STRENGTH
IS NOTHING WITHOUT FLEXI

PVC

CENTRO DI INFORMAZIONE SUL PVC

# Condotte in PVC:

## NUOVI ADDITIVI, DURATA E SOSTENIBILITÀ

**FIERA $H_2O$ FERRARA**

**Sala D · Ore 14.00 - 16.00**

**Venerdì 21 Maggio 2010**

Convegno organizzato dal

**Gruppo Produttori Tubi e Raccordi in PVC compatto**

# I manuali per progettare condotte in PVC

**Le condotte in PVC: progetto, posa in opera e verifica di acquedotti, fognature e impianti tecnici**

**Volume 1: Tubi e raccordi in PVC a norma UNI EN 1329**

***Ing. Marco Piana***

# le condotte in PVC

progetto, posa in opera e verifica
di acquedotti, fognature ed impianti tecnici

# Indice

Presentazione ..... XIII

Ringraziamenti ..... XIV

Il centro di Informazione sul PVC ..... XV

Capitolo 1: IL PVC

**1.1 Policloruro di vinile** ..... 1
1.1.1 Cos'è il policloruro di vinile? ..... 1
1.1.2 Quando è nato e come è cresciuto ai livelli attuali? ..... 1
1.1.3 A che cosa serve? ..... 2
1.1.4 Quali sono i consumi attuali e le motivazioni della crescita? ..... 3

Capitolo 2: ACQUEDOTTI

**2.1 Dotazione idropotabile** ..... 7
**2.2 Condotta di adduzione e serbatoio di compenso** ..... 8
2.2.1 Condotta di adduzione ..... 9
2.2.2 Serbatoio di compenso giornaliero ..... 12

**2.3 Rete di distribuzione** ..... 14
2.3.1 Progettazione della rete ..... 14

**2.4 Ancoraggi** ..... 19

**2.5 Gamma prodotti** ..... 21
2.5.1 Tubazioni ..... 21

**2.6 Sistemi di tubazioni per l'adduzione d'acqua: Norma UNI EN 1452** ..... 21

Capitolo 3: FOGNATURE

**3.1 Classificazione delle reti** ..... 27

**3.2 Le portate pluviali** ..... 28

**3.3 Portate reflue** ..... 29

**3.4 Calcolo idraulico** ..... 30

**3.5 Calcolo meccanico delle reti interrate** ... 33
3.5.1 Carico del terreno ... 34
3.5.2 Carichi mobili ... 35
3.5.3 Carico per acqua di falda ... 36
3.5.4 Interazione tubo terreno ... 36
3.5.5 Pressione di collasso ... 38

**3.6 Gamma prodotti** ... 39
3.6.1 Tubazioni ... 39

**3.7 Sistemi di tubazioni per fognatura e scarichi interrati non in pressione:** ... 40

**3.8 Sistemi di tubazioni a parete strutturata per fognatura e scarichi interrati non in pressione: Tubazioni in PVC-U – PP – PE – Progetto di Norma prEN 13476 (UNI 10968)** ... 43

**Capitolo 4: IMPIANTI DI SCARICO**

**4.1 Impianti pluviali** ... 45
4.1.1 Dimensionamento dei canali e dei pluviali ... 46
4.1.2 Criteri di progetto e installazione ... 47
4.1.3 Esempio ... 48

**4.2 Impianti di scarico delle acque usate** ... 49
4.2.1 Tipologia degli schemi ... 49
4.2.2 Dimensionamento ... 51
4.2.3 Il progetto d'installazione ... 54

**4.3 Tubi ad alto potere fonoassorbente** ... 55
4.3.1 Prove di laboratorio ... 56
4.3.2 La classificazione al fuoco ... 56
4.3.3 Posa in opera ... 56

**4.4 Gamma prodotti** ... 57
4.4.1 Tubazioni ... 57

**4.5 Sistemi di tubazioni per condotte di scarico all'interno dei fabbricati: Norma UNI EN 1329** ... 57

**4.6 Sistemi di tubazioni con tubi a parete strutturata per condotte di scarico all'interno dei fabbricati : Norma UNI EN 1453** ... 60

**Capitolo 5: TUBI DI DRENAGGIO**

**5.1 Sistemi di drenaggio** ... 65
5.1.1 Drenaggi in opere civili e in aree sportive ... 65
5.1.2 Drenaggio di muri di sostegno e di contenimento ... 66
5.1.3 Drenaggio delle strade carreggiabili ... 66
5.1.4 Drenaggio di reti ferroviarie ... 66
5.1.5 Drenaggi di canali ... 67
5.1.6 Drenaggio realizzato mediante geotessuti ... 67
5.1.7 Drenaggi superficiali, di campi portivi, piste ciclabili ... 67

**5.2 Drenaggi agricoli** ... 68

**5.3 Tipologie di tubazioni per il drenaggio** ... 69

**5.4 Resistenza meccanica del tubo di drenaggio** ... 70

**5.5 Gamma prodotti** ... 70
5.5.1 Tubazioni ... 70

**Capitolo 6: IMPIANTI INDUSTRIALI**

**6.1 Impianti antincendio** ... 71
6.1.1 Carico di incendio e la resistenza al fuoco ... 71
6.1.2 Impianti di rivelazione/segnalazione (UNI EN 54) ... 72
6.1.3 Impianti di spegnimento ... 72

**6.2 Impianti di aria compressa** ... 78
6.2.1 Cenni alla composizione dell'impianto di aria compressa ... 78
6.2.2 Rete di distribuzione ... 80

**6.3 Impianti chimico-industriali** ... 82

**6.4 Iniezione per il consolidamento e l'impermeabilizzazione** ... 82

**6.5 Pozzi artesiani** ... 82

**6.6 Gamma prodotti** ... 83
6.6.1 Tubazioni ... 83

**6.7 Sistemi di tubazioni per condotte di fluidi industriali: Norme UNI 10952 e UNI 10953 - Novembre 2002** ... 84

**Capitolo 7: RACCORDI, VALVOLE E PEZZI SPECIALI PER REALIZZARE LE CONDOTTE**

**7.1 Raccordi** ... 85
7.1.1 Acquedotto e irrigazione ... 87
7.1.2 Edilizia ... 97
7.1.3 Fognatura ... 98

**7.2 Valvole** ... 101
7.2.1 Valvole di ritenzione (antiriflusso) ... 101
7.2.2 Valvole a sfera ... 103
7.2.3 Valvole a farfalla ... 105
7.2.4 Valvole di fondo ... 106
7.2.5 Valvole di sfiato ... 107
7.2.6 Valvole a membrana ... 108

**7.3 Sifoni** ... 108

7.4 **Pozzetti** ... 110
7.4.1 Pozzetto di linea per ispezione e lavaggio ... 111
7.4.2 Pozzetto di linea con immissione di utenza, con o senza acqua di falda ... 111
7.4.3 Pozzetto di linea con immissione di utenza e cambio di diametro ... 112
7.4.4 Pozzetto di salto senza continuità di materiale ... 112
7.4.5 Pozzetto di salto con continuità di materiale ... 113
7.4.6 Pozzetto di linea di ispezione e di lavaggio totalmente realizzato in materiali plastico ... 113
7.4.7 Pozzetto in PVC DN 425 per allacciamento con sifone tipo Firenze ... 114
7.4.8 Caditoia sifonata in PVC DN 425 per acque piovane ... 115
7.4.9 Pozzetto DN 400 per acque nere in PVC - pozzetto in cemento ... 116

7.5 **Pezzi speciali per attacchi con reti esistenti** ... 117
7.5.1 Innesto di nuove reti ... 117
7.5.2 Collegamenti con altri materiali ... 119

## Capitolo 8: CALCOLO IDRAULICO

8.1 **Definizione di idraulica** ... 121
8.1.1 Idrostatica ... 121
8.1.2 Idrodinamica ... 121

8.2 **Proprietà dell'acqua** ... 121
8.2.1 Densità ... 121
8.2.2 Peso specifico ... 122
8.2.3 Coesione ... 122
8.2.4 Compressibilità ... 122
8.2.5 Fluidità ... 122
8.2.6 Viscosità ... 122
8.2.7 Tensione superficiale ... 122
8.2.8 Celerità di propagazione delle perturbazioni ... 123
8.2.9 Coefficiente di attrito ... 123

8.3 **Idrostatica e idrodinamica** ... 124
8.3.1 Principi dell'idrostatica ... 124
8.3.2 Regime di funzionamento ... 124
8.3.3 Definizione dei parametri ... 125
8.3.4 Il teorema di Bernoulli ... 126

8.4 **Tipi di moto** ... 127
8.4.1 Moto a pelo libero ... 127
8.4.2 Moto in pressione ... 127

## Capitolo 9: CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO

9.1 **Canali** ... 129
9.1.1 Calcolo idraulico ... 129
9.1.2 Dati necessari al calcolo del canale ... 129

9.2 **Tubazioni in pressione per dislivello topografico** ... 130
9.2.1 Calcolo idraulico ... 130
9.2.2 Dati utili per il dimensionamento della condotta ... 135
9.2.3 Esempio ... 135

9.3 **Moto in pressione per la presenza di una pompa idraulica** ... 135
9.3.1 Calcolo idraulico ... 136
9.3.2 Dati utili per il dimensionamento della condotta ... 137

## Capitolo 10: PRESSIONI NELLE CONDOTTE

10.1 **Sovrappressioni accidentali** ... 139
10.1.1 Pressioni variabili e velocità dell'onda d'urto ... 139
10.1.2 Calcolo della celerità della perturbazione ... 140
10.1.3 Colpo d'ariete ... 142
10.1.4 Introduzione al metodo di Bergeron ... 144
10.1.5 Altri metodi di calcolo ... 145

10.2 **L'aria nelle tubazioni** ... 145

## Capitolo 11: POSA IN OPERA

11.1 **Posa in opera delle tubazioni** ... 147

11.2 **Raccomandazioni** ... 147
11.2.1 Trasporto e accatastamento ... 147

11.3 **Installazione errata** ... 149
11.3.1 Classifica degli scavi ... 149
11.3.2 Profondità della trincea ... 150
11.3.3 Larghezza della trincea ... 151
11.3.4 Fondo della trincea ... 151
11.3.5 Letto di posa ... 151
11.3.6 Posa del tubo ... 152
11.3.7 Riempimento ... 152

11.4 **Installazione aerea** ... 154
11.4.1 Distanza tra i supporti ... 154
11.4.2 Installazione aerea di tubazioni di evacuazione acque nere domestiche ... 157

11.5 **Giunzione delle tubazioni** ... 157
11.5.1 Giunzioni di tipo rigido ... 159
11.5.2 Giunzioni di tipo elastico ... 159
11.5.3 Giunzione con manicotto a vite ... 160
11.5.4 Giunzione rapida con bigiunto e guarnizioni elastomeriche ... 160
11.5.5 Giunti a serraggio meccanico ... 161
11.5.6 Giunto a flangia libera con collare di appoggio o fissa ... 162

11.5.7 Giunzione mediante guarnizioni elastomeriche integrate nella tubazione di PVC ... 162
11.5.8 Esecuzione delle giunzioni ... 164

**11.6 Riparazione delle tubazioni in PVC** ... 164

## Capitolo 12: PROVE DI COLLAUDO

**12.1 Deformazione diametrale** ... 165

**12.2 Tenuta idraulica: collaudi in opera** ... 166
12.2.1 Acquedotti e impianti irrigui ... 166
12.2.2 Fognature non in pressione ... 167
*12.2.2.1 Prove di tenuta per le tubazioni alveolari: il fenomeno del by-pass* ... 171
*12.2.2.2 Prove di tenuta per pozzetti* ... 172

## Capitolo 13: QUALITÀ E CERTIFICAZIONI

**13.1 La certificazione di qualità** ... 173

**13.2 La certificazione di prodotto** ... 174
13.2.1 La certificazione obbligatoria: la marcatura CE ... 174
13.2.2 La certificazione volontaria di prodotto ... 177

**13.3 La certificazione di sistema** ... 178

**13.4 La certificazione ambientale** ... 180

## Capitolo 14: LA PRODUZIONE E LA TRASFORMAZIONE DEL PVC

**14.1 Produzione industriale del PVC** ... 181
14.1.1 Polimerizzazione del CVM ... 181
14.1.2 Processo industriale di polimerizzazione del CVM in sospensione acquosa ... 182
*14.1.2.1 Processo e prodotto* ... 182
*14.1.2.2 Cinetica di polimerizzazione, peso molecolare e tatticità* ... 186
*14.1.2.3 Distribuzione dimensionale delle particelle-granuli di PVC sospensione e loro morfologia interna* ... 189
*14.1.2.4 Aspetti ambientali e di sicurezza del processo di polimerizzazione in sospensione del CVM e dei corrispondenti prodotti PVC* ... 194

**14.2 Prodotti PVC sospensione, trasformazione in manufatti e settori applicativi** ... 195
14.2.1 Prodotti PVC sospensione ... 195
14.2.2 Processi di trasformazione ... 196
14.2.3 Settori applicativi dei manufatti a base di PVC sospensione ... 199

**14.3 Compatibilità e sostenibilità ambientale dei manufatti a base di PVC** ... 202
14.3.1 Valutazione del ciclo di vita LCA di manufatti in PVC ... 204
14.3.2 Recupero e riciclo dei manufatti a fine vita in esercizio ... 207
14.3.3 Considerazioni conclusive ... 207

**14.4 Caratteristiche della resina PVC** ... 208

**14.5 Proprietà del PVC** ... 211

**14.6 Qualità del PVC rigido** ... 214

**14.7 Trasformazione del PVC** ... 215
14.7.1 Trasformazione del PVC ... 215
14.7.2 Gelificazione ... 215
14.7.3 Stabilità termica ... 215
14.7.4 Lubrificanti ... 216
14.7.5 Pigmenti ... 216
14.7.6 Altri additivi ... 216

## Capitolo 15: LE CONDOTTE IN PVC RIGIDO

**15.1 Processi di trasformazione per tubi in PVC** ... 219
15.1.1 Tipologia delle tubazioni ... 219
15.1.2 Descrizione dei processi di trasformazione ... 221
15.1.3 Caratteristiche generali dei tubi in PVC ... 222
15.1.4 Applicazioni principali dei tubi in PVC rigido ... 224

**15.2 Requisiti delle tubazioni in PVC** ... 226
15.2.1 Resistenza alla pressione interna ... 226
15.2.2 Resistenza allo schiacciamento ... 227
15.2.3 Resistenza alla flessione ... 228
15.2.4 Resistenza all'impatto ... 228
15.2.5 Resistenza all'abrasione ... 229
15.2.6 Resistenza ai prodotti chimici ... 230

**15.3 Comportamento funzionale delle tubazioni in PVC** ... 231
15.3.1 Durata nel tempo di utilizzo ... 231
15.3.2 I cicli di funzionamento ... 231
15.3.3 Resistenza alla temperature ... 233

**15.4 Grandezze dimensionali e meccaniche** ... 233
15.4.1 Le basi delle classificazione ... 233
15.4.2 Caratteristiche geometriche e funzionali ... 233
15.4.3 Diametri delle tubazioni ... 235
15.4.4 Momento di inerzia ... 235
15.4.5 Rigidità specifica ... 235

**15.5 Innovazione nelle tubazioni in PVC** ... 236
15.5.1 Tubi alveolari ... 236
15.5.2 Tubi a parete espansa ... 237
15.5.3 Tubi in lega polimerica PVC-A ... 238
15.5.4 Tubi a doppia orientazione di molecole PVC-O ... 239

## Capitolo 16: I PERCORSI DELLA SCELTA


**16.1 Reti in pressione: percorso di scelta corretta** ..... 243

**16.2 Reti a pelo libero: percorso di scelta corretta** ..... 246

**16.3 Programmi di calcolo** ..... 248

**16.4 Check-list di cantiere** ..... 249


## APPENDICI


*1 - Comportamento delle tubazioni interrate in caso di terremoto* ..... 251
*2 - Il problema di verifica* ..... 253
*3 - Il problema di progetto* ..... 255
*4 - Formulario* ..... 257
*5 - Diametri normalizzati/spessori* ..... 264
*6 - Comportamento delle tubazioni di PVC agli agenti chimici* ..... 266
*7 - Abachi e tabelle di dimensionamento acquedotti e tubi in pressione* ..... 270
*8 - Abachi e tabelle di dimensionamento fognature e condotte a pelo libero* ..... 275
*9 - Stoccaggio e posa in opera* ..... 281
*10 - Raccordi, ancoraggi, sforzi sulle curve* ..... 284
*11 - Riparazione e innesto nuove linee* ..... 287
*12 - Riferimenti alle caratteristiche dei materiali alternativi (polietilene e polipropilene)* ..... 291
*13 - Norme correlate ai materiali alternativi* ..... 296

**Bibliografia** ..... 327

**Siti internet** ..... 329

www.tubipvc.it

# TUBI E RACCORDI IN PVC A NORMA

## UNI EN 1329

Tubazioni di materia plastica per scarichi all'interno dei fabbricati

Volume 1

Campo di applicazione 4 Norme di riferimento UNI EN 1329-1/2-1046 1610-681-1905-1055 ed altre di specifico interesse

Il PVC 12 Che cosa è il policroruro di vinile?
12 Quando è nato?
13 A cosa serve?
14 Il PVC-U per tubi e raccordi a norma UNI EN 1329: applicazioni, caratteristiche e requisiti
15 Caratteristiche generali del PVC per tubi e raccordi
17 Requisiti delle tubazioni in PVC
23 Comportamento funzionale delle tubazioni in PVC
24 Grandezze dimensionali e meccaniche
28 Scheda tecnica e prestazionalie secondo norma UNI EN 1329

Caratteristiche e prestazioni 36 Caratteristiche generali per scarichi
36 Il materiale PVC e le condotte di scarico
38 Potere fonoassorbente di tubi e raccordi in PVC
41 La classificazione al fuoco

Qualità 42 La certificazione di qualità
43 La certificazione di prodotto
44 La certificazione obbligatoria: marcatura CE
47 La certificazione volontaria di prodotto
47 La certificazione volontaria di sistema
48 La certificazione ambientale
49 Il sistema previsto dalla norma UNI EN 1329
50 La materia prima
54 DM 22 Gennaio 2008 n. 37

Dimensionamento 66 Dimensionamento delle reti di scarico
71 Ventilazione degli impianti di scarico
78 Sistemi di raccolta delle acque meteoriche

Posa in opera 86 Istruzioni generali per la posa in opera
89 Istruzioni per il corretto assemblaggio
89 Insonorizzazione del sistema di scarico
93 Impianti pluviali di raccolta delle acque meteoriche
95 Problematiche tipiche della rete di scarico

Il sistema 98 Definizioni
102 Tipi di giunzione
102 Tipi di raccordi

Capitolato 104 Capitolato
105 Disciplinare tecnico

Ambiente 110 Compatibilità e sostenibilità ambientale
112 Recupero e riciclo

# CARATTERISTICHE GENERALI DEI TUBI IN PVC

**DENSITA':** **1,40 g/dm$^3$** (gli additivi, solidi o liquidi, possono far variare la densità)

**MODULO ELASTICO:** si definisce **sforzo di trazione nominale** il rapporto tra la forza applicata agli estremi del provino e la superficie A sulla quale si distribuisce:

$$\sigma = F / A$$

La deformazione, a partire dalla lunghezza del provino $l_0$ , fino al raggiungimento della lunghezza $l_1$, si valuta con il rapporto:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

Se nel PVC si mostra una parte iniziale della curva di tipo lineare, allora si potrà esprimere il rapporto tra sforzi e deformazioni mediante il modulo elastico E

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = 36000 kg / cm^2 \approx 3600 MPa$$ (Il valore di E dipende dalla mescola)

**DURABILITA':** Le tubazioni in PVC sono **progettate per una vita minima di 50 anni.**
La relazione tra sforzi e deformazioni non è indipendente dal tempo, come sarebbe per i materiali elastici. Per questo nel progetto delle tubazioni in PVC **si applica un coefficiente di sicurezza** che fa in modo di assicurare una vita utile delle tubazioni di 50 anni.

**CARATTERISTICHE TERMICHE ED ELETTRICHE:**
La **capacità termica** è calcolata come il rapporto tra la conducibilità e la capacità calorica per unità spaziale:

$$a = \lambda / (c \cdot \rho) [cm / s]$$

in cui $\lambda$ è la conducibilità termica in cal/(cm s °C), *c* è il calore specifico in cal /(g °C), $\rho$ è la densità in g/cm$^3$.
La **conducibilità termica** del PVC è circa **0,14 W/(m K).**
La **rigidezza dielettrica** del PVC è di **20-40 kV/mm.**

# CARATTERISTICHE GENERALI DEI TUBI IN PVC

## ABRASIONE/SCABREZZA

Le tubazioni in PVC hanno una **elevata resistenza all'abrasione** e uno dei loro vantaggi è proprio l' **estrema levigatezza delle pareti interne che assicurano perdite di carico modeste.**
La **rugosità assoluta *K*** è la massima delle rugosità relative ***K* / D** che si possono trovare all'interno di una tubazione di diametro *D*.

| *Tipo di tubazione* | *Rugosità assoluta* |
|---|---|
| Ghisa senza rivestimento | 0,25 |
| Ghisa rivestita centrifugata | 0,50 |
| Ferro galvanizzato | 0,025 |
| Fibrocemento senza rivestimento | 0,025 |
| Calcestruzzo formato in stampi | 0,40 |
| Calcestruzzo centrifugato | 0,25 |
| Calcestruzzo in tubazioni | 1,25 |
| PVC | 0,007 |

# REQUISITI DELLE TUBAZIONI IN PVC

## RESISTENZA ALLA PRESSIONE INTERNA

La **pressione nominale *PN*** è data dalla formula:

$$PN = 20 \cdot \frac{MRS \cdot e}{C \cdot (DN - e)}$$

in cui ***MRS*** è la **tensione minima richiesta** dalla tubazione
***e*** è lo spessore
***DN*** è il diametro nominale esterno
***C*** coefficiente di sicurezza (C=2,5 per diametro> 90 mm; C=2 per diametri> 90 mm)

Detto *SDR* il rapporto tra il diametro nominale esterno *DN* e lo spessore *e* del tubo e S la serie del tubo si ha:

$$S = \frac{DN - e}{2e}$$

$$SDR = \frac{DN}{e} = 2S + 1$$

La pressione deve essere mantenuta per tutta la prova con una variazione massima di ±2,5.

**Caratteristiche per condurre la prova:**

| *Temperatura °C* | *Durata delle prova H* | *Sforzo tangenziale MPa* |
|---|---|---|
| 20 | 1 | 42 |
| 20 | 100 | 35 |
| 60 | 1000 | 12,5 |

# REQUISITI DELLE TUBAZIONI IN PVC

## RESISTENZA ALLO SCHIACCIAMENTO

I valori suggeriti dalla norma UNI-EN 1401 sono:

- rigidità anulare specifica (stiffness): **SN 2 – 4 - 8 - 16(kN/m²)**
- deformazione verticale del tubo: $\Delta y \leq 4{,}77\ P/L$ in cui ***P*** è il carico applicato sulla generatrice superiore

in Newton, ***L*** è la lunghezza del provino in mm, $\Delta y$ è il valore della deformazione aspettata in mm.

Il risultato della prova si ottiene applicando la formula:

$$stiffness = 0{,}01863 \frac{1}{L} \frac{P}{\Delta y}$$

in cui ***Stifness*** è la rigidità anulare specifica in N/m²,
***L*** *è* la lunghezza del provino in metri,

La rigidità anulare specifica ha anche un'altra formulazione:

$$stiffness - \frac{EcI}{D_m^{\ 3}}$$

in cui ***Ec*** è il modulo di Young in N/m²,
***I*** è il momento di inerzia per metro lineare espresso in m³,
***e*** è lo spessore,
***Dm*** è il diametro dell'asse neutro, in metri.

## RESISTENZA AI PRODOTTI CHIMICI

Il PVC resiste bene agli acidi come alle basi, agli alcoli e a gli idrocarburi alifatici.
È invece poco resistente agli idrocarburi aromatici e clorurati, agli esteri e ai chetoni.

# REQUISITI DELLE TUBAZIONI IN PVC

## RESISTENZA ALL'ABRASIONE

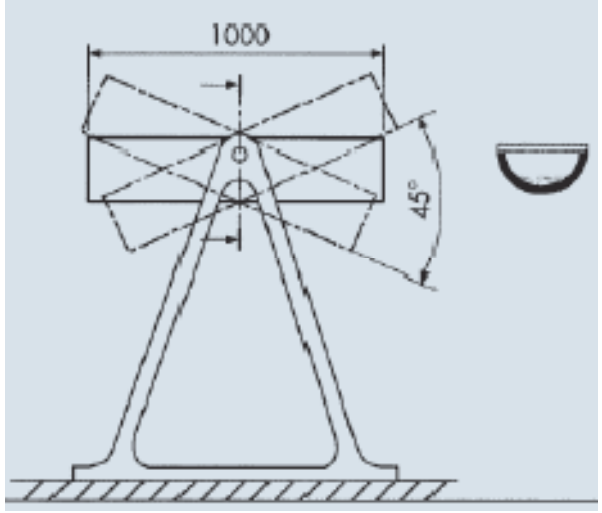
Il PVC presenta una buona resistenza all'abrasione, anche in presenza di spessori ridotti

**Metodo dell'università di Darmstadt :** metodo di prova per via umida (considerato il più attendibile)

**Provino:** semicuscinetto DN300 di tubo lungo 1 m che viene ribaltato alternativamente in lenti movimenti oscillanti, con una f di 0,18 Hz (21,6 cicli/minuto)

**Materiale per simulare l'abrasione**: miscuglio di sabbia quarzosa/ghiaia/acqua contenente circa il 46% di sabbia quarzosa e ghiaia di granulometria da 0 a 30 mm (il cambio delmateriale avviene dopo 100.000 cicli)

**Caratteristica valutata**: diminuzione locale dello spessore di parete (in mm) dopo un determinato tempo di sollecitazione (e anche in funzione dei numeri di cicli)




Spesso per favorire il funzionamento idraulico si interviene con **getti ad alta pressione** per disincrostare eventuali depositi della fase solida dei liquami scaricati.
Prove di simulazione per la verifica di tenuta delle giunzioni e la resistenza all'effetto abradente di getti ad alta pressione: **perfetta tenuta delle giunzioni** e l'ispezione visiva (a mezzo di telecamera) ha evidenziato l'assoluta **assenza di danneggiamenti od erosioni delle superfici interne**.

# REQUISITI DELLE TUBAZIONI IN PVC

## DURATA NEL TEMPO DI UTILIZZO

- Per loro natura, le tubazioni in PVC rigido possono sopportare elevati sforzi di pressione di corta durata, per lo meno di cinque volte maggiori di quelle che può sopportare a lungo termine.
- Per le tubazioni, il fattore di sicurezza si determina con una prova applicando una pressione rapidamente fino al punto in cui si ha la rottura della tubazione.
  → La pressione nominale viene determinata dividendo questa pressione per 2,4.
- La resistenza delle tubazioni in ghisa si calcola dividendo la combinazione dei carichi massimi e la pressione che fa scoppiare il tubo per il fattore di sicurezza 2,5.
- Il **PVC**, essendo un **materiale termoplastico**, risponde alla pressione interna come i plastici, cioè si può avere lo scorrimento o il flouage delle molecole (comportamento **visco-elastico**)
- Lo **scorrimento plastico del PVC rigido** come risposta all'applicazione dello sforzo (ovvero la pressione interna alla tubazione) ha una velocità variabile con la durata dell'applicazione dello sforzo.
- Questo flouage diminuisce al passare del tempo.
- Per una tubazione in PVC rigido, si osserva che il flouage dopo 100.000 ore (circa 11,4 anni) ha raggiunto un valore minimo.
- Per queste tubazioni si sono ricavate per estrapolazione il valore delle resistenza a lungo termine (50 anni) che si utilizzano nel progetto delle tubazioni.

# REQUISITI DELLE TUBAZIONI IN PVC

## DURATA NEL TEMPO DI UTILIZZO

- Proprietà visco-elastiche del PVC → scorrimento delle molecole di PVC rigido:
- la relazione tensione-allungamento non è rettilinea e non è indipendente dal tempo come per i materiali elastici.
- A causa di questo scorrimento, indipendentemente dalla tensione a cui sono sottoposte le pareti delle tubazioni, la rottura avviene dopo un certo tempo.
- Le curve di regressione che si possono calcolare in base alle prove effettuate indicano la necessità di un elevato fattore di sicurezza.
- Generalmente il fattore di sicurezza si calcola per 100.000 ore di applicazione dello sforzo.

**FATTORI DI SICUREZZA** stabiliti secondo la norma **UNI EN 1452** sono:

- **2,5** per le tubazioni di diametro ≤ 90 mm,
- **2** per diametri > 90 mm

che dovrebbero tenere in conto di tutte le possibili fluttuazioni dei parametri nei 50 anni di vita della tubazione.

**valore minimo richiesto di tensione MRS a 20°C sia di 250 kg/cm$^2$ (25 MPa), secondo UNI EN 1452**

# EN 1401-1:2009

## Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system

### 4.2 Pipe material

When tested in accordance with the test method as specified in Table 1, using the indicated parameters, the pipe material shall have characteristics conforming to the requirements given in Table 1.

The pipe material shall be tested in the form of a pipe.

**Table 1 — Material characteristics of pipes**

| Characteristic | Requirements | Test parameters | | Test method |
|---|---|---|---|---|
| Resistance to internal pressure | No failure during the test period | End caps | Type A or B conforming to EN ISO 1167-1:2006 | EN ISO 1167-1:2006 |
| | | Test temperature | 60 °C | |
| | | Orientation | Free | |
| | | Number of test pieces | 3 | |
| | | Circumferential (hoop) stress | 10 MPa | |
| | | Conditioning period | 1 h | |
| | | Type of test | Water-in-water | |
| | | Test period | 1 000 h | |

# EN ISO 1452-1:2009

## Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground drainage and sewerage under pressure - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) - Part 1: General

**SCOPO**

It is applicable to piping systems intended for the supply of water under pressure up to and including 25 °C (cold water), intended for human consumption and for general purposes as well as for waste water under pressure.

This part is also applicable to components for the conveyance of water and waste water up to and including 45 °C. For temperatures between 25 °C and 45 °C, Figure A.1 of EN ISO 1452-2:2009 applies.

# EN ISO 1452-1:2009

## Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground drainage and sewerage under pressure - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) - Part 1: General

**DEFINIZIONI**

3.1.4 Definitions related to material characteristics

**3.1.4.1 lower prediction limit - $\sigma_{LPL}$** (expressed in MPa)

quantity which can be considered as a material property, representing the 97,5 % lower confidence limit of the predicted long-term hydrostatic strength at 20 °C for 50 years with internal water pressure

3.1.5 Definitions related to service conditions

**3.1.5.1 nominal pressure - PN**

numerical designation used for reference purposes related to the mechanical characteristics of a component of a piping system

NOTE 1: For plastics piping systems, it corresponds to the allowable operating pressure, in bar 1), conveying water at 20 °C during 50 years, as given in Equation (4):

$$PN = \frac{20MSR}{C \times (SDR - 1)}$$

NOTE 2: Research on long-term performance prediction of existing PVC water distribution systems shows possible service life of at least 100 years (see Figure 1 and KRV Nachrichten 1/95[8] and TNO Science and Industry[9]).

### 4.4.2 Verification of compounds or formulations in pipe form of PVC-U 250

If long-term experience with a defined compound or formulation is available, the MRS shall not be re-evaluated. In that case, testing on five samples in parallel for each chosen condition shall be performed. All values found shall be located on or above the $\sigma_{LPL}$ minimum reference curve [3)] given in Figure 1.

Alternatively, the testing time of 10 samples per temperature may be dispersed along the minimum reference curve. In that case, the time frame shall be:

— for 20 °C: Time from 100 h up to and including 5 000 h; the times of which 3 samples shall be between 3 000 h and 5 000 h,

— for 60 °C: Time from 100 h up to and including 5 000 h; the times of which 3 samples shall be between 3 000 h and 5 000 h,

where the check points given in Table 2 shall be integral part of the testing scheme. For the pipe series and end caps to be used, see 4.4.1.

The values of the minimum required hydrostatic strength shall be calculated using Equation (6):

$$\lg t = -164{,}461 - 29\,349{,}493 \times \frac{\lg\sigma}{T} + 60\,126{,}534 \times \frac{1}{T} + 75{,}079 \times \lg\sigma \qquad (6)$$

**Table 2 — Example of verification test requirements**

| Time<br>h | Temperature<br>°C | Stress<br>MPa |
|---|---|---|
| 100 | 20 | 35,00 |
| 100 | 60 | 11,95 |
| 1 000 | 20 | 31,87 |
| 1 000 | 60 | 10,00 |
| 5 000 | 20 | 29,90 |
| 5 000 | 60 | 8,85 |

NOTE Verification testing is used to confirm the material properties after a change of formulation on a long-term experienced material. Verification testing does not give precise information about the slope of the regression curve and therefore is not representative of the MRS value determination.

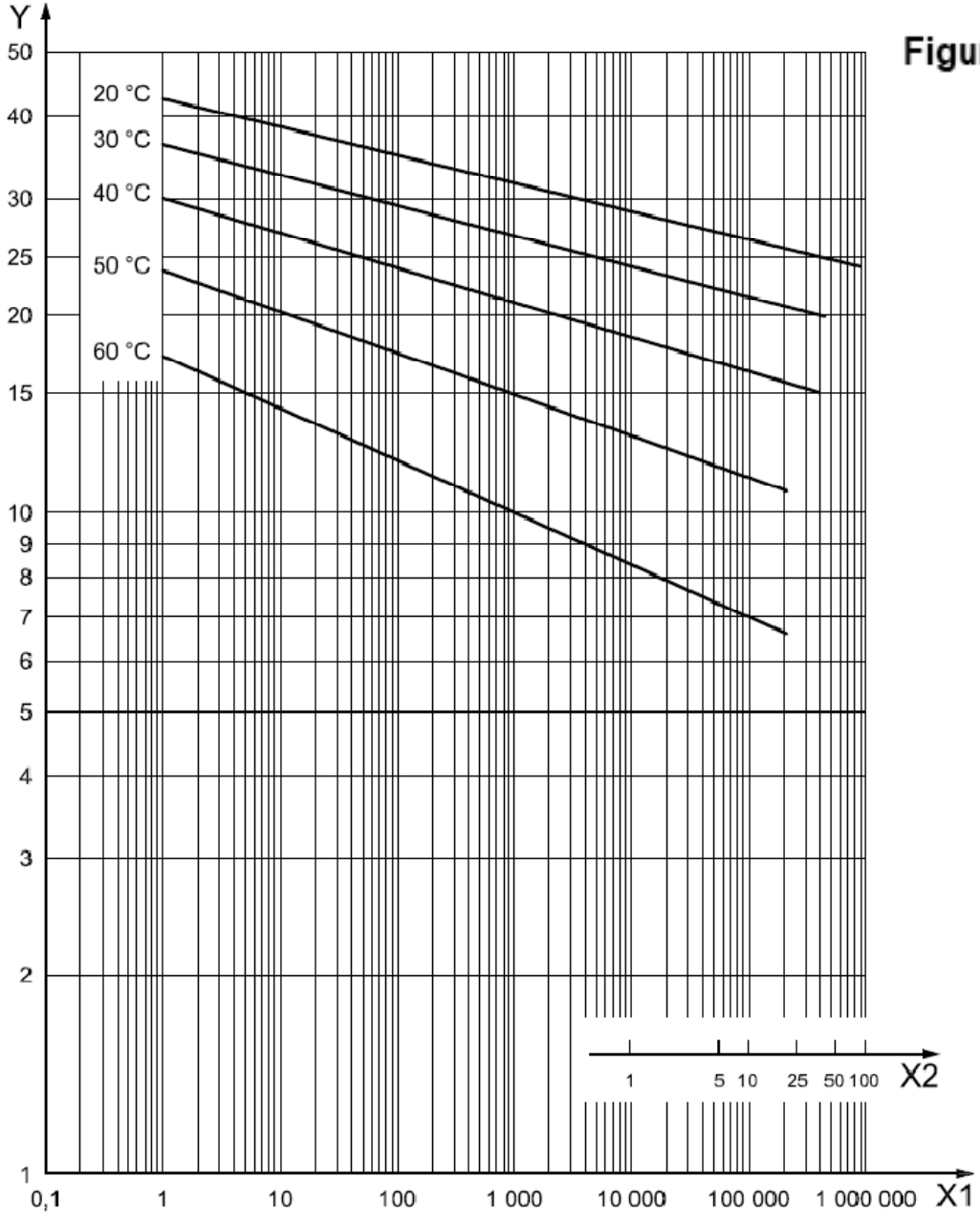



**Figure 1 — Minimum reference curve for PVC-U 250**

**Key**

X1 time, $t$, to fracture, in hours

X2 time, in years

Y hoop stress, $\sigma$, in megapascals

# EN ISO 1452-2:2009

## Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground drainage and sewerage under pressure - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) - Part 2: Pipes

### 8.2 Resistance to internal pressure

Pipes shall withstand, without bursting or leakage, the hydrostatic stress induced by internal hydrostatic pressure when tested in accordance with ISO 1167-1, using the test conditions specified in Table 7.

For this test, end caps type A or B in accordance with ISO 1167-1 may be used. In case of dispute, end caps type A shall be used.

**Table 7 — Pressure test requirements for pipes**

| Characteristic | Requirement | Test parameters | | | | | Test method |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Temp. °C | Circumferential stress MPa | Time h | Type of test | Number of test pieces[a] | |
| Short- and long-term strength | No failure during the test | 20 | 42,0 | 1 | Water in water | 3 | ISO 1167-1 and ISO 1167-2 |
| | | 60 | 12,5 [b] | 1 000 | | | |

[a] The number of test pieces given indicates the number required to establish a value for the characteristic described in the table. The number of test pieces required for factory production control and process control should be listed in the manufacturer's quality plan.

[b] If tested with the circumferential stress of 12,5 MPa, due to statistical spread of the test results, test times less than 1 000 h can be achieved. In this case, a retest procedure with a circumferential stress of 12,5 MPa or 10,0 MPa shall be performed with pipes of the same production batch and double sampling. If the retest results are positive, the requirement of the minimum reference curve for PVC-U 250, given in ISO 1452-1:2009, 4.4.2, is deemed to be verified.

# EN ISO 1452-2:2009

## Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground drainage and sewerage under pressure - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) - Part 2: Pipes

### A.3 Derating factor for service temperatures between 25 °C and 45 °C

The derating factor, $f_T$, for service temperatures between 25 °C up to 45 °C shall be taken from Figure A.1. The derating factor is based on long-term experience and test results.

EXAMPLE Consider a pipe with PN 12,5 to be applied for water at 40 °C. From Figure A.1 the derating factor at 40 °C is 0,71. Therefore the maximum allowable operating pressure at 40 °C in continuous use is: 0,71 × 12,5 bar = 8,88 bar.

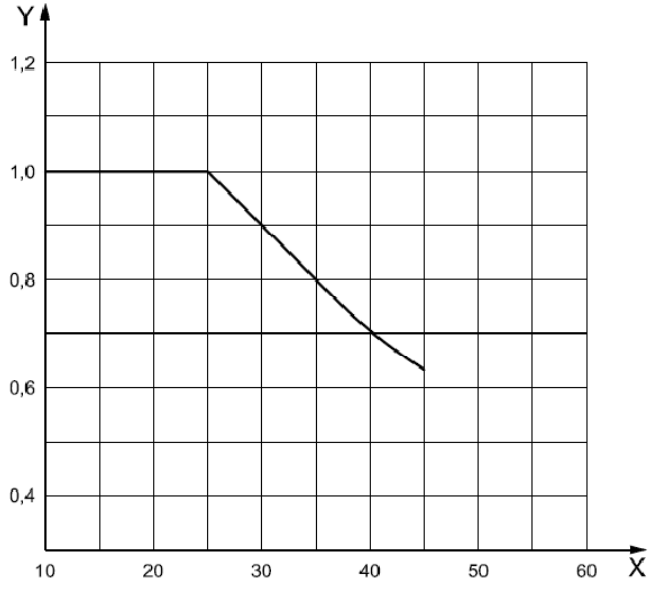



**Figure A.1 — Derating factor, $f_T$, for service temperatures up to 45 °C**

**Key**

X service temperature, in degrees Celsius

Y derating factor, $f_T$

# UNI EN 1329:2000

## Sistemi di tubazione di materia plastica per SCARICHI ( a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricata. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema.

**Caratteristiche del sistema per l'idoneità all'impiego**

| Caratteristica | Requisiti | Parametri di prova | | Metodo di prova |
|---|---|---|---|---|
| Prova di tenuta all'acqua | Nessuna perdita | Devono essere conformi alla EN 1053:1995 | | EN 1053:1995 |
| Prova di tenuta all'aria | Nessuna perdita | Devono essere conformi alla EN 1054:1995 | | EN 1054:1995 |
| Cicli ad alta temperatura per applicazioni nell'area "B" | Nessuna perdita<br>Freccia per:<br>$DN \leq 50$: $\leq 3$ mm<br>$DN$ 50: $\leq 0{,}05\ d_n$ | Devono essere conformi alla EN 1055:1996 | | Assemblaggio di prova a) (figura 1 e/o 3 della EN 1055:1996) in accordo con la EN 1055:1996 |
| Cicli ad alta temperatura per applicazioni nell'area "BD" | Nessuna perdita<br>Freccia per:<br>$DN \leq 50$: $\leq 3$ mm<br>$DN \geq 50$: $\leq 0{,}05\ d_n$ | Devono essere conformi alla EN 1055:1996 | | Assemblaggio di prova b) (figura 2 della EN 1055:1996) in accordo con la EN 1055:1996 |
| Tenuta degli assemblaggi per la zona di applicazione "BD" | | Temperatura di prova<br>Deformazione del codolo<br>Deformazione del bicchiere<br>Differenza | (23 ± 5) °C<br>≥ 10%<br>≥ 5%<br>≥ 5% | Condizione B<br>Metodo 4 in accordo con la EN 1277:1996 |
| | Nessuna perdita | Pressione acqua | 0,05 bar | |
| | Nessuna perdita | Pressione acqua | 0,5 bar | |
| | ≤ - 0,27 bar | Pressione aria | - 0,3 bar | |
| | | Temperatura di prova<br>Flessione angolare<br>$d_n \leq 315$ mm | (23 ± 5) °C<br>2° | Condizione C<br>Metodo 4 in accordo con la EN 1277:1996 |
| | Nessuna perdita | Pressione acqua | 0,05 bar | |
| | Nessuna perdita | Pressione acqua | 0,5 bar | |
| | ≤ - 0,27 bar | Pressione aria | - 0,3 bar | |
| Comportamento a lungo termine delle guarnizioni di TPE nell'area "BD" | Pressione di tenuta:<br>a) a 90 d: ≥ 1,3 bar<br>b) per estrapolazione a 100 anni: ≥ 0,6 bar | Devono essere conformi al piEN 1989 | | piEN 1989 |

# UNI EN 1329:2000

## Sistemi di tubazione di materia plastica per SCARICHI ( a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricata.
## Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U)
## Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema.

**Caratteristiche del materiale dei tubi**

| Caratteristica | Requisiti | Parametri di prova | | Metodo di prova |
|---|---|---|---|---|
| Resistenza alla pressione interna | Nessuna rottura durante la prova | Tappi di estremità<br>Temperatura di prova<br>Orientamento<br>Numero di provette<br>Sforzo circonferenziale<br>Periodo di condizionamento<br>Tipo di prova<br>Durata della prova | Tipo a o b<br>60 °C<br>Libero<br>3<br>10,0 Mpa<br>1 h<br>Acqua in acqua<br>1 000 h | EN 921:1995 |

**Caratteristiche del materiale dei raccordi**

| Caratteristica | Requisiti | Parametri di prova | | Metodo di prova |
|---|---|---|---|---|
| Resistenza alla pressione interna | Nessuna rottura durante la prova | Tappi di estremità<br>Dimensioni<br>Temperatura di prova<br>Orientamento<br>Lunghezza libera, per raccordi ad iniezione<br>Numero di provette<br>Sforzo circonferenziale<br>Periodo di condizionamento<br>Tipo di prova<br>Durata della prova | Tipo a o b<br>50 mm $d_n$<br>110 mm<br>60 °C<br>Libero<br>≥ 140 mm<br>3<br>6,3 Mpa<br>1 h<br>Acqua in acqua<br>1 000 h | EN 921:1995 |

# Vita utile residua delle tubazioni esistenti in PVC per il trasporto di acqua

**Premessa:**

**Attualmente non vi è nessun metodo sperimentale per valutare la vita utile (di esercizio ) residua di tubi esistenti in PVC**

**Attività svolta da**

**"TNO Sciense and Industry" in collaborazione con produttori di PVC Dyca**

Indagine iniziale per predire la vita di esercizio residua di tubi

**Metodo di valutazione esistente: 50 anni di vita utile di esercizio residua**

Il processo di degradazione influenza la vita di esercizio del sistema ed è stato studiato sviluppando un processo accelerato (invecchiamento) in modo che sia il più possibile rappresentativo

Il PVC non è sensibile alla degradazione chimica, anche se la struttura chimica può comunque deteriorarsi

Il PVC è molto più soggetto a essere degradato termicamente durante il processo d trasformazione rispetto al prodotto finito che ne deriva (tubo in PVC)

La degradazione chimica è neutralizzata dalla presenza di stabilizzanti

# Vita utile delle tubazioni in PVC per acqua esistenti

**Nella maggior parte dei tubi in PVC esistenti che sono stati analizzati, il tempo di vita residuo è stimato in almeno 100 anni, se i tubi sono impiegati per la specifica applicazione per cui sono progettati**

**I danni e/o rotture lungo le pareti dei tubi sono meno di 1 mm in profondità**

**Arco temporale di durata convenzionale: 50 anni**

**Analisi e studi tecnici mostrano che la durabilità è largamente superiore → 100 anni**

# La DURABILITA' di sistemi esistenti per la distribuzione di acqua potabile in PVC

Studio condotto dall'istituto di ricerca **TNO Industrial Technology** in collaborazione con i produttori di PVC, i produttori di tubi e le società degli acquedotti nei Paesi Bassi (Dyca)

**Obiettivo**: mettere a punto **metodi affidabili di previsione della vita residua** dei sistemi di distribuzione dell'acqua in PVC **sulla base di un'approfondita conoscenza dei processi di degradazione**

## PROCESSI DI DEGRADAZIONE DEL PVC

- **Degradazione chimica:** deidroclorinazione, ossidazione e foto-ossidazione
- **Degradazione fisica:** invecchiamento ficico
- **Degradazione meccanica:** microfessurazioni, cricche, difetti e altri danni microscopici

| Codice tubo | Anno di produzione o installazione | Diametro (mm) | Spessore parete (mm) |
|---|---|---|---|
| Tilburg | 1950 | 108 | 3.3-3-6 |
| Haarle | 1964 | 108 | 2.9-3.4 |
| Denekamp | 1965 | 108 | 3.6-4.0 |
| Gouda | Non noto | 108 | 3.2-3.5 |
| Pipelife | 2002 | 110 | 4.4-4.5 |
| Tilburg-315 | 1975 | 315 | 9.0-11.1 |

**Campioni di tubi in PVC dissotterrati e studiati**

# CONCLUSIONI

## Variazione nello spessore della parete del tubo

La variazione nello spessore della parete è piuttosto alta per i tubi più vecchi.

## Stabilizzanti a base di piombo

Non sussiste alcuna dipendenza chiara tra il tenore di stabilizzante al piombo consumato e l'età dei tubi in PVC. Una modellazione basata sui processi termici attivati dimostra che la maggior parte della degradazione di PVC ha luogo durante la lavorazione e non durante la sua vita in esercizio nel suolo a 5 – 20 °C. Le variazioni nel consumo di stabilizzante sono associate ad una variazione nel processo di produzione e/o a tempi di sosta più lunghi nell'estrusore. Sussiste un'alta quantità di stabilizzante effettivo lasciato (~ 70%) in tutti i tubi in PVC studiati, che sembra sufficiente a proteggere quei tubi in PVC per almeno altri 50 anni.

- Tubi con diametro 315 mm: consumo di stabilizzante fino al 15%
- Tubi con diametro 500 mm (prodotto nel 1973):consumo di stabilizzante fino al 23%

## Gelificazione

Il grado di gelificazione (valutato tramite DCS) è un parametro importante relativo alla stabilità delle microfessurazioni, della crescita di microfessurazioni e cricche e alla resistenza all'impatto.

- Grado di gelificazione più alto: nel caso di tubi più recenti
- grado di gelificazione basso : breve tempo di rottura con livelli di tensione che eccedono il livello di tensione critico per l'innesco di una microfessurazione.
- I tubi in PVC con un livello più basso di gelificazione sono soggetti a rottura in situazioni dinamiche causate per esempio dalla trapanatura di nuovi raccordi, colpi d'ariete e dai carichi di traffico.

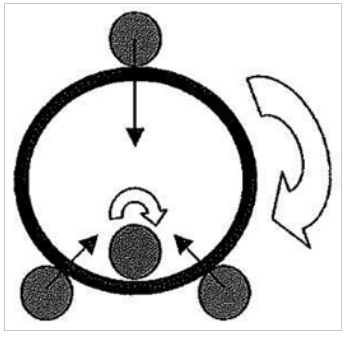
# CONCLUSIONI

## Innesco di microfessurazioni

La curva di innesco di microfessurazioni (tensione in funzione del tempo fino all'innesco) è pressoché la medesima per tutti i tubi esaminati.
Sulla tensione di innesco di microfessurazioni nei tubi in PVC incidono pertanto in piccola misura l'evoluzione della degradazione e i processi di invecchiamento.
A seguito del lieve incremento di rigidità del PVC al crescente grado di invecchiamento fisico, il livello di tensione critico per le microfessurazioni diminuirà in una certa misura.

## Fatica

Le misurazioni di fatica sono state eseguite usando un carico di compressione mediante anelli unito ad una rotazione dell'anello a 1 Hz. Gli anelli sono stati ricavati dal tubo. La larghezza di tali anelli è di 30 Mm. La sollecitazione di trazione massima nello strato interno è stata calcolata sulla base del carico di compressione applicato.



- Tutti i tubi in PVC studiati hanno evidenziato un comportamento uniforme.
- La rottura riscontrata nelle prove di fatica è fragile.
- Si è osservato un meccanismo di crescita delle microfessurazioni-cricche nella superficie della frattura.
- il livello di tensione è più basso di circa 5 MPa per i test di fatica rispetto ai test di innesco di microfessurazioni.

## Fattori correlati alla tensione/sollecitazione esterna nei vari stadi della vita di un tubo in PVC

| Stadio | Processo | Fattori esterni |
|---|---|---|
| Raffreddamento | Tensione interna | Velocità di raffreddamento |
| Installazione | Deformazione tubi | Carico del terreno; deformazione locale fino allo 0,7% |
| Periodo di esercizio | Pressione dell'acqua | Pressione dell'acqua (circa 5 bar) |
| Periodo di esercizio | Colpo d'ariete | Variazioni di pressione dell'acqua (0-7 bar) |
| Periodo di esercizio | Trapanatura di nuovi raccordi | Picchi di tensione locale |

**La durata di vita dei sistemi per il trasporto dell'acqua potabile in PVC è SUPERIORE A 50 anni e forse a 100 anni, a patto che il materiale sia opportunamente lavorato, installato ed applicato in condizioni di esercizio per cui è progettato.**

# La DURABILITA' di sistemi esistenti per la distribuzione di acqua potabile in PVC

Uni-Bell has an extensive collection of technical papers and experience articles that cover the subject of water and sewer pipe longevity in detail. These items are available, free of charge, by contacting Uni-Bell.
After reading these papers, **we believe you will come to the same conclusion that we have and consider one hundred years an extremely conservative estimate for the service life of a properly designed and installed PVC pipe.**

# ANALISI COSTI – BENEFICI COMPARATA DEI MATERIALI PER LE RETI UTILITIES

## I vantaggi dell'impiego delle plastiche nel settore idrico in Italia

Gennaio 2010

ALTHESYS Strategic Consultants

100 anni

L' **orizzonte temporale dell'analisi e di 100 anni** rispetto al precedente di 50. Questo periodo era stato considerato in precedenza in quanto quello convenzionale di durabilità dei materiali, nonchè per un principio di estrema prudenza nelle stime economiche. Le più recenti analisi e studi tecnici mostrano tuttavia che la durabilità dei materiali plastici e largamente superiore.

I costi dei diversi materiali per la costruzione delle reti idriche e fognarie sono stati aggiornati interpellando un ampio campione di fabbricanti e riferendosi ai listini prezzi ufficiali della CCIAA di Milano.

# ANALISI DEI COSTI

**COSTI DI MANUTENZIONE**

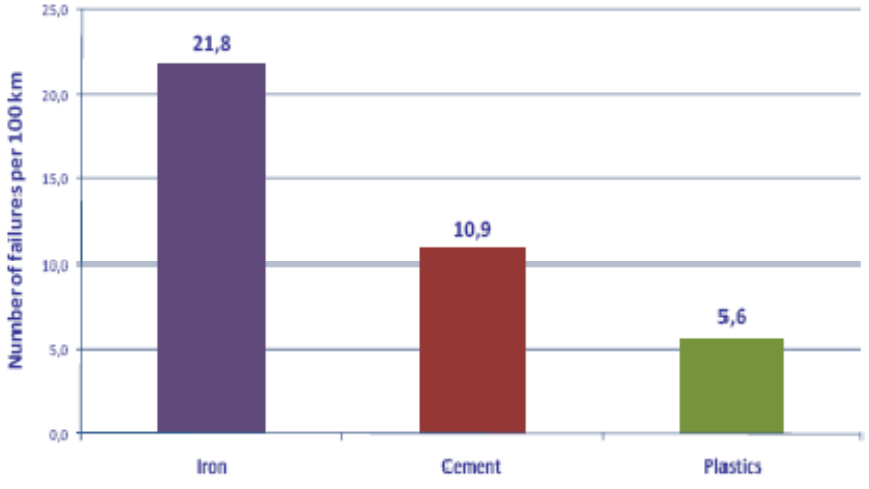
**COSTI AMBIENTALI**

## COSTI DI MANUTENZIONE

Sono il risultato della formula:

$$C_{manutenzione} = (N°_{rotture} \times C_{manutenzione})$$ per ogni materiale

- Si considerano esclusivamente le piccole rotture che necessitano di interventi di riparazione circoscritti. Pertanto, essi dipendono dal numero di rotture dei differenti materiali e dai relativi costi medi per ogni singolo intervento puntuale.
- Il numero di rotture per ogni famiglia di materiale è stimato sulla base di dati internazionali riparametrati sull'attuale break-down per materiale delle reti idriche e fognarie italiane




*Fonte: ns. stime su dati DVGW, Arhus Water Supply Company, UKWIR e D.Pearson*

# ANALISI DEI COSTI

## COSTI AMBIENTALI

I costi ambientali (esternalità) sono il risultato della seguente formula:

$$C_{ambientali} = C_{produzione} + C_{caniere} + C_{manutenzione}$$

- La prima categoria di costi ambientali, $C_{produzione}$, considera gli impatti in termini di consumo energetico per la produzione del tubo
- Come si evidenzia dalla figura sottostante, si è partiti dai dati che indicano il consumo energetico necessario a realizzare un tubo nelle diverse famiglie di materiali. Il consumo energetico [GJ] è poi convertito in energia elettrica [MWh], e infine in emissioni di $CO_2$ in base alle emissioni medie del parco di produzione elettrica italiano.

| | Consumo energetico | Energia elettrica | Emissioni di $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| **1km DN 250** | GJ | MWh | Ton $CO_2$ |
| **Plastiche** | 172,50 | 47,92 | 19,38 |
| **Ferrosi** | 911,30 | 253,16 | 102,40 |
| **Cementizi** | 137,50 | 38,20 | 15,45 |

*Fonte: nostre elaborazioni su dati Teppfa*

# ANALISI DEI COSTI

## COSTI AMBIENTALI

- valutazione delle emissioni di $CO_2$: per i primi 5 anni si è assunto la media dei prezzi dei certificati di emissione (15,63 € / t ) previsti da varie fonti (KfW, ZEW, Société Générale, Daiwa), per 55 anni il prezzo di 20 € / t $CO_2$ e per i restanti 40 il prezzo di 30 € / t $CO_2$
- tali assunzioni derivano da un attento esame degli andamenti recenti dei mercati dei certificati ETS, dei futures di medio termine (anni 2010-2014) e di una pluralità di studi e ricerche che stimano i prezzi dei suddetti certificati a breve, medio e lungo termine (si tratta comunque di assunzioni prudenti e che tendono a sottostimare i prezzi nei prossimi anni)

| fonte | Prezzo EUA (€/t $Co_2$) | |
|---|---|---|
| | 2008-2012 | 2013-2020 |
| KfW/ZEW (2009) | 19,80 | 28,10 |
| Société Générale (2009) | 16,85 | 30,50 |
| Daiwa (2009) | 10,25 | 20,00 |
| media | 15,63 | 26,20 |

*Fonte: ns. stime su dati ICCG*

| ICE ECX EUA DAILY FUTURES CONTRACTS | | |
|---|---|---|
| | Settlement Price | Total Volume |
| Spot | 13.34 | 662 |

| ICE ECX EUA FUTURES CONTRACTS | | |
|---|---|---|
| | Settlement Price | Total Volume |
| Dec10 | 13.58 | 12721 |
| Dec11 | 14.21 | 1711 |
| Dec12 | 14.98 | 2573 |
| Dec13 | 15.98 | 190 |
| Dec14 | 16.98 | 0 |
| | | 17195 |

*Fonte: European Climate Exchange*

# Conclusione: il bilancio dell'impiego delle plastiche

Si riportano i Benefici dell'impiego delle plastiche complessivi, ovvero riparametrati sui gap infrastrutturali, sia per gli Acquedotti che per le Fognature, suddivisi nelle diverse componenti.

## BIP Acquedotti (€/km)

Plastiche vs Ferrosi

| BIP Materiale | BIP Installazione | BIP Manutenzione | BIP Ambientale | BIP Totale |
|---|---|---|---|---|
| 15.764 | 35.263 | 5.013 | 110.974 | 167.015 |

## BIP Fognature (€/km)

Plastiche vs Ferrosi

| BIP Materiale | BIP Installazione | BIP Manutenzione | BIP Ambientale | BIP Totale |
|---|---|---|---|---|
| 110.721 | 292.377 | 17.105 | 686.640 | 1.106.844 |

Plastiche vs Cementizi

| BIP Materiale | BIP Installazione | BIP Manutenzione | BIP Ambientale | BIP Totale |
|---|---|---|---|---|
| 9.562 | 235.043 | 4.276 | 681.714 | 930.595 |

CENTRO DI INFORMAZIONE SUL PVC

Centro di Informazione sul PVC

Via Marco Antonio Colonna 46 - 20149 Milano

Tel. 02.33604020 fax: 02.33604284

www.pvcforum.it email: info@pvcforum.it