'effettuazione di prove e controlli tecnici sui materiali da fornire ad Acquedotto Pugliese, presso un laboratorio terzo, accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

La fornitura è rifiutata da AQP nel caso si verifichi anche una sola delle seguenti condizioni:

- mancanza anche di uno solo dei documenti indicati nel presente paragrafo;
- mancanza anche di uno solo dei requisiti tecnici indicati nel presente documento e nelle norme tecniche di riferimento.

13. MOVIMENTAZIONE, STOCCAGGIO E RIPARAZIONE DEI MATERIALI

Per il carico, il trasporto e lo scarico, nonché l'accatastamento dei tubi e l'immagazzinamento dei pezzi speciali, si deve fare riferimento alle prescrizioni del D.M. 12.12.1985.

Trasporto dei tubi

Durante le operazioni di trasporto dei tubi, i piani di appoggio devono essere privi di asperità. Le imbracature per il fissaggio del carico devono essere realizzate con funi o con bande di canapa o di *nylon* o similari, adottando gli opportuni accorgimenti affinché i tubi non vengano danneggiati.

Carico, scarico e movimentazione

Se il carico e scarico dai mezzi di trasporto e, comunque, la movimentazione vengono effettuati con gru o col braccio di un escavatore, i tubi devono essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza pari almeno a 3 metri.

Se queste operazioni vengono effettuate manualmente, è da evitare in ogni modo di far strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o, comunque, su oggetti duri ed aguzzi.

Il responsabile del cantiere deve controllare tutte le operazioni di scarico per assicurarne la regolarità.

Ogni prodotto danneggiato sarà identificato con la dicitura "da non usare" e segregato in apposita zona.

Il responsabile stesso dovrà comunicare, al più presto, l'esistenza del prodotto danneggiato al Direttore dei Lavori dell'AQP; quest'ultimo prenderà gli opportuni provvedimenti.

Nell'impiego della gru dovrà essere usato un sistema di comunicazione efficace tra l'operatore al comando della gru e l'operatore che si trova a terra.

Accatastamento dei tubi

In fase di accatastamento, il piano d'appoggio deve essere livellato e deve essere esente da asperità e, soprattutto, da pietre appuntite.

Deve essere attuata ogni possibile soluzione idonea a prevenire interferenze con il traffico locale, sia veicolare che pedonale e con ogni altra opera già esistente.

I tubi devono essere sistemati in modo da evitare ogni possibile incidente dovuto ad un loro non previsto movimento.

L'altezza di accatastamento dei tubi non deve essere superiore a 1,5 m, qualunque sia il diametro e lo spessore.

Dopo l'accatastamento, bisogna assicurarsi che i tappi di protezione delle testate siano collocati sulle stesse, al fine di prevenire che foglie, polvere, piccoli animali, ecc. possano prendere alloggio all'interno dei tubi.

Ispezione e riparazioni

All'arrivo in cantiere, tutti i tubi ed i raccordi devono essere accuratamente ispezionati, internamente ed esternamente.

Gli eventuali danni devono essere riparati nel modo seguente:

- Scalfittura superficiale interna: rimuovere il lucido e ricoprire con resina.
- Scalfittura superficiale esterna: non è richiesta alcuna riparazione.
- Rottura superficiale interna: molare la zona danneggiata per tutto lo spessore di *liner*; lavare con acetone la superficie molata, per rimuovere la polvere; applicare uno strato di resina sulla superficie da riparare; applicare *mat* di vetro tipo "E" o similare, ed impregnarlo con resina, per mezzo di pennello; comprimere lo strato con un rullo, al fine di eliminare le bolle d'aria; ripetere applicazione di *mat* di vetro tipo "E" o similare, e compressione della strato con rullo, fino a ripristinare lo spessore del *liner*; attendere 1 ora circa per l'indurimento della resina; molare fino ad avere una superficie uniforme; pitturare con resina paraffinata.
- Rottura superficiale esterna: molare la zona danneggiata fino a rimuovere la parte rovinata; lavare con acetone la superficie molata, per rimuovere la polvere; applicare uno strato di resina sulla superficie da riparare; applicare *mat* di vetro tipo "E" o similare ed impregnarlo con resina, per mezzo di pennello; comprimere lo strato con un rullo, al fine di eliminare le bolle d'aria; ripetere applicazione di *mat* di vetro tipo "E" o similare e compressione della strato con rullo, fino a ripristinare lo spessore rimosso; attendere 1 ora circa per l'indurimento della resina; pitturare con resina paraffinata.

14. MODALITA' DI POSA IN OPERA

14.1. Posa di condotte interrate

Realizzazione della trincea

Lo scavo deve essere effettuato a sezione obbligatoria.

Deve essere eseguito con mezzi idonei, avendo la massima cura di:

- rispettare scrupolosamente le quote di progetto;
- impedire con ogni mezzo il franamento delle pareti, sia per evitare incidenti al personale, sia per non avere modifiche alla sezione di scavo;

- eliminare, sia all'interno dello scavo sia negli immediati dintorni, eventuali radici il cui successivo sviluppo potrebbe danneggiare le condotte;
- provvedere alla raccolta e all'allontanamento delle acque meteoriche, nonché di quelle di falda e sorgive eventualmente incontrate;
- accumulare il materiale di scavo ad una distanza tale da consentire il libero movimento del personale e delle tubazioni onde evitare il pericolo di caduta di tale materiale ed in particolare di pietre sui manufatti già posati.

Durante l'apertura di trincee in terreni eterogenei, collinari o montagnosi occorre premunirsi da eventuali smottamenti o slittamenti mediante opportune opere di sostegno e di ancoraggio. Se si ha motivo di ritenere che l'acqua di falda eventualmente presente nello scavo possa determinare una instabilità nel terreno di posa e dei manufatti in muratura, occorre consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, in modo da evitare che l'acqua di tale falda possa provocare spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo.

La larghezza minima sul fondo dello scavo deve essere di 20 cm superiore al diametro del tubo da posare.

La profondità minima di interrimento deve essere di 140 cm, misurata dalla generatrice superiore del tubo e, in ogni caso, deve essere valutata in funzione dei carichi stradali e del pericolo di gelo; ogni eventuale deroga deve essere espressamente autorizzata dalla Direzione Lavori.

Qualora non possa essere rispettato il valore minimo di profondità richiesta, la tubazione deve essere protetta da guaine tubolari, manufatti in cemento o materiali equivalenti.

Letto di posa

Le tubazioni posate nello scavo devono trovare appoggio continuo sul fondo dello stesso lungo tutta la generatrice inferiore e per tutta la loro lunghezza.

A questo scopo il fondo dello scavo deve essere piano, costituito da materiale uniforme, privo di trovanti, per evitare che il tubo subisca sollecitazioni meccaniche.

In presenza di terreni rocciosi, ghiaiosi o di riporto in cui sul fondo dello scavo non sia possibile realizzare condizioni adatte per l'appoggio ed il mantenimento dell'integrità del tubo, il fondo stesso deve essere livellato con sabbia o altro materiale di equivalenti caratteristiche granulometriche.

In presenza di falda d'acqua, prima della posa delle tubazioni, il fondo della trincea deve essere stabilizzato, abbassando, per mezzo di elettropompe, il livello dell'acqua di circa 30 cm al di sotto della generatrice inferiore del tubo.

In ogni caso, le tubazioni devono essere sempre posate su un letto di sabbia o terra vagliata, ben compattato, con spessore maggiore di $(10 + 0,1 D)$ cm (dove D è il diametro esterno del tubo espresso in centimetri) e comunque non inferiore a 15 cm.

Il materiale deve essere costituito in prevalenza da granuli aventi diametro di 0,10 mm e deve contenere meno del 12% di fino (composto da particelle con diametro inferiore a 0,08 mm).

Posa in opera

Le operazioni di posa in opera devono essere eseguite da operatori esperti.

I tubi devono essere collocati, sia altimetricamente che planimetricamente, nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori.

Prima di essere calati nello scavo tutti gli elementi di tubazione devono essere accuratamente esaminati, con particolare riguardo alle testate, per accertare che nel trasporto e nelle

operazioni di carico e scarico non siano state deteriorate; a tale scopo è necessario che essi vengano ripuliti da polvere, fango, ecc., che, ricoprendo i tubi, possano aver nascosto eventuali danni.

Si deve altresì verificare che nell'interno dei tubi e dei raccordi non si siano introdotti animali o materie estranee; per ovviare a tale inconveniente si raccomanda di tappare opportunamente le estremità dei tratti già collocati.

Effettuata la giunzione delle tubazioni e dei pezzi speciali, si provvede alla posa in opera, che viene eseguita in generale, per mezzo di capre o gru disposte lungo il tracciato, in modo da consentire un graduale abbassamento della condotta, che non deve subire urti contro corpi duri o eccessive deformazioni.

Una volta posato nella trincea il tubo può essere deflesso nella giunzione fino alla massima angolazione consentita dalle specifiche tecniche dichiarate dal produttore.

Qualora la tubazione debba attraversare una struttura o blocchi di ancoraggio e si prevedano assestamenti differenziati, devono essere previsti tutti gli accorgimenti volti ad evitare il danneggiamento della tubazione a causa del taglio generato dall'eventuale cedimento; a tal fine si deve provvedere ad inserire una idonea protezione in gomma tra tubo e struttura/blocco, nonché a sagomare e rinforzare opportunamente il letto di posa nella zona interessata.

Le tubazioni, infine, devono essere ancorate in modo da impedirne lo slittamento durante la prova a pressione.

Rinterro

Ultimata la posa dei tubi nello scavo, si dispone sopra di essi uno strato di sabbia che giunga ad una altezza di almeno 20 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo.

Il compattamento del cosiddetto "rinfiacco", ossia dello strato fino a 2/3 del tubo, a partire dal letto di posa, deve essere particolarmente curato, eseguito manualmente e senza spostamenti del tubo stesso. Questo strato di sabbia deve presentare un'ottima consistenza ed una buona uniformità, e deve rinfiancare il tubo da ogni lato. Il grado di compattazione del rinfiacco deve raggiungere il 90% Proctor Standard.

Il successivo strato di sabbia (fino a 20 cm sulla generatrice del tubo) deve essere compattato in modo tale da raggiungere l'85% Proctor Standard.

La compattazione deve essere eseguita mediante idonee piastre vibranti o altra strumentazione idonea.

Il raggiungimento delle densità richieste deve essere verificato, a campione, dalla D.L. mediante prove di compattazione eseguite con opportuna strumentazione.

Rispettando le prescrizioni, deve essere riscontrata, mediante misurazione in campo, una ovalizzazione (diminuzione del diametro verticale) del tubo posato, non maggiore del 3% (ovalizzazione a breve termine). In caso contrario devono essere verificate le ipotesi di progetto e le modalità di posa.

La restante parte di rinterro potrà essere eseguita riportando in modo approssimativamente uniforme strati di materiali provenienti dagli scavi (riutilizzabili secondo le Leggi vigenti in materia), in modo tale da riempire completamente la trincea senza lasciare vuoti.

La D.L., in caso di posa sotto strade caratterizzate da traffico pesante, può prescrivere che il riempimento al di sopra della tubazione, fino al pacchetto stradale, possa essere compattato fino al 85% Proctor Standard, mediante compattazione degli strati ogni 10-30 cm, oppure può prevedere la protezione della tubazione mediante esecuzione di soletta armata, da porre nel pacchetto stradale, o altro idoneo provvedimento.

14.2. Posa di condotte sottomarine in trincea o su fondale (Cenni)

Nei casi di posa sottomarina di PRFV, in trincea o su fondale, deve essere adottata una delle seguenti due metodologie:

Tiro a rimorchio

La tratta di condotta è assemblata sulla spiaggia e viene trainata in mare, mediante fune, dal cosiddetto “rimorchiatore di traino”. Durante il traino, la condotta è tenuta in galleggiamento per mezzo di opportuni galleggianti, agganciati alla condotta e posti alla distanza di circa sei metri l’uno dall’altro. La rotta in fase di traino e galleggiamento è controllata, da lato opposto rispetto al rimorchiatore, dalla cosiddetta “barca di fine tratta”, alla quale l’altro capo della condotta è agganciata, mediante fune.

Posa del barcone

Trattasi del metodo attualmente più utilizzato, soprattutto per grandi diametri.

La giunzione delle barre avviene in un barcone. Esso deve, quindi, avere dimensioni tali da poter contenere le barre di tubi in PRFV e l’equipaggiamento necessario per la loro giunzione. Le dimensioni del barcone influiscono certamente sulla tempistica del lavoro.

Ciascuna barra, per mezzo di una gru posta a bordo del barcone, viene sollevata verticalmente, abbassata in mare e collocata sul fondale nei pressi della barra precedentemente posata. Naturalmente durante queste operazioni il barcone effettuerà gli opportuni spostamenti al fine di collocare correttamente le barre sul fondale.

La giunzione delle barre posate sul fondale è realizzata da esperti subacquei, per mezzo di martinetti idraulici, applicati a dei collari montati sulle estremità dei tubi.

14.3. Posa di condotte mediante tecnologia *No-Dig* del tipo T.O.C.

Non è consentita la posa di condotte in PRFV centrifugato con tecnologie *No-Dig* del tipo T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata).

14.4. Posa di condotte mediante tecnologie *No-Dig* del tipo “a spinta”

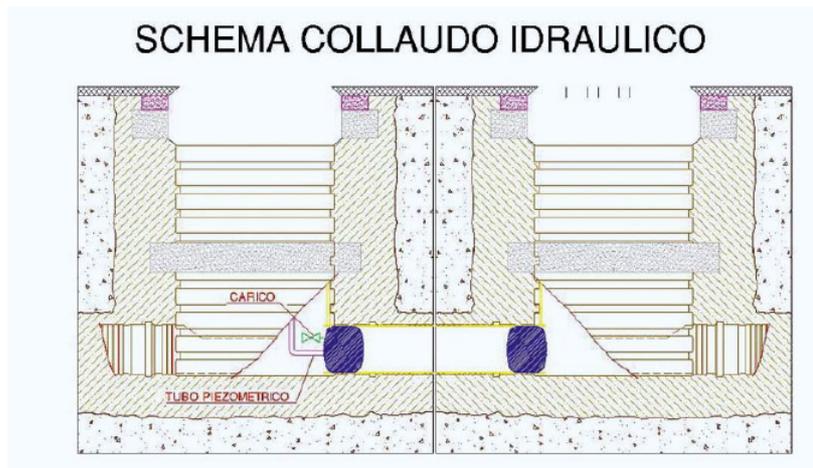
In caso di posa di condotte, terrestri o sottomarine, mediante tecniche *No-Dig* del tipo “a spinta” (es.: *Microtunneling*), si deve far riferimento alla Prassi UNI PdR 26.2 “*Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrate a basso impatto ambientale - Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali*”.

15. PROVA DI PRESSIONE IN OPERA

15.1. Prova per condotte a pelo libero

Ultimata la posa, la costruzione degli eventuali blocchi di ancoraggio, e il rinterro del tratto di condotta da provare, con esclusione delle giunzioni, si procede alla prova di pressione idraulica in opera.

La tubazione deve essere chiusa alle due estremità con tappi a perfetta tenuta, dotati ciascuno di un raccordo con un tubo verticale per consentire di raggiungere la pressione idrostatica voluta (ved. figura di seguito riportata).



La canalizzazione deve essere accuratamente ancorata per evitare qualsiasi movimento provocato dalla pressione idrostatica.

Il riempimento deve essere accuratamente effettuato dal basso in modo da favorire la fuoriuscita dell'aria.

Deve essere applicata una pressione minima di 0,1 bar nella parte più alta della canalizzazione ed una pressione massima non superiore a 0,5 bar nella parte più bassa.

Nel caso di canalizzazioni a forte pendenza, può essere necessario effettuare la prova per sezioni onde evitare pressioni eccessive.

Il sistema deve essere lasciato pieno d'acqua per almeno 1 ora, prima di effettuare qualsiasi rilevamento.

Trascorso tale periodo, l'eventuale perdita deve essere accertata aggiungendo acqua ad intervalli regolari, con un cilindro, e prendendo nota della quantità necessaria per mantenere il livello originale.

Il tempo di prova deve essere pari a 30 minuti.

In accordo con la norma UNI EN 1610, il requisito di prova è soddisfatto se la quantità di acqua aggiunta non è maggiore di:

- 0,15 l/m², nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni;
- 0,20 l/m², nel tempo di 30 minuti, per le tubazioni che comprendono anche i pozzetti.

In pratica, la condotta si ritiene favorevolmente collaudata quando, dopo un primo rabbocco per integrare gli assestamenti, non si riscontrano ulteriori variazioni di livello.

Qualora la prova non abbia successo per perdite nelle giunzioni, l'Appaltatore deve riparare le giunzioni difettose e ripetere la prova a sua cura e spese, e ciò finché non si verificano le condizioni di tenuta sopra specificate.

Lo stesso dicasi qualora la prova non riesca per lesioni o rotture di tubi o di pezzi speciali, restando stabilito che in tal caso l'Appaltatore deve sostituire a tutte sue spese i materiali lesionati o rotti.

Le prove sono eseguite in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore; per ogni prova eseguita (con esito favorevole o negativo) è redatto apposito verbale, sottoscritto dalle parti.

Una volta dichiarato accettabile un tratto di condotta, si procede immediatamente al rinterro dello scavo, mantenendo la pressione ridotta a metà di quella di prova.

15.2. Prova per condotte in pressione

Ultimata la posa, la costruzione degli eventuali blocchi di ancoraggio, e il rinterro completo del tratto di condotta da provare, con esclusione delle giunzioni, si procede alla prova di pressione idraulica in opera.

La prova idraulica in opera deve essere effettuata su tratte lunghe di 500-1000 metri.

La condotta deve essere riempita con acqua dal punto più basso; le sacche di aria presenti in essa devono essere totalmente eliminate, attraverso sfiato posti in vari punti del tratto di condotta oggetto di prova.

Terminata l'operazione di riempimento e di sfiato, si procede con la prova di pressione, che deve avere una durata di sei ore complessive e deve prevedere l'applicazione in condotta di una pressione pari a $1,5 \times PN$ e, comunque, non superiore a $PN + 5$ bar.

Nel punto di pompaggio devono essere installati: un contatore volumetrico; un manometro di pressione; un manometro registratore, al fine di poter documentare l'andamento della prova idraulica.

La pompa deve essere attivata ogni ora, al fine di poter ripristinare la pressione di prova; al contempo, il contatore presente nell'unità di pressurizzazione ha il compito conteggiare il volume del liquido aggiunto.

I dati ricavati devono essere annotati nel protocollo di collaudo.

Durante tali operazioni, deve essere controllata la tenuta delle giunzioni; i raccordi flangiati devono essere rinserrati ciclicamente.

Inoltre, durante le fasi di collaudo, deve essere prestata molta attenzione al pericolo di incidente, in caso di improvvisa perdita della linea, provvedendo a dotare gli operatori in campo di adeguate protezioni.

Al termine della prova, non si deve essere riscontrata alcuna perdita dalle giunzioni.

Il collaudo si ritiene positivo quando risulta:

$$\Delta p \leq 1,8 \text{ bar}$$

dove Δp = differenza tra pressione iniziale e pressione finale.

Qualora la prova non abbia successo per perdite nelle giunzioni, l'Appaltatore deve riparare le giunzioni difettose e ripetere la prova a sua cura e spese, e ciò finché non si verifichino le condizioni di tenuta sopra specificate.

Lo stesso dicasi qualora la prova non riesca per lesioni o rotture di tubi o di pezzi speciali, restando stabilito che in tal caso l'Appaltatore deve sostituire a tutte sue spese i materiali lesionati o rotti.

Le prove devono essere eseguite in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore; per ogni prova eseguita (con esito favorevole o negativo) è redatto apposito verbale, sottoscritto dalle parti.

Una volta dichiarato accettabile un tratto di condotta, si procede immediatamente al rinterro completo dello scavo, mantenendo la pressione ridotta a metà di quella di prova.