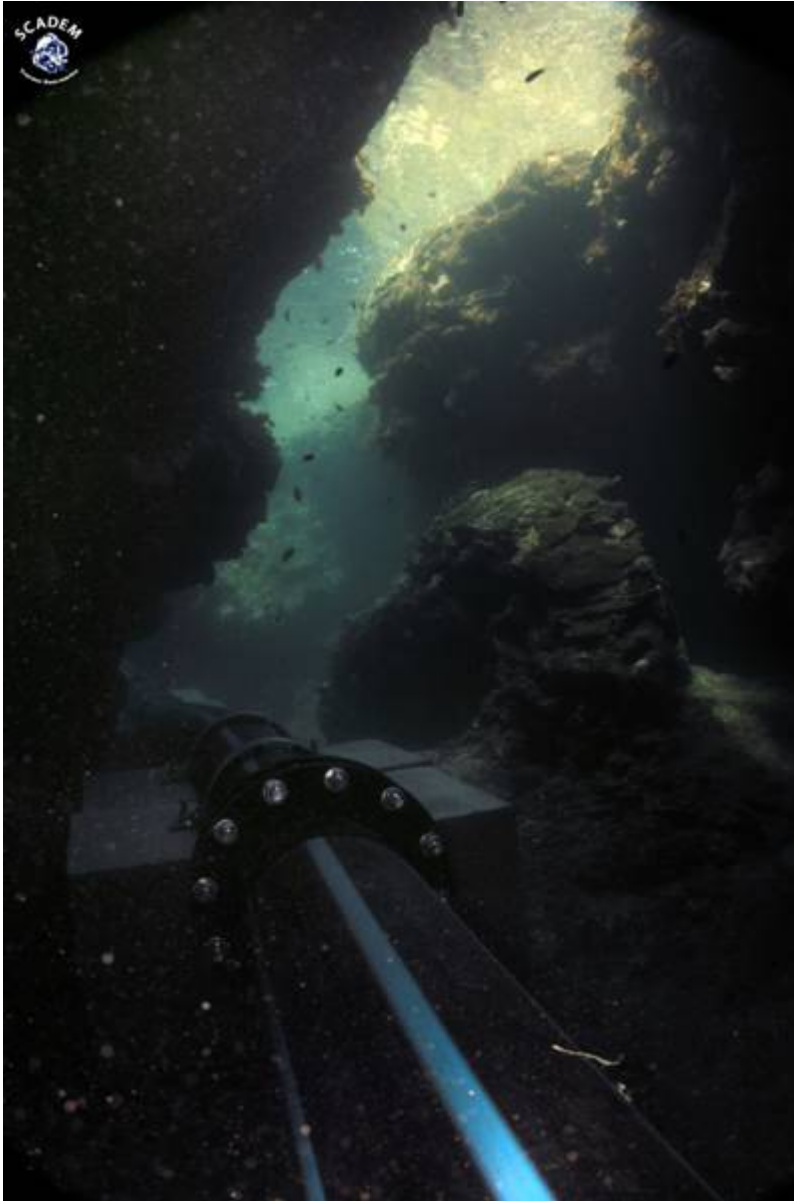


# TUBAZIONI PE PER SISTEMI DI SCARICO SUBACQUEI



*Marco Maroncelli*



# PROGRAMMA

- norme di costruzione e verifica dei tubi PE
- evoluzione del PE AD (PE40 – 63 – 80 – 100)
- calcolo spessori tubi pressione
- classificazione tubi PE (SDR – PN – SN)
- calcolo dei pesi
- applicazioni marine del PE
- coefficienti di riduzione della pressione
- norme di sistema e saldature)
- sforzi a trazione
- curvabilità (vantaggio a breve termine)
- inerzia chimica (ambiente marino e reflui = garanzia per il futuro)
- inerzia elettrica (> garanzie < costi di gestione)
- scabrezza
- PE100 RC

# PRINCIPALE NORMA DI RIFERIMENTO

## **Tubi PE AD**

per sistemi di condotte in pressione per liquidi alimentari e non alimentari

# **EN 12201**

## **SISTEMI DI TUBAZIONI DI MATERIA PLASTICA PER IL TRASPORTO D'ACQUA**

**(UNI) EN 12201-1 : generalità**

**(UNI) EN 12201-2 : tubi**

**(UNI) EN 12201-3 : raccordi**

.....

# EVOLUZIONE DEL PE AD

dal 2001 al 2013 la norma EN 12201 si è dovuta aggiornare 4 volte per seguire il passo dell'evoluzione delle resine e per le esigenze di mercato

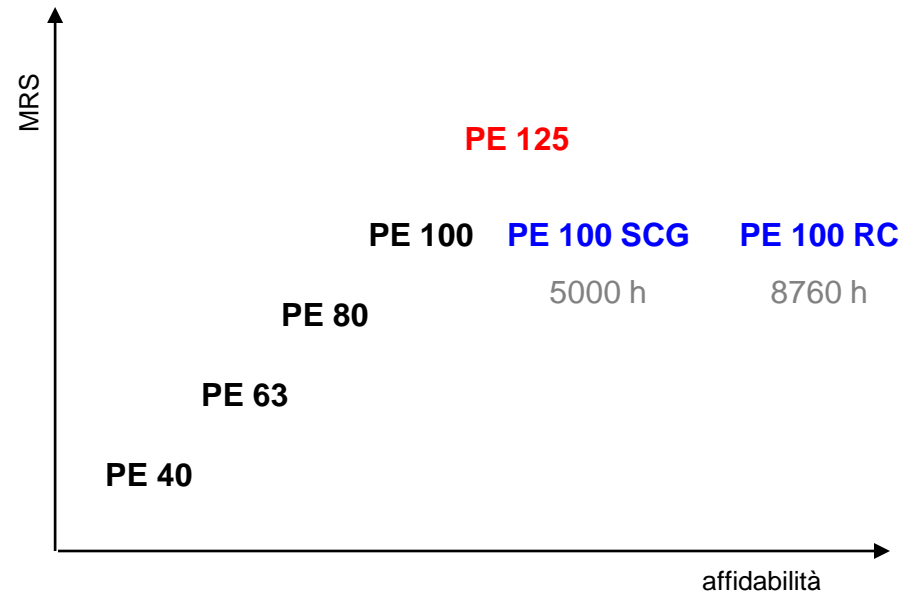
**1991** → UNI 7611/A1

**2001** → UNI 10910 (traduzione del prEN 12201)

**2004** → UNI EN 12201 (recepimento norma EN)

**2012** → UNI EN 12201 (incorpora UNI EN 13244 per fognature e altre applicazioni in pressione)

**2013** → UNI 12201 (ampliamento gamma  $\varnothing$  e PN)



dopo sviluppi PRESTAZIONALI, orientamento verso lo sviluppo di resine e prodotti con **MAGGIORE AFFIDABILITA'** e **MAGGIORE DURABILITA'**

# EVOLUZIONE DEL PE AD

## DESIGNAZIONE e progresso CARATTERISTICHE MECCANICHE

Designazione	Resistenza minima richiesta (MRS) MPa	$\sigma_s^a$ MPa
PE 100	10,0	8,0
PE 80	8,0	6,3
PE 63	6,3	5,0
PE 40	4,0	3,2
<sup>a</sup> Lo sforzo di progetto $\sigma_s$ è derivato dall'MRS applicando il coefficiente complessivo di progetto $C = 1,25$		
NOTA Può essere usato un valore più alto per C, per esempio $C = 1,6$ che dà uno sforzo di progetto di 5 MPa per materiali di PE 80. Un valore più alto può pure essere ottenuto scegliendo una classe più alta di PN.		

**MRS** (Minimum Required Strength – *Resistenza Minima Richiesta*): valore di  $\sigma_{LCL}$  arrotondato al più vicino valore minore della serie R10 oppure della serie R20, secondo il valore del  $\sigma_{LCL}$ .

$\sigma_s$  (sforzo di progetto): sforzo ammissibile per una data applicazione. È derivato dall'MRS dividendolo per il coefficiente C, e poi arrotondando al più vicino valore minore della serie R20. È espresso in megapascal: 
$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

**C** (Coefficiente complessivo di progetto): coefficiente complessivo, con un valore maggiore di 1, che considera sia le condizioni di servizio, sia le proprietà dei componenti di un sistema di tubazioni oltre a quelle rappresentate nei limiti di confidenza inferiori.

# CALCOLO SPESSORI

Lo spessore dei tubi PE si ricava dalla formula

$$e = \frac{PN \bullet D}{2\sigma + PN}$$

Dove **e** = spessore del tubo [mm]

**D** = diametro esterno del tubo [mm]

**PN** = pressione nominale [bar]

**σ** = carico di sicurezza alla temperatura di 20°C [kg/cm<sup>2</sup>]

NOTA: per impieghi a temperature maggiori di 20°C (fino 40°C), σ subisce una riduzione che richiede un ricalcolo dello spessore del tubo oppure, a parità di spessore, impone una minore pressione di esercizio

## PERTANTO

valore σ al denominatore → σ maggiore = spessore [e] inferiore

## esempio

Tubo PE80 ø 110 mm PN16 e = 12,3

Tubo PE100 ø 110 mm PN16 e = 10,0

**TUBI PE100**

< peso < costo > portata

# SERIE TUBI PE AD SECONDO UNI EN 12201

Serie tubi											
	SDR 6	SDR 7,4	SDR 9	SDR 11	SDR 13,6	SDR 17	SDR 21	SDR 26	SDR 33	SDR 41	
	S 2,5	S 3,2	S 4	S 5	S 6,3	S 8	S 10	S 12,5	S 16	S 20	
PN											
PE 80	PN 25	PN 20	PN 16	PN 12,5	PN 10	PN 8	PN 6	PN 5	PN 4	PN 3,2	PE 80
PE 100	-	PN 25	PN 20	PN 16	PN 12,5	PN 10	PN 8	PN 6	PN 5	PN 4	PE 100
Spessori minimi di parete [mm]											
Ø	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	e <sub>n</sub>	Ø
20	3,4	3,0	2,3	2,0							
25	4,2	3,5	3,0	2,3	2,0						
32	5,4	4,4	3,6	3,0	2,4	2,0					
40	6,7	5,5	4,5	3,7	3,0	2,4	2,0				
50	8,3	6,9	5,6	4,6	3,7	3,0	2,4	2,0			
355	59,0	48,5	39,7	32,2	26,1	21,1	16,9	13,6	10,9	8,7	
400		54,7	44,7	36,3	29,4	23,7	19,1	15,3	12,3	9,8	
450		61,5	50,3	40,9	33,1	26,7	21,5	17,2	13,8	11,0	
500			55,8	45,4	36,8	29,7	23,9	19,1	15,3	12,3	
560			62,5	50,8	41,2	33,2	26,7	21,4	17,2	13,7	
630			70,3	57,2	46,3	37,4	30,0	24,1	19,3	15,4	
710			79,3	64,5	52,2	42,1	33,9	27,2	21,8	17,4	
800			89,3	72,6	58,8	47,4	38,1	30,6	24,5	19,6	
900				81,7	66,1	53,3	42,9	34,4	27,6	22,0	
1000				90,8	73,4	59,3	47,7	38,2	30,6	24,5	

# ESEMPI DI RELAZIONI TRA: PN, MRS, S e SDR

a 20°C con C = 1,25

SDR	S	Pressione nominale in bar per classi di materiale			Modulo elastico [MPa]		
					800	1000	1200
		PE40	PE80	PE100	Rigidità anulare iniziale ( $S_{calc}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]		
41	20	-	3,2	4	1,0	1,3	1,6
33	16	-	4	5	2,0	2,5	3,1
26	12,5	-	5	6	4,3	5,3	6,4
21	10	-	6	8	8,3	10,4	12,5
17	8	4	8	10	16,3	20,3	24,4
13,6	6,3	-	10	12,5	33,3	41,7	50,0
11	5	6	12,5	16	66,7	83,3	100,0
9	4	-	16	20	130,2	162,8	195,3
7,4	3,2	10	20	25	254,3	317,9	381,5
6	2,5	-	25	-	533,3	668,7	800,0

NOTA le pressioni nominali "PN" in tabella sono basate sull'utilizzo di un coefficiente di progetto C = 1,25. Se viene richiesto un valore più elevato di "C" i valori di "PN" devono essere ricalcolati utilizzando l'equazione di cui sopra, basata sul  $\sigma_s$  di progetto per ciascuna classe di materiali. Un più elevato valore di "C" può essere ottenuto anche scegliendo una classe di PN superiore.

**SDR: Standard Dimension Ratio** – designazione numerica di una serie di tubi, che è un numero convenientemente arrotondato, approssimativamente corrispondente al rapporto fra la dimensione esterna nominale e lo spessore nominale.



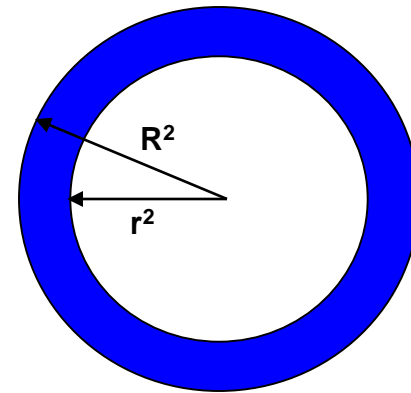
# CALCOLO PESI

Il peso dei tubi PE si ricava dalla formula  $m = 3,14 \bullet (R^2 \bullet r^2) \bullet \rho$

Dove  $R^2$  = Raggio maggiore [mm]

$r^2$  = raggio minore [mm]

$\rho$  = massa volumica [kg/dm<sup>3</sup>]



Il valore della massa volumica dei PE AD fornito dalla EN 12201 è  $\geq 0,93$  [kg/dm<sup>3</sup>]

I valori esatti della massa volumica dei tubi sono forniti nelle schede tecniche

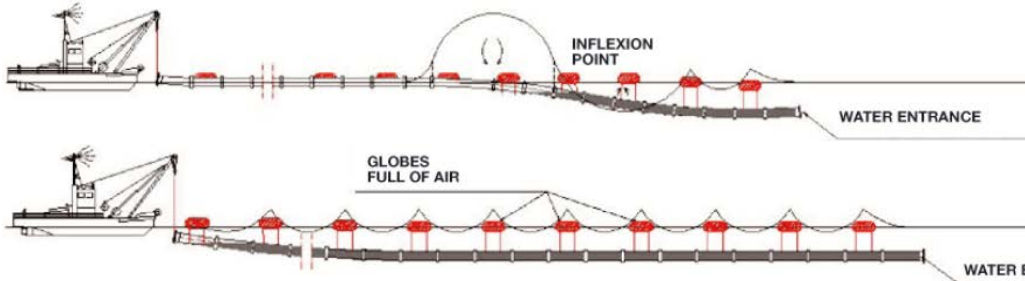
I valori tipici utilizzati nei calcoli sono pari a  
0,965 per PE100 e 0,956 [kg/dm<sup>3</sup>] per PE80

**PERTANTO tutti i tubi PE GALLEGGIANO**  
(anche quando riempiti d'acqua)



# APPLICAZIONI MARINE DELLE TUBAZIONI PE

- sistemi di scarico (da depuratori, da by pass ecc.)
- sistemi di adduzione (acquedotti, fognature in pressione ecc.)





# APPLICAZIONI MARINE DEI MANUFATTI IN PE

- dragaggio fondali
- protezione cavi (recente Montenegro-Molise)
- boe
- gabbie per pesci
- barche da lavoro
- ecc.



Gabbia galleggiante (Ispevi - La piscicoltura in gabbie galleggianti)



# COEFFICIENTI DI RIDUZIONE DELLA PRESSIONE

Quando un sistema di tubazioni di PE è fatto funzionare ad una temperatura costante e continua maggiore di 20 °C, fino a 40 °C, si può applicare un coefficiente di riduzione della pressione come indicato nel prospetto sotto

Coefficienti di riduzione della pressione	
Temperatura <sup>a)</sup>	Coefficiente
20°C	1,0
30°C	0,87
40°C	0,74
<p>a) Per altre temperature comprese fra ogni gradino, è permessa l'interpolazione (vedere anche ISO 13761[6]).</p> <p>Nota 1: A meno che in accordo con la ISO/TR 9080:1992 non si dimostri che una riduzione minore sia applicabile, nel qual caso possono essere applicati fattori più elevati e quindi pressioni più elevate.</p> <p>Nota 2: I coefficienti di cui sopra si riferiscono al PE 100 ed al PE 80. Per i coefficienti per PE 40 e PE 63 fare riferimento alla ISO 13761[6].</p>	

Nota La pressione operativa ammissibile (PFA) si ricava con la seguente equazione:  **$PFA = f_T \times f_A \times PN$**

dove:

**$f_T$**  è il coefficiente del prospetto di cui sopra;

**$f_A$**  è il fattore di riduzione (o di incremento) riferito all'applicazione (per il trasporto d'acqua  $f_A = 1$ );

**PN** è la pressione nominale.

# PRINCIPALI NORME DI SISTEMA



I sistemi di trasporto acque realizzati in PE AD godono della **TOTALE STANDARDIZZAZIONE** di sistema

- PROGETTAZIONE STATICA: UNI EN 1295
- COSTRUZIONE E COLLAUDO: UNI EN 12201 (tubi in pressione)  
(TUBI e RACCORDI)
- SALDATURE FRA ELEMENTI DI PE: UNI 10520  
(Testa a Testa + elettrosaldabile)
- POSA: UNI ENV 1046
- COLLAUDO IN OPERA: UNI EN 805 (in pressione)  
UNI EN 1610 (non in pressione)

# SALDATURA DEL PE AD

La giunzione fra elementi di PE AD (tubi e raccordi)  
mediante tecniche di saldatura (in accordo alla UNI 10520)  
consente di ottenere sistemi perfettamente  
**OMOGENEI, CONTINUI e A TENUTA PERMANENTE**

È **CONSIGLIATO** prescrivere che le saldature  
vengano svolte **ESCLUSIVAMENTE** da personale qualificato  
secondo norme UNI 9737 e/o UNI EN 13067  
dotato di “patentino” di qualifica

# SALDATURA DEL PE AD



**Allungamento a rottura tubi**  
 **$\geq 350\%$**  (test EN ISO 6259)

**Sforzo di snervamento tubi**  
(NF 114 – rev. 31)

PE 100	$\geq 19$ [N/mm <sup>2</sup> ]
PE 80	$\geq 15$ [N/mm <sup>2</sup> ]

**Forza di snervamento sulla saldatura**  
fra elementi di PE  **$\geq$  valore parete tubi**



# MASSIMO SFORZO DI SNERVAMENTO

## BASI PROGETTAZIONE TRENCHLESS (es. TOC e Directional Drilling)

### Calcolo sforzi di tiro

(funzione del terreno, pesi, della non rettilineità del percorso ....)

### Calcolo spessori

in funzione di: sforzi di tiro e resistenza allo snervamento  
(consigliato aggiungere fattori di sicurezza)

### Calcolo ovalizzazioni

(funzione delle condizioni e del percorso)

### Calcolo variazioni *E*

(per CREEP, in funzione di: durata dello sforzo e temperature)

Modulo di elasticità apparente minimo (MPa)			Sforzo massimo di trazione in sicurezza (MPa)		
Durata	PE100	PE80	Durata	PE100	PE80
Breve termine	800	600	30 min	9,0	6,9
10 ore	400	300	60 min	8,3	6,0
100 ore	300	250	12 ore	7,9	5,9
50 anni	200	150	24 ore	7,6	5,5



# CURVABILITA' DELLE TUBAZIONI PE



DN 2000 mm SN4 - Taranto 2015

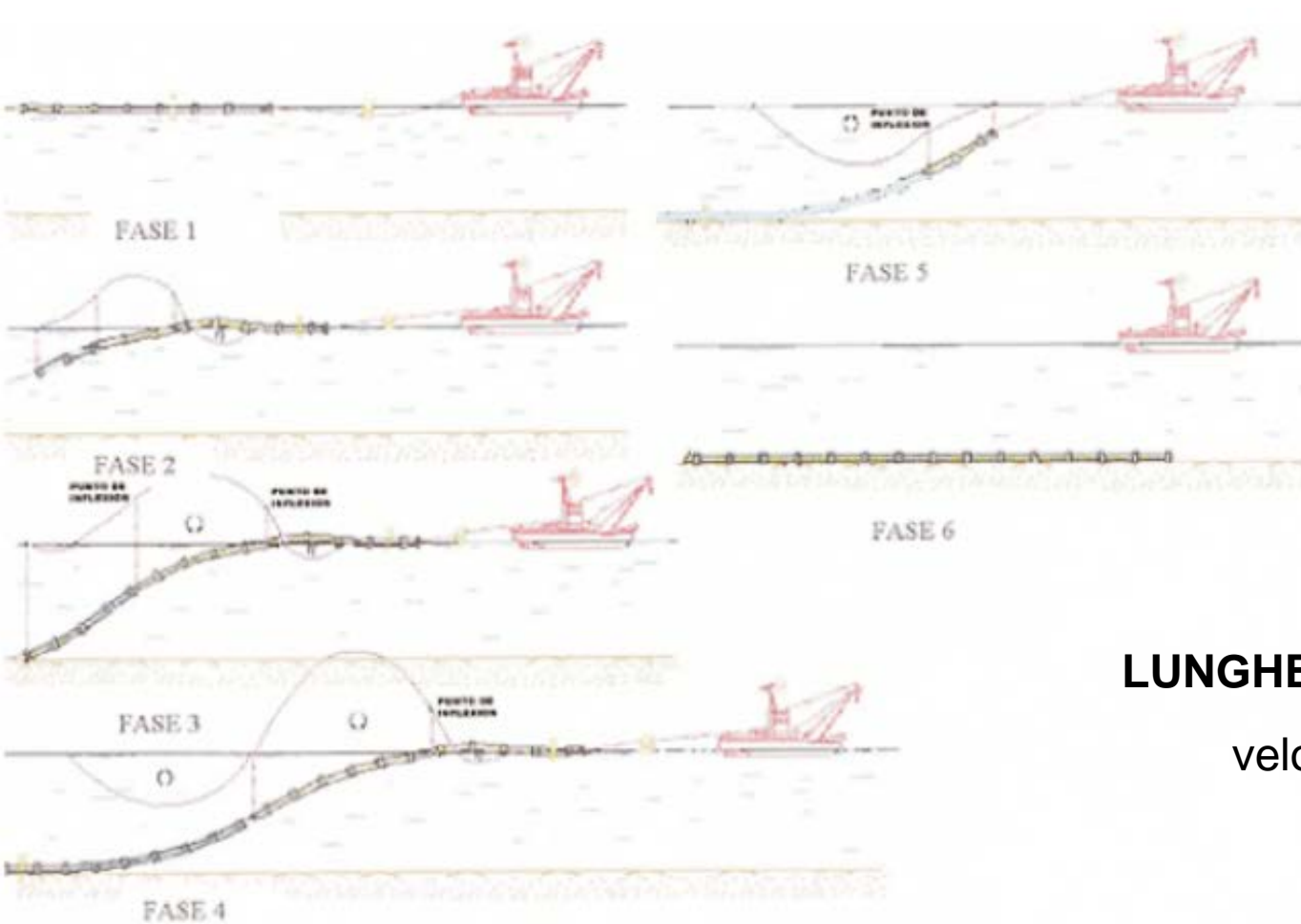
SDR	$R_{min}$
da 7,4 a 17	$\geq 25 \varnothing$
da 21 a 26	$\geq 35 \varnothing$
33	$\geq 40 \varnothing$

> spessore

> curvabilità



# ECONOMIE DELLE TUBAZIONI PE



**LUNGHEZZA “CATENE”**

velocità di posa

**GRANDI ECONOMIE DI POSA**

facilità e velocità = vantaggio a breve termine

# ECONOMIE DELLE TUBAZIONI PE

## INERZIA CHIMICA

Il PE AD è in genere un materiale chimicamente inerte (vedi ISO-TR 10358), con eccellenti caratteristiche di resistenza ai solventi, alle radiazioni solari, all'abrasione, alla corrosione ecc.

Rispetto all'aggressività dei reflui di scarico (anche non trattati) e all'ambiente marino costituiscono una garanzia per il futuro.

## INERZIA ELETTRICA

Il PE AD presenta una conducibilità elettrica di circa 20 ordini di grandezza inferiore a quella dei metalli, il che li classifica come isolanti elettrici.

Inerzia elettrica determina **> garanzie** con **< costi di gestione**

# SCABREZZA DELLE TUBAZIONI PE

<b>Materiale</b>	<b>Diametro tubo [mm]</b>	<b>Scabrezza <math>\varepsilon</math> [mm]</b>
PE	$\leq 200$	0,01
	$> 200$	0,05
Acciaio	tutti	0,05 – 0,1
Ghisa	tutti	0,2 – 1
Cemento	tutti	1 – 10

## COSA E' ?

**TITOLO:** *Pipes made from Polyethylene for alternative installation techniques*

*Tubi di Polietilene per tecniche di installazione alternative*

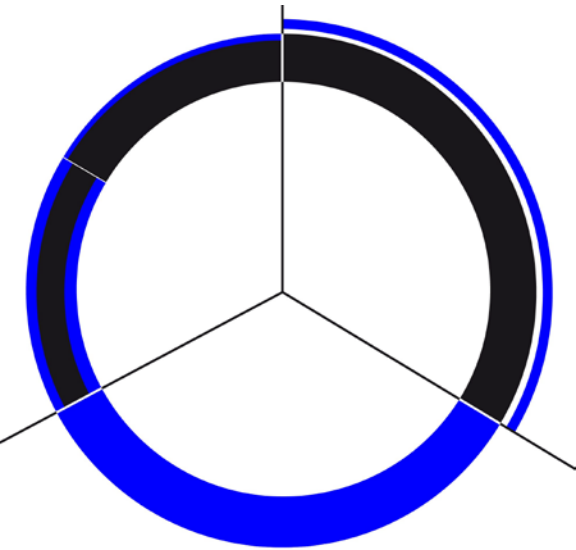
**SPECIFICA TECNICA DI ORIGINE TEDESCA**

**VOLTA AD AUMENTARE ALCUNI REQUISITI PRESTAZIONALI DELLE TUBAZIONI**

**SOPRATTUTTO IN TERMINI DI RESISTENZA AI CARICHI PUNTUALI**

**E DI DURABILITA' TEMPORALE**

**AGENDO SULLA QUALITA' DELLE MATERIE PRIME UTILIZZATE**



## CLASSIFICAZIONE

Tipo 1

Tipo 2

Tipo 3

# PAS 1075

La specifica tecnica PAS 1075 aggiunge test ed eleva alcuni requisiti delle norme comuni (es. EN 12201 per acqua, EN 1555 per gas ecc.)

Le migliorie sono apportate principalmente dalla materia prima di origine, ma anche dalla corretta procedura di produzione dei tubi

Le migliorie riguardano principalmente la resistenza alla crescita lenta della frattura (SCG) in condizioni di esercizio gravose

Pertanto tutti gli altri requisiti (es. PN, rigidità anulare ecc.), a parità di spessore, restano gli stessi delle tubazioni PE100 tradizionali

# TUBI PE100 RC

Le tubazioni PE100 conformi alla PAS 1075 vengono definite

**RC** (**R**esistant to **C**rack)

Il principale vantaggio apportato dalle tubazioni PE100 RC consiste nella maggiore affidabilità e durabilità con tecniche di posa alternative (trenchless) rispetto a quelle a cielo aperto.

Da ciò si evince:

- generale maggiore affidabilità delle tubazioni PE100 (sensibile innalzamento requisiti qualitativi e controlli)
- maggiore sicurezza anche in termini di tolleranza alle negligenze di posa
- minori costi di posa per la possibilità di utilizzare materiali di scavo
- maggiori aspettative di durabilità ed efficienza
- minori costi di manutenzione
- maggiori economie generali



In tutta Europa le resine PE100 RC stanno prendendo piede come **nuovo standard d'utilizzo comune**, anche per tecniche di posa tradizionali

Le sempre maggiori esigenze di qualità, affidabilità, durabilità ed economie di gestione ne agevolano l'impiego

Negli scarichi a mare le condizioni di cantierizzazione, spesso precarie o comunque con maggiore probabilità di danneggiamento delle superfici esterne delle tubazioni (incisioni da strisciamenti accidentali), nonché letti di posa non perfettamente verificabili, favoriscono l'impiego di tali tipi di tubazioni









# PRINCIPALI VANTAGGI DELLE TUBAZIONI PE

- facilità e velocità di installazione (sicurezza, economie)
- durabilità (elevata inerzia chimica ed elettrica)
- non necessita di protezioni contro la corrosione (ridotti costi di gestione)
- affidabilità: di tubo e di SISTEMA
- costi di posa ridotti (sensibile riduzione dei tempi di attuazione)

**Seyne Sur Mer  
(Monaco) 2012**



**TUBI PEAD DN 2400 mm  
posa tratto m 400 a forma di “Z”  
in unica soluzione**

**Porto di Marsiglia (Fr) 2009**



**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE**