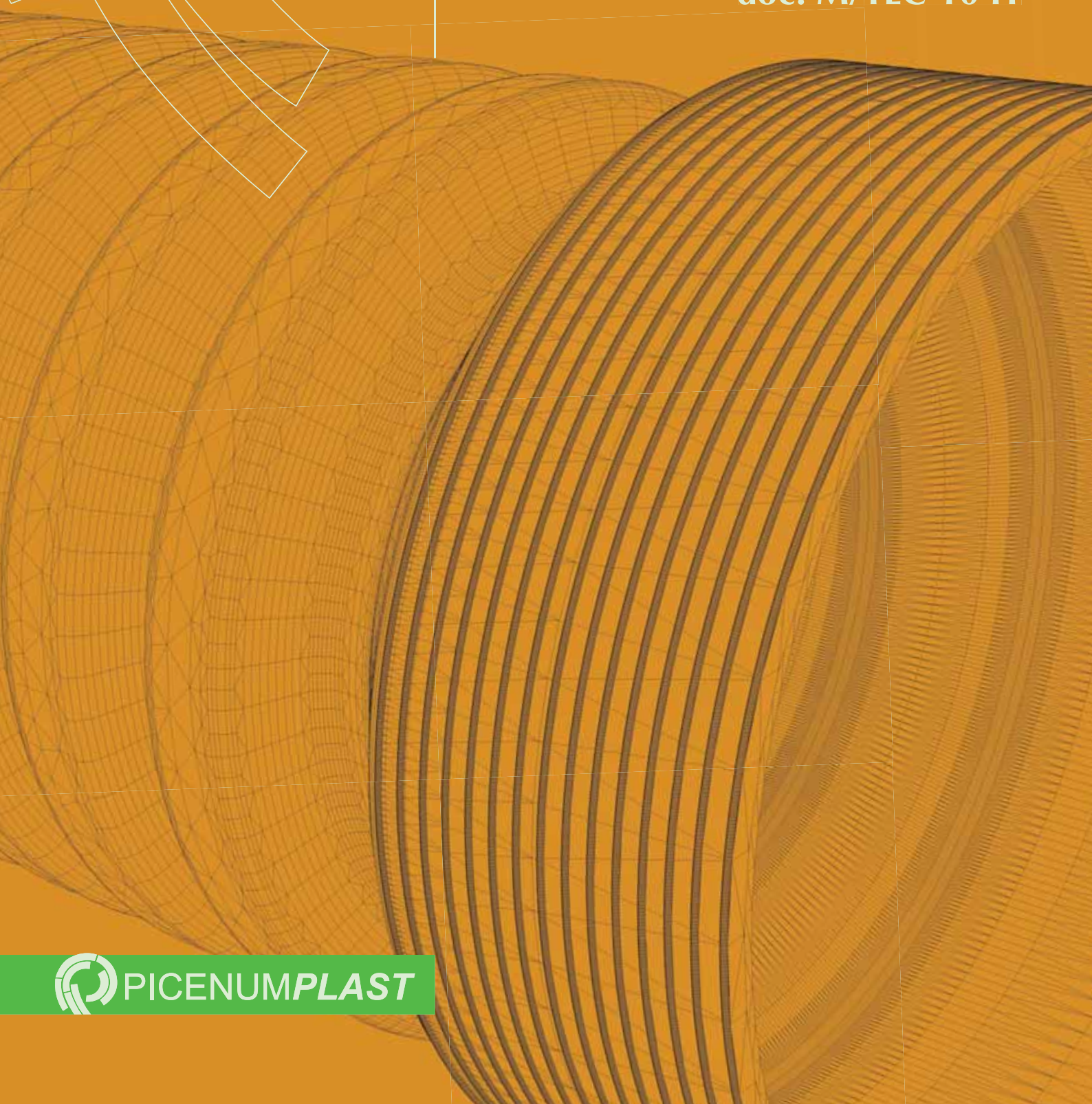
euroSewer

MANUALE TECNICO 2010

doc. M/TEC-10 IT



PICENUMPLAST

PREMESSA

***EuroSewer®**, tubo a parete strutturata per fognature e scarichi interrati non in pressione, è frutto di quasi quarant'anni di esperienza nel settore della trasformazione delle materie plastiche, che hanno portato la **Picenum Plast** ad occupare un ruolo di prestigio nel settore della produzione di tubi.*

*Nel panorama dei tubi corrugati (come vengono comunemente definiti i tubi a parete strutturata), **EuroSewer®** si pone come primo prodotto dotato di bicchiere a doppio strato estruso in linea (dunque senza fasi tecnologiche aggiuntive ai processi di estrusione e corrugazione), fornito nei due standard dimensionali: in diametri DN/OD da 125 a 1200 mm per la serie OD (diametri esterni) ed in diametri DN/D da 300 a 600 mm per la serie ID (diametri interni).*

*Le performances del prodotto ed i controlli effettuati sul processo e sulla scelta delle materie prime hanno permesso l'acquisizione del prestigioso marchio PIIP/a, rilasciato dall'**Istituto Italiano dei Plastici** nell'agosto 2002.*

*Questa edizione è il frutto della collaborazione degli studi di progettazione con l'Ufficio Tecnico Picenum Plast, insieme a numerosi contributi provenienti dai Nostri clienti, si rivolge a progettisti, installatori ed utilizzatori pubblici e privati, con lo scopo di fornire i dati (tecnici e qualitativi) sul prodotto **EuroSewer®** e le sue caratteristiche peculiari, assieme ad alcune informazioni (tratte dalle normative di riferimento o acquisite dall'esperienza nel settore) per un corretto impiego ed installazione del tubo e relativi accessori del sistema.*

*Unitamente al presente manuale, il sito aziendale **Picenum Plast**, www.picenumplast.com offre, nella sezione "dati tecnici", numerose informazioni tecniche e dati su **EuroSewer®** e su tutti gli altri prodotti **Picenum Plast**.*

*Il sito offre la possibilità agli utenti abilitati di eseguire calcoli e dimensionamenti idraulici e strutturali per reti fognarie e di drenaggio realizzate con il sistema **EuroSewer®**, oltre che a calcoli comparativi e dati tecnici dettagliati.*

www.picenumplast.com

Documentazioni di riferimento:

Si consultino le normative ed i documenti sotto elencati per integrare le informazioni contenute nel presente manuale:

- ***DM dei LL PP (12.12.85)***
  Norme tecniche relative alle tubazioni.
- ***UNI EN 1610***
  Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura.
- ***ENV 1046***
  Plastic piping and ducting systems - Systems outside building structures for the conveyance of water or sewage - Practices for installation above and below ground.
- ***EN 476***
  Requisiti generali per componenti utilizzati nelle tubazioni di scarico, nelle connessioni di scarico e nei collettori di fognatura per sistemi di scarico e gravità.
- ***ISO/TR 10358***
  Plastic piping and fittings - Combined chemical - resistance classification table.
- ***UNI EN 13476:2008***
  (verrà definita "norma" o standard) - Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di polocroruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE).
  Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche pr stazionali
  Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia ed il sistema, tipo A
  ***Parte 3**: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B.*
- ***prCEN/TR 1295-3***
  Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 3: Common method.
- ***I/CO-100***
  *(Istruzione operativa interna **Picenum Plast** Inserimento guarnizione elastomerica nel codolo del tubo **EuroSewer®**.*
- ***I/CO-101***
  *(Istruzione operativa interna **Picenum Plast** Istruzioni installazione sistema di innesto rapido **EuroSewer®**.*
- ***I/CO-103***
  *(Istruzione operativa interna **Picenum Plast**) Installazione pozzetto **EuroSewer®** con base stampata.*
- *Informazioni miscelanee tratte da riviste specializzate e manuali tecnici.*
- *Raccomandazioni dell'Istituto Italiano dei Plastici (IIP)*
- *Altre normative di riferimento e di rimando.*

SOMMARIO

Capitolo 1. Generalità

pag 5	1.1	Reti fognarie
	1.2	Materiali di uso comune
pag 6	1.3	Tubi rigidi e tubi flessibili
	1.4	Interazione tubo - terreno

Capitolo 2. Il materiale

pag 9	2.1	Il polietilene
pag 10	2.2	Caratteristiche tecniche del materiale
pag 11	2.3	Il polipropilene

Capitolo 3. Il prodotto

pag 13	3.1	Il profilo
pag 13	3.2	Caratteristiche Geometriche
pag 16	3.3	Il sistema di giunzione a bicchiere
pag 17	3.4	Normativa di riferimento
pag 19	3.5	Tubi in PP-HM ad elevata rigidità
pag 20	3.6	Specifiche tecniche per voci di capitolato
pag 21	3.7	Qualità di prodotto: certificazione IIP UNI
pag 22	3.8	I test di laboratorio

Capitolo 4. I calcoli

pag 23	4.1	Dimensionamento idraulico
	4.1.1	Generalità
pag 24	4.1.2	Calcolo delle portate a tirante idraulico
pag 20	4.2	Resistenza alla pressione interna
pag 27	4.3	Dimensionamento strutturale
	4.3.1	Generalità
pag 31	4.3.2	Verifica meccanica mediante il Metodo Spangler
pag 33	4.3.3	Pressione critica esterna o d'imbozzamento

Capitolo 5. Messa in opera

pag 35	5.1	Generalità
pag 36	5.2	Trasporto ed accettazione dei tubi
	5.3	Scarico ed immagazzinamento in cantiere
pag 37	5.4	Preparazione della trincea
	5.5	Preparazione del letto di posa
pag 38	5.6	Collegamento delle tubazioni
pag 39	5.7	Accessori - tipologia e collegamento
pag 40	5.8	Riempimento dello scavo
pag 41	5.9	Collaudo idraulico



CAPITOLO 1

Generalità

1.1 Reti fognarie

In generale, tutte le tubazioni, se ben progettate, fornite da produttori affidabili ed installate con la dovuta attenzione, possono fornire risultati tecnicamente soddisfacenti. Più che entrare quindi nel merito dell'impiego dei vari materiali, vogliamo evidenziare quei concetti che tutti i progettisti ed utenti dovrebbero avere ben presenti per le reti fognarie. Quali requisiti principali richiesti alle tubazioni per fognatura si possono indicare:

- **buone caratteristiche idrauliche a breve e lungo termine;**
- **adeguata resistenza alla pressione interna, anche in caso di temporanee sovrapressioni;**
- **buona resistenza ai carichi esterni;**
- **giunti a perfetta tenuta bidirezionale a breve e lungo termine;**
- **resistenza ottimale alle aggressioni chimiche ed elettrochimiche;**
- **resistenza alla abrasione;**
- **ridotta aderenza delle incrostazioni;**
- **facilità di pulizia con le moderne tecniche;**
- **facilità e rapidità di assemblaggio e di posa;**
- **costo concorrenziale.**

I concetti sopra esposti si prestano ad alcune precisazioni:

- La rispondenza di ciascun materiale ai requisiti di progetto va verificata su **basi realistiche** ed **omogenee**; ciò deve essere valido in particolare per le caratteristiche idrauliche, ovvero diametro interno e valore della scabrezza assoluta.
- **La resistenza alle aggressioni chimiche** ed elettroniche ed all'abrasione va verificata in funzione delle **caratteristiche delle acque di scarico**.
- **La resistenza alla pressione interna** e la garanzia di una **perfetta tenuta**, anche a lungo termine, vanno riferite a tutte le tubazioni ma in particolare ai tubi con giunti a manicotto, il cui elemento chiave è la lunghezza del manicotto stesso e le caratteristiche della guarnizione.
- La **tenuta** deve essere **bidirezionale**: molti problemi in fognature esistenti, che si ripercuotono sugli impianti di trattamento, sono dati dall'ingresso d'acqua di falda o dalle perdite attraverso i giunti. La mancanza di tenuta è da ricondursi prevalentemente a difetti nella posa, anche se la struttura del giunto ed il tipo di guarnizione contribuiscono all'inconveniente.
- **I sistemi di pulizia ad alta pressione** o con mezzi meccanici possono avere effetti dannosi su alcuni materiali, causando la dislocazione d'alcuni tipi di giunti o addirittura la rottura del corpo tubo.

Relativamente al costo, vorremmo evidenziare che, più che confrontare il costo del solo tubo, va considerato il costo onnicomprensivo della fognatura, inclusi i prevedibili oneri di manutenzione, e la vita di progetto, che deve essere la più lunga possibile.
EuroSewer® presenta caratteristiche ottimali per tutti gli aspetti menzionati.

1.2 Materiali di uso comune

Storicamente, le fognature ove esistenti, erano costituite da canali a cielo aperto o da manufatti in pietra, mattoni, cotto. Nella struttura fognaria moderna per quanto riguarda le materie plastiche, il **PVC** è stato il primo a trovare impiego in fognature e drenaggi, data la facilità di posa ed il costo concorrenziale. Non sempre, per vari motivi, fornisce le prestazioni richieste. Mentre il **PP** rimane confinato ad un uso più specialistico, in particolare in presenza di alte temperature ed in campo industriale e di condizioni di installazione particolarmente onerose, il **HDPE**, in esecuzione estrusa a parete piena, ha trovato un impiego discontinuo, per le reti non in pressione e per i diametri minori, avendo problemi di costo. Durante gli anni '80 sono stati proposti, con buon successo, tubi strutturati in **HDPE** con diametri fino a 3,6 m. Il concetto che ha portato alla loro produzione è stato quello di poter utilizzare i vantaggi intrinseci del polietilene, in particolare l'ottima resistenza alle acque reflue sempre più aggressive, sviluppando tipi di tubi leggeri, con elevata rigidezza circonferenziale e costo concorrenziale.
Sono nati così i vari tubi Bauku, Henze, KWH, prodotti con tecnologie brevettate e tuttora disponibili nelle ultime versioni. Successivamente, anche in relazione allo sviluppo di nuove licenze, sono state studiate le più diverse tipologie di parete che hanno portato, tra gli altri, alla produzione di **EuroSewer®.** Le tubazioni

in resina termoplastica a parete strutturata si stanno diffondendo anche in Italia, perciò la **Picenum Plast** ha creduto fare opera utile nel realizzare delle pubblicazioni e diffonderle tramite l'opera dei propri promotori.
Le tubazioni strutturate presentano un'ottima resistenza all'aggressione da parte delle acque convogliate, alle sollecitazioni di posa e d'esercizio, elevata facilità di posa, lunga vita con ridotta manutenzione ed un ottimo rapporto costo/efficienza per la condotta installata, che ne fanno, se ben utilizzate, il materiale del futuro. Per un sistema fognario, le considerazioni sul costo finale dell'opera e sulla sua "vita" devono essere prioritarie ai fini della corretta gestione delle opere pubbliche. In base a questo, il progettista e l'utilizzatore devono ottimizzare il "progetto", inteso come il complesso costituito dallo studio e progettazione di dettaglio, dalla corretta scelta dei materiali, dalla precisa definizione dei metodi di posa più corretti ed economici ed infine dalla scelta dell'Appaltatore, in modo da ottenere la realizzazione di un'opera tecnicamente ed economicamente valida.

1.3 Tubi rigidi e tubi flessibili

Il primo concetto da evidenziare, quando si parla di tubazioni per fognature, è la distinzione tra i tubi rigidi e tubi flessibili.

Si definiscono rigidi i tubi la cui sezione circonferenziale non può subire deformazioni orizzontali o verticali senza che il tubo venga danneggiato.

La AWWA (American Water Works Association) classifica come rigidi i tubi in cui una deformazione dello 0,1% causa danni e semirigidi quelli che accettano una deformazione fino al 3%

Sono definiti invece flessibili quelli in cui la sollecitazione esterna può causare mutamenti di forma nella sezione circonferenziale (per AWWA > 3%) senza causare danni.

Un'informazione importante per comprendere il comportamento meccanico del tubo quando questo è posato e soggetto a carichi ovalizzanti può essere tratta dal seguente parametro n, definito come **coefficiente di elasticità in sito**:

1a $$n = \left(\frac{E_t}{E_l}\right) \cdot \left(\frac{SDR}{2} - 1\right)^3$$

In cui SDR è il rapporto tra diametro e spessore nominale del tubo (supposto a parete piena), Et è il modulo del terreno (vedi tab. 4.12) ed E_l è il modulo elastico a lungo termine della tubazione.

Si assume che la tubazione abbia un comportamento INDEFORMABILE se n<1.

Per le tubazioni in materia plastica la condizione n < 1 è quasi mai verificata (a meno di tubi con bassissimo SDR e terreni molto deformabili), per cui esse sono da considerarsi DEFORMABILI. Dal punto di vista meccanico, questo si traduce nel fatto che essi tendono a deformarsi in misura maggiore rispetto al terreno circostante che li ospita; pertanto, quest'ultimo si farà maggiore carico (rispetto ai tubi) delle sollecitazioni applicate (carichi statici e dinamici). Nel caso di tubazioni INDEFORMABILI , invece, le sollecitazioni impartite al sistema terreno-tubo sono assorbite quasi totalmente da quest'ultimo.

La deformazione, a breve o lungo termine, può raggiungere valori anche elevati, non compatibili con il corretto funzionamento della canalizzazione, senza che il tubo presenti danni alla struttura o sintomi di collasso. Sono tubi rigidi quelli in cemento, in fibrocemento, in ghisa o in grès, mentre sono flessibili i tubi in materie plastiche in genere.

La Rigidezza Circonferenziale, o meglio la resistenza all'ovalizzazione, è il parametro che caratterizza i tubi flessibili e, in relazione alla sua dipendenza sia dai dati geometrici (momento d'inerzia di parete) che dalle caratteristiche del materiale (modulo di elasticità), viene calcolata geometricamente per i tubi a parete piena, con i valori del modulo di elasticità del materiale (per esempio l'acciaio) e con prova sperimentale nel caso di tubo con parete strutturata o materiali compositi. In termini tecnici, la rigidezza è identificata dalla sigla SN, definita come nella **formula 1b.**
Nel contesto dei tubi da fognatura, "flessibile" significa deformabile nella direzione del diametro verticale.
Nella valutazione del concetto di "flessibilità", il modulo di elasticità del materiale riveste una particolare importanza.
L'ordine di grandezza del modulo di elasticità **E** nei tubi rigidi è ben maggiore di quello nei tubi flessibili in materia plastica, come mostra la **tab.1.**

Occorre considerare che in molti casi un alto valore di **E** può dare luogo a comportamenti fragili se il materiale non prevede in parallelo valori elevati di resistenza all'urto, quali quelli presentati dal PE. Il secondo termine che influenza la rigidezza è il momento di inerzia di parete **I**.
Per ottenere una adeguata rigidezza circonferenziale per le tubazioni con bassi valori di **E** occorre quindi intervenire sul momento d'inerzia di parete del tubo, $\mathbf{I = s^3/12}$, e quindi sullo spessore, s, reale o "apparente" (meglio definito come spessore "equivalente").
L'aumento di **I** viene spesso realizzato con la costolatura per evitare spessori rilevanti e quindi alti pesi e costi elevati.

Tutti i tubi in resina sono classificati come tubi flessibili. I tubi in PVC, PE e PP sono prodotti con resine termoplastiche sia con parete piena che con parete strutturata. Hanno elevata resistenza all'aggressione chimica e bassi valori di scabrezza assoluta. Il tipo di materiale è omogeneo in tutta la parete e nelle costole (salvo che per particolari tipi con parete a sandwich).
I tubi in PVC sono in generale forniti con giunto a bicchiere mentre i tubi strutturati in PE e PP sono forniti sia con giunto a bicchiere che con manicotto.

1b $$SN = E \cdot \frac{I}{D_m^3} (Pa)$$

Ove:

E = modulo elastico del materiale, in Pa

D_m = diametro medio del tubo, in m

I = momento d'inerzia, in m^4/m

tab. 1 - Modulo di elasticità in differenti materiali

Materiale	Modulo di elasticità (valori medi, in MPa)
Fibrocemento	$2,5 * 10^4$
Calcestruzzo	$3,0 * 10^4$
Grès	$5,0 * 10^4$
Ghisa	$10 * 10^4$
Ghisa duttile	$17 * 10^4$
PVC	$3,6 * 10^3$
HDPE (PEAD)	$1,0 * 10^3$
PP-HM	$1,3 * 10^3$

1.4 Interazione tubo - terreno

EuroSewer® come tutti i tubi in materiale plastico, è da considerarsi un tubo flessibile.
Quando un tubo flessibile viene caricato, esso si deflette e va a comprimere il materiale circostante.
Questo genera a sua volta una reazione che tiene sotto controllo la deflessione del tubo. L'ammontare della deflessione indotta sul tubo è determinata dalla cura posta nella fase della posa in opera e nella scelta dei materiali di riempimento. In particolare:

Geometria della trincea: larghezza, profondità, sistema di casseratura, profilo trasversale (trincea a gradini, con pareti inclinate).

Gradi di costipamento (compattazione): del rivestimento, del riempimento.

Supporto dei tubi e condizioni del fondo della trincea Tipologie del materiale di fondo, presenze di asperità

Condizioni del terreno e del suolo: termiche (gelo, disgelo), climatiche (pioggia, neve), igrometriche (allagamenti, presenza di falde sotterranee).

Carichi presenti sopra l'installazione: dinamici (traffico stradale e carichi temporanei), statici.

Tipi di terreno e parametri relativi: sottosuolo, pareti, riempimento.

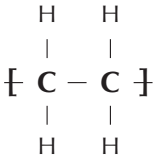
Situazioni particolari di installazione: strutture sopra terra, connessioni a strutture rigide, presenza di altre tubazioni nella stessa trincea.

Nei tubi flessibili la deformazione può raggiungere valori sensibili; la controspinta laterale si traduce in una limitazione della deformazione. Conseguentemente il valore del carico verticale risulta inferiore. Si comprende quindi l'importanza di ottenere, nell'installazione, un sufficiente contrasto attraverso una compattazione del rinfianco tale da limitare la deformazione a valori accettabili. **Si può dedurre da questa premessa, prima di esaminare le relative formule, che maggiore è la "rigidità" del materiale di riempimento e della struttura intorno alla tubazione, maggiore è la resistenza della canalizzazione alle sollecitazioni esterne.** La reazione del complesso "riempimento - terreno" che si può definire rigidezza al contorno è da porsi in relazione al modulo di elasticità **"E_t"** del terreno di riempimento, che a sua volta dipende fortemente dal grado di compattazione, ed a quello, inalterato, delle pareti dello scavo. Si vedrà più avanti come la rigidezza al contorno prevalga, ai fini della riduzione delle deformazioni, ma anche delle tensioni, sulla rigidezza del materiale tubolare. In genere si utilizzano per i tubi flessibili metodi di calcolo (derivanti dagli studi di Spangler, Watkins, Barnard) che tengono in considerazione il fatto che il valore "e" (modulo elastico o modulo di resistenza passiva del terreno di riempimento) non è costante, mentre invece risulta costante, ai fini pratici, il fattore **$E' = E_t \cdot r$** (ove r è il raggio della condotta), chiamato "modulo di deformazione" o "modulo secante", dimensionalmente in Pa. Valori di **E'** sono generalmente forniti in tabella in funzione del tipo di materiale e della percentuale di compattazione; il progettista deve operare una scelta corretta in base alle condizioni locali ed alle prescrizioni che emetterà per il riempimento. La normativa ha inserito per le tubazioni flessibili la prescrizione della resistenza all'urto, in relazione non solo alle necessità di manipolazione in cantiere, ma anche, appunto, quale difesa nel corso della compattazione. Si deve distinguere inoltre tra **deflessione iniziale *(d_i)* e deflessione a lungo termine *(d_{LT})*** del tubo flessibile: la prima si verifica (e può essere verificata) appena il tubo viene installato, per effetto dei carichi statici e dinamici dovuti, rispettivamente, al terreno di ricoprimento ed a forze esterne; con il passare del tempo, il tubo continua lentamente a deflettersi, raggiungendo, dopo un congruo numero di anni, un valore asintotico di deflessione pari a ***(d_{LT})***.

CAPITOLO 2

Il materiale

2.1 Il polietilene



Il Polietilene (PE) è una resina termoplastica appartenente alla famiglia delle polioleifine, ed è ottenuta dalla polimerizzazione dell'etilene (o etene).

Il processo di polimerizzazione consiste nel legare assieme molecole di etilene in una lunga catena chiamata **macromolecola o polimero.** Con diversi processi di sintesi si ottengono Polietileni con diversi gradi di cristallinità (che rappresenta il rapporto, nella massa plastica, tra zone amorfe e zone cristalline).
Sul mercato esistono diversi *grades* di polietilene differenziati dalle loro caratteristiche reologiche, definiti come Polietileni ad Alta Densità (HDPE, notazione inglese), Media Densità (MDPE) e Bassa Densità (LDPE), utilizzati in numerosi campi:

- adduzione di fluidi in pressione;
- distribuzione di gas;
- convogliamento di acque di scarico e fognature;
- applicazioni miscellanee.

La tabella 2.1 contiene alcuni dati (informativi) relativi ad alcune delle caratteristiche chimico-fisiche del PE, comparate con altri materiali plastici di uso comune.
I fattori che costituiscono i punti di forza dei tubi in PE e che ne hanno determinato il successo sul mercato nel corso degli anni sono:

- **Leggerezza ed elevata flessibilità:**
  che si traduce in agevolezza nella movimentazione e posa in opera.
- **Ottima resistenza agli urti:**
  con bassissimo rischio di collasso del materiale ed una imbattibile resistenza alla propagazione rapida della frattura (RCP).
- **Notevole resistenza agli agenti atmosferici ed alle alterazioni provocate dalle radiazioni UV:**
  è dunque possibile mantenere stoccato il materiale in PE per un tempo relativamente lungo, prima della posa in opera.
- **Elevata resistenza agli agenti chimici e batteriologici:**
  tale caratteristica ne consiglia l'uso per il convogliamento di fluidi aggressivi (quali ad esempio, fluidi industriali di processo o acque reflue). Un'indicazione della resistenza alle principali sostanze chimiche è contenuta nel **Doc. ISO/TR 10358**. Il PE risulta inoltre elettricamente inerte ed insensibile all'attacco biochimico di muffe ed enzimi.
- **Resistenza alle basse temperature:**
  è possibile l'impiego di tubazioni in PE fino a temperature molto al di sotto dello 0°C.
  Per applicazioni in pressione, la T di utilizzo è limitata superiormente ai 40°C (si consulti la norma europea UNI EN 12201).

  La temperatura influisce sulle proprietà meccaniche del tubo anche in termini di dilatazione lineare con ripercussioni sull'efficacia della installazione a causa di fenomeni di sfilamento. Il PE presenta un coefficiente di dilatazione lineare pari a $(1{,}7 \div 2{,}2) \cdot 10^{-4}\ C^{-1}$; tuttavia, a causa della geometria della parete, il fenomeno della dilatazione termica non produce un allungamento esclusivamente in senso assiale (come nel caso del tubo liscio), ma produce un effetto misto di allungamento assiale e radiale, limitandone dunque gli effetti. Studi condotti rispettivamente da -10°C e + 70°C alla T ambiente hanno dimostrato che l'allungamento/accorciamento subito dal tubo non è superiore a ± 5%.
  Per rendere ulteriormente più sicura l'installazione da pericoli di sfilamento, il bicchiere del sistema di giunzione **EuroSewer®** è previsto in lunghezze di molto superiori a quelle minime previste dalla norma.

- **Flessibilità nella scelta dei diametri e lunghezze:**
  proprio per la semplicità del processo produttivo, è possibile fabbricare tubi di qualsiasi lunghezza, limitata soltanto dalle possibilità di trasporto. **EuroSewer®** viene fornito nelle lunghezze standard di 6 m + bicchiere.

- **Eccezionale resistenza all'abrasione:**
  questa caratteristica fa del PE un materiale imbattibile nella costruzione e rivestimento di condotte per trasporto idraulico/pneumatico di solidi e per trasporto di reflui ed acque di scarico. Studi condotti per valutare la resistenza all'abrasione di diversi materiali comunemente utilizzati nella canalizzazione di reflui di scarico, hanno sancito la superiorità del PE, come dimostra la **tab. 2**:

tab. 2 Tempo di rimozione a parità di spessore per differenti manufatti

Materiale	tempo di rimozione (h) a parità di spessore
Cemento	20
Acciaio	34
PVC	50
Grès	60
PE	100

Tab. 2.1 Caratteristiche fisiche delle materie prime (annesso A di UNI EN 13476-1)*

Caratteristica	Unità di misura	PVC-U	PP**	PE
Modulo di elasticità, E (1 min)	(MPa)	≥ 3.200	≥ 1.250	≥ 800
Massa volumica media	(Kg/m^3)	≈ 1.400	≈ 900	≈ 940
Coefficiente di dilatazione lineare	(K^{-1})	≈ 8×10^{-5}	≈ 14×10^{-5}	≈ 17×10^{-5}
Conducibilità termica	($WK^{-1}m^{-1}$)	≈ 0.16	≈ 0.2	≈ (0.36 ÷ 0.50)
Capacità termica specifica	($JKg^{-1}K^{-1}$)	≈ (850 ÷ 2.000)	≈ 2.000	≈ (2.300 ÷ 2.900)
Resistenza elettrica superficiale	(Ω)	> 10^{12}	> 10^{12}	> 10^{13}
Modulo di Poisson	( )	0.4	0.42	0.45

* I valori sono dipendenti dal materiale che viene utilizzato. E' consigliabile contattare il fornitore o controllare la documentazione da lui fornita per verificare i valori corretti in ogni singolo caso

** Sono stati recentemente sviluppati dei grades di polipropilene ad elevato modulo di elasticità (comunemente denominati PP-HM) per i quali i valori di E si attestano intorno a 1.800-1.900 MPa. Dettagli su tali materiali e sulle conseguenze dell'impiego di questi ultimi nella produzione di tubi a parete strutturata saranno forniti nel cap. 3.

2.2 Caratteristiche tecniche del materiale

Il polietilene utilizzato per la produzione dell'**EuroSewer®** presenta le ben note caratteristiche tecniche di tutte le resine termoplastiche, come il modulo di elasticità **E** e la deformazione sotto carico sono dipendenti dalla temperatura e dal tempo.

La norma consiglia le seguenti ulteriori proprietà:

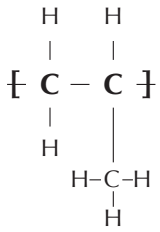
Proprietà	Metodo di prova	Unità di misura	PE
Modulo di elasticità, E		MPa	≥ 800
Densità Media		Kg/m^3	≈ (950 ÷ 960)
Coefficiente di espansione termica		mm/mk	0,19
Conduttività termica		$WK^{-1}m^{-1}$	≈ (0,36 ÷ 0,50)
Capacità termica		$JKg^{-1}K^{-1}$	≈ (2.300 ÷ 2.900)
Resistenza superficiale		Ω	> 10^{13}

Per **EuroSewer®** sono utilizzati granuli di prima scelta che devono superare le caratteristiche prescritte e riportate nella tab. 2.2:

tab. 2.2 - Prescrizioni sul materiale dei tubi in PE (secondo UNI EN 13476-3)

Caratteristiche	Prescrizione	Parametri di prova		Metodo di prova
		caratteristiche	valore	
Resistenza alla pressione interna	Nessuna rottura per il periodo di prova	Temperatura Tempo di prova Sforzo circonferenz.	80 °C 165h 4,0 MPa	EN ISO 1167-1/2
Resistenza alla pressione interna	Nessuna rottura per il periodo di prova	Temperatura Tempo di prova Sforzo circonferenz.	80 °C 1000h 2,8 MPa	EN ISO 1167-1/2
MFR	≤1,6 g/10 min	Temperatura Massa di carico	190 °C 5,0Kgf	EN ISO 1133
Stabilità termica (OIT)	≥ 20 min	Temperatura	200° C	EN 728
Massa volumica	≥ 930 Kg/dm³	in accordo a ISO 1183-1		EN ISO 1183-1

2.3 Il Polipropilene



Unitamente al polietilene, anche i materiali polipropilenici (PP) sono stati da tempo utilizzati con successo per la produzione dei sistemi di tubature, ed hanno dimostrato eccellenti proprietà sia nelle applicazioni che prevedono un esercizio in condizioni di elevata pressione che in quelle in assenza di pressione. I polipropileni copolimeri a blocchi (PP-B) sono usati principalmente per la produzione dei sistemi di tubazioni per le fognature e lo scarico non in pressione. Tali materiali, normalmente con un modulo di elasticità intorno a i 1.300 MPa, sono stati utilizzati per 2 decenni per la produzione dei tubi dei sistemi fognari e di scarico. Da alcuni anni, tale classe di materiali è stata affiancata sul mercato da una nuova classe, definita PP-HM (PP ad alto modulo, E>1.700 MPa). Questa ultima generazione è stata recentemente introdotta in Italia ed utilizzata nella produzione di condotte dalle caratteristiche tecniche innovative. Tali caratteristiche, unitamente ai vantaggi tecnico-oparativi, di tali tipologie di condotte verranno descritte nei capitoli successivi. Entrando nel dettaglio della materia prima, **il PP-HM unisce l'elevata rigidità e un'alta resistenza all'intaglio, anche a basse temperature, e al contempo soddisfa pienamente i requisiti di resistenza alla pressione interna.** Quest'ultima proprietà è particolarmente importante per garantire una lunga durata della tubazione. Da un punto di vista della struttura del materiale, sia l'elevata rigidità che l'elevata resistenza all'intaglio derivano da una matrice del polimero ad alta cristallinità, in cui è inclusa una percentuale di gomma distribuita in maniera molto omogenea. Inoltre, i materiali in PPHM sono caratterizzati da un'eccellente resistenza chimica ed ottime proprietà a breve e a lungo termine pur conservando una bassa densità. Le proprietà generali dei materiali in PP-B e della nuova classe in PPHM sono illustrate nella tabella 2.3:

tab. 2.3 - Prescrizioni sul materiale dei tubi in PE (secondo UNI EN 13476-3)

Proprietà	Metodo di prova	Unità di misura	PP-B	PP-HM
MFR 2.16 kgf/230°C	ISO 1133/230 °C	g/10 min	0,3	0,3
Massa volumica	ISO 1183/23 °C	g/cm³	0,9	0,9
Modulo E	ISO 527-2/23 °C	MPa	1.300 ÷ 1.500	1.700 ÷ 1.900
Resistenza allo snervamento	ISO 527-2/23 °C	MPa	28 ÷ 30	31 ÷ 32
Sensibilità all'intaglio	ISO 179/1eA	KJ/m²	50 ÷ 70 (+23 °C) 4 ÷ 7 (-20 °C)	50 (+23 °C) 5 ÷ 4 (-20 °C)

Tutti questi materiali soddisfano i principali requisiti degli standard europei si per le tubature a pareti solide dei sistemi fognari e di drenaggio interrati (direttiva EN 1852-1). I materiali in PP-HM soddifano altresì gli ulteriori requisiti dei materiali con un modulo E>1.700 MPa e dei tubi a parete strutturata, in conformità con la normativa europea UNI EN 13476. I requisiti per tale materia prima sono contenuti nella tab. 2.4:

tab. 2.4 - Prescrizioni sul materiale dei tubi in PP (secondo UNI EN 13476-3)

Caratteristiche	Prescrizione	Parametri di prova		Metodo di prova
		caratteristiche	valore	
Resistenza alla pressione interna	Nessuna rottura per il periodo di prova	Temperatura Tempo di prova Sforzo circonferenz.	80 °C 140h 4,2 MPa	EN ISO 1167-1/2
Resistenza alla pressione interna	Nessuna rottura per il periodo di prova	Temperatura Tempo di prova Sforzo circonferenz.	95 °C 1000h 2,5 MPa	EN ISO 1167-1/2
MFR	≤1,6 g/10 min	Temperatura Massa di carico	230 °C 2,16Kgf	EN ISO 1133
Stabilità termica (OIT)	≥ 20 min	Temperatura	200° C	EN 728

Il maggior valore del modulo di elasticità a breve e a lungo termine (cioè estrapolato a 50 anni) della nuova classe di materiali in PP-HM fornisce inoltre una maggiore resistenza al “creep” e al rilassamento delle tensioni. Questi materiali evidenziano inoltre un’eccellente resistenza allo “stress cracking” che garantisce una lunga durata d’esercizio.

CAPITOLO 3

Il Prodotto

3.1 Il profilo

La produzione di **EuroSewer®** deriva dallo sviluppo delle attrezzature di produzione per un particolare tipo di parete strutturata a costole larghe che ha avuto luogo in Canada ed è stata già applicata con successo nei paesi anglosassoni.
Profili simili sono analogamente comuni nella produzione tedesca e scandinava.

Il profilo dell'**EuroSewer®** è un profilo particolare, rientrante nel **tipo B** della UNI EN 13476-3 e derivante dai più recenti sviluppi delle attrezzature di produzione (fig. 1a ed 1b).

Fig. 1a - Profilo Costola per tubi serie DN/OD

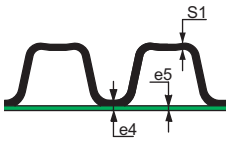
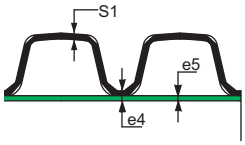


Fig. 1B - Profilo Costola per tubi serie DN/ID



e4 - spessore della zona di giunzione
e5 - spessore minimo strato interno
s1 - spessore strato esterno

Come ulteriore valore aggiunto al prodotto, le attrezzature impiegate per la produzione del sistema **EuroSewer®** sono progettate in modo tale che, in un certo memento della fase di estrusione, un sistema pneumatico integrato nel sistema crei un rigonfiamento dei due strati del tubo, schiacciandoli l'uno contro l'altro. Tale rigonfiamento opportunamente conformato, costituisce la zona del bicchiere, che è dunque parte integrante e senza soluzione di continuità rispetto al tubo corrugato.

L'assenza di giunzioni e collegamenti introdotti successivamente (quali ad esempio, collegamenti mediante manicotto e guarnizione oppure mediante saldatura) rende il sistema **EuroSewer®** più robusto dal punto di vista affidabilistico rispetto agli altri sistemi presenti sul mercato, fornendo al contempo numerosi vantaggi in termini di semplicità nell'installazione e nello stoccaggio delle barre.

La caratteristica struttura ad onda (doppio arco) oppure a cupola della parte superiore della costola, è determinata dal tipo dell'attrezzatura di produzione, basata su una tecnologia molto sofisticata.
La struttura con costola larga offre la possibilità di modificare la rigidezza circonferenziale, entro i limiti SN = 4÷8 kPa, agendo prevalentemente sullo spessore della corrugazione. Valori superiori di SN possono essere ottenuti variando le materie prime (PPHM).
La morfologia dello strato interno, liscio, determina, con le sue caratteristiche fisiche e geometriche, le performances idrauliche del sistema idraulico.
Lo strato esterno è invece deputato a fornire al sistema le proprietà strutturali. Dunque, lo spessore S1 dello strato esterno, pur non essendo fissato a livello normativo da alcun limite minimo, deve essere tale da garantire la rigidezza circonferenziale SN prevista e dichiarata sulla marcatura del tubo.
La variazione, in fase di produzione, di tale strato (e dunque l'aumento di peso del prodotto finito) consente pertanto di variare la resistenza del tubo, offrendo al cliente il sistema **EuroSewer®** nelle due classi di rigidezza SN 4 e SN 8. Come verrà descritto nei paragrafi seguenti, l'utilizzo del PP-HM al posto del PE permette il raggiungimento di clasi di rigidità maggiori (SN 16) pur mantenendo pressoché invariate le caratteristiche geometriche. Per lo spessore e5, invece, sono previsti a livello normativo dei limiti minimi, tali da garantire il flusso da pericoli di abrasione e da altre sollecitazioni (quali, ad esempio, quelle che si innescano a causa dell'utilizzo dei mezzi idro-pneumatici di pulizia delle condotte).

3.2 Caratteristiche geometriche

Come accennato nei capitoli precedenti, uno degli aspetti vincenti delle tubazioni a parete strutturata è quella di possedere elevati valori di rigidezza flessionale associati a doti di leggerezza. La ragione di ciò risiede nella particolare geometria della parete esterna, che conferisce a quest'ultima un elevato momento d'inerzia e dunque elevate doti di resistenza all'ovalizzazione.
La normativa UNI EN 13476 prevede due standard dimensionali:
Standardizzazione sui diametri esterni (DN/OD)
Standardizzazione sui diametri interni (DN/ID)
Il primo tipo di standard è quello storicamente utilizzato in Italia per le tubazioni in materiale plastico (PVC, PE). Il secondo tipo viene utilizzato nella maggior parte dei Paesi Europei, ed è comune anche ad altre tipologie di manufatti (gres, cemento, acciaio).

La gamma EuroSewer si compone di entrambe le standardizzazioni, come mostrano le tabelle seguenti 3a e 3b. Dal punto di vista estetico, le due tipologie di tubazioni si distinguono per la forma della costola, che risulta essere "a doppia onda" per quelle DN/OD, mentre è "a cupola" per quelle DN/ID. Le figure 1d, 1e e 1f rappresentano le sezioni longitudinali del giunto per ciascuna tipologia di tubo della gamma EuroSewewer con le relative notazioni.

Dal punto di vista operativo, lo standard ID risulta estremamente comodo e pratico nel caso in cui si presenti la necessità di confrontare e/o sostituire una tubazione preesistente – realizzata con manufatti standardizzati DN/ID, quali cemento, gres, etc. – con una tubazione DN/ID a parete strutturata.

Poiché le proprietà idrauliche (portata, velocità) delle tubazioni fognarie sono funzione, tra l'altro, del diametro interno del tubo, sarà pertanto semplice effettuare, in prima battuta, confronti tra la gamma **EuroSewer®** ID ed altri manufatti (basati sullo stesso standard) per realizzare analisi di fattibilità e/o sostituzione di reti fognarie esistenti.

Dal punto di vista idraulico, inoltre, la rugosità superficiale media (ed i conseguenti valori dei coefficienti di scabrezza) per manufatti in PE/PP risulta essere migliorativa rispetto a quella di manufatti "tradizionali", specialmente se valutata nel lungo periodo; ciò comporta una immediata verifica, se non addirittura un notevole miglioramento, delle condizioni di scorrimento del fluido a parità di diametro nominale interno (DN/ID) rispetto ai manufatti "tradizionali".Va comunque precisato che tale analisi di prima approssimazione dovrà essere poi corroborata da valutazioni più dettagliate che tengano conto non solo degli altri parametri idraulici rilevanti, ma anche di altri fattori (strutturali, ambientali, tecnici, operativi). A titolo di esempio, le tabelle 3c mostra, in differenti condizioni di flusso, un confronto tra le portate (calcolate mediante la formula di Gauckler-Strickler) di tubazioni **EuroSewer®** ID e tubazioni in cemento rivestito e cemento scabro. Per queste ultime è stato scelto rispettivamente un valore del coeffi ciente di scabrezza Ks = 65 e 50 m1/3 sec-1.

Le dimensioni (mm) fornite nelle tab. 3a e 3b sono valori indicativi medi di produzione relativi alla classe SN=4kPa, che corrisponde al prodotto più richiesto sul mercato Europeo. Per quanto riguarda la gamma DN/OD, i valori del diametro interno adottati quali standard per tutte le classi di **EuroSewer®** sono superiori a quelli minimi imposti dalla norma sul diametro esterno; ciò dipende dal fatto che le diverse classi di rigidezza sono ottenute con la modifica dello spessore della costola e non, come in altri tipi di tubo, attraverso variazioni di altezza e/o passo della costolatura.

Variazioni riscontrabili nei valori degli spessori, che comunque non influenzano la caratteristica principale del tubo, cioè la SN, sono dovute alle tolleranze di lavorazione ed ai ritiri di raffreddamento, presenti in tutti i tipi di tubazioni in materiale plastico. Gli standard di lavorazione permettono di mantenere costante il valore del diametro interno, entro le normali tolleranze di ritiro, e quindi permettono al progettista di eseguire i calcoli idraulici sulla base di dati certi e costanti.

Per quanto riguarda gli spessori di parete, i valori indicati in tabella rappresentano i minimi che devono essere garantiti dalla norma. I valori reali di produzione sono in genere molto superiori, specialmente per quanto riguarda il valore di e4, dato dalla "somma" degli spessori dello strato interno ed esterno.

La tipologia delle macchine di produzione, con stampi che producono una costola di misure standardizzate, garantisce in ogni caso il rispetto delle misure indicate. La forma della costola non subisce variazioni se non quelle derivanti dai ritiri durante la fase di raffreddamento, ad eccezione del DN/OD 1200, in cui le notevoli dimensioni del tubo impongono un aumento dell'altezza della costola per garantire elevati valori di resistenza senza compromettere le doti di leggerezza. A conseguenza di ciò, per il DN/OD 1200 vengono indicati in tab. 3a due valori per i parametri ID.

Profilo longitudinale del tubo Eurosewer®

*(fig.1d) DN/OD = 160-1000 *DN/OD 125 è fornito in barre liscie senza bicchiere (collegamento mediante manicotto)*

(fig.1e) DN/OD = 1200

(fig.1f) DN/ID = 300-600

fig. 1d

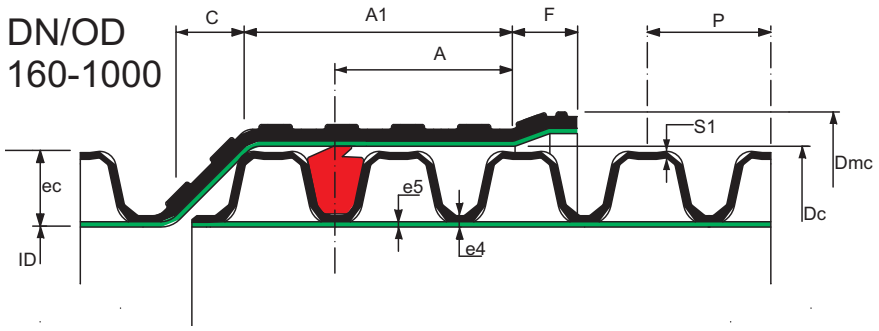


fig. 1e

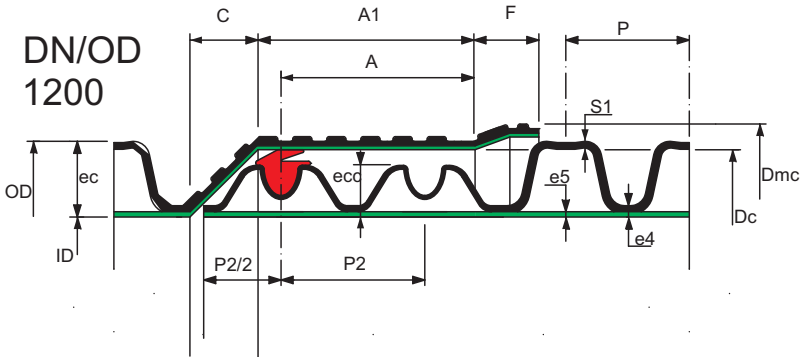
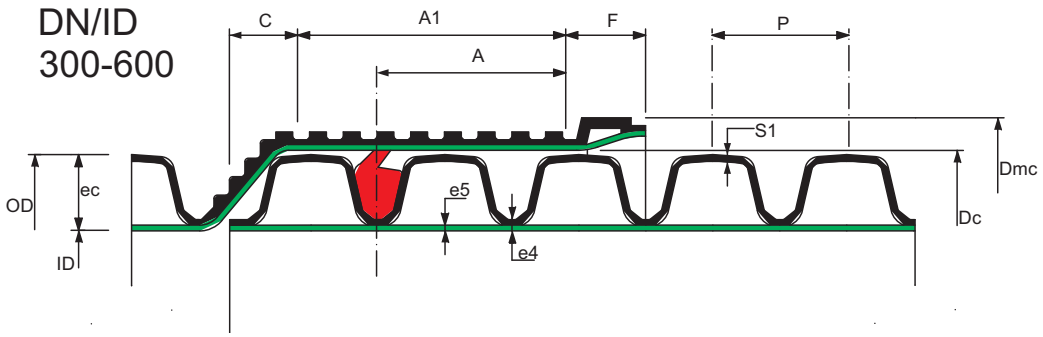


fig. 1f



Legenda

L_{ut}	Lunghezza utile (mm)
P	Passo della corrugazione (mm)
C	Lunghezza zona tronco - conica bicchiere (mm)
A	Lunghezza (di inserzione) (mm)
F	Lunghezza zona allargata bicchiere (imbocco) (mm)
S_1	Spessore dello strato esterno (mm)
e_5	Spessore minimo normalizzato (mm)
e_4	Spessore della zona di giunzione (mm)
e_c	Altezza della parete strutturata (mm)
D_i	Diametro interno, scelto da Picenum Plast, con valore maggiore di quello minimo di norma (mm)
D_e	diametro esterno normalizzato secondo UNI EN 13476-3 (mm)
D_c	diam. esterno del bicchiere (mm)
D_{max}	diametro di ingombro massimo, in corrispondenza dell'imbocco del bicchiere (mm)
A_1	Lunghezza zona cilindrica del bicchiere (mm)

*Tab. 3a: Serie dimensionale DN/OD (misure in mm)***

DN/OD	Diametri			Lunghezze				Spessori di parete		
	ID	OD	Dmc	P (P2)	C+A1+F	A	Amin	e4	e5	ec (ecc)
	Diam. interno	Diametro est.	Diam max est bicchiere	Passo corrugaz	Lungh. bicchiere	Lungh inserimento		Sp. Giunzione	Spess. strato int.	Alt. costola
125	107	124,3-125,4	*	18	*			>> 1,1	> 1,0	9
160	136	159,1-160,5	175	33	15+75+15=105	57	42	>> 1,2	> 1,0	12
200	174	198,8-200,6	215	33	15+80+10=105	62	50	>> 1,4	> 1,1	13
250	214	248,5-250,8	264	40	20+90+25=135	70	55	>> 1,7	> 1,4	18
315	273	313,2-316,0	336	42	25+110+15=150	93	62	>> 1,9	> 1,6	21
400	343	397,6-401,2	426	48	35+110+55=200	97	70	>> 2,3	> 2,0	28
500	427	497,0-501,5	530	56	45+130+60=235	119	80	>> 2,8	> 2,8	36
630	533	626,3-631-9	657	100	60+150+55=265	110	93	>> 3.3	> 3,3	48
800	673	795,2-802,4	841	98	90+180+80=350	172	110	>> 4,1	> 4,1	63
1000	849	994,0-1003,0	1049	98	100+210+95=405	212	130	>> 5,0	> 5,0	75
1200	1070-1040	1192,8-1203,6	1210	130 (95)	55+200+50=305	160	150	>> 5,0	> 5,0	65-80 (50-65)

**DN/OD 125 è fornito in barre liscie senza bicchiere (collegamento mediante manicotto) - **Per tubazioni realizzate in PP-HM le dimensioni medie rilevabili potrebbero differire da quelle indicate in tabella*

*Tab. 3b: Serie dimensionale DN/ID (misure in mm)***

DN/ID	Diametri - *Diameters*			Lunghezze - *Lenghts*				Spessori di parete - *wall thickness*		
	ID	OD	Dmc	P	A1+C+F	A	Amin	e4	e5	ec
	Diam. interno	Diametro est.	Diam max est bicchiere	Passo corrugaz	Lungh. bicchiere	Lungh inserimento		Sp. Giunzione	Spess. strato int.	Alt. costola
300	300	357	379	49	27+118+16=161	83	64	3,8	1,7	29
400	400	476	502	66	32+144+16=192	96	74	4,8	2,3	38
500	500	596	626	49	43+175+19=237	118	85	5,6	3,0	48
600	600	715	743	99	66+204+17=287	150	96	6,9	3,5	57

***Per tubazioni realizzate in PP-HM le dimensioni medie rilevabili potrebbero differire da quelle indicate in tabella*

Tab. 3c: Confronto portate Q (m3/sec) esemplificativo tra EuroSewer ID, cemento nuovo e cemento scabro utilizzando formula di calcolo di Gauckler-Strickler con riempimento h/r = 70% e pendenza i = 1% (Ks espresso in m1/3 sec-1)

DN/ID	EuroSewer ID (Ks=80)	Cemento liscio o rivestito (Ks=65)		Cemento non rivestito (Ks=50)	
	Q	Q	Diff %	Q	Diff %
300	0,084	0,068	-19,0%	0,053	-36,9%
400	0,181	0,147	-18,8%	0,113	-37,6%
500	0,329	0,267	-18,8%	0,205	-37,7%
600	0,534	0,434	-18,7%	0,334	-37,5%

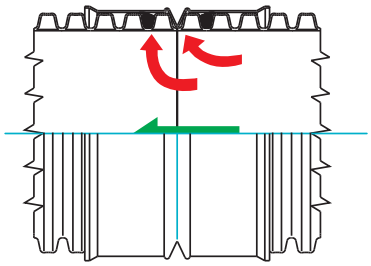
3.3 Il sistema di giunzione a bicchiere

Picenum Plast ha deciso di adottare per il tubo **EuroSewer®** il sistema di giunzione mediante bicchiere e guarnizione elastomerica, per le seguenti ragioni:

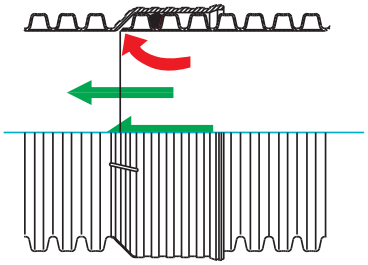
- **Processo produttivo intrinsecamente più sicuro rispetto alla soluzione con manicotto saldato:**
  Il processo produttivo è costituito dalla sola estrusione "dell'one pack" tubo + bicchiere, senza lavorazioni aggiuntive, con conseguente diminuzione del rischio di perdita di affidabilità.
- **Installazione più comoda e sicura:**
  Il sistema tubo + guarnizione determina un minore numero di componenti da gestire, collegare e stoccare, e quindi un minor numero di possibili inconvenienti relativi ad un sistema affidabilistico tubo + giunzione + guarnizione.
- **Maggiore affidabilità teorica del sistema di giunzione rispetto alla soluzione con manicotto e doppia guarnizione (fig.2):**
  La presenza del bicchiere in luogo della guarnizione elastomerica annulla totalmente i rischidi perdite in quelle zone che si trovano proprio in condizioni idrodinamiche più critiche, come mostra la **fig.2.**
- **Bicchiere costolato a doppio strato. Aumento della rigidezza ("Stiffness") nella zona più critica:**
  Il sistema di giunzione a bicchiere **EuroSewer®** è progettato in modo che il codolo (parte della tubazione che si inserisce nel bicchiere) del tubo abbia la stessa "stiffness" del tubo stesso.
  La notevole rigidezza del bicchiere costolato a doppio strato si va dunque a sommare a quella del

tubo, determinando una zona ad elevata rigidezza (superiore all'SN del tubo), proprio in corrispondenza del giunto, che rappresenta la zona, dal punto di vista idraulico, più delicata e critica. Viene dunque garantita la stabilità geometrica della superficie di tenuta, sia a breve che a lungo termine (creep).

fig. 2



Giunzione mediante manicotto e doppia guarnizione



Giunzione mediante bicchiere rinforzato doppio strato Eurosewer

3.4 Normativa di riferimento

In ambito internazionale, il documento tecnico di riferimento per **EuroSewer®** è definito dalla norma europea **UNI EN 13476:2008 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di polocroruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE).**

Tale norma specifica le definizioni ed i requisiti per i tubi, raccordi ed il sistema di tubi di PVC-U, PP e PE a parete strutturata nel campo dello scarico e fognatura non in pressione.
Tale documento si compone di tre parti:

- **Parte 1:**
  Requisiti generali e caratteristiche prestazionali
- **Parte 2:**
  Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia ed il sistema, tipo A
- **Parte 3:**
  Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B

EuroSewer® è definito come:
Tubo corrugato coestruso a doppia parete con costolatura anulare tipo B secondo UNI EN13476-3.

La norma prevede il rigoroso rispetto di numerosi requisiti su:

- caratteristiche del materiale;
- prescrizioni generali sui tubi in termine di aspetto, colore, caratteristiche geometriche, caratteristiche meccaniche e caratteristiche fisiche;
- prescrizioni per i raccordi ed accessori;
- compatibilità con l'uso, prescrizioni e prove;
- marcatura;
- specifiche per l'uso di materiale riprocessabile e riciclabile;
- caratteristiche del materiale (informativo);

In base alle definizioni, i tubi oggetto del UNI EN 13476 si distinguono in due categorie, a seconda della geometria della parete strutturata (corrugazione) che li caratterizza (tab. 3.2)

***tab. 3.2 - Tipologie costruttive per tubi* UNI EN 13476**

Tipo	Sottotipo
A Tubi con superficie interna ed esterna liscia	A1 - le superfici interne ed esterne sono unite tra loro da strati compatti schiumati e non (es. tudo sandwich) o da costole assiali. A2 - Le superfici interna ed esterna sono unite tra loro da costolature a sviluppo radiale o spiraliforme
B Tubi con superficie interna liscia ed esterna profilata. La superficie esterna può avere sviluppo cavo radiale (es. tubi corrugati) o spirliforme oppure costolata	

La norma definisce anche due diversi sottocampi di applicazione (identificati da un codice) cui possono essere destinati i tubi (tab.3.3):

***tab. 3.3 - Codice campo utilizzo per tubi* UNI EN 13476**

Cod. U	all'esterno della struttura del fabbricato
Cod. D	all'interno del fabbricato

Le caratteristiche prestazionali, fisiche, applicative ed i dati di produzione sono impressi in maniera indelebile mediante marcatura apposta sulla costolatura del tubo; in particolare vengono indicate:

- il nome del fornitore ed il nome commerciale (**EuroSewer®**);
- il marchio di Qualità IIP-UNI rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici ed il n° di accreditamento (131) presso l'IIP;
- il codice della normativa di riferimento, UNI EN 13476;
- il codice dell'area di applicazione (U);
- il codice descrittivo della tipologia di corrugazione (B);
- dati geometrici (Ø) ed SN minima dichiarata;
- dati di produzione;
- la materia prima (PE oppure PP).

Oltre alle prescrizioni relative al materiale, particolare attenzione deve essere posta sui test per garantire il raggiungimento ed il mantenimento delle performances di prodotto.
Tali test sono oggetto di norme correlate, tra cui:

- **EN ISO 9969 - Tubi di materiale termoplastico: determinazione della rigidità anulare.**
  Tale norma fornisce un'indicazione della resistenza allo schiacciamento del sistema, fornendo come dato di output il valore della grandezza SN (rigidità anulare o ring stiffness, espresso in KPa); tale grandezza costituisce un fattore importante per garantire, in funzione delle caratteristiche dell'installazione e del sistema fognario da realizzare, una corretta resistenza a lungo termine della tubazione ai carichi esterni (terreno, carichi stradali) e prevenire dunque rischi di danneggiamento della condotta (schiacciamento eccessivo, perdita delle guarnizioni, infiltrazioni).
  La norma UNI EN 13476-3 prevede attualmente le classi di rigidità 2 (prevista per tubi di diametro > 500 mm), 4,8 e 16 KPa.

EuroSewer® viene fornito in tre classi di rigidezza:

SN 4 - SN 8 - SN 16

quest'ultima utilizzando come materia prima il polipropilene alto modulo (PP-HM).

- **EN 1277 - Sistemi di tubazioni di materie plastiche: sistemi di tubazioni di materiale termoplastico per applicazioni interrate non in pressione: metodi di prova per la tenuta dei giunti del tipo con guarnizione ad anello elstomerico.**
  Il sistema di giunzione è sottoposto, in fase di prova di tenuta a pressione, a carichi de formati piuttosto onerosi, allo scopo di simulare condizioni reali diutilizzo e dunque prevenire eventuali fenomeni di perdita. In particolare, la prova prevede due tipi di simulazioni: nel primo viene applicata una deformazione differenziale dei componenti dell'innesto (10% al codolo, 5% al bicchiere), nel secondo gli assi dei due tubi formanti il giunto vengono disallineati di un certo angolo (variabile, a seconda del diametro, da 2° a 1°). In entrambi i casi, il sistema è sottoposto ad una prova di tenuta (in pressione mediante acqua a 0,5 bar, in depressione mediante aria a -0,3 bar).

I dettagli delle prove e delle relative condizioni e prescrizioni sono indicati nella **tab. 3.4**

- **Test aggiuntivi non previsti dalla norma:UNI EN 295-3/12. Prova di resistenza all'abrasione.**
  Tale prova fornisce un'indicazione importante sulle elevate doti di resistenza all'abrasione del PEAD rispetto ai materiali lapidei (grès, calcestruzzo) o metallici (acciaio, ghisa). Il materiale abrasivo è composto da una miscela di acqua, sabbia e ghiaia, poste all'interno del campione in prova (emitubo di lunghezza 1 metro).
  Il campione viene poi posto in oscillazione (tempo-ciclo = 3 secondi) per simulare l'effetto del fluido abrasivo.

Test di laboratorio condotti dall'Istituto Italiano deiPlastici (relazione Tecnica n. 7/04 del 24/06/04) su campioni **EuroSewer®** hanno rilevato, dopo 100.000 cicli, un valore medio dell'abrasione < 0,1 mm, contro quelli medi del grès = 0,2 ÷ 0,5 mm.
È inoltre importante fare notare che la materia prima (polietilene alta densità) con cui è realizzato il tubo **EuroSewer®** mantiene le sue performances di resistenza all'abrasione costanti ed inalterate per tutto lo spessore di parete. Tale vantaggiosa caratteristica non è riscontrabile, invece, per altri manufatti, nei quali la resistenza all'usura è affidata ad uno speciale strato di ricoprimento (spesso a volte pochi decimi di mm) posto sulla superficie interna del tubo. Dopo che tale strato è stato rimosso (questo può accadere, ad esempio, a causa di reflui particolarmente aggressivi e/o abrasivi, oppure dopo diversi anni di vita in uso del manufatto) il fluido abrasivo entra in contatto con la parte del manufatto meccanicamente "debole" dal punto di vista abrasivo, aumentando esponenzialmente il fenomeno dell'abrasione. Numerosi studi effettuati su tubazioni in polietilene/polipropilene dimostrano invece che il processo di abrasione si mantiene a bassi livelli e comunque lineare con il passare del tempo, offrendo pertanto migliori garanzie in termini di sicurezza e di vita a lungo termine del manufatto contro fenomeni abrasivi.

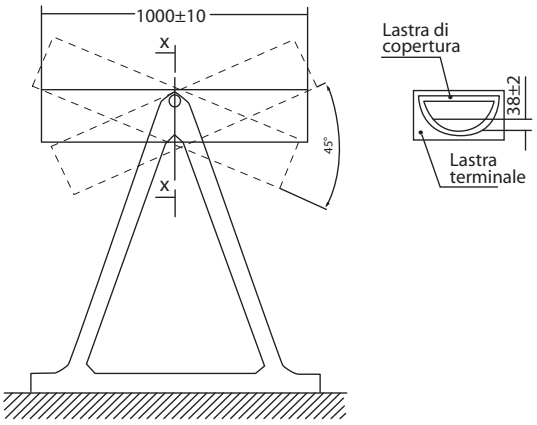


***fig.3* - Macchinario per l'esecuzione delle prove di resistenza all'abrasione.**

tab. 3.4 - Requisiti di conformità per tubi UNI EN 13476-3

Caratteristiche	Prescrizioni	Prescrizioni		Met. di prova
Rigidezza circonferenziale	≥ di quella di classificazione	Conformi a EN ISO 9969		EN ISO 9969
Creep ratio	≤ 4, con estrapolazione a 2 anni	Conformi a EN ISO 9967		EN ISO 9967
		Caratteristiche	valori	
Resistenza all'urto	TIR ≤ 10%	Tipo di percussione Massa del percussore Altezza caduta Temperatura di prova Condizionamento	UNI EN13476-3 UNI EN13476-3 UNI EN13476-3 (0 ± 1) °C Acqua/Aria	EN 744
Flessibilità anello	vedi 9.1.2 di UNU EN 13476-3	Deformazione	30% del diametro ester.	EN 1446
Prova al forno	nessuna crepa, delaminazione o bolla	Temperatura Tempo di immersione ≤ 8 mm > 8 mm	(110 ± 2) °C (PE) (150 ± 2) °C (PP) 30 min 60 min	ISO 12091
Tenuta idraulica del giunto		Temperatura Schiacciamento tubo Schiacc. bicchiere	(23 ± 2) °C 10 % DN 5 % DN	EN 1277 Cond. B
	nessuna perdita per 15 minuti	Press. acqua	0,05 bar	
	nessuna perdita per 15 minuti	Press. acqua	0,5 bar	
	ΔP max ≤ 10% per 15 minuti	Press. aria	- 0,3 bar	
		Temperatura Deflessione angolare	(23 ± 2) °C Dext ≤ 315 2° 315 < Dext ≤ 630 1,5° Dext ≤ 630 1°	EN 1277 Cond. C
	nessuna perdita per 15 minuti	Press. acqua	0,05 bar	
	nessuna perdita per 15 minuti	Press. acqua	0,5 bar	
	ΔP max ≤ 10% per 15 minuti	Press. aria	- 0,3 bar	

3.5 Tubi in PP-HM ad elevata rigidità

L'idoneità strutturale di una condotta fognaria è essenzialmente identificabile attraverso la sua capacità di resistere efficacemente ai carichi ovalizzanti agenti sulla tubazione stessa nel suo periodo di vita. Sotto questo punto di vista, Il parametro caratterizzante per tale resistenza è chiamato SN, definito come:

$$SN = E_I \frac{J}{D_m^3}$$

Dove ***J*** è il momento di inerzia della tubazione e D_M è il diametro giratorio di inerzia.
Fermo restando i parametri dimensionali (geometria del tubo), dalla formula sopraccitata si evince che il valore di SN è direttamente proporzionale alla grandezza E_I (modulo elastico a flessione del tubo); a tale proposito, il polipropilene possiede un modulo elastico che è circa il doppio rispetto ai valori medi riscontrabili sui vari grades di polietilene per le stesse applicazioni; in aggiunta a ciò, considerando che la massa volumica del polipropilene è di poco inferiore a quella del polietilene, è dunque possibile ottenere valori di ***SN*** raddoppiati rispetto ai corrispondenti manufatti realizzati in HDPE, mantenendo pesi per manufatto pressoché inalterati.

tab. 3.5 - Confronto tra grandezze fisiche per differenti materie plastiche

	PE	PP	PP-HM	PVC
Modulo elastico a flessione (MPa) (ISO 178)	800-900	1450	1800-1850	3500-4000
Massa volumica	0.93-0.96	0.9	0.9	1.4

Come conseguenza, a tubazioni ad elevata rigidità corrispondono, a parità di condizioni di installazione, valori inferiori di deflessione diametrale, come è possibile verificare applicando le formule di verifica strutturale previste per le tubazioni flessibili in materiale plastico *(grafici 1 e 2).*

Grafico 1: *Calcolo della deflessione a diverse profondità di ricoprimento in zone non trafficate (ipotesi di compattazione scarsa e verifica cautelativa di installazione in trincea larga)*

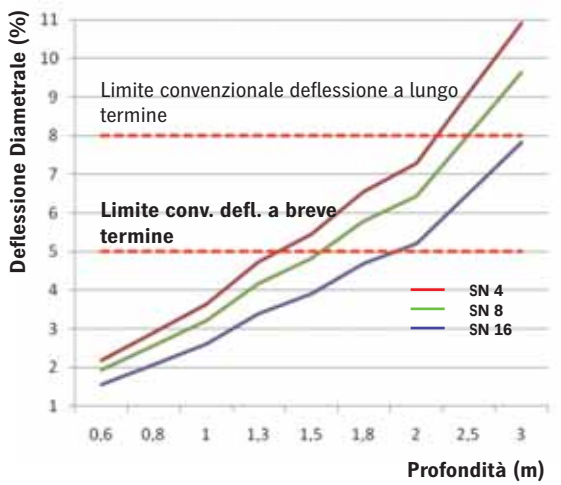
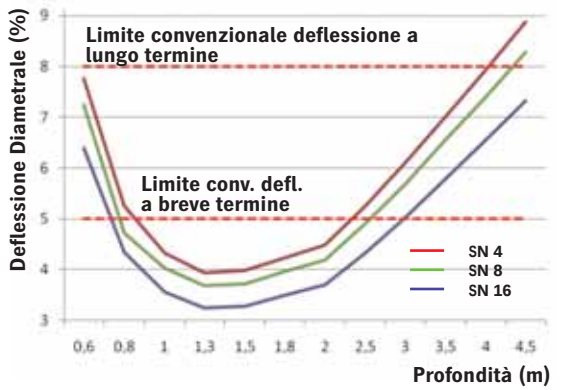


Grafico 2: *Calcolo della deflessione a diverse profondità di ricoprimento in zone a traffico pesante (ipotesi di compattazione moderata e verifica cautelativa in condizione di trincea larga)*



Un punto di vista tecnico ed operativo un valore elevato di SN comporta i seguenti vantaggi:

1. **Possibilità di installare la condotta in condizioni più onerose** dal punto di vista strutturale (profondità materiale di rinterro, etc.): i grafici, ottenuti mediante calcoli statici in accordo alla formula di Spangler , mostra come condotte SN16 possano avere un campo di utilizzo ben più vasto rispetto alle tradizionali condotte SN8 o SN4;
2. **Maggiore "economicità" nell'installazione:** Fermo restando il rispetto dei parametri di progetto e delle prescrizioni delle normative e leggi vigenti, un elevato valore di SN consente di utilizzare materiali di rivestimento e/o riempimento finale meno nobili o addirittura, qualora le condizioni lo consentano, l'utilizzo dello stesso materiale di risulta;
3. **Maggiore "sicurezza"** nell'installazione (a parità di condizioni al contorno): può capitare che, nella pratica comune, alcuni parametri dell'installazione (es. qualità della compattazione, tipologia del materiale di rinterro) non vengano debitamente tenuti sotto controllo; un tubo con elevato SN risulta dunque utile per prevenire e compensare tali errori.

Dato interessante da ribadire è che i sopraccitati aspetti positivi vengono ottenuti mantenendo invariati gli indiscussi vantaggi comparati delle tubazioni a parete strutturata in fase di installazione e durante il periodo di vita;

- **Ottimo comportamento idraulico, con bassissimi valori di scabrezza;**
- **Eccezionale resistenza all'usura;**
- **Maggiore resistenza rispetto al polietilene per scarichi ad alte temperature;**
- **Resistenza agli urti ed ai danneggiamenti esterni**
- **Elevata tenacità del materiale, che permette alla condotta di assorbire deformazioni diametrali del 30% senza dare luogo a cedimenti strutturali che ne compromettano il funzionamento**
- **Insensibilità agli attacchi della maggior parte dei composti chimici ed alla corrosione elettrochimica;**
- **Saldabilità e disponibilità di pezzi speciali per la realizzazione di sistemi completi omogenei;**
- **Leggerezza e facilità nella movimentazione**
- **Rapidità e affidabilità del sistema di giunzione mediante bicchiere a doppio strato rinforzato con costolature, che garantisce elevata rigidezza nel punto più "critico" del sistema;**

3.6 Specifiche tecniche per voci di capitolato

Il progettista, l'appaltatore o il cliente pubblico o privato che deve prescrivere od acquistare un tubo per fognatura deve emettere una precisa specifica atta ad individuare le caratteristiche del tubo desiderato, che comprenda, oltre alle prescrizioni sul materiale base, gli altri parametri tipici del tubo stesso.

Voce di capitolato per sistemi di tubazioni in PE a parete strutturata per fognature e scarichi interrati non in pressione conformi al documento UNI EN 13476-3.

I tubi ed i raccordi in polietilene PE per fognature e scarichi interrati non in pressione dovranno avere i requisiti previsti dalla normativa UNI e CEN vigente:

• **UNI EN 13476:** Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di polocroruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE).

I tubi ed i raccordi dovranno essere certificati da I.I.P. - Istituto Italiano dei Plastici con Marchio di conformità IIP UNI o da altro organismo di certificazione di prodotto equivalente accreditato in conformità alla norma EN 45011.
Il tubo deve essere realizzato in uno stabilimento dotato di Sistema Gestione per la Qualità conforme alla norma europea UNI EN ISO 9001:2000, certificato da Ente Terzo riconosciuto.
La tubazione avrà una parete strutturata costituita da una costolatura anulare esterna (corrugata) di colore nero e di una parete interna liscia.
La parete interna e la corrugazione esterna saranno ottenute mediante estrusione su anelli concentrici.
La parete esterna sarà di colore nero per garantire protezione dai raggi UV, mentre **quella interna sarà di colore verde** per agevolare le operazioni di ispezione e di videocontrollo. La giunzione delle tubazioni **dovrà avvenire mediante guarnizione elastomerica conforme ad UNI EN 681-1 e bicchiere doppio strato con costolatura di rinforzo esterna, realizzato per coestrusione in linea, certificato dall'I.I.P.**
Il tubo verrà fornito in barre da 6 metri con bicchiere doppia parete e guarnizione elastomerica, da posizionarsi nella gola tra la prima e la seconda corrugazione del codolo.
Quando osservate senza ingrandimento, le superfici interne ed esterne dei tubi e dei raccordi dovranno essere lisce, pulite e prive di cavità, bolle, impurezze e qualsiasi altra irregolarità superficiale che possa influire sulla conformità della norma. Le estremità dei tubi dovranno essere tagliate in modo netto e perpendicolarmente all'asse del tubo; gli orli dei tubi corrugati, che possano essere taglienti una volta tagliati, dovranno essere arrotondati. Tutti i tubi dovranno essere permanentemente marcati in maniera leggibile lungo la loro lunghezza riportando, con frequenza non minore di due metri, almeno le seguenti informazioni:

- identificazione del fabbricante;
- marchio di conformità IIP-UNI o Piip o equivalente;
- riferimento alla norma (UNI EN 13476);
- codice d'aria di applicazione (U);
- la tipologia della parete strutturata (Tipo B);
- materiale (PE);
- dimensione nominale DN/OD;
- rigidità anulare nominale SN, valutata in accordo ad EN ISO 9969;
- data di produzione (data o codice)

Dovranno essere inoltre prodotte le seguenti certificazioni:

- Certificazione di conformità di prodotto rilasciata da ente terzo (IIP o altro ente terzo accreditato);
- Certificazione di Qualità di Sistema in conformità alla UNI EN ISO 9001:2000, rilasciata da Ente Terzo accreditato;
- Rapporto di prova, rilasciato dall'IIP, sulla resistenza all'abrasione della tubazione in conformità al metodo di prova descritto in EN 295-3;
- Certificazione del sistema di giunzione della tubazione (bicchiere), come menzionato nel notiziario IIP.

Voce di capitolato per sistemi di tubazioni in PP a parete strutturata per fognature e scarichi interrati in pressione conformi al documento UNI EN 13476-3.
Fornitura e posa in opera secondo UNI EN 1046 di tubazione in polipropilene (PP) a doppia parete per condotte di scarico interrate non in pressione, corrugata esternamente e liscia internamente, prodotta per coestrusione continua delle due pareti in conformità alla norma europea UNI EN 13476 per tubi strutturati in Polipropilene (PP) di tipo B.
Prodotta da ditta in possesso della certificazione di Qualità Aziendale secondo UNI EN ISO 9001/2008 e del marchio di conformità di prodotto rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici (IIP). Le barre dovranno essere dotate di apposito bicchiere a doppio strato con costolature di rinforzo per dare maggiore rigidità strutturale alla zona di giunzione; la tenuta delle tubazioni avverrà mediante guarnizione elastomerica in EPDM realizzata in conformità alla norma UNI EN 681-1, da posizionare nella prima gola fra due costole successive della testata di tubo che verrà inserita nel bicchiere. Il tubo dovrà riportare sulla superficie esterna la marcatura prevista dalla norma UNI EN 13476-3; dovranno inoltre essere esibite le certificazioni relative a:

- verifica della flessibilità anulare secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 13476-3 con il metodo di prova descritto nella UNI EN 1446;
- verifica della rigidità anulare secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 13476-3 con il metodo di prova descritto nella UNI EN ISO 9969;
- collaudo alla tenuta idraulica delle giunzioni secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 13476-3
- certificazione di produzione in regime di qualità aziendale secondo UNI EN ISO 9001:2008
- certificazione di qualità di prodotto rilasciata da Ente terzo riconosciuto (IIP) relativamente alla conformità alla norma UNI EN 13476-3;

Il progettista dovrebbe inoltre indicare nelle specifiche del prodotto i dati relativi al carico idrostatico massimo nella condotta, almeno se esso supera i limiti di norma, previsti in particolare per la giunzione, e precisare se lo stesso sia continuo o saltuario. Nella normativa, infatti, le tubazioni in argomento, per quanto, in effetti, resistenti a pressione interna, sono considerate "tubi non in pressione".

3.7 Qualità di prodotto: certificazione IIP-UNI

La conformità implica, come già detto, la rispondenza alle specifiche in esso contenute. Tale rispondenza rappresenta dunque un elemento di qualità del prodotto **EuroSewer®.** Tale qualità deve essere assicurata al cliente e mantenuta costante in tutte le fasi del processo produttivo, al fine di garantire l'idoneità all'uso e alla resistenza per tutto il ciclo di vita del prodotto. A tale scopo, la **Picenum Plast** ha deciso di demandare ad un Ente Terzo l'assicurazione della qualità del prodotto **EuroSewer®**, attraverso la conformità alla UNI EN 13476-3.

L'Ente Terzo, l'**I.I.P.** s.r.l. (Istituto Italiano Plastici) è un organismo di certificazione, ispezione e prove, accreditato dal Sincert, che svolge attività di promozione della Qualità nel settore dell'industria manifatturiera e dei servizi, con particolare riferimento al settore delle materie plastiche.
L'adesione volontaria all'**IIP** e l'acquisizione del marchio IIP-UNI per la UNI EN 13476-3 fa sì che il cliente sia garantito rispetto ai seguenti requisiti:

- **Controllo di processo,** attraverso il monitoraggio, la registrazione e l'archiviazione periodica dei parametri di fabbricazione (temperature, pressioni, velocità di estrusione, anomalie di processo) e la tenuta sotto controllo del prodotto non conforme.
- **Controllo di prodotto:** sul prodotto vengono eseguite a cadenza costante tutte le prove previste dalla UNI EN 13476; tali prove determinano i requisiti minimi che devono essere rispettati e mantenuti dal prodotto, pena il suo declassamento. I risultati delle prove sono riassunti in un certificato di analisi (rapporto di prove), il quale viene messo a disposizione del cliente, ad evidenza e certificazione dei controlli subiti.
- **Audit periodici di controllo**: l'IIP, mediante la propria rete di ispettori, esegue visite di controllo e test a campione sul prodotto finito e sulla documentazione operativa.
- **Certificazione di conformità a norme approvate**: la UNI EN 13476 in particolare è una norma europea, approvata, emessa e soggetta a rinnovi pianificati ed in linea con tutte le altre normative di prodotto.

A maggiore garanzia di ciò, la **Picenum Plast** ha ormai da diversi anni attuato l'implementazione di un Sistema di Gestione per la Qualità aziendale, conforme alla norma **UNI EN ISO 9001:2000**.

3.8 I TEST DI LABORATORIO

Tutta la produzione di **EuroSewer®** è controllata con continuità in laboratorio nell'ottica del mantenimento delle performances del prodotto. Le caratteristiche sono riportate sui certificati di produzione, che coprono le prove richieste. Sono inoltre eseguite periodicamente prove interne di controllo. Per ogni lotto di materiale base, sono verificate le caratteristiche del materiale stesso che deve essere conforme alle caratteristiche minime previste. **Picenum Plast** redige per ogni tipo o lotto di tubo un certificato d'analisi del prodotto finito che comprende i rapporti di prova relativi a:

- controllo dimensionale sul diametro interno, esterno e sullo spessore "e_5";
- resistenza allo schiacciamento secondo EN ISO 9969 per la determinazione della rigidezza circonferenziale;
- prova di flessibilità con forte deformazione e constatazione d'assenza di difetti e fessurazioni;
- resistenza all'urto con osservazione d'eventuali fessurazioni.

Le altre prove, sono eseguite con regolarità e fanno parte della documentazione di produzione. Ulteriori prove di valutazione e di analisi del prodotto, non richieste dalla normativa, sono state messe a punto dal laboratorio, che mette a disposizione del cliente tutti i suoi strumenti e risorse per studiare e simulare tutti i possibili aspetti del comportamento di **EuroSewer®** anche in situazioni particolari di impiego.

CAPITOLO 4

I Calcoli

4.1 Dimensionamento idraulico

4.1.1. Generalità

Si invita il lettore all'utilizzo ed alla consultazione della documentazione contenuta nel software di calcolo **EuroSewer®**, il quale offre la possibilità di eseguire calcoli di dimensionamento e verifica delle tubazioni, oltre che fornire dettagliate informazioni e dati tecnici.

Le condotte fognarie cui è destinato l'uso di **EuroSewer®** sono dimensionate e realizzate, nella quasi totalità dei casi, come condotte non in pressione.

Il flusso non occupa la totalità della sezione di passaggio, ma vi scorre dentro come un canale. La parte della superficie che non scorre sul tubo è dunque a contatto con l'aria e si trova dunque a pressione atmosferica. Un'approsimazione teorica di tale tipologia di corrente è definita "corrente a pelo libero".

I parametri che regolano il comportamento della corrente in simili condizioni sono:

- Pendenza del fondo - **i** -; le pendenze delle fognature sono in genere comprese tra 0,001 e 0,1;
- La geometria dell'alveo, supposto prismatico (nel caso del Sistema **EuroSewer®** l'alveo ha forma circolare);
- La scabrezza del materiale che riveste l'alveo.

Per le condotte fognarie e per le condotte in genere, un termine di discussione è da sempre il valore della **scabrezza assoluta "K"** in mm (o dei coefficienti applicabili nelle altre formule idrauliche) applicabile nella formula di Colebrook.

La **tab.8** fornisce un esempio parziale della disparità di valori reperibili da varie fonti, in mm. L'esame della tabella porta alla conclusione che, anche per gli stessi materiali, esistono disparità di vedute e spesso i valori sono suggeriti senza indicarne i limiti d'applicabilità e senza tenere conto del naturale invecchiamento e deterioramento delle tubazioni in esercizio. Il progettista deve quindi valutare correttamente le condizioni d'esercizio e soprattutto, nel caso di confronto tra diversi materiali, adottare ordini di grandezza omogenei.

In generale occorre adottare preferibilmente valori della scabrezza assoluta tali da fornire il giusto margine di sicurezza, non solo al presente, ma anche nell'esercizio futuro, tenendo conto di tutte le incognite.

Sono interessanti per il progettista, oltre alle considerazioni sulla scabrezza, i dati forniti per i valori critici di velocità e dicadente per evitare la sedimentazione in condotta.

I valori sono tabulati in relazione al diametro interno e vanno da V_{CRIT} = 0,50 m/s, J_{crit} = 0,204% per D_i = 200 mm a V_{crit} = 1,12 m/s, J_{crit} = 0,126% per il 1000 mm. In caso di deformazione per schiacciamento, l'area dell'ellissoide risultante tende a diminuire rispetto all'area del cerchio iniziale; restando inalterato il perimetro, il raggio idraulico, quindi, diminuisce in proporzione diretta.

Dal punto di vista idraulico, una percentuale di deformazione entro i limiti accettabili del 5÷6% risulta poco influente sulle perdite di carico.

Si può quindi assumere con sufficiente approssimazione che i parametri di flusso rimangano inalterati anche in caso di piccole deformazioni.

tab. 4 - Valori di sicurezza assoluta per differenti manufatti

Materiale	K	
	min	max
Acciaio	0,01	0,1
Ghisa	0,01	1
Ghisa con rivestimento bituminoso o cementizio	0,03	0,2
Materie plastiche in genere	0,01	0,1
HDPE / PP	0,007	0,5
Cemento nuovo centrifugato	0,03	
Cemento nuovo lisciato	0,2	0,5
Cemento nuovo grossolano	1	2
Grès	0,1	1
Tubazioni vecchie	2	

4.1.2. Calcolo delle portate a tirante idraulico

Si assume che il tubo si comporti come un canale a sezione circolare ed il liquido bagni solo una parte del tubo.

Come è noto, si usa la **formula di Chézy** per il moto uniforme di correnti a pelo libero:

$$v = c\sqrt{R \cdot i}$$

- **v** la velocità media del fluido in m/sec
- **c** coefficente di conduttanza dipendente: dalla scabrezza omogenea equivalente, ∑ in mm; dal n. di Reynolds, **Re**, e del coefficente di forma del canale (= 1 per la sez. circolare)
- **i** pendenza in m/m
- **R** raggio idraulico definito come rapporto tra la superficie della sez. del flusso **A**, ed il contorno dello stesso che tocca il canale, **P**
- **u** viscosità cinematica del fluido alla temperatura di esercizio (**T** = 5°C ▸ **u** =1,52 · 10^{-6} m^2/s; **T** = 40°C ▸ **u** = 0,661 · 10^{-6} m^2/s)

Per ogni sezione tutte le grandezze geometriche sopra indicate sono univocamente legate al **tirante idrico h** che può quindi essere assunto come grandezza atta a rappresentare geometricamente la sezione liquida trasversale, purché siano note le funzioni che lo legano alle altre grandezze.

Queste funzioni dipendono dalla forma della sezione trasversale del canale.

Nella **tab.4.1** sono riportate le espressioni analitiche di questi legami per la sezione circolare ed i valori adimensionali delle grandezze geometriche corrispondenti a diversi gradi di riempimento.
In generale la forma della funzione c è data da (Colebrook-Marchi):

$$c_c = -5,75 \cdot \log\left(\frac{u}{4\phi R\sqrt[3]{2}\sqrt{gi}} + \frac{e}{13,3\phi R}\right)$$

dove Ø è il coefficiente di forma della sezione, da assumersi pari a 1 nel caso della sezione circolare.

Nel caso di moto assolutamente turbolento l'espressione si semplifica in varie formule empiriche e le più usate per x sono quelle di:

a) Bazin $$c_b = \frac{87}{1 + \left(\frac{g}{\sqrt{R}}\right)}$$

b) Gauckler-Stricker

$$C_{ks} = K_s \cdot R^{1/6}$$

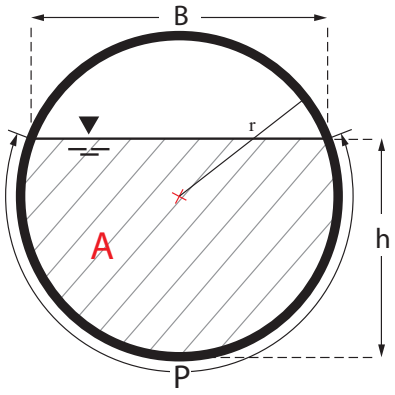
dove ***g*** e $\mathbf{K_s}$ sono parametri legati alla scabrezza della canalizzazione.
Abbiamo quindi:

$$v_B = c_B Ri \qquad v_{GS} = c_{GS} Ri$$

I valori dei parametri di scabrezza, (***g***, Ks), delle formule di moto uniforme vanno assegnati sulla base della natura, dello stato di conservazione e di impiego del materiale costituente le pareti del canale.
Per i canali convoglianti acque bianche, i valori consigliati sono riportati nella **tab.4.2a**

Per quanto riguarda le fognature, occorre osservare che le caratteristiche di scabrezza, in condizioni di materiale nuovo, sono poco significative.
Con l'uso, sul fondo e sulle pareti si forma una pellicola biologica che, insieme ai depositi, determina la scabrezza idraulica della canalizzazione.
L'aumento della scabrezza con l'uso, che caratterizza in modo più o meno marcato tutti i materiali, dipende dalla facilità con cui le sostanze organiche aderiscono alle pareti della canalizzazione e, soprattutto, dalle velocità che caratterizzano le portate transitanti.

tab. 4.1 - Grandezze geom. per correnti a pelo libero (alveo circolare)



h/r	A/r²	R/r	B/r
0,05	0,021	0,033	0,624
0,10	0,059	0,065	0,872
0,15	0,107	0,097	1,054
0,20	0,164	0,127	1,200
0,25	0,227	0,157	1,323
0,30	0,296	0,186	1,428
0,40	0,447	0,241	1,600
0,50	0,614	0,293	1,732
0,60	0,793	0,342	1,833
0,60	0,793	0,342	1,833
0,70	0,980	0,387	1,908
0,80	1,174	0,429	1,960
0,90	1,371	0,466	1,990
1,00	1,571	0,500	2,000
1,10	1,771	0,530	1,990
1,20	1,968	0,555	1,960
1,30	2,162	0,576	1,908
1,40	2,349	0,593	1,833
1,50	2,527	0,603	1,732
1,60	2,694	0,608	1,600
1,70	2,846	0,607	1,428
1,75	2,915	0,603	1,323
1,80	2,978	0,596	1,200
1,85	3,035	0,587	1,054
1,90	3,083	0,573	0,872
1,95	3,121	0,553	0,624
2,00	3,142	0,500	0,000

A	Area bagnata [m²] = 1/2 r² {[π/90 arcos (1-h/r)] - sen [2 arcos (1-h/r)]}
P	Perimetro o contorno bagnato [m] = [π/90² arcos (1-h/r)]
R	Raggio idraulico [m] = A/P
h	tirante idrico, cioè l'affondamento del punto più depresso delle sezione dal pelo libero [m]

Le scabrezze omogenee equivalenti **e** (della formula di Colebrook - Marchi) che, in condizioni di canalizzazione nuova, assumono valori dipendenti dal tipo di materiale, comunque contenuti nell'ordine di qualche frazione di millimetro (e = 0,02 ÷ 0,1 mm), dopo pochi giorni di uso, possono assumere valori di qualche millimetro, dipendentemente dal tipo di materiale e dalle velocità di flusso che hanno interessato la canalizzazione.
I valori dei parametri di scabrezza che si consigliano per le reti fognarie sono riportati nella **tab. 10b**.

La **Picenum Plast** fornisce un programma di calcolo **EuroSewer®** che permette tra le altre cose di calcolare le velocità e le portate secondo i metodi di **Bazin** e di **Gaukler-Stickler** in funzione della percentuale di riempimento e della pendenza delle tubazioni. Tale programma è utilizzabile gratuitamente sul sito www.picenumplast.com

All'interno del programma è stato utilizzato un valore prudenziale del coefficiente di scabrezza di **Gauckler-Stickler** pari a: $K_S = 80\ m^{1/3} \cdot s^{-1}$

tab. 4.2a - Parametri di scabrezza per canali e condotte [marchi e rubatta 1981]

tipo di canalizzazione	Marchi Colebrook *e*(mm)	Bazin *g* ($m^{1/2}$)	Kutter *m* ($m^{1/2}$)	Gauckler-Strickler Ks($m^{1/3}s^{-1}$)	Manning n ($m^{1/3}s$)
1) Pareti di cemento perfettamente lisciato. Pareti di legno piallato. Pareti metalliche senza risalti nei giunti.	0,15 ÷ 0,20	0,06	0,12	100 ÷ 90	0,011
Idem ma con curve	0,2 ÷ 0,4	0,10	0,18	90 ÷ 85	0,012
2) Pareti di cemento non perfettamente lisciato. Muratura in mattoni molto regolare. Pareti metalliche con chiodatura ordinaria.	0,4 ÷ 1,0	0,16	0,20 ÷ 0,25	85 ÷ 75	0,013
3) Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata. Pareti di legno grezzo, eventualmente con fessure	2 ÷ 5	0,23 ÷ 0,36	0,35 ÷ 0,55	70 ÷ 65	0,014 ÷ 0,015
4) Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo. Muratura irregolare (o di pietrame). Terra regolarissima senza vegetazione.	8	0,46	0,55 ÷ 0,75	60	0,018
5) Terra abbastanza regolare. Muratura vecchia, in cattive condizioni, con depositi di limo al fondo.	15 ÷ 30	0,60 ÷ 0,85	0,75 ÷ 1,25	50	0,020 ÷ 0,022
6) Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	70	1,30	1,50	40	0,025
7) Terra in cattive condizioni. Corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia.	120 ÷ 200	1,75	2,00	35	0,030
8) Canali in abbandono con grande vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiali sul fondo, oppure scavati in roccia con sporgenze.	300 ÷ 400	2,0 ÷ 2,3	3,00	30	0,035

tab. 4.2b - Parametri di scabrezza consigliati per le reti fognarie

Materiale	Marchi Colebrook e [mm]	Manning n [$m^{1/3}s$]	Gauckler-Strickler KS[$m^{1/3}s^{-1}$]
Calcestruzzo monolitico - con casseforme lisce - con casseforme scabre	0,3 ÷ 1,5 1,5 ÷ 6	0,011 ÷ 0,014 0,014 ÷ 0,017	90 ÷ 70 70 ÷ 60
Muratura in mattoni	1,5 ÷ 6	0,014 ÷ 0,017	70 ÷ 60
Tubi in calcestruzzo	0,3 ÷ 3	0,011 ÷ 0,015	90 ÷ 67
Tubi in grès	0,3 ÷ 3	0,011 ÷ 0,015	90 ÷ 67
Tubi in materie plastiche	0,3 ÷ 3	0,011 ÷ 0,015	90 ÷ 67
Tubi in ghisa (con rivest. estimento interno cementizio)	0,3 ÷ 3	0,011 ÷ 0,015	90 ÷ 67
Tubi in fibrocemento	0,3 ÷ 3	0,011 ÷ 0,015	90 ÷ 67

4.3 Dimensionamento strutturale

4.3.1. Generalità

- **Scelta della SN ottimale:**

Come già accennato, l'installazione di un tubo flessibile non può in alcun modo prescindere dalle condizioni di posa e, in definitiva, dall'interazione tra il tubo ed il terreno circostante. Fatto presente ciò, la caratteristica determinante per la valutazione dell'idoneità all'uso specifico del tubo si traduce nella sua resistenza strutturale (allo schiacciamento), ovvero dalla rigidezza anulare SN, desunta, più che da calcoli teorici (peraltro complessi), da prove pratiche (EN ISO 9969).

La resistenza a lungo termine è invece una caratteristica intrinseca del materiale, e può essere valutata per estrapolazione mediante la rivelazione del modulo di creep, (ISO 9967). **La normativa specifica che orienta l'installatore verso la scelta del tubo più idoneo è la ENV 1046.**

Essa elenca tre possibilità:

- **Calcoli strutturali basati su modelli teorici:**
  un elenco dei modelli di calcolo ufficiali utilizzabili è indicato nella norma prEN 1295.
- **Dati empirici desunti da installazioni:**
  (con esito positivo!) precedenti, in condizioni ambientale e di installazione simili.
- **Tabelle di uso pratico:**
  desunte da un'analisi statistica di numerose installazioni (si vedano **tab. 4.3** e **tab. 4.4**)

tab. 4.3 - Scelta della SN del tubo per zone non trafficate (Valori espressi in KN/m²)

Categoria materiale di riemp.	Classe di compattazione	Rigidezza del tubo Per profondità di copertura comprese tra 1m e 3m Categoria suolo nativo indisturbato					
		1	2	3	4	5	6
1	W	1,25	1,25	2	2	4	5
	M	1,25	2	2	4	5	6,3
	N	2	2	2	4	8	10
2	W		2	2	4	5	5
	M		2	4	5	6,3	6,3
	N		4	6,3	8	8	*
3	W			4	6,3	8	8
	M			6,3	8	10	*
	N			*	*	*	*
4	W			4	6,3	8	8
	M			6,3	8	10	*
	N			*	*	*	*
Per profondità di copertura comprese tra 3m e 6m							
1	W	2	2	2,5	4	5	6,3
	M	2	4	4	5	6,3	8
2	W		4	4	5	8	8
	M		5	5	8	10	*
3	W			6,3	8	10	*
	M			*	*	*	*
4	W				*	*	*
	M				*	*	*

* Deve essere prevista una verifica preliminare della tubazione.

Campo di utilizzo consigliato per tubi SN4
Campo di utilizzo consigliato per tubi SN8
Campo di utilizzo consigliato per tubi SN = 16

tab. 4.3 - Scelta della SN del tubo per zone trafficate (Valori espressi in KN/m²)

Categoria materiale di riempimento	Classe di compattazione	Rigidezza del tubo					
		Per profondità di copertura comprese tra 1m e 3m					
		Categoria suolo nativo indisturbato					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4	4	6,3	8	10	*
2	W		6,3	8	10	*	*
3	W			10	*	*	*
4	W				*	*	*
Per profondità di copertura comprese tra 3m e 6m							
1	W	2	2	2,5	4	5	6,3
2	W		4	4	5	8	8
3	W			6,3	8	10	*
4	W				*	*	*

* Deve essere prevista una verifica preliminare della tubazione.

Campo di utilizzo consigliato per tubi SN4
Campo di utilizzo consigliato per tubi SN8
Campo di utilizzo consigliato per tubi SN = 16

• **Analisi del tipo di terreno:**

Le **tab. 4.3** e **4.4** fanno riferimento a diverse categorie di materiali, rispettivamente indisturbati ed utilizzati per il rivestimento del materiale. Il loro utilizzo dà luogo a diverse soluzioni (e diverse prestazioni) di installazione, a causa della loro diversa capacità di compattazione. Tali categorie di suoli sono riportate nella tab. 4.6 che riporta, per ogni categoria, le sottoclassi di appartenenza e la loro idoneità all'utilizzo come materiale di riempimento

Un parametro per valutare tale proprietà è l'indice di Proctor **(SPD)**, influenzato, oltre che dalle caratteristiche fisiche e reologiche del materiale, anche dalla metodologia di compattazione:

W (buona), M (media), N (nessuna), come definito dall'annesso B di UNI EN 13476-1 (tab. 4.5a):

tab. 4.5a - Descrizione delle metodologie di compattazione

Codice Metodologia compattazione	Descrizione
W	il materiale granulare utilizzato per il rivestimento è posato con cura nelle immediate vicinanze del tubo, e successivamente compattato stendendolo in strati di altezza max = 30 cm, ciascuno dei quali viene di volta in volta compattato. Il tubo dovrebbe essere sormontato da uno strato di almeno 15 cm di suddetto materiale.La trincea viene quindi successivamente riempita con terreno di qualsiasi natura e compattata. Per questo tipo di compattazione si dovrebbero ottenere valori di **SPD > 94%**.
M	Il materiale granulare utilizzato per il rivestimento è steso in strati di altezza max = 50 cm, ciascuno di quali viene di volta in volta compattato. Il tubo dovrebbe essere sormontato da uno strato di almeno 15 cm di suddetto materiale. La trincea viene quindi successivamente riempita con terreno di qualsiasi natura e compattata. Per questo tipo di compattazione si dovrebbero ottenere valori di **SPD da 87% a 94%**.
N	Il materiale utilizzato per il rivestimento (granulare o coesivo, ma comunque compattabile) è steso alla rinfusa e compattato debolmente o addirittura non compattato. La trincea viene quindi successivamente riempita con terreno di qualsiasi natura.

Le tabelle sotto illustrate, tratte dalla EN 1046, raggruppano le varie tipologie di suoli in classi di compattazione (**tab. 13b**) e ad ogni classe attribuiscono un'attitudine alla compattazione, espressa dal valore di SPD (**tab. 4.5b**)

tab. 4.5b - Grado di consolidamento ed SPD in funzione delle classi di compattazione

Descrizione	Grado di consolidamento			
% coefficiente Proctor Standard (SPD)	≤ 80	81 ÷ 90	91 ÷ 94	95 ÷ 100
	0 ÷ 10	11 ÷ 30	31 ÷ 50	> 50
Gradi di consolidamento ottenuti dalle classi di compattazione in questo prestandard.	NESSUNO (N)			
		MODERATO (M)		
			BUONO (W)	
Suolo granulare	Sciolto	Densità media	Densità	Molto denso
	Soffice	Solido	Indurito	Duro

Nota: Questa tabella ha lo scopo di essere d'aiuto nell'interpretazione delle descrizioni utilizzate nelle diverse fonti nei termini utilizzati per i gradi di consolidamento, laddove non sia disponibile un'informazione dettagliata del suolo nativo non disturbato si presume, quindi, che abbia un consolidamento pari al 91% e 97% (SPD).

tab. 4.6 - Raggruppamento delle tipologie di suolo in base alle classi di compattazione

Tipo di suolo	Gruppo di suolo					Utiliz. per riemp.
	#	Nome tipico	Cod.	Caratteri distintivi	Esempi	
Granulare	1	Ghiaia ad unica misura	(GE) [GU]	Linea a granulazione ripida, predominanza di una zona con granelli di un'unica misura.	Roccia schiacciata, ghiaia di fiume o spiaggia, ghiaia morenica, scoria cenere vulcanica.	SI
		Ghiaia ben classificata, miscele ghiaia-sabbia.	[GW]	Linea a granulazione continua, diverse zone di misure dei granelli.		
		Miscele ghiaia-sabbia classificate male	(GI) [GP]	Linea a granulazione tipo gradino, una o più zone con assenza di granelli.		
	2	Sabbia ad unica misura (materiale monogranulare).	(SE) [SU]	Linea a granulazione ripida, predominanza di una zona con granelli di un'unica misura.	Sabbia di dune e alla deriva, sabbia di bacino.	SI
		Sabbia ben vagliata, miscele sabbia-ghiaia.	[SW]	Linea a granulazione continua, diverse zone di misure dei granelli.	Sabbia morenica, sabbia di terrazza, sabbia di spiaggia.	
		Zone con miscele sabbia-ghiaia classificate male.	(SI) [SP]	Linea a granulazione tipo gradino, una o più zone con assenza di granelli.		
	3	Ghiaia melmosa, miscele ghiaia-sabbia-melma classificate male	[GM] (GU)	Linea a granulazione ampia/intermittente con melma finemente granulato.	Ghiaia resistente alle intemperie, detriti di falda, ghiaia argillosa.	SI
		Ghiaia argillosa, miscele ghiaia-sabbia-argilla classificate male	[GC] (GT)	Linea a granulazione ampia/intermittente con argilla finemente granulato.		
		Sabbia melmosa, miscele sabbia-argilla classificate male	[SM] (SU)	Linea a granulazione ampia/intermittente con melma finemente granulato.	Sabbia liquida, terriccio, loess di sabbia.	
		Sabbia argillosa, miscele sabbia-argilla classificate male	[SC] (ST)	Linea a granulazione ampia/intermittente con argilla finemente granulato.	Sabbia con terriccio, argilla alluvionale, maena alluvionale.	

Tipo di suolo	Gruppo di suolo					Utiliz. per riemp.
	#	Nome tipico	Cod.	Caratteri distintivi	Esempi	
Coesivo	4	Melma inorganica, sabbie molto fini, farina di roccia, sabbia fine melmosa o argillosa.	[ML] (UL)	Bassa stabilità, reazione rapida, nullo a lieve plasticità.	Loess, terriccio.	SI
		Argilla inorganica, argilla chiaramente plastica.	[CL] (TA) (TL) (TM)	Stabilità da media a molto alta, no a rte-azione lenta, bassa a media plasticità.	Marna alluvionale, argilla.	
Organico	5	Suoli a granulazione mista con miscele di humus o gesso.	[OK]	Miscele di pianta o tipi non pianta, odore di putrefazione, peso leggero, vasta porosità.	Sommità dei suoli, sabbia gessosa, sabbia di tufo.	NO
		Melma organica e argilla di melma organica.	[OL] (OU)	Stabilità media, reazione da lenta a molto veloce, plasticità da bassa a media.	Gesso marino, sommità dei suoli.	
		Argilla organica, argilla con miscele organiche.	[OH] (OT)	Alta stabilità, reazione nulla, plasticità da media ad alta.	Fango, terriccio	
	6	Torba, altri suoli altamente organici.	[Pt] (HN) (HZ)	Torba decomposta, fibrosa, di colore dal marrone al nero.	Torba.	NO
		Fanghi	[F]	Melma depositata sott'acqua, spesso cosparso di sabbia, argilla, gesso, molto morbida.	Fanghi.	

I simboli usati provengono da due fonti, quelli nelle parentesi quadre, dallo Standard Britannico BS 5930, quelli nelle parentesi tonde, dallo Standard Tedesco DIN 18196.

4.3.2. Verifica meccanicanica mediante il Metodo Spangler

• **Generalità:**

Nelle teorie comunemente utilizzate per il calcolo della deformazione, l'analisi della struttura tubo-terreno è semplificata assumendo che le deformazioni nel tubo siano piane, il tubo sia equivalente ad un cilindro di lunghezza infinita e di piccolo spessore, e il terreno reagisca elasticamente.Nella formula non compaiono direttamente i dati relativi alla trincea, che influiscono invece sul calcolo del carico. Riguardo a questo aspetto, è importante fare una distinzione tra **"trincea stretta"** e **"trincea larga"** (o terrapieno), sulla base delle dimensioni (B,H) della trincea:

- **condizioni di "trincea stretta"** $H \le 2B$ e $B \le 3DN$
- **condizioni di "trincea larga"** $H \le 2B$ e $3DN < B \le 10DN$
- **condizioni di "trincea inifinita o terrapieno"** $H \le 2B$ e $B > 10DN$

L'equazione di Spangler modificata, entrata nel comune uso, è la seguente:

(1) $$\Delta y = \frac{(f_1 \cdot p_o + p_t) \cdot Kx}{[(8 \cdot SN) + (0{,}061 \cdot E')]}$$

Deformazione = (Carico del tubo)/(Rigidezza del tubo + rigidezza del terreno)

in cui:

Δ_y = deformazione, in m;

f_1 = fatt. di autocompattazione (1,5 per compattazioni moderate, 2 per compattazioni medie con limitata altezza di copertura)

p_o = carico del terreno, in N m-1

p_t = carico dovuto al traffico, in N m-1;

K_x = costante di fondo (dipendente dall'angolo di appoggio);

SN = rigidezza circonferenziale a lungo termine (riferita al diametro in questione), in Pa;

E' = modulo secante del terreno, in Pa, $E' = E_t \cdot r$;

E_c = modulo elastico del terreno;

r = raggio della condotta.

• **Carico del terreno in trincea stretta:**

Il carico del terreno gravante sull'unità di lunghezza del tubo si può esprimere con la seguente formula:

(2) $$p_o = \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot g_t \cdot B$$

in cui:

C = coefficiente di carico del terreno;

g_t = peso specif. del mat. di riempimento gravante sul tubo, in N/m³;

D_e = diametro esterno del tubo, in m;

B = larghezza dello scavo misurato in corrispondenza dell'estradosso superiore della tubazione, in m.

Nella notazione corrente:

(3) $$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2k \cdot H \cdot m}{B}\right)}}{(2 \cdot K \cdot m)}$$

in cui:

H = altezza della copertura misurata dall'estradosso superiore del tubo, in m;

m = **tg *q*** = coefficiente di attrito tra il materiale di riempimento e quello del fianco dello scavo; (vedi **tab.4.7**)

K = coefficiente di Rankine = $tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{j}{2}\right)$

rapporto tra la pressione orizzontale e verticale nel materiale di riempimento (**j** è l'angolo di attrito interno del materiale di riempimento), vedi **tab.4.8**.

I valori di ***j*** e ***q*** variano a seconda del tipo di terreno come esplicato nelle **tab. 4.7** e **tab. 4.8**.

La **tab. 4.9** (di uso pratico) mostra il variare del prodotto ($K \cdot m$) al variare degli angoli di attrito ***j*** e ***q;*** La **tab. 4.10** esprime in forma tabulata la relazione analitica (3) di C in funzione dei parametri ($K \cdot m$) ed (H/B).

tab. 4.7 - Valori dell'angolo "q" di attrito tra materiale di riempimento e pareti della trincea

Natura del terreno	Materiale di riempimento	Angolo *q*
Marna	Sabbia	30°
Marna	Ghiaia	35°
Marna	Ciottoli grossi	40°
Rocce liscie	Sabbia	25°
Rocce liscie	Ghiaia	30°
Rocce schistose	Sabbia	35°
Rocce schistose	Ghiaia	40°

tab. 4.8 - Valori dell'angolo j di attrito int. del materiale di riempimento

Materiale di riempimento	Angolo *j*
Argilla plastica	11° - 12°
Terreno torboso	12°
Argilla normale	14°
Loess cretaceo	18°
Marna sabbiosa	20°
Marna bianca	22°
Marna molto compatta	24°
Marna verde	26°
Sabbia bagnata	30°
Sabbia fine non pressata	31°
Sabbia e ghiaia	33°
Ghiaia e ciotoli	37°
Ciotoli grossi	44°

tab. 4.9 - Variazioni di (K tg q) con il variare degli angoli di attrito q e j

j \ q	25°	30°	35°	40°
12°	0,305	0,378	0,459	0,550
14°	0,284	0,352	0,427	0,512
16°	0,264	0,327	0,397	0,476
18°	0,246	0,304	0,369	0,442
20°	0,228	0,283	0,343	0,411
22°	0,212	0,262	0,318	0,381
24°	0,196	0,243	0,295	0,353
26°	0,182	0,225	0,273	0,327
30°	0,155	0,192	0,233	0,279
35°	0,126	0,156	0,189	0,227
40°	0,101	0,125	0,152	0,182
45°	0,080	0,099	0,120	0,143

tab. 4.10 - Variazioni di C al variare di (K tg q) e del rapporto (H/b)

K tg q \ H/b	2	4	6	8	10
0,110	1,618	2,660	3,331	3,763	4,041
0,130	1,559	2,486	3,037	3,365	3,560
0,150	1,503	2,329	2,782	3,030	3,167
0,170	1,451	2,186	2,558	2,747	2,843
0,190	1,400	2,056	2,362	2,505	2,572
0,220	1,330	1,881	2,110	2,205	2,244
0,250	1,264	1,729	1,900	1,963	1,986
0,300	1,164	1,515	1,621	1,652	1,662
0,350	1,076	1,341	1,407	1,423	1,427
0,400	0,997	1,199	1,239	1,247	1,249
0,450	0,927	1,080	1,060	1,110	1,110
0,500	0,864	0,981	0,997	0,999	0,999

- **Carico del terreno in trincea larga:**
  Per la condizione **"trincea larga"** si usa invece il carico totale gravante sulla tubazione (carico prismatico), indicato come:

$$4 \quad p_0 = (g_t \cdot D_e \cdot E)$$

Con le stesse notazioni utilizzate nel caso di trincea stretta.

- **Carichi del dovuti al traffico e di superficie:**
  Il carico p_t, generalmente indicato come carico dovuto al traffico, ma che dovrebbe essere indicato come carico superficiale, entra nel calcolo della deformazione quale termine addizionale. Il carico superficiale p_t, dato come carico puntuale in Newton, deve comprendere il carico Q_s dovuto alle strutture gravanti sulla trincea (fondazioni, muri, ecc) ed il carico Qt dovuto al traffico.

Dalla formulazione seguente si calcola la tensione verticale dovuta ad un carico superficiale in un punto qualsiasi sotto la superficie:

$$5 \quad S_z = \frac{3Q \cdot D_e}{2\pi \cdot H^2} \cdot \left[\frac{1}{1 + (\frac{r}{H})^2} \right]^{\frac{5}{2}}$$

ove:

s_z = tensione verticale, in Pa;
Q = carico superficiale totale = $Q_t + Q_S$, in N;
Q_t = carico dovuto al traffico (N) - vd. Tab.22;
Q_S = carico dovuto a sovrastrutture;
H = altezza di copertura, in m;
r = distanza orizzontale dal punto di carico, in m.

La tensione si considera ugualmente distribuita su una larghezza pari al diametro orizzontale del tubo e di lunghezza unitaria. Il carico P_t unitario diviene quindi:

$$6 \quad p_1 = \frac{3Q \cdot D_e}{2\pi \cdot H^2} \cdot \left[\frac{1}{1 + (\frac{r}{H})^2} \right]^{\frac{5}{2}}$$

Nel caso di carico puntuale applicato sulla verticale della tubazione, caso di tensione massima,
r = zero e quindi il carico unitario per unità di lunghezza risulta:

$$7 \quad p_{cr} = \frac{8 \cdot (H^2 - 1) \cdot SN}{1 - \mu^2}$$

I carichi puntuali Q_t dovuti al traffico sono in genere normalizzati. I relativi valori sono dati nella **tab.4.11**
Come si vede dalle formule, il carico pt decresce con il quadrato della profondità di copertura.
Esso risulta prevalente con altezze di ricoprimento 1,5 ÷ 2m.
Tale carico può essere permanente o saltuario. In genere, esso è considerato come permanente anche se è presente solo Q_t.
A rigor di logica, Q_t sarebbe saltuario (a meno che non si tratti di un parcheggio) e quindi causerebbe reazioni elastiche sia di tensione che di deformazione.
Infatti, il carico stradale può portare chiaramente a cedimenti per sollecitazione ciclica (che nei tubi rigidi può diventare rottura a fatica) e non per superamento delle tensioni o deformazioni ammissibili.
Considerare permanente il carico Q_t, come appare nella formula, è per i tubi in resina a favore della sicurezza.

tab. 4.11 - Valori di carico per il traffico veicolare

Tipo veicolo	Carico per ruota P_s (N)
Traffico ferroviario	20 x 10^4
Traffico stradale pesante	10 x 10^4
Traffico stradale leggero	4 x 10^4

- **Modulo di resistenza del terreno:**
  Come accennato, in funzione degli studi di Barnard, è stato inserito nelle formule per il calcolo della deformazione il modulo di resistenza del terreno, o modulo secante **E' = e r** (con e modulo elastico del terreno ed r raggio della tubazione).
  E' è una costante per tutti i diametri di tubo ed è funzione, oltre che, come ovvio, della natura del terreno, del grado di compattazione del terreno stesso.

La classificazione generalmente adottata per la definizione del materiale è quella riportata nelle norme europee UNI EN 1046, norma americana, nella quale i terreni sono indicati con sigle.
La **tab. 4.12** è inserita per comodità nel software **EuroSewer®.**

tab. 4.12 - Modulo di Elasticità E'

	Mat. alla rinfusa	Materiale compattato		
INDICE PROCTOR		< 85 %	85 ± 90%	> 95 %
DENSITÀ RELATIVA		< 40 %	40 ± 70%	> 70 %
TIPI DI TERRENO	E' (N / mm^2)			
Terreno con bassa granulometria LL > 50	0	0	0	0
Suoli con media ed alta plasticità	(è raccomandata un'analisi particolareggiata)			
Terreno coesivo a bassa granulometria LL > 50 Suoli con media e bassa plasticità con meno del 25% di particelle grossolane	0,35	1,38	2,76	6,9
Terreno a bassa granulometria LL > 50. Suoli con media e bassa plasticità, con più del 25% di particelle grossolane. Suoli con granulometria grossolana con più del 12% di particelle fini	0,69	2,76	6,9	13,8
Terreno con granulometria grossolana, con meno del 12% di particelle fini	0,69	6,9	13,8	20,7
Misto di cava (crushed rock)	6,9	20,7	20,7	20,7
Accuratezza in termini di differenza tra deformazione calcolata e reale (in %)	± 2%	± 2%	± 2%	± 0,5%

I valori più bassi nella tabella sono generalmente validi per il calcolo della deformazione iniziale, in quanto a medio e lungo termine si può contare su una maggiore compattazione, sia dovuta al passaggio, anche semplicemente pedonale, sull'area dello scavo, sia all'autocompattazione del terreno sotto il proprio peso.
Per il passaggio alla deformazione a lungo termine, è applicato il fattore di autocompattazione (lag factor) d_1.
Occorre in ogni caso tenere presente che il grado di compattazione, e quindi E', aumenta nel tempo.

Nella formula usata nel software di **EuroSewer®** è introdotto come moltiplicatore del carico p (carico totale) un fattore costante di incremento del carico stesso, costante di flessione, pari a 1,5. ASTM applica il "lag factor" al solo p_0, con valore 1,5 ma consiglia di usare 2 nel caso di riempimenti con materiali incoerenti.

- **Influenza dell'angolo di supporto:**
  Il termine K_x, costante di fondo, che compare al numeratore nella formula della deformazione è legato al valore dell'angolo di supporto 2α, anche chiamato angolo di sostegno, come rappresentato nella **tab.4.13**

tab. 4.13 - Angolo di supporto

Angolo 2α	0°	90°	120°	180°
K_x	0,110	0,096	0,090	0,083

Come si vede, al crescere dell'angolo decresce il valore della costante e quindi della deformazione. I valori di Kx sono interpolabili linearmente. La diminuzione della deformazione tra l'appoggio puntuale e l'appoggio massimo è del 24,5%. Per qualsiasi tubo flessibile (ma anche per quelli rigidi, per i quali l'appoggio riveste la stessa importanza) è quindi opportuno creare un letto di posa che permetta un angolo d'appoggio tra 90° e 120°. Si raggiunge la condizione di massimo appoggio eseguendo un'accurata compattazione del materiale di rinfianco fino ad un'altezza di circa 30 cm sopra l'estradosso del tubo.

- **Tensioni di parete:**
  Sul tubo agiscono una serie di sollecitazioni che concorrono a creare tensioni sulla parete del tubo stesso. Tali sollecitazioni, differentemente orientate, sono dovute al peso proprio della tubazione, al peso del liquido contenuto, all'eventuale pressione interna, ai carichi esterni, ai momenti flettenti dovuti alla curvatura e alle eventuali forze di taglio. In un tubo strutturato, l'analisi delle tensioni risultanti risulta più complicato quanto più complesso è il profilo.

Nella maggior parte delle condizioni di esercizio, la sollecitazione prevalente è quella del carico esterno, tuttavia anche le altre possono essere significative. Nel caso di tubi strutturati, per i quali viene fornita la SN e non lo spessore, ci si deve basare su uno spessore equivalente e quindi il calcolo non sembrerebbe risultare del tutto significativo.

4.3.3. Pressione critica esterna o d'imbozzamento

Una tubazione (anello) sollecitata da forze radiali uniformemente distribuite e dirette verso il centro di curvatura, dapprima rimane circolare, poi, all'aumentare delle forze, si

inflette ovalizzandosi (deformata a due lobi). Il valore del carico (per unità di superficie) che instabilizza l'anello è detto pressione critica o di imbozzamento. Il calcolo della pressione critica non riguarda generalmente i tubi interrati, per i quali si parla di carichi critici. È invece necessario il controllo in tutti quei casi in cui è presente una pressione esterna, per esempio per un tubo soggetto a battente idrostatico da acqua di falda. La formula classica per i tubi flessibili si può presentare con la notazione:
In cui:

$$\textbf{8}\quad p_{cr} = \frac{8 \cdot (h^2 - 1) \cdot SN}{1 - \mu^2}$$

P_{cr} = pressione critica, in Pa;
SN = rigidezza circonferenziale, in Pa;
μ = modulo di Poisson per il PE 0,4;
n = coefficiente di forma, corrispondente al numero di lobi che si formano nello schiacciamento (2 per un solo lobo).

La formula è valida per le tubazioni a parete piena o per la zona tra le costole nei tubi strutturati con costole a distanza rilevante. In **EuroSewer®**, la distanza intercostale è minima, circa 40% del passo, che a sua volta non supera i 100 mm nel diametro 1000, e quindi la verifica è inutile. Inoltre, la tipologia costruttiva assicura la perfetta interconnessione tra costola e corpo tubo, che interagiscono come un tutto unico.

CAPITOLO 5

Messa in opera

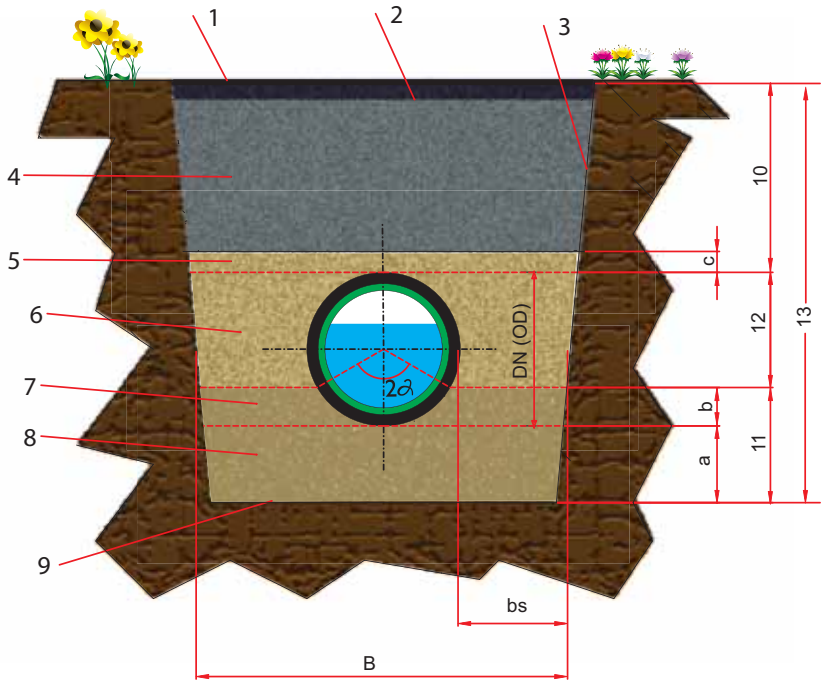
5.1 Generalità

Riallacciandoci a quanto affermato precedentemente, una corretta installazione è, insieme alla qualità ed alle caratteristiche del materiale, uno dei punti chiave del risultato finale.
Risulta quindi determinante, per l'ottenimento di una corretta installazione, il controllo dei seguenti elementi condizionanti il sistema (vedi fig.4):

Geometria della trincea:	larghezza B, profondità (10, 13), sistema di casseratura, profilo trasversale (trincea a gradini, con pareti inclinate, etc).
• **Gradi di costipamento: (compattazione):**	del rivestimento (5, 6, 7), del riempimento (4).
Supporto dei tubi e condizioni del fondo della trincea	Tipologie del materiale di fondo, presenze di asperità
• **Condizioni del terreno e del suolo:**	termiche (gelo, disgelo), climatiche (pioggia, neve), igrometriche (allagamenti, presenza di falde sotterranee).
• **Carichi presenti sopra l'installazione:**	dinamici (traffico stradale e carichi temporanei), statici.
• **Tipi di terreno e parametri relativi:**	sottosuolo (9), pareti (3), riempimento (4÷8).
• **Situazioni particolari di installazione:**	strutture sopra terra, connessioni a strutture rigide, presenza di altre tubazioni nella stessa trincea.

In questo capitolo verranno fornite alcune indicazioni di base per una corretta scelta, movimentazione, trasporto, posa in opera, installazione e collaudo delle connessioni di scarico e condotti fognari **EuroSewer®.** In questo capitolo sono anche illustrati gli accessori (manicotti, raccordi e pozzetti) disponibili con la gamma **EuroSewer®**, i metodi di giunzione e le direttive generali per posa e reinterro. Per maggiori dettagli sull'accettazione, trasporto, stoccaggio, posa e collaudo delle tubazioni si faccia riferimento al D.M. dd LL PP del 12.12.85.

fig. 4



Legenda
• **1** Superficie • **2** Base della massicciata stradale o ferroviaria, se esistente • **3** Pareti della trincea • **4** Riempimento propriamente detto • **5** Riempimento iniziale • **6** Riempimento laterale (rinfianco) • **7** Appoggio superiore • **8** Appoggio inferiore • **9** Fondo della trincea • **10** Profondità di interramento • **11** Profondità dell'appoggio • **12** Profondità del rivestimento • **13** Profondità della trincea • **a** Profondità appoggio inferiore • **b** Profondità appoggio superiore • **c** Profondità riempimento iniziale • **k** Coeff. dimens. che lega lo spessore del rinfianco, b, a DN • **DN (OD)**Diametro esterno del tubo (mm) • **bs** Distanza tra tubo e pareti trincea • **B** Larghezza della trincea.

5.2 Trasporto ed accettazione dei tubi

Formato e packaging dei tubi:

- I tubi possono essere forniti in barre (6 metri più bicchiere, 12 metri o altre misure convenute), singoli o in pallets, a seconda delle condizioni di consegna convenute tra fornitore e cliente. I tubi fino al diametro di 500 mm sono forniti sfusi o in bancali, dal diametro 630 mm al diametro 1000 mm sono consegnati solamente sfusi.

Per il trasporto:

- utilizzare veicoli idonei, dotati di fondi piatti che non presentino asperità o altri oggetti che possano danneggiare i tubi;
- assicurarsi che i tubi siano ben disposti ed ancorati al veicolo;
- effettuare il caricamento sul veicolo sfalsando eventualmente i tubi con bicchiere per evitare schiacciamento di questi ultimi;
- disporre i tubi con i diametri più grandi in basso, quelli con i diametri più piccoli sopra.

Per l'accettazione:

- verificare sempre in fase di scarico la conformità della fornitura alle specifiche di acquisto e/o norme di riferimento, con particolare riferimento a:
- Indicazioni presenti sulla marcatura del tubo;
- difetti macroscopici di carattere geometrico e/o visivo (presenti di abrasioni, controllo dello stato delle superfici);
- verifica della funzionalità degli elementi di giunzione.

***tab. 5a - Formati e quantità trasportabili per tubi* EuroSewer® DN/OD**

DN/OD	N. barre per pallett	N. barre per bilico da 13 m
125	103	800 (4800 m utili)
160	60	480 (2880 m utili)
200	35	280 (1680 m utili)
250	24	176 (1056 m utili)
315	12	96 (576 m utili)
400	8	64 (384 m utili)
500	5	40 (240 m utili)
630	Sfusi	30 (180 m utili)
800	Sfusi	18 (108 m utili)
1000	Sfusi	10 (60 m utili)
1200	Sfusi	8 (48 m utili)

***tab. 5b - Formati e quantità trasportabili per tubi* EuroSewer® DN/ID**

DN/OD	N. barre per pallett	N. barre per bilico da 13 m
300	8	72 (432 m utili)
400	5	40 (240 m utili)
500	Sfusi	32 (192 m utili)
600	Sfusi	24 (144 m utili)

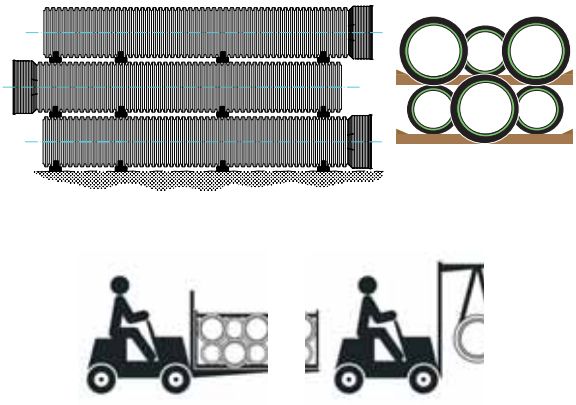
5.3 Scarico ed immagazzinamento in cantiere

- **Generalità:**
  Il carico, il trasporto, lo scarico e tutte le manovre connesse devono essere eseguite con la maggiore cura possibile, adoperando mezzi idonei a seconda del tipo e del diametro del tipo e del diametro dei tubi ed adottando tutti gli accorgimenti necessari al fine di evitare rotture, incrinature, lesioni o danneggiamenti in genere, oltre che l'incolumità e la sicurezza degli operatori. Si devono evitare urti, inflessioni o sporgenze eccessive, strisciamenti, contatti con corpi che possano provocare danneggiamenti o deformazioni dei tubi.
  Nei cantieri si devono predisporre quando occorra mezzi idonei e piani d'appoggio per ricevere i tubi, i pezzi speciali e gli accessori da installare. Lo scarico deve avvenire o direttamente con l'intero bancale o singolarmente in base alle modalità ditrasporto. Occorre evitare l'uso di ganci alle estremità.
  È consigliabile sempre l'uso di fasce in materiale non abrasivo o di funi in canapa.

- **Accatastamento:**
  L'accatastamento deve essere eseguito disponendo i tubi su un'area piana, stabile, protetta e riparata al fine di evitare pericoli d'incendio e dai raggi solari per evitare sensibili variazioni termiche. La base delle cataste deve poggiare su tavole opportunamente distanziate o su un letto d'appoggio. L'altezza sarà contenuta entro i limiti adeguati ai diametri, per evitare deformazioni nelle tubazioni alla base e per consentire un agevole prelievo. In ogni caso provvedimenti di protezione devono essere adottati per evitare che le testate dei tubi subiscano danneggiamenti. Disporre i tubi nella pila avendo cura di alternare nell'orientamento tubi con bicchiere in un senso e nel senso opposto. Per tubi di grosse dimensioni, separare ogni strato con dei listelli in materiale non abrasivo, (quale per esempio, legno), con dei fermi alle estremità per evitare il rotolamento dei tubi. I giunti, le guarnizioni, ed i materiali in genere, se deteriorabili, dovranno essere posti, fino al momento del loro impiego, in spazi chiusi. Essi devono stare entro contenitori protetti dai raggi solari o da sorgenti di calore, dal contatto con oli o grassi e non sottoposti a carichi. Nel caso che i tubi dovessero essere sfilati lungo il tracciato seguendo i criteri analoghi a quelli indicati per lo scarico ed il trasporto, si deve evitare

qualsiasi manovra di strisciamento. Nel depositare i tubi sul ciglio dello scavo, è necessario assicurarsi che gli stessi siano in equilibrio stabile. **fig.5**

fig. 5



5.4 Preparazione della trincea

Morfologia e prescrizioni generali:

Se si esamina la normativa europea (soprattutto tedesca) ci si rende conto che la configurazione degli scavi per l'alloggiamento di fognature deve rispettare precise prescrizioni. L'unica raccomandazione che si può dare in merito è di prescrivere nei capitolati la trincea stretta, massimo 2 - 3 volte il diametro, almeno fino ad 1 metro sopra la generatrice superiore del tubo. Le pareti devono essere le più possibili verticali, almeno in tale zona, ed eventualmente stabilizzate con sbadacchiature o palancole, per la protezione del personale che lavora nello scavo. Nel caso di terrapieno o trincea larga, sarebbe opportuno predisporre una zona di contrasto al materiale di copertura in modo da riportarsi verso la situazione di trincea stretta. Le palancole devono essere spostate subito dopo il reinterro parziale e prima delle operazioni di costipamento. Nel caso di terrapieno o trincea larga, è opportuno predisporre una zona di contrasto al materiale di copertura in modo da riportarsi verso la situazione di trincea stretta.

Larghezza della trincea:

La larghezza della trincea è naturalmente funzione del tipo di installazione, del diametro del tubo e delle condizioni del suolo nativo; dal punto di vista tecnico, è auspicabile avere, ai fini di una buona compattazione, una trincea il più possibile stretta, fermo restando le seguenti considerazioni:

- garanzie di sicurezza e di incolumità per chi opera all'interno della trincea, specialmente in caso di terreni friabili;
- pericolo di collasso del terreno in caso di mezzi pesanti che lavorano in prossimità della trincea;
- laddove vengano posati più tubi nella stessa trincea, occorrerà prevedere la realizzazione di un dislivello tra i letti di posa di queste ultime; dovrà inoltre essere rispettata una distanza minima tra le tubazioni pari a 0,35 m per DN ≤ 700, 0,50 m per DN > 700.

Profondità della trincea:

La profondità della trincea è funzione della configurazione della linea, del tipo di servizio, delle proprietà e dimensioni del tubo, delle condizioni locali (suolo, carichi statici e dinamici); per traffico stradale la profondità minima non dovrebbe essere inferiore a 600 mm.

Particolare attenzione dovrebbe essere posta in condizioni climatiche estreme, garantendo una profondità tale da proteggere la tubazione da rischi di congelamento.

Il fondo della trincea dovrebbe essere continuo, uniforme e libero da particelle grossolane.

Esso deve essere inoltre drenato da acque di falda o piovane.

tab. 5.2 - Larghezza della trincea in funzione del diametro nominale DN

DN (mm)	Larghezza minima della trincea (DN +2bs)		
	Trincea supportata	Trincea non supportata	
		ß > 60°	ß ≤ 60°
DN ≤ 225	DN + 0,40	DN + 0,50	DN+0,40
225<DN≤ 350	DN + 0,50	DN + 0,70	DN + 0,40
350<DN≤ 700	DN + 0,70	DN + 0,85	DN + 0,40
700<DN≤1200	DN + 0,85	DN + 1,00	DN + 0,40

tab. 5.3 - Larghezza della trincea in funzione della profondità

Profondità della trincea P (m)	DN + 2bs (m)
P < 1,00	n.d.
1,00 ≤ P ≤ 1,75	0,80
1,75 ≤ P ≤ 4,00	0,90
P > 4,00	1,00

5.5 Preparazione del letto di posa

Dopo che i tubi, i giunti ed i pezzi speciali sono stati accuratamente controllati e quelli che dovessero risultare danneggiati, in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera, eliminati e sostituiti, si procederà alla messa in opera. In primo luogo si verificherà che il letto sia spianato e livellato eliminando ogni asperità che possa danneggiare i tubi. Ove si renda necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi da quelli provenienti dallo scavo, è necessario accertare la possibile esistenza di materiali capaci di danneggiare il tubo durante la posa. In nessun caso è consentito regolare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni od altri appoggi discontinui. Il piano di posa deve garantire un'assoluta continuità d'appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si devono adottare particolari provvedimenti quali l'impiego di giunti adeguati o trattamenti speciali del

fondo della trincea. I tubi nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti dovranno essere riparati o meglio sostituiti secondo la gravità del danneggiamento. Ogni qualvolta si posa e si collega una barra da 6 o 12 metri, deve essere verificata la pendenza e l'allineamento. Nel caso che il fondo scavo si presenti con materiale soffice e senza detriti duri o sassi, **EuroSewer®** può essere installato direttamente sul fondo scavo, purché la livellata sia corretta. In genere, questa condizione si verifica raramente ed è consigliata.

È opportuno realizzare un letto di sabbia o ghiaia di piccola pezzatura, mai materiale che presenti spigoli vivi, con uno spessore di almeno 10 cm evitando così che la sommità della costola vada a poggiare sul terreno di scavo. **La UNI EN 1610 prevede che le dimensioni massime delle particelle per il letto di posa siano:**

22 mm per DN ≤ 200
40 mm per 200 ≤ DN ≤ 630

Per il sollevamento e la posa dei tubi in scavo, in rilievo o su appoggi, si devono adottare le stesse modalità usate per le operazioni precedenti, tenendo presente di non danneggiare le superfici dei tubi, impiegando mezzi adatti secondo il diametro. Nell'operazione di posa si dovrà evitare che, all'interno delle condotte, penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la superficie interna.

- **Posa in presenza di acqua di falda**
  Come chiaramente intuibile, **EuroSewer®** come altri tipi di tubi strutturati in PE, presenta una spinta che ne determina il galleggiamento una volta immerso in acqua.

Uno dei problemi che si verificano più frequentemente in tale situazione è dato dalla perdita di allineamento delle tubazioni, causata dall'inflessione delle tubazioni soggette alle spinte (non costanti) di galleggiamento. Succede infatti che tubazioni posate con allineamento iniziale perfetto subiscano dei disallineamenti in uso. Pur essendo i sistemi di giunzione delle tubazioni testati in laboratorio a condizioni piuttosto onerose, tale situazione costituisce in genere una situazione potenzialmente critica per tutte le tubazioni fognarie, specialmente se ad essa si associano deformazioni locali o diminuzioni del valore di SPD (causate da dilavamento del materiale di rivestimento da parte dell'acqua di falda) oppure condizioni di pressione (negativa) permanente causate dal battente idrostatico dell'acqua di falda. Il sistema di giunzione **EuroSewer è dotato di un bicchiere con elevata lunghezza di inserimento, che permette l'applicazione di una doppia guarnizione per ogni giunto**. Tale accorgimento, assolutamente consigliato nelle sopraccitate condizioni, determina una maggiore rigidezza del sistema di giunzione prevenendo possibili deformazioni; offre inoltre maggiore stabilità contro disallineamenti, offrendo al contempo una tenuta maggiormente garantita.

Va anticipato che il riempimento, anche con materiale arido, tende a sollevare il tubo. È quindi necessaria una particolare attenzione in questa fase del lavoro. La posa in presenza d'acqua di falda deve essere eseguita in condizioni di fondo scavo asciutto, per assicurare la creazione del letto di posa e la corretta assegnazione della pendenza. È necessario l'impiego di sistemi di well-point per estrarre l'acqua in esubero e permettere la posa nelle condizioni sopra citate. Il riempimento deve impedire fenomeni di galleggiamento o di collasso delle pareti.

La granulometria del materiale di ripiena deve infi ne essere tale da prevenire una migrazione delle particelle verso il terreno adiacente o viceversa.
La migrazione può essere prevenuta ponendo del tessuto da fi ltro appropriato (membrana geotessile).

5.6 Collegamento delle tubazioni

- **Generalità:**
  La giunzione dei tubi deve garantire la continuità idraulica ed il comportamento statico previsto da progetto e deve essere realizzata conformemente alle normative di esecuzione.
  Si invita il cliente a leggere l'istruzione operativa I/CO-100 e seguire fedelmente le istruzioni in essa riportate per un corretto collegamento dei tubi.

  Data la leggerezza della tubazione, l'esecuzione delle giunzioni fuori scavo per tratti lineari di lunghezza anche elevata si presenta come il sistema più interessante, tuttavia le fognature in genere sono interrotte da derivazioni e pozzetti, per cui la realizzazione fuori scavo va esaminata come una possibilità e non come uno standard. In sede di posa particolare attenzione va posta alle eventuali dilatazioni, anche se l'allungamento del tubo **EuroSewer®** è nettamente inferiore (circa il 50%) a quello dei tubi a parete piena.
  Nel caso di collegamento con manicotti, potrebbero teoricamente presentarsi fenomeni di sfilamento.
  Occorre avere in questo caso l'avvertenza di bloccare con un riempimento parziale il tubo ogni 30/40 m e, previo controllo degli eventuali movimenti, completare il riempimento dello scavo nelle ore più fresche della giornata. È comunque da tenere presente che, una volta effettuato correttamente il riempimento, non sono prevedibili spostamenti in senso longitudinale in quanto il terreno compattato attorno alle costole si oppone a qualsiasi effetto della dilatazione.

- **Collegamento mediante bicchiere (fig. 6b)**

Picenum Plast ha deciso di adottare, come collegamento tipo per i propri tubi **EuroSewer®**, un sistema a bicchiere liscio coestruso in linea con il tubo.
Questa metodologia di giunzione garantisce, rispetto alle altre soluzioni presenti sul mercato, i vantaggi discussi a pag.6. Il bicchiere presenta una svasatura

all'imbocco per agevolare l'inserimento del codolo ed impedire eventuali danneggiamenti alla guarnizione in tale fase. La sua lunghezza - A- (molto maggiore di quella minima prevista dallo standard) è tale da permettere l'inserimento di 2 o 3 costole del codolo, in modo da assicurare la coassialità delle tubazioni ed impedirne lo sfilamento accidentale.
La guarnizione in EPDM è realizzata su specifico disegno ed appositamente conformata sulla morfologia della costolatura **EuroSewer®**; essa risponde inoltre alle prescrizioni della normativa di riferimento EN 681-1.
Oltre ad assicurare la tenuta dall'interno verso l'esterno, verificata a pressioni ben superiori a quelle minime di norma anche in condizioni di schiacciamento sotto carico, il labbro rivolto verso l'esterno assicura una resistenza ottimale alle infiltrazioni dovute all'acqua di falda, che sono particolarmente pericolose per la gestione degli impianti di trattamento.
La particolare forma e posizione della guarnizione e la lunghezza del bicchiere garantiscono che in fase di infilaggio la guarnizione non venga danneggiata nè si possa verificare una deviazioneangolare tale da causare deformazioni differenziate e quindi perdite.

Descrizione delle fasi (tratto dall'istuzione operativa interna I/CO-100):

- controllare preventivamente lo stato del tubo;
- pulire accuratamente la zona compresa tra la prima e la seconda corrugazione del codolo (estremità) del tubo, liberandolo da sporco o incrostazioni eventualmente presenti a causa dello stoccaggio;
- inserire la guarnizione elastomerica, servendosi di scivolanti per agevolare il posizionamento. Fare attenzione al verso di montaggio della guarnizione (fig. 6a). Per aiutare l'identificazione del verso di montaggio, su entrambi i lati di tutte le guarnizioni DN<= 1000 sono stampigliate delle scritte (LATO TUBO e LATO GUARNIZIONE).
- Assicurarsi che la guarnizione non sia attorcigliata.
- Posizionare la guarnizione tra la prima e la seconda corrugazione del codolo, in modo che il labbro di tenuta agevoli l'inserimento.
- procedere all'inserimento del tubo nel bicchiere, servendosi eventualmente di attuatori meccanici/ idraulici. La profondità di inserimento deve essere valutata in modo che la prima costola del codolo vada a contatto con la parte iniziale del bicchiere;
- durante la fase di inserimento, effettuare una spinta assiale mantenendo la coassialità dei tubi da giuntare, prestando particolare attenzione a non sollecitare radialmente la giunzione. Controllare ed eventualmente correggere a posteriori ogni eventuale difetto di allineamento tra i due tubi giuntati.

- **Collegamento mediante manicotti (fig. 6c)**
  Il sistema di collegamento mediante manicotti, seppure meno consigliato, può costituire un valido sistema nel caso di giunzioni di tubi a misura o, più in generale, a misura di barre senza bicchiere. L'elemento geometrico determinante è il diametro interno che deve essere congruente con il diametro esterno della tubazione; sono indicati nella norma i diametri e la tolleranza per i manicotti destinati sia ai tubi con normalizzazione sul diametro esterno che a quelli con normalizzazione sul diametro interno. Nel caso di **EuroSewer®** il diametro esterno del tubo è entro la tolleranza di norma, come pure quello interno del manicotto che è prodotto spec ficamente per **EuroSewer®**. Anche il manicotto ha una lunghezza tale da permettere l'inserimento di almeno 2/3 costole dei tubi per parte, in modo da assicurare la coassialità delle tubazioni ed evitare rischi di sfilamento.

- **Collegamento mediante saldatura**
  Sulle tubazioni EuroSewer, essendo queste realizzate in materiale termoplastico, è possibile effettuare operazioni di saldatura.
  Tali operazioni possono essere eseguite per la giunzione dei tubi tra di loro (saldature testa-testa) oppure mediante materiale di apporto per la realizzazione di connessioni in opera.
  Generalmente si evita di eseguire saldature testa-testa per la loro difficoltà nell'esecuzione e per l'esiguità degli spessori in gioco, privilegiando invece saldature con materiale di apporto. In quest'ultimo caso, si esegue il collegamento tra tubo e bicchiere e successivamente si realizza un cordolo di saldatura sulla superficie esterna tra bicchiere e tubo. Laddove le condizioni lo prevedano, è possibile effettuare la saldatura con materiale di apporto applicando un cordone di saldatura sulla superficie interna dei tubi, nell'interstizio tra un tubo e l'altro. Nel seguire tale operazione, occorrerà seguire tutte le precauzioni previste per la tipologia di operazione, in particolare:
  - dovrà essere prevista una accurata pulizia delle superfici da saldare;
  - dovrà essere abraso un sottile strato superficiale per evitare la presenza di materiale ossidato, facendo attenzione a non danneggiare le superfici;
  - Si dovrà fare attenzione alla compatibilità del materiale di apporto (MFR) con quello dei tubi.
  - In fase di saldatura, si dovrà evitare che l'eccessivo calore possa deformare o perforare le superfici interessate, compromettendo la rigidità o la tenuta idraulica.

fig. 6a

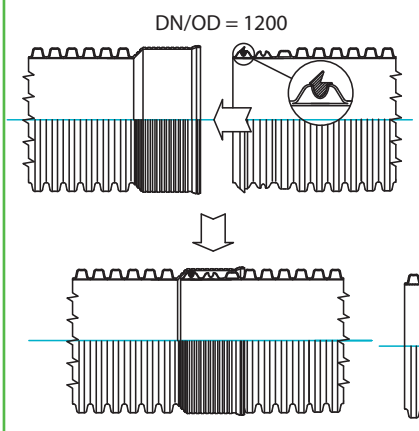
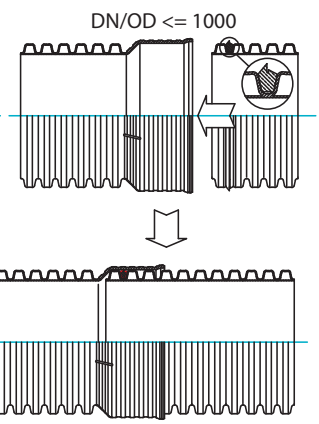
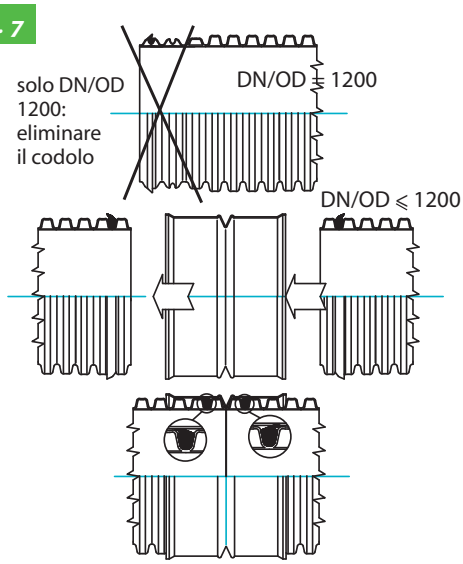


fig. 6c



Giunzione mediante bicchiere

fig. 7



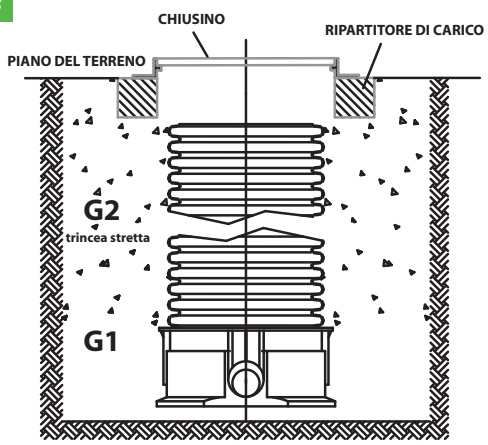
Giunzione mediante manicotto

5.7 Accessori - tipologia e collegamento

- **Accessori e pezzi speciali:**
  Il sistema **EuroSewer®** è completato da una vasta gamma di pezzi speciali ed accessori, quali curve, raccordi, riduzioni, tee, ricavati da tubo mediantesaldatura o ottenuti mediante stampaggio. La struttura risponde alle prescrizioni della UNI EN 13476-3, in particolare per quanto concerne la tenuta e la resistenza allo schiacciamento. Le caratteristiche e le prescrizioni per i pezzi speciali sono contenute nella UNI EN 13476-3. I collegamenti traraccordi e tubo sono realizzati mediante bicchiere+guarnizione oppure mediante manicotto+guarnizioni. Grazie a questa vasta gamma di accessori, le cuicaratteristiche fisiche, meccaniche e prestazionali rispecchiano quelle già indicate per i tubi, è possibile ottenere qualunque layout di rete o collegamento a reti fognarie preesistenti realizzate con altre tipologie di materiale (PVC, cemento).Pezzi particolari possono essere realizzati su richiesta sulla base delle esigenze di progetto.

- **Installazione di pozzetti di collegamento:**
  I pozzetti Picenum Plast sono strutture autonome da inserire in linea. Un modello è realizzato componendo una base a fondo stampato con il rialzo del tubo. Un altro viene realizzato con tubi opportunamente tagliati e saldati tra loro. Quest'ultimo permette di soddisfare richieste particolari. Tutti sono dotati dei necessari tronchetti d'imbocco e d'uscita ed il fondo, se prescritto, è sagomato secondo disegno. Il collegamento tra i bocchelli dei pozzetti ed i tubi di linea è eseguito generalmente con manicotto. Per il collegamento a pozzetti realizzati tradizionalmente in calcestruzzo, sono stati realizzati particolari accorgimenti, sia con guarnizione inversa fissata nel foro di passaggio predisposto nel pozzetto prefabbricato, sia con pezzi speciali inseriti in fase di getto nella parete del pozzetto stesso. Per il collegamento ai pozzetti con fondo stampato, sono previste delle guarnizioni atte ad assicurare la tenuta idraulica tra il tubo ed il pozzetto.

fig. 8



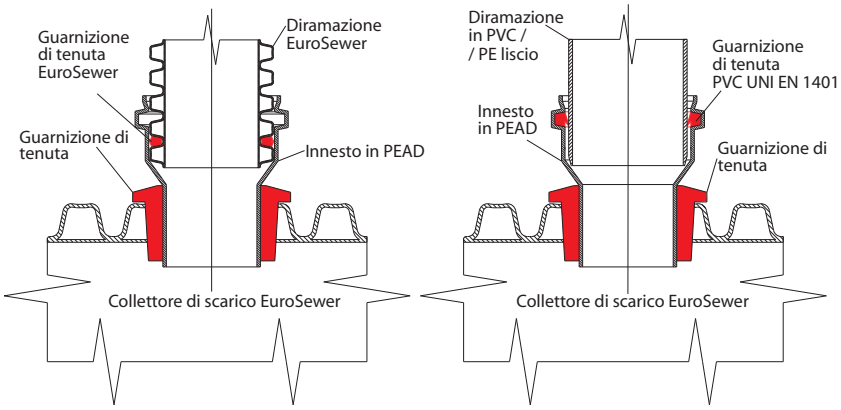
MATERIALE: Categoria 1-2 di tab. 4.6 (si consiglia l'uso di ghiaia)
COMPATTAZIONE: a strati di altezza 500-600 mm

- **Collegamento ad altri tipi di tubazione:**
  EuroSewer® può essere collegato, attraverso pezzi speciali progettati a tale scopo, con qualsiasi altro tipo di tubazione. Si consiglia tuttavia di prevedere la transizione tra un sistema esistente ed una nuova linea in **EuroSewer®** attraverso un pozzetto di passaggio opportunamente predisposto. Si devono prevedere per tale collegamento dei mezzi che tollerano assestamenti differenti. Nella connessione di tipo 1, così come denominata nella norma EN 1046, dove abbiamo una giunzione di tipo flessibile nella struttura (guarnizione), la guarnizione è applicata direttamente durante il getto del pozzetto.
  La seconda soluzione e di mettere il manicotto direttamente al posto della guarnizione. Questa soluzione è la più utilizzata per velocità d'esecuzione e garanzia di

tenuta idraulica. La connessione di tipo 2, prevede il bloccaggio di un pezzo di tubo direttamente nel pozzetto. Lo spezzone di tubo deve uscire dal pozzetto per almeno 400 mm, e l'unione alle restanti tubazioni avviene con il manicotto.

- **Innesti:**
  Uno dei problemi che si presenta in cantiere è l'inserimento di una derivazione in una posizione imprevista. Il sistema **EuroSewer®** non prevede selle, che non assicurano, data la struttura e forma della costola, una buona tenuta. È stato dunque predisposto, per tale occorrenza, un kit di innesto, composto da guarnizione ed elemento di giunzione (nome commerciale GO-IN - ***fig.9***). Tale soluzione permette di realizzare con efficacia e rapidità derivazioni e collegamenti a tubazioni corrugate o in PVC con estrema rapidità di esecuzionein cantiere ed assoluta versatilità. **EuroSewer®** si è rivelato ideale per la produzione di pozzetti. Essi sono realizzati su misura oppure con la base stampata, i pozzetti **EuroSewer®** sono in grado di offrire oltre a soluzioni diverse, economie di sicuro interesse.

fig. 9 GO IN JOINT SYSTEM



Allaccio di utenza in EuroSewer ***Allaccio di utenza in PVC/PE liscio***

5.8 Riempimento dello scavo

Il riempimento dello scavo costituisce un'operazione delicata ed importante nell'installazione di tutti i tubi da fognatura. Un riempimento senza adeguata compattazione influisce negativamente sia sui tubi rigidi sia sui tubi flessibili. La fase di rivestimento e di riempimento dello scavo prevede le seguenti fasi:

A - Scelta dei materiali di rivestimento:

- usare per rivestimento i materiali suggeriti dalla tab.A1 (categorie 1,2,3,4);
- nel caso di utilizzo di materiale importato, si scelga materiale arido a bassa granulometria, ben vagliato, con dimensione massima delle particelle definita nella tab. 30
- nel caso di utilizzo di materiale nativo, esso dovrà rispondere ai seguenti requisiti:
  - dimensione delle particelle in accordo alla tabella precedente (assenza di particelle più grandi);
  - assenza di materiale congelato;
  - assenza di detriti (asfalto, bottiglie, lattine, rami, etc.);
  - compattabilità (se richiesta) in accordo alle **Tab. 4.6** e **Tab. 5.4.**

tab. 5.4 - Massima dim. delle particelle del materiale del fondo trincea

Diametro nominale DN (mm)	Massima dimensione delle particelle (mm)
DN < 100	15
100 ≤ DN < 300	20
300 ≤ DN < 60	30
600 ≤ DN	40

B - Spessore dello strato di primo riempimento (c):
Lo spessore dello strato di primo riempimento c deve essere almeno pari a 150 mm sopra il tubo e 100 mm sopra la giunzione. Per una compattazione accurata si consiglia di procedere con la costipazione (che deve essere effettuata prestando la massima cura) effettuando la compattazione in strati successivi di circa 30 cm di spessore, con attrezzature idonee fino ad almeno1 m di copertura sopra l'estradosso superiore.

C - Compattazione:
• posizionare il materiale di riempimento in strati sui due fianchi del tubo;
• lo spessore di ogni strato ed il grado di consolidamento sono funzione della metodologia di compattazione, come indicato nella **tab. 5.5**, che definisce i principali metodi di compattazione utilizzati in edilizia;
• approntare misure protettive nel caso di infiltrazioni di acqua attraverso il letto di posa ed ogni altro tipo di evento che ne possa alterare la resistenza meccanica,stabilità o degrado;
• per tubazioni di lunghezze consistenti, programmarele operazioni di costipamento a tronconi, in ore non troppo calde per evitare disomogeneità nel costipamento dovute a dilatazioni termiche.

D - Ricoprimento:
Il ricoprimento iniziale direttamente sopra il tubo dovrebbe essere effettuato a mano. Il rIcoprimento successivo può essere compattato meccanicamente, allorché vi sia uno strato di ricoprimento non inferiore al valore contenuto nell'ultima colonna di **Tab.5.5**. Si consulti questa tabella anche per ottenere informazioni circa il sistema meccanico più idoneo per ottenere la compattazione desiderata.

Il ricoprimento finale può essere fatto con materiale di risulta, purché esso abbia i seguenti requisiti:
• pezzatura inferiore a 300 mm;
• se è necessaria compattazione, deve essere costipabile e deve avere pezzatura non superiore a 2/3 dello stesso spessore dello strato compattato;
• deve essere utilizzata una classe di compattazione di tipo N per aree non trafficate, di tipo W per aree trafficate.

E - Controllo finale della posa in opera:
Al termine dell'opera di reinterro, la conformità delle reali condizioni di posa alle ipotesi teoriche (utilizzate, ad esempio, per la scelta del valore di SN idoneo) può essere verificata tenendo presenti i seguenti aspetti:
• controllo della qualità della compattazione nelle sue fasi (letto di posa, riempimento, ricoprimento finale);
• verifica della deflessione del tubo iniziale;
• verifica on-site del grado di compattazione impartito;
Fare attenzione in fase di installazioni aggiuntive (applicazione di diramazioni) al corretto ripristino dello stato di compattazione, una volta effettuata l'opera.

La **tab. 5.5**, riporta i valori massimi dello spessore raccomandato degli strati ed il numero di passaggi necessari per ottenere le classi di compattazione in base all'attrezzatura utilizzata ed ai materiali di ripiena per la zona del tubo.

tab. 5.5 - Metodi compattazione e relativi parametri

Metodo di costipamento	N. di passaggi per le varie classi			Spessore dopo la compat. per le varie classi				Spessore min. prima della compat., m
	W buona	M media	N senza	Gr. 1	Gr. 2	Gr. 3	Gr. 4	Gr. 1 - 4
Mazza a mano 15 Kg	3	1	0	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
Mazza vibrante 70 Kg	3	1	0	0,30	0,25	0,20	0,15	0,35
Vibratore piatto								
50 Kg	4	1	0	0,10	-	-	-	0,15
100 Kg	4	1	0	0,15	0,10	-	-	0,20
200 Kg	4	1	0	0,20	0,15	0,10	-	0,25
400 Kg	4	1	0	0,30	0,25	0,15	0,10	0,35
600 Kg	4	1	0	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Rullo vibrante								
15 kN/m	6	2	0	0,35	0,25	0,20	-	0,60
30 kN/m	6	2	0	0,60	0,50	0,30	-	1,20
45 kN/m	6	2	0	1,00	0,75	0,40	-	1,80
65 kN/m	6	2	0	1,50	1,10	0,60	-	2,40
Rullo doppio vibrante								
5 kN/m	6	2	0	0,15	0,10	-	-	0,20
10 kN/m	6	2	0	0,25	0,20	0,15	-	0,45
20 kN/m	6	2	0	0,35	0,30	0,20	-	0,60
30 kN/m	6	2	0	0,50	0,40	0,30	-	0,85
Rullo triplo pesante senza vibrazione 50 kN/m	6	2	0	0,25	0,20	0,20	-	1,00

5.9 Collaudo idraulico

• **Generalità:**

Al termine dell'installazione e prima della messa in servizio dell'impianto è sempre opportuno effettuare il collaudo della tubazione. La norma UNI EN 1610 prevede due tecniche di collaudo: con **metodo ad acqua W** e con **metodo ad aria L**. In ogni caso è necessario porre attenzione a non causare deformazioni iniziali rilevanti in fase di riempimento e compattazione. **È sempre importante eseguire un collaudo idraulico di tenuta sulla condotta installata, come del resto imposto dal D.M. 12/12/85**. Il collaudo idraulico può essere effettuato mediante chiusura con palloni gonfiabili di tratti di condotta, sottoposti successivamente a pressione statica applicata con colonna piezometrica o pompa da collaudo a 0,5 bar. **Come previsto dal D.M. 12/12/85 il tratto di tubazione soggetto a collaudo dovrà essere solo parzialmente interrato**, lasciando scoperti i giunti per individuare eventuali perdite o difetti nell'istallazione. Fino ad oggi non sono stati stabiliti i criteri di controllo ed i parametri d'accettazione per i tubi strutturati. Si consiglia quindi di adottare gli stessi criteri usati per i tubi rigidi con giunti a bicchiere. La normativa europea prevede la possibilità di eseguire la prova ad acqua (metodo "W") o ad aria (metodo "L"), secondo quattro metodi di prova (LA, LB, LC e LD). La pressione di prova, la caduta di pressione ed i tempi di collaudo per i collaudi ad aria per i tubi di calcestruzzo impregnato e tutti gli altri materiali è riportata nella **tab.5.6**.

• **Collaudo con metodo ad aria (L):**

tale metodo può essere ripetuto più volte. In caso di esito negativo, si usi il metodo W, che costituirà elemento decisivo. Le metodologie operative previste per questo tipo di prova sono quattro (LA, LB, LC, LD), le quali prevedono le seguenti fasi:

- mantenere per 5 minuti una pressione più maggiore di circa il 10% della pressione di prova richiesta (vedi **tab.5.6**);
- adeguare la pressione al valore di po, relativamente al metodo di collaudo (LA, LB, LC, LD);

tab. 5.6 - Parametri di collado con metodo ad aria

Met. di coll.	mbar (KPa)		Tempo di prova t (min)						
	Po	Δ p	DN 100	DN 200	DN 300	DN 400	DN 500	DN 800	DN1000
LA	10 1	25 (2,5)	5	5	7	10	14	19	24
LB	50 (5)	10 (1)	4	4	6	7	11	15	19
LC	100 (10)	15 (1,5)	3	3	4	5	8	11	14
LD	200 (20)	15 (1,5)	1,5	1,5	2	2,5	4	5	7
Valori di K_p			0,058	0,058	0,040	0,030	0,020	0,015	0,012

dove:

$$t = \frac{1}{K_p} \cdot l_n \frac{p_o}{p_o - \Delta p} \qquad K_p = \frac{12}{DN}$$

e K_p con massimo 0,058, con t arrotondato al mezzo minuto più vicino quando t 2 min, al minuto più vicino quando t > 5 min;

- se la perdita di pressione misurata dopo il tempo di prova è minore del Δp indicato nel prospetto 3, la tubazione è conforme.

• **Con metodo ad acqua (W):**

- riempire le tubazioni con acqua. Il tubo, come tutti i tubi in materiale plastico, non richiede impregnamento, per cui è possibile dare immediatamente il via allaprova, dopo un breve periodo di stabilizzazione della pressione all'interno della tubazione;
- applicare per un tempo di (30 ± 1) min la pressione di prova richiesta, dove per pressione di prova si intende la pressione equivalente o risultante dal riempimento della sezione di prova fino al livello del terreno in corrispondenza dei pozzetti a valle o a monte, a seconda dei casi, con una pressione massima di 50 Kpa (0,5 bar) ed una pressione minima di 10 Kpa (0,1 bar) misurata sulla generatrice superiore del tubo.
- la pressione deve essere mantenuta costante (± 1 Kpa) per tutto il tempo della prova, rabboccando con acqua.
- registrare la quantità totale di acqua aggiunta durante la prova; l'esito è considerato positivo se tale quantità non è maggiore di:
  - **0,15 l/m² per 30 min per tubazione**
  - **0,20 l/m² per 30 min per tubazioni comprendenti pozzetti**
  - **0,40 l/m2 per 30 min per pozzetti e camere di ispezione**

I m² si riferiscono alla sezione bagnata del tubo, che nel caso di pieno riempimento è pari alla sezione di passaggio. Le **tab. 5.7a e 5.7b** fornisce le sezioni di passaggio per il tubo **EuroSewer®,** nei vari diametri:

***tab. 5.7a - Sezione netta di passaggio per tubi* EuroSewer® DN/OD**

DN/OD	160	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1200
Sez. di passaggio (m^2)	0,009	0,015	0,024	0,036	0,059	0,092	0,143	0,223	0,356	0,566	0,857

***tab. 5.7b - Sezione netta di passaggio per tubi* EuroSewer® DN/ID**

DN/ID	300	400	500	600
Sez. di passaggio (m^2)	0,071	0,126	0,196	0,283

Le attrezzature necessarie per lo svolgimento della prova di collaudo, consistono in una serie di palloni di gomma che dovranno aderire alla parete interna della tubazione, un compressore, un manometro collegato ad un rivelatore con diagramma. La prova consiste nel posizionare a valle e a monte del tratto considerato due palloni di tenuta per la chiusura della sezione di deflusso. Uno dei due palloni è dotato di una valvola passante per il riempimento d'aria nella condotta, collegata ad un'attrezzatura esterna di registrazione e rilievo. La prova di collaudo è suddivisa nelle seguenti fasi:

- caricamento dell'aria nella condotta ad una pressione di 0,5 bar;
- raggiungimento della pressione di collaudo di circa 0,3 bar nella condotta;
- assestamento del sistema per un periodo di circa 5 minuti;
- inizio del collaudo ad una pressione stabilizzata di 0,3 bar;
- verifica della perdita di pressione dopo un tempo prestabilito di 15 minuti.

La prova è da ritenersi positiva se il decadimento della pressione è inferiore del 10% rispetto alla pressione iniziale. La registrazione dei livelli di pressione in funzione del tempo è immediatamente visualizzata a monitor e stampata su un diagramma "tempo - pressione".

CAPITOLO 6

Dati Tecnici e Tabelle



Calcolo velocità e portate mediante formula di Gauckler-Strickler

(coefficente prudenziale K_S = 80 $m^{1/3}$ s^{-1})

Riempimento = 50%		Pendenza i = 0,5%		Pendenza i = 1%	
(mm)		velocità	portata	velocità	portata
OD	ID	(m/sec)	(m^3/sec)	(m/sec)	(m^3/sec)
DN 125	107	0,506	0,002	0,715	0,003
DN 160	136	0,593	0,004	0,839	0,006
DN 200	174	0,699	0,008	0,989	0,012
DN 250	214	0,803	0,014	1,135	0,020
DN 315	273	0,944	0,028	1,335	0,039
357	DN 300	1,006	0,036	1,422	0,050
DN 400	343	1,100	0,051	1,555	0,072
476	DN 400	1,218	0,077	1,723	0,108
DN 500	427	1,272	0,091	1,799	0,129
596	DN 500	1,414	0,139	1,999	0,196
DN 630	533	1,475	0,164	2,086	0,233
715	DN 600	1,596	0,226	2,258	0,319
DN 800	673	1,723	0,306	2,437	0,433
DN 1000	849	2,012	0,569	2,845	0,805
DN 1200	1030	2,289	0,953	3,237	1,348

Riempimento = 70%		Pendenza i = 0,5%		Pendenza i = 1%	
(mm)		velocità	portata	velocità	portata
OD	ID	(m/sec)	(m^3/sec)	(m/sec)	(m^3/sec)
DN 125	107	0,566	0,004	0,801	0,005
DN 160	136	0,665	0,007	0,940	0,010
DN 200	174	0,783	0,014	1,108	0,020
DN 250	214	0,899	0,024	1,271	0,034
DN 315	273	1,057	0,046	1,496	0,065
357	DN 300	1,126	0,059	1,593	0,084
DN 400	343	1,231	0,085	1,741	0,120
476	DN 400	1,364	0,128	1,929	0,181
DN 500	427	1,425	0,152	2,015	0,216
596	DN 500	1,583	0,232	2,239	0,329
DN 630	533	1,652	0,275	2,336	0,390
715	DN 600	1,788	0,378	2,528	0,534
DN 800	673	1,930	0,513	2,729	0,726
DN 1000	849	2,253	0,953	3,186	1,348
DN 1200	1030	2,563	1,596	3,624	2,257

Riempimento = 95%		Pendenza i = 0,5%		Pendenza i = 1%	
(mm)		velocità	portata	velocità	portata
OD	ID	(m/sec)	(m^3/sec)	(m/sec)	(m^3/sec)
DN 125	107	0,554	0,005	0,783	0,007
DN 160	136	0,650	0,009	0,919	0,013
DN 200	174	0,766	0,018	1,083	0,025
DN 250	214	0,879	0,031	1,243	0,044
DN 315	273	1,034	0,059	1,462	0,084
357	DN 300	1,101	0,076	1,557	0,108
DN 400	343	1,204	0,109	1,703	0,154
476	DN 400	1,334	0,164	1,887	0,233
DN 500	427	1,393	0,196	1,971	0,277
596	DN 500	1,548	0,298	2,189	0,422
DN 630	533	1,615	0,354	2,284	0,500
715	DN 600	1,748	0,485	2,472	0,686
DN 800	673	1,887	0,658	2,669	0,931
DN 1000	849	2,203	1,223	3,116	1,730
DN 1200	1030	2,506	2,048	3,544	2,897

Riempimento = 50%		Pendenza i = 2%		Pendenza i = 3%		Pendenza i = 5%	
(mm)		velocità	portata	velocità	portata	velocità	portata
OD	ID	(m/sec)	(m³/sec)	(m/sec)	(m³/sec)	(m/sec)	(m³/sec)
DN 125	107	1,012	0,005	1,239	0,006	1,599	0,007
DN 160	136	1,17	0,009	1,454	0,011	1,877	0,014
DN 200	174	1,399	0,017	1,713	0,020	2,212	0,026
DN 250	214	1,606	0,029	1,967	0,035	2,539	0,046
DN 315	273	1,889	0,055	2,313	0,068	2,986	0,087
357	DN 300	2,011	0,071	2,463	0,087	3,180	0,112
DN 400	343	2,199	0,102	2,693	0,124	3,477	0,161
476	DN 400	2,436	0,153	2,984	0,187	3,852	0,242
DN 500	427	2,545	0,182	3,117	0,223	4,024	0,288
596	DN 500	2,827	0,277	3,463	0,340	4,470	0,439
DN 630	533	2,950	0,329	3,613	0,403	4,665	0,520
715	DN 600	3,193	0,451	3,910	0,553	5,048	0,713
DN 800	673	3,447	0,613	4,221	0,750	5,450	0,969
DN 1000	849	4,024	1,138	4,928	1,934	6,362	1,800
DN 1200	1030	4,577	1,906	5,606	2,334	7,237	3,014

Riempimento = 70%		i = 2%		i = 3%		i = 5%	
(mm)		velocità	portata	velocità	portata	velocità	portata
OD	ID	(m/sec)	(m³/sec)	(m/sec)	(m³/sec)	(m/sec)	(m³/sec)
DN 125	107	1,133	0,008	1,387	0,009	1,791	0,012
DN 160	136	1,329	0,014	1,628	0,018	2,102	0,023
DN 200	174	1,566	0,028	1,918	0,034	2,477	0,044
DN 250	214	1,798	0,048	2,202	0,059	2,843	0,076
DN 315	273	2,115	0,093	2,590	0,113	3,344	0,146
357	DN 300	2,252	0,119	2,758	0,146	3,561	0,188
DN 400	343	2,463	0,170	3,016	0,208	3,894	0,269
476	DN 400	2,728	0,256	3,342	0,314	4,314	0,405
DN 500	427	2,850	0,305	3,490	0,374	4,506	0,482
596	DN 500	3,166	0,465	3,878	0,569	5,006	0,735
DN 630	533	3,304	0,551	4,046	0,675	5,224	0,871
715	DN 600	3,575	0,755	4,379	0,925	5,653	1,195
DN 800	673	3,860	1,026	4,727	1,257	6,103	1,622
DN 1000	849	4,506	1,907	5,519	2,335	7,125	3,014
DN 1200	1030	5,126	3,192	6,278	3,909	8,105	5,047

Riempimento = 95%		i = 2%		i = 3%		i = 5%	
(mm)		velocità	portata	velocità	portata	velocità	portata
OD	ID	(m/sec)	(m³/sec)	(m/sec)	(m³/sec)	(m/sec)	(m³/sec)
DN 125	107	1,108	0,010	1,357	0,012	1,751	0,015
DN 160	136	1,300	0,019	1,592	0,023	2,055	0,029
DN 200	174	1,532	0,036	1,876	0,044	2,422	0,056
DN 250	214	1,758	0,062	2,153	0,076	2,780	0,098
DN 315	273	2,068	0,119	2,533	0,145	3,270	0,188
357	DN 300	2,202	0,153	2,697	0,187	3,482	0,241
DN 400	343	2,408	0,218	2,949	0,267	3,807	0,345
476	DN 400	2,668	0,329	3,268	0,403	4,218	0,520
DN 500	427	2,787	0,391	3,413	0,479	4,406	0,619
596	DN 500	3,096	0,596	3,792	0,730	4,895	0,943
DN 630	533	3,231	0,707	3,957	0,866	5,108	1,118
715	DN 600	3,496	0,970	4,282	1,187	5,528	1,533
DN 800	673	3,774	1,317	4,622	1,613	5,967	2,082
DN 1000	849	4,406	2,447	5,397	2,997	6,967	3,869
DN 1200	1030	5,012	4,096	6,139	5,017	7,925	6,477

Tabella Resistenza Chimica dei tubi in Polietilene (Compatibilità chimica del PE a.d. ai seguenti fluidi

Definizione e simboli:
S = Soddisfacente
L = Limitata
NS = Non Soddisfacente
Sol. sat. = Soluzione acquosa satura, preparata a 20 °C
Sol. = Soluzione acquosa di concentrazione superiore al 10% ma non satura
Sol. dil. = Soluzione acquosa di concentrazione uguale o inferiore al 10%
Conc. lav. = Concentrazione di lavoro, cioè soluzioni acquose di concentrazione abituale per le utilizzazioni industriali

Fluido	Concentrazione	Compatibilità	
		20 °C	60 °C
Acqua	-	S	S
Acetaldeide	100%	S	L
Acetico (acido)	glaciale	S	L
Acetico (acido)	10%	S	S
Acetica (anidride)	100%	S	L
Acetone	100%	L	L
Adipico (acido)	Sol. sat.	S	S
Allilico (alcool)	96%	S	S
Allume	Sol.	S	S
Alluminio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Alluminio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S
Alluminio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Ammoniaca (gas)	100%	S	S
Ammoniaca (liquefatta)	100%	S	S
Ammoniacale (acqua)	Sol. dil.	S	S
Ammonio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Ammonio (fluoruro)	Sol.	S	S
Ammonio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Ammonio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Ammonio (solfito)	Sol.	S	S
Amile (acetato)	100%	S	L
Amile (alcool)	100%	S	L
Anilina	100%	S	L
Antimonio (tricloruro)	90%	S	S
Acqua regia (HCl/HNO_3=3/1)	-	NS	NS
Arsenico (acido)	Sol. sat.	S	S
Acqua ossigenata	30%	S	S
Acqua ossigenata	90%	S	NS
Argento (acetato)	Sol. sat.	S	S
Argento (cianuro)	Sol. sat.	S	S
Argento (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Aceto	-	S	S
Bromidrico (acido)	50%	S	S
Bromidrico (acido)	100%	S	S

Fluido	Concentrazione	Compatibilità	
		20 °C	60 °C
Bario (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Bario (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Bario (idrato)	Sol. sat.	S	S
Bario (solfato)	Sol. sat.	S	S
Benzaldeide	100%	S	L
Benzene	100%	L	L
Benzoico (acido)	Sol. sat.	S	S
Birra	100%	S	S
Borace	Sol. sat.	S	S
Borico (acido)	Sol. sat.	S	S
Bromo (gas) secco	100%	NS	NS
Bromo (liquido)	100%	NS	NS
Butano (gas)	100%	S	S
Butanolo	100%	S	S
Butirrico (acido)	100%	S	L
Benzina (idrocarb. alifat)	-	S	L
Calcio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (clorato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Calcio (idrato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (ipoclorito)	Sol.	S	S
Calcio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (solfuro)	Sol. dil.	L	L
Carbonica (anidride) secca	100%	S	S
Carbonio (bisolfuro)	100%	L	NS
Carbonio (monossido)	100%	S	S
Carbonio (tetracloruro)	100%	L	NS
Cloro (gas) secco	100%	L	NS
Cloro (acqua di)	Sol. sat.	L	NS
Cloridrico (acido)	10%	S	S
Cloridrico (acido)	Conc.	S	S
Cloracetico (acido)	Sol.	S	S
Cloroformio	100%	NS	NS

Fluido	Concentra-zione	Compatibilità	
		20 °C	60 °C
Clorometano	100%	L	-
Cromico (acido)	20%	S	L
Cromico (acido)	50%	S	L
Citrico (acido)	Sol. sat.	S	S
Cresilico (acido)	Sol. sat.	L	-
Cicloesanolo	100%	S	S
Cicloesanone	100%	S	L
Cianidrico	10%	S	S
Decaidronaftalene	100%	S	L
Destrina	Sol.	S	S
Dietilico (etere)	100%	L	-
Diottile (ftalato)	100%	S	L
Diossano	100%	S	S
Etilene (glicole)	100%	S	S
Etanolo	40%	S	L
Etile (acetato)	100%	S	NS
Eptano	100%	S	NS
Fenolo	Sol.	S	S
Ferrico (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Ferrico (nitrato)	Sol.	S	S
Ferrico (solfato)	Sol. sat.	S	S
Ferroso (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Ferroso (solfato)	Sol. sat.	S	S
Fluoro (gas)	100%	NS	NS
Fluoridrico (acido)	4%	S	S
Fluoridrico (acido)	60%	S	L
Fluosilicico (acido)	40%	S	S
Formaldeide	40%	S	S
Formico (acido)	50%	S	S
Formico (acido)	98-100%	S	S
Fosforo (tricloruro)	100%	S	L
Furfurilico (acido)	100%	S	L
Glucosio	Sol. sat.	S	L
Glicerina	100%	S	S
Glicolico (acido)	Sol.	S	S
Idrochinone	Sol. sat.	S	S
Idrogeno	100%	S	S
Idrogeno solforato	100%	S	S
Latte	-	S	S

Fluido	Concentra-zione	Compatibilità	
		20 °C	60 °C
Mercurico (cianuro)	Sol. sat.	S	S
Mercuroso (nitrato)	Sol.	S	S
Mercurio	100%	S	S
Metanolo	100%	S	S
Melasse	Conc. lav.	S	S
Nichel (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Nichel (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Nichel (solfato)	Sol. sat.	S	S
Nicotinico (acido)	Sol. dil.	S	-
Nitrico (acido)	25%	S	S
Nitrico (acido)	50%	L	NS
Nitrico (acido)	75%	NS	NS
Nitrico (acido)	100%	NS	NS
Oleico (acido)	100%	S	L
Oli e grassi	-	S	L
Ortofosforico (acido)	50%	S	S
Ortofosforico (acido)	95%	S	L
Ossalico (acido)	Sol. sat.	S	S
Ossigeno	100%	S	L
Ozono	100%	L	NS
Picrico (acido)	Sol. sat.	S	-
Piombo (acetato)	Sol. sat.	S	-
Potassio (bromato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bromuro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (clorato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (cromato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (cianuro)	Sol.	S	S
Potassio (bicromato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (ferricianuro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (ferrocianuro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bicarbonato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bisolfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (bisolfito)	Sol.	S	S
Potassio (idrato)	10%	S	S
Potassio (idrato)	Sol.	S	S
Potassio (ipoclorito)	Sol.	S	L

Fluido	Concentra-zione	Compatibilità	
		20 °C	60 °C
Lattico (acido)	100%	S	S
Lievito	Sol.	S	S
Magnesio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Magnesio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Magnesio (idrato)	Sol. sat.	S	S
Magnesio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Maleico	Sol. sat.	S	S
Mercurico (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Propionico (acido)	100%	S	L
Piridina	100%	S	L
Rame (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Rame (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Salicilico (acido)	Sol. sat.	S	S
Sodio (benzoato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (bromuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (clorato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (cianuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (ferricianuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (ferrocianuro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (bicarbonato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (bisolfito)	Sol.	S	S
Sodio (idrato)	40%	S	S
Sodio (idrato)	Sol.	S	S
Sodio (ipoclorito)	15 % cloro	S	S
Sodio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (nitrito)	Sol. sat.	S	S
Sodio (ortofosfato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (solfuro)	Sol. sat.	S	S

Fluido	Concentra-zione	Compatibilità	
		20 °C	60 °C
Potassio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (ortofosfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (perclorato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (permanganato)	20%	S	S
Potassio (persolfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Potassio (solfuro)	Sol.	S	S
Propionico (acido)	50%	S	S
Stannico (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Stannoso (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Solforosa (anidride secca)	100%	S	S
Solforica (anidride)	100%	NS	NS
Solforico (acido)	10%	S	S
Solforico (acido)	50%	S	S
Solforico (acido)	98%	S	NS
Solforico (acido)	Fumante	NS	NS
Solforoso (acido)	30%	S	S
Sviluppatore fotogr.	Conc. lav.	S	S
Tannico (acido)	Sol.	S	S
Tartarico (acido)	Sol.	S	S
Tionile (cloruro)	100%	NS	NS
Toluene	100%	L	NS
Tricloroetilene	100%	NS	NS
Trietanolamina	Sol.	S	L
Urea	Sol.	S	S
Urina	-	S	S
Vino	-	S	S
Xilene	100%	L	NS
Zinco (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Zinco (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Zinco (ossido)	Sol. sat.	S	S
Zinco (solfato)	Sol. sat.	S	S

L'UFFICIO TECNICO SI RISERVA DI APPORTARE MODIFICHE AL PRESENTE MANUALE TECNICO SENZA PREAVVISO.

REVIVISIONI AGGIORNATE DEL PRESENTE DOCUMENTO POSSONO ESSERE REPERITE PRESSO L'UFFICIO TECNICO PICENUM PLAST OPPURE SUL SITO WWW.PICENUMPLAST.COM

Manuale Tecnico Eurosewer IT - 2008
a cura dell'ing. Mario Iaccarino
Finito di stampare: Settembre 2008
Progetto grafico: Marchethink



prodotto e distribuito da: **PICENUM PLAST** s.p.a.
63025 Magliano di Tenna (AP)
Via E. Fermi, 5/10 - Z. I. **ITALY**

Tel +39(0)734 639711
Fax +39(0)734 632431
e-mail:picenum@picenumplast.com

Cod. Fiscale e Partita IVA IT 00200720449
Reg.Impr. Fermo nr. 849
REA AP nr.77367 Mecc. AP 000134
Cap.Sociale Euro 3.300.000 i.v.

www.eurosewer.com
www.picenumplast.com