*ISTITUTO ITALIANO DEI PLASTICI*

RACCOMANDAZIONE nr. 10 - del Giugno 1981
Aggiornamento Maggio 1999

# Installazione di acquedotti di PE

**Raccomandazioni per l'installazione delle tubazioni di polietilene PE nella costruzione di acquedotti.**

*SOMMARIO*

Capitolo 1: PRESCRIZIONI PER L'ACCETTAZIONE DEI TUBI, DEI RACCORDI E DEI PEZZI SPECIALI E NORME DI RIFERIMENTO
Capitolo 2: MATERIALI
Capitolo 3: TRASPORTO, ACCATASTAMENTO DEI TUBI E STOCCAGGIO DEI RACCORDI E PEZZI SPECIALI
Capitolo 4: SCAVI, POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI - REINTERRI
Capitolo 5: PARALLELISMO ED ATTRAVERSAMENTI
Capitolo 6: SISTEMI DI GIUNZIONE - ATTREZZATURA
Capitolo 7: FORMAZIONE DEI GIUNTI - SALDATURE - GIUNZIONI MECCANICHE
Capitolo 8: ANCORAGGI
Capitolo 9: COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA
Capitolo 10: COLPO D'ARIETE
Capitolo 11: DILATAZIONE TERMICA - GIUNTI DI DILATAZIONE - SUPPORTI - RINFORZI
Capitolo 12: PERDITE DI CARICO - FORMULE DI CALCOLO ED ABACHI
Capitolo 13: ISPEZIONI E RIPARAZIONI

# *Raccomandazioni per l'installazione delle tubazioni di polietilene PE nella costruzione di acquedotti.*

Le presenti "Raccomandazioni", elaborate dall'Istituto Italiano dei Plastici ed aggiornate dal **GLT Raccordi PE a Pressione**, sono da intendersi come linea guida per la buona esecuzione dei lavori e devono pertanto essere osservate in ogni loro parte.

## Capitolo 1

## *PRESCRIZIONI PER L'ACCETTAZIONE DEI TUBI, DEI RACCORDI E DEI PEZZI SPECIALI E NORME DI RIFERIMENTO.*

### 1.1. **Prescrizioni**

I tubi, i raccordi ed i pezzi speciali impiegati per la realizzazione dell'impianto, dovranno essere prodotti con materie prime omologate dall'IIP e rispondenti alle prescrizioni della Circolare DGSIP nr. 102/3990 del 02.12.1978 del Ministero della Sanità per i materiali plastici destinati al contatto con acqua potabile; i manufatti previsti dalle norme di riferimento dovranno sempre essere contrassegnati dal marchio IIP-UNI, che assicura la conformità alle norme vigenti.

*L'elenco delle materie prime omologate dall'IIP utilizzabili per la fabbricazione di tubi e raccordi in PE per acquedotti viene riportato nel Notiziario IIP trimestrale.*

La Direzione Lavori accetterà i materiali proposti, dopo aver accertato la loro idoneità alla realizzazione dell'impianto in progetto in rispondenza alle prescrizioni del Capitolato Speciale d'Appalto, ed in particolare che essi siano oggetto del marchio IIP-UNI con le limitazioni previste dalle norme di riferimento.

Solo a questo punto si potranno ricevere in cantiere i tubi, i raccordi ed i pezzi speciali necessari.

La Direzione Lavori dovrà inoltre accertare che l'installazione dei materiali sia eseguita in conformità alle raccomandazioni della presente pubblicazione.

Tutti i tubi, i raccordi e i pezzi speciali, dovranno pervenire in cantiere con le marchiature previste dalle norme vigenti e dall'IIP ed in particolare:

- nome del fabbricante e/o marchio del prodotto
- marchio IIP con il numero distintivo della certificazione del trasformatore
- il marchio UNI e il tipo UNI identificante il campo d'impiego
- il tipo di materiale impiegato (PE)
- il diametro esterno
- PN di appartenenza
- il mese e anno di produzione oppure il numero di lotto per i raccordi
- il giorno, mese, anno di produzione per i tubi
- codice di identificazione del polimero impiegato (per i tubi)

Per i raccordi a serraggio meccanico in materiale plastico valgono i requisiti riportati nella norma UNI 9561.

Quando richiesto, le forniture dovranno essere accompagnate da specifica certificazione della ditta produttrice, con riferimento al cantiere e al numero del documento di trasporto, attestante che per i materiali oggetto della fornitura sono state eseguite le prove e le verifiche previste dalle norme in vigore e/o dallo schema di certificazione imposto dall'IIP.

Il certificato deve riportare almeno gli esiti delle seguenti prove:
- indice di fluidità della materia prima e del prodotto finito
- dimensioni (diametro esterno e spessori)
- resistenza espressa in ore alla pressione di prova a 20°C e 80°C in funzione della tipologia dei singoli prodotti impiegati
- verifica delle tensioni interne (solo per i tubi)
- comportamento a caldo (solo per raccordi da saldare ad elementi termici per contatto)

Inoltre al certificato devono essere allegati i dati inerenti a:
- contenuto di nerofumo
- indice di dispersione e ripartizione del nerofumo
- O.I.T.
- atossicità
- densità

forniti dal produttore della materia prima utilizzata.

Qualora il certificato non possa essere consegnato contestualmente alla fornitura, dovrà essere inviato dal produttore entro e non oltre 20 gg. dalla data del Documento di Trasporto (DDT).

In ogni caso la Direzione Lavori può riservarsi, durante tutto il corso dei lavori, la facoltà di effettuare controlli sulla rispondenza alle normative vigenti, eseguire o fare eseguire dall'Istituto Italiano dei Plastici o a Laboratori specializzati di fiducia, analisi e controlli dei materiali proposti o di quelli già eventualmente forniti, su campioni scelti per quantità e tipo a suo insindacabile giudizio.

## 1.2 Riferimenti normativi

I tubi, raccordi e pezzi speciali da impiegare per la realizzazione degli acquedotti sono definiti dalle seguenti norme:

| | |
|---|---|
| *Norma UNI 2223* | Flange metalliche per tubazioni. Disposizione fori e dimensioni di accoppiamento delle flange circolari. |
| *Norma UNI 7611 + FA1* | Tubi in PE ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni, requisiti. |
| *Norma UNI 7612 + FA1* | Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni, requisiti. |
| *Norma UNI 7615* | Tubi di polietilene ad alta densità. Metodi di prova |
| *Norma UNI 7616 + FA90* | Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Metodi di prova |
| *Norma UNI 8849 + FA1* | Raccordi di polietilene saldabili per fusione mediante elementi riscaldanti, per condotte per convogliamento di gas combustibile. Tipi, dimensioni, requisiti. |
| *Norma UNI 8850 + FA1* | Raccordi di polietilene saldabili per elettrofusione per condotte interrate per convogliamento di gas combustibili. Tipi, dimensioni, requisiti. |
| *Norma UNI 9561* | Raccordi a compressione mediante serraggio meccanico a base di materiali termoplastici per condotte di polietilene per liquidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti. |

| | |
|---|---|
| *Norma UNI 9562* | Raccordi a compressione mediante serraggio meccanico a base di materiali termoplastici per condotte di polietilene per liquidi in pressione. Metodi di prova. |
| *Norma UNI 9736* | Giunzione di tubi e raccordi di polietilene in combinazione fra loro e giunzioni miste metallo-PE per gasdotti interrati. Tipi, requisiti, prove. |
| *Norma UNI 9737* | Classificazione e qualificazione dei saldatori di materie plastiche. Saldatori con i procedimenti ad elementi termici per contatto, con attrezzatura meccanica e a elettrofusione per tubazioni e raccordi in polietilene per il convogliamento di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione. |
| *Norma UNI 10520* | Saldatura ad elementi termici per contatto di giunti testa/testa di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione. |
| *Norma UNI 10521* | Saldatura per elettrofusione di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione. |
| *Norma UNI 10565* | Saldatrici da cantiere ad elementi termici per contatto, impiegate per l'esecuzione di giunzioni testa/testa di tubi e/o raccordi in polietilene (PE) per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione. Caratteristiche e requisiti, collaudo, manutenzione e documenti |
| *Norma UNI 10566* | Saldatrici per elettrofusione ed attrezzature ausiliarie impiegate per la giunzione di tubi e/o raccordi di polietilene (PE), mediante raccordi elettrosaldabili per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione. Caratteristiche e requisiti, collaudo, manutenzione e documenti. |
| *pr EN 805* | Requisiti del sistema e dei componenti per la distribuzione acqua. |
| *DPR 547/55* | Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro |
| *DL 626/94* | Attuazione della direttiva CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro |
| *DL 494/96* | Attuazione della Direttiva CEE 92/57, concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili |
| *DM 12.12.1985*<br>Ministero dei Lavori Pubblici | Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni |
| *Circolare 27291/86*<br>Ministero dei Lavori Pubblici | Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni |
| *DPR 303/56* | Norme generali per l'igiene del lavoro |
| *DPR 236/88* | Attuazione della direttiva CEE 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano |
| *Circolare DGSIP 102/3990*<br>Ministero della Sanità | Disciplina igienica concernente le materie plastiche e gomma per tubazioni ed accessori destinati a venire in contatto per acqua potabile e da potabilizzare. |

# Capitolo 2
# *MATERIALI*

## 2.1 Caratteristiche generali del PE

Le caratteristiche del polietilene sono indicate a titolo informativo in quanto meglio specificate nella Norma UNI 7611+FA1 per i tubi e Norma UNI 7612+FA1 per i raccordi.

### 2.1.1. *Caratteristiche del polimero addittivato con nerofumo al 2÷2,5%*

| | |
|---|---|
| Massa Volumica nominale | ≥ 0,941 gr/cm |
| Indice di fluidità (190°C/5 kg) | 0,2 - 1,4 g/10 min |

## 2.2 Tubi

I tubi da impiegare per la costruzione della condotta dovranno essere realizzati mediante estrusione, forniti in verghe di lunghezza minima di 5 m per tutti i diametri o in rotoli di lunghezza minima di 50 m e devono essere provvisti di tappi di protezione alle testate, le quali a loro volta devono essere finite con taglio netto ortogonale al loro asse, nonché prive di sbavature e scalfitture che possono alterare le caratteristiche funzionali dei tubi.

Il diametro del tamburo di avvolgimento dei tubi forniti in rotoli non deve essere minore di 18 volte il diametro esterno De.

Inoltre i tubi non devono avere una ovalizzazione media superiore al 1,5% da calcolarsi con la seguente formula:

$$\mathbf{Ov} = \frac{\text{Deq max - Deq min}}{\text{De}} \times 100$$

dove

**Ov** = ovalizzazione %
**Deq max** = diametro qualunque massimo [mm]
**Deq min** = diametro qualunque minimo [mm]
**De** = diametro esterno nominale [mm]

Il valore della tolleranza ammissibile sul diametro esterno medio dei tubi (Dem) è:

per De ≤ 32 + 0,3 mm
De ≥ 40 deve essere + 0,009 De con arrotondamento al decimo superiore.

Non è ammessa la tolleranza negativa.

La tolleranza ammissibile rispetto allo spessore del tubo è:

(0,1 s + 0,2 mm) con arrotondamento al decimo superiore

dove:
s = spessore del tubo in mm
Non è ammessa la tolleranza negativa.

Le norme UNI 7611 + FA1 e UNI 7612 + FA1 prevedono rispettivamente per i tubi e i raccordi destinati alla conduzione di fluidi in pressione, funzionanti in esercizio continuo alla temperatura di 20°C, la classificazione riportata dalla seguente tabella:

***Tab.1 - Valori delle tolleranze sui diametri e sugli spessori dei tubi***

| *De* | Diametro esterno medio $D_{em}$ | | Pressione nominale PN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 |
| | min. | max. | Spessore s | | | | |
| **10** | 10,0 | 10,3 | — | — | — | — | $2{,}0\ (1{,}6)^{+0,4}_{0}$ |
| **12** | 12,0 | 12,3 | — | — | — | — | $2{,}0\ (1{,}7)^{+0,4}_{0}$ |
| **16** | 16,0 | 16,3 | — | — | — | $2{,}0\ (1{,}6)^{+0,4}_{0}$ | $2{,}3^{+0,5}_{0}$ |
| **20** | 20,0 | 20,3 | — | — | — | $2{,}0\ (1{,}9)^{+0,4}_{0}$ | $2{,}8^{+0,5}_{0}$ |
| **25** | 25,0 | 25,3 | — | — | $2{,}0\ (1{,}6)^{+0,4}_{0}$ | $2{,}3^{+0,5}_{0}$ | $3{,}5^{+0,6}_{0}$ |
| **32** | 32,0 | 32,3 | — | — | $2{,}0\ (1{,}9)^{+0,4}_{0}$ | $3{,}0^{+0,5}_{0}$ | $4{,}5^{+0,7}_{0}$ |
| **40** | 40,0 | 40,4 | — | $2{,}0\ (1{,}6)^{+0,4}_{0}$ | $2{,}3^{+0,5}_{0}$ | $3{,}7^{+0,6}_{0}$ | $5{,}6^{+0,8}_{0}$ |
| **50** | 50,0 | 50,5 | — | $2{,}0^{+0,4}_{0}$ | $2{,}9^{+0,5}_{0}$ | $4{,}6^{+0,7}_{0}$ | $6{,}9^{+0,9}_{0}$ |
| **63** | 63,0 | 63,6 | $2{,}0\ (1{,}6)^{+0,4}_{0}$ | $2{,}5^{+0,5}_{0}$ | $3{,}6^{+0,6}_{0}$ | $5{,}8^{+0,8}_{0}$ | $8{,}7^{+1,1}_{0}$ |
| **75** | 75,0 | 75,7 | $2{,}0\ (1{,}9)^{+0,4}_{0}$ | $2{,}9^{+0,5}_{0}$ | $4{,}3^{+0,7}_{0}$ | $6{,}9^{+0,9}_{0}$ | $10{,}4^{+1,3}_{0}$ |
| **90** | 90,0 | 90,9 | $2{,}2^{+0,5}_{0}$ | $3{,}5^{+0,6}_{0}$ | $5{,}1^{+0,8}_{0}$ | $8{,}2^{+1,1}_{0}$ | $12{,}5^{+1,5}_{0}$ |
| **110** | 110,0 | 111,0 | $2{,}7^{+0,5}_{0}$ | $4{,}3^{+0,7}_{0}$ | $6{,}3^{+0,9}_{0}$ | $10{,}0^{+1,2}_{0}$ | $15{,}2^{+1,8}_{0}$ |
| **125** | 125,0 | 126,2 | $3{,}1^{+0,6}_{0}$ | $4{,}9^{+0,7}_{0}$ | $7{,}1^{+1,0}_{0}$ | $11{,}4^{+1,4}_{0}$ | $17{,}3^{+2,0}_{0}$ |
| **140** | 140,0 | 141,3 | $3{,}5^{+0,6}_{0}$ | $5{,}4^{+0,8}_{0}$ | $8{,}0^{+1,0}_{0}$ | $12{,}8^{+1,5}_{0}$ | $19{,}4^{+2,2}_{0}$ |
| **160** | 160,0 | 161,5 | $3{,}9^{+0,6}_{0}$ | $6{,}2^{+0,9}_{0}$ | $9{,}1^{+1,2}_{0}$ | $14{,}6^{+1,7}_{0}$ | $22{,}1^{+2,5}_{0}$ |
| **180** | 180,0 | 181,7 | $4{,}4^{+0,7}_{0}$ | $7{,}0^{+0,9}_{0}$ | $10{,}2^{+1,3}_{0}$ | $16{,}4^{+1,9}_{0}$ | $24{,}9^{+2,7}_{0}$ |
| **200** | 200,0 | 201,8 | $4{,}9^{+0,7}_{0}$ | $7{,}7^{+1,0}_{0}$ | $11{,}4^{+1,4}_{0}$ | $18{,}2^{+2,1}_{0}$ | $27{,}6^{+3,0}_{0}$ |
| **225** | 225,0 | 227,1 | $5{,}5^{+0,8}_{0}$ | $8{,}7^{+1,1}_{0}$ | $12{,}8^{+1,5}_{0}$ | $20{,}5^{+2,3}_{0}$ | $31{,}1^{+3,4}_{0}$ |
| **250** | 250,0 | 252,3 | $6{,}1^{+0,9}_{0}$ | $9{,}7^{+1,2}_{0}$ | $14{,}2^{+1,7}_{0}$ | $22{,}8^{+2,5}_{0}$ | $34{,}5^{+3,7}_{0}$ |
| **280** | 280,0 | 282,6 | $6{,}9^{+0,9}_{0}$ | $10{,}8^{+1,3}_{0}$ | $15{,}9^{+1,8}_{0}$ | $25{,}5^{+2,8}_{0}$ | — |
| **315** | 315,0 | 317,9 | $7{,}7^{+1,0}_{0}$ | $12{,}2^{+1,5}_{0}$ | $17{,}9^{+2,0}_{0}$ | $28{,}7^{+3,1}_{0}$ | — |
| **355** | 355,0 | 358,2 | $8{,}7^{+1,1}_{0}$ | $13{,}7^{+1,6}_{0}$ | $20{,}1^{+2,3}_{0}$ | $32{,}3^{+3,5}_{0}$ | — |
| **400** | 400,0 | 403,6 | $9{,}8^{+1,2}_{0}$ | $15{,}4^{+1,8}_{0}$ | $22{,}7^{+2,5}_{0}$ | $36{,}4^{+3,9}_{0}$ | — |
| **450** | 450,0 | 454,1 | $11{,}0^{+1,3}_{0}$ | $17{,}4^{+2,0}_{0}$ | $25{,}5^{+2,8}_{0}$ | $41{,}0^{+4,3}_{0}$ | — |
| **500** | 500,0 | 504,5 | $12{,}2^{+1,5}_{0}$ | $19{,}3^{+2,2}_{0}$ | $28{,}3^{+3,1}_{0}$ | — | — |
| **560** | 560,0 | 565,1 | $13{,}7^{+1,6}_{0}$ | $21{,}6^{+2,4}_{0}$ | $31{,}7^{+3,4}_{0}$ | — | — |
| **630** | 630,0 | 635,7 | $15{,}4^{+1,8}_{0}$ | $24{,}3^{+2,7}_{0}$ | $35{,}7^{+3,8}_{0}$ | — | — |
| **710** | 710,0 | 716,4 | $17{,}4^{+2,0}_{0}$ | $27{,}4^{+3,0}_{0}$ | $40{,}2^{+4,3}_{0}$ | — | — |
| **800** | 800,0 | 807,2 | $19{,}6^{+2,2}_{0}$ | $30{,}8^{+3,3}_{0}$ | — | — | — |
| **900** | 900,0 | 908,1 | $22{,}0^{+2,4}_{0}$ | $34{,}7^{+3,7}_{0}$ | — | — | — |
| **1000** | 1000,0 | 1009,0 | $24{,}4^{+2,7}_{0}$ | $38{,}5^{+4,1}_{0}$ | — | — | — |

Nota: Tutte le misure della presente tabella sono espresse in mm; lo spessore minimo non può essere inferiore a 2 mm.

La tabella 2 riporta le dimensioni e i pesi dei tubi in PE per la conduzione di fluidi in pressione; esse corrispondono a quelle riportate dalla Norma UNI 7611 + FA1.

***Tab.2 - Pesi teorici e dimensioni dei tubi in PE***

| *D* | Pressione Nominale PN | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2,5 | | 4 | | 6 | | 10 | | 16 | |
| | s | Peso | s | Peso | s | Peso | s | Peso | s | Peso |
| 10 | | | | | | | | | 1,6 | 0,04 |
| 12 | | | | | | | | | 1,7 | 0,06 |
| 16 | | | | | | | 1,6 | 0,08 | 2,3 | 0,10 |
| 20 | | | | | | | 1,9 | 0,11 | 2,8 | 0,15 |
| 25 | | | | | 1,6 | 0,13 | 2,3 | 0,17 | 3,5 | 0,24 |
| 32 | | | | | 1,9 | 0,19 | 3,0 | 0,29 | 4,5 | 0,39 |
| 40 | | | 1,6 | 0,21 | 2,3 | 0,28 | 3,7 | 0,43 | 5,6 | 0,62 |
| 50 | | | 2,0 | 0,32 | 2,9 | 0,44 | 4,6 | 0,67 | 6,9 | 0,94 |
| 63 | 1,6 | 0,33 | 2,5 | 0,49 | 3,6 | 0,70 | 5,8 | 1,1 | 8,7 | 1,5 |
| 75 | 1,9 | 0,46 | 2,9 | 0,67 | 4,3 | 1,0 | 6,9 | 1,5 | 10,4 | 2,1 |
| 90 | 2,2 | 0,63 | 3,5 | 1,0 | 5,1 | 1,4 | 8,2 | 2,1 | 12,5 | 3,1 |
| 110 | 2,7 | 0,94 | 4,3 | 1,6 | 6,3 | 2,1 | 10,0 | 3,2 | 15,2 | 4,6 |
| 125 | 3,1 | 1,2 | 4,9 | 1,8 | 7,1 | 2,7 | 11,4 | 4,1 | 17,3 | 5,9 |
| 140 | 3,5 | 1,6 | 5,4 | 2,3 | 8,0 | 3,4 | 12,8 | 5,1 | 19,4 | 7,4 |
| 160 | 3,9 | 2,0 | 6,2 | 3,1 | 9,1 | 4,4 | 14,6 | 6,7 | 22,1 | 9,6 |
| 180 | 4,4 | 2,5 | 7,0 | 3,8 | 10,2 | 5,5 | 16,4 | 8,5 | 24,9 | 12,2 |
| 200 | 4,9 | 3,1 | 7,7 | 4,7 | 11,4 | 6,8 | 18,2 | 10,6 | 27,6 | 15,0 |
| 225 | 5,5 | 3,9 | 8,7 | 6,0 | 12,8 | 8,6 | 20,5 | 13,3 | 31,1 | 19,0 |
| 250 | 6,1 | 4,8 | 9,7 | 7,4 | 14,2 | 10,7 | 22,8 | 16,4 | 34,5 | 23,4 |
| 280 | 6,9 | 6,0 | 10,8 | 9,3 | 15,9 | 13,3 | 25,5 | 20,6 | | |
| 315 | 7,7 | 7,6 | 12,7 | 11,3 | 17,9 | 16,8 | 28,7 | 26,0 | | |
| 355 | 8,7 | 9,6 | 13,7 | 14,9 | 20,1 | 21,3 | 32,3 | 33,0 | | |
| 400 | 9,8 | 12,2 | 15,4 | 18,9 | 22,7 | 27,1 | 36,4 | 41,7 | | |
| 450 | 11,0 | 15,3 | 17,4 | 23,9 | 25,5 | 34,3 | 41,0 | 53,0 | | |
| 500 | 12,2 | 18,9 | 19,3 | 29,5 | 28,3 | 42,3 | | | | |
| 560 | 13,7 | 23,9 | 21,6 | 36,8 | 31,7 | 53,1 | | | | |
| 630 | 15,4 | 30,2 | 24,3 | 46,7 | 35,7 | 67,2 | | | | |
| 710 | 17,4 | 38,4 | 27,4 | 59,4 | 40,2 | 85,2 | | | | |
| 800 | 19,6 | 48,6 | 30,8 | 75,0 | | | | | | |
| 900 | 22,0 | 61,3 | 34,7 | 95,4 | | | | | | |
| 1000 | 24,4 | 75,5 | 38,5 | 117,2 | | | | | | |

Le dimensioni sono espresse in mm; il peso è espresso in kg/m lineare.

2.3 **Raccordi in polietilene**

2.3.1 ***Raccordi per saldatura mediante elementi termici per contatto***

I raccordi quali curve, gomiti, Tee, riduzioni, tappi e cartelle, dovranno essere realizzati mediante stampaggio ad iniezione e soddisfare i requisiti della norma UNI 7612 + FA1. Per diametri dove non esistono i raccordi specifici stampati ad iniezione, sono ammesse realizzazioni da tondo, lastre o mediante formatura a settori, ottenuta da tubi prodotti in rispondenza alla UNI 7611+FA1, incrementati di una grandezza di PN rispetto al tubo di linea. Questo vale per le curve a settori, mentre i Tee segmentati dovranno essere opportunamente rinforzati per resistere alla pressione nominale del tubo (vedi 11.4). I raccordi realizzati da tubi con uno spessore superiore devono avere i codoli rastremati per riportarli agli spessori di linea.

I raccordi a settori devono soddisfare i requisiti della UNI 7612+FA1.

2.3.2 ***Raccordi elettrosaldabili***

I manicotti, i collari di presa e i pezzi speciali elettrosaldabili, devono soddisfare i requisiti della norma UNI 7612+FA1.

2.4 **Raccordi di materiali diversi dal PE**

Si intendono i raccordi di transizione per il collegamento delle tubazioni in PE alla tubazione realizzata con altri materiali. Possono essere costituiti da:

a) cartella con flangia libera e guarnizione; quest'ultima rispondente alla Circolare Ministero Sanità DGSIP 102/3990 del 02.12.78 e foratura della flangia libera secondo UNI 2223 PN 10/PN 16
b) giunto metalloplastico monolitico
c) giunto metalloplastico a tre pezzi con bocchettone e guarnizione
d) giunto metallico a compressione
e) giunto di materiale termoplastico a compressione

Per ulteriori indicazioni si rimanda al capitolo 7 della presente raccomandazione.

# Capitolo 3
# *TRASPORTO, ACCATASTAMENTO DEI TUBI E STOCCAGGIO DEI RACCORDI E DEI PEZZI SPECIALI.*

Per il carico, il trasporto e lo scarico, nonchè l'accatastamento dei tubi e l'immagazzinamento dei raccordi e pezzi speciali si dovrà far riferimento a quanto previsto dal DM 12.12.1985 e in particolare:

3.1 **Trasporto**

Nel trasporto dei tubi i piani di appoggio devono essere privi di asperità.

I tubi in rotoli devono essere appoggiati preferibilmente in orizzontale.

Le imbragature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o con bande di canapa o di nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti in modo che i tubi non vengano danneggiati.

3.2 **Carico, scarico e movimentazione**

Se il carico e lo 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 adeguata.

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.

### 3.3 Accatastamento dei tubi

Nell'accatastamento il piano di appoggio dovrà essere livellato, esente da asperità e soprattutto da pietre appuntite. L'altezza di accatastamento per i tubi in barre non deve essere superiore a m 1,5 qualunque sia il diametro e lo spessore.

I tubi in rotoli vanno appoggiati orizzontalmente, l'altezza dell'accatastamento non deve essere superiore a 2 m.

Limitatamente ai tubi di diametro esterno superiore a 500 mm è consigliabile armare internamente le estremità onde evitare eccessive ovalizzazioni.

Assicurarsi che dopo l'accatastamento, i tappi di protezione delle testate siano collocati sulle stesse, al fine di prevenire che foglie, polvere, piccoli animali ecc., possano alloggiarsi all'interno dei tubi.

### 3.4 Raccordi per saldature mediante elementi termici per contatto

Questi pezzi vengono generalmente forniti in appostiti imballaggi. Se sono forniti sfusi, si deve avere cura, nel trasporto e nell'immagazzinamento, di non accatastarli disordinatamente e si deve evitare che possano essere danneggiati per effetto di urti.

### 3.5 Raccordi elettrosaldabili

Questi devono sempre essere forniti in apposite confezioni di materiale resistente, tale da proteggerli da polvere, umidità, salsedine, raggi UV, ecc.

Devono essere conservati in magazzini, posati su scaffalature o comunque sollevati dal suolo, lontano da fonti di luce e di calore. In cantiere si deve aver cura che i raccordi elettrosaldabili non vengano esposti agli agenti di cui sopra e conservati nella loro confezione originale fino al momento d'uso.

## Capitolo 4

## *SCAVI, POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI - REINTERRI*

### 4.1 Scavi

Lo scavo deve essere realizzato a sezione obbligata (fig. 1).
La larghezza minima sul fondo dello scavo deve essere di 20 cm superiore al diametro del tubo che deve contenere.

La profondità minima di interramento deve essere di 1 m misurata dalla generatrice superiore del tubo, e in ogni caso deve essere valutata in funzione dei carichi stradali e del pericolo di gelo.

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.

## 4.2 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 possibili sollecitazioni meccaniche al tubo.

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 ogni caso, le tubazioni devono essere sempre posate su di un letto con spessore maggiore di 10 cm di sabbia o terra vagliata e protette su tutta la loro circonferenza con identico materiale ben compattato.

## 4.3 Posa in opera

Le operazioni di collocamento 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 disposizioni da parte della Direzioni Lavori.

In ogni caso, le singole barre o tratti di conduttura, realizzati fuori scavo, verranno calati nelle fosse con le prescritte precauzioni, previa predisposizione, già citata, del fondo.

I tubi verranno allineati inizialmente, tanto in senso planimetrico che altimetrico, rincalzandoli in vicinanza dei giunti. In seguito si fisserà la loro posizione definitiva riferendosi ai picchetti di quota e di direzione ed in modo che non abbiano a verificarsi contropendenze rispetto al piano di posa.

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

Gli organi di intercettazione, che possono sollecitare i tubi con il loro peso, devono essere sostenuti con supporti autonomi in modo da non trasmettere le loro sollecitazioni alla condotta.

Dopodichè i tubi verranno fissati definitivamente nella loro posizione, rincalzandoli opportunamente lungo tutta la linea senza impiegare cunei di metallo, di legno, o pietrame.

## 4.4 Curvabilità dei tubi

Per non sollecitare il materiale in maniera eccessiva, le barre di tubo di PE possono essere curvate ai seguenti raggi di curvatura (R) alla temperatura di 20°C:

| | |
|---|---|
| PN 2,5 | R = 50 De |
| PN 4 | R = 30 De |
| PN 6 | R = 20 De |
| PN 10 | R = 20 De |
| PN 16 | R = 20 De |

Qualora i raggi di curvatura richiesti fossero inferiori a quelli summenzionati, si dovranno utilizzare curve stampate o formate a settori. La curvatura a caldo della tubazione è assolutamente vietata.

## 4.5 Reinterri e riempimenti

### 4.5.1 *Reinterri*

Ultimata la posa dei tubi nello scavo, si dispone sopra di essi uno strato di sabbia non inferiore a

cm 10, misurati sulla generatrice superiore del tubo. Il compattamento dello strato fino a circa 2/3 del tubo deve essere particolarmente curato, eseguito manualmente, cercando di evitare lo spostamento del tubo.
La sabbia compattata dovrà presentare un'ottima consistenza ed una buona uniformità, rinfiancando il tubo da ogni lato.

### 4.5.2 *Riempimento dello scavo*

Tenuto conto che il tubo, a causa del suo coefficiente di dilatazione assume delle tensioni, se bloccato alle estremità prima del riempimento dello scavo uniformandosi alla temperatura del terreno, si deve procedere come segue:

- il riempimento (almeno per i primi cm 50 sopra il tubo) deve essere eseguito per tutta la condotta nelle medesime condizioni di temperatura esterna e si consiglia sia fatto nelle ore meno calde della giornata;
- si procede sempre a zone di m 20-30 avanzando in una sola direzione e possibilmente in salita; si lavorerà su tre tratte consecutive e verrà eseguito contemporaneamente il ricoprimento (fino a cm 50 sopra il tubo) in una zona, il ricoprimento (fino a cm 15-20) nella zona adiacente e la posa della sabbia attorno al tubo nella tratta più avanzata;
- si potrà procedere su tratte più lunghe solo in condizioni di temperatura più o meno costanti.

Per consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno, una delle estremità della tratta di condotta deve essere sempre mantenuta libera di muoversi e l'attacco ai pezzi speciali o all'altra estremità della condotta deve essere eseguito solo dopo che il ricoprimento è stato portato a m 5-6 dal pezzo stesso.

Il riempimento successivo dello scavo potrà essere costituito da materiale di risulta dello scavo stesso, disposto per strati successivi, di volta in volta costipati con macchine leggere vibrocompattatrici.

E' necessario porre un nastro blu continuo con la dicitura "Tubazione Acqua" sulla generatrice superiore della condotta ad una distanza da essa di cm 30, per indicarne la presenza in caso di successivi lavori di scavo.

Nel caso di posa in opera di altri servizi, il nuovo scavo non deve mai mettere in luce la sabbia che ricopre la condotta.

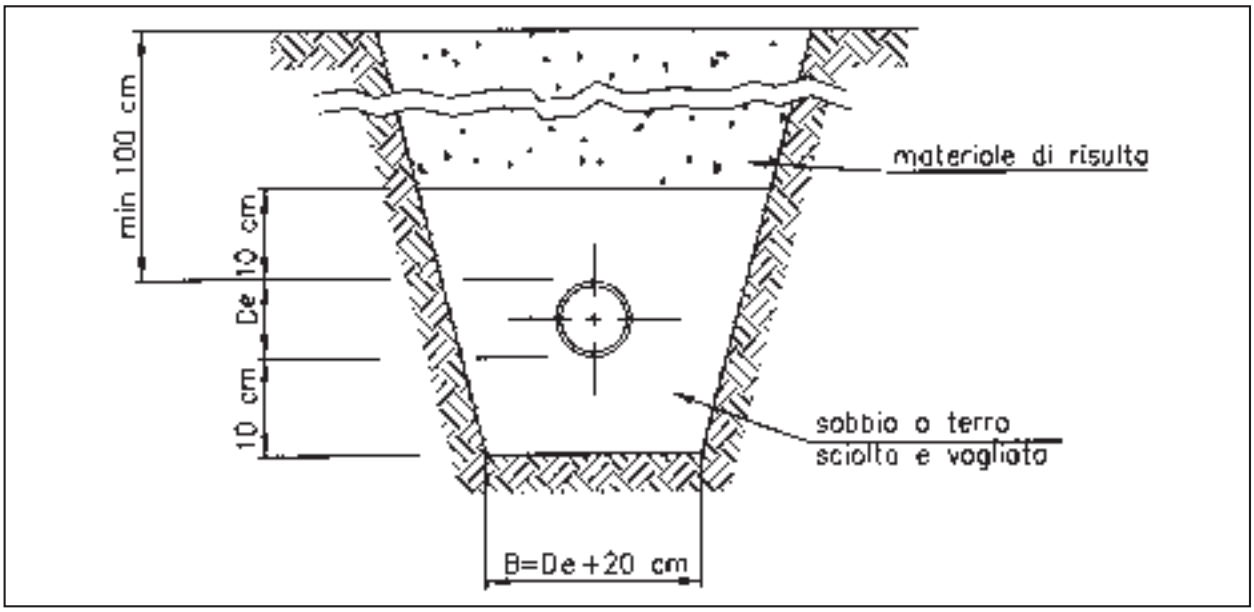



Fig. 1 - Scavo e letto di posa

# Capitolo 5

## *PARALLELISMI ED ATTRAVERSAMENTI*

Nel caso di parallellismo e di attraversamento di linee ferroviarie e tranviarie extraurbane, sono valide le norme speciali emanate dal Ministero dei Trasporti a tutela degli impianti di sua competenza.

In percorsi paralleli a linee tranviarie urbane, la distanza minima misurata orizzontalmente tra la superficie esterna della tubazione e la rotaia più prossima non deve essere inferiore a m 0,50.

Nell'attraversamento di linee tranviarie la profondità di posa della tubazione non deve essere inferiore a m 1 misurati tra la generatrice superiore della tubazione e il piano di ferrovia.

Inoltre la tubazione deve essere inserita in un tubo di protezione prolungato, dall'una e dall'altra parte dell'attraversamento, per almeno m 1, misurati a partire dalla rotaia esterna.

Per l'attraversamento di corsi d'acqua, per il superamento di dislivelli ecc., può essere consentita l'utilizzazione di opere d'arte preesistenti (ponti, sottopassaggi ecc.).

Nel caso di sovra o sottopassaggi con altre tubature, la distanza fra le superfici affacciate deve consentire gli interventi di manutenzione su entrambi i servizi.
Sia nei tratti paralleli che negli attraversamenti con condotte gas, devono essere comunque rispettate le prescrizioni per tali opere previste dal DM 24.11.84.

# Capitolo 6
## *SISTEMI DI GIUNZIONE - ATTREZZATURA*

### 6.1 Sistemi di giunzione

Le giunzioni dei tubi, dei raccordi e dei pezzi speciali di PE possono avvenire con due sistemi:
- per saldatura; (*)
- per serraggio meccanico.

(*) I vari tipi di saldatura devono essere eseguiti esclusivamente da personale specializzato munito di certificato di abilitazione all'esecuzione di giunti saldati sui tubi di materia plastica, di cui alla UNI 9737: "Classificazione e qualifica dei saldatori per tubi di PE".

### 6.1.1 *Giunzione per saldatura*

La giunzione per saldatura può essere effettuata:
- mediante elettrofusione (fig. 2);
- mediante procedimento ad elementi termici per contatto (fig. 3);
- mediante termoelemento per polifusione nel bicchiere (fig. 4).

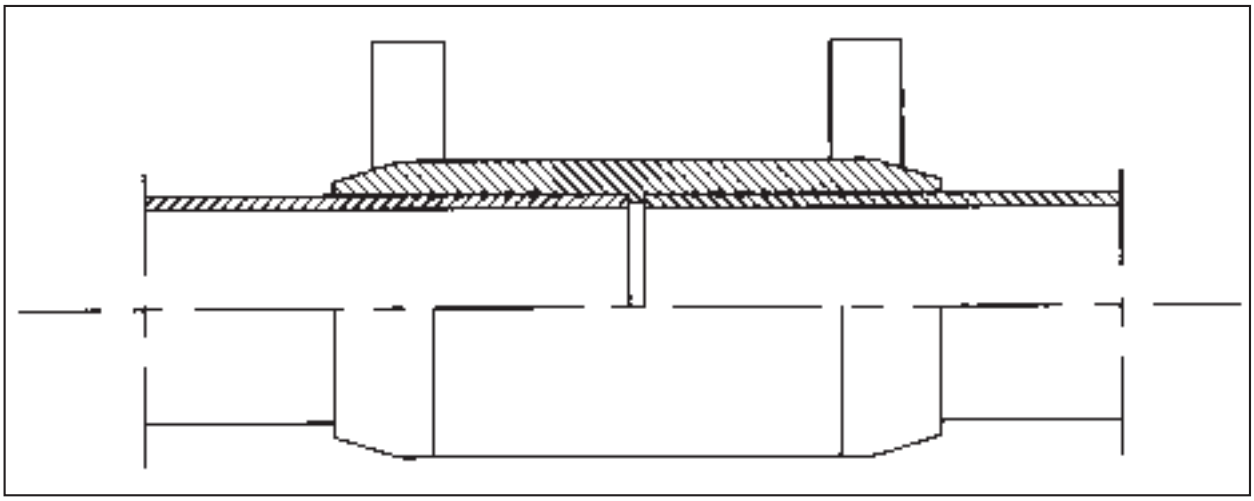


Fig. 2 - Saldatura per elettrofusione tra manicotto e tubazioni

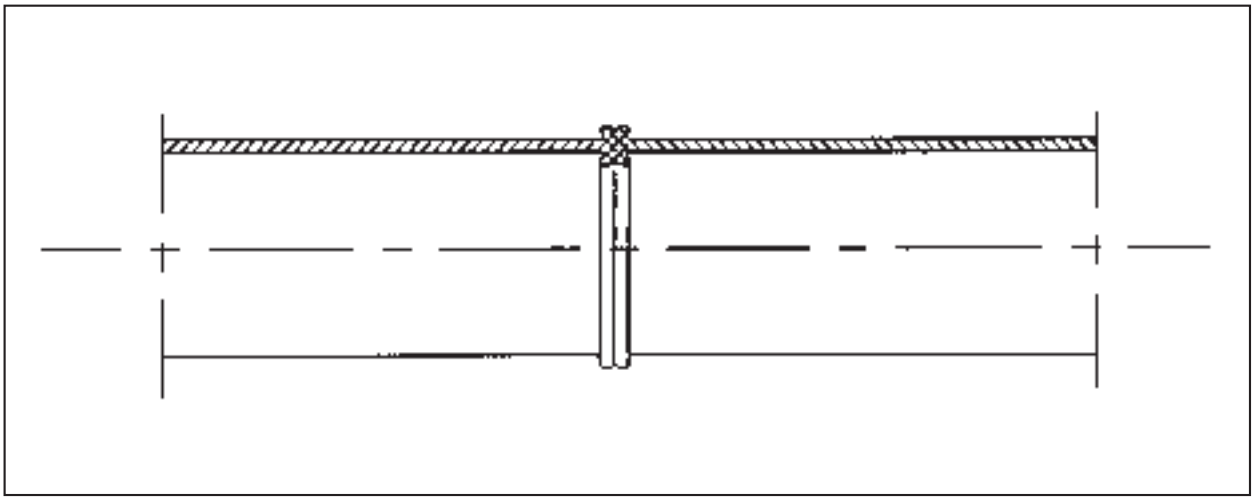


Fig. 3 - Saldatura testa a testa dei tubi

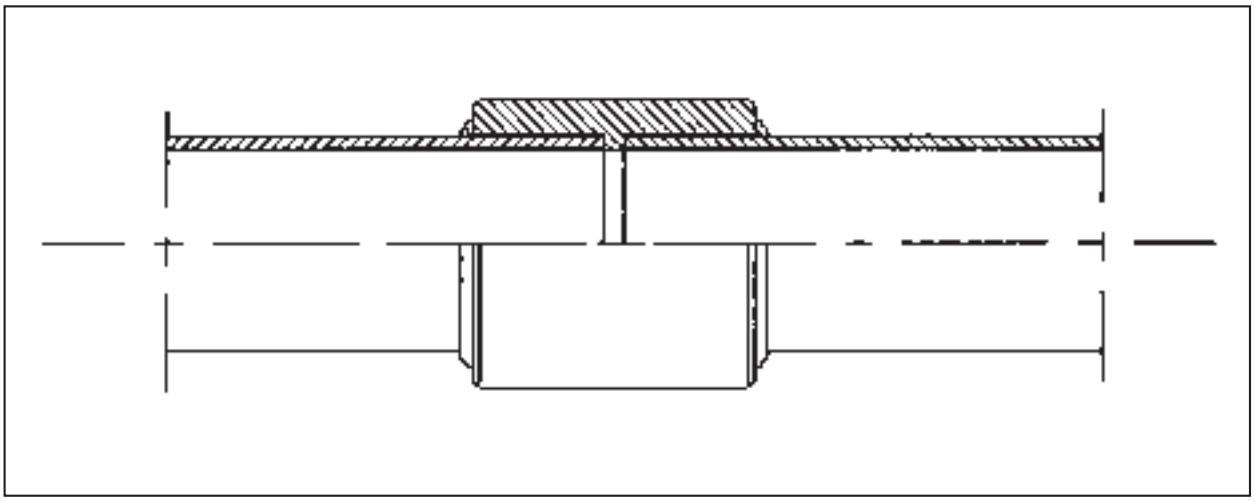


Fig. 4 - Saldatura mediante termoelemento per polifusione nel bicchiere

## 6.2 **Attrezzature**

### 6.2.1 ***Tipologia***

Le attrezzature per la lavorazione e la posa di tubazioni di polietilene si distinguono in:
- attrezzature per saldare;
- attrezzature complementari.

Le attrezzature per saldare, sono del tipo:
- saldatrici ad elementi termici per contatto (vedi UNI 10565);
- saldatrice per elettrofusione (vedi UNI 10566);
- saldatrice a termoelemento per saldare nel bicchiere.

Le attrezzature complementari, sono quelle utilizzate per la lavorazione e la preparazione dei pezzi da saldare (come raschiatori - tagliatubi - allineatori - morsetti - perforatori - chiavi ecc.).

### 6.2.2 ***Sicurezza e rispetto delle normative elettriche***

Le operazioni di saldatura vengono eseguite in ambienti umidi (negli scavi) e, in alcuni casi, anche in presenza di acqua e pertanto le saldatrici alimentate elettricamente devono garantire l'incolumità e la sicurezza del personale addetto.

Per quanto sopra, le saldatrici devono essere costruite ed usate nel rispetto delle seguenti norme:
Norme CEI 107/1 - Norme generali di sicurezza per gli apparecchi elettrotermici d'uso domestico e similare.

Norme CEI 107/50 - Ferri per saldare e apparecchi similari - Norme particolari di sicurezza.

Norme CEI 64/8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c.

# Capitolo 7
# *FORMAZIONE DEI GIUNTI*
# *SALDATURE - GIUNZIONI MECCANICHE*

## 7.1 **Saldatura per elettrofusione**

Questo sistema di saldatura consente collegamenti fra tubo e tubo, fra tubo e raccordo, mediante elemento con resistenza elettrica incorporata.

Appartengono a questo sistema anche le saldature per la realizzazione di allacciamenti d'utenza mediante collari di presa con resistenza elettrica incorporata.

### 7.1.1 ***Saldatrici***

L'apparecchio per saldare (saldatrice) è costituito da un dispositivo erogatore di energia che può essere a comando manuale, semiautomatico o automatico, caratterizzando i vari tipi di saldatrici.

Questi dispositivi regolano la quantità di energia in funzione a quanto viene loro richiesto dal circuito elettrico incorporato nell'elemento elettrosaldabile.

Ogni saldatrice deve essere impiegata solamente per i raccordi elettrosaldabili per cui è stata abilitata. Non è possibile saldare elementi elettrosaldabili con saldatrici appartenenti a sistemi diversi.

Esistono in commercio specifiche apparecchiature "Polivalenti" che consentono di saldare elettrosaldabili appartenenti a diversi sistemi.

La caratteristica di queste saldatrici è che l'impostazione dei dati di saldatura avviene in maniera automatica, mediante l'ausilio di codici a barre, carte magnetiche o sistemi equivalenti.

In ogni caso queste saldatrici devono essere dotate di dispositivi in grado sia di verificare la resistenza elettrica degli elettrosaldabili prima della saldatura, che di intervenire automaticamente per l'interruzione dell'energia, a saldatura avvenuta.

Ai fini della sicurezza dell'operatore, è obbligatorio l'uso di saldatrici costruite nel rispetto della norma UNI 10566.

### 7.1.2 *Preparazione della saldatura*

L'esecuzione delle saldature deve essere eseguita in rispondenza alla norma UNI 10521. Deve avvenire in un luogo possibilmente asciutto, al riparo da agenti atmosferici sfavorevoli (pioggia, vento e umidità) ed a temperature ambiente comprese fra -5°C e +40°C.

Ove ciò non fosse possibile, è indispensabile adottare opportuni accorgimenti atti a proteggere l'operazione di saldatura.

Prima delle operazioni di saldatura occorre:
- verificare le testate, affinché le estremità da saldare siano tagliate piane ed ortogonali al proprio asse;
- correggere le eventuali ovalizzazioni dei tubi superiori all'1,5%, mediante appositi congegni arrotondatori e/o allineatori, onde riportare le dimensioni entro i valori tollerati;
- pulire con stracci o carte morbide, le parti da saldare eliminando tracce di fango, polvere, unto ecc.;
- asportare lo strato di ossidazione superficiale sulle zone da saldare, sia dei tubi che dei codoli dei raccordi, immediatamente prima dell'operazione di saldatura mediante specifici raschiatori automatici, semiautomatici o manuali; questa operazione dovrà essere eseguita in maniera omogenea per esteso e per una superficie di 10 mm oltre la zona di saldatura, come testimone di raschiatura e per una profondità di 0,10 mm dello spessore della parete per diametri uguali o inferiori a 63 mm, 0,2 mm per diametri superiori a 63 mm.

NON E' CONSENTITO L'UTILIZZO DI TELA SMERIGLIO, RASPE O ALTRI ATTREZZI DI FORTUNA PER L'ASPORTAZIONE DELLO STRATO DI OSSIDAZIONE.

- Pulire, se necessario, le zone raschiate mediante panni di cotone bianco o carta monouso ed apposito liquido detergente, e più precisamente:
  • alcool isopropilico;
  • cloruro di metilene
  • acetone
  • alcool etilico > 98%

  L'uso di altri detergenti non è consentito.

- Pulire la parte interna dell'elettrosaldabile con il detergente e non raschiarla nel modo più assoluto.
- Segnare sulle testate da congiungere la profondità d'inserimento dell'elettrosaldabile mediante una matita cerosa per circa 1/3 della circonferenza degli elementi da congiungere, inserire quindi le testate nell'elettrosaldabile e bloccare la giunzione nell'allineatore.
- Verificare il corretto inserimento dell'elettrosaldabile sugli elementi da saldare e la loro coassialità.

Eseguire l'operazione di saldatura attenendosi alle direttive impartite dal costruttore degli elettrosaldabili e della saldatrice.

Lasciare bloccate le parti saldate fino al completamento dell'operazione di saldatura e mantenerle tali fino a raffreddamento avvenuto o comunque non inferiore a 20 minuti, evitando tutte le possibili sollecitazioni esterne.

NON SONO AFFIDABILI LE SALDATURE ESEGUITE NON TENENDO CONTO DELLE PRESCRIZIONI DI CUI SOPRA, OD OTTEMPERANDO SOLO PARZIALMENTE ALLE STESSE.

I parametri di saldatura adottati per l'esecuzione di ogni singolo giunto possono essere registrati in un verbale di saldatura.

## 7.2 Saldatura mediante elementi termici per contatto

Questo sistema di saldatura consente l'esecuzione di giunzioni di tubo con tubo, tubo e raccordo, mediante l'impiego di saldatrici ad elemento termico per contatto.
Queste saldature sono eseguite normalmente fuori scavo e, quando le condizioni lo consentono, anche entro lo scavo.

### 7.2.1 *Saldatrici*

La saldatrice ad elementi termici per contatto è costituita da un basamento (telaio), da due elementi di guida e da due carrelli, uno mobile ed uno fisso, su ognuno dei quali trovano posto almeno 2 ganasce.

La pressione per la traslazione del carrello scorrevole è fornita da una centralina con pompa e distributore a funzionamento manuale o elettroidraulico.

Sono vietate le macchine saldatrici in cui la traslazione delle morse avviene per movimento meccanico manuale e la pressione di saldatura avviene mediante molle.

La fresa utilizzata per la spianatura delle testate deve essere elettrica, atta in ogni caso a lavorare le testate da saldare in maniera piana ed ortogonale all'asse del tubo e/o raccordo.

Il termoelemento (termopiastra) deve mantenere una temperatura costante, sulle superfici piane ricoperte con appropriati rivestimenti antiaderenti.

In ogni caso le saldatrici devono garantire:
- una perfetta coassialità delle testate;
- una sicura messa a punto della pressione.

Ai fini della affidabilità della saldatura ed alla sicurezza dell'operatore, è obbligatorio l'uso di saldatrici costruite nel rispetto della norma UNI 10565.

### 7.2.2 *Preparazione ed esecuzione delle saldature*

L'esecuzione delle saldature deve essere eseguita in rispondenza alla norma UNI 10520.

Deve avvenire in un luogo possibilmente asciutto: nei casi di pioggia, elevato grado di umidità, vento, basse temperature o eccessivo irraggiamento solare, la zona di saldatura deve essere adeguatamente protetta. La saldatura deve essere, comunque, eseguita in un campo di temperatura ambiente compreso tra:

- 5°C e + 40°C

Le due superfici da saldare devono essere spianate immediatamente prima di effettuare la saldatura, avendo cura di asportare preventivamente eventuali tracce di sporcizia e di unto; successivamente le superfici di saldatura non devono più essere toccate.

Non è ammesso utilizzare cannelli a gas caldo o bruciatori a diretto contatto con le superfici da saldare, per innalzare la loro temperatura.

Si deve scrupolosamente controllare il parallelismo delle superfici spianate, avvicinando le parti e verificando che in nessun punto si abbia una luce superiore a:

0,3 mm fino a De 200 mm
0,5 mm fino a De 400 mm
1,0 mm oltre De 450 mm

Il disassamento massimo fra le due teste non deve essere superiore al 10% dello spessore con un massimo di 2 mm.

Prima di iniziare l'operazione di saldatura, si deve calcolare la spinta da imprimere per le fasi di preriscaldamento, riscaldamento e saldatura: esse sono rispettivamente 0,15 N/mm$^2$ per preriscaldamento e saldatura mentre il riscaldamento avviene a 0,02 N/mm$^2$ riferite alla superficie della corona circolare del tubo.

Questi valori trasformati in pressione possono essere rilevati dalle tabelle approntate dal costruttore della macchina. Le indicazioni fornite dal manometro della macchina saldatrice devono corrispondere alle spinte calcolate o alle pressioni indicate dalla tabella: la pressione di preriscaldamento e di saldatura devono essere aumentate del valore dell'attrito (pressione di trascinamento) che la macchina incontra, sia per l'avvicinamento delle testate, sia per il trascinamento della barra e/o raccordo da saldare. Tale valore deve essere verificato dall'operatore prima di ogni saldatura.

Prima di iniziare ogni saldatura, si deve altresì controllare la temperatura del termoelemento mediante termometro incorporato, oppure con termometro ad indicazione rapida.

Questa deve essere per spessore del tubo/raccordo ≤ 12 mm 210°C ± 10°C
per spessore del tubo/raccordo > 12 mm 200°C ± 10°C

Prima di ogni saldatura, il termoelemento deve essere pulito a fondo con liquidi detergenti prescritti e con panni bianchi di cotone ed assicurarsi tramite la spia di controllo del termostato, che questo abbia eseguito almeno 5 interventi.

Il procedimento di saldatura (fig. 5) prevede:
**fase 1** accostamento e preriscaldamento delle testate;
**fase 2** riscaldamento;
**fase 3** rimozione del termoelemento;
**fase 4** raggiungimento della pressione di saldatura;
**fase 5** saldatura;
**fase 6** raffreddamento.
Nella fase di preriscaldamento le superfici di saldatura dovranno essere premute contro il termoe-

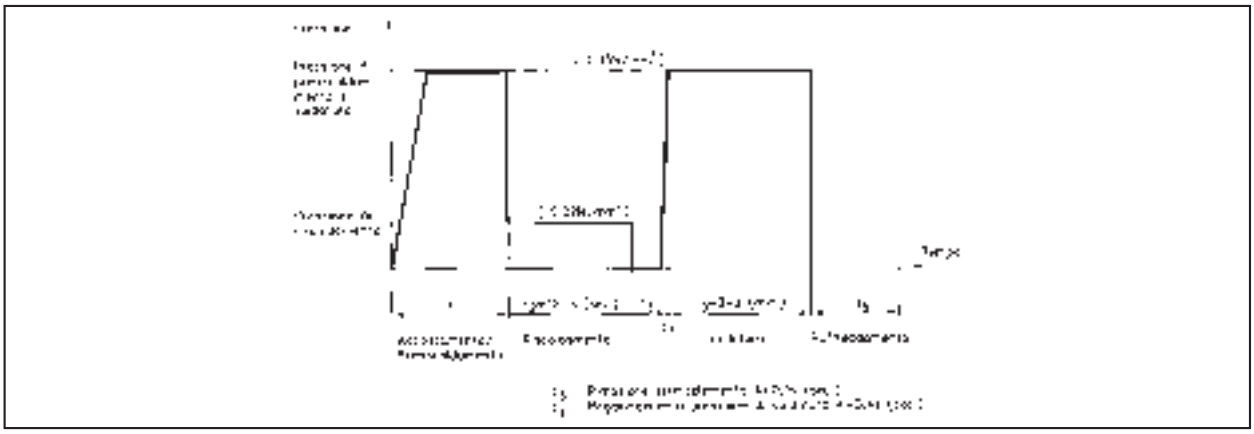


Fig. 5 - Fasi di saldatura

lemento con una forza di 0,15 N per ogni $mm^2$ di superficie della corona circolare interessata alla saldatura, a cui va aggiunta la pressione di trascinamento, fino al formarsi di un cordolo regolare su tutta la circonferenza, la cui dimensione è specificata nelle tabelle approntate dal costruttore della saldatrice, così come tutti i tempi necessari al procedimento ($t_1$ - $t_2$ - $t_3$ - $t_4$ - $t_5$).

Durante la fase di riscaldamento, le superfici devono aderire al termoelemento ad una pressione minima (0,02 $N/mm^2$).

Trascorso il tempo di riscaldamento $t_2$ le superfici di saldatura devono essere allontanate rapidamente dal termoelemento, che dovrà essere tolto e quindi riavvicinate in un tempo $t_3$.

Avvenuto l'avvicinamento delle superfici di saldatura, la pressione deve essere aumentata gradualmente e senza sbalzi in un tempo $t_4$, fino a 0,15 $N/mm^2$ a cui va aggiunta la pressione di trascinamento.

Il tempo $t_5$ necessario per raggiungere la pressione ottimale è correlato allo spessore del tubo.

I tempi e le pressioni di preriscaldamento, riscaldamento e saldatura sono rilevabili dalla tabella della macchina e sono validi a temperatura ambiente (20°C) in assenza di correnti d'aria.

Si deve evitare nel modo più assoluto qualsiasi raffreddamento brusco della saldatura (ottenuto, ad esempio, con aria o acqua).

Al termine del tempo di saldatura in pressione è possibile liberare il tubo dalle ganasce avendo cura di non sottoporlo ad apprezzabili sollecitazioni fino al raffreddamento completato.

Il cordolo formatosi durante la saldatura deve essere, per quanto possibile, regolare ed uniforme e deve corrispondere alle dimensioni previste dalla tabella della norma UNI 10520.

## 7.3 Saldatura per polifusione nel bicchiere

Trattasi del sistema meno usato anche se contemplato dalla normativa.

In questo tipo di saldatura, la giunzione avviene su di un'ampia superficie di contatto (tangenziale) e per realizzarla si debbono impiegare appositi e particolari raccordi e speciali elementi termici (polifusori).

L'elemento termoriscaldante è sagomato in modo da riscaldare contemporaneamente il raccordo (femmina) nella parte interna e il tubo (maschio) nella parte esterna.

Ottenuto il richiesto riscaldamento e conseguente rammollimento degli estremi (tubo e raccordo), l'elemento termoriscaldante deve essere estratto e le due parti da saldare unite comprimendole tra di loro nei tempi e sforzi prescritti in relazione al loro diametro.

E' evidente che il tempo che deve intercorrere tra la fase di estrazione del raccordo e l'introduzione del tubo nel raccordo, deve essere il minore possibile onde evitare, specialmente con temperature rigide, il raffreddamento degli estremi da congiungere.

## 7.4 Allacciamenti e derivazioni di utenza

### 7.4.1 *Prese*

I sistemi per derivare una presa da una condotta sono:

a) derivazioni mediante sella o collare di presa elettrosaldabile (presa in bianco);

b) derivazione mediante sella o presa elettrosaldabile con T di derivazione (presa

sotto carico)
c) derivazioni mediante collari a serraggio meccanico

7.4.1.1 ***Derivazione mediante sella o collare di presa elettrosaldabile***

Trattasi di derivazioni utilizzabili per condotte non in esercizio.

Per sella si intende un pezzo speciale che avvolge una porzione della circonferenza del tubo e deve essere ad esso fissata per l'operazione di saldatura per mezzo di appositi attrezzi prima delle operazioni di saldatura.

Per collare si intende un pezzo speciale che avvolge completamente la circonferenza del tubo e le due metà del collare sono fissate per mezzo di serraggio meccanico prima delle operazioni di saldatura.

In entrambi i pezzi speciali la resistenza elettrica è allocata nel settore circolare attorno al punto di derivazione (foro).

La derivazione è costituita da un tronchetto di polietilene ortogonale all'asse del tubo.

Particolari attrezzature rendono queste derivazioni applicabili anche con condotte in esercizio.

7.4.1.2 ***Derivazione mediante sella o collare elettrosaldabile con T di derivazione***

Trattasi di derivazioni utilizzabili per condotte in esercizio (sotto carico). Per entrambe le tipologie di derivazione valgono le descrizioni costruttive di cui al 7.4.1.1.

Le selle o i collari sono completati da una torretta al cui interno opera una fresa che consente la foratura della condotta dopo la avvenuta saldatura e a raffreddamento completato. La fresa è a perdere, rimane inserita quindi nella presa, e deve trattenere la porzione di tubo forato.

Sulla testa della torretta è presente un tappo a tenuta.

7.4.1.3 ***Esecuzioni speciali***

Sono disponibili speciali esecuzioni di selle e collari elettrosaldabili per applicazioni diverse quali:

- di transizione dotate di filettatura metallica solidale
- di riparazione, da usarsi in abbinamento agli appositi tappi per sigillare derivazioni esistenti
- con valvola di derivazione solidale
- per l'introduzione dei palloni otturatori

7.4.1.4 ***Derivazioni mediante collari a serraggio meccanico***

Sono disponibili sia in materia plastica (PP-PVC) oppure metalli (ghisa-acciaio).

Trattasi di collari che avvolgono la circonferenza del tubo, con accoppiamento per mezzo di serraggio meccanico; in taluni casi la parte inferiore è costituita da fasce in acciaio opportunamente rivestite.
La tenuta idraulica è garantita a mezzo di apposite guarnizioni. La derivazione è normalmente costituita da filettatura femmina o flangia.

7.4.1.4.1 ***Esecuzioni speciali***

Sono disponibili speciali esecuzioni in materia plastica (P) o in metallo (M) di collari quali:
- collari con derivazione filettata maschio (P-M)
- collari di materia plastica con derivazione filettata in metallo
- collari per impiego su condotte in esercizio (sotto carico) senza perforatore (P-M)

- collari in materia plastica per impiego su condotte in esercizio (sotto carico) con perforatore
- collari in materia plastica con valvola di derivazione solidale
- collari di riparazione in acciaio con o senza derivazione.

## 7.5 Giunzione mediante serraggio meccanico

### 7.5.1 *Giunti metallici*

Esistono diversi tipi di giunti metallici a compressione e ad innesto (fig. 6). Alcuni non effettuano il graffaggio del tubo esterno (es. giunti universali o dedicati fig. 7), altri hanno un sistema di graffaggio antisfilamento sulla circonferenza esterna del tubo.

E' sempre e comunque indispensabile l'inserimento di una boccola di rinforzo all'interno del tubo, per prevenire ed evitare eventuali collassamenti del tubo in PE.

I giunti con dispositivo antisfilamento devono assolvere ai metodi di prova descritti in UNI 9736.

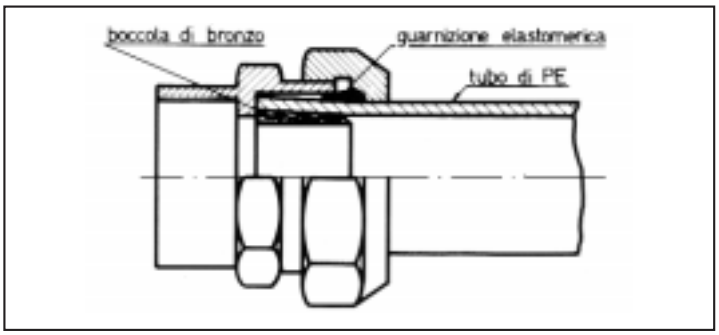



Fig. 6 - Giunto metallico di collegamento tubo PE

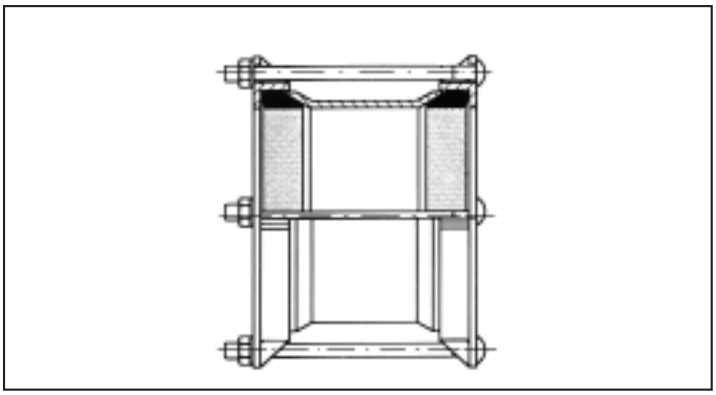


Fig. 7 - Giunto universale

7.5.2 ***Raccordi in materiale termoplastico***

Vengono usati vari tipi di raccordi a compressione in materiale termoplastico, nei quali la giunzione viene effettuata con l'uso di un sistema di graffaggio sull'esterno del tubo (fig. 8).
Comunque i giunti devono rispondere ai requisiti prescritti da UNI 9561 e pertanto verificati con i relativi metodi di prova UNI 9562.

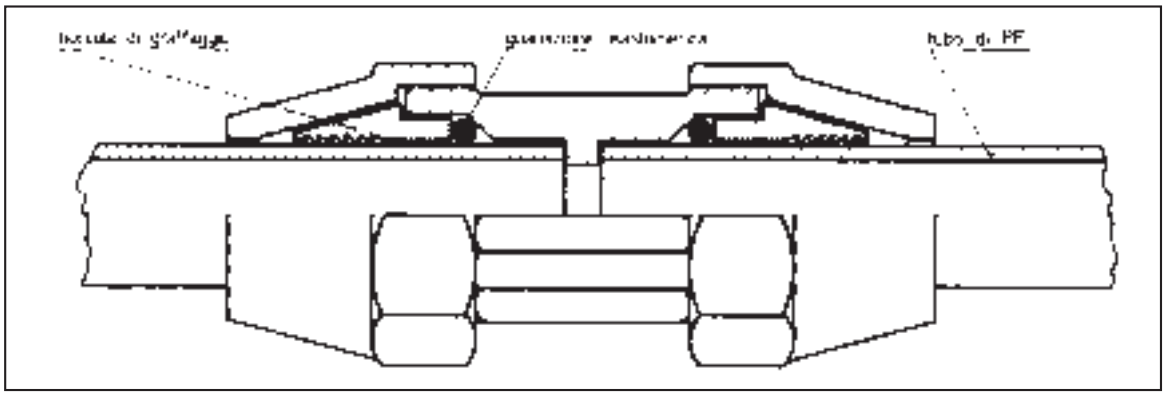


Fig. 8 - Raccordi di materiale termoplastico a compressione

7.5.3 **Giunzione per flangiatura**

7.5.3.1 ***Flangiatura a saldare***

Si usano flange scorrevoli e cartelle in PE saldabili mediante saldatura ad elementi termici per contatto o per elettrofusione. Le flange sono quindi collegate con bulloni o tiranti di lunghezza appropriata utilizzando idonee guarnizioni (fig. 9).
Le flange a seconda dell'uso della condotta, possono essere di materiale metallico o termoplastico.

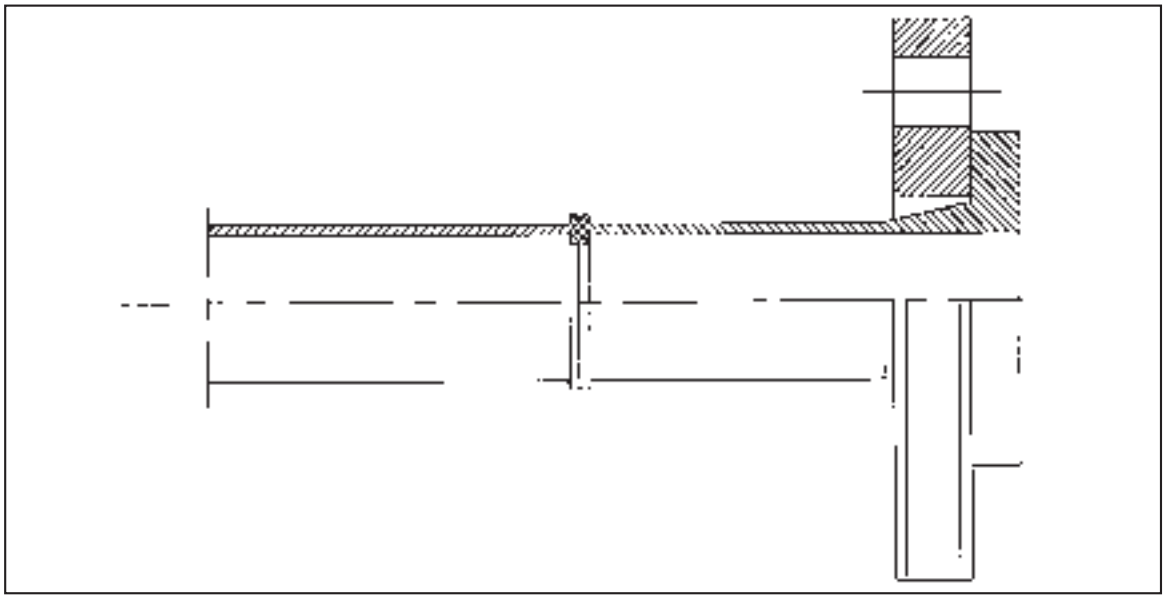


Fig. 9 - Giunzione per flangiatura a saldare

7.5.3.2 ***Flangiatura a compressione***

Si possono utilizzare flange mobili a serraggio meccanico dotate di guarnizione conica in cui inserire il tubo; la guarnizione stessa funge da tenuta con la controflangia. È indispensabile l'inserimento di una boccola di rinforzo all'interno del tubo per evitare eventuali collassamenti dello stesso (fig. 10).

Tale flangia può essere dotata di ghiera antisfilamento.

Vi sono inoltre altri sistemi di flangiatura, costituiti da giunti di collegamento di tipo universale (fig. 11), con gamma diametri d'accoppiamento variabile da un lato, e dall'altro dotati di flangia di collegamento. Tali giunti flangiati devono avere boccola di rinforzo all'interno del tubo. Il giunto può avere funzione antisfilamento.

Tutti i sistemi di flangiatura a compressione possono essere utilizzati come giunti di smontaggio.

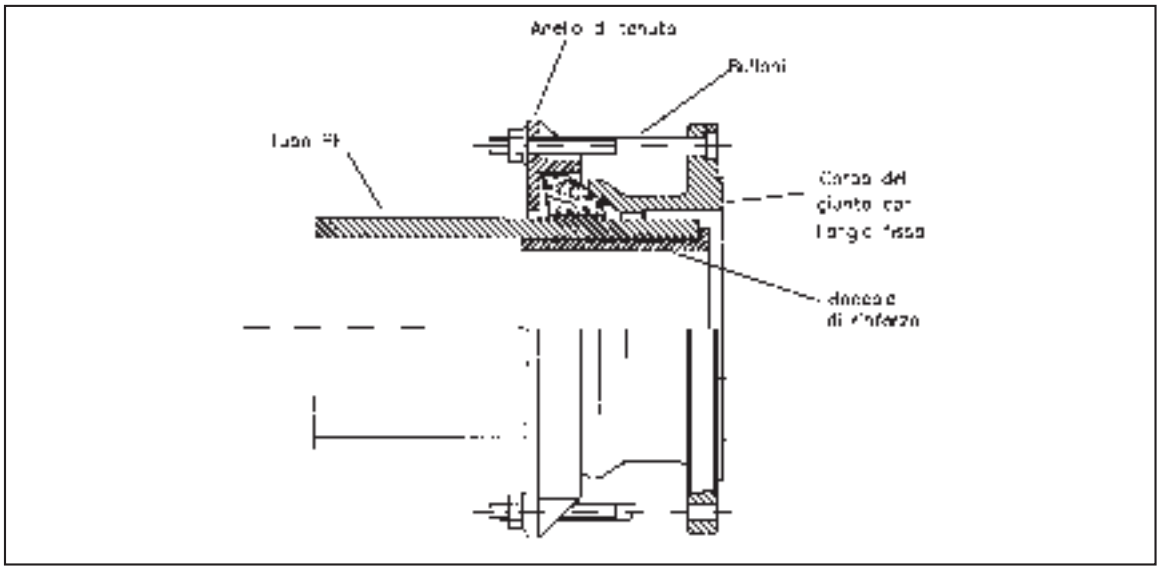


Fig. 10 - Flange a serraggio meccanico

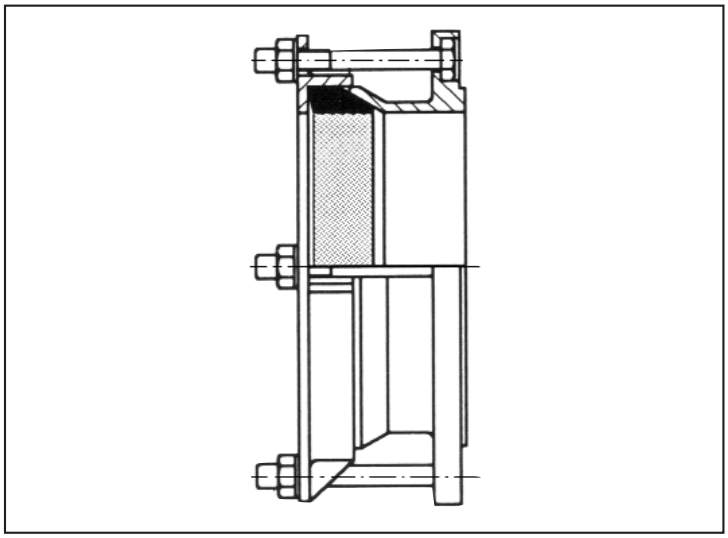


Fig. 11 - Giunto di collegamento flangiato

# Capitolo 8

## *ANCORAGGI*

8.1 **Giunzioni con dispositivo antisfilamento**

Le giunzioni eseguite mediante sistemi a saldare o meccanici dotati di dispositivi antisfilamento non richiedono particolari ancoraggi; comunque devono assolvere ai requisiti di prova descritti in norma UNI 9736 per giunti metallici e norma UNI 9562 per giunti plastici.

8.2 **Giunzioni meccaniche senza dispositivo antisfilamento**

Si deve tenere presente la necessità di realizzare adeguati ancoraggi in corrispondenza di variazioni di sezione e/o direzione, pozzetti di manovra, tappi ciechi ed in tutti i punti in cui possono generarsi sollecitazioni.
Ciò deve intendersi sia per condizioni idrostatiche che per condizioni idrodinamiche, tenendo conto delle sollecitazioni aggiuntive dovute alle quantità di moto e al colpo d'ariete.
E' quindi necessario predisporre dei blocchi di ancoraggio allo scopo di distribuire dette spinte sulle pareti dello scavo.
Questi blocchi sono calcolati con le formule sotto riportate:

La spinta ha il valore: $F = K \cdot P \cdot S \cdot 10^{-2}$ [KN]

dove: K = 1 per le estremità e per i T a 90°
K = 1,414 per le curve a 90°
K = 0,766 per le curve a 45°
P = pressione interna massima di prova [bar]
S = tubo : sezione interna del tubo [$cm^2$]
deriv. : sezione della derivazione per i T ridotti [$cm^2$]
riduz. : differenza delle sezioni per le riduzioni [$cm^2$]

La reazione di spinta del terreno è data da: $B = K1 \cdot H \cdot S1 \cdot 10^{-2}$ [KN]

Il coefficiente di spinta del terreno K1 dipende dalla natura del terreno e vale:
- circa 30 KN per sabbia argillosa
- circa 50 KN per terreni di media compattezza
- circa 60 KN per sabbia o ghiaia

H = profondità d'interramento commisurata rispetto all'asse mediano del tubo [m]
S1 = sezione d'appoggio (L·h) [$m^2$]
dove:
L = larghezza del blocco d'ancoraggio [m]
h = altezza del blocco d'ancoraggio [m]
Occorre che sia: $B \geq 1{,}5\ F$

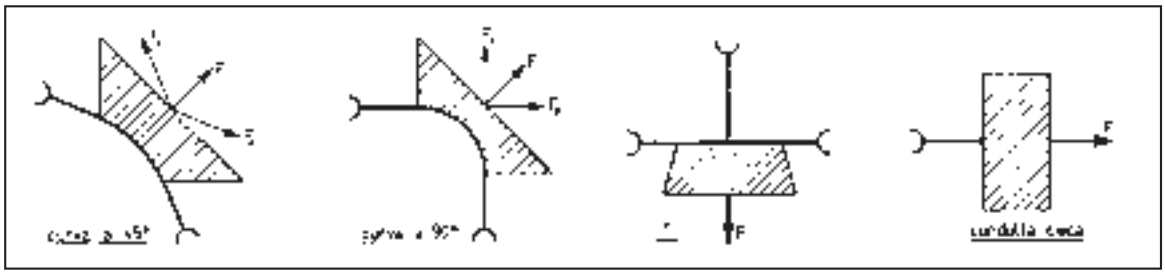


Fig. 12 - Ancoraggi

Le figure rappresentano le sezioni degli ancoraggio per le curve a 45° e a 90°, T di derivazione e condotta cieca.

# Capitolo 9

## *COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA*

La prova di pressione si deve eseguire sulla condotta installata compresi i relativi raccordi e tutti gli organi di intercettazione, se questi sono dimensionati per la pressione di prova. Se questi accessori non sono adatti alla pressione di collaudo, devono essere esclusi con inserimento di dischi di intercettazione.

Le prove di collaudo sono di tipo **tradizionale** e, con riferimento ai progetti EN, di tipo **aggiornato** e possono essere scelte indifferentemente.

### 9.1 Collaudo tradizionale

Si verifica la tenuta della condotta a breve durata con una pressione superiore alla pressione nominale della linea. Durante la prova preliminare si crea nella tubazione un equilibrio tra tensione e dilatazione, che ha come risultato un aumento di volume della condotta.

La prova idraulica dei tubi in PE in opera è da effettuare su tratte non più lunghe di 500 m per evitare problematiche sia durante il collaudo (rabbocco liquido, controllo giunzioni, presenze sacche d'aria) che in caso di rottura della saldatura (svuotamento totale e riempimento in linea).

La tubazione deve essere bloccata nello scavo con terra vagliata o sabbia, lasciando possibilmente tutte le saldature scoperte per i controlli di tenuta. La quasi totale copertura del tubo da collaudare evita sbalzi di temperatura nelle varie ore del giorno e della notte consentendo la definizione più precisa della quantità dell'acqua aggiunta durante le ore di collaudo.

Dopo la copertura parziale del tubo, come sopra accennato, si riempie la linea con acqua dal punto più basso della condotta, sfiatando la stessa in vari punti per eliminare totalmente le sacche d'aria.

Alla fine dell'operazione di riempimento e di sfiato si procede con la prova di pressione preliminare per una durata di 6 ore complessive e con pressione di 1,5 PN che non deve superare il valore PN +5 bar.

Nel punto di pompaggio deve essere installato oltre ad un manometro di pressione anche un manometro registratore (pressione e tempo), permettendo di documentare l'andamento della prova idraulica e un contatore volumetrico.

La pompa deve essere attivata ogni ora per ripristinare la pressione di prova ed il contatore presente nella unità di pressurizzazione deve conteggiare il volume del liquido aggiunto.
Questi dati si devono annotare nel protocollo di collaudo.

Durante le 6 ore il tubo si dilata sotto la pressione interna e raggiunge una perdita di pressione fino a 0,8 bar/h. Ad una temperatura di 20°C il volume può aumentare fino al 3%.
Se la temperatura è più bassa di 20°C (ad es. di notte) la dilatazione ha valori più contenuti.

Durante l'operazione di precollaudo si deve controllare la tenuta delle giunzioni e i raccordi flangiati sono da rinserrare ciclicamente. Prestare attenzione durante queste operazioni al pericolo di incidente in caso di improvvisa perdita della linea, prevedendo adeguate protezioni all'operatore.

Al termine della prova preliminare, che deve terminare senza alcuna perdita dalle giunzioni, si procede con la prova principale, abbassando la pressione interna ad un livello di 1,3 PN che non deve superare il valore PN +3 bar.

Questa prova dura 6 ore ed ogni ora deve essere rilevata la pressione interna che indicativamente può scendere di 0,3 bar/h. Non deve essere ripristinata la pressione fino al termine della prova. Il collaudo si ritiene positivo quando il $\Delta p \leq 1{,}8$ bar (differenza fra pressione iniziale con pressione finale).

Durante la prova principale si controllano, da parte dell'operatore, tutte le giunzioni senza che si riscontri alcuna perdita visibile.

A collaudo terminato si redige un protocollo che deve essere firmato dall'impresa esecutrice e dalla Direzione Lavori.

## 9.2 Collaudo aggiornato

Si verifica la tenuta della condotta con procedimenti particolarmente rapidi utilizzando il Metodo a Contrazione (variazione del volume modificando la pressione).

### 9.2.1. *Metodo a Contrazione* (fig. 13)

Il principio di questo metodo sfrutta le caratteristiche viscoelastiche del polietilene in quanto abbassando la pressione interna della condotta la contrazione della tubazione mantiene la pressione ad un livello stabile per un breve periodo.

Gli elementi necessari per il collaudo sono: unità di prova idraulica composta da motopompa, vasca di stoccaggio liquido da integrare, valvole di sfiato e di regolazione, registratore di pressione, manometro di precisione, termometro, contalitri o serbatoio di recupero graduato per la rilevazione del volume scaricato (suddivisione ≤ 5% del volume richiesto).

1 Manometro registratore tempo/pressione
2 Manometro di precisione
3 Valvola di regolazione
4 Contalitri
5 Valvole di sfiato
6 Condotta in PE
7 Unità di prova idraulica
8 Termometro

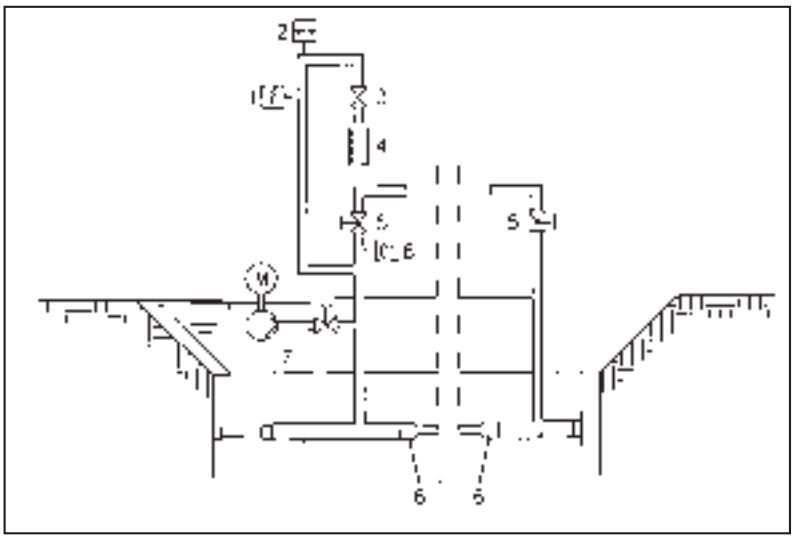


Fig. 13 - Schema per collaudo a pressione

Le tubazioni devono essere coperte in tutta l'estensione di collaudo per non far loro superare la temperatura massima 20°C.

#### 9.2.1.1 *Prova preliminare*

Riempire la condotta con acqua avente temperatura inferiore a 20°C ad una velocità superiore a 1 m/s, sfiatandola e traboccandola per evitare sacche d'aria. Chiudere la valvola di alimentazione dell'acqua e lasciare assestare la condotta per almeno 1 h (fase di assestamento).

Mettere in pressione la condotta alla pressione di collaudo Pcoll di 1,5 PN, non superando PN +5 bar, in un tempo massimo di 10 minuti.

Mantenere la Pcoll per 0,5 h ripristinando la caduta di pressione al valore di Pcoll (fase di mantenimento).

Si controlla nella successiva 1 h (fase di dilatazione) le variazioni di pressione rispetto alla Pcoll che non devono essere superiori al 30%.

Se la caduta di pressione è superiore al 30% si interrompe la prova, si eliminano le cause delle perdite, e dopo un riposo della tubature di almeno 1 h si riprende il collaudo (fig. 14).

È necessario il superamento di questa prova per eseguire la prova principale

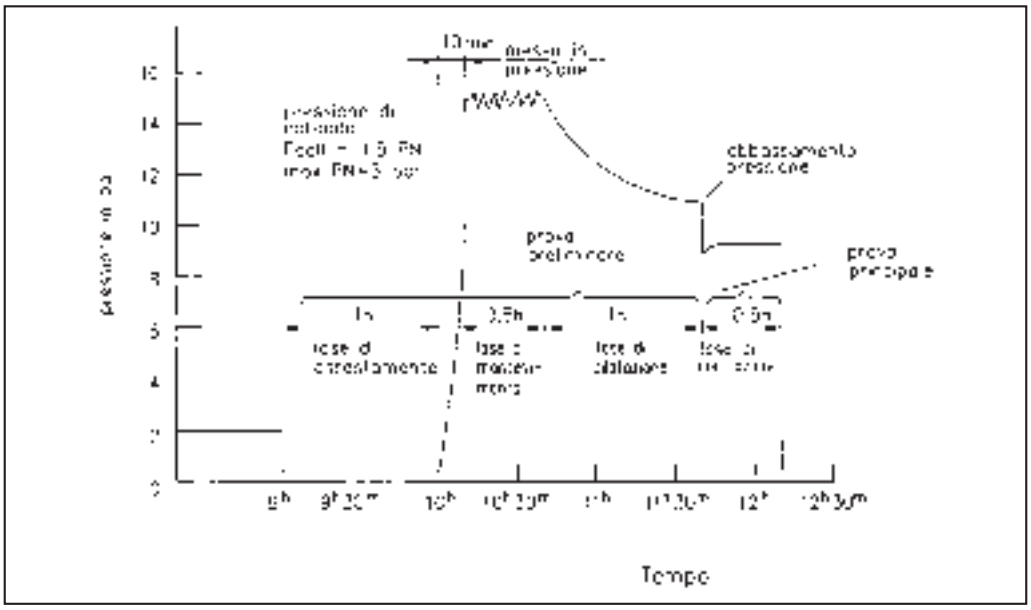



Fig. 14 - Andamento della curva di pressione

9.2.1.2 ***Prova principale***

A seguito della prova preliminare eseguita con esito positivo, si procede alla diminuzione di pressione (Pabb) come da tabella 3 agendo sulla valvola di regolazione 3 in un tempo di alcuni minuti. Per la successiva 0,5 h si controlla l'andamento della pressione (si può estendere fino a 1,5 h per ottenere una valutazione più sicura dei risultati).

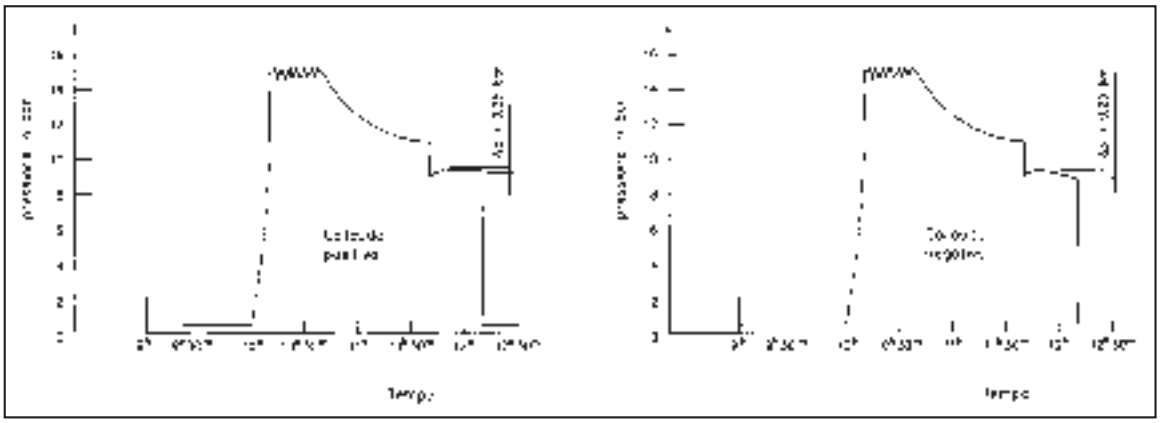


Fig. 15 - Esempi di caduta di pressione positiva/negativa

Se il valore di caduta di pressione rilevata dopo 0,5 h è ≤0,25 bar rispetto al valore massimo rilevato in questa fase, si procede al controllo di verifica del risultato prendendo in considerazione il volume dell'acqua scaricato (Vabb) durante la riduzione di pressione. Se la quantità del liquido è inferiore a quello calcolato Vamm il collaudo è positivo (fig. 15); se invece è superiore, la prova deve essere ripetuta.

$$Vabb \leq Vamm$$

$$Vamm = 0{,}1 \cdot F \cdot \left[ \sum_{i=1}^{n} (A_i \cdot L_i) \right] \cdot Pabb \cdot \left[ \frac{1}{E_A} + \frac{1}{E_T} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left( \frac{d}{s} \right)_i \right] \quad [ml]$$

dove:
Vamm = massimo volume di acqua scaricabile [ml]
Pabb = abbassamento pressione secondo tabella 3 [bar]
d = diametri interno dei vari tubi [mm]
$E_A$ = 2000 N/mm$^2$ - modulo di compressione dell'acqua
$E_T$ = 800 N/mm$^2$ - modulo di elasticità a breve durata del PE
s = spessori dei vari tubi [mm]
L = lunghezze dei vari tubi [m]
F = 1,2 - coefficiente di correzione per presenza aria nella condotta
A = sezioni interne dei vari tubi [mm$^2$]

***Tab. 3 Relazione dell'abbassamento di pressione (Pabb) in funzione del PN della linea***

| PN | Pabb (bar) |
|---|---|
| 2,5 | 0,4 |
| 4 | 0,7 |
| 6 | 1,0 |
| 10 | 2,0 |
| 16 | 3,0 |

# Capitolo 10

## *COLPO D'ARIETE*

Un elemento che occorre valutare è la sovrapressione che si genera in una condotta per effetto del "colpo d'ariete" conseguente all'interruzione del flusso per azionamento di una saracinesca.

Questa sovrapressione dipende dal tempo di manovra della saracinesca, dalla velocità dell'acqua trasportata ed infine dalla deformabilità elastica del tubo. I tubi in PE presentano particolari caratteristiche di elasticità per cui la sovrapressione per colpi d'ariete nelle tubazioni sono notevolmente inferiori a quelle che si generano nei tubi rigidi.

La sovrapressione ΔP, determinata dalla chiusura istantanea di una saracinesca, è data dalla formula di Allievi:

$$\Delta P = \frac{c \cdot Vo}{10 \cdot g} \quad [bar]$$

nella quale $c = \dfrac{V_1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{E_A}{E_T} \cdot \dfrac{D_m}{s}\right)}}$

dove:
c = velocità di propagazione della perturbazione [m/s]
g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s$^2$
Vo = velocità dell'acqua prima della chiusura [m/s]
$V_1$ = velocità del suono nell'acqua a 15°C = 1420 [m/s]
$E_A$ = modulo di compressione dell'acqua = 2000 N/mm$^2$
$E_T$ = modulo di elasticità del PE = 800 N/mm$^2$
$D_m$ = diametro medio del tubo [mm]
s = spessore del tubo [mm]

La sovrapressione massima si genera quando il tempo di chiusura è inferiore o uguale alla durata della fase, ossia al tempo in secondi, di propagazione della perturbazione dalla saracinesca al serbatoio di carico e ritorno.

$$t = 2\ L/c \quad [sec]$$

L = lunghezza della condotta per il tratto considerato [m]
c = velocità di propagazione [m/s]

La sovrapressione massima varia con la rigidità del materiale del tubo. Nei tubi di PE pertanto, a causa del basso modulo di elasticità, la sovrapressione è inferiore a quella di tubi di materiali più rigidi.

Inoltre sono valide le prescrizioni di cui al DM 12.12.85 e Circolare 27291/86.

# Capitolo 11

## *DILATAZIONE TERMICA - GIUNTI DI DILATAZIONE - SUPPORTI - RINFORZI*

### 11.1 **Dilatazione termica**

Per condotte in PE soggette a variazione termica ed installate fuori terra, si devono predisporre opportuni sistemi di compensazione delle dilatazioni.

Il sistema più usato per assorbire le dilatazioni delle tubazioni installate sono varie esecuzioni di compensatori.

Meno usato, ma molto valido, è il sistema di bloccaggio della tubazione impedendo completamente la dilatazione. Questo sistema è reso possibile grazie alla capacità del materiale PE di assorbire le dilatazioni in forma intermolecolare; richiede però un bloccaggio con staffaggi (punti fissi) ad ogni cambiamento di direzione e supporti intermedi, che evitino la flessione della linea tra i punti fissi. Per questo sistema è necessario eseguire un calcolo appropriato.

La dilatazione di un tubo libero invece, si calcola con la formula

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \cdot 10^3 \quad [mm]$$

dove:

$\Delta l$ = variazione di lunghezza tubo dovuto allo sbalzo termico [mm]
$\alpha$ = coefficiente di dilatazione termica lineare del PE, che è 2,0 $10^{-4}$ [$°C^{-1}$]
L = lunghezza del tratto di tubo interessato [m]
$\Delta t$ = ($0{,}9t_{liquido} - t_{montaggio}$) differenza fra la temperatura minima o massima di esercizio o ambiente in caso di tubo vuoto e la temperatura di montaggio [°C]

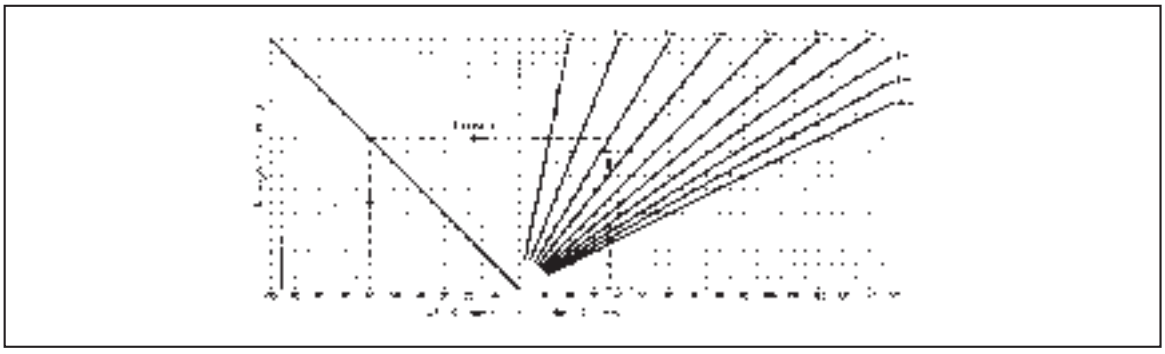


Fig. 16 - Determinazione della dilatazione termica

Per determinare il numero di compensatori occorrenti nella tratta L, occorre allora dividere Δl trovato per il valore della compressione che ciascun giunto può consentire.

Esempio:
si devono posare 100 m di tubo fuori terra, in zona temperata, permanente all'ombra.

Temperature estreme raggiungibili : 10 °C ÷ 40°C
Temperatura di posa : 15°C
$t_1 = 0{,}9 \cdot 40 - 15 = 21°C$
$t_2 = 0{,}9 \cdot 10 - 15 = -6°C$
Si ha: $\Delta l_1 = 2{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 21 \cdot 10^3 = 420$ mm di espansione
$\Delta l_2 = 2{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \ (-6) \cdot 10^3 = 120$ mm di contrazione

Se lo scorrimento consente al compensatore una corsa di 60 mm, occorre interporre ad eguali distanze 7 giunti di dilatazione. Si tratta, come si vede, di variazioni dimensionali piuttosto notevoli anche per condizioni di esercizio abbastanza normali; si avrà cura quindi di limitare al minimo indispensabile la lunghezza dei tratti di condotta allo scoperto se si sceglie questo sistema di compensazione.

## 11.2 Giunti di dilatazione

I giunti di dilatazione possono essere:

### 11.2.1 *Giunto a soffietto in materiale elastomerico*

Tale tipo di giunto permette la compensazione di variazioni di lunghezza e spostamento assiale oltre che di deviazioni angolari (fig. 17).

Deve essere scelto in relazione alla sua rigidità in modo che la stessa non abbia valore superiore alla spinta del tubo dilatato a causa dello sbalzo termico.

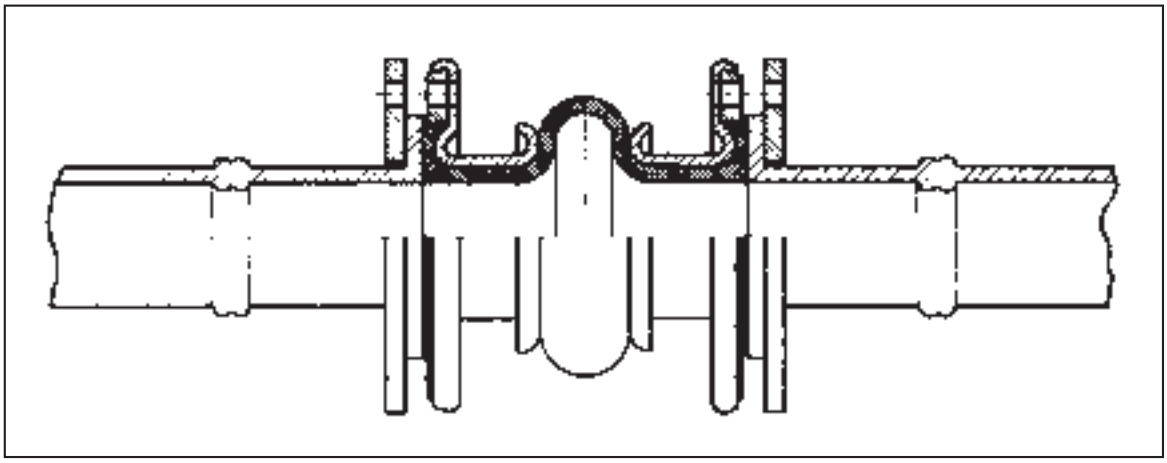


Fig. 17 - Giunto a soffietto

### 11.2.2 *Giunto a cannocchiale*

Tale giunto può essere realizzato in materiale anche diverso dalla condotta operando una scelta oculata delle guarnizioni, che rappresentano la parte importante per questo compensatore(fig. 18).
Questo tipo di compensatore può solo essere installato con i terminali flangiati.

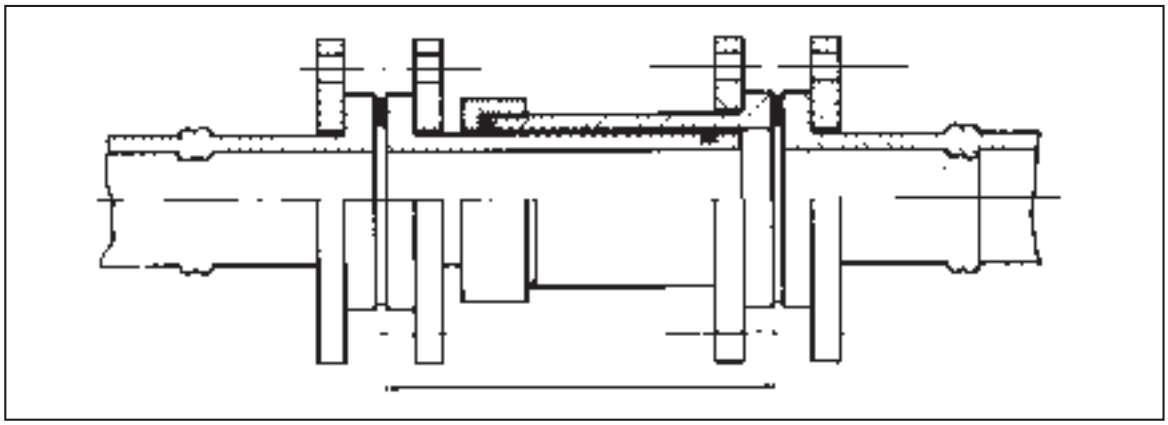


Fig. 18 - Giunto a cannocchiale

### 11.2.3 *Compensazioni naturali*

Se l'uso dei compensatori fino ad ora trattati non sono consigliabili per motivi tecnici, si può sempre adottare, se non si vuole bloccare totalmente il sistema, la tecnica dei bracci di compensazione, che sono possibili in ogni impianto installato fuori terra (fig. 19).

La distanza del supporto atto a compensare la dilatazione termica si calcola con la formula:

$$A = 822 \cdot \sqrt{\alpha \cdot L \cdot \Delta t \cdot De} \quad [mm]$$

dove:
A = lunghezza del braccio elastico [mm]
$\alpha$ = $2 \cdot 10^{-4}$ coeff. di dilatazione termica lineare [$°C^{-1}$]
L = lunghezza del tubo [m]
$\Delta t$ = differenza di temperatura [°C]
De = diametro esterno del tubo [mm]

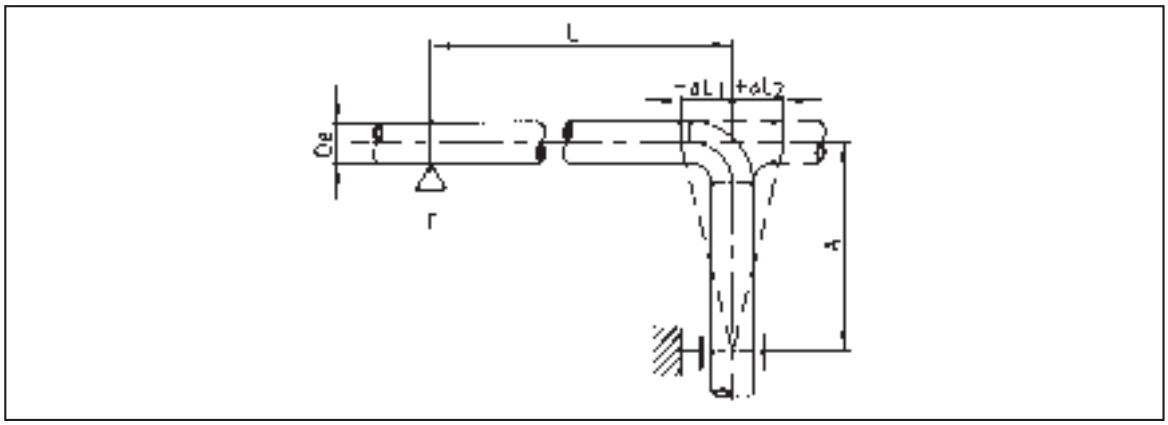



Fig. 19 - Braccio elastico a forma di L o Tee

### 11.3 **Distanza dei supporti per condotte aeree**

Le tubazioni di diametro superiore ai 50 mm, normalmente non sono supportate in continuo, bensì a distanze da calcolare con le modalità di seguito descritte.

La flessione del tubo, supportato alle due estremità (fig. 20), per effetto del peso proprio e del peso del liquido contenuto, è espressa dalla relazione:

$$f = \frac{2q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot J} \quad [mm]$$

Con la definizione della freccia ammissibile dello 0,2% si ottiene la distanza L tra i supporti

dove:

$$L\ mass. = \sqrt[3]{\frac{0{,}384 \cdot E_T \cdot J}{q}}$$

dove:

q = peso del tubo pieno di acqua [N/mm]

$E_T$ = modulo di elasticità [N/mm²] valutato per la temperatura di esercizio e per il tempo di vita medio della tubazione

J = momento di inerzia della sezione trasversale di tubo [mm⁴]

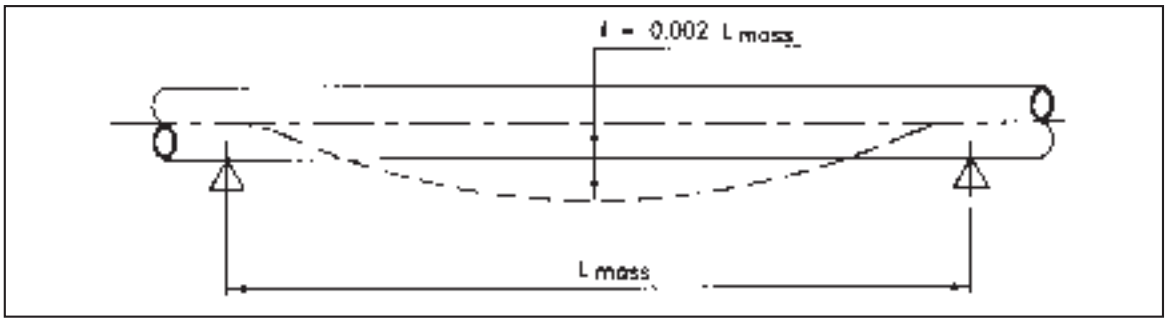



Fig. 20 - Distanza dei supporti

In caso di installazione di supporti continui in forma di canalette o profili metallici, applicare la fasciatura del tubo in distanze non superiori a 15 De.

## 11.4 Rinforzi meccanici dei raccordi segmentati

Per garantire alla condotta un'equivalente resistenza meccanica tra i suoi vari componenti è necessario dimensionare le curve ed i Tee a settori tenendo conto dei coefficienti di indebolimento meccanico in funzione alla geometria del raccordo ed alla tipologia di giunzione.

### 11.4.1 *Curve a settori con Raggio = 1,5 De* (fig. 21)

Spessore per la curva a pressione nominale

$$s = \frac{1{,}5 \cdot De \cdot PN}{(20\sigma_{amm} + PN) \cdot C_{sald}} \quad [mm]$$

dove:

De = diametro esterno [mm]

PN = pressione interna [bar]

$\sigma_{amm}$ = sollecitazione meccanica ammissibile [N/mm²]

$C_{sald}$ = coefficiente di saldatura a lungo termine

### 11.4.2 *Tee a 90° normeli a settori*

Spessore per il Tee a pressione nominale

$$s = \frac{De \cdot PN}{(20\sigma_{amm} + PN) \cdot C_{sald} \cdot C_{indeb}} \quad [mm]$$

dove:

De = diametro esterno [mm]

PN = pressione nominale [bar]

$\sigma_{amm}$ = sollecitazione meccanica ammissibile [N/mm²]

$C_{sald}$ = coefficiente di saldatura a lungo termine - Tabella 4

$C_{indeb}$ = coefficiente indebolimento in funzione del PN - Tabella 5

***Tab. 4 - Coefficiente di saldatura a lungo termine***

| Metodo di saldatura | $C_{sald}$ |
|---|---|
| testa a testa | 0,8 |

***Tab. 5 - Coefficienti di indebolimento a lungo termine per Tee a 90° normali***

| PN | $C_{indeb}$ |
|---|---|
| 2,5 | 0,400 |
| 4 | 0,465 |
| 6 | 0,525 |
| 10 | 0,605 |
| 16 | 0,695 |

11.4.3 ***Rinforzo del raccordo***

Per ottenere una resistenza meccanica del raccordo segmentato pari al tubo estruso od al raccordo stampato per iniezione, è necessario aumentare lo spessore calcolato con le formule indicate in 11.4.1 e 11.4.2.

Per le curve a settori si ottiene questo scegliendo lo spessore del tubo del PN successivo a quello di riferimento, rastremando poi i terminali per allinearli allo spessore del tubo di linea (fig. 21).

Nel caso di non disponibilità del PN superiore si deve rinforzare la curva con vetroresina o altro materiale o diminuire la pressione nominale ammissibile.

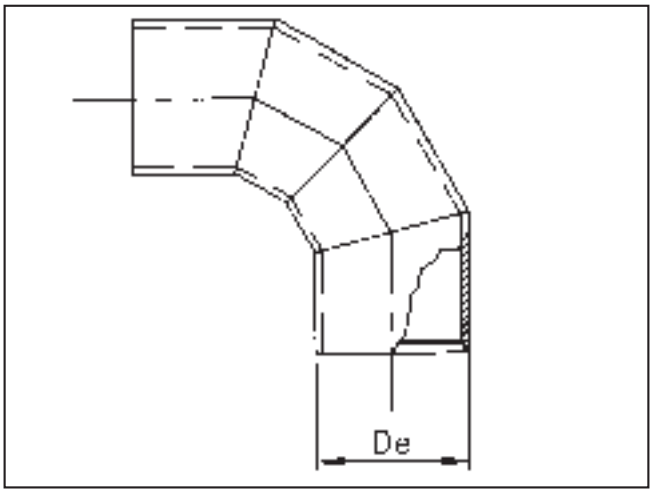



Fig. 21- Curva 90° a settore con terminali rastremati

Questo metodo di scegliere lo spessore del tubo del PN successivo per i Tee segmentati normali non è applicabile e pertanto si deve adottare per il rinforzo del raccordo un’altro sistema.

Il metodo più usato è il rinforzo meccanico con vetroresina (PRFV), stratificando un laminato a mano con un minimo contenuto del 40% di vetro in peso (fig. 22).

Ci si deve assicurare che il rinforzo abbia una sufficiente ed adeguata aderenza al PE, in quanto deve impedire l'allungamento del raccordo, a causa delle sollecitazioni interne, in tutte le direzioni.

Nel calcolo dello spessore del rinforzo, che si deve sempre basare sul PN di linea, non è ammesso considerare la resistenza meccanica da parte del PE, ma la totale pressione nominale deve essere assorbita esclusivamente dal rinforzo esterno.

Spessore minimo per il rinforzo del Tee a 90° normale (Ø Base = Ø Derivazione)

$$S_{Rin} = \frac{De \cdot PN}{(20\sigma_{amm} + PN) \cdot C_{prfv}} \quad [mm]$$

dove:
De = diametro esterno [mm]
PN = pressione interna [bar]
$\sigma_{amm}$ = resistenza meccanica ammissibile del laminato [N/mm$^2$]
$C_{prfv}$ = coefficiente di indebolimento del rivestimento in PRFV per Tee a 90° normali in funzione del PN - Tabella 6

***Tab. 6 - Coefficienti di indebolimento rivestimento in PRFV***

| PN | $C_{prfv}$ |
|---|---|
| 2,5 | 0,395 |
| 4 | 0,445 |
| 6 | 0,495 |
| 10 | 0,545 |
| 16 | 0,595 |

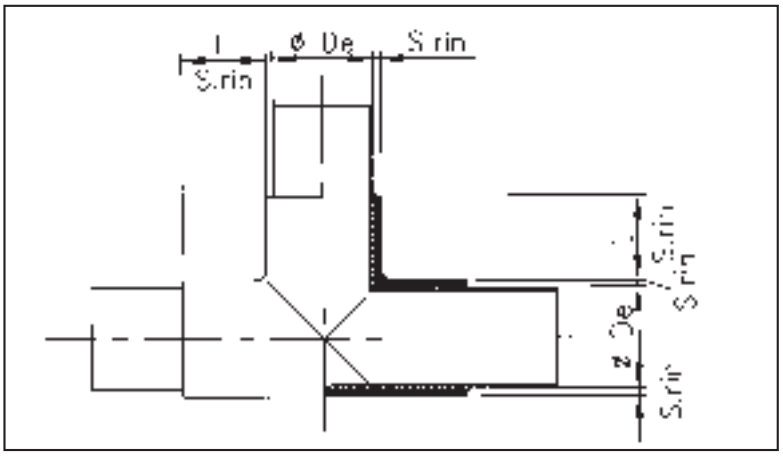



Fig. 22 - Tee a 90° a settore rinforzato con vetroresina

Larghezza minima del rinforzo

$$LS_{rin} \geq \sqrt{(De + S_{rin}) \cdot S_{rin}} \quad [mm]$$

dove:
De = diametro esterno [mm]
$S_{rin}$ = spessore rinforzo in vetroresina [mm]

## Capitolo 12

## *PERDITE DI CARICO - FORMULE DI CALCOLO ED ABACHI*

I tubi di PE nei confronti della resistenza per attrito idraulico appartengono alla categoria definita degli "estremamente lisci" e mantengono costante questa caratteristica in esercizio, contrariamente a quanto si può verificare ad es. con i tubi metallici.

L'abaco fornisce le perdite di carico per acqua a 10°C nei tubi di PE ricavate dalla formula di Blasius:

$$J = \frac{\lambda \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot d}$$

dove:
J = perdita di carico [m/km]
$\lambda$ = coefficiente di perdita di carico
V = velocità [m/s]
g = accelerazione di gravità [$m/s^2$]
d = diametro interno del tubo [mm]

Il coefficiente di perdita di carico $\lambda$ è in funzione del numero di Reynolds (Re):

$$Re = \frac{V \cdot d}{v}$$

dove:
v = viscosità cinematica del fluido [$m^2/s$]

Nelle successive tabelle sono riportate le perdite di carico (ricavate dall'abaco per interpolazione) per le diverse classi di pressione, per portate da 1,5 a 750 l/s, nei limiti di velocità da 0,50 a 2,50 m/s, per numeri di Reynolds compresi tra 40.000 e 1.000.000.

# Capitolo 13
# *ISPEZIONI E RIPARAZIONI*

Le tubazioni in PE devono essere esaminate periodicamente per accertarne le condizioni in esercizio.

E' pertanto necessario che esse siano riportate su una pianta, la quale indichi anche i punti in cui si trovano i raccordi di diramazione, i punti d'intercettazione, gli apparecchi speciali ecc., nonché i corrispondenti punti di riferimento topografici.

Nel caso di danneggiamento della condotta, la riparazione sarà eseguita con interruzione temporanea del flusso, agendo sulle valvole di intercettazione e con la sostituzione del tratto interessato. Per il ripristino si utilizzeranno una coppia di raccordi di riparazione in materia plastica o metallici o sistema di flangiatura. L'impiego dei manicotti di riparazione elettrosaldabili è subordinata alla totale interruzione del flusso accertando quindi che nel punto di giunzione non vi siano assolutamente tracce d'acqua.

Quest'ultima condizione può essere ottenuta con pezzi speciali appositamente costruiti.

Per una soluzione non definitiva, possono essere usati collari di riparazione in acciaio o ghisa sferoidale che sono impiegabili senza l'obbligo dell'interruzione del flusso della condotta.

La presente Raccomandazione è stata elaborata da:

**GLT Raccordi PE a Pressione**

DUTY CYCLE CO. S.r.l.
EUROSTANDARD S.p.A.
FIP S.p.A.
FIVER S.r.l.
FRIATEC S.r.l.
GEORG FISCHER S.p.A.
HÜRNER ITALIA S.r.l.
LUCANIA RESINE S.p.A.
UNIDELTA S.p.A.
WAVIN S.p.A.

L'Istituto Italiano dei Plastici ricorda a produttori e utilizzatori di tubi e raccordi di PE che il suo marchio di conformità IIP-UNI assicura la costante rispondenza dei materiali prodotti dai propri concessionari alle norme UNI vigenti

**MARCHIO DI CONFORMITÀ ©**

ISTITUTO ITALIANO DEI PLASTICI
Via M.U. Traiano, 7 - 20149 Milano - Tel. 02.3456021 - Fax 02.3314930
http://www.iip.it - Email: info@iip.it