

AN plast srl

Via Baio Dora 10,  
10013 Borgofranco d'Ivrea (TO)

Tel/Fax: 0125/751246

Tel: 0125/806501

Cod. Fisc / P.IVA 11561370013

www.anplast.org info@anplast.org

La Nostra ditta AN PLAST Srl nata nel 2016 (precedente TOUSCO Srl dal 1979) e un'azienda che puo' contare su una lunga esperienza nel settore di:

#### **PRODUZIONE DI TUBI IN PE POLIETILENE: DAL Ø 20 FINO AL Ø 250**

- PE ALTA DENSITA' secondo norme EN UNI 12201 in PE100 (PN10 - PN16- PN 25) con marchio di conformità BUREAU VERITAS.
- PE GAS secondo norme UNI EN1555 con marchio di conformità BUREAU VERITAS.
- PE BASSA DENSITA Tipo 312 (PN 4- PN 6 - PN 10)

#### **COMMERCIALIZZAZIONE DI:**

- TUBI PVC per Scarichi Interrate Arancio Grigio e Avorio Tipo 300 & 302
- TUBI PVC per FOGNA Tipo U e UD (SN2 e SN4) dal Ø 500 **UNI EN 1401**
- TUBI PE STRUTTURATO per FOGNA SN4 e SN8 dal Ø 110 **EN 13476**
- TUBI PVC EDILIZIA dal Ø500 in su
- RACCORDI PVC RAL con Anello per Tubo **con marchio EN 1401**
- RACCORDI PVC Edilizia Tipo 301 e 302 Incollaggio
- RACCORDI PE a compressione in Polipropilene
- RACCORDI PE Testa / Testa
- RACCORDI PE Elettrosaldabili
- RACCORDI in PP FILETTATI
- TUBI CORRUGATI - PASSACAVI & DRENAGGIO **con Marchio IMQ**
- SARACINESCHE GHISA & Materiale ANTIINCENDIO
- POZZETTI & CANALE GRIGLIATE
- VALVOLE A SFERA IN FERRO
- CHIUSINI IN GHISA
- CONTATORI ACQUA
- CISTERNE, SERBATOI, FOSSE BIOLOGICHE etc
- REALIZZAZIONE PISCINE INTERRATE
- TUTTO PER L'IRRIGAZIONE
  - o irrigatori - gocciolatoi - elettrovalvole - programmatori etc....

Consegriamo con i nostri mezzi in tutta la Valle D'Aosta, Piemonte, Lombardia Ovest e Liguria Nord anche su cantieri.

# MANUALE TECNICO

## AN PLAST Srl

### BORGOFRANCO D'IVREA (TO)

# TUBI E RACCORDI IN POLIETILENE

## **Marchio di conformità BUREAU VERITAS**

Bureau Veritas, è l'ente incaricato dall'UNI per la gestione del Marchio di conformità per le materie plastiche.

La concessione del Marchio avviene in seguito ad una serie di esami preliminari sulla produzione, sulla metodologia dei controlli e la validità delle attrezzature di laboratorio dell'Azienda produttrice.

Tutti i Tubi della AN PLAST Srl hanno il Marchio e Certificazione EN 12201 per condotte:

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IL POILETILENE.....                                                                                  | 5  |
| Cenni storici .....                                                                                  | 5  |
| Generalità.....                                                                                      | 5  |
| Proprietà della materia prima .....                                                                  | 6  |
| Le norme.....                                                                                        | 8  |
| Tipi - dimensione - requisiti .....                                                                  | 8  |
| Il calcolo degli spessori .....                                                                      | 9  |
| Tubi polietilene PE80 e PE100.....                                                                   | 9  |
| Tubi polietilene b.d. ....                                                                           | 10 |
| Produzione.....                                                                                      | 11 |
| Lavorazione meccanica dei tubi in polietilene .....                                                  | 15 |
| Ingombro dei tubi .....                                                                              | 16 |
| Trasporto ed accatastamento dei tubi .....                                                           | 16 |
| Caratteristiche generali dei tubi in polietilene .....                                               | 17 |
| Resistenza agli agenti chimici .....                                                                 | 17 |
| Proprietà dei tubi PE per trasporto acque potabili .....                                             | 20 |
| Comportamento nei confronti di roditori .....                                                        | 20 |
| Stabilità alle radiazioni.....                                                                       | 20 |
| Stabilità agli agenti atmosferici.....                                                               | 20 |
| Comportamento alla fiamma .....                                                                      | 21 |
| Resistenza all'abrasione .....                                                                       | 21 |
| Dilatazione termica.....                                                                             | 21 |
| Resistenza alla propagazione di rottura, tenacità.....                                               | 23 |
| Resistenza alla pressione esterna .....                                                              | 23 |
| Classificazione delle condotte di PE80 per il trasporto e la distribuzione di gas combustibile ..... | 43 |
| GIUNTO CON ANCORAGGIO A TENUTA MEDIANTE COMPRESSIONE DEL TUBO DI PE .....                            | 71 |
| GIUNTO A FLANGIA LIBERA PER TUBI DI PE .....                                                         | 72 |
| GIUNTO DI DILATAZIONE .....                                                                          | 72 |
| SALDATURA CON MANICOTTI ELETTRORISALDABILI.....                                                      | 72 |
| SALDATURA A MANICOTTO CON TERMOELEMENTO .....                                                        | 73 |
| SALDATURA TESTA A TESTA .....                                                                        | 73 |

# IL POILETILENE

## Cenni storici

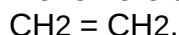
Con il termine materie plastiche intendiamo indicare quei composti organici artificiali di natura macromolecolare che presentano una caratteristica plasticità durante alcune fasi di lavorazione. Il polietilene venne scoperto in Gran Bretagna nel 1933. Esso fu ottenuto dalla polimerizzazione dell'etilene che, con successive elaborazioni diventerà la materia plastica più diffusa. Risulta evidente che i maggiori impulsi nella ricerca si ebbero negli anni che intercorsero tra la prima e la seconda guerra mondiale e fu in questo periodo che le materie plastiche vennero notevolmente affinate, anche per sopperire alle carenze di materiali più tradizionali.

Negli anni che vanno dal 1870 al 1970, si è avuto un grande incremento nella produzione delle materie plastiche. Infatti nel 1930, la produzione mondiale di materie plastiche (escluse la gomma e le fibre chimiche) era di 100.000 tonnellate, mentre nel 1970 la stessa produzione era salita a 50.000.000 di tonnellate.

## Generalità

Il polietilene è un polimero termoplastico sintetizzato con prodotti ottenuti durante la distillazione del craking del grezzo.

Un polimero è una grande molecola costituita di unità fondamentali chiamate MONOMERI. Il monomero del polimero è l'etilene. La sua composizione chimica si scrive:



Aggiungendo testa a testa queste unità, si ottiene un polietilene ad alta densità di struttura lineare è chiamato OMOPOLIMERO. Si può illustrare questa catena molecolare scrivendo:  $(\text{CH}_2 = \text{CH}_2)_n$

dove n rappresenta il numero di monomeri che costituiscono la catena molecolare. Per i polietileni commerciali usuali, n varia da 2.000 a oltre 40.000.

Durante la polimerizzazione del HDPE, si possono aggiungere altri prodotti, chiamati COMONOMERI (tipo butene, exene) per creare delle piccole ramificazioni laterali alla catena principale. La molecola è sempre lineare ma questo polietilene verrà chiamato COPOLIMERO. Quanto maggiore sarà il comonomero utilizzato, tanto più bassa sarà la densità. La lunghezza della catena molecolare (chiamata anche peso molecolare medio), la larghezza della distribuzione statistica di questi pesi molecolari e il tipo di copolimerizzazione (sia qualitativa che quantitativa) sono gli unici parametri da considerare per fissare le proprietà sia fisiche che meccaniche del polietilene.

Ad esempio, un aumento del peso molecolare migliorerà la maggior parte delle proprietà meccaniche, fisiche e chimiche ma sarà responsabile di una lavorazione difficile. Un allargamento della distribuzione dei pesi molecolari faciliterà la lavorazione del polimero e gli darà una nuova resistenza allo snervamento ma avrà una influenza negativa sulle qualità meccaniche e chimiche. Infine la copolimerizzazione, se migliora la resistenza allo stress craking, agli urti e allo snervamento, abbassa la densità e dunque la maggior parte delle qualità meccaniche (carichi allo snervamento, rigidità alla trazione e alla flessione) e chimiche (resistenza allo sgonfiamento, impermeabilità, ecc....). Così i produttori di resine hanno sviluppato diversi polietileni per ogni applicazione (tubi, film, fusti, pezzi tecnici, ...) adattando ogni polimero per dargli le qualità specifiche richieste in ogni settore.

## Proprietà della materia prima

### PE 80 ALTA DENSITÀ

#### MECCANICHE

| CARATTERISTICHE                          | Unità di misura | Valori | Norme di riferimento<br>UNI ISO |          |
|------------------------------------------|-----------------|--------|---------------------------------|----------|
| Carico di snervamento a trazione         | MPa             | 24     | 581966                          | R 527.66 |
| Carico di rottura a trazione (50 mm/mm)  | MPa             | 33     | 581966                          | R 527.66 |
| Allungamento allo snervamento (50 mm/mm) | %               | 7      | 581966                          | R 527.66 |
| Allungamento alla rottura (50 mm/mm)     | %               | >700   | 581966                          | R 527.66 |
| Modulo elastico a trazione               | MPa             | 700    | 581966                          | R 527.66 |
| Modulo elastico a flessione              | MPa             | 1050   | 581966                          | R 527.66 |

#### FISICHE

| CARATTERISTICHE          | Unità di misura   | Valori | Norme di riferimento<br>UNI ISO |         |
|--------------------------|-------------------|--------|---------------------------------|---------|
| Peso specifico a 20 °C   | g/cm <sup>3</sup> | 0,957  | 7092-72                         | R1183D  |
| Peso specifico a 23 °C   | g/cm <sup>3</sup> | 0,955  | 7092-72                         | R1183D  |
| Indice di fluidità 2 kg  | g/10mm            | 0,1    | -                               | R292A   |
| Indice di fluidità 5 kg  | g/10mm            | 0,5    | -                               | -       |
| Indice di fluidità 20 kg | g/10mm            | 10     | 5640-74                         | R1133-7 |

#### ALTRE

| CARATTERISTICHE                   | Unità di misura | Valori | Norme di riferimento<br>UNI ISO |      |
|-----------------------------------|-----------------|--------|---------------------------------|------|
| Resistenza allo stress - cracking | h               | >1000  | -                               | -    |
| Durezza Shore D                   | -               | 61     | 4916-74                         | R868 |
| Punto di rammolimento Vicat       | °C              | 127    | 5642-65                         | 306  |
| Tenore in carbon - black          | %               | 2-2,5  | -                               | -    |

## PE 80 MEDIA DENSITÀ

### MECCANICHE

| CARATTERISTICHE                          | Unità di misura | Valori | Norme di riferimento |          |
|------------------------------------------|-----------------|--------|----------------------|----------|
|                                          |                 |        | UNI                  | ISO      |
| Carico di snervamento a trazione         | MPa             | 24     | 5819-66              | R 527-66 |
| Carico di rottura a trazione (50 mm/mm)  | MPa             | 33     | 5819-66              | R 527-66 |
| Allungamento allo snervamento (50 mm/mm) | %               | 7      | 5819-66              | R 527-66 |
| Allungamento alla rottura (50 mm/mm)     | %               | >700   | 5819-66              | R 527-66 |
| Modulo elastico a trazione               | MPa             | 700    | 5819-66              | R 527-66 |
| Modulo elastico a flessione              | MPa             | 1050   | 5819-66              | R 527-66 |

### FISICHE

| CARATTERISTICHE          | Unità di misura | Valori | Norme di riferimento |         |
|--------------------------|-----------------|--------|----------------------|---------|
|                          |                 |        | UNI                  | ISO     |
| Peso specifico a 20 °C   | g/cm³           | 0,957  | 7092-72              | R1183D  |
| Peso specifico a 23 °C   | g/cm³           | 0,955  | 7092-72              | R1183D  |
| Indice di fluidità 2 kg  | g/10mm          | 0,1    | –                    | R292A   |
| Indice di fluidità 5 kg  | g/10mm          | 0,5    | –                    | –       |
| Indice di fluidità 20 kg | g/10mm          | 10     | 5640-74              | R1133-7 |

### ALTRE

| CARATTERISTICHE                   | Unità di misura | Valori | Norme di riferimento |      |
|-----------------------------------|-----------------|--------|----------------------|------|
|                                   |                 |        | UNI                  | ISO  |
| Resistenza allo stress - cracking | h               | >1000  | –                    | –    |
| Durezza Shore D                   | –               | 61     | 4916-74              | R968 |
| Punto di rammolimento Vicat       | °C              | 127    | 5642-65              | 306  |
| Tenore in carbon - black          | %               | 22,5   | –                    | –    |

## Curve di regressione

Le curve di regressione sono particolarmente utili per il dimensionamento dei tubi in polietilene in relazione alla durata della condotta.

Il calcolo può essere determinante secondo la seguente formula:

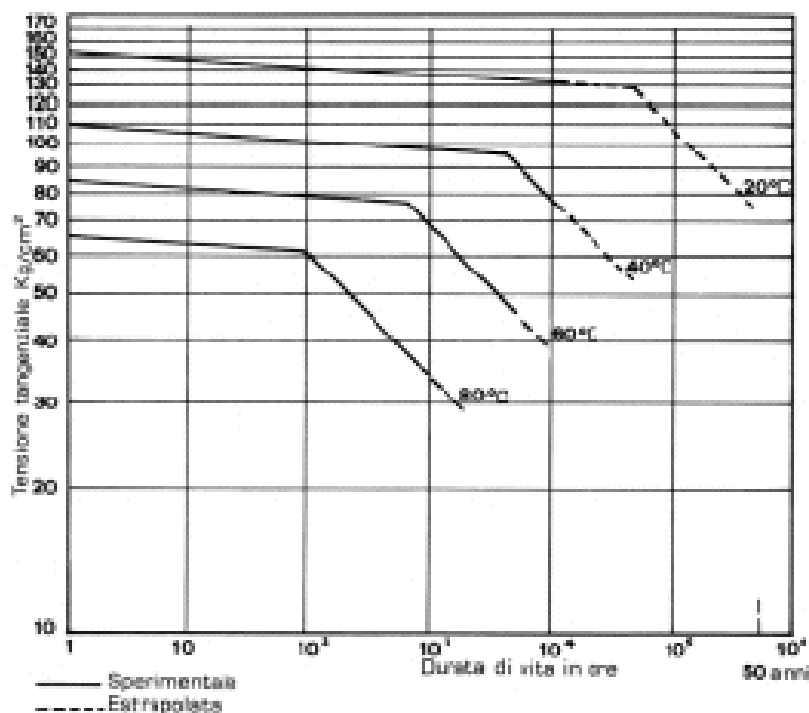
$$\delta = \frac{p D - s}{2s}$$

dove:  $\delta$  = tensione tangenziale (kg/cm<sup>2</sup>)

p = pressione (bar)

D = diametro del tubo (mm)

s = spessore del tubo (mm)



## Le norme

La produzione di tubi in polietilene alta, media e bassa densità è regolata da una serie di norme allo scopo di stabilire le caratteristiche dimensionali e le caratteristiche fisico-meccaniche fondamentali, quindi tali norme costituiscono la guida ai fabbricanti ed agli utilizzatori nella preparazione e nella scelta dei manufatti in relazione al loro impiego.

### Tipi - dimensione - requisiti

UNI EN 12201 Tubi in polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione.

UNI EN 1555 Tubi in polietilene (PE 80) per condotte interrate per convogliamento di gas combustibili.



## Il calcolo degli spessori

### Tubi polietilene PE80 e PE100

Lo spessore del tubo viene ricavato in base alla formula adottata dalle norme ISO 4065: 1996

$$S = \frac{PN D}{2\sigma + PN}$$

dove: S = spessore del tubo (mm)  
D = diametro esterno del tubo (mm)  
PN = pressione nominale (bar)  
 $\sigma$  = carico di sicurezza alla temperatura di 20°C  
pari a 63 Kg/cm<sup>2</sup> per PE80 e 80 Kg/cm<sup>2</sup> per  
PE100 (= 5MPa)

Il valore dello spessore risultante dal calcolo viene arrotondato al decimo superiore, con l'osservanza dei minimi indicati dalle norme.

Il carico di sicurezza  $\sigma$  è riferito alla temperatura di 20° C, quindi ai valori delle pressioni nominali PE80 (PN 5 - 8 - 12,5 - 20), PE100 (PN 6,3 - 10 - 16 - 25).

Per impieghi a temperature maggiori,  $\sigma$  subisce una riduzione che richiede un ricalcolo dello spessore del tubo, oppure, a parità di spessore, impone una minore pressione di esercizio.

**Pressioni di esercizio in funzione della temperatura**

| Temperatura<br>°C | Pressione d'esercizio PE max. bar |      |         |       |
|-------------------|-----------------------------------|------|---------|-------|
|                   | PN 5                              | PN 8 | PN 12,5 | PN 20 |
| 20                | 5,0                               | 8,0  | 12,5    | 20,0  |
| 30                | 4,0                               | 6,3  | 10,0    | 16,0  |
| 40                | 3,2                               | 5,0  | 8,0     | 12,5  |

### Tubi polietilene PE80 gas

Il tubo PE80 è designato come MOP "tipo 316" secondo UNI EN 1555. Il calcolo degli spessori è dato dalla seguente formula:

$$T_c = \frac{DE P}{20 \sigma + P}$$

dove:  $T_c$  = spessore di calcolo del tubo (mm)  
P = pressione di calcolo pari alla pressione  
massima di esercizio (bar)  
De = diametro esterno (mm)  
 $\sigma$  = tensione ammissibile (N/mm<sup>2</sup>)

La tensione ammissibile deve corrispondere al valore:

$$\delta = \frac{S}{K} = 2 \text{ N/mm}^2$$

dove: S = tensione a trazione minima garantita alla  
quale il tubo è in grado di resistere per 50  
anni a 20°C = 6,5 N/mm<sup>2</sup>  
K = fattore di sicurezza pari a 3,25

La pressione di calcolo ammessa si ricava quindi da

$$P = \frac{T_c \delta 20}{D_e - T_c}$$

Da questa deriva che, con tubi di cui alla norma UNI-ISO 4437 + D.M. 11/99, le pressioni di calcolo risultano come da seguente prospetto:

| Diametro | SERIE              |                       |                 |                       |                 |                       |
|----------|--------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
|          | S 12,5 MOP (bar) 2 |                       | S 8 MOP (bar) 3 |                       | S 5 MOP (bar) 5 |                       |
|          | Spess.<br>$T_c$    | Press. Calcolo<br>$P$ | Spess.<br>$T_c$ | Press. Calcolo<br>$P$ | Spess.<br>$T_c$ | Press. Calcolo<br>$P$ |
| 20       |                    |                       |                 |                       | 3,0             | 7,05                  |
| 25       |                    |                       |                 |                       | 3,0             | 5,45                  |
| 32       |                    |                       |                 |                       | 3,0             | 4,13                  |
| 40       |                    |                       | 3,0             | 3,24                  | 3,7             | 4,07                  |
| 50       |                    |                       | 3,0             | 2,55                  | 4,6             | 4,05                  |
| 63       |                    |                       | 3,6             | 2,42                  | 5,8             | 4,05                  |
| 75       |                    |                       | 4,3             | 2,43                  | 5,9             | 4,05                  |
| 90       |                    |                       | 5,1             | 2,40                  | 8,2             | 4,00                  |
| 110      |                    |                       | 6,3             | 2,43                  | 10,0            | 4,00                  |
| 125      |                    |                       | 7,1             | 2,40                  | 11,4            | 4,01                  |
| 140      |                    |                       | 8,0             | 2,42                  | 12,8            | 4,02                  |
| 160      | 6,2                | 1,61                  | 9,1             | 2,41                  | 14,6            | 4,01                  |
| 180      | 7,0                | 1,61                  | 10,2            | 2,40                  | 16,4            | 4,00                  |
| 200      | 7,7                | 1,60                  | 11,4            | 2,41                  | 18,2            | 4,00                  |
| 225      | 8,7                | 1,60                  | 12,8            | 2,41                  | 20,5            | 4,00                  |
| 250      | 9,7                | 1,61                  | 14,2            | 2,40                  | 22,8            | 4,01                  |
| 280      | 10,8               | 1,60                  | 15,9            | 2,40                  | 25,5            | 4,00                  |
| 315      | 12,2               | 1,61                  | 17,9            | 2,40                  | 28,7            | 4,00                  |

\* Dove per MOP si intende "Massima Pressione Operativa".

### Tubi polietilene b.d.

Per lo spessore del tubo PE b.d. possiamo utilizzare la stessa formula dell'alta densità con l'osservanza di modificare il carico di sicurezza, in questo caso di 32 Kgf/cm<sup>2</sup> anziché 50 Kgf/cm<sup>2</sup>, quindi si avrà:

$$S = \frac{PN D}{2 \delta + PN}$$

dove: S = spessore del tubo (mm)  
D = diametro esterno del tubo (mm)  
PN = pressione nominale (bar)  
δ = carico di sicurezza alla temperatura di 20°C  
pari a 32 Kgf/cm<sup>2</sup> (≅ 3,2 MPa)

#### Pressioni di esercizio in funzione della temperatura

| Temperatura<br>°C | Pressione d'esercizio PE<br>max. bar |     |      |
|-------------------|--------------------------------------|-----|------|
| 20                | 4,0                                  | 6,0 | 10,0 |
| 30                | 2,5                                  | 4,0 | 6,0  |
| 40                | 1,6                                  | 2,5 | 4,0  |
| 50                | 1,0                                  | 1,6 | 2,5  |
| 60                | 0,6                                  | 1,0 | 1,6  |

## Produzione

|               |                |                                 |                                  |                                  |
|---------------|----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>PE 80</b>  | <b>SDR 26</b>  | <b>SDR 17</b>                   | <b>SDR 11</b>                    | <b>SDR 7,4</b>                   |
|               | <b>PN 5</b>    | <b>PN 8</b>                     | <b>PN 12,5</b>                   | <b>PN 20</b>                     |
|               | $D_N \geq 160$ | $D_N \geq 50$                   | $D_N \geq 32$                    | $D_N \geq 20$                    |
|               | rotoli esclusi | rotoli<br>$50 \leq D_N \leq 75$ | rotoli<br>$32 \leq D_N \leq 110$ | rotoli<br>$20 \leq D_N \leq 110$ |
|               | barre incluse  | barre<br>$D_N \geq 50$          | barre<br>$D_N \geq 32$           | barre<br>$D_N \geq 20$           |
| <b>PE 100</b> | <b>SDR 26</b>  | <b>SDR 17</b>                   | <b>SDR 11</b>                    | <b>SDR 7,4</b>                   |
|               | <b>PN 6,3</b>  | <b>PN 10</b>                    | <b>PN 16</b>                     | <b>PN 25</b>                     |
|               | $D_N \geq 250$ | $D_N \geq 50$                   | $D_N \geq 32$                    | $D_N \geq 20$                    |
|               | rotoli esclusi | rotoli<br>$50 \leq D_N \leq 75$ | rotoli<br>$32 \leq D_N \leq 110$ | rotoli<br>$20 \leq D_N \leq 110$ |
|               | barre incluse  | barre<br>$D_N \geq 50$          | barre<br>$D_N \geq 32$           | barre<br>$D_N \geq 20$           |

Dimensione dei tubi PE 80 alta densità norme UNI EN 12201

| Ø    | PN5 SDR 26 |        |        | PN8 SDR 17 |        |        | PN12,5 SDR 11 |        |        | PN20 SDR 7,4 |        |       |
|------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------------|--------|-------|
|      | Sp./mm     | Ø Int. | kg/m   | Sp./mm     | Ø Int. | kg/m   | Sp./mm        | Ø Int. | kg/m   | Sp./mm       | Ø Int. | kg/m  |
| 20   |            |        |        |            |        |        |               |        |        | 3,0          | 14,0   | 0,17  |
| 25   |            |        |        |            |        |        |               |        |        | 3,5          | 18,0   | 0,24  |
| 32   |            |        |        |            |        |        | 3,0           | 26,0   | 0,28   | 4,4          | 23,2   | 0,30  |
| 40   |            |        |        |            |        |        | 3,7           | 32,6   | 0,43   | 5,5          | 29,0   | 0,60  |
| 50   |            |        |        | 3,0        | 44,0   | 0,45   | 4,6           | 40,8   | 0,66   | 6,9          | 36,2   | 0,94  |
| 63   |            |        |        | 3,8        | 55,4   | 0,71   | 5,8           | 51,4   | 1,06   | 8,6          | 45,8   | 1,48  |
| 75   |            |        |        | 4,5        | 66,0   | 1,00   | 6,8           | 61,4   | 1,47   | 10,3         | 54,4   | 2,10  |
| 90   |            |        |        | 5,4        | 79,2   | 1,44   | 8,2           | 73,6   | 2,12   | 12,3         | 65,4   | 3,02  |
| 110  |            |        |        | 6,6        | 96,8   | 2,15   | 10,0          | 90,0   | 3,16   | 15,1         | 79,8   | 4,52  |
| 125  |            |        |        | 7,4        | 110,2  | 2,75   | 11,4          | 102,2  | 4,08   | 17,1         | 90,8   | 5,82  |
| 140  |            |        |        | 8,3        | 123,4  | 3,45   | 12,7          | 114,6  | 5,10   | 19,2         | 101,6  | 7,31  |
| 160  | 6,2        | 147,6  | 3,01   | 9,5        | 141,0  | 4,51   | 14,6          | 130,8  | 6,69   | 21,9         | 116,2  | 9,53  |
| 180  | 6,9        | 166,2  | 3,77   | 10,7       | 158,6  | 5,71   | 16,4          | 147,2  | 8,46   | 24,6         | 130,8  | 12,06 |
| 200  | 7,7        | 184,6  | 4,67   | 11,9       | 176,2  | 7,06   | 18,2          | 163,6  | 10,43  | 27,4         | 145,2  | 14,90 |
| 225  | 8,6        | 207,8  | 5,87   | 13,4       | 211,6  | 8,94   | 20,5          | 184,0  | 13,21  | 30,8         | 163,4  | 18,85 |
| 250  | 9,6        | 230,8  | 7,28   | 14,8       | 220,4  | 10,97  | 22,7          | 204,6  | 16,26  | 34,2         | 181,6  | 23,25 |
| 280  | 10,7       | 258,6  | 9,08   | 16,6       | 246,8  | 13,78  | 25,4          | 229,2  | 20,38  | 38,3         | 203,4  | 29,17 |
| 315  | 12,1       | 290,8  | 11,55  | 18,7       | 277,6  | 17,46  | 28,6          | 257,8  | 26,81  | 43,1         | 228,8  | 36,92 |
| 355  | 13,6       | 327,8  | 14,63  | 21,1       | 312,8  | 22,20  | 32,2          | 290,6  | 32,75  | 48,5         | 258,0  | 46,83 |
| 400  | 15,3       | 369,4  | 18,55  | 23,7       | 352,6  | 28,70  | 36,3          | 327,4  | 41,60  | 54,7         | 290,6  | 59,51 |
| 450  | 17,2       | 415,6  | 23,46  | 26,7       | 396,6  | 36,61  | 40,9          | 368,2  | 52,72  | 61,5         | 327,0  | 75,27 |
| 500  | 19,1       | 461,8  | 28,94  | 29,7       | 440,6  | 44,01  | 45,4          | 409,2  | 65,02  |              |        |       |
| 560  | 21,4       | 517,2  | 36,31  | 33,2       | 493,6  | 55,70  | 50,8          | 458,4  | 81,49  |              |        |       |
| 630  | 24,1       | 581,8  | 46,01  | 37,4       | 555,2  | 69,82  | 57,2          | 515,6  | 103,22 |              |        |       |
| 710  | 27,2       | 655,6  | 58,51  | 42,1       | 625,8  | 88,59  |               |        |        |              |        |       |
| 800  | 30,6       | 738,8  | 74,17  | 47,4       | 705,2  | 112,38 |               |        |        |              |        |       |
| 900  | 34,4       | 831,2  | 93,81  | 53,3       | 793,4  | 142,17 |               |        |        |              |        |       |
| 1000 | 38,2       | 923,6  | 115,75 | 59,3       | 881,4  | 175,74 |               |        |        |              |        |       |

Dimensione dei tubi PE 100 norme UNI EN 12201\

| Ø    | PN6,3 SDR 26 |        |        | PN10 SDR 17 |        |        | PN16 SDR 11 |        |        | PN25 SDR 7,4 |        |       |
|------|--------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------------|--------|-------|
|      | Sp./mm       | Ø Int. | kg/m   | Sp./mm      | Ø Int. | kg/m   | Sp./mm      | Ø Int. | kg/m   | Sp./mm       | Ø Int. | kg/m  |
| 20   |              |        |        |             |        |        |             |        |        | 3,0          | 14,0   | 0,17  |
| 25   |              |        |        |             |        |        |             |        |        | 3,5          | 18,0   | 0,24  |
| 32   |              |        |        |             |        |        | 3,0         | 26,0   | 0,28   | 4,4          | 23,2   | 0,39  |
| 40   |              |        |        |             |        |        | 3,7         | 32,6   | 0,43   | 5,5          | 29,0   | 0,61  |
| 50   |              |        |        | 3,0         | 44,0   | 0,45   | 4,6         | 40,8   | 0,67   | 6,9          | 36,2   | 0,95  |
| 63   |              |        |        | 3,8         | 55,4   | 0,72   | 5,8         | 51,4   | 1,06   | 8,6          | 45,8   | 1,40  |
| 75   |              |        |        | 4,5         | 66,0   | 1,01   | 6,8         | 61,4   | 1,47   | 10,3         | 54,4   | 2,12  |
| 90   |              |        |        | 5,4         | 79,1   | 1,45   | 8,2         | 73,6   | 2,13   | 12,3         | 65,4   | 3,03  |
| 110  |              |        |        | 6,6         | 96,8   | 2,17   | 10,0        | 90,0   | 3,17   | 15,1         | 79,8   | 4,54  |
| 125  |              |        |        | 7,4         | 110,2  | 2,76   | 11,4        | 102,2  | 4,11   | 17,1         | 90,8   | 5,85  |
| 140  |              |        |        | 8,3         | 123,4  | 3,47   | 12,7        | 114,6  | 5,12   | 19,2         | 101,6  | 7,35  |
| 160  |              |        |        | 9,5         | 141,0  | 4,53   | 14,6        | 130,8  | 6,73   | 21,9         | 116,2  | 9,58  |
| 180  |              |        |        | 10,7        | 158,6  | 5,74   | 16,4        | 147,2  | 8,50   | 24,6         | 130,8  | 12,11 |
| 200  |              |        |        | 11,9        | 176,2  | 7,09   | 18,2        | 163,6  | 10,48  | 27,4         | 145,2  | 14,98 |
| 225  |              |        |        | 13,4        | 198,2  | 8,98   | 20,5        | 184,0  | 13,28  | 30,8         | 163,4  | 18,96 |
| 250  | 9,6          | 230,8  | 7,31   | 14,8        | 220,4  | 11,03  | 22,7        | 204,6  | 16,34  | 34,2         | 181,6  | 23,38 |
| 280  | 10,7         | 258,6  | 9,13   | 16,6        | 246,8  | 13,86  | 25,4        | 229,2  | 20,48  | 38,3         | 203,4  | 29,32 |
| 315  | 12,1         | 290,8  | 11,61  | 18,7        | 277,6  | 17,56  | 28,6        | 257,8  | 25,94  | 43,1         | 228,8  | 37,12 |
| 355  | 13,6         | 327,8  | 14,71  | 21,1        | 312,8  | 22,32  | 32,2        | 290,6  | 32,92  | 48,5         | 258,0  | 47,08 |
| 400  | 15,3         | 369,4  | 18,64  | 23,7        | 352,6  | 28,25  | 36,3        | 327,4  | 41,81  | 54,7         | 290,6  | 59,82 |
| 450  | 17,2         | 415,6  | 23,58  | 26,7        | 396,6  | 35,80  | 40,9        | 368,2  | 52,99  | 61,5         | 327,0  | 75,67 |
| 500  | 19,1         | 461,8  | 29,09  | 29,7        | 440,6  | 44,24  | 45,4        | 409,2  | 65,36  |              |        |       |
| 560  | 21,4         | 517,2  | 36,50  | 33,2        | 493,6  | 55,39  | 50,8        | 458,4  | 81,92  |              |        |       |
| 630  | 24,1         | 581,8  | 46,25  | 37,4        | 555,2  | 70,19  | 57,2        | 515,6  | 103,76 |              |        |       |
| 710  | 27,2         | 655,6  | 58,82  | 42,1        | 625,8  | 89,06  |             |        |        |              |        |       |
| 800  | 30,6         | 738,8  | 74,66  | 47,4        | 705,2  | 112,97 |             |        |        |              |        |       |
| 900  | 34,4         | 831,2  | 94,30  | 53,3        | 793,4  | 142,92 |             |        |        |              |        |       |
| 1000 | 38,2         | 923,6  | 116,35 | 59,3        | 881,4  | 176,66 |             |        |        |              |        |       |

## Dimensione dei tubi PE a.d. norme UNI EN 1555

| Ø   | S 12,5 MOP (bar) 2 |        |       | S 8 MOP (bar) 3 |        |       | S 5 MOP (bar) 5 |        |        |
|-----|--------------------|--------|-------|-----------------|--------|-------|-----------------|--------|--------|
|     | Sp/mm              | Ø Int. | kg/m  | Sp/mm           | Ø Int. | kg/m  | Sp/mm           | Ø Int. | kg/m   |
| 20  |                    |        |       |                 |        |       | 3,0             | 14,0   | 0,17   |
| 25  |                    |        |       |                 |        |       | 3,0             | 19,0   | 0,21   |
| 32  |                    |        |       |                 |        |       | 3,0             | 26,0   | 0,28   |
| 40  |                    |        |       | 3,0             | 34,0   | 0,35  | 3,7             | 32,6   | 0,43   |
| 50  |                    |        |       | 3,0             | 44,0   | 0,45  | 4,6             | 40,8   | 0,66   |
| 63  |                    |        |       | 3,6             | 55,8   | 0,68  | 5,8             | 51,4   | 1,05   |
| 75  |                    |        |       | 4,3             | 66,4   | 0,96  | 6,8             | 61,4   | 1,47   |
| 90  |                    |        |       | 5,2             | 79,6   | 1,39  | 8,2             | 73,6   | 2,12   |
| 110 |                    |        |       | 6,3             | 97,4   | 2,06  | 10,0            | 90,0   | 3,16   |
| 125 |                    |        |       | 7,1             | 110,8  | 2,64  | 11,4            | 102,2  | 4,08   |
| 140 |                    |        |       | 8,0             | 124,0  | 3,33  | 12,7            | 114,6  | 5,10   |
| 160 | 6,2                | 147,6  | 3,01  | 9,1             | 141,8  | 4,33  | 14,6            | 130,8  | 6,69   |
| 180 | 7,0                | 166,0  | 3,82  | 10,3            | 159,4  | 5,51  | 16,4            | 147,2  | 8,46   |
| 200 | 7,7                | 184,6  | 4,67  | 11,4            | 177,2  | 6,78  | 18,2            | 163,6  | 10,43  |
| 225 | 8,7                | 207,6  | 5,93  | 12,8            | 199,4  | 8,56  | 20,5            | 184,0  | 13,21  |
| 250 | 9,7                | 230,6  | 7,35  | 14,2            | 221,6  | 10,55 | 22,7            | 204,6  | 16,26  |
| 280 | 10,8               | 258,4  | 9,16  | 16,0            | 248,0  | 13,31 | 25,4            | 229,2  | 20,38  |
| 315 | 12,2               | 290,6  | 11,64 | 17,9            | 279,2  | 16,76 | 28,6            | 257,8  | 25,81  |
| 355 | 13,7               | 327,6  | 14,73 | 20,2            | 314,6  | 21,31 | 32,3            | 290,4  | 32,84  |
| 400 | 15,4               | 369,2  | 18,66 | 22,8            | 354,4  | 27,10 | 36,4            | 327,2  | 41,70  |
| 450 | 17,4               | 415,2  | 23,72 | 25,6            | 398,8  | 34,23 | 41,0            | 368,0  | 52,83  |
| 500 | 19,3               | 461,4  | 29,23 | 28,5            | 443,0  | 42,34 | 45,5            | 409,0  | 65,15  |
| 560 | 21,6               | 516,8  | 36,64 | 31,9            | 496,2  | 53,08 | 51,0            | 458,0  | 81,78  |
| 630 | 24,3               | 581,4  | 46,37 | 35,8            | 558,4  | 67,02 | 57,3            | 515,4  | 103,38 |

## Dimensione dei tubi PE 80 bassa densità norme UNI 7990

| Ø   | PN4   |        |       | PN6   |        |       | PN10  |        |       |
|-----|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
|     | Sp/mm | Ø Int. | kg/m  | Sp/mm | Ø Int. | kg/m  | Sp/mm | Ø Int. | kg/m  |
| 16  | 1,4   | 13,2   | 0,066 | 1,6   | 12,8   | 0,075 | 2,2   | 11,6   | 0,097 |
| 20  | 1,6   | 16,8   | 0,096 | 1,7   | 16,6   | 0,100 | 2,7   | 14,6   | 0,147 |
| 25  | 1,7   | 21,6   | 0,128 | 2,2   | 20,6   | 0,160 | 3,4   | 18,2   | 0,230 |
| 32  | 1,9   | 28,2   | 0,181 | 2,8   | 26,4   | 0,260 | 4,4   | 23,2   | 0,380 |
| 40  | 2,4   | 35,2   | 0,290 | 3,5   | 33,0   | 0,400 | 5,4   | 29,2   | 0,580 |
| 50  | 3,0   | 44,0   | 0,439 | 4,3   | 41,0   | 0,609 | 6,8   | 36,4   | 0,895 |
| 63  | 3,7   | 55,6   | 0,682 | 5,4   | 52,2   | 0,959 | 8,6   | 45,8   | 1,424 |
| 75  | 4,5   | 66,0   | 0,983 | 6,5   | 62,2   | 1,366 |       |        |       |
| 90  |       |        |       | 7,8   | 74,4   | 1,960 |       |        |       |
| 110 |       |        |       | 9,5   | 91,0   | 2,916 |       |        |       |

## Dimensione dei tubi PE 80 alta densità norme UNI 7613

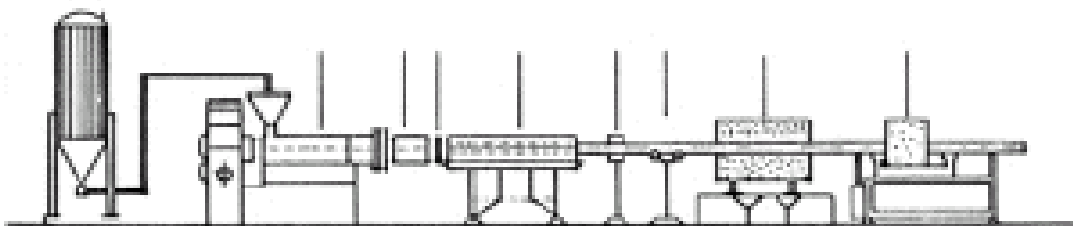
| Ø   | PN3,2 |        |      |
|-----|-------|--------|------|
|     | Sp/mm | Ø Int. | kg/m |
| 110 | 3,5   | 103,0  | 1,18 |
| 125 | 3,9   | 117,2  | 1,49 |
| 140 | 4,4   | 131,2  | 1,88 |
| 160 | 5,0   | 150,0  | 2,45 |
| 180 | 5,6   | 168,8  | 3,08 |
| 200 | 6,2   | 187,6  | 3,79 |
| 225 | 7,0   | 211,0  | 4,81 |
| 250 | 7,8   | 234,4  | 5,96 |
| 280 | 8,7   | 262,6  | 7,44 |
| 315 | 9,8   | 295,4  | 9,43 |

| Ø    | PN3,2 |        |       |
|------|-------|--------|-------|
|      | Sp/mm | Ø Int. | kg/m  |
| 355  | 11,0  | 333,0  | 11,93 |
| 400  | 12,4  | 375,2  | 15,15 |
| 450  | 14,0  | 422,0  | 19,23 |
| 500  | 15,5  | 469,0  | 23,66 |
| 560  | 17,4  | 525,2  | 29,75 |
| 630  | 19,6  | 590,8  | 37,69 |
| 710  | 22,0  | 666,0  | 47,69 |
| 800  | 24,9  | 750,2  | 60,80 |
| 900  | 28,0  | 844,0  | 76,92 |
| 1000 | 31,0  | 938,0  | 94,63 |

### Lavorazione meccanica dei tubi in polietilene

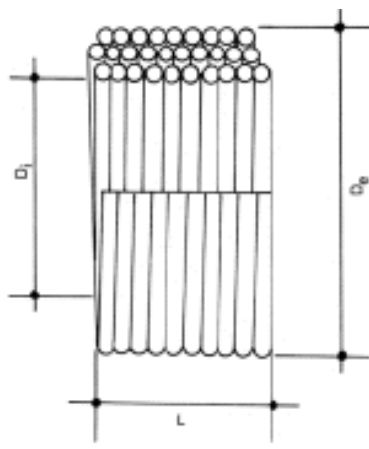
La lavorazione dei tubi in polietilene ad alta e bassa densità avviene per estrusione, la quale ha la funzione di portare il materiale allo stato plastico e di spingerlo poi attraverso lo stampo con una pressione più costante possibile.

Le dimensioni del tubo vengono, in maniera grossolana, predeterminate dallo stampo per passare poi alla calibrazione definitiva nelle cosiddette "vasche di calibrazione". Queste, a seconda delle dimensioni dei tubi, possono essere sotto vuoto oppure sotto pressione. Nelle vasche di calibrazione ha inizio anche la fase di diminuzione di temperatura del tubo che viene poi completata nelle successive "vasche di raffreddamento". Nei diametri che verranno poi avvolti in bobine e di fondamentale importanza che il tubo venga avvolto al bobinatore già completamente freddo, onde evitare una successiva ovalizzazione.



### Ingombro dei tubi

Il tubo è fornito in rotoli fino al diametro 110 mm e per diametri superiori in barre nelle lunghezze commerciali correnti o da concordare fra committente e fornitore.



| Diametro  | Lunghezza (m)              | Ingombro |     |    |
|-----------|----------------------------|----------|-----|----|
|           |                            | De       | DI  | L  |
| 20        | 200                        | 80       | 40  | 20 |
| 25        | 100                        | 84       | 60  | 26 |
| 32        | 100                        | 125      | 65  | 26 |
| 40        | 100                        | 125      | 90  | 32 |
| 50        | 100                        | 150      | 104 | 32 |
| 63        | 100                        | 195      | 140 | 40 |
| 75        | 100                        | 215      | 160 | 33 |
| 90        | 50/100                     | 260      | 200 | 50 |
| 110       | 50/100                     | 290      | 215 | 40 |
| 125 + 315 | barre da 6+ 12 a richiesta |          |     |    |

### Trasporto ed accatastamento dei tubi

**TRASPORTO.** Nel trasporto del tubo si devono evitare urti, inflessioni, sporgenze eccessive, contatti con corpi taglienti ed acuminati. Le imbracature per il fissaggio del carico devono essere realizzate con funi o bande di canapa, di nylon o similari; se si usano cavi di acciaio i tubi devono essere protetti nella zona di contatto con essi.

**CARICO E SCARICO.** Queste operazioni devono essere eseguite con cura: i tubi non devono essere buttati né fatti strisciare sulle sponde dell'automezzo caricandoli o scaricandoli dallo stesso ma devono essere sollevati ed appoggiati.

**ACCATASTAMENTO.** I tubi devono essere immagazzinati su una superficie piana, priva di parti taglienti ed esente da sostanze che potrebbero attaccare i tubi.

I tubi in polietilene forniti in barre, aventi un diametro superiore a mm. 50, non devono essere accatastati ad un'altezza superiore a m 1,50 per evitarne possibili deformazioni nel tempo.



## Caratteristiche generali dei tubi in polietilene

Negli ultimi anni si è avuta un'enorme diffusione del tubo in polietilene, in quanto questo materiale si propone come valida alternativa ai cosiddetti materiali tradizionali (cemento amianto, ghisa, acciaio). I motivi sono di ordine tecnico ed economico. Riportiamo qui alcune caratteristiche più significative:

- Resistenza agli urti ed alle basse temperature, grazie alla sua elevata tenacità, quindi particolarmente indicato in terreni instabili.
- Resistenza alla corrosione, anche in terreni aggressivi ed in presenza di correnti vaganti, per cui può essere interrato senza protezioni.
- Ridotte perdite di carico grazie ad una superficie liscia ed alla bassa scabrezza del materiale che impedisce l'insorgere di incrostazioni.
- Inattaccabilità da una vastissima gamma di prodotti chimici, solventi ed alla maggior parte degli agenti batteriologici presenti nel terreno.
- Atossicità. Infatti sono conformi alla normativa igienico sanitaria del Ministero della Sanità relativa ai manufatti per il trasporto di liquidi o derivate alimentari (Circolare n. 102 del 2/12/1978).
- Resistenza agli agenti atmosferici ed alle alterazioni dovute ai raggi ultravioletti, per il suo contenuto di carbon black.

Per quanto riguarda gli aspetti economici non sono da trascurare le seguenti peculiarità:

- Facilità di posa e manutenzione, dovuta alla leggerezza ed elevata flessibilità, permettendo economia di costi
- Realizzazione di linee con meno giunzioni ed in brevissimi tempi in quanto il tubo può essere fornito in rotoli fino al diam. 110 mm.
- Possibilità di semplici e veloci interventi di manutenzione in caso di avarie provocate.
- Per quanto concerne lo specifico utilizzo dei gas combustibili, si evidenziano le seguenti proprietà:
  - Buona resistenza chimica all'azione degli odorizzanti, del metanolo e sostanze aromatizzanti presenti nel gas.
  - Trascurabile permeabilità al gas.

### Resistenza agli agenti chimici

I risultati sottoindicati sono stati ottenuti con dei provini di 50 mm x 25 mm x 1 mm e dopo una prova durata 55 giorni.  
Spiegazione dei simboli:

X = RESISTENTE

/ = LIMITATAMENTE RESISTENTE

- = NON RESISTENTE

A= ALTERAZIONE DEL COLORE

Rigonfiamento <3% o perdite di peso <0,5% senza variazioni notevoli dell'allungamento alla rottura  
Rigonfiamento 3-8% o perdita di peso 0,5-5% e/o diminuzione dell'allungamento a rottura <50%.  
Rigonfiamento >8% o perdita di peso >5% e/o diminuzione dell'allungamento a rottura >50%.

| Sostanza                                   | 20°C | 60°C | Sostanza                                      | 20°C | 60°C    |
|--------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------|------|---------|
| Acetaldeide gassosa                        | x    | /    | Acido stearico                                | x    | /       |
| Acetato di amile                           | x    | x    | Acido succinico (50%)                         | x    | x       |
| Acetato di butile                          | x    | /    | Acido tannico (10%)                           | x    | x       |
| Acetato di etile                           | /    | –    | Acido tartarico                               | x    | x       |
| Acetato di piombo                          | x    | x    | Acido tridodecanoico (50%)                    | x    | x       |
| Acetato di vino, concentr. d'impiego       | x    | x    | Acido tridodecanoico (100%)                   | x    | /a–     |
| Acetone                                    | x    | x    | Acqua clorata (disinfezione di tubature)      | x    |         |
| Acidi aromatici                            | x    | x    | Acqua di mare                                 | x    | x       |
| Acidi grassi (> C.7)                       | x    | /    | Acqua ossigenata (30%)                        | x    | x       |
| Acido acetico (10%)                        | x    | x    | Acqua ossigenata (100%)                       | x    | –       |
| Acido acetico (100%) glaciale              | x    | /A   | Acqua regia                                   | –    | –       |
| Acido adipico                              | x    | x    | Acrilonitrile                                 | x    | x       |
| Acido benzensolfonico                      | x    | x    | Alcool alilico                                | x    | x       |
| Acido benzoico                             | x    | x    | Alcool benzilico                              | x    | x a/    |
| Acido bórico                               | x    | x    | Alcool furfurilico                            | x    | x A     |
| Acido bromidrico (50%)                     | x    | x    | Alcool stilico                                | x    | x       |
| Acido butirico                             | x    | /    | Alumina                                       | x    | x       |
| Acido cloridrico                           | x    | x    | Anidride                                      | x    | x       |
| Acido citrico                              | x    | x    | Ammoniac. liquida (100%)                      | x    | x       |
| Acido cloridrico (tutte le concentrazioni) | x    | x    | Ammoniac. gassosa (100%)                      | x    | x       |
| Acido cloridrico gassoso, umido e secco    | x    | x    | Anidride acetica                              | x    | /A      |
| Acido (pieno) cloracetico                  | x    | x    | Anidride carbonica                            | x    | x       |
| Acido clorosolfonico                       | –    | –    | Anidride solforica                            | –    | –       |
| Acido cromoico (80%)                       | x    | –A   | Anidride solforosa, secca                     | x    | x       |
| Acido dicloroacetico (50%)                 | x    | x    | Anidride solforosa, umida                     | x    | x       |
| Acido dicloroacetico (100%)                | x    | /A   | Antina para                                   | x    | x       |
| Acido fluoridrico (40%)                    | x    | /    | Antico                                        | /    | –       |
| Acido fluoridrico (70%)                    | x    | /    | Bereina                                       | x    | x a/    |
| Acido fluoridrico acquoso (fino al 32%)    | x    | x    | Benzonato di sodio                            | x    | x       |
| Acido formico                              | x    | x    | Benzolo                                       | /    | /       |
| Acido fosforico (25%)                      | x    | x    | Bromato di potassio (40%)                     | x    | x       |
| Acido fosforico (50%)                      | x    |      | Bina                                          | x    | x       |
| Acido fosforico (95%)                      | x    | /A   | Bisolfito sodico in soluzione acquosa diluita | x    | x       |
| Acido itlico (50%)                         | x    | x    | Borace, in ogni concentrazione                | x    | x       |
| Acido glicolico (50%)                      | x    | x    | Borato di potassio acquoso all'1%             | x    | x       |
| Acido glicolico (70%)                      | x    | x    | Borato di potassio acquoso (fino al 10%)      | x    | x       |
| Acido itlico                               | x    | x    | Bromo                                         | x    | x       |
| Acido maleico                              | x    | x    | Bromuro di potassio                           | x    | x       |
| Acido monododecanoico                      | x    | x    | Butanolo                                      | x    | x       |
| Acido nitrico (25%)                        | x    | x    | Butanolo                                      | x    | x       |
| Acido nitrico (50%)                        | /    | –    | Butilglicole                                  | x    | x       |
| Acido oleico (conc.)                       | x    | /    | Butoxil (Metossibutanolo)                     | x    | /       |
| Acido ossalico (50%)                       | x    | x    | Candeggianti al clorito di sodio              | /    | –       |
| Acido perclorico (20%)                     | x    | x    | Canfora                                       | x    | /       |
| Acido perclorico (50%)                     | x    | /    | Carbonato sodico                              | x    | x       |
| Acido perclorico (70%)                     | x    | –A   | Cera d'api                                    | x    | .. / a– |
| Acido propionico (50%)                     | x    | x    | Cisloni                                       | x    | x a/    |
| Acido propionico (100%)                    | x    | /    | Cianuro di potassio                           | x    | x       |
| Acido silicico                             | x    | x    | Ciclossano                                    | x    | x       |
| Acido solfonoso                            | x    | x    | Cicloesano                                    | x    | x       |
| Acido solfidrico                           | x    | x    | Cicloesano                                    | x    | /       |
| Acido solforico (10%)                      | x    | x    | Cloridrina glicerica                          | x    | x       |
| Acido solforico (50%)                      | x    | x    | Clorito di sodio (50%)                        | x    | x       |
| Acido solforico (98%)                      | x    | –A   | Clorbenzolo                                   | /    | –       |

| Sostanza                                 | 20°C    | 60°C | Sostanza                                    | 20°C | 60°C  |
|------------------------------------------|---------|------|---------------------------------------------|------|-------|
| Clorofornio                              | .. / a- | -    | — anidride carbonica                        | x    | x     |
| Cloroetano                               | x       | xA   | — vapori nitrosi (in tracce)                | x    | x     |
| Cloro gassoso, umido                     | /       | -    | — acido cloridrico (ogni concentraz.)       | x    | x     |
| Cloro liquido                            | -       | -    | — acido solforico, umido (ogni concentraz.) | x    | x     |
| Cloro secco                              | /       | -    | — anidride solforosa (concentr. debole)     | x    | x     |
| Cloruro di alluminio anidro              | x       | x    | Gas nitrosi                                 | x    | x     |
| Cloruro d'ammonio                        | x       | x    | Gelatina                                    | x    | x     |
| Cloruro di bario                         | x       | x    | Glicerina                                   | x    | x     |
| Cloruro di calcio                        | x       | x    | Glicole (corr.)                             | x    | x     |
| Cloruro d'etilene (dicloroetano)         | /       | /    | Glucosio                                    | x    | x     |
| Cloruro di magnesio                      | x       | x    | Grasso per essiccatori                      | x    | /     |
| Cloruro di metilene                      | /       | /    | Halothan                                    | /    | /     |
| Cloruro di potassio                      | x       | x    | Krato d'idrazina                            | x    | x     |
| Cloruro di sodio                         | x       | x    | Krogano                                     | x    | x     |
| Cloruro di solforio                      | -       | -    | Krossido di bario                           | x    | x     |
| Cloruro di titanio                       | -       | -    | Krossido di potassio (soluz. al 30%)        | x    | x     |
| Cloruro di zinco                         | x       | x    | Krossido di sodio (soluz. al 30%)           | x    | x     |
| Cloruro ferroso                          | x       | x    | Iperclorito di calcio                       | x    | x     |
| Cloruro mercurico (sublimato)            | x       | x    | Iperclorito di sodio                        | x    | x     |
| Cresolo                                  | x       | xA   | Isotano                                     | x    | /     |
| Cresolo                                  | x       | xA   | Isopropanolo                                | x    | x     |
| Cromato di potassio acquoso (40%)        | x       |      | Lievito acquoso                             | x    | x     |
| Dakalin                                  | x       | /    | Mammellata                                  | x    | x     |
| Dextrina acquosa (saturata al 18%)       | x       | x    | Melassa                                     | x    | x     |
| Detergenti sintetici                     | x       | x    | Mentolo                                     | x    | /     |
| Dibutilftalato                           | x       | /    | Mercurio                                    | x    | x     |
| Dicloroacetato di metile                 | x       | x    | Metanolo                                    | x    | x     |
| Diclorobenzolo                           | /       | -    | Metilbutanolo                               | x    | /     |
| Dicloroetano                             | /       | /    | Metilclorobutano                            | x    | / a-  |
| Dicloroetilene                           | -       | -    | Metilglicole                                | x    | x     |
| Diisobutilchetone                        | x       | / a- | Monocloroacetato d'etile                    | x    | x     |
| Dimetilformammide (100%)                 | x       | xa / | Monocloroacetato di metile                  | x    | x     |
| Diossano                                 | x       | x    | Morfina                                     | x    | x     |
| Emulgatori                               | x       | x    | Nafta                                       | x    | /     |
| Esteri alifatici                         | x       | xa / | Naftalina                                   | x    | /     |
| Etere                                    | xa /    | x /  | Nitrato d'argento                           | x    | x     |
| Etere dibutilico                         | xa /    | -    | Nitrato d'ammonio                           | x    | x     |
| Etere dietilico                          | xa /    | /    | Nitrato di potassio                         | x    | x     |
| Etere di petrolio                        | x       | /    | Nitrato di sodio                            | x    | x     |
| Etere isopropilico                       | xa /    | -    | Nitrobenzolo                                | x    | /     |
| Etilendiammina                           | x       | x    | o-Nitrotolueno                              | x    | /     |
| Etilacetato                              | x       | x    | Oleum                                       | -    | -     |
| Etilglicole                              | x       | x    | Oli esseri (essenze)                        | /    | /     |
| Euron G                                  | x       | x    | Oli minerali                                | x    | xa /  |
| Fenolo                                   | x       | xA   | Oli di uranina                              | x    | a / / |
| Fluoro                                   | -       | -    | Oli vegetali e animali                      | x    | xa /  |
| Fluoruro d'ammonio acquoso (fino al 20%) | x       | x    | Olio Diesel                                 | x    | /     |
| Formaldeide (40%)                        | x       | x    | Olio di lino                                | x    | x     |
| Formammide                               | x       | x    | Olio di roccia di cocco                     | x    | /     |
| Fosfato                                  | x       | x    | Olio di paraffina                           | x    | x     |
| Frigen                                   | /       | -    | Olio di semi di mais                        | x    | /     |
| Gas di scarico contenenti:               |         |      | Olio di silicone                            | x    | x     |
| — acido fluoridrico (in tracce)          | x       | x    | Olio minerale per lubrificanti              | x    | xa /  |
| — ossido di carbonio                     | x       | x    | Olio per trasformatori                      | x    | /     |

| Sostanza                                                                 | 20°C | 60°C | Sostanza                           | 20°C | 60°C |
|--------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------|------|------|
| Ossicloruro di fosforo                                                   | x    | /A   | Siluro d'ammonio                   | x    | x    |
| Olibrosolo                                                               | /    | -    | Solfuro di carbonio                | /    |      |
| Ozono                                                                    | /    | -    | Solfuro di sodio                   | x    | x    |
| Ozono, soluzione acquosa<br>(per il trattamento delle acque<br>potabili) | x    |      | Soluzione di filatura per viscosa  | x    | x    |
| Perossido di fosforo                                                     | x    | x    | Spermaceti                         | x    | /    |
| Perranganato di potassio                                                 | x    | xA   | Succhi di frutta                   | x    | x    |
| Petrolio                                                                 | x    | /    | Sviluppatori per foto d'uso comune | x    | x    |
| Piridina                                                                 | x    | /    | Tetra bromoetano                   | ./a- | -    |
| Poliglicoli                                                              | x    | x    | Tetra cloroetano                   | .xa/ | -    |
| Polpa di frutta                                                          | x    | x    | Tetra cloruro di carbonio          | ./a- |      |
| Potassa caustica                                                         | x    | x    | Tetra idrofurano                   | .xa/ | -    |
| Propanolo                                                                | x    | x    | Tetralin                           | x    | /    |
| Propilenglicole                                                          | x    | x    | Tintura di jodio DAB 6             | x    | /A   |
| Pseudocumolo                                                             | /    | /    | Tiofene                            | /    | /    |
| Salamoia saturo                                                          | x    | x    | Tiosolfato sodico                  | x    | x    |
| Sali di rame                                                             | x    | x    | Toluolo                            | /    | -    |
| Sali di nichel                                                           | x    | x    | Tributilfosfato                    | x    | x    |
| Sciroppo di zucchero                                                     | x    | x    | Tricloroetilene (trielina)         | ./a- | -    |
| Sago                                                                     | x    | x    | Tricloruro d'ammonio               | x    | x    |
| Silicati alcalini                                                        | x    | x    | Tricloruro di fosforo              | x    | /    |
| Silicato di sodio                                                        | x    | x    | Trisclorotrammina                  | xx   | x    |
| Soda caustica                                                            | x    | x    | Tuogen - U                         | x    | x    |
| Solfati                                                                  | x    | x    | Tween 20 and 80                    | x    | x    |
| Solfato d'alluminio                                                      | x    | x    | Urea                               | x    | x    |
| Solfato d'ammonio                                                        | x    | x    | Vapori di bromo                    | /    |      |
| Solfato di magnesio                                                      | x    | x    | Vasellina                          | .xa/ | /    |
|                                                                          |      |      | pettolo                            | /    | x    |
|                                                                          |      |      | Zolfo                              | x    | x    |

.. soluzioni acquose in ogni concentrazione

... solo con debole sollecitazione meccanica

## Proprietà dei tubi PE per trasporto acque potabili

Il Ministero della Sanità con circolare n. 102 del 2/12/ 1978 disciplina la normativa igienica concernente le materie plastiche per tubazioni ed accessori destinati a venire a contatto con le acque potabili. Le tubazioni e gli accessori in polietilene per condotte di acque potabili devono essere preparati esclusivamente con sostanze e sottoposti ai controlli di idoneità previsti dagli allegati della succitata circolare ministeriale.

## Comportamento nei confronti di roditori

Da ricerche eseguite sui roditori e insetti del tipo delle termiti, si è rilevato che i tubi in polietilene, avendo una superficie liscia e circolare, non offrendo appigli per i denti, non vengono roscati dai suddetti. Non si conosce, infatti, nessun caso in cui le condizioni dei tubi in polietilene siano state pregiudicate in seguito all'azione dei roditori.

## Stabilità alle radiazioni

I tubi in polietilene, già da molti anni, si sono affermati per l'eliminazione di acque di scarico radioattive e come condutture di acque di raffreddamento nella tecnica dell'energia nucleare. In ogni caso il tubo sopporta dosi di raggi fino a 10 KJ/Kg se queste vengono distribuite uniformemente durante tutto il periodo del loro impiego.

## Stabilità agli agenti atmosferici

Gli agenti atmosferici, ed in particolare i raggi UV ad onde corte della luce solare, con intervento dell'ossigeno atmosferico, possono intaccare, in seguito ad una prolungata

permanenza all'aperto, i tubi in polietilene, come avviene per la maggior parte delle sostanze naturali e delle materie plastiche.

Per questo il tubo viene prodotto con materiali già precedentemente masterizzati mediante l'aggiunta di nerofumo e di stabilizzanti che lo proteggono dall'invecchiamento e da influenze esterne.

### **Comportamento alla fiamma**

Il polietilene, a differenza di altri materiali plastici, pur essendo infiammabile non sviluppa gas corrosivi o residui, infatti dalla sua combustione si sviluppa CO, CO<sub>2</sub> e acqua come avviene per tutti gli altri idrocarburi.

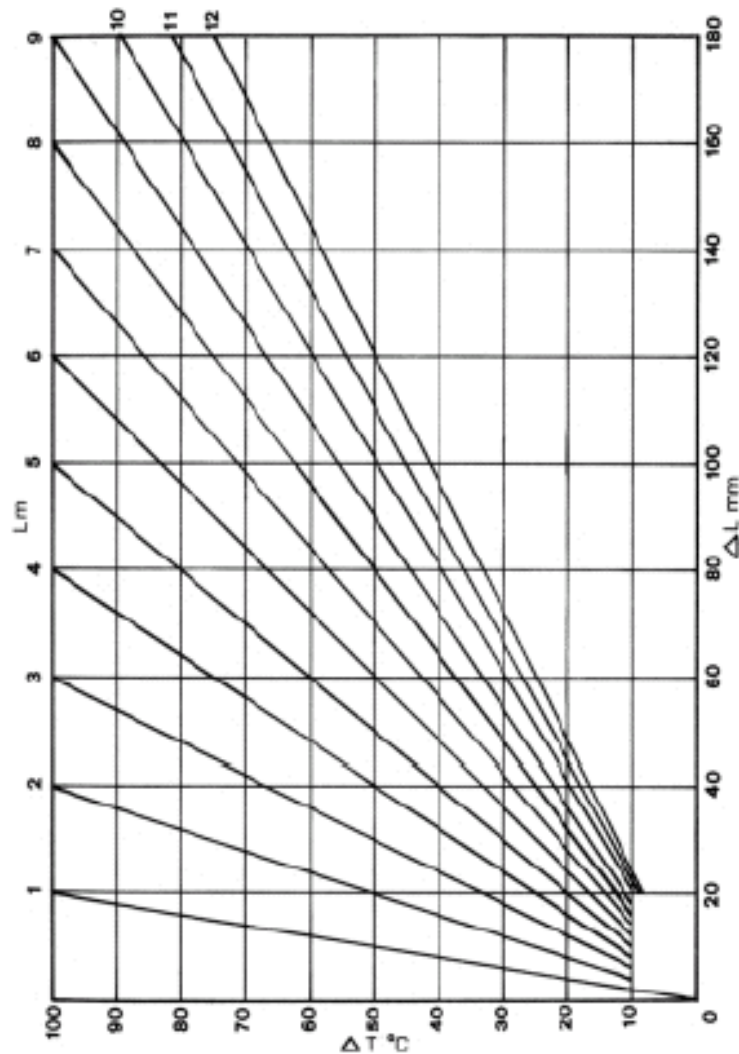
### **Resistenza all'abrasione**

Il tubo di PE a.d., grazie al basso modulo elastico, alla bassa scabrezza, alla idrofobia del materiale che riducono l'interazione fra il materiale trasportato e la parete del tubo, presenta la caratteristica di una elevata resistenza all'abrasione, quindi è particolarmente indicato per il trasporto di materiali abrasivi, es. trasporto di fanghi, dragatura di sabbia e ghiaia. Prove comparative effettuate sul tubo PE a.d. e su tubi in materiali metallici e lapidei hanno indicato durata superiori di circa 4 volte rispetto alle condotte in acciaio, sino ad un massimo di 10-15 volte rispetto a condotte in cemento.

Quindi per le caratteristiche sopracitate possiamo affermare che il tubo PE a.d. è particolarmente indicato per condotte di drenaggio, in campo minerario, per bonifiche, costruzione di banchine, reinterri, fognature, ecc.

### **Dilatazione termica**

Il polietilene, come la maggior parte dei materiali plastici, ha un elevato coefficiente di dilatazione specialmente se lo confrontiamo con i metalli (vedi figura). Per tale motivo occorre tener presente questo fenomeno, specialmente nel caso di condotte non interrate e quindi soggette a continue variazioni della temperatura.



Normalmente tali variazioni vengono assorbite dai giunti di dilatazione, che possono essere a canocchiale o a soffietto. Il calcolo di queste dilatazioni si effettua mediante la seguente formula:

$$\Delta L = \delta \cdot L \cdot \Delta T$$

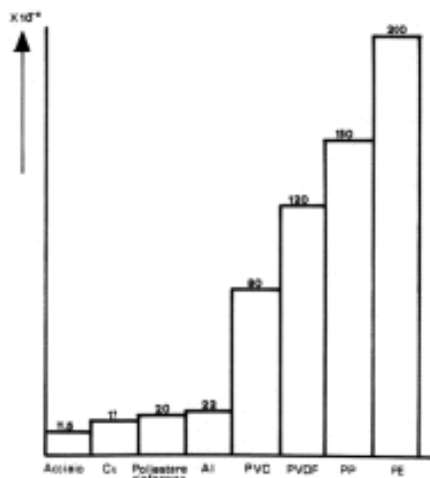
dove:  $\Delta L$  = variazione di lunghezza dovuta allo sbalzo termico (mm)

$\delta$  = coefficiente di dilatazione termica  $2 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$L$  = lunghezza della tratta interessata (m)

$\Delta T$  = differenza tra la massima e la minima temperatura ( $^\circ\text{C}$ )

Una volta ricavata è possibile valutare il tipo ed il numero di giunti di dilatazione che occorreranno per la tubazione da installare.



### Resistenza alla propagazione di rottura, tenacità

Il tubo PE a.d. si distingue per la sua tenacità anche a basse temperature, il che è di fondamentale importanza durante il trasporto e la posa. In caso di danneggiamento per opera di fattori esterni (per esempio lavori di sterro, macchine edili) i tubi in polietilene, sotto l'azione della pressione interna non si fessurano per lunghi tratti; la rottura ancora allo stato iniziale rimane circoscritta (arresto della lacerazione) a differenza di altre tubazioni tipo acciaio.

È possibile verificare ciò con il test di ROBERTSON ormai collaudato su piastre e condotte metalliche. Il test si effettua su uno spezzone di tubo mantenuto in pressione e particolarmente intagliato ad una estremità che, una volta raffreddata a  $-110\text{ C}$  (affinché si possa innescare la frattura), viene colpita da una mazza con l'energia di  $5\text{ Kg/m}$ . Si genera così una cricca che si propaga lungo l'asse del tubo: la prova è superata se la frattura ha una lunghezza minore o uguale a 5 volte il diametro del provino.

### Resistenza alla pressione esterna

Le condotte in condizioni particolari di esercizio (condotta vuota soggetta a carico idrostatico esterno) possono richiedere una verifica della resistenza allo schiacciamento:

$$P_{cr} = \frac{E}{4(1-\mu^2)} \left( \frac{s}{r} \right)$$

dove:  $P_{cr}$  = pressione critica  
 $E$  = modulo elastico del materiale =  $0,9 \cdot 10^6$   
 $\text{Kgf/m}^2$   
 $\mu$  = modulo di Poisson 0,3  
 $s$  = spessore del tubo  
 $r$  = raggio medio del tubo

mentre  $\delta_{cr} = P_{cr} r/s$

dovrà essere rispettata la condizione  
 $P_{\text{esercizio}} \leq P_{\text{critica}}$   
 $\delta_{\text{esercizio}} \leq \delta_{\text{critica}}$

Dato il rapporto di snellezza  $\lambda_{sn}$ :

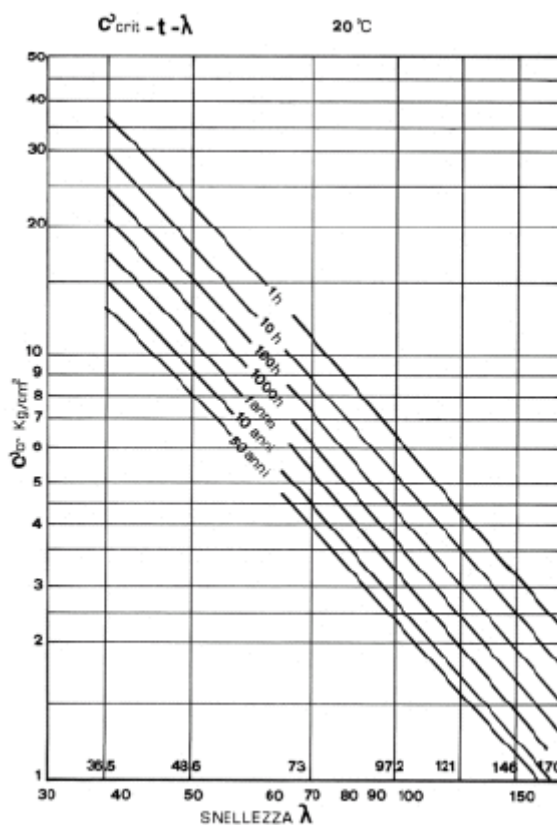
$$\lambda_{sn} = 2 \pi \frac{r}{s} \sqrt{1 - \mu^2}$$

si ricava dal grafico illustrato di seguito, in base alla durata prevista dell'opera, il valore della  $\sigma_{cr}$  critica di schiacciamento.

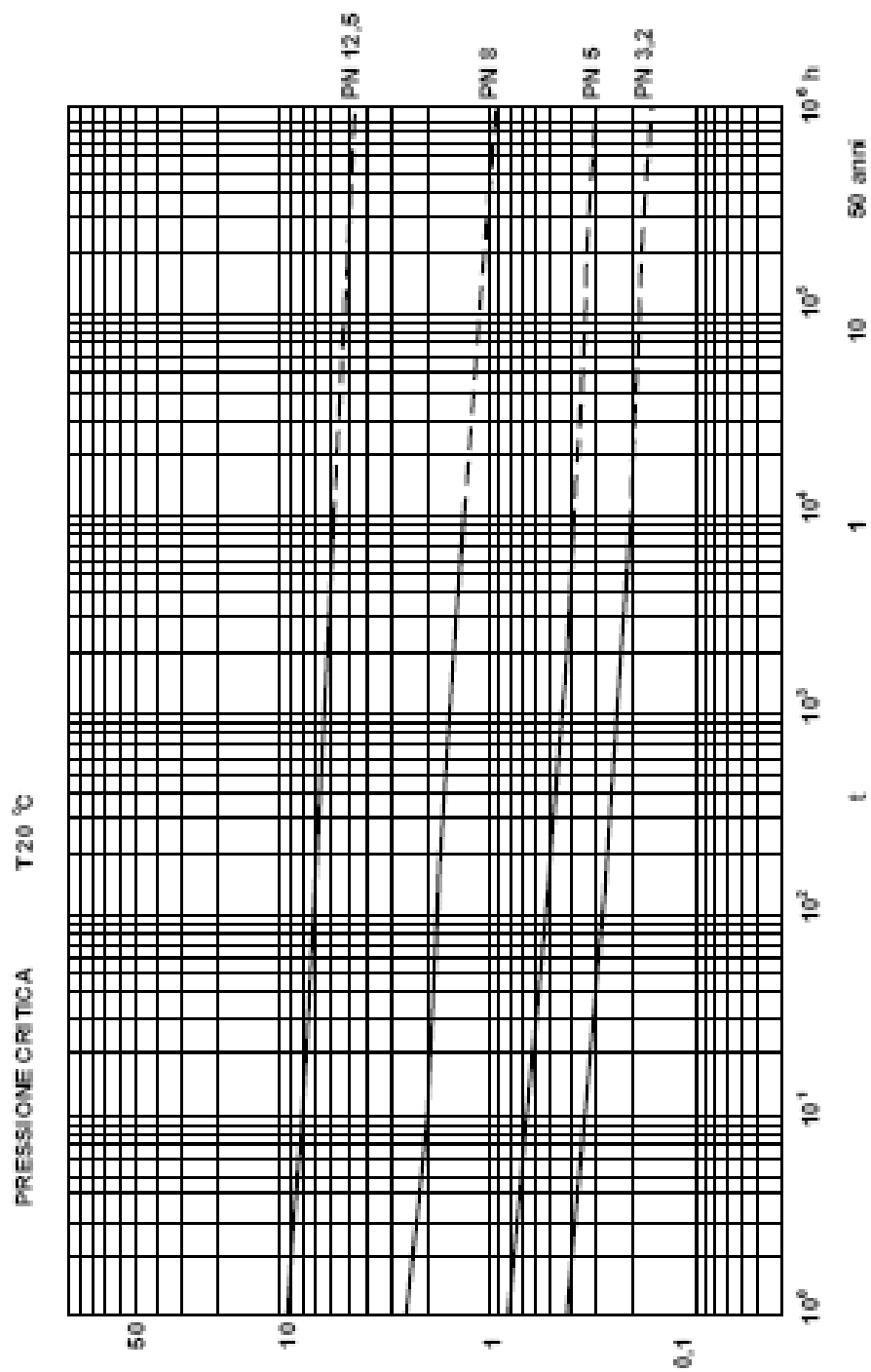
Si calcola la pressione critica con:

$$P_{cr} = \sigma_{cr} \cdot \frac{s}{r}$$

In base alla  $P_{cr}$ , con il grafico allegato, si individua la classe della condotta da impiegare.







## Acquedotti

Una delle applicazioni più importanti del tubo PE a.d. AN PLAST Srl consiste nella distribuzione di acqua potabile.

Infatti il tubo PE a.d., per le sue caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche, soddisfa le esigenze delle Amministrazioni Comunali che chiedono una durata della condotta idrica di almeno 50 anni, in quanto l'ammortamento annuo è del 2%.

In questo capitolo riportiamo alcune delle particolarità più importanti del tubo PE a.d. da tenere presenti nella progettazione e nell'installazione.

La AN PLAST Srl è disponibile per qualsiasi tipo di informazione di ordine tecnico e consiglia la consultazione delle raccomandazioni della BUREAU VERITAS,

## Posa in opera

I tubi PE AN PLAST possono essere installati sia interrati che aerei. Fino al diam. 110 mm sono forniti in rotoli di lunghezza da 50 fino a 200 metri, a seconda del diametro, perciò, essendo forniti in rotoli di notevole lunghezza, è richiesto un minor numero di giunzioni.

La flessibilità delle tubazioni di PE consente di attuare variazioni di direzione senza dover ricorrere a pezzi speciali aggiuntivi. E' necessario prevedere valvole di sfiato nei punti più alti.

Le tubazioni dovranno essere posate ad una profondità di almeno 100 cm dalla superficie.

### a) Letto di posa.

Una certa cura dovrà essere dedicata alla rifinitura della trincea di posa: dovranno essere evitate punte rigide a contatto con il tubo quali pietre, inerti vari, ecc. I tubi non dovranno essere posati sul fondo dello scavo, ma su un letto di posa con altezza minima di ~15 cm, costituito da sabbia o da altro materiale fine. Il letto di posa dovrà essere compattato.



### b) Fase iniziale di riempimento.

AN PLAST SRL Borgofranco D'Ivrea (TO)

Tel 0125 806501  
Tel/Fax 0125 751246

È bene eseguire la prima fase di ricoprimento a mano, con materiale fine, possibilmente sabbioso.

Il materiale di rivestimento direttamente a contatto con il tubo, fino ad un'altezza uniforme di 15 cm misurati a partire dalla generatrice più alta del tubo, deve essere costituito da sabbia o da altro materiale fine e compattato a mano.

Il riempimento dello scavo viene effettuato con il materiale estratto dallo scavo stesso, quando giudicato idoneo, spurgato delle parti di dimensioni superiori a 100 mm, dei detriti vegetali, animali, ecc. e scegliendo, di preferenza, materiali contenenti meno del 30% di elementi superiori a 20 mm, ad eccezione di torba, cocci e suoli molto organici. È consigliata l'eliminazione di argille e limo. Il riempimento viene attuato per strati successivi di spessore <30 cm. da compattare l'uno sull'altro.

### **c) Riempimento dello scavo.**

Il riempimento dello scavo viene effettuato con il materiale estratto dallo scavo stesso, quando giudicato idoneo, spurgato delle parti di dimensioni superiori a 100 mm, dei detriti vegetali, animali, ecc. e scegliendo, di preferenza, materiali contenenti meno del 30% di elementi superiori a 20 mm, ad eccezione di torba, cocci e suoli molto organici. È consigliata l'eliminazione di argille e limo. Il riempimento viene attuato per strati successivi di spessore <30 cm. da compattare l'uno sull'altro.

### **Curvatura delle condotte**

Nella messa in opera delle tubazioni è importante tenere presente anche il raggio di curvatura massimo, affinché non si verifichino tensioni di parete troppo elevate, in particolare nei tubi con basso spessore.

Nella tabella sono indicati i raggi di curvatura minima ammissibili.

| T    | PN 125 | PN 8   | PN 5   |
|------|--------|--------|--------|
| 20°C | ≥ 20 Ø | ≥ 30 Ø | ≥ 45 Ø |
| 10°C | ≥ 35 Ø | ≥ 45 Ø | ≥ 60 Ø |
| 0°C  | ≥ 50 Ø | ≥ 60 Ø | ≥ 75 Ø |

### **Traino delle condotte**

Nelle operazioni di posa di tubi di medio e grosso diametro, le barre saldate possono essere trainate negli scavi mediante macchine operatrici, avendo l'avvertenza di proteggere le testate con chiusure per evitare l'ingresso di corpi estranei.

Per eseguire questa operazione, nelle lunghe tratte e nell'esecuzione del Relining, è necessario valutare una serie di fattori: peso e percorso della condotta, tipo di terreno, coefficiente di attrito tubo-terreno, e velocità di traino ed occorre impostare una verifica della lunghezza trainabile secondo il seguente sistema:

$$\delta_{amm} \geq \frac{P \cdot \mu \cdot K_s}{A}$$

per cui

$$P \leq \frac{\delta_{amm} \cdot A}{\mu \cdot K_s}$$

dove:  $\delta_{amm} = \delta_t \cdot 0,5 \text{ kg/cm}^2$

$\delta_t$  = si ricava dal grafico di seguito illustrato,  
in base alla durata prevista dell'operazione di traino

P = peso della tratta trainabile (kg)

$\mu$  = coefficiente di attrito tubi - terreno

PE - asfalto

$\mu$  statico 0,45  $\mu$  dinamico 0,24

PE - terreno compatto

$\mu$  statico 0,51  $\mu$  dinamico 0,28

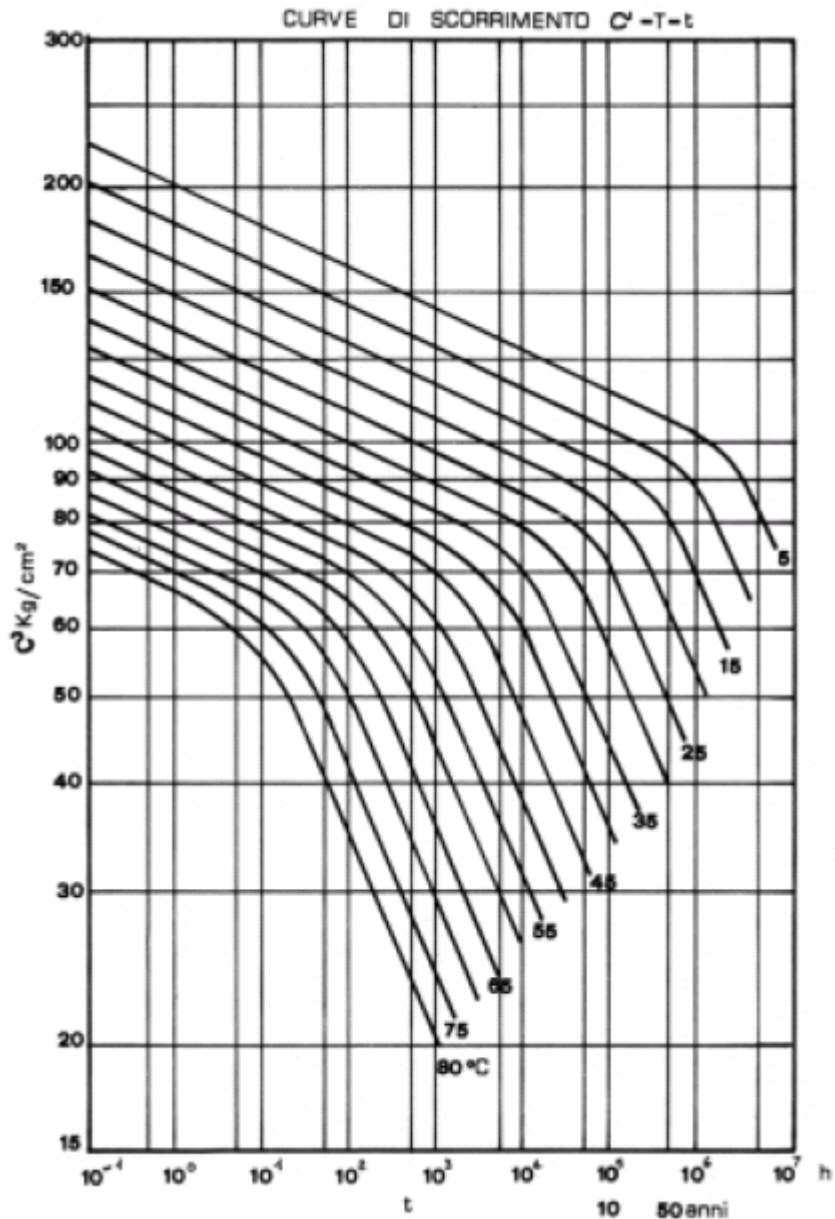
$K_s$  = coefficiente di sicurezza in cui sono considerate le variazioni del tracciato, curve, accelerazioni di traino, saldature

A = area della sezione della parete del tubo ( $\text{cm}^2$ )

Una volta verificata la lunghezza presupposta, lo sforzo di traino si può calcolare con:

$$T = P \cdot \mu$$

dove: T = sforzo di traino (kg)



### Colpo d'ariete

Un elemento che occorre valutare è la sovrappressione che si genera in una condotta per effetto del "COLPO D'ARIETE" conseguente all'interruzione del flusso per azionamento di una saracinesca. Tale sovrappressione dipende dal tempo di manovra della saracinesca, dalla velocità e caratteristiche del liquido trasportato ed infine dal modulo elastico del tubo. La sovrappressione 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.

Quindi:

$$(\text{tempo}) t = \frac{2 L}{c}$$

dove: L = lunghezza della condotta per il tratto considerato (m)

c = celerità di propagazione della perturbazione (m/s)

La sovrappressione  $\Delta h$  misurata in m di colonna d'acqua, determinata dalla chiusura istantanea di una saracinesca, è data dalla formula di ALLIEVI:

$$\Delta h = \frac{c}{g} V_o$$

nella quale:

$$c = \frac{C}{\sqrt{1 + \frac{e}{E} \frac{D}{s}}}$$

dove: c = celerità di propagazione della perturbazione (m/s)

g = accelerazione di gravità 9,8 m/s<sup>2</sup>

V<sub>o</sub> = velocità dell'acqua all'inizio della chiusura (m/s)

C = velocità del suono nell'acqua a 15°C = 1420 m/s circa

ε = modulo di elasticità del volume dell'acqua (kgf/m<sup>2</sup>)

E = modulo di elasticità del materiale costituente il tubo (kgf/m<sup>2</sup>)

D = diametro del tubo (m)

s = spessore del tubo (m)

I valori del modulo di elasticità Σ, del modulo E e del rapporto Σ/E, per il PE a.d., sono rispettivamente:

$$\epsilon = 2 \cdot 10^8 \text{ kgf/m}^2$$

$$E = 0,9 \cdot 10^8 \text{ kgf/m}^2$$

$$\epsilon/E = 2,2$$

**Sovrapressioni dovute al colpo d'ariete in condotte PE a.d. di m 1000 di lunghezza, convoglianti acqua alla velocità di 1 m/s**

| Grandezze | Unità di misura | Pressione nominale kgf/cm <sup>2</sup> |       |       |       |       |
|-----------|-----------------|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|           |                 | 2,5                                    | 4     | 6     | 10    | 16    |
| s/D       |                 | 0,025                                  | 0,039 | 0,057 | 0,091 | 0,138 |
| c         | m/s             | 158                                    | 196   | 236   | 296   | 361   |
| t         | s               | 12,7                                   | 10,2  | 8,5   | 6,8   | 5,6   |
| Δ h       | m               | 16                                     | 20    | 24    | 30    | 37    |

Come si rileva dalla Tabella la sovrappressione massima varia con la rigidità (rapporto s/D), per il PE a.d. da 16 a 37 metri. In analoghi tubi in acciaio essa raggiunge valori da 90 a 130 metri.

### Perdite di carico

I tubi PE a.d. appartengono alla classe dei tubi estremamente lisci e mantengono costante questa caratteristica anche dopo anni di esercizio; ciò è dovuto alla bassa scabrezza, conseguenza della tecnica di estrusione e della polimerizzazione del materiale.

Per la determinazione delle perdite di carico si possono utilizzare le seguenti formule: formula di DE MARCHI-MARCHETTI:

$$J = \sqrt[0,562]{88913 \frac{Q}{D^{2,66}}} = \sqrt[0,562]{69,832 \frac{V}{D^{0,66}}}$$

dove: J = perdita di carico (m/km)  
 Q = portata (l/s)  
 V = velocità (m/s)  
 D = diametro interno (mm)

formula di BLASIUS:

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

dove: J = perdita di carico (m/km)  
 λ = coefficiente di perdita di carico  
 V = velocità (m/s)  
 g = accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>)  
 d = diametro interno del tubo (mm)

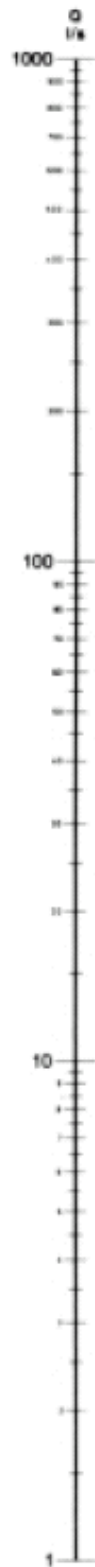
Il coefficiente di perdita di carico  $\lambda$  è in funzione del numero di Reynolds (Re):

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

dove:  $\nu$  = viscosità cinematica del fluido (m<sup>2</sup>/s)  
 $V$  = velocità (m/s)  
 $d$  = diametro interno (mm)

Per la determinazione grafica delle perdite di carico si riporta di seguito l'ABACO DI BLASIUS (valido per tubi idraulicamente lisci come il polietilene. Nelle tabelle sono riportate le perdite di carico per le diverse classi di pressioni, 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.





Abaco delle perdite di crico nei tubi di PE a.d.  
ricavato dalla formula di Blasius

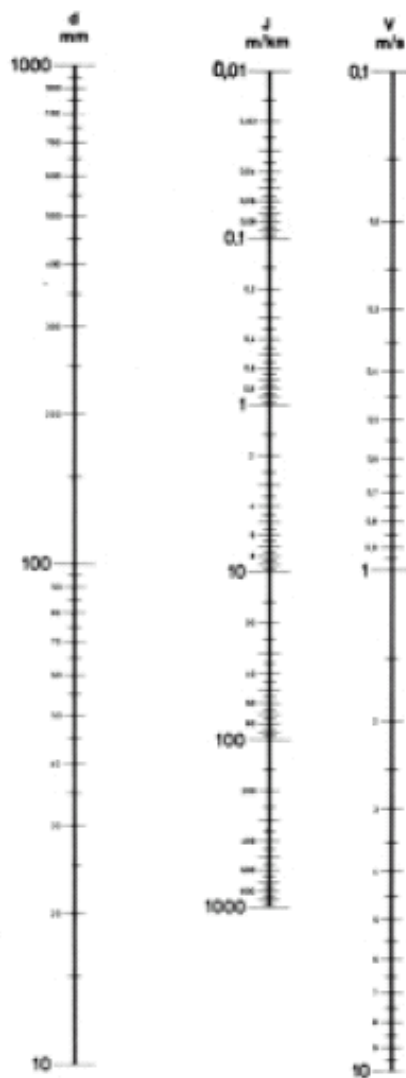
$$J = \frac{\lambda V^2}{2 g d} \quad (\text{per acqua a } 10^\circ\text{C})$$

$Q$  = portata L/s

$d$  = diametro interno (mm)

$J$  = perdita di carico (m/km)

$V$  = velocità (m/s)



**VELOCITÀ E PERDITA DI CARICO IN FUNZIONE DELLA PORTATA PER TUBI DI PE a.d. - UNI 10910 PN**  
**Q = Portata l/s      V = Velocità      J = Perdita di carico m/km      D = Diametro esterno mm**

| Q   | 40   |       | 50   |       | 63   |       | 75   |      | 90   |      | 110  |      | 125  |      | 140  |      | 160  |      | 180  |      | 200  |      | 225  |      |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | V    | J     | V    | J     | V    | J     | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    |
| 1,5 | 1,40 | 56,0  | 0,80 | 19,0  | 0,57 | 6,2   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2,0 | 1,87 | 95,0  | 1,19 | 32,0  | 0,75 | 10,5  | 0,53 | 4,4  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2,5 | 2,33 | 144,0 | 1,49 | 48,0  | 0,94 | 15,8  | 0,66 | 6,7  | 0,46 | 2,8  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3,0 | 2,80 | 200,0 | 1,78 | 67,0  | 1,12 | 22,0  | 0,79 | 9,3  | 0,55 | 3,9  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3,5 |      |       | 2,07 | 88,0  | 1,30 | 29,0  | 0,92 | 12,3 | 0,64 | 5,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4,0 |      |       | 2,35 | 112,0 | 1,49 | 37,0  | 1,05 | 15,6 | 0,73 | 6,5  | 0,49 | 2,5  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4,5 |      |       | 2,65 | 140,0 | 1,68 | 46,0  | 1,18 | 19,7 | 0,82 | 8,2  | 0,55 | 3,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5,0 |      |       |      |       | 1,87 | 56,5  | 1,31 | 23,0 | 0,91 | 10,0 | 0,61 | 3,8  | 0,47 | 2,0  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5,5 |      |       |      |       | 2,06 | 67,8  | 1,44 | 28,5 | 1,00 | 12,0 | 0,68 | 4,5  | 0,52 | 2,4  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6,0 |      |       |      |       | 2,24 | 79,0  | 1,57 | 33,5 | 1,10 | 14,0 | 0,74 | 5,3  | 0,57 | 2,8  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6,5 |      |       |      |       | 2,43 | 91,0  | 1,70 | 38,8 | 1,19 | 16,2 | 0,80 | 6,1  | 0,62 | 3,3  | 0,49 | 1,9  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7,0 |      |       |      |       | 2,62 | 104,0 | 1,83 | 44,2 | 1,28 | 18,5 | 0,86 | 7,0  | 0,67 | 3,8  | 0,53 | 2,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7,5 |      |       |      |       |      |       | 1,96 | 50,0 | 1,37 | 21,0 | 0,92 | 8,0  | 0,71 | 4,3  | 0,57 | 2,5  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8,0 |      |       |      |       |      |       | 2,09 | 56,0 | 1,46 | 23,5 | 0,98 | 9,0  | 0,75 | 4,8  | 0,60 | 2,8  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8,5 |      |       |      |       |      |       | 2,22 | 63,0 | 1,55 | 26,2 | 1,04 | 10,0 | 0,80 | 5,4  | 0,64 | 3,1  | 0,49 | 1,6  |      |      |      |      |      |      |
| 9,0 |      |       |      |       |      |       | 2,35 | 70,0 | 1,64 | 29,0 | 1,10 | 11,0 | 0,85 | 5,9  | 0,68 | 3,4  | 0,52 | 1,8  |      |      |      |      |      |      |
| 9,5 |      |       |      |       |      |       | 2,48 | 77,0 | 1,73 | 32,0 | 1,16 | 12,2 | 0,89 | 6,5  | 0,72 | 3,8  | 0,55 | 2,0  |      |      |      |      |      |      |
| 10  |      |       |      |       |      |       | 2,61 | 85,0 | 1,82 | 35,5 | 1,22 | 13,5 | 0,94 | 7,2  | 0,75 | 4,2  | 0,58 | 2,2  | 0,46 | 1,3  |      |      |      |      |
| 12  |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,18 | 50,0 | 1,46 | 19,0 | 1,13 | 10,1 | 0,90 | 5,9  | 0,69 | 3,1  | 0,55 | 1,8  | 0,44 | 1,1  |      |      |
| 14  |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,54 | 66,0 | 1,70 | 25,0 | 1,32 | 13,3 | 1,05 | 7,7  | 0,80 | 4,0  | 0,64 | 2,3  | 0,51 | 1,4  |      |      |
| 16  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 1,94 | 32,0 | 1,50 | 16,0 | 1,20 | 9,9  | 0,92 | 5,2  | 0,73 | 3,0  | 0,58 | 1,8  | 0,46 | 1,0  |
| 18  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,18 | 40,0 | 1,68 | 21,0 | 1,35 | 12,4 | 1,04 | 6,5  | 0,82 | 3,7  | 0,66 | 2,2  | 0,52 | 1,2  |
| 20  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,44 | 48,0 | 1,87 | 26,0 | 1,50 | 15,0 | 1,16 | 7,8  | 0,91 | 4,5  | 0,73 | 2,7  | 0,58 | 1,3  |
| 25  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      | 2,33 | 39,0 | 1,87 | 22,6 | 1,44 | 12,0 | 1,14 | 6,8  | 0,92 | 4,0  | 0,73 | 2,3  |
| 30  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      | 2,80 | 55,0 | 2,23 | 31,5 | 1,73 | 17,0 | 1,37 | 9,5  | 1,10 | 5,6  | 0,87 | 3,2  |
| 35  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,60 | 42,0 | 2,00 | 22,0 | 1,50 | 12,6 | 1,28 | 7,4  | 1,02 | 4,2  |
| 40  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,29 | 28,5 | 1,82 | 16,0 | 1,46 | 9,3  | 1,17 | 5,2  |
| 45  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,58 | 35,0 | 2,04 | 20,0 | 1,64 | 11,8 | 1,31 | 6,2  |
| 50  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,26 | 24,0 | 1,82 | 14,4 | 1,46 | 8,1  |
| 55  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,48 | 28,5 | 2,00 | 17,0 | 1,61 | 9,8  |
| 60  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,18 | 20,0 | 1,75 | 11,1 |      |
| 65  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,36 | 23,0 | 1,89 | 13,1 |      |
| 70  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,55 | 26,0 | 2,03 | 15,1 |      |
| 75  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,17 | 17,1 |
| 80  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,31 | 19,1 |
| 85  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,45 | 21,1 |
| 90  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,60 | 24,1 |
| 95  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 100 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 110 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 120 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 130 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 140 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 150 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 160 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 170 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 180 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 190 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 200 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 220 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 240 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 260 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 280 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 300 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 350 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 400 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 450 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 500 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 550 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 600 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 650 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 700 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 750 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

**| 5 - PER ACQUA A 10°C**

[illegible]

**VELOCITÀ E PERDITA DI CARICO IN FUNZIONE DELLA PORTATA PER TUBI DI PE a.d. - UNI 10**  
**Q = Portata l/s      V = Velocità      J = Perdita di carico m/km      D = Diametro ester**

| Q   | 40   |       | 50   |       | 63   |       | 75   |      | 90   |      | 110  |      | 125  |      | 140  |      | 160  |      | 180  |      | D    |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | V    | J     | V    | J     | V    | J     | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    |      |
| 1,5 | 1,50 | 67,0  | 0,97 | 23,0  | 0,61 | 7,5   | 0,44 | 3,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2,0 | 2,00 | 113,0 | 1,29 | 30,0  | 0,81 | 12,7  | 0,58 | 5,5  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2,5 | 2,50 | 172,0 | 1,61 | 58,5  | 1,01 | 19,0  | 0,72 | 8,2  | 0,49 | 3,4  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3,0 |      |       | 1,93 | 82,0  | 1,21 | 27,0  | 0,86 | 11,5 | 0,59 | 4,7  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3,5 |      |       | 2,24 | 108,0 | 1,41 | 35,0  | 1,00 | 15,0 | 0,69 | 6,2  | 0,46 | 2,3  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4,0 |      |       | 2,56 | 139,0 | 1,61 | 45,0  | 1,14 | 19,5 | 0,79 | 8,0  | 0,53 | 3,0  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4,5 |      |       |      |       | 1,81 | 56,0  | 1,28 | 24,0 | 0,89 | 9,8  | 0,60 | 3,8  | 0,46 | 2,0  |      |      |      |      |      |      |      |
| 5,0 |      |       |      |       | 2,01 | 68,0  | 1,43 | 29,5 | 0,99 | 12,0 | 0,66 | 4,6  | 0,51 | 2,5  |      |      |      |      |      |      |      |
| 5,5 |      |       |      |       | 2,21 | 81,0  | 1,58 | 35,0 | 1,09 | 14,5 | 0,73 | 5,5  | 0,56 | 3,0  |      |      |      |      |      |      |      |
| 6,0 |      |       |      |       | 2,41 | 95,0  | 1,72 | 41,0 | 1,19 | 17,0 | 0,80 | 6,4  | 0,61 | 3,5  | 0,49 | 2,0  |      |      |      |      |      |
| 6,5 |      |       |      |       | 2,61 | 110,0 | 1,86 | 47,5 | 1,28 | 19,5 | 0,86 | 7,4  | 0,67 | 4,0  | 0,53 | 2,3  |      |      |      |      |      |
| 7,0 |      |       |      |       |      |       | 2,00 | 55,0 | 1,38 | 22,4 | 0,93 | 8,5  | 0,72 | 4,6  | 0,57 | 2,6  |      |      |      |      |      |
| 7,5 |      |       |      |       |      |       | 2,14 | 62,0 | 1,48 | 25,3 | 0,99 | 9,5  | 0,77 | 5,2  | 0,61 | 3,0  |      |      |      |      |      |
| 8,0 |      |       |      |       |      |       | 2,28 | 69,0 | 1,58 | 28,1 | 1,06 | 10,7 | 0,82 | 5,8  | 0,65 | 3,4  | 0,50 | 1,8  |      |      |      |
| 8,5 |      |       |      |       |      |       | 2,42 | 77,0 | 1,68 | 32,0 | 1,12 | 12,0 | 0,87 | 6,5  | 0,69 | 3,8  | 0,53 | 2,0  |      |      |      |
| 9,0 |      |       |      |       |      |       | 2,56 | 86,0 | 1,78 | 35,5 | 1,18 | 13,4 | 0,92 | 7,2  | 0,73 | 4,2  | 0,56 | 2,2  |      |      |      |
| 9,5 |      |       |      |       |      |       |      |      | 1,87 | 39,5 | 1,25 | 14,9 | 0,97 | 7,9  | 0,77 | 4,6  | 0,59 | 2,4  |      |      |      |
| 10  |      |       |      |       |      |       |      |      | 1,97 | 43,0 | 1,32 | 16,2 | 1,02 | 8,7  | 0,81 | 5,1  | 0,63 | 2,7  | 0,49 | 1,5  |      |
| 12  |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,37 | 60,0 | 1,58 | 23,0 | 1,22 | 12,2 | 0,98 | 7,2  | 0,75 | 3,8  | 0,59 | 2,1  | 0,41 |
| 14  |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,77 | 80,0 | 1,83 | 30,0 | 1,42 | 16,0 | 1,14 | 9,4  | 0,88 | 5,0  | 0,69 | 2,8  | 0,51 |
| 16  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,09 | 38,0 | 1,62 | 20,5 | 1,30 | 12,0 | 1,00 | 6,4  | 0,79 | 3,6  | 0,61 |
| 18  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,35 | 47,5 | 1,82 | 25,5 | 1,46 | 15,0 | 1,12 | 7,9  | 0,89 | 4,5  | 0,71 |
| 20  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,62 | 58,0 | 2,02 | 31,5 | 1,63 | 18,2 | 1,25 | 9,5  | 0,99 | 5,4  | 0,81 |
| 25  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      | 2,52 | 47,0 | 2,03 | 27,5 | 1,56 | 14,5 | 1,24 | 8,1  | 1,01 |
| 30  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,43 | 38,0 | 1,87 | 20,0 | 1,48 | 11,5 | 1,21 |
| 35  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,83 | 50,0 | 2,18 | 26,5 | 1,72 | 15,0 | 1,41 |
| 40  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,48 | 34,0 | 1,96 | 19,0 | 1,61 |
| 45  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,79 | 42,0 | 2,20 | 24,0 | 1,81 |
| 50  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,45 | 29,0 | 2,01 |
| 55  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,70 | 35,0 | 2,21 |
| 60  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,41 |
| 65  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,61 |
| 70  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 75  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 80  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 85  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 90  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 95  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 100 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 110 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 120 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 130 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 140 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 150 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 160 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 170 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 180 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 190 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 200 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 220 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 240 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 260 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 280 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 300 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 350 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 400 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 450 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 500 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 550 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 600 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 650 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 700 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 750 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

## no mm

Pag 37

**VELOCITÀ E PERDITA DI CARICO IN FUNZIONE DELLA PORTATA PER TUBI DI I**  
**Q = Portata l/s      V = Velocità      J = Perdita di carico m/km      D =**

| Q   | 40   |       | 50   |       | 63   |       | 75   |      | 90   |      | 110  |      | 125  |      | 140  |      | V    |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | V    | J     | V    | J     | V    | J     | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    | V    | J    |      |
| 1,5 | 1,77 | 100,0 | 1,14 | 33,8  | 0,72 | 11,4  | 0,51 | 4,8  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2,0 | 2,35 | 170,0 | 1,52 | 57,0  | 0,96 | 18,7  | 0,67 | 8,3  | 0,48 | 3,6  |      |      |      |      |      |      |      |
| 2,5 | 2,95 | 250,0 | 1,90 | 86,0  | 1,19 | 28,5  | 0,84 | 12,0 | 0,60 | 5,3  |      |      |      |      |      |      |      |
| 3,0 |      |       | 2,26 | 120,0 | 1,44 | 40,0  | 1,01 | 17,0 | 0,72 | 7,5  | 0,48 | 2,7  |      |      |      |      |      |
| 3,5 |      |       | 2,63 | 180,0 | 1,67 | 53,0  | 1,17 | 22,0 | 0,84 | 9,8  | 0,54 | 3,5  |      |      |      |      |      |
| 4,0 |      |       |      |       | 1,90 | 67,0  | 1,34 | 28,5 | 0,96 | 12,5 | 0,62 | 4,5  | 0,48 | 2,3  |      |      |      |
| 4,5 |      |       |      |       | 2,15 | 84,0  | 1,51 | 35,8 | 1,08 | 15,7 | 0,70 | 5,5  | 0,54 | 2,9  |      |      |      |
| 5,0 |      |       |      |       | 2,40 | 102,0 | 1,68 | 43,8 | 1,20 | 19,0 | 0,78 | 6,7  | 0,60 | 3,5  | 0,48 | 2,1  |      |
| 5,5 |      |       |      |       | 2,65 | 122,0 | 1,85 | 52,0 | 1,32 | 23,0 | 0,86 | 8,0  | 0,66 | 4,2  | 0,53 | 2,5  |      |
| 6,0 |      |       |      |       |      |       | 2,01 | 60,0 | 1,44 | 26,8 | 0,94 | 9,5  | 0,71 | 4,9  | 0,58 | 2,9  |      |
| 6,5 |      |       |      |       |      |       | 2,18 | 70,0 | 1,56 | 31,0 | 1,01 | 11,0 | 0,77 | 5,6  | 0,62 | 3,4  | 0,48 |
| 7,0 |      |       |      |       |      |       | 2,35 | 80,0 | 1,68 | 35,5 | 1,09 | 12,6 | 0,83 | 6,5  | 0,67 | 3,9  | 0,53 |
| 7,5 |      |       |      |       |      |       | 2,51 | 90,0 | 1,80 | 40,0 | 1,17 | 14,2 | 0,89 | 7,3  | 0,72 | 4,4  | 0,58 |
| 8,0 |      |       |      |       |      |       |      |      | 1,92 | 45,0 | 1,25 | 16,0 | 0,95 | 8,3  | 0,77 | 5,0  | 0,58 |
| 8,5 |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,04 | 50,0 | 1,32 | 18,0 | 1,01 | 9,3  | 0,81 | 5,5  | 0,63 |
| 9,0 |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,15 | 56,0 | 1,40 | 20,0 | 1,06 | 10,3 | 0,86 | 6,1  | 0,68 |
| 9,5 |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,27 | 62,0 | 1,48 | 22,0 | 1,12 | 11,4 | 0,91 | 6,8  | 0,73 |
| 10  |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,39 | 68,0 | 1,55 | 24,0 | 1,18 | 12,5 | 0,96 | 7,5  | 0,78 |
| 12  |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,85 | 95,0 | 1,87 | 32,0 | 1,41 | 17,5 | 1,15 | 10,5 | 0,98 |
| 14  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,15 | 45,0 | 1,64 | 23,0 | 1,33 | 13,8 | 1,07 |
| 16  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,48 | 58,0 | 1,88 | 30,0 | 1,52 | 17,8 | 1,17 |
| 18  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      | 2,80 | 72,0 | 2,12 | 37,0 | 1,71 | 22,0 | 1,3  |
| 20  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      | 2,35 | 44,5 | 1,90 | 26,5 | 1,41 |
| 25  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      | 2,92 | 66,0 | 2,37 | 40,0 | 1,8  |
| 30  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,85 | 56,0 | 2,2  |
| 35  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,51 |
| 40  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 45  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 50  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 55  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 60  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 65  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 70  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 75  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 80  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 85  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 90  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 95  |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 100 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 110 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 120 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 130 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 140 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 150 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 160 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 170 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 180 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 190 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 200 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 220 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 240 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 260 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 280 |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

**DE a.d. - UNI 10910 PN 12,5 - PER ACQUA A 10°C**

Diametro esterno mm

[illegible]



## VELOCITÀ E PERDITA DI CARICO IN FUNZIONE DELLA PORTATA

Q = Portata l/s

V = Velocità

J = Perdita di carico r

| Q   | 40   |       | 50   |       | 63   |       | 75   |       | 90   |      | 110  |      |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
|     | V    | J     | V    | J     | V    | J     | V    | J     | V    | J    | V    | J    |
| 1,5 | 2,28 | 181,0 | 1,45 | 60,0  | 0,90 | 19,5  | 0,65 | 8,6   | 0,45 | 3,6  |      |      |
| 2,0 | 3,03 | 308,0 | 1,91 | 101,0 | 1,20 | 33,0  | 0,86 | 14,5  | 0,60 | 6,0  |      |      |
| 2,5 |      |       | 2,40 | 153,0 | 1,50 | 49,0  | 1,07 | 21,5  | 0,75 | 9,1  | 0,50 | 3,5  |
| 3,0 |      |       | 2,88 | 215,0 | 1,80 | 69,0  | 1,28 | 30,5  | 0,90 | 12,8 | 0,60 | 4,5  |
| 3,5 |      |       |      |       | 2,10 | 92,0  | 1,49 | 40,0  | 1,04 | 16,9 | 0,70 | 6,4  |
| 4,0 |      |       |      |       | 2,40 | 117,0 | 1,70 | 51,0  | 1,19 | 21,5 | 0,80 | 8,0  |
| 4,5 |      |       |      |       | 2,70 | 146,0 | 1,91 | 64,0  | 1,34 | 26,5 | 0,90 | 10,0 |
| 5,0 |      |       |      |       |      |       | 2,12 | 78,0  | 1,49 | 32,5 | 1,00 | 12,0 |
| 5,5 |      |       |      |       |      |       | 2,34 | 93,0  | 1,64 | 39,0 | 1,10 | 14,0 |
| 6,0 |      |       |      |       |      |       | 2,56 | 108,0 | 1,79 | 46,0 | 1,20 | 17,0 |
| 6,5 |      |       |      |       |      |       |      |       | 1,94 | 53,0 | 1,30 | 20,0 |
| 7,0 |      |       |      |       |      |       |      |       | 2,09 | 61,0 | 1,40 | 22,0 |
| 7,5 |      |       |      |       |      |       |      |       | 2,24 | 69,0 | 1,50 | 25,0 |
| 8,0 |      |       |      |       |      |       |      |       | 2,39 | 77,0 | 1,60 | 29,0 |
| 8,5 |      |       |      |       |      |       |      |       | 2,54 | 86,0 | 1,70 | 32,0 |
| 9,0 |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      | 1,79 | 36,0 |
| 9,5 |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      | 1,88 | 39,0 |
| 10  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      | 1,98 | 43,0 |
| 12  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,38 | 62,0 |
| 14  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      | 2,78 | 81,0 |
| 16  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 18  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 20  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 25  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 30  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 35  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 40  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 45  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 50  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 55  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 60  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 65  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |
| 70  |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |      |      |



PER TUBI DI PE a.d. - UNI 10910 PN 20 - PER ACQUA A 10°C  
n/km      D = Diametro esterno mm

[illegible]

## Collaudo della condotta

La prova della condotta deve essere effettuata su tratti di 500 metri circa. Si procede al riempimento con acqua dal punto più depresso della tratta, ove verrà installato un manometro. Si avrà la massima cura nel lasciare aperti rubinetti, sfiati, ecc. onde consentire la completa fuoriuscita dell'aria.

Di seguito la tratta si metterà in pressione con una pompa, salendo gradualmente di 1 kgf/cm<sup>2</sup> al minuto fino al raggiungimento della pressione di collaudo.

Normalmente la prova di collaudo si protrae per almeno 12 ore con una pressione 1,5 volte superiore a quella nominale a 20°C.

## **Guasti e riparazioni**

Il tubo PE a.d. della AN PLAST Srl per le sue proprietà ampiamente descritte, presenta la caratteristica di un'elevata resistenza alla corrosione, cui invece sono sottoposti i tubi metallici. I guasti riscontrati comunemente sono quelli provocati da lesioni di macchine operatrici o dovuti ad errata esecuzione di saldature o errato montaggio della raccorderia.

L'intervento di risanamento, in seguito al riscontro di una lesione contenuta, può essere eseguito in diversi sistemi, dei quali il più comune è quello di utilizzare collari di riparazione.

Nel caso di rotture molto più estese si procede alla sostituzione del tratto di condotta.

## Gasdotti

Il tubo in polietilene, largamente usato per sistemi di acquedottistica, negli ultimi anni, ha sempre più trovata applicazione nel convogliamento di gas combustibili. Il tubo è costruito secondo la norma UNI EN 1555 e in conformità al D.M. 24/11/1984 e D.M. 16/11/1999 e presenta le seguenti caratteristiche generali (valori medi) a 20°C:

- massa volumica nominale:  
 $\geq 0,930 \text{ g/cm}_3$
- indice fluidità (190 °C - 5 kgf)  
0,4 a 1,3 g/10 min
- conduttività termica:  
 $\approx 0,55 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$   
 $\approx 0,47 \text{ Kcal/(m} \cdot \text{h} \cdot \text{°C)}$
- coefficiente di dilatazione termica  
 $\approx 200 \text{ MK}^{-1}$

Teniamo ad evidenziare le raccomandazioni per l'installazione dei tubi di polietilene (PE 50) contenute nella Pubblicazione per la posa dei tubi per acquedotto.

### Classificazione delle condotte di PE80 per il trasporto e la distribuzione di gas combustibile

In base alla norma UNI EN 1555 al D. M. del 24/11/1984 e successivo D.M. 16/11/1999: "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" la classificazione delle condotte è la seguente:

| Specie di condotta | Massima Pressione                                           | Campi di applicazione*             |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 7a                 | Fino a 0,04 bar                                             | Reti interrate<br>per gas naturale |
| 6a                 | Da 0,04 bar a 0,5 bar                                       |                                    |
| 5a                 | Da 0,5 bar a 1,5 bar fino a $\varnothing \leq 315\text{mm}$ |                                    |
| 4a                 | Da 1,5 bar a 4 bar fino a $\varnothing \leq 160\text{mm}$   |                                    |

(Definizioni tratte dalla norma UNI 9165)

| Serie | Pressioni Bar                                                                                                                                                                       | MOP (bar)<br>Massima Pressione Operativa |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 12,5  | Fino a 0,5 per tutti i $\varnothing$ esterni ( $D > 140\text{mm}$ );<br>fino a 1,5 per $D \leq 315\text{mm}$ .                                                                      | 2                                        |
| 8     | Fino a 0,5 per tutti i diametri ( $D > 32\text{mm}$ );<br>fino a 1,5 per $D \leq 315\text{mm}$ ;<br>fino a 2,4 per $D \leq 160\text{mm}$ ;<br>fino a 3,2 per $D \leq 40\text{mm}$ . | 3                                        |
| 5     | Fino a 0,5 per tutti i $D$ ;<br>fino a 1,5 per $D \leq 315\text{mm}$ ;<br>fino a 4 per $D \leq 160\text{mm}$ .                                                                      | 5                                        |

(Definizioni tratte dalla norma UNI 4437 e successivi D.M.)

\* Per gas tecnici è ammissibile l'uso di tubazioni di PE80 soltanto quando il gas ha un contenuto di idrocarburi aromatici tale da non dare origine a condensa alle condizioni di esercizio (temperatura pressione e tensione di vapore dei singoli componenti).

## **Posa in opera**

La condotta dovrà essere interrata ad una profondità variabile in funzione della specie e non inferiore ai seguenti valori:

4a e 5a specie = m 0,90

6a e 7a specie = m 0,60

Solo in casi particolari (terreni rocciosi, terreni di campagna ondulati, sedi stradali, corsi d'acqua) e previa adozione di prescrizioni particolari, è possibile interrare le tubazioni a profondità inferiori.

Nel posizionamento dei tubi è da evitare la vicinanza di condutture aventi temperature superiori a 30° C oppure di serbatoi contenenti materiali infiammabili, inoltre si devono osservare le distanze di sicurezza dai fabbricati. Le operazioni di collocamento in opera devono essere eseguite da operatori esperti. La posa delle condotte, preparate sul fianco dello scavo e precollaudate, avverrà appena lo scavo sarà completato e rifinito. È necessario mettere un nastro giallo continuo con la dicitura "TUBAZIONE GAS" sotto il piano stradale e sull'asse della condotta ad una distanza da essa di 30. cm per evitare che il gasdotto venga danneggiato da successivi eventuali lavori di scavo.

Curve, raccordi, collettori, tappi e simili devono essere ancorati in modo da impedirne lo slittamento durante la prova a pressione.

I pezzi speciali quali valvole d'arresto, barilotti, raccogli condensa e simili, che possono sollecitare i tubi col loro peso, devono essere sostenuti con supporti autonomi in modo da non trasmettere le loro sollecitazioni al gasdotto.

## **Parallelismo ed attraversamenti**

Nel caso di parallelismo 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. 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.).

La tubazione deve essere interrata nella sede di transito. Si esclude la possibilità di collocarla in camere vuote di manufatti non liberamente arieggiate.

## Allacciamenti

### Prese

Il collegamento della derivazione di allacciamento alla condotta stradale o presa, deve essere realizzato con due sistemi:

- con saldatura di pezzo speciale di PE/A-B alla condotta
- con collari di presa elettrosaldabili.

La saldatura della presa di PE/A-B alla condotta, anch'essa di PE/A-B, può essere attuata nei due sistemi seguenti:

- a) per polifusione con termoelementi
- b) per elettrofusione.

Entrambi i sistemi sono applicabili sia a condutture nuove sia a condutture in esercizio. Per quanto concerne il sistema

a) la saldatura avviene mediante un'apposita attrezzatura che consente l'unione perpendicolare della presa con la condotta a mezzo di termoelementi.

b) la saldatura, anche in questo caso avviene ricorrendo ad una apparecchiatura particolare che consente l'unione perpendicolare della presa con la condotta mediante elettrofusione a tensione di sicurezza. Avvenuta la saldatura, si procede a forare la condotta.

### 9.4.2. Derivazioni

Il successivo collegamento della presa con la derivazione, che di solito ha un diametro variabile da 20 a 63 mm. Viene effettuato secondo i tre sistemi seguenti:

- 1) tramite giunzione a collegamento meccanico con guarnizione elastomerica e relativa boccia di irrigidimento della testata del tubo di derivazione;
- 2) tramite giunzione per saldatura testa a testa (generalmente per tubi con diametri superiori a 40 mm.)
- 3) tramite giunzione con manicotti per elettrofusione. A valle dell'attacco del tubo di derivazione, esternamente al fabbricato e quindi prima della colonna montante, può essere installato (interrandolo in un apposito pozzetto) un rubinetto di intercettazione dotato di raccordo misto metallo-plastica.

Il medesimo raccordo può essere montato come giunto di trasferimento tra tubi di PE/A-B e tubi metallici, anche senza l'inserimento del rubinetto di intercettazione.

Le distanze dal fabbricato non devono, in ogni caso essere inferiori a quelle (da metri 3 a metri 0,5) previste in funzione della categoria di posa ed alla specie della condotta.

Usando tubi in rotoli si dovrà curare maggiormente la posa affinché non si formino sacche. Si deve in ogni caso, usando raccordi con giunzione elastica e con tenuta sull'esterno del tubo provvedere a rinforzare l'interno dei tubi con boccole di materiale rigido, onde evitare che nel tempo il tubo di PE/A-B si deformi sotto la sollecitazione continua della guarnizione.

Nella posa di condotte in parallelismo con fabbricati isolati o con gruppi di fabbricati, si devono osservare, in relazione alle categorie di posa indicate nel seguito le seguenti distanze

di sicurezza: Categoria di posa A ml. 3 per la 4° specie ml. 3 per la 5a specie ml. 1,5 per la 6a specie.

### Odorizzazione del gas

Il gas dovrà essere odorizzato nella concentrazione e nei tipi di odorizzanti previsti dalla Legge G.U.R. n. 4. del 13/2/1978, in quanto tali concentrazioni e tipi non alterano assolutamente il comportamento del tubo di PE/A-B previsto dalla norma.

### Perdite di carico per flusso non turbolento di gas naturale

Per la determinazione delle perdite di carico relative al convogliamento di gas naturale in tubi di PE/A-B si ricorre alla formula di Renouard:

*Per pressione fino a 0,05 bar*

$$PA - PB = 232 \cdot 10^6 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1,82} \cdot D^{-4,82} (*)$$

dove:

- PA - PB = variazione della pressione, espressa in mm H<sub>2</sub>O all'origine e alla fine della tubazione;
- S = densità del gas combustibile in esame. Per il gas naturale la densità (relativa all'aria assunta = 1) risulta 0,5545;
- L = lunghezza della tubazione (km);
- Q = portata in mc/h (a 15° e 760 mm Hg);
- D = diametro interno del tubo (mm).

*Per pressione oltre 0,05 bar e fino a 4 bar*

$$P_A^2 - P_B^2 = 48600 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1,82} \cdot D^{-4,82} (*)$$

dove:

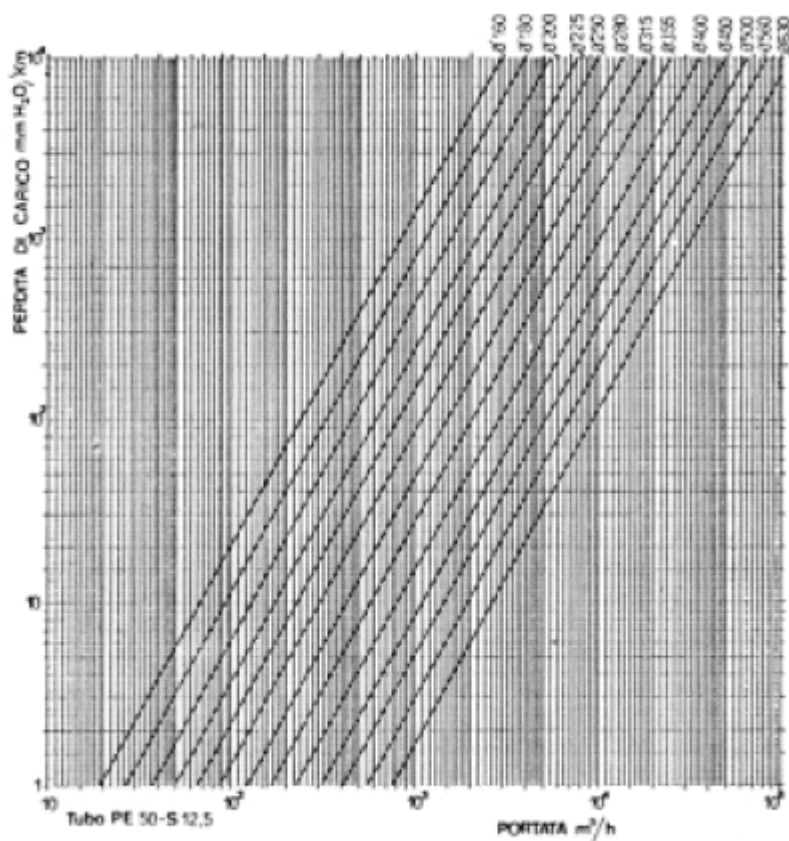
- P<sub>A</sub> = pressione assoluta iniziale (kg/cm<sup>2</sup>);
- P<sub>B</sub> = pressione assoluta finale (kg/cm<sup>2</sup>);
- S = densità del gas combustibile in esame. Per il gas naturale la densità (relativamnete all'aria assunta = 1) risulta 0,5545;
- L = lunghezza della tubazione (km);
- Q = portata in mc/h (a 15° e 760 mm Hg);
- D = diametro interno del tubo (mm).

### 9.7 Collaudo della condotta

Il collaudo della condotta deve essere effettuato in due fasi: la prima fuori dello scavo per il controllo di tenuta, la seconda dentro lo scavo per verificare la resistenza a pressione dell'intero sistema.

## COLLAUDO DI CONTROLLO A TENUTA.

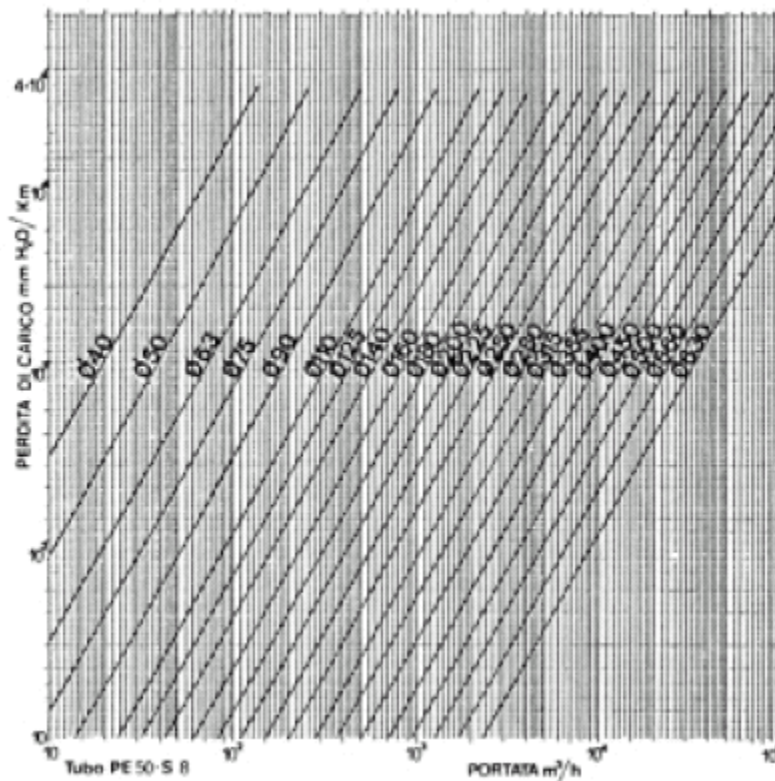
Le estremità delle sezioni di condotta, prima del reinterro vengono tappate con idonei sistemi.



Le sezioni vengono quindi riempite con aria (alla pressione di 1 bar per le condotte di 4a e 5a specie, di 0,2 bar per le condotte di 6a e 7a specie) e mantenute a questa pressione per 1 ora. In questo intervallo di tempo tutte le giunzioni vengono controllate per scoprire eventuali fughe.

#### COLLAUDO A PRESSIONE DELL'INTERO SISTEMA.

Quando la condotta è stata posata, ultimati i collegamenti ed il reinterro, si procede alla chiusura delle estremità e si dà inizio alla prova a pressione. Essa può essere eseguita

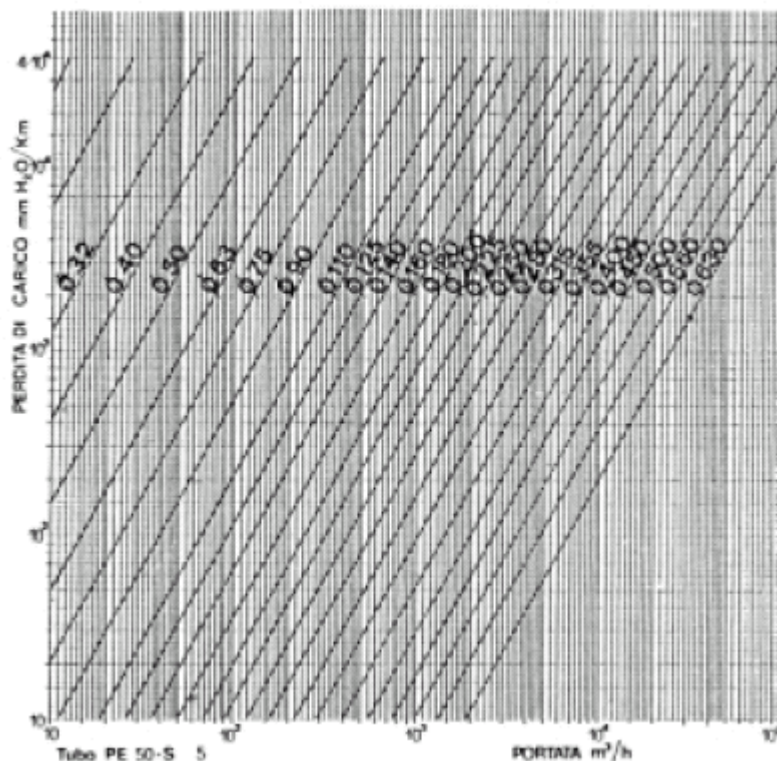


idraulicamente, oppure con aria o con gas inerte dopo aver adottato tutti gli accorgimenti necessari all'esecuzione, in condizioni di assoluta sicurezza.

Il collaudo deve consistere in una prova ad una pressione pari almeno:

- a 1,5 volte il valore massimo di esercizio per condotte di 4a e 5a specie.
- a 1 bar per condotte di 6a e 7a specie.





Il collaudo viene giudicato positivo quando la pressione prescritta si è mantenuta inalterata (a meno di variazioni dovute alle oscillazioni della temperatura ambiente) per almeno 24 ore. La pressione dovrà essere controllata con apparecchiature di precisione.

### Ispezioni e riparazioni

Come nel caso di gasdotti interrati fatti con altri materiali, la rete deve essere esaminata periodicamente per accertare la tenuta del gas. È pertanto necessario che essa sia riportata su una pianta, la quale indichi anche i punti in cui si trovano i raccordi rubinetteria e tubi di diramazione nonché i corrispondenti punti di riferimento topografici.

La riparazione dei tubi si rende necessaria quando questi risultano danneggiati. In tal caso si colloca, prima e dopo il pezzo danneggiato, uno o più palloni otturatori per l'interruzione temporanea del flusso di gas. Si asporta la parte del tubo danneggiata e si rimonta un nuovo pezzo mediante manicotti elettro-saldabili o raccorderia metallica con guarnizione elastomerica.

## **Fognature**

Il tubo PE a.d. è particolarmente indicato per la realizzazione di impianti di scarico in edifici civili ed industriali, oppure in terreni particolarmente instabili dove altri materiali più rigidi comunemente usati potrebbero rompersi a seguito dei cedimenti e delle relative sollecitazioni del terreno. Questo grazie alla elevata resistenza ai prodotti chimici, alla elasticità del materiale, alle caratteristiche idrauliche che rimangono inalterate nel tempo ed alla costanza di portata anche a basse pendenze. L'utilizzo di queste condutture presenta un notevole vantaggio economico dovuto alle loro caratteristiche di flessibilità, di resistenza e di grande leggerezza, che facilitano sensibilmente le operazioni di posa.

## **Calcolo idraulico di fognature**

Le dimensioni delle tubazioni, la portata e la velocità in base al grado di riempimento ed alla pendenza della condotta, si calcolano mediante il metodo di CHEZY- BAZIN:

dati:  $Q$  = portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $V$  = velocità ( $\text{m}/\text{s}$ )  
 $S$  = sezione bagnata del tubo ( $\text{m}^2$ )  
 $P$  = perimetro della sezione bagnata del tubo (m)  
 $R = \frac{S}{P}$  raggio medio della sezione bagnata (m)  
 $d$  = diametro interno del tubo (m)  
 $h$  = altezza del fluido nel tubo (m)

$r = \frac{h}{d}$  grado di riempimento della condotta  
 $i$  = pendenza della condotta (m/m)  
 $c$  = coefficiente di scabrezza della condotta: per il PE  
 a.d. = 0,06

Si ricava con Chezy la velocità:

$$V = K \sqrt{R i}$$

e poiché in base alla seconda relazione di Bazin:

$$K = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}} = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + c}$$

dato che:

$$Q = S \cdot V$$

si ha che:

$$Q = \frac{87 S R \sqrt{i}}{\sqrt{R} + 0,06}$$

nel caso di pendenza  $i = 1\% = 0,01$  si riduce a:

$$Q = \frac{87 S R}{\sqrt{R} + 0,06}$$

Nelle tabelle allegate 1 e 2 sono riportati i valori di portata e velocità del fluido per pendenze 1%.

Per pendenze i diverse da 1% si usano le relazioni correttive:

$$Q' = Q \cdot 10 \cdot \sqrt{i} \quad V' = V \cdot 10 \cdot \sqrt{i}$$

Nella Tabella 3 sono riportati i valori  $10 \cdot \sqrt{i}$  per le pendenze tra 0,05‰ e 100‰.

TABELLA 1

**Portata in 1/s, in funzione del grado di riempimento per pendenza 1%**

| r    | Diametro esterno in mm (norma UNI 7613 - Tipo 303) |       |       |       |       |        |        |        |        |         |         |         |         |         |  |  |
|------|----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
|      | 110                                                | 125   | 160   | 200   | 250   | 315    | 400    | 500    | 630    | 710     | 800     | 900     | 1000    | 1200    |  |  |
| 100  | 8,48                                               | 11,90 | 22,71 | 40,79 | 72,83 | 132,72 | 246,32 | 437,93 | 792,83 | 1078,18 | 1462,75 | 1977,51 | 2590,35 | 4125,80 |  |  |
| 0,91 | 8,99                                               | 12,66 | 24,11 | 43,17 | 76,98 | 140,08 | 259,60 | 460,94 | 833,54 | 1132,94 | 1536,18 | 2075,78 | 2717,84 | 4325,77 |  |  |
| 0,83 | 8,48                                               | 11,94 | 22,73 | 40,72 | 72,63 | 132,09 | 244,78 | 434,53 | 785,66 | 1067,71 | 1477,70 | 1955,59 | 2560,90 | 4075,54 |  |  |
| 0,70 | 7,03                                               | 9,86  | 18,87 | 33,78 | 60,21 | 109,51 | 203,11 | 360,65 | 652,18 | 886,41  | 1201,96 | 1624,06 | 2126,44 | 3384,51 |  |  |
| 0,60 | 5,67                                               | 7,94  | 15,18 | 27,20 | 48,55 | 88,42  | 163,96 | 291,25 | 526,87 | 716,28  | 971,48  | 1312,90 | 1719,28 | 2737,19 |  |  |
| 0,50 | 4,22                                               | 5,93  | 11,35 | 20,36 | 36,38 | 66,35  | 123,11 | 218,83 | 396,20 | 563,11  | 731,01  | 988,24  | 1294,53 | 2061,85 |  |  |
| 0,40 | 2,88                                               | 4,03  | 7,69  | 13,86 | 24,78 | 45,19  | 83,99  | 149,49 | 270,95 | 368,67  | 500,47  | 676,94  | 887,06  | 1413,87 |  |  |
| 0,30 | 1,66                                               | 2,33  | 4,50  | 8,12  | 14,57 | 26,86  | 49,65  | 88,51  | 160,69 | 218,84  | 297,31  | 402,45  | 527,74  | 842,03  |  |  |
| 0,20 | 0,76                                               | 1,06  | 2,01  | 3,66  | 6,62  | 12,14  | 22,67  | 40,57  | 73,69  | 100,78  | 140,25  | 195,83  | 243,95  | 389,97  |  |  |
| 0,10 | 0,17                                               | 0,24  | 0,48  | 0,89  | 1,58  | 2,95   | 5,55   | 9,98   | 18,30  | 25,05   | 34,16   | 46,44   | 61,11   | 98,10   |  |  |
| 0,09 | 0,13                                               | 0,19  | 0,37  | 0,68  | 1,23  | 2,29   | 4,32   | 7,77   | 14,26  | 19,54   | 26,68   | 33,30   | 47,78   | 76,76   |  |  |
| 0,08 | 0,10                                               | 0,15  | 0,29  | 0,52  | 0,95  | 1,77   | 3,33   | 6,02   | 11,04  | 15,10   | 20,69   | 28,13   | 37,08   | 58,63   |  |  |
| 0,07 | 0,08                                               | 0,11  | 0,22  | 0,40  | 0,73  | 1,36   | 2,58   | 4,66   | 8,59   | 11,75   | 16,05   | 21,89   | 28,84   | 46,43   |  |  |
| 0,06 | 0,06                                               | 0,08  | 0,16  | 0,28  | 0,51  | 0,95   | 1,79   | 3,25   | 5,97   | 8,24    | 11,26   | 15,36   | 20,24   | 32,60   |  |  |
| 0,05 | 0,03                                               | 0,05  | 0,10  | 0,18  | 0,34  | 0,63   | 1,19   | 2,17   | 4,01   | 5,53    | 7,55    | 10,29   | 13,62   | 21,97   |  |  |

TABELLA 2

Velocità in m/s, in funzione del grado di riempimento per pendenza 1%

| r    | Diametro esterno in mm (norma UNI 7613 - Tipo 303) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|------|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|      | 110                                                | 125  | 160  | 200  | 250  | 315  | 400  | 500  | 630  | 710  | 800  | 900  | 1000 | 1200 |  |
| 1,00 | 1,02                                               | 1,10 | 1,29 | 1,48 | 1,69 | 1,94 | 2,23 | 2,53 | 2,89 | 3,09 | 3,31 | 3,53 | 3,75 | 4,15 |  |
| 0,91 | 1,13                                               | 1,23 | 1,43 | 1,64 | 1,87 | 2,14 | 2,46 | 2,79 | 3,18 | 3,41 | 3,64 | 3,88 | 4,12 | 4,55 |  |
| 0,83 | 1,15                                               | 1,25 | 1,45 | 1,66 | 1,90 | 2,17 | 2,50 | 2,84 | 3,23 | 3,45 | 3,77 | 3,94 | 4,18 | 4,62 |  |
| 0,70 | 1,13                                               | 1,22 | 1,43 | 1,63 | 1,87 | 2,14 | 2,46 | 2,79 | 3,18 | 3,40 | 3,64 | 3,88 | 4,12 | 4,55 |  |
| 0,60 | 1,07                                               | 1,17 | 1,37 | 1,57 | 1,80 | 2,06 | 2,37 | 2,69 | 3,07 | 3,28 | 3,51 | 3,75 | 3,97 | 4,39 |  |
| 0,50 | 1,01                                               | 1,10 | 1,29 | 1,47 | 1,69 | 1,94 | 2,23 | 2,53 | 2,89 | 3,09 | 3,31 | 3,53 | 3,75 | 4,15 |  |
| 0,40 | 0,93                                               | 1,00 | 1,17 | 1,34 | 1,54 | 1,77 | 2,04 | 2,32 | 2,65 | 2,84 | 3,03 | 3,24 | 3,44 | 3,81 |  |
| 0,30 | 0,79                                               | 0,86 | 1,01 | 1,16 | 1,34 | 1,54 | 1,78 | 2,03 | 2,33 | 2,49 | 2,67 | 2,85 | 3,03 | 3,36 |  |
| 0,20 | 0,64                                               | 0,69 | 0,81 | 0,93 | 1,08 | 1,25 | 1,44 | 1,65 | 1,90 | 2,03 | 2,23 | 2,34 | 2,48 | 2,76 |  |
| 0,10 | 0,40                                               | 0,43 | 0,52 | 0,62 | 0,71 | 0,83 | 0,97 | 1,11 | 1,29 | 1,38 | 1,49 | 1,60 | 1,70 | 1,90 |  |
| 0,09 | 0,36                                               | 0,40 | 0,48 | 0,57 | 0,65 | 0,77 | 0,90 | 1,03 | 1,19 | 1,29 | 1,39 | 1,49 | 1,59 | 1,77 |  |
| 0,08 | 0,33                                               | 0,38 | 0,45 | 0,51 | 0,60 | 0,71 | 0,82 | 0,95 | 1,10 | 1,19 | 1,28 | 1,37 | 1,47 | 1,61 |  |
| 0,07 | 0,32                                               | 0,33 | 0,41 | 0,48 | 0,56 | 0,66 | 0,77 | 0,89 | 1,03 | 1,11 | 1,20 | 1,29 | 1,38 | 1,54 |  |
| 0,06 | 0,30                                               | 0,32 | 0,38 | 0,43 | 0,50 | 0,59 | 0,69 | 0,80 | 0,92 | 1,00 | 1,08 | 1,16 | 1,24 | 1,39 |  |
| 0,05 | 0,20                                               | 0,26 | 0,31 | 0,37 | 0,44 | 0,52 | 0,60 | 0,70 | 0,82 | 0,89 | 0,96 | 1,03 | 1,10 | 1,24 |  |

TABELLA 3

Valori di:  $10 \sqrt{f}$  per pendenze da 0,05‰ a 100‰

| r‰   | $10 \sqrt{f}$ | r‰  | $10 \sqrt{f}$ | r‰  | $10 \sqrt{f}$ | r‰  | $10 \sqrt{f}$ | r‰   | $10 \sqrt{f}$ | r‰   | $10 \sqrt{f}$ | r‰    | $10 \sqrt{f}$ | r‰ | $10 \sqrt{f}$ |
|------|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|------|---------------|------|---------------|-------|---------------|----|---------------|
| 0,05 | 0,071         | 1,6 | 0,400         | 4,2 | 0,648         | 6,8 | 0,825         | 9,4  | 0,970         | 20,0 | 1,414         | 46,0  | 2,145         |    |               |
| 0,1  | 0,100         | 1,8 | 0,424         | 4,4 | 0,663         | 7,0 | 0,837         | 9,6  | 0,980         | 22,0 | 1,483         | 48,0  | 2,191         |    |               |
| 0,2  | 0,141         | 2,0 | 0,447         | 4,6 | 0,678         | 7,2 | 0,849         | 9,8  | 0,990         | 24,0 | 1,549         | 50,0  | 1,236         |    |               |
| 0,3  | 0,173         | 2,2 | 0,469         | 4,8 | 0,693         | 7,4 | 0,860         | 10,0 | 1,000         | 26,0 | 1,612         | 55,0  | 2,345         |    |               |
| 0,4  | 0,200         | 2,4 | 0,485         | 5,0 | 0,707         | 7,6 | 0,872         | 11,0 | 1,049         | 28,0 | 1,673         | 60,0  | 2,449         |    |               |
| 0,5  | 0,224         | 2,6 | 0,510         | 5,2 | 0,721         | 7,8 | 0,883         | 12,0 | 1,095         | 30,0 | 1,732         | 65,0  | 2,550         |    |               |
| 0,6  | 0,245         | 2,8 | 0,529         | 5,4 | 0,735         | 8,0 | 0,894         | 13,0 | 1,140         | 32,0 | 1,782         | 70,0  | 2,646         |    |               |
| 0,7  | 0,265         | 3,0 | 0,548         | 5,6 | 0,748         | 8,2 | 0,906         | 14,0 | 1,183         | 34,0 | 1,844         | 75,0  | 2,739         |    |               |
| 0,8  | 0,283         | 3,2 | 0,566         | 5,8 | 0,762         | 8,4 | 0,917         | 15,0 | 1,225         | 36,0 | 1,897         | 80,0  | 2,828         |    |               |
| 0,9  | 0,300         | 3,4 | 0,583         | 6,0 | 0,775         | 8,6 | 0,927         | 16,0 | 1,265         | 38,0 | 1,949         | 85,0  | 2,915         |    |               |
| 1,0  | 0,316         | 3,6 | 0,600         | 6,2 | 0,787         | 8,8 | 0,938         | 17,0 | 1,304         | 40,0 | 2,000         | 90,0  | 3,000         |    |               |
| 1,2  | 0,346         | 3,8 | 0,616         | 6,4 | 0,800         | 9,0 | 0,949         | 18,0 | 1,342         | 42,0 | 2,049         | 95,0  | 3,082         |    |               |
| 1,4  | 0,374         | 4,0 | 0,632         | 6,6 | 0,812         | 9,2 | 0,959         | 19,0 | 1,378         | 44,0 | 2,098         | 100,0 | 3,162         |    |               |

## **Posa in trincea e posa sotto terrapieno**

Per larghezza B di una trincea si intende quella misurata al livello della generatrice inferiore del tubo posato, sia per scavo a pareti verticali che per scavo a pareti inclinate.

Per altezza del riempimento H si intende quella misurata tra la generatrice superiore della tubazione posata ed il piano di campagna.

La larghezza minima da assegnare ad una trincea a quella determinata dal valore del diametro D della tubazione aumentato di cm. 20 da ciascun lato della tubazione.

$$B = D + 40 \text{ cm}$$

Quando la larghezza della trincea è grande rispetto l'altezza di ricoprimento, e precisamente quando

$$B > H/2 \text{ o } B > 10D$$

la tubazione viene a trovarsi nella condizione detta "sotto terrapieno" condizione in cui essa è assoggettata ad un carico addizionale rispetto a quello che sopporterebbe se fosse nella condizione di trincea. L'altezza massima del ricoprimento deve essere di ml. 6 per tubazione poste in trincea e di ml. 4 per tubazioni poste sotto terrapieno.

## **Scavo in trincea**

Lo scavo della trincea delle dimensioni prescritte e col fondo all'esatta quota indicata dai profili longitudinali di progetto, deve essere effettuato con mezzi idonei, adottando tutti i provvedimenti necessari per il sostegno delle pareti onde evitarne il franamento.

Le radici di alberi che eventualmente attraversassero la trincea devono essere accuratamente eliminate almeno nell'immediato interno della trincea.

## **Letto di posa e rinfiacco**

La natura del fondo della trincea o più in generale del terreno in cui la tubazione troverà il suo appoggio deve avere resistenza uniforme e tale da escludere ogni possibilità di cedimenti differenziali da un punto all'altro della tubazione. Nelle trincee aperte in terreni eterogenei, collinosi o di montagna, occorre garantirsi dell'eventuale slittamento del terreno con opportuni ancoraggi. Al fondo della trincea livellato e liberato da ogni traccia di pietrame, si sovrappone un letto di posa sabbioso così da avere la superficie d'appoggio della tubazione perfettamente piana e da potere esercitare l'appoggio su materiali di natura tale che assicurino la ripartizione uniforme dei carichi lungo l'intera tubazione. Occorre procedere ad un rinfiacco ben costipato, tenendo presente che se l'altezza del rinterro è piccola il rinfiacco non riuscirà a mobilitare una pressione orizzontale sufficiente a contrastare la deformazione.

Lo spessore del letto di appoggio deve essere almeno di  $(10 + 1/10 \cdot D)$  cm.

È essenziale che il letto di appoggio non sia molto rigido e che offra al tubo un sostegno buono e uniformemente distribuito.

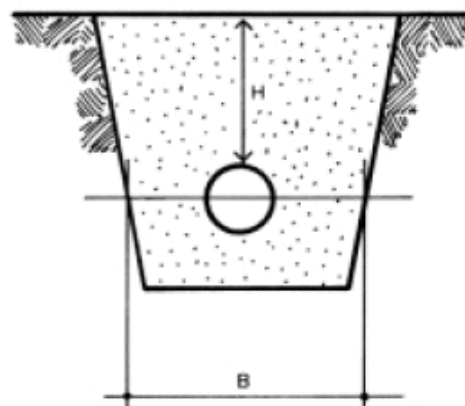
## **Tubazioni interrate soggette a carichi**

Le tubazioni di PE a.d. sottoposte a carichi si comportano in modo differente rispetto ai tubi rigidi. È necessario quindi calcolare lo spessore di parete del tubo in relazione alla deformazione massima ammissibile del diametro del tubo.

Vi sono due situazioni di calcolo:

- 1) condotta soggetta al solo carico del terreno;
- 2) condotta soggetta al carico del terreno ed al carico dovuto al traffico.

È da tenere presente che per H 1,5 mt l'influenza del carico stradale diminuisce sensibilmente.



Schema di calcolo per la verifica della massima deformazione ammissibile del diametro di un tubo interrato.

Metodo IMHOFF – GAUBE – ROTTNER

- A - Tubo PE a.d. Ø .... X s .... PN ....  
     Diametro      D      =.... cm  
     Spessore      s      =.... cm
- B - Larghezza      B      =.... cm  
     Copertura      H      =.... cm  
     H/B
- C - Terreno  
     Tipo .... con  $\gamma = \dots \text{ kg/cm}^3$
- D - Temperatura d'esercizio .... °C
- E - Durata prevista dell'opera .... anni
- F - Determinazione del coefficiente  $C_g$  del diagramma di Marston (vedi figura)  $C_g = \dots$
- G - Calcolo del carico  $q$  del terreno su un anello di condotta di 1 cm :  
 $q = C_g \cdot \gamma \cdot B \cdot D = \dots \text{ kg/cm}$
- H - Calcolo del carico  $q_T$  dovuto al traffico stradale  
     1. Calcolo del carico  $P_-$  sulla tubazione:

$$P_- = \frac{n T}{2\pi H^2} = \dots \text{ kg}$$

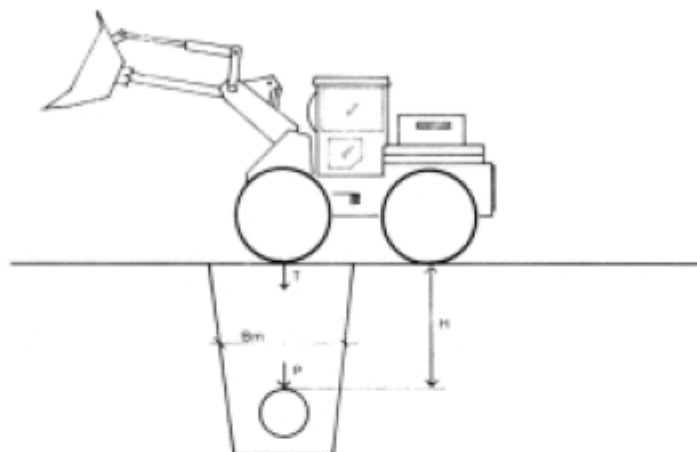
$n$  = coefficiente del terreno

$n = 3$  compatto

$n = 6$  sabbia sciolta

$T$  = carico massimo per ruota Kg .... (vedi tab. A)

$H$  = copertura del tubo .... cm



Tab. A

| Classe           | Carico Tot. kg | Carico max per ruota kg |
|------------------|----------------|-------------------------|
| Traffico pesante | 60.000         | 10.000                  |
| Traffico medio   | 45.000         | 7.500                   |
|                  | 30.000         | 5.000                   |
| Traffico leggero | 12.000         | 2.000                   |
|                  | 6.000          | 2.000                   |
| Autovettura      | 3.000          | 1.000                   |

2. Calcolo del carico  $q_T$  su un anello di condotta lungo 1 cm:

$$q_T = 1,5 \cdot P_{-} \cdot B_m = \dots \text{ kg/cm}$$

$B_m$  = larghezza media dello scavo ..... cm

I - Carico complessivo  $q_c$  su un anello di condotta lungo 1 cm:

$$q_c = q + q_T = \dots \text{ kg/cm}$$

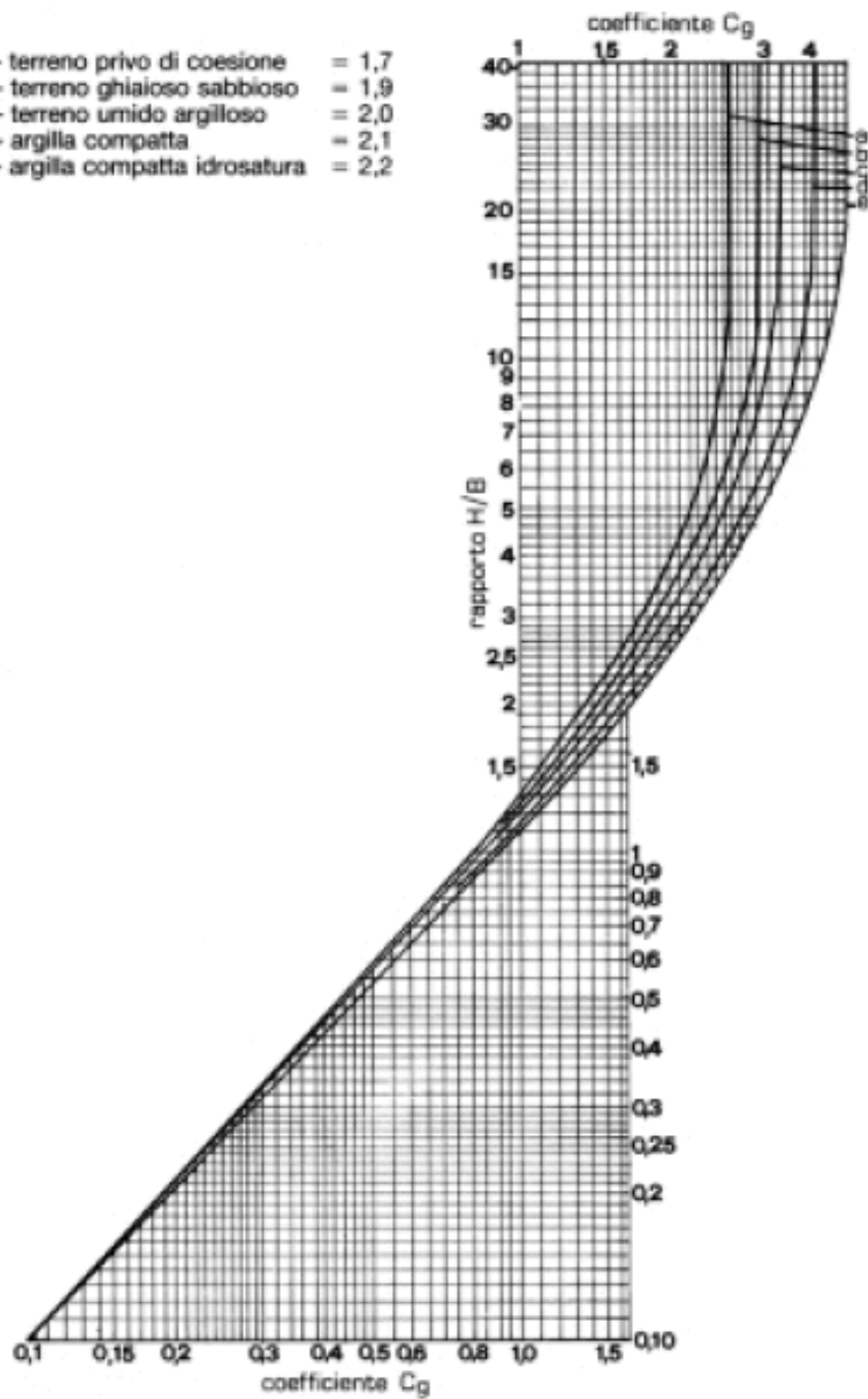
L - Calcolo della tensione di parete  $\sigma_T$ :

$$\sigma_T = \frac{q_c}{2s} = \dots \text{ kg}$$



### Diagramma di Marston

- |                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| a - terreno privo di coesione   | = 1,7 |
| b - terreno ghiaioso sabbioso   | = 1,9 |
| c - terreno umido argilloso     | = 2,0 |
| d - argilla compatta            | = 2,1 |
| e - argilla compatta idrosatura | = 2,2 |



M - Modulo elastico  $E_T$  del materiale in base alla temperatura di esercizio ed alla durata prevista dell'opera (vedi diagramma)

$$E_T = \dots \text{ kg/cm}^2$$

N - Deformazione del diametro del tubo:

$$D - s = \bar{D} \text{ diametro medio} = \dots \text{ cm}$$

O - Massima deformazione ammissibile:

$$\delta_{\max} = \bar{D} \cdot 0,05$$

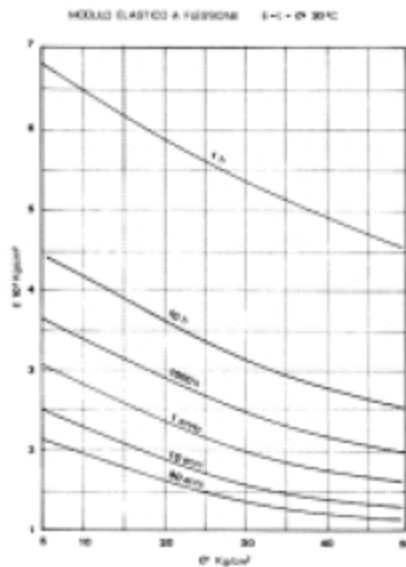
P - Deformazione:

$$\delta = 0,005 \cdot \frac{q_c}{E_T} \cdot \frac{D^3}{s} = \dots \text{ cm}$$

Q - Confronto  $\delta$  con  $\delta_{\max}$

$$\delta < \delta_{\max}$$

Nel caso di valori  $\delta < \delta_{\max}$  è necessario passare ad una condotta con maggiore spessore, oppure usare una protezione adeguata (getto calcestruzzo, solettina, ecc.)



## 10.6. Pozzetti di ispezione in polietilene

Nella progettazione di reti per lo smaltimento di acque reflue, l'uso dei pozzetti di ispezione, raccordo e salto in POLIETILENE permette di sopperire egregiamente ai problemi di tenuta degli stessi, che si evidenziano soprattutto in presenza di falde idriche superficiali.

Tale soluzione nasce da una serie di valutazioni tecniche legate alle peculiari caratteristiche di tale materiale.

Tra queste le principali da menzionare sono:

- Tenuta idraulica assoluta; in zone come quella di intervento il pericolo di infiltrazione di acque di sorgente e di falda all'interno della rete fognante è elevatissimo; pertanto deve essere garantita un'ottima tenuta da parte dei materiali utilizzati onde evitare eccessive sollecitazioni alle condotte e soprattutto portate eccessive affluenti ai sistemi di depurazione;

- Sicurezza contro il galleggiamento grazie alla presenza di nervature circolari strutturate ed assiali di rinforzo per contrastare le spinte ascensionali in presenza di falda acquifera.
- Durata nel tempo elevata (sono note le performance di vita del polietilene).
- Deformabilità del polietilene; essa è garanzia di stabilità e tenuta soprattutto in zone sismiche nelle quali le forti sollecitazioni impresse dal terreno possono compromettere la funzionalità dei pozzetti oltreché delle tubazioni.
- Stabilità indotta dall'interazione manufatto-terreno ancoraggi.
- Leggerezza dunque facilità di movimentazione e installazione anche in situazioni topografiche strette e difficili, permettendo così economia di costi per trasporto e posa in opera.
- Pareti interne lisce dunque assenza di formazione di sedimenti ed incrostazioni e quindi di manutenzione.
- Alta resistenza del polietilene agli agenti aggressivi chimici.

I nostri pozzetti di ispezione in POLIETILENE possono essere suddivisi in due classi in base al metodo costruttivo: formati o stampati.

Nel primo caso essi si otterranno tagliando a misura un tubo di diametro opportuno e saldandolo su una lastra di PE a.d., (a richiesta il pozzetto potrà essere dotato di gradini per l'ispezione interna).

I tubi PE a.d. offrono ottime garanzie nella realizzazione di tali pozzetti in quanto oltre che essere caratterizzati da un'ottima resistenza chimica ed elettrolitica ed ad avere una superficie liscia e non incrostante, assicurano un'assoluta impermeabilità evitando ogni possibile diffusione di sostanze nocive dal e nel terreno circostante.

Nel secondo caso i pozzetti saranno realizzati con polietilene a media densità (PEMD) e prodotti per stampaggio rotazionale. La gamma dei pozzetti stampati comprende il DN600 – DN800 – DN1000 – DN1200. Ogni pozzetto sarà composto di vari elementi a struttura modulare, assemblati fra loro mediante saldatura per estrusione o guarnizione, di cui:

- base piana o sferica con pendenza del 2% secondo il senso di scorrimento;
- corpo formato da elementi modulari;
- terminale cilindrico per il DN600, troncoconico concentrico per il DN800, troncoconico eccentrico per il DN1000 e il DN1200.

I pozzetti saranno muniti di scaletta interna in pioli d'alluminio rivestiti di polietilene direttamente realizzati in fase di stampaggio e conformi alle DIN 19555, DIN 1264, DIN 4034 T1, DIN 19549.

Tutti gli elementi del pozzetto saranno provvisti di nervature di rinforzo sia verticali che circolari atte ad aumentare e garantire la resistenza del manufatto ai carichi statici, dinamici e alle eventuali spinte idrostatiche delle falde acquifere.

L'assemblaggio degli elementi sarà effettuato mediante utilizzo di guarnizione o mediante saldatura per estrusione da personale patentato secondo la norma DVS 2212 Part. 2 e comunque garantendo completa tenuta idraulica a norma DIN 4060.

L'innesto delle tubazioni alle derivazioni dei vari pozzetti potranno avvenire o mediante saldatura di appositi tronchetti di tubazione e/o bicchieri di giunzione, oppure con foratura effettuata nelle apposite predisposizioni mediante sega a tazza e montaggio di apposite guarnizioni

(per tubi lisci in PE e PVC) ed appositi bicchieri (per tubi corrugati).

La posa sarà eseguita su una soletta di calcestruzzo, calcolata opportunamente in funzione della natura del terreno, collegando prima la tubazione di valle e successivamente,

controllando la perfetta verticalità, inserendo le altre tubazioni (collettore immissario ed eventuali allacciamenti). Il rinterro verrà eseguito con materiale arido steso a strati di 20 cm ben compattati, assicurandosi che vengano riempiti tutti gli spazi vuoti.

In presenza di falda il riempimento dovrà avvenire o con calcestruzzo o con ghiaietto spezzato 4/8, fino a quando questo non impedirà il galleggiamento del pozzetto.

I pozzetti posati in zone ad alta densità di traffico con carichi superiori alla classe B 125, necessitano di apposita piastra di ripartizione; questa sarà costituita da una soletta prefabbricata in calcestruzzo armato dello spessore minimo di 15 cm completa di armatura da calcolarsi per sopportare carichi stradali pesanti (10.000 Kg/ruota), di dimensioni maggiori di 20 cm del raggio esterno del pozzetto e predisposta per l'alloggiamento del chiusino.

## **Irrigazione**

L'acqua è senza dubbio l'elemento più importante per lo sviluppo vegetativo e produttivo delle piante.

Tutte le colture si avvantaggiano di un giusto apporto idrico, ma per le orto-floro-frutticole è possibile oggi, con una spesa relativamente modesta, considerando il valore delle colture stesse, attrezzarsi in modo da assicurare il giusto quantitativo di acqua nel terreno. "Per quanto riguarda la posa in opera del tubo PE, si raccomanda di seguire quanto previsto dalla pubblicazione

I.I.P. n. 9 del dicembre 1976 e n. 15 del luglio 1986".

Per determinare il sistema di irrigazione da adottare per i diversi tipi di colture è necessario stabilire i seguenti fattori:

- tipo della coltura
- altimetria
- collocamento geografico
- esposizione
- capacità dell'apporto dell'acqua
- composizione chimica dei terreni
- tipo di acqua impiegata
- ventosità.

Gli elementi sopra riportati consentiranno una scelta idonea del sistema di irrigazione. Si possono individuare ed applicare i seguenti sistemi di irrigazione:

- impianti di irrigazione aerea
- impianti di irrigazione interrati
- irrigazione con macchine semoventi.

## **Impianti di irrigazione aerei**

Per l'irrigazione aerea localizzata è possibile l'uso di tubi in polietilene a bassa densità (PE b.d.), che per le loro caratteristiche di malleabilità e buona resistenza allo snervamento, facilitano la posa in opera.

È possibile distinguere questi impianti in:

- irrigazione a goccia. L'erogazione dell'acqua avviene attraverso gocciolatoi inseriti precedentemente sulla linea del tubo.
- irrigazione a microjet. L'erogazione avviene tramite elementi che permettono all'acqua in uscita di produrre un getto atto a ricoprire una superficie circolare o semicircolare.
- irrigazione a sorso. Avviene in maniera discontinua e per volumi notevoli attraverso erogatori, con energia cinetica residua e grandi portate, caratterizzati da ampie sezioni di deflusso.

## **Impianti di irrigazione interrati**

Questo tipo di irrigazione si differenzia da quella aerea, perché i tubi vengono interrati nel terreno della coltura. I tubi devono essere installati in modo da formare una rete, munita di erogatori, che fuoriescono dalla superficie, per poter irrigare uniformemente il terreno.

In questo caso è consigliato l'uso di tubi in polietilene ad alta densità (PE a.d.) e per l'installazione degli stessi è necessario seguire le norme previste al capitolo "Posa in opera dei tubi in polietilene".

## Polietilene della terza generazione

La AN PLAST, mediante l'utilizzo di materie prime appropriate, indicate con l'appellativo di polimeri della terza generazione PE 100 Sigma 80, è oggi in grado di produrre tubi in PE a.d. progettati per resistere ad una tensione circonferenziale di 80 kg/cm<sup>q</sup> per una durata di 50 anni.

Qui di seguito sono riportati alcuni vantaggi che derivano dalla utilizzazione del polietilene Sigma 80 rispetto al polietilene ad alta densità tradizionale

- possibilità di pressioni di esercizio fino 32 atmosfere;
- spessori inferiori a parità di diametri e pressioni nominali, quindi diametri interni maggiori e quindi maggiori portate;
- pesi inferiori per una maggiore economia nei trasporti e nelle movimentazioni in cantiere.

Grazie a questi nuovi polimeri oggi il polietilene diviene ancora più competitivo nei confronti dei materiali tradizionali (ferro, ghisa, cemento, ecc.). Infatti fino ad oggi i 16 bar costituivano il limite superiore per le applicazioni dei tubi di PEAD. Ma con il PE 100 si possono produrre tubi per elevate pressioni (o grandi diametri) con spessori di parete accettabile e quindi un costo competitivo.

Pertanto, mentre l'utilizzo principale dei tubi di PEAD era quello per la distribuzione, oggi con il PE 100 si possono realizzare anche le condotte adduttrici.

Le tecniche di posa e di giunzione per le tubazioni PE 100 sono le stesse utilizzate per il Polietilene AD tradizionale.

Per quanto riguarda i raccordi ed i pezzi speciali, ci sono in commercio tutta una serie di figure che coprono tutta la gamma richiesta.

La normativa di riferimento per la produzione ed il collaudo del PE 100 per acquedotti è la UNI EN 12201.

Tale normativa europea, non prende più in considerazione la vecchia classificazione del PE in funzione della densità.

| SDR  | S    | CLASSI DI MATERIALI |       |       |       |        |
|------|------|---------------------|-------|-------|-------|--------|
|      |      | PE 32               | PE 40 | PE 63 | PE 80 | PE 100 |
|      |      | PN in bars          |       |       |       |        |
| 41   | 20   |                     |       | 2,5   | 3,2   | 4      |
| 33   | 16   |                     |       | 3,2   | 4     | 5      |
| 27,6 | 13,3 |                     |       |       |       | 6      |
| 26   | 12,5 |                     | 2,5   | 4     | 5     |        |
| 22   | 10,5 |                     |       |       | 6     |        |
| 21   | 10   | 2,5                 | 3,2   | 5     |       | 8      |
| 17,6 | 8,3  |                     |       | 6     |       |        |
| 17   | 8    | 3,2                 | 4     |       | 8     | 10     |
| 13,6 | 6,3  | 4                   | 5     | 8     | 10    | 12,5   |
| 11,6 | 5,3  |                     | 6     |       |       |        |
| 11   | 5    | 5                   |       | 10    | 12,5  | 16     |
| 9,4  | 4,2  | 6                   |       |       |       |        |
| 9    | 4    |                     | 8     | 12,5  | 16    | 20     |
| 7,4  | 3,2  | 8                   | 10    | 16    | 20    | 25     |
| 6    | 2,5  | 10                  | 12,5  | 20    | 25    | 32     |

La nuova classificazione si basa invece su di un parametro fondamentale, l'M.R.S. (Minimum Required Strenght – Resistenza minima richiesta). I produttori di materia prima dichiarano il valore del M.R.S. per un certo polimero e quindi si esegue la classificazione:

| MRS<br>MPa | CLASSE | TENSIONE CIRCONFERENZIALE<br>SIGMA kg/cm <sup>2</sup> |
|------------|--------|-------------------------------------------------------|
| 10         | PE 100 | SIGMA 80                                              |
| 8          | PE 80  | SIGMA 63                                              |
| 6,3        | PE 63  | SIGMA 50                                              |
| 4          | PE 40  | SIGMA 32                                              |
| 3,2        | PE 32  | SIGMA 25                                              |

Il valore del SIGMA = dove 1,25 è il fattore di sicurezza per gli acquedotti.

#### Scheda tecnica PE 100

| Proprietà                               | Valori | Unità di misura   | Metodi di prova              |
|-----------------------------------------|--------|-------------------|------------------------------|
| Densità (resina base)                   | 950    | kg/m <sup>3</sup> | ISO 1183 - D • ISO 1872 - 2B |
| Densità (compound)                      | 961    | kg/m <sup>3</sup> | ISO 1183 - D • ISO 1872 - 2B |
| Indice di fluidità (190°C - 2,16 kg)    | 0,1    | g/10 mm           | ISO 1133                     |
| Indice di fluidità (190°C - 5,0 kg)     | 0,4    | g/10 mm           | ISO 1133                     |
| Resistenza di trazione allo snervamento | 23     | N/mm <sup>2</sup> | ISO 6259                     |
| Allungamento a rottura                  | > 600  | %                 | ISO 6259                     |
| Punto di rammolimento di Vicat          | 119    | °C                | ISO 306A - 50                |
| Temperatura di fragilità                | < - 70 | °C                | ASTM D746                    |
| Durezza shore D                         | 59     | SHORE D           | ISO 868                      |
| ESCR, F50                               | > 1000 | h                 | ASTM 1693 COND. A            |
| Coefficiente di dilatazione lineare     | 0,2    | mm/m °C           | ASTM 696                     |
| Conducibilità termica (20°C)            | 0,4    | W/m K             | DIN 52612                    |

**Dimensioni dei tubi PE 100 secondo il progetto di norma prEN 12201**

| <b>Ø<br/>mm</b> | <b>PN 4</b> |        |       | <b>PN 6</b> |        |        | <b>PN 8</b> |        |        |
|-----------------|-------------|--------|-------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
|                 | Sp/mm       | Ø int. | kg/m  | Sp/mm       | Ø int. | kg/m   | Sp/mm       | Ø int. | kg/m   |
| 16              |             |        |       |             |        |        |             |        |        |
| 20              |             |        |       |             |        |        |             |        |        |
| 25              |             |        |       |             |        |        |             |        |        |
| 32              |             |        |       |             |        |        |             |        |        |
| 40              |             |        |       |             |        |        |             |        |        |
| 50              |             |        |       | 2,0         | 46,0   | 0,31   | 2,4         | 45,2   | 0,37   |
| 63              |             |        |       | 2,3         | 58,4   | 0,46   | 3,0         | 57,0   | 0,59   |
| 75              |             |        |       | 2,8         | 69,4   | 0,65   | 3,6         | 67,8   | 0,83   |
| 90              | 2,2         | 85,6   | 0,65  | 3,3         | 83,4   | 0,93   | 4,3         | 81,4   | 1,19   |
| 110             | 2,7         | 104,6  | 0,94  | 4,0         | 102,0  | 1,36   | 5,3         | 99,4   | 1,78   |
| 125             | 3,1         | 118,8  | 1,23  | 4,6         | 115,8  | 1,78   | 6,0         | 113,0  | 2,29   |
| 140             | 3,5         | 133,0  | 1,54  | 5,1         | 129,8  | 2,22   | 6,7         | 126,6  | 2,85   |
| 160             | 4,0         | 152,0  | 2,00  | 5,8         | 148,4  | 2,86   | 7,7         | 144,6  | 3,74   |
| 180             | 4,4         | 171,2  | 2,49  | 6,6         | 166,8  | 3,66   | 8,6         | 162,8  | 4,70   |
| 200             | 4,9         | 190,2  | 3,06  | 7,3         | 185,4  | 4,50   | 9,6         | 180,8  | 5,82   |
| 225             | 5,5         | 214,0  | 3,87  | 8,2         | 208,6  | 5,68   | 10,8        | 203,4  | 7,36   |
| 250             | 6,2         | 237,6  | 4,85  | 9,1         | 231,8  | 7,01   | 11,9        | 226,2  | 9,00   |
| 280             | 6,9         | 266,2  | 6,01  | 10,2        | 259,6  | 8,78   | 13,4        | 253,2  | 11,36  |
| 315             | 7,7         | 299,6  | 7,55  | 11,4        | 292,2  | 11,03  | 15,0        | 285,0  | 14,32  |
| 355             | 8,7         | 337,6  | 9,61  | 12,9        | 329,2  | 14,03  | 16,9        | 321,2  | 18,13  |
| 400             | 9,8         | 380,4  | 12,18 | 14,5        | 371,0  | 17,78  | 19,1        | 361,8  | 23,12  |
| 450             | 11,0        | 428,0  | 15,36 | 16,3        | 417,4  | 22,49  | 21,5        | 407,0  | 29,24  |
| 500             | 12,3        | 475,4  | 19,12 | 18,1        | 463,8  | 27,75  | 23,9        | 452,2  | 36,07  |
| 560             | 13,7        | 532,6  | 23,81 | 20,3        | 519,4  | 34,82  | 26,7        | 506,6  | 45,15  |
| 630             | 15,4        | 599,2  | 30,13 | 22,8        | 584,4  | 43,93  | 30,0        | 570,0  | 57,12  |
| 710             | 17,4        | 675,2  | 38,34 | 25,7        | 658,6  | 55,80  | 33,9        | 642,2  | 72,62  |
| 800             | 19,6        | 760,8  | 48,61 | 29,0        | 742,0  | 70,89  | 38,1        | 723,8  | 92,05  |
| 900             | 22,0        | 856,0  | 61,32 | 32,6        | 834,8  | 89,69  | 42,9        | 814,2  | 116,47 |
| 1000            | 24,5        | 951,0  | 75,92 | 36,2        | 927,6  | 110,70 | 47,7        | 904,6  | 143,89 |



**Dimensioni dei tubi PE 100 secondo il progetto di norma prEN 12201**

| <b>Ø<br/>mm</b> | <b>PN 10</b> |        |        | <b>PN 12,5</b> |        |        | <b>PN 16</b> |        |        |
|-----------------|--------------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------------|--------|--------|
|                 | Sp/mm        | Ø int. | kg/m   | Sp/mm          | Ø int. | kg/m   | Sp/mm        | Ø int. | kg/m   |
| 16              |              |        |        |                |        |        |              |        |        |
| 20              |              |        |        |                |        |        | 2,0          | 16,0   | 0,12   |
| 25              |              |        |        | 2,0            | 21,0   | 0,15   | 2,3          | 20,4   | 0,17   |
| 32              | 2,0          | 28,0   | 0,19   | 2,4            | 27,2   | 0,23   | 3,0          | 26,0   | 0,28   |
| 40              | 2,4          | 35,2   | 0,29   | 3,0            | 34,0   | 0,36   | 3,7          | 32,6   | 0,43   |
| 50              | 3,0          | 44,0   | 0,45   | 3,7            | 42,6   | 0,55   | 4,6          | 40,8   | 0,67   |
| 63              | 3,8          | 55,4   | 0,72   | 4,7            | 53,6   | 0,88   | 5,8          | 51,4   | 1,06   |
| 75              | 4,5          | 66,0   | 1,02   | 5,6            | 63,8   | 1,24   | 6,8          | 61,4   | 1,47   |
| 90              | 5,4          | 79,2   | 1,46   | 6,7            | 76,6   | 1,78   | 8,2          | 73,6   | 2,14   |
| 110             | 6,6          | 96,8   | 2,18   | 8,1            | 93,8   | 2,63   | 10,0         | 90,0   | 3,17   |
| 125             | 7,4          | 110,2  | 2,78   | 9,2            | 106,6  | 3,39   | 11,4         | 102,2  | 4,11   |
| 140             | 8,3          | 123,4  | 3,49   | 10,3           | 119,4  | 4,25   | 12,7         | 114,6  | 5,12   |
| 160             | 9,5          | 141,0  | 4,55   | 11,8           | 136,4  | 5,55   | 14,6         | 130,8  | 6,73   |
| 180             | 10,7         | 158,6  | 5,76   | 13,3           | 153,4  | 7,04   | 16,4         | 147,2  | 8,50   |
| 200             | 11,9         | 176,2  | 7,11   | 14,7           | 170,6  | 8,64   | 18,2         | 163,6  | 10,49  |
| 225             | 13,4         | 198,2  | 9,01   | 16,6           | 191,8  | 10,97  | 20,5         | 184,0  | 13,27  |
| 250             | 14,8         | 220,4  | 11,05  | 18,4           | 213,2  | 13,51  | 22,7         | 204,6  | 16,32  |
| 280             | 16,6         | 246,8  | 13,88  | 20,6           | 238,8  | 16,93  | 25,4         | 229,2  | 20,46  |
| 315             | 18,7         | 277,6  | 17,57  | 23,2           | 268,6  | 21,46  | 28,6         | 257,8  | 25,90  |
| 355             | 21,1         | 312,8  | 22,36  | 26,1           | 302,8  | 27,20  | 32,3         | 290,4  | 32,97  |
| 400             | 23,7         | 352,6  | 28,27  | 29,4           | 341,2  | 34,50  | 36,3         | 327,4  | 41,80  |
| 450             | 26,7         | 396,6  | 35,81  | 33,1           | 383,8  | 43,70  | 40,9         | 368,2  | 52,86  |
| 500             | 29,7         | 440,6  | 44,25  | 36,8           | 426,4  | 53,93  | 45,4         | 409,2  | 65,29  |
| 560             | 32,2         | 495,6  | 53,87  | 41,2           | 477,6  | 67,65  | 50,8         | 458,4  | 81,79  |
| 630             | 37,4         | 555,2  | 70,21  | 46,3           | 537,4  | 85,51  | 57,2         | 515,6  | 103,62 |
| 710             | 42,1         | 625,8  | 89,08  | 52,2           | 605,6  | 108,64 |              |        |        |
| 800             | 47,4         | 705,2  | 112,96 | 58,8           | 682,4  | 137,81 |              |        |        |
| 900             | 53,3         | 793,4  | 142,89 |                |        |        |              |        |        |
| 1000            | 59,3         | 881,4  | 176,60 |                |        |        |              |        |        |

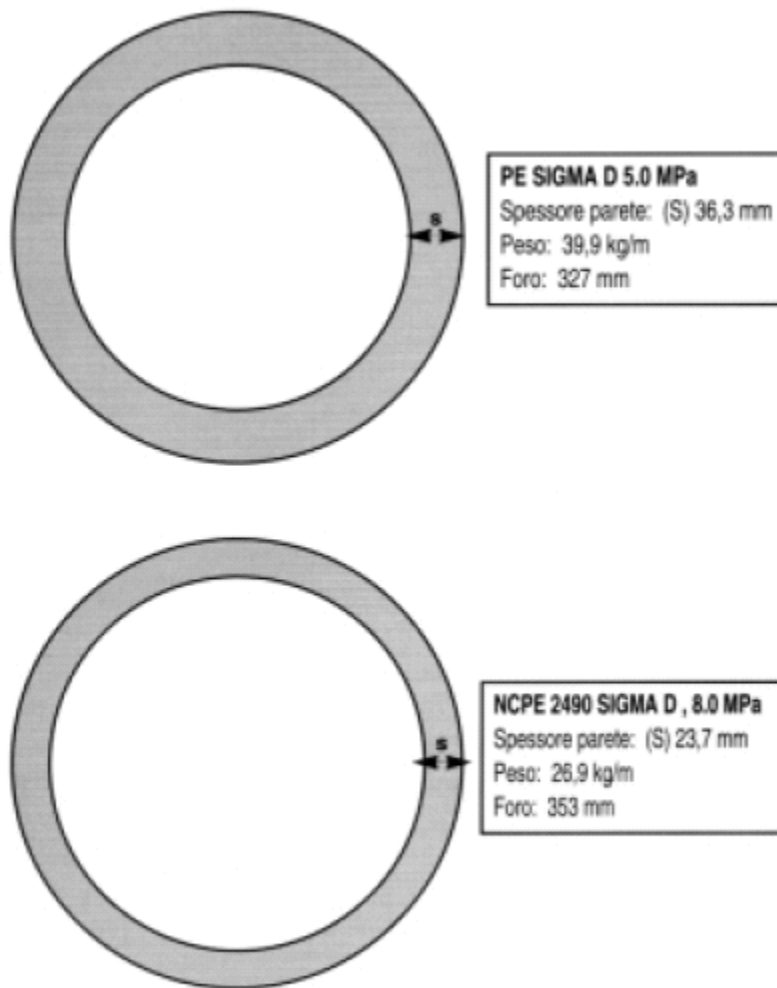
# **Dimensioni dei tubi PE 100 secondo il progetto di norma prEN 12201**

| <b>Ø<br/>mm</b> | <b>PN 20</b> |        |       | <b>PN 25</b> |        |       | <b>PN 32</b> |        |       |
|-----------------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|
|                 | Sp/mm        | Ø int. | kg/m  | Sp/mm        | Ø int. | kg/m  | Sp/mm        | Ø int. | kg/m  |
| 16              | 2,0          | 12,0   | 0,09  | 2,3          | 11,4   | 0,10  | 3,0          | 10,0   | 0,12  |
| 20              | 2,3          | 15,4   | 0,13  | 3,0          | 14,0   | 0,16  | 3,4          | 13,2   | 0,18  |
| 25              | 3,0          | 19,0   | 0,21  | 3,5          | 18,0   | 0,24  | 4,2          | 16,6   | 0,28  |
| 32              | 3,6          | 24,8   | 0,33  | 4,4          | 23,2   | 0,39  | 5,4          | 21,2   | 0,46  |
| 40              | 4,5          | 31,0   | 0,51  | 5,5          | 29,0   | 0,60  | 6,7          | 26,6   | 0,71  |
| 50              | 5,6          | 38,8   | 0,79  | 6,9          | 36,2   | 0,94  | 8,3          | 33,4   | 1,10  |
| 63              | 7,1          | 48,8   | 1,26  | 8,6          | 45,8   | 1,48  | 10,5         | 42,0   | 1,74  |
| 75              | 8,4          | 58,2   | 1,78  | 10,3         | 54,4   | 2,11  | 12,5         | 50,0   | 2,46  |
| 90              | 10,1         | 69,8   | 2,56  | 12,3         | 65,4   | 3,02  | 15,0         | 60,0   | 3,55  |
| 110             | 12,3         | 85,4   | 3,81  | 15,1         | 79,8   | 4,53  | 18,3         | 73,4   | 5,29  |
| 125             | 14,0         | 97,0   | 4,93  | 17,1         | 90,8   | 5,83  | 20,8         | 83,4   | 6,82  |
| 140             | 15,7         | 108,6  | 6,17  | 19,2         | 101,6  | 7,32  | 23,3         | 93,4   | 8,56  |
| 160             | 17,9         | 124,2  | 8,04  | 21,9         | 116,2  | 9,54  | 26,6         | 106,8  | 11,16 |
| 180             | 20,1         | 139,8  | 10,17 | 24,6         | 130,8  | 12,06 | 29,9         | 120,2  | 14,11 |
| 200             | 22,4         | 155,2  | 12,58 | 27,4         | 145,2  | 14,92 | 33,2         | 133,6  | 17,42 |
| 225             | 25,1         | 174,8  | 15,86 | 30,8         | 163,4  | 18,85 | 37,4         | 150,2  | 22,07 |
| 250             | 27,9         | 194,2  | 19,56 | 34,2         | 181,6  | 23,24 | 41,5         | 167,0  | 27,21 |
| 280             | 31,3         | 217,4  | 24,59 | 38,3         | 203,4  | 29,18 | 46,5         | 187,0  | 34,14 |
| 315             | 35,0         | 245,0  | 30,96 | 43,1         | 228,8  | 36,94 | 52,3         | 210,4  | 43,20 |
| 355             | 39,5         | 276,0  | 39,34 | 48,5         | 258,0  | 46,83 | 59,0         | 237,0  | 54,87 |
| 400             | 44,5         | 311,0  | 49,93 | 54,7         | 190,6  | 59,49 |              |        |       |
| 450             | 50,0         | 350,0  | 63,09 | 61,5         | 327,0  | 75,25 |              |        |       |
| 500             | 55,8         | 388,4  | 78,19 |              |        |       |              |        |       |
| 560             |              |        |       |              |        |       |              |        |       |
| 630             |              |        |       |              |        |       |              |        |       |
| 710             |              |        |       |              |        |       |              |        |       |
| 800             |              |        |       |              |        |       |              |        |       |
| 900             |              |        |       |              |        |       |              |        |       |
| 1000            |              |        |       |              |        |       |              |        |       |

# **Dimensioni dei tubi PE 100 secondo UNI 10910**

| Ø    | PN6,3 SDR 26 |        |        | PN10 SDR 17 |        |        | PN16 SDR 11 |        |        | PN25 SDR 7,4 |        |       |
|------|--------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------------|--------|-------|
|      | Sp/mm        | Ø Int. | kg/m   | Sp/mm       | Ø Int. | kg/m   | Sp/mm       | Ø Int. | kg/m   | Sp/mm        | Ø Int. | kg/m  |
| 20   |              |        |        |             |        |        |             |        |        | 3,0          | 14,0   | 0,17  |
| 25   |              |        |        |             |        |        |             |        |        | 3,5          | 18,0   | 0,24  |
| 32   |              |        |        |             |        |        | 3,0         | 26,0   | 0,28   | 4,4          | 23,2   | 0,39  |
| 40   |              |        |        |             |        |        | 3,7         | 32,6   | 0,43   | 5,5          | 29,0   | 0,61  |
| 50   |              |        |        | 3,0         | 44,0   | 0,45   | 4,6         | 40,8   | 0,67   | 6,9          | 36,2   | 0,95  |
| 63   |              |        |        | 3,8         | 55,4   | 0,72   | 5,8         | 51,4   | 1,06   | 8,6          | 45,8   | 1,49  |
| 75   |              |        |        | 4,5         | 66,0   | 1,01   | 6,8         | 61,4   | 1,47   | 10,3         | 54,4   | 2,12  |
| 90   |              |        |        | 5,4         | 79,1   | 1,45   | 8,2         | 73,6   | 2,13   | 12,3         | 65,4   | 3,03  |
| 110  |              |        |        | 6,6         | 96,8   | 2,17   | 10,0        | 90,0   | 3,17   | 15,1         | 79,8   | 4,54  |
| 125  |              |        |        | 7,4         | 110,2  | 2,76   | 11,4        | 102,2  | 4,11   | 17,1         | 90,8   | 5,85  |
| 140  |              |        |        | 8,3         | 123,4  | 3,47   | 12,7        | 114,6  | 5,12   | 19,2         | 101,6  | 7,35  |
| 160  |              |        |        | 9,5         | 141,0  | 4,53   | 14,6        | 130,8  | 6,73   | 21,9         | 116,2  | 9,58  |
| 180  |              |        |        | 10,7        | 158,6  | 5,74   | 16,4        | 147,2  | 8,50   | 24,6         | 130,8  | 12,11 |
| 200  |              |        |        | 11,9        | 176,2  | 7,09   | 18,2        | 163,6  | 10,48  | 27,4         | 145,2  | 14,98 |
| 225  |              |        |        | 13,4        | 198,2  | 8,98   | 20,5        | 184,0  | 13,28  | 30,8         | 163,4  | 18,95 |
| 250  | 9,6          | 230,8  | 7,31   | 14,8        | 220,4  | 11,03  | 22,7        | 204,6  | 16,34  | 34,2         | 181,6  | 23,38 |
| 280  | 10,7         | 258,6  | 9,13   | 16,6        | 246,8  | 13,85  | 25,4        | 229,2  | 20,48  | 38,3         | 203,4  | 29,32 |
| 315  | 12,1         | 290,8  | 11,61  | 18,7        | 277,6  | 17,55  | 28,6        | 257,8  | 25,94  | 43,1         | 228,8  | 37,12 |
| 355  | 13,6         | 327,8  | 14,71  | 21,1        | 312,8  | 22,32  | 32,2        | 290,6  | 32,92  | 48,5         | 258,0  | 47,08 |
| 400  | 15,3         | 369,4  | 18,64  | 23,7        | 352,6  | 28,25  | 36,3        | 327,4  | 41,81  | 54,7         | 290,6  | 59,82 |
| 450  | 17,2         | 415,6  | 23,58  | 26,7        | 396,6  | 35,80  | 40,9        | 368,2  | 52,99  | 61,5         | 327,0  | 75,67 |
| 500  | 19,1         | 461,8  | 29,09  | 29,7        | 440,6  | 44,24  | 45,4        | 409,2  | 65,36  |              |        |       |
| 560  | 21,4         | 517,2  | 36,50  | 33,2        | 493,6  | 55,39  | 50,8        | 458,4  | 81,92  |              |        |       |
| 630  | 24,1         | 581,8  | 46,25  | 37,4        | 555,2  | 70,19  | 57,2        | 515,6  | 103,76 |              |        |       |
| 710  | 27,2         | 655,6  | 58,82  | 42,1        | 625,8  | 89,05  |             |        |        |              |        |       |
| 800  | 30,6         | 738,8  | 74,56  | 47,4        | 705,2  | 112,97 |             |        |        |              |        |       |
| 900  | 34,4         | 831,2  | 94,30  | 53,3        | 793,4  | 142,92 |             |        |        |              |        |       |
| 1000 | 38,2         | 923,6  | 116,35 | 59,3        | 881,4  | 176,66 |             |        |        |              |        |       |

Tubo in PE con pressione nominale PN 10 diametro Ø 400 mm



RISPARMIO DI MATERIALE 33%

## Effetti sismici sulle tubazioni di polietilene ad alta densità

### Introduzione

Il problema dell'affidabilità delle linee di distribuzione dei servizi primari (acqua – gas – energia elettrica) a fronte di fenomeni sismici riveste grande importanza dal punto di vista economico e sociale e ad esso è rivolta una sempre maggiore attenzione da parte degli Enti di amministrazione e dei ricercatori.

Nella maggior parte dei casi un danno sismico su tubazioni interrato non è direttamente responsabile della perdita di vite umane, salvo il caso di esplosioni dovute a rilascio di gas conseguente al danneggiamento della linea di trasporto.

Occorre però tenere conto degli effetti indiretti del danneggiamento delle tubazioni: la letteratura specializzata cita i casi di eventi sismici nei quali la maggior parte delle vittime non furono causate dal terremoto in se, ma, piuttosto, furono effetti degli incendi che scoppiarono

e che non fu possibile spegnere a causa dell'interruzione delle linee interrate di trasporto dell'acqua.

Anche gli effetti post-sismici dei danni alle tubazioni vanno tenuti nella debita considerazione, soprattutto in relazione alle problematiche attinenti la salute della popolazione colpita (soddisfacimento delle necessità primarie e possibilità di epidemie).

Infine non sono trascurabili i possibili impatti sull'ambiente e le conseguenze economiche.

Al fine di ottenere dati sul comportamento sismico delle tubazioni in polietilene ad alta densità, la ISMES di Bergamo ha provveduto alla sperimentazione diretta per la determinazione dell'affidabilità della tubazione in PE a.d. e dei suoi elementi costitutivi (giunti, gomiti, ecc.).

### **Descrizione della tubazione oggetto di prova**

La rispondenza dei materiali e dei manufatti ai requisiti della normativa UNI in vigore è garantita dallo stesso I.I.P. che appone il proprio marchio ai manufatti.

### **Possibili cause di danno sismico**

I danneggiamenti di tubazioni interrate riscontrati a seguito di fenomeni sismici sono attribuibili alle seguenti principali cause dirette:

- movimenti permanenti del terreno, dovuti a frane, smottamenti, assestamenti, dislocazioni, apertura di faglie;
- spostamenti relativi dovuti a caratteristiche non uniformi del terreno lungo la tubazione (materiali e condizioni di compattazione differenti, effetti della liquefazione);
- spostamenti relativi dovuti alla propagazione dell'onda sismica lungo la tubazione.

La prima causa è, in generale, la più pericolosa per la integrità strutturale della tubazione, tuttavia è anche la causa rispetto alla quale hanno poca efficacia interventi tecnologici sui materiali ed i componenti della tubazione o soluzioni particolari di posa in opera, in relazione alla grande entità degli spostamenti che ne derivano.

Oltre a ciò si riconosce che i terremoti registrati in Italia raramente sono stati accompagnati da fratture superficiali di entità rilevanti.

Per questi motivi l'attenzione della ricerca è stata focalizzata sulla valutazione degli effetti delle altre cause elencate di potenziale danneggiamento.

### **Conclusioni**

Al di là delle considerazioni sull'esito certamente favorevole delle prove, e pur sottolineando i limiti della sperimentazione, attribuibili da un lato all'incompleta conoscenza degli effetti sismici sulle tubazioni interrate tuttora oggetto di largo studio, e, dall'altro alla necessità di schematizzare un fenomeno complesso in relazione alla grande variabilità dei parametri in gioco, va evidenziata la significatività della ricerca, sia per il contributo alla conoscenza del comportamento di prodotti largamente utilizzati in applicazioni di primaria importanza sociali, sia per lo sforzo di tipo ingegneristico e sperimentale nella definizione delle condizioni di esercizio del prodotto e nella loro riproduzione in laboratorio.

Da tali risultati possiamo affermare che il tubo PE AD sfruttando le sue maggiori proprietà di elasticità rispetto ai materiali tradizionali (come la ghisa, ferro, gres, vetroresina, ecc.) risulta meno vulnerabile per la realizzazione di reti di distribuzione di acque potabili, gasdotti, scarichi civili urbani ed industriali nelle zone classificate sismiche o comunque nelle zone soggette a movimenti del terreno. Il cedimento del terreno gioca un ruolo fondamentale sulle condizioni di stabilità della tubazione sottoposta a compressione assiale.

Da quest'ultimo punto di vista la scelta di eseguire la simulazione sismica senza riprodurre l'azione di contenimento del terreno è da considerarsi conservativa (cioè è indirizzata nel verso di un cautelativo peggioramento delle condizioni di lavoro della struttura).

## **Sistemi di giunzioni e loro esecuzione**

Esiste in commercio una vasta gamma di manufatti con le relative attrezzature per il collegamento del tubo PE a.d. AN PLAST. Possiamo dividerli in giunzioni mobili e permanenti.

Nelle prime sono compresi:

- giunti a compressione;
- giunti con ancoraggio a tenuta mediante compressione del tubo;
- giunzioni con portagomma;
- giunzioni a flangia libera;
- giunti di dilatazione.

Nelle seconde:

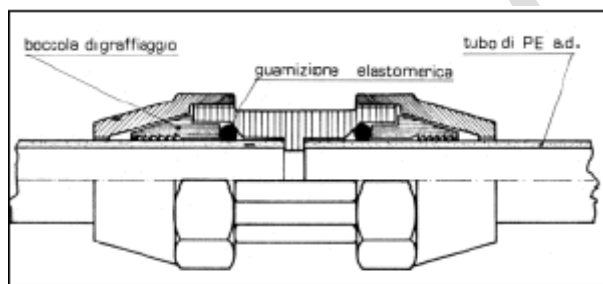
- saldatura mediante estrusione;
- manicotto con elettroresistenza incorporata;
- saldatura a tasca;
- saldatura testa a testa.
-

## Giunzioni mobili

Questi sistemi di giunzione sono costituiti quasi esclusivamente da raccordi conici filettati, ed usati normalmente per il collegamento di tubi di diametro da 20 fino a 110 mm.

### RACCORDO DI MATERIA PLASTICA A COMPRESSIONE

Questo tipo di raccordo è largamente impiegato per polietilene ad alta densità e bassa densità in rotoli, con pressioni di esercizio consigliabili fino a PN 16 per diametri inferiori a Ø 75 e PN 10 per i restanti diametri. Il montaggio è di estrema facilità.

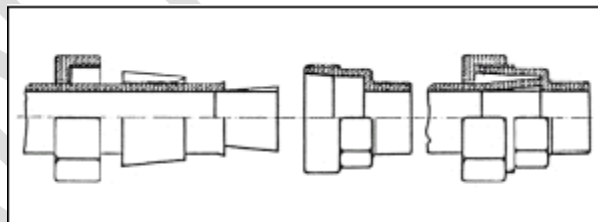


Raccordi di materia plastica a compressione

### GIUNTO CON ANCORAGGIO A TENUTA MEDIANTE COMPRESSIONE DEL TUBO DI PE

In questo tipo di raccordo esiste un cono interno con la funzione di sostenere il tubo che viene compresso dalla ghiera esterna in fase di avvitamento. Anche questo sistema è valido fino a pressioni di 16 atm. e diametri di accoppiamento fino a 225 mm.

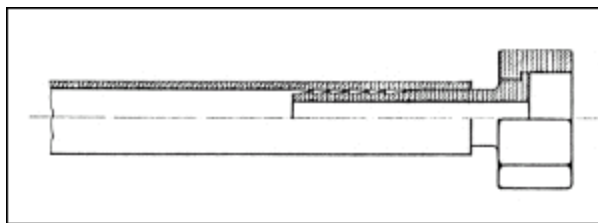
È usato anche nell'allacciamento di tubi PE per il convogliamento di gas metano.



Giunto con ancoraggio a tenuta mediante compressione del tubo di PE

### GIUNZIONE CON PORTAGOMMA DI TUBI PE

Questo tipo di raccordo è normalmente usato nell'installazione di tubo PE per impianti irrigui aerei ed interrati.

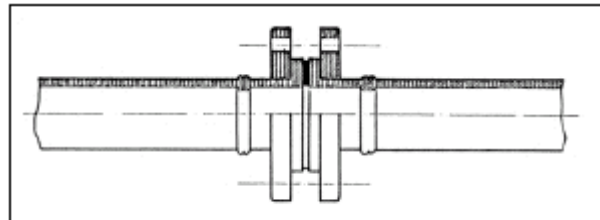


Giunzione con portagomma per tubi di PE

## GIUNTO A FLANGIA LIBERA PER TUBI DI PE

In questo tipo di giunzione le cartelle d'appoggio saldate sul tubo vengono serrate dalle flange libere con imbullonatura a noce (valido per qualsiasi diametro e PN).

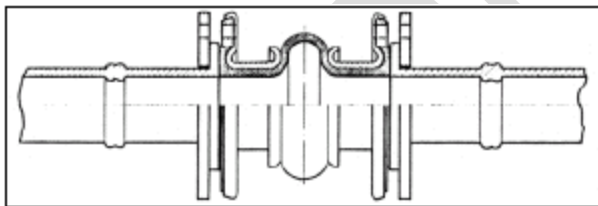
Sistema normalmente usato per l'allacciamento con un tubo di ferro, con una saracinesca, con un pozzetto, ecc.



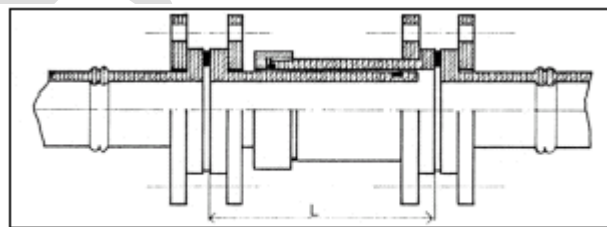
Giunto a flangia libera per tubi di PE

## GIUNTO DI DILATAZIONE

Questo tipo di giunto viene utilizzato per compensare i movimenti dovuti alla dilatazione termica del materiale: può essere a soffietto o a cannocchiale.



Giunto a soffietto in neoprene con collegamento alla condotta a mezzo flangia

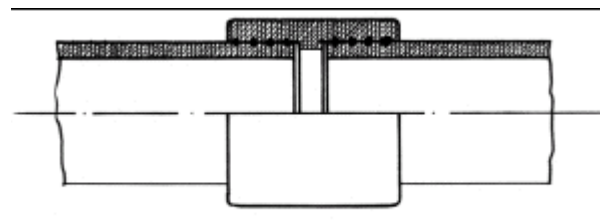


Giunto a cannocchiale con collegamento alla condotta a mezzo flangia

## SALDATURA CON MANICOTTI ELETTROSALDABILI

Il manicotto in PE usato per questo tipo di giunzione del tubo ha una resistenza sul diametro interno, la quale, tramite un apparecchio munito di un trasformatore e di un orologio per regolare il tempo di riscaldamento, fonde il materiale facendo un corpo unico fra manicotto e tubo già precedentemente inserito nel suo interno.

Questo sistema ha trovato larga applicazione dopo l'impiego di tubi PE per il convogliamento di gas metano.



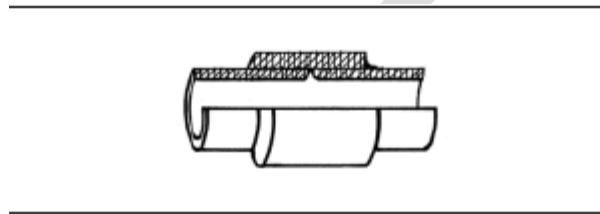
Manicotto di PE a.d. con elettroresistenza incorporata



## **SALDATURA A MANICOTTO CON TERMoeLEMENTO**

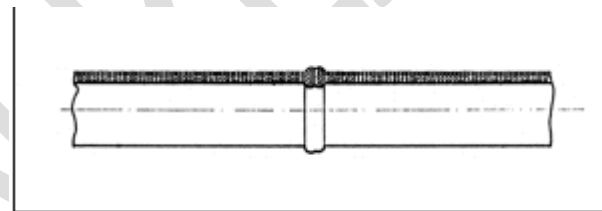
Questo sistema di giunzione (forse tra quelli meno usati o solo per determinati casi di diametri inferiori al Ø 125, tipo tubazioni per scarichi di edifici civili e industriali) consiste nel saldare a sovrapposizione l'estremità del tubo, e il manicotto riscaldati con termoelemento a forma di punzone e di matrice alla temperatura di circa 220° centigradi.

L'estremità del tubo, il termoelemento e il manicotto di raccordo hanno dimensioni tali che durante l'assemblaggio si instaura una corrispondente pressione.



## **SALDATURA TESTA A TESTA**

Il metodo più usato ed anche il più efficace per giunzione di tubi in PE è la saldatura testa a testa, la quale viene impiegata anche nella costruzione di pezzi speciali.



Per l'esecuzione della saldatura testa a testa con termoelemento è necessario un apparecchio avente le seguenti caratteristiche:

- dispositivo di aggraffaggio del tubo o dei pezzi speciali, il quale deve garantire l'integrità degli stessi, evitando eventuali ovalizzazioni;
- dispositivo di fresatura per levigare e pulire perfettamente le due testate da saldare che garantisca un perfetto parallelismo fra le suddette;
- centralina idraulica per lo spostamento a pressione del tubo montato in macchina;
- termopiatra per il riscaldamento delle superfici da saldare.

La saldatura avviene in tre fasi:

1) Preriscaldamento delle testate, che avviene comprimendo le superfici da saldare contro il termoelemento riscaldato a 210-220°C.

2) Operazione di accoppiamento la quale può essere suddivisa nelle fasi di:

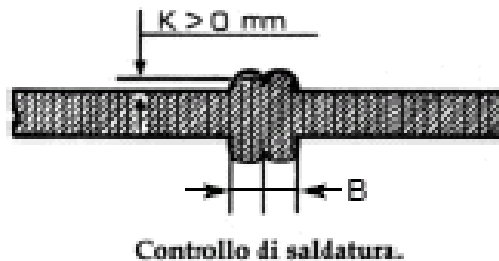
- a) avvicinamento dei due pezzi;
- b) accoppiamento su tutta la superficie;
- b) pressione sino al raggiungimento completo della saldatura dei due pezzi secondo i valori di regolazione.

È importante che questa operazione avvenga entro il tempo specificato nelle tabelle di saldatura.

3) Raffreddamento. Il raffreddamento deve avvenire naturalmente ed in macchina, a pressione fino alla temperatura di 50-60°C (o secondo tabella), ed è importante evitare l'uso di mezzi esterni raffreddanti.

Per avere un'immediata verifica dell'accoppiamento dei pezzi deve essere presente su tutta la circonferenza un cordoncino di saldatura, dove K (vedi fig.) deve essere sempre maggiore di 0 (diametro esterno del tubo) e B (larghezza del codolo) deve risultare uniforme su tutto lo sviluppo della circonferenza del tubo e compresa nei valori indicati nella norma UNI 10520 cap. 11.1.2.

Prima di eseguire un controllo in pressione della condotta saldata, normalmente bisogna attendere un'ora dopo ultima saldatura.

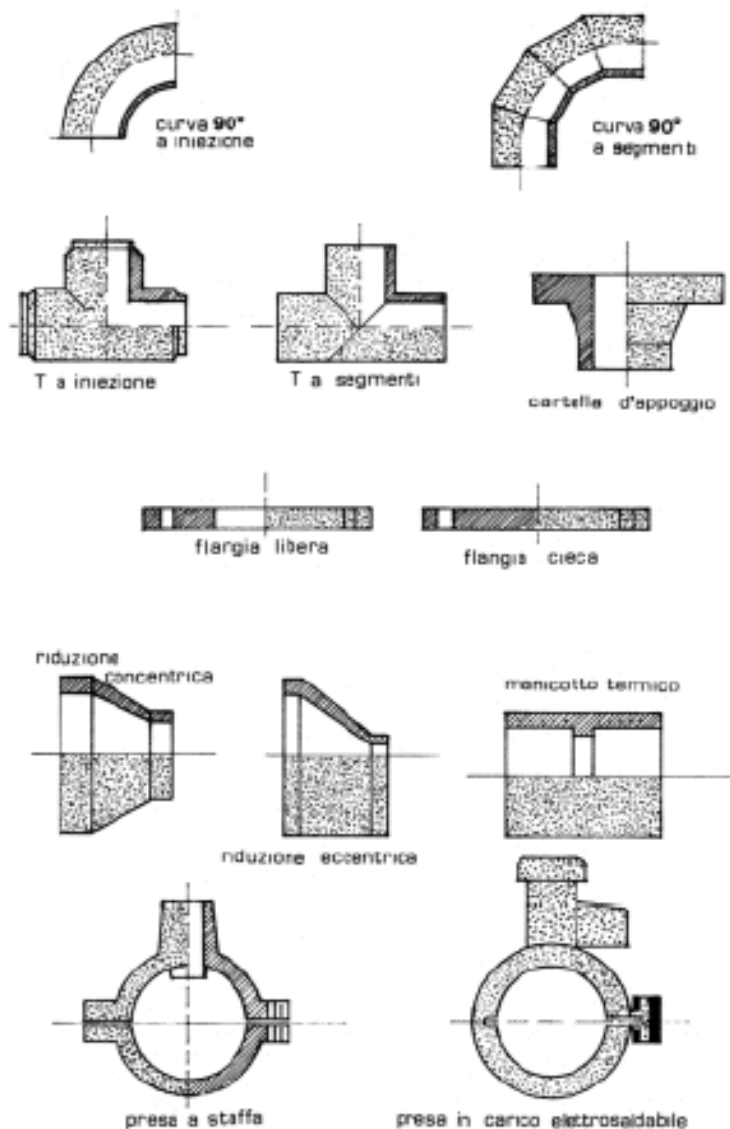


## Raccorderia e pezzi speciali per applicazioni permanenti

Il sistema di giunzioni permanenti del tubo AN PLAST, che copre le attuali esigenze impiantistiche, necessita di pezzi speciali facilmente reperibili sul mercato. Questi sono costruiti in polietilene ad alta densità (PE a.d.), fabbricati con qualsiasi metodo e regolamentati dalle norme

I tipi di raccordo considerati nella presente norma sono ad esempio:

- gomiti a 90°;
- gomiti a 45°;
- T a 90°;
- riduzioni.



## **Voci di capitolato**

### **Tubo in polietilene alta densità PE 80 per acquedotto**

Fornitura di tubo in polietilene ALTA DENSITÀ PE 80 a superficie liscia, di colore nero, rispondente alla Norma UNI EN 12201, recante per esteso il marchio, la ditta produttrice, il numero del marchio, la data di produzione, il diametro esterno del tubo, la pressione nominale, la banda coestrusa di colore azzurro.

Il tubo dovrà essere rispondente alla Normativa Igienico Sanitaria del Ministero della Sanità relativa ai manufatti per il trasporto di liquidi o derrate alimentari. Circolare N. 102 del 02/01/1978, per quanto riguarda la atossicità del materiale.

La Ditta fornitrice dovrà essere in possesso della certificazione di Qualità Aziendale SQP secondo la UNI EN ISO 9002.

### **Tubo in polietilene bassa densità per acquedotto**

Fornitura di tubo in polietilene BASSA DENSITÀ a superficie liscia, di colore nero, recante la ditta produttrice., la data di produzione, il diametro esterno del tubo, la pressione nominale.

Il tubo dovrà essere rispondente alla Normativa Igienico Sanitaria per quanto riguarda la certificazione di Qualità Aziendale SQP secondo la UNI EN ISO 9002.

### **Tubo in polietilene alta densità PE 80 per gasdotti**

Fornitura di tubo in polietilene ALTA DENSITÀ PE 80 a superficie liscia, di colore nero, rispondente alle Norme UNI – EN 1555, recante stampato per esteso il marchio, la ditta produttrice, il numero del marchio., la data di produzione, il diametro esterno del tubo, la serie, la banda coestrusa di colore giallo.

La Ditta fornitrice dovrà essere in possesso della certificazione di Qualità Aziendale SQP secondo la UNI EN ISO 9002.

### **Tubo in polietilene alta densità per fognature**

Fornitura di tubo in polietilene ALTA DENSITÀ a superficie liscia, di colore nero, recante stampato, la ditta produttrice, la data di produzione, il diametro esterno del tubo, la pressione nominale.

La Ditta fornitrice dovrà essere in possesso della certificazione di Qualità Aziendale SQP secondo la UNI EN ISO 9002.

**Tubo in polietilene alta densità PE 100 sigma 80 per acquedotto.**

Fornitura di tubo in polietilene ALTA DENSITÀ PE 100 sigma 80 a superficie liscia, di colore nero, recante stampato per esteso la ditta produttrice, la data di produzione, il diametro esterno del tubo, la pressione nominale, la banda coestrusa di colore azzurro conforme alle normative del Ministero della Sanità per il trasporto di liquidi o derrate alimentari.

Il tubo dovrà essere realizzato in conformità alle norme UNI EN 12201 e rispondere alla normativa igienico-sanitaria circolare n. 102 del 1978 per la atossicità del materiale.

La Ditta fornitrice dovrà essere in possesso della certificazione di Qualità Aziendale SQP secondo la UNI EN ISO 9002.

## **Glossario PE**

### **MFR (Melt Miss Flow Rate)**

Più comunemente conosciuto come MI (Melt Index) MFI (Melt Flow Index) o "GRADO". E' un valore correlato alla viscosità del materiale allo stato fuso, che permette una stima del peso molecolare medio fornendo una indicazione sulla scorrevolezza attraverso filiere o ugelli. Principio: peso di polimero che fluisce alla temperatura di 190°C, attraverso una filiera calibrata, sotto il peso di un pistone caricato con massa nota (per le resine tubi 5 Kg) nel tempo di 10 minuti.

Espressione: MI5 g/10 min (Melt Index misurato con massa di 5 Kg. Peso del polimero in granuli fluiti in 10 minuti).

Nelle resine per tubi i valori di MI5 g/10 min variano da 0,2 a 1.

### **DENSITÀ**

La Densità, conosciuta anche come MVS (Massa volumica standard), è un'espressione della cristallinità del polimero, misurata a 23°C ed espressa in Kg/m<sup>3</sup>.

La misura viene comunemente eseguita in colonne a gradiente di densità o con il metodo della bilancia idrostatica su un provino ottenuto a partire dal polimero fuso e raffreddato in modo controllato (cristallizzazione controllata).

Il valore della densità è influenzato dai residui minerali e dalle cariche eventualmente presenti nel polimero.

Si parla di: bassa densità LDPE se il valore è inferiore a 930 Kg/m<sup>3</sup>

media densità MDPE se il valore è compreso fra 930 e 940 Kg/m<sup>3</sup>

alta densità HDPE se il valore è superiore a 940 Kg/m<sup>3</sup>

(i valori di densità sono riferiti alla resina base del compound)

### **STABILITÀ TERMICA (Tempo di induzione all'ossigeno)**

Individua il livello di protezione (formula stabilizzazione) del materiale contro l'azione combinata del calore e dell'ossigeno, prima che si produca un'ossidazione del polimero con conseguente riflesso sulle proprietà a lungo termine.

Il metodo comunemente utilizzato per valutare questa caratteristica è il "tempo di induzione all'ossigeno = OIT".

Consiste nel misurare, alla temperatura di 200 o 210°C, in atmosfera di ossigeno, il tempo necessario, espresso in minuti, all'apparizione della reazione di ossidazione del polimero.

Le norme europee impongono un valore di OIT a 200°C minimo di 20 minuti.

### **UMIDITÀ (Contenuto in acqua)**

Il polietilene non assorbe acqua. La presenza di umidità è dovuta alla igroscopicità del carbon black presente nei compound neri che, se esposti all'ambiente, hanno tendenza a mettersi in equilibrio con l'umidità che vi è contenuta.

Il contenuto in umidità nelle resine per tubi è regolato dalla normativa europea: massimo 300 mg H<sub>2</sub>O/Kg di polimero.

Valori superiori possono comportare problemi in estrusione: presenza di crateri sulle superfici e/o di bolle nelle pareti dei tubi, con possibilità di ridurre la resistenza alla pressione nel tempo.

### **VOLATILI (Contenuto in materie volatili)**

Rappresenta la sommatoria di tutti i componenti che evaporano dalla resina sottoposta per 1 ora alla temperatura di 105°C (compresa l'umidità) - Vedi UMIDITÀ -

Il contenuto in volatili nelle resine per tubi è regolato dalle normative europee: massimo 350 mg/Kg polimero.

Valori superiori possono comportare problemi in estrusione: presenza di crateri sulle superfici e/o di bolle nelle pareti dei tubi, con possibilità di ridurre la resistenza alla pressione nel tempo.

### **NERO FUMO (Contenuto in Carbon Black)**

Il nero fumo aggiunto alle resine per tubi ha lo scopo di proteggere il polimero dalle radiazioni UV nei paesi ad alta insolazione.

Il nero fumo deve essere aggiunto dal fabbricante di materia prima direttamente al momento della preparazione del compound, garantendone una buona dispersione e ripartizione.

La qualità del Carbon Black e la sua concentrazione nel compound sono imposte dalle normative europee.

Concentrazione CB = 2÷2,5%

### **DISPERSIONE (Dispersione del Carbon Black o dei pigmenti nei compound)**

Vedi - NERO FUMO -

Il Carbon Black, i pigmenti, gli additivi presenti nel polimero per svolgere efficacemente la loro azione devono essere ben dispersi e ripartiti nella massa.

Dispersione: presenza di agglomerati. la loro presenza deve essere molto limitata in numero e dimensioni. Valore massimo ammesso dalle norme europee: < grado 3.

Gli agglomerati potrebbero creare punti di tensione nelle pareti dei tubi e ridurre la resistenza meccanica.

Ripartizione: uniformità della distribuzione nella massa. Una cattiva ripartizione lascia zone di polimero non protette.

### **ESCR (Resistenza allo stress cracking)**

La resistenza allo stress cracking del polietilene è attribuita alla capacità delle zone amorphe del materiale di resistere alla propagazione lenta delle fratture, sotto stress.

Per le resine tubi i metodi più comunemente usati per valutare questo parametro sono:

- il test pressione 1.000 h a 80°C con valori di tensioni circonferenziali variabili in funzione del tipo di materiale (PE100, PE80, ...)
- il Notch Test (Vedi SCG - Slow Crack Growth)

I parametri dei test ed i valori ai quali i vari tipi di materiali devono corrispondere sono dettati dalle norme europee.

### **MRS (Minimum Required Strenght)**

E' il sistema di classificazione delle resine per tubi basato sulla massima tensione circonferenziale ammissibile calcolata con un intervallo di confidenza del 97,5% (LCL). Questo valore espresso in MPa (MegaPascal) è ottenuto mediante curve di regressione dei valori dei test pressione ottenuti almeno a tre temperature differenti secondo il metodo ISO/DTR 9080.

Il valore di MRS così calcolato serve alla classificazione (designazione) della resina e rappresenta il valore della tensione circonferenziale massima ammissibile per una durata di 50 anni a 20°C.

| LTHS (*)<br>(20°C,<br>50 anni,<br>97,5 LCL) | MRS  | Designazione | Altra<br>Designazione |
|---------------------------------------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,3 – 7,9                                   | 6,3  | PE 63        | Sigma 50              |
| 8,0 – 9,9                                   | 8,0  | PE 80        | Sigma 63              |
| 10,0 – 11,5                                 | 10,0 | PE 100       | Sigma 80              |

(\*) LTHS = resistenza idrostatica a lungo termine

### **LCL (Lower Confidence Limit)**

Limite inferiore di confidenza della resistenza a lungo termine.

E' una quantità che ha le dimensioni di una tensione circonferenziale che può essere considerata come una proprietà della materia esaminata.

Essa rappresenta il limite inferiore di confidenza (LCL) a 97,5% della resistenza alla pressione idrostatica espressa in MPa (Mega-Pascal) a 20°C e 50 anni.

### **SCG (Slow Crack Growth)**



Resistenza allo stress cracking su un tubo intagliato.  
E' una misura della propagazione lenta della frattura.

Altre definizioni: "Prova con intaglio" o "Notch test".

Si tratta di un test su tubi mantenuti in pressione idrostatica alla temperatura di 80°C, che hanno quattro intagli a croce della profondità del 20% dello spessore del tubo, praticati sulla superficie esterna.

Le condizioni del test sono dettate dalle norme europee.

La prova è indicativa di come il materiale possa resistere ad incisioni che si possono manifestare durante l'installazione, il relining, il trasporto, ecc.

### **RCP (Rapid Crack Propagation)**

Propagazione rapida della frattura, è una proprietà indicativa della capacità del materiale di assorbire un pesante urto a basse temperature.

Se un tubo viene colpito da una forza di notevole entità si forma un inizio di frattura che può propagarsi rapidamente, alla velocità del suono, lungo il tubo sotto l'effetto della pressione di esercizio.

Per esaminare questo comportamento si effettuano prove in scala reale con un test chiamato FST (Full Scale Test), o in laboratorio con il test chiamato S4 (Small Scale Steady State). Con i due metodi si determina il valore della pressione (pressione critica) al di sopra della quale una frattura, innescata artificialmente sul tubo, si propaga rapidamente.

Le normative europee impongono la limitazione della pressione massima di esercizio al di sotto della pressione critica. Il valore della pressione critica dipende essenzialmente dalle materie prime impiegate per la fabbricazione del tubo.

Oggi le resine di tipo bimodale (Polietilene alta densità di terza generazione) garantiscono i più elevati valori di pressione critica.

### **INVECCHIAMENTO ALL'ESTERNO**

I tubi di solito sono installati nel terreno che li protegge dall'azione della luce, ma questo non accade durante l'immagazzinamento, il trasporto l'installazione, ecc.

Pertanto i tubi di colori diversi dal nero debbono essere sottoposti a controllo per verificare che il materiale sia capace di resistere a un certo livello di irraggiamento.

Una delle prove è quella di verificare che non si verifichi alcuna influenza negativa sottoponendo il campione a un irraggiamento di 3.5 gj/m<sup>2</sup>; l'effetto viene valutato con misure di analisi termica e con prove di trazione.

## **SAPORE E ODORE**

Condizione importante per un materiale per tubi è che non abbia influenza negativa sul sapore e sull'odore dell'acqua potabile.

Questa condizione è controllata mettendo il campione a contatto, per un determinato tempo ad elevata temperatura, con l'acqua.

Al termine della prova l'acqua è assaggiata da un gruppo di persone, al fine di individuare ogni indizio di sapore. Il controllo può essere condotto sia sui granuli sia sui tubi, perché condizioni non corrette di estrusione possono influenzare negativamente il sapore.

## **CLT (Constant Load Test)**

Test a carico costante usato per valutare il "fattore di fusione" delle saldature dei tubi con il metodo testa a testa.

La prova consiste nel sottoporre a carichi statici costanti una serie di provini del tubo senza la saldatura ed una di provini con la saldatura, immersi in un bagno di acqua calda (60 - 95°C) con aggiunta di un agente tensioattivo, fino a rottura.

Le due curve di regressione vengono comparate.

Il CLT è altresì utilizzato per valutare il comportamento al creep (scorrimento viscoso) di lunga durata (ESCR a lungo termine).

*Le informazioni contenute in questo opuscolo  
sono fornite a titolo documentativo; si esonera  
quindi da ogni responsabilità la*

*Ditta AN PLAST Srl  
Via Baio Dora 10  
10013 BORGOFRANCO D'IVREA  
Torino ITALY*

*Le leggi nazionali in materia di sicurezza  
e di igiene del lavoro sono da applicarsi  
in tutti i casi; il mancato rispetto a tali  
prescrizioni non può, in alcun caso  
addebitarci responsabilità.*