

ISTITUTO ITALIANO DEI PLASTICI

Publicazione n. 11 - Ottobre 1978

Installazione delle fognature di PE a.d.

RACCOMANDAZIONI SULLA INSTALLAZIONE DELLE TUBAZIONI
DI POLIETILENE AD ALTA DENSITA (PE a.d.) NELLA COSTRUZIONE DI
FOGNATURE INTERRATE E SUBACQUEE E DI SCARICHI INDUSTRIALI

SOMMARIO

- Capitolo 1 **PRESCRIZIONI PER L'ACCETTAZIONE DEL MATERIALE**
- Capitolo 2 **TRASPORTO ED ACCATASTAMENTO DEI TUBI E DEI RACCORDI**
- Capitolo 3 **SETTORI E CONDIZIONI D'IMPIEGO**
- Capitolo 4 **RACCORDI E PEZZI SPECIALI**
- Capitolo 5 **GIUNZIONI**
- Capitolo 6 **POSA IN OPERA**
- Capitolo 7 **CASI PARTICOLARI**
- Capitolo 8 **COLLAUDO**
- Capitolo 9 **CARATTERISTICHE - TABELLE - PROSPETTI (Appendice)**
 - 9.1. Caratteristiche generali del PE a.d.
 - 9.2. Caratteristiche generali dei tubi di PE a.d.
 - 9.3. Dimensioni e pesi dei tubi di PE a.d. previsti dalla norma UNI 7613 (tipo 303)
 - 9.4. Tabelle di valori orientativi dei tempi e pressioni nella saldatura di testa del PE a.d. con una temperatura ambiente di 20°C
 - 9.5. Resistenza chimica del PE a.d.
 - 9.6. Formule e tabelle per il calcolo delle portate e delle velocità

N.B.: Tutti i disegni riportati nel testo sono puramente indicativi

Capitolo 1: *PRESCRIZIONI PER L'ACCETTAZIONE DEL MATERIALE*

Le prescrizioni per l'accettazione delle tubazioni in PE a.d. sono contenute nelle seguenti norme UNI:

- UNI 7613: Tubi di PE a.d. per condotte di scarico interrate. Tipi, dimensioni e requisiti.
- UNI 7615: Tubi di PE a.d. Metodi di prova.

Tali norme UNI concordano con i lavori in corso di normalizzazione ISO e con le norme DIN. I tubi di PE a.d., limitatamente alle dimensioni previste dalle norme di cui sopra, dovranno essere *contrassegnati con il marchio di conformità IIP* di proprietà dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI, gestito dall'Istituto Italiano dei Plastici, giuridicamente riconosciuto con DPR n. 120 dell'1.2.1975.

Capitolo 2: *TRASPORTO ED ACCATASTAMENTO DEI TUBI E DEI RACCORDI*

2.1. *Tubi*

I tubi di PE a.d. per la costruzione di fognature e di scarichi industriali interrati vengono forniti in barre generalmente di lunghezza 6 ÷ 12 m o comunque in pezzature da convenirsi tra committente e fornitore.

2.1.1. *Trasporto*

Nel trasporto dei tubi i piani di appoggio devono essere privi di asperità. I tubi devono essere appoggiati evitando eccessive sporgenze al di fuori del piano di carico. Le imbragature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa o di nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti in modo che i tubi non vengano mai direttamente a contatto con esse per non provocare abrasioni o danneggiamenti.

2.1.2. *Carico, scarico e movimentazione*

Se il carico e lo scarico dai mezzi di trasporto e comunque la movimentazione vengono effettuati con gru o col braccio di un escavatore, i tubi devono essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza adeguata. Se queste operazioni vengono effettuate manualmente, si eviti in ogni modo di fare strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o comunque su oggetti duri e aguzzi.

2.1.3. *Accatastamento*

Il piano di appoggio a terra dovrà essere livellato ed esente da asperità e soprattutto da pietre appuntite. L'altezza di accatastamento non deve essere superiore a 2 m qualunque sia il diametro dei tubi. Quando i tubi vengono accatastati all'aperto per lunghi periodi è consigliabile proteggerli dai raggi solari.

Nel caso di tubi di grossi diametri (oltre 500 mm) si consiglia di armare internamente le estremità dei tubi onde evitare eccessive ovalizzazioni.

2.2. *Raccordi ed accessori*

Questi pezzi sono forniti in genere in appositi imballaggi. Se sono forniti sfusi si dovrà avere cura, nel trasporto ed immagazzinamento, di non ammucchiarli disordinatamente e si dovrà evitare che possano essere deformati o danneggiati per effetto di urti fra di essi o con altri materiali pesanti.

Capitolo 3: *SETTORI E CONDIZIONI D'IMPIEGO*

3.1. *Settori d'impiego*

Le tubazioni previste dalle norme UNI di cui al capitolo 1 sono adatte per il convogliamento di:

- 3.1.1. scarichi di acque di rifiuto civili e meteoriche (acque bianche, nere e miste);
- 3.1.2. scarichi industriali, agricoli e di acque di rifiuto in genere nei limiti della resistenza chimica del materiale (v. appendice par. 9.5).

3.2. Condizioni d'impiego

Le condizioni d'impiego dei tubi previsti nella norma UNI 7613 (tipo 303) sono le seguenti:

- temperatura massima permanente dei fluidi condottati: 40 °C;
- massimo ricoprimento sulla generatrice superiore del tubo:
 - H = 6,0 m se trattasi di scavo in sezione ristretta;
 - H = 4,0 m se trattasi di scavo con sezione di grande larghezza;
- terreni coerenti con valori di calcolo:
 - γ (massa volumica) = 2,1 t/m³;
 - ζ (angolo di attrito) = 22,5°.

Se le condizioni di carico e di posa dovessero risultare più gravose si deve procedere a calcoli di verifica assumendo il carico di sicurezza a trazione di 50 kgf/cm². Se, in seguito a questa verifica, gli spessori dei tubi tipo 303 risultassero insufficienti, si devono impiegare tubi aventi spessori almeno pari a quelli derivanti dal calcolo e facilmente reperibili sul mercato fra le serie di tubi a pressione (norma UNI 7611).

Capitolo 4: RACCORDI E PEZZI SPECIALI

4.1. Raccordi e pezzi speciali di PE a.d.

Devono rispondere alle stesse caratteristiche dei tubi. Tali raccordi possono essere prodotti per stampaggio, o, nel caso non siano reperibili sul mercato, ricavati direttamente da tubo diritto mediante opportuni tagli, sagomature ed operazioni a caldo (piegatura, saldature di testa e con apporto di materiale, ecc.). La termoformatura di raccordi e pezzi speciali di PE a.d., quando necessaria, deve essere sempre eseguita da personale specializzato e con idonea attrezzatura, comunque mai in cantiere, ma presso l'officina del fornitore.

4.2. Raccordi e pezzi speciali di altri materiali

Collegamento di tubi di PE a.d. con tubi di altro materiale. Nel caso di raccordo del tubo di PE a.d. con tubazioni di materiale diverso (gres, cemento amianto, ecc.) è preferibile (date le diverse caratteristiche tra le tubazioni) il collegamento tramite pozzetto di ispezione.

Capitolo 5: GIUNZIONI

I sistemi di giunzione fra tubo e tubo e fra tubo e raccordo di PE a.d. sono i seguenti (*):

5.1. Giunzione per saldatura

Essa deve sempre essere eseguita:

- da personale qualificato;
- con idonee apparecchiature tali da garantire le minime possibilità di errori nelle temperature, nelle pressioni, nei tempi;

(*) Un sistema di giunzione che, sebbene attualmente in via sperimentale, potrebbe in futuro rappresentare una alternativa alla giunzione per saldatura è quello per incollaggio.

Tale giunzione è economicamente valida solamente fino a D 400 mm e per condotte interrate. Naturalmente le due superfici da incollare dovranno essere pre-trattate affinché l'adesivo possa ancorarsi chimico-fisicamente alla materia plastica secondo le modalità suggerite da ditte produttrici di materia prima, di tubi e di adesivi.

La parte femmina del tubo sarà a bicchiere preformato in stabilimento con smussatura sulla testata dall'esterno verso l'interno di un angolo uguale alla smussatura del maschio (30°); il diametro interno del bicchiere dovrà essere uguale a $[D - (0,1 \div 0,3)]$ mm e la sua lunghezza pari a D.

La giunzione dovrà essere lasciata a riposo per almeno 10 minuti ed il collaudo dovrà avvenire non prima di 24 ore per dar modo all'adesivo di consolidarsi. Per gli scarichi industriali, il progettista verifichi la resistenza chimica dell'adesivo, oltre a quella del materiale in relazione ai liquidi da convogliare. In ogni caso ci si atterrà alle istruzioni date dalle case produttrici di tubi e di adesivi.

Essendo già state realizzate da ditte specializzate in Italia installazioni con tale sistema con buoni risultati, l'Istituto si riserva di aggiornare la presente raccomandazione sulla base di ulteriore documentazione tecnico-pratica.

— in ambiente atmosferico tranquillo (assenza di precipitazioni, di vento, di eccessiva polverosità).

5.1.1. Saldatura testa a testa

E' usata nelle giunzioni fra tubo e tubo e fra tubo e raccordo quando quest'ultimo è predisposto in tal senso. Questo tipo di saldatura viene realizzato con termoelementi, costituiti in genere da piastre di acciaio inossidabile o di lega di alluminio, rivestite con tessuto di PTFE (politetrafluoroetilene) e fibra di vetro, o con uno strato di vernice antiaderente. Tali elementi saranno riscaldati con resistenze elettriche o a gas con regolazione automatica della temperatura.

5.1.1.1. Preparazione delle testate da saldare

Le testate dei manufatti devono essere preparate per la saldatura testa a testa creando la complanarietà delle sezioni di taglio per mezzo di frese che possono essere manuali per i piccoli diametri ed elettriche per i diametri e gli spessori più alti; queste ultime devono avere velocità moderate per evitare il riscaldamento del materiale. Le testate così predisposte non devono essere toccate da mani o da altri corpi untuosi; nel caso ciò avvenisse dovranno essere accuratamente sgrassate con trielina od altri solventi clorurati.

5.1.1.2. Esecuzione della saldatura

I due pezzi da saldare vengono quindi posizionati e bloccati con due ganasce collegate con un sistema che ne permetta l'avvicinamento e che dia una pressione controllata sulla superficie di contatto.

Il termoelemento viene inserito fra le testate che verranno spinte contro la sua superficie. Il materiale passerà quindi allo stato plastico formando un leggero rigonfiamento.

Al tempo previsto il termoelemento viene estratto e le due testate vengono spinte l'una contro l'altra alla pressione sotto indicata fino a che il materiale non ritorna allo stato solido. La saldatura non deve essere rimossa se non quando la zona saldata si sia raffreddata spontaneamente alla temperatura di circa 60 °C.

Per una perfetta saldatura il PE a.d. richiede:

- temperatura superficiale del termoelemento 200 ± 10 °C
- tempo di riscaldamento in relazione allo spessore (v. tabella 4 in appendice)
- pressione di riscaldamento riferita alla superficie da saldare: dovrà essere tale da assicurare il continuo contatto delle testate sulla piastra (valore iniziale $\sim 0,5$ kgf/cm²)
- pressione di saldatura riferita alla superficie da saldare: 1,5 kgf/cm².

Si riportano al punto 9.4 le tabelle relative ai tempi ed alle pressioni ottimali.

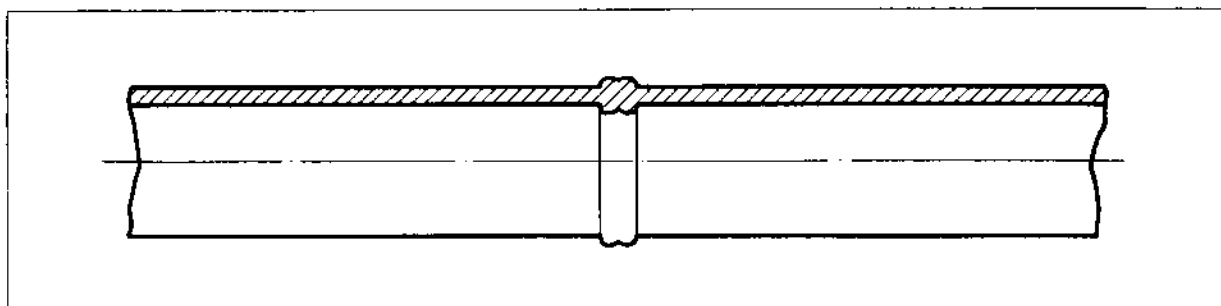


Fig. 1 - Saldatura testa a testa con tubi di PE a.d.

5.1.2. Saldatura a manicotto termico

La saldatura a manicotto termico si esegue riscaldando elettricamente il manicotto nel quale è incorporata una resistenza elettrica che produce il calore necessario per portare alla fusione il polietilene. Tale saldatura è consigliabile quando si devono sal-

dare due estremità di tubo che non possono essere rimosse dalla loro posizione (p. es. le riparazioni).

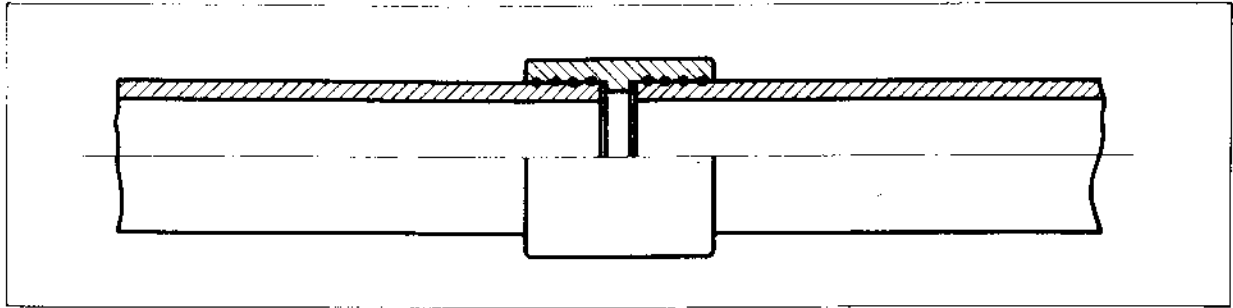


Fig. 2 - Manicotto di PE a.d. con elettroresistenza incorporata

L'attrezzatura consiste principalmente in un trasformatore di corrente che riporta la tensione adatta per ogni diametro di manicotto e ne determina automaticamente i tempi di fusione. Per una buona riuscita della saldatura è necessario accertarsi che le superfici interessate alla giunzione (interna del manicotto ed esterna dei tubi) siano assolutamente esenti da impurità di qualsiasi genere ed in particolare modo prive di umidità ed untuosità. Le parti che si innestano nel manicotto devono essere precedentemente raschiate con un coltello affilato onde togliere l'ossidazione superficiale del materiale. Si raccomanda, a saldatura ultimata, di non forzare in alcun modo la stessa se non fino a quando la temperatura superficiale esterna del manicotto sia spontaneamente scesa sotto i 50 °C.

5.2. Giunzione per flangiatura

Per la flangiatura di spezzoni di tubazione o di pezzi speciali si usano flange scorrevoli infilate su collari saldabili in PE a.d. I collari, data la resistenza che devono esercitare, saranno prefabbricati per stampaggio dal fornitore dei tubi e saranno applicati (dopo l'infilaggio della flangia) mediante saldatura di testa. Le flange saranno quindi collegate con normali bulloni o tiranti di lunghezza appropriata.

L'inserimento di guarnizioni è consigliata in tutti i casi. Le flange, a secondo dell'uso della condotta, potranno essere di normale acciaio al carbonio o di acciaio plastificato; a collegamento avvenuto, flange e bulloni potranno essere convenientemente protetti contro la corrosione.

Capitolo 6: POSA IN OPERA

6.1. Posa «in trincea» e posa «sotto terrapieno»

Per larghezza B di una trincea si intende quella misurata al livello della generatrice inferiore del tubo posato, sia per scavo a pareti verticali che per scavo a pareti inclinate. Per altezza del riempimento H si intende quella misurata tra la generatrice superiore della tubazione posata ed il piano di campagna. La larghezza minima da assegnare ad una trincea è quella determinata dal valore del diametro D della tubazione aumentato di 20 cm da ciascun lato della tubazione stessa.

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

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

$$B \geq \frac{H}{2}$$

o anche quando

$$B \geq 10 D$$

la tubazione viene a trovarsi nella condizione detta «sotto terrapieno», condizione in cui essa è assoggettata ad un carico addizionale rispetto a quello che sopporterebbe se fosse nella condizione in trincea.

L'altezza massima del ricoprimento deve essere di 6 m per tubazione posate in trincea e di 4 m per tubazioni posate sotto terrapieno.

Quando le condizioni di posa non corrispondono a quelle che sono state previste per i tubi della classe base, possono essere usati, previa verifica statica, tubi di spessore diverso.

In corso di lavoro, nel caso che si verificano condizioni più gravose di quelle previste dalle presenti norme, sempre che tali condizioni riguardino tronchi di limitata ampiezza per cui sussista la convenienza economica di lasciare invariati gli spessori previsti in sede di progettazione, si deve procedere ad opere di protezione della canalizzazione, tali da ridurre le sollecitazioni sulle pareti del tubo ai valori stabiliti per la classe di spessori prescelta. Ad esempio, in caso di smottamento o di frana, che allarghi notevolmente la sezione della trincea nella parte destinata a contenere la tubazione, si potranno costruire da una parte e dall'altra della tubazione stessa, fino alla quota della generatrice superiore, muretti di pietrame o di calcestruzzo atti a ridurre opportunamente la larghezza della sezione di scavo; così in caso di attraversamento di terreni melmosi o di strade con traffico capace di indurre sollecitazioni di entità dannose per la canalizzazione, questa si potrà proteggere con una guaina di caratteristiche idonee, da determinare di volta in volta anche in rapporto alla natura del terreno. In caso di altezza di rinterro minore dei valori minimi innanzi citati, occorre utilizzare tubi di spessore maggiore o fare assorbire i carichi verticali da manufatti di protezione.

6.1.1. Scavo in trincea

Lo scavo della trincea delle dimensioni prescritte e col fondo all'esatta quota indicata dai profili longitudinali di progetto deve essere effettuato con mezzi idonei, adottando tutti i provvedimenti necessari per il sostegno delle pareti onde evitarne il franamento (che potrebbe comportare l'allargamento della trincea e danni alla tubazione eventualmente già posata). Le radici di alberi che eventualmente attraversassero la trincea nella zona interessata dalla posa della tubazione devono essere accuratamente eliminate almeno nell'immediato interno della trincea.

Il materiale di scavo deve essere accumulato lungo la trincea ad una distanza sufficiente per consentire lungo la trincea stessa il passaggio del personale addetto ai lavori e lo sfilamento dei tubi per evitare il pericolo che qualche pietra cadendo possa danneggiare la tubazione posata.

6.1.2. Letto di posa e rinfianco

La natura del fondo della trincea o, più in generale, del terreno in cui la tubazione troverà il suo appoggio, deve avere resistenza uniforme e tale da escludere ogni possibilità di cedimenti differenziali da un punto all'altro della tubazione. Nelle trincee aperte in terreni eterogenei, collinosi o di montagna, occorre garantirsi dall'eventuale slittamento del terreno con opportuni ancoraggi. Se si ha motivo di temere l'instabilità del terreno e del letto di posa della canalizzazione e dei relativi manufatti in muratura, a causa dell'erosione di acqua reperita nella trincea, bisogna opportunamente consolidare il terreno con l'ausilio di tubi di drenaggio al di sotto della canalizzazione (o dei manufatti in muratura) disponendo tutto intorno a detti tubi di drenaggio uno strato spesso di ghiaia o di altro materiale appropriato; occorre cioè assicurare la condizione che non sussista la possibilità di alcuno spostamento del materiale di rinterro a causa della falda acquifera.

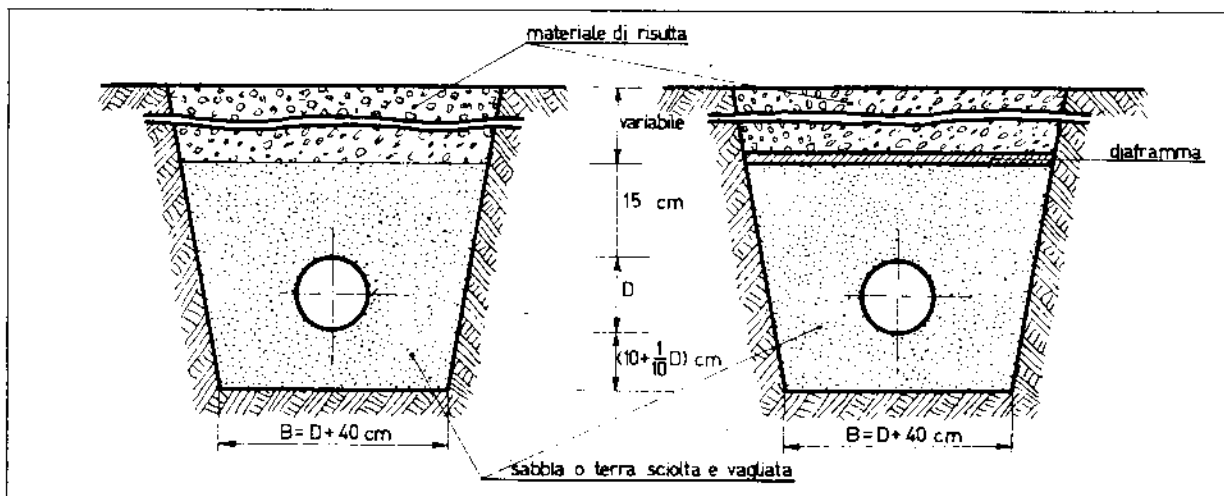


Fig. 3 - Trincea e relativa posa del tubo di PE a.d.

Al fondo della trincea, livellato e liberato da ogni traccia di pietrame, si sovrappone un letto di posa sabbioso così da avere la superficie d'appoggio della tubazione perfettamente piana e da poter esercitare l'appoggio su materiali di natura tale che assicurino la ripartizione uniforme dei carichi lungo la intera tubazione. Occorre procedere ad un accurato livellamento del letto al di sotto del tubo e ad un rinfianco ben costipato, tenendo altresì presente che se l'altezza del rinterro è piccola il rinfianco non riuscirà a mobilitare una pressione orizzontale sufficiente a contrastare la deformazione.

Lo spessore del letto di appoggio deve essere di almeno $(10 + \frac{1}{10} D)$ cm. Il materiale deve essere costituito in prevalenza da granuli aventi diametro di 0,10 mm e deve contenere meno del 12% di fino (composto da particelle inferiori a 0,08 mm); deve essere costipato con attrezzi adatti prima della posa della tubazione e, naturalmente, accuratamente livellato.

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

Per quanto riguarda il rinfianco della tubazione, la funzione da esso espletata, la natura delle terre con cui può essere realizzato ed il grado di costipazione cui dette terre debbono essere assoggettate, occorre tener presente quanto segue:

- a) la ripartizione delle pressioni del terreno lungo il perimetro della tubazione dipende dalla interazione fra tubo e terreno. Una tubazione di polietilene, la cui rigidità si esprime col rapporto tra lo spessore della parete e il diametro medio D ,

tende sotto carico a deformarsi nei limiti consentiti dal valore $\frac{s}{D}$ e quindi dall'

interazione col terreno circostante, fino al raggiungimento di una situazione di equilibrio tra i carichi e le reazioni. Perché la deformazione (la riduzione cioè del diametro verticale in rapporto al suo valore originario) non passi i limiti ammissibili (5%) per il mantenimento della stabilità dimensionale dalla sezione del tubo e perché non si verifichino sollecitazioni eccedenti le possibilità di resistenza del materiale, occorre che il terreno circostante il tubo sia ben costipato onde poter offrire al tubo stesso un sostegno adeguato ed avere anzi il ruolo di elemento costruttivo.

Per ottenere quindi dal rinfianco un risultato soddisfacente si devono impiegare materiali perfettamente costipabili, per es. sabbia, fino ad un'altezza di 15 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo;

- b) il costipamento del riempimento che avvolge il tubo dovrà essere uniforme e raggiungere il 90% del valore ottimale con la prova di penetrazione di Proctor modificata.

Il rinfianco con terreni, quali quelli di natura organica, torbosi, melmosi, argillosi ecc., deve essere proibito perché detti terreni non sono costipabili a causa del loro alto contenuto d'acqua; esso potrà essere consentito, in via eccezionale, solo se saranno prescritte speciali modalità di posa o maggiori spessori.

Il rinterro intorno al tubo deve essere effettuato apportando in un primo tempo il materiale su entrambi i lati della tubazione fino al piano diametrale della stessa e quindi spingendo il materiale sotto il tubo con l'aiuto di una pala, e costipandolo a mano o con idonei compattori leggeri meccanici (stando bene attenti a non spostare e a non danneggiare il tubo). Dopo aver eseguito questo costipamento si riempie la trincea con lo stesso materiale fino a 15 cm al di sopra della generatrice superiore del tubo e si costipa l'intero riempimento esclusivamente sulle parti laterali della trincea, al di fuori cioè dalla zona occupata dal tubo.

Un riempimento cattivo e non uniforme intorno al tubo influenza la deformazione del tubo stesso in modo inverso al valore del rapporto $\frac{s}{D}$ ed in modo più pronunciato

nei tubi sotto rinterro inferiore a $1 \div 1,50$ m.

Il riempimento della restante altezza della trincea fino al piano di campagna può essere effettuato con lo stesso materiale di scavo (sempre che non si tratti di torbe, fanghi e materie organiche od anche di argille o di limo) spurgato di elementi superiori a 100 mm e di residui animali e vegetali. La serie di spessori dei tubi della classe base è stata scelta in previsione di un terreno di riempimento abbastanza cattivo (caratterizzato da un peso specifico di 2,1 t/m³ e da un angolo di attrito di 22,5°) che comporta nel tubo notevoli sollecitazioni, ma ovviamente comprese nei limiti di carico di sicurezza del materiale.

Il riempimento deve essere effettuato a strati successivi dello spessore massimo di 30 cm, che debbono essere costipati (a mano, con pigiatoi piatti, o con apparecchi di costipazione meccanici leggeri) almeno fino a 1 metro di copertura sul vertice della tubazione, l'uno dopo l'altro, in modo che la densità della terra in sito raggiunga, a costipazione effettuata, il 90% del valore ottimale determinato con la prova di Proctor modificata.

Durante le operazioni di rinterro e di costipazione bisogna evitare che carichi pesanti transitino sulla trincea.

6.1.3. Inizio del riempimento

Il riempimento (almeno per i primi 50 cm sopra il tubo) dovrà essere eseguito, su tutta la condotta, nelle medesime condizioni di temperatura esterna.

Il riempimento si consiglia sia fatto nelle ore meno calde della giornata. Si procederà sempre a zone di 20 ÷ 30 m, avanzando in una sola direzione e possibilmente in salita; si lavorerà su tre tratte consecutive e verrà seguito contemporaneamente il ricoprimento (fino a quota 50 cm sul tubo) in una zona, il ricoprimento (fino a 15 ÷ 20 cm sul tubo) nella zona adiacente e la posa della sabbia intorno al tubo nella tratta più avanzata.

Si potrà procedere a lavoro finito su tratte più lunghe solo in condizioni di temperatura più o meno costante.

Una delle estremità della tratta di condotta dovrà sempre essere mantenuta libera di muoversi e l'attacco dei pezzi speciali dovrà essere eseguito dopo che il ricoprimento è stato portato a 5 ÷ 6 m dal pezzo stesso.

6.2. Posa subacquea (a mare od a lago)

I tubi di polietilene, dato che il peso specifico della materia prima è inferiore a quello dell'acqua, galleggiano e possono quindi essere portati in galleggiamento nella zona di posa dove verranno affondati e posati sul fondo.

Si eseguirà generalmente l'operazione di varo in tratte di 300 ÷ 400 m dotate di estremità flangiate.

Se lo spazio a terra per la prefabbricazione è però sufficiente, la condotta può essere assemblata al 100%.

Si riassumono nei seguenti punti le principali fasi per l'installazione:

- 1) Fornitura a piè d'opera delle condotte.
- 2) Posa diffusore (nel caso sia previsto).
- 3) Predisposizione dei blocchi di ancoraggio e boe di tenuta.
- 4) Saldatura di testa, flangiatura e varo progressivo per la posa in mare.
- 5) Affondamento della condotta.
- 6) Scavo di protezione.
- 7) Ancoraggio sul fondo.
- 8) Collaudo.

6.2.1. Fornitura a piè d'opera della condotta:

Trattasi di tubazioni in PE a.d. tipo 303 fornite sul luogo d'impiego in barre di 10 ÷ 12 m. Verranno scaricate in cataste di altezza non superiore ai 2 m.

Si avrà cura particolare di evitare una lunga esposizione ai raggi solari soprattutto per l'ovalizzazione delle testate.

6.2.2. Posa diffusore:

Si procederà dapprima alla posa del diffusore che sarà realizzata affondando successivamente tronconi flangiati di lunghezza di 30 ÷ 50 m. Assiemato il diffusore per mezzo di personale subacqueo alla distanza stabilita, si inizieranno le operazioni relative alla posa della condotta.

6.2.3. Predisposizione dei blocchi:

E' questa l'operazione preliminare che consentirà il prosieguo dell'opera. Sul fondale, ad un interasse di 50/80 m lungo la direttrice fissata verranno calati dei blocchi di cemento la cui forma e peso saranno calcolati in funzione della portanza del fondale stesso, della influenza massima del moto ondoso, di eventuali correnti trasversali ed ascensionali. Ad ogni blocco sarà collegata una boa che consentirà sia la segnalazione approssimata del tracciato sia l'ancoraggio superficiale della condotta.

Tutta l'operazione dovrà essere eseguita da una coppia di sommozzatori o palombari la cui presenza garantirà la corretta esecuzione dell'opera.

6.2.4. Saldatura di testa e varo progressivo per posa subacquea:

La saldatura di testa, effettuata con apposite attrezzature a termoelementi, sarà eseguita progressivamente; i tubi cioè saranno tirati al largo a tratte di due o trecento metri flangiate all'estremità man mano che procederà la saldatura delle barre sull'arenile.

Prima del varo progressivo verranno comunque fissati dei collari di appesantimento provvisti nella superficie a contatto col tubo di uno strato-cuscinetto antiabrasivo, nel numero e del peso adatti per conservare il semigalleggiamento a tubo pieno d'aria e per mantenerlo stabile sul fondo quando al posto dell'aria si sostituirà l'acqua. Il tubo sarà tirato al largo sulla direttrice di posa, segnalata dalle boe, per mezzo di una barca o un pontone e mantenuto in leggero tiro.

L'unione dei vari tronconi potrà essere effettuata in superficie con conseguente affondamento totale della condotta; in alternativa in dipendenza delle condizioni del mare, si potranno affondare man mano i vari tronconi ed effettuare l'assemblaggio delle flange sul fondale a mezzo di personale subacqueo.

6.2.5. Affondamento della condotta:

L'operazione di affondamento avrà inizio aprendo l'estremità al lato mare in modo che il tubo incominci a riempirsi, mentre all'estremità opposta, sull'arenile, si farà sfogare l'aria.

La velocità di affondamento verrà controllata regolando la velocità di uscita dell'aria. La tubazione dovrà essere sempre mantenuta in leggero tiro e la sua discesa controllata costantemente dalla coppia di sommozzatori o palombari, i quali assicureranno che l'affondamento avvenga lungo la verticale segnalata dai cavetti boe; il personale subacqueo farà inoltre attenzione affinché la curvatura del tubo durante la discesa, non superi i $30 \div 35 D$ in modo da evitare eccessive sollecitazioni. In queste condizioni il tubo potrà essere eventualmente risollevato pompando aria all'interno.

6.2.6. Scavo di protezione per tratte di tubazioni da interrare:

Con il tubo adagiato sul fondo si procederà ad effettuare uno scavo con draga aspirante sotto la sede del tubo stesso in modo che il medesimo, una volta privato della base di appoggio, vada ad inserirsi in questa nicchia di protezione; in questo modo si otterrà il totale defilamento della generatrice superiore del tubo rispetto al fondale con garanzia quindi da eventuali urti accidentali o fortuiti da parte delle imbarcazioni. Nel caso che il fondale non sia sabbioso o melmoso, per cui non si possa usare la draga aspirante, si procederà ad effettuare lo scavo prima del varo con apposito mezzo meccanico montato su pontoni.

6.2.7. Ancoraggio sul fondo per le tratte semplicemente appoggiate:

E' l'ultima operazione relativa alla posa che si andrà ad eseguire. Per mezzo del personale subacqueo, sui blocchi precedentemente affondati e dotati di due anelli di tenuta, verrà ancorato il tubo di PE a.d. con appositi collari d'acciaio inossidabile; l'operazione avrà termine con il recupero delle boe di appoggio.

6.2.8. Collaudo:

Ad operazioni ultimate sarà eseguito il controllo di tutte le operazioni. Si avrà cura in particolare, con le pompe in moto, di osservare e controllare in tempi successivi il comportamento della condotta.

Capitolo 7: CASI PARTICOLARI

7.1. Condotte protette non interrate

Per condotte protette devono intendersi quelle inguainate in tubi di protezione e libere di scorrere. Trattandosi di tubazioni non a contatto con il terreno che possa contrastare eventuali dilatazioni termiche, occorre predisporre opportuni giunti di dilatazione in grado di assorbire la massima possibile variazione lineare del tubo espressa dalla formula:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$$

dove:

ΔL = variazione di lunghezza dovuta allo sbalzo termico, in mm;

α_1 = coefficiente di dilatazione termica lineare del PE a.d. che si assume comunemente in 0,2 mm/m °C;

L = lunghezza della tratta interessata, in m;

Δt = differenza fra la massima o rispettivamente la minima temperatura raggiungibile nell'ambiente in cui si trova il tubo e la temperatura di posa del tubo stesso, in °C.

Per determinare il numero dei giunti di dilatazione occorrenti nella tratta L occorre allora dividere il valore ΔL trovato per il valore dello scorrimento che ciascun giunto può consentire (questo dato deve essere richiesto al fornitore dei giunti).

Esempio:

Si debbono posare 100 m di tubo allo scoperto, in zona temperata, permanentemente all'ombra:

— temperature estreme raggiungibili: $-5\text{ °C} + 30\text{ °C}$

— temperatura di posa: $+15\text{ °C}$

— Δt (più grande di valore assoluto) $-5 - (+15) = -20\text{ °C}$

Si ha $\Delta L = 0,2 \times 100 \times (-20) = -400\text{ mm}$.

Se lo scorrimento consentito dal giunto è di $\pm 50\text{ mm}$ occorrerà interporre ad eguali distanze 8 giunti di dilatazione. Si tratta, come si vede, di variazioni dimensionali piuttosto notevoli anche per condizioni di esercizio abbastanza normali; si avrà cura quindi di limitare al minimo indispensabile la lunghezza dei tratti di condotta allo scoperto.

E' bene eseguire i calcoli dei due ΔL (positivo e negativo) e verificare che entrambi i valori siano compatibili con i dati dimensionali del giunto: il ΔL positivo dovrà essere in ogni caso inferiore alla distanza fra l'estremità del tubo e l'eventuale battuta centrale del giunto di dilatazione; il ΔL negativo dovrà essere inferiore alla distanza fra la guarnizione e la estremità del tubo.

Queste due condizioni assicurano il libero movimento del tubo nel giunto e nel contempo la continuità della tenuta stagna da parte della guarnizione.

I giunti di dilatazione possono essere:

a) giunto a soffietto in neoprene (fig. 4)

Tale tipo di giunto oltre a compensare variazioni di lunghezza assiale permette anche un certo disassamento massimo ed una deviazione angolare.

Per esempio un giunto con DN 200 consentirà:

— una compressione assiale massima pari a 35 mm

— un allungamento assiale massimo pari a 45 mm

— un disassamento massimo pari a 25 mm

— una compensazione angolare pari a 20°

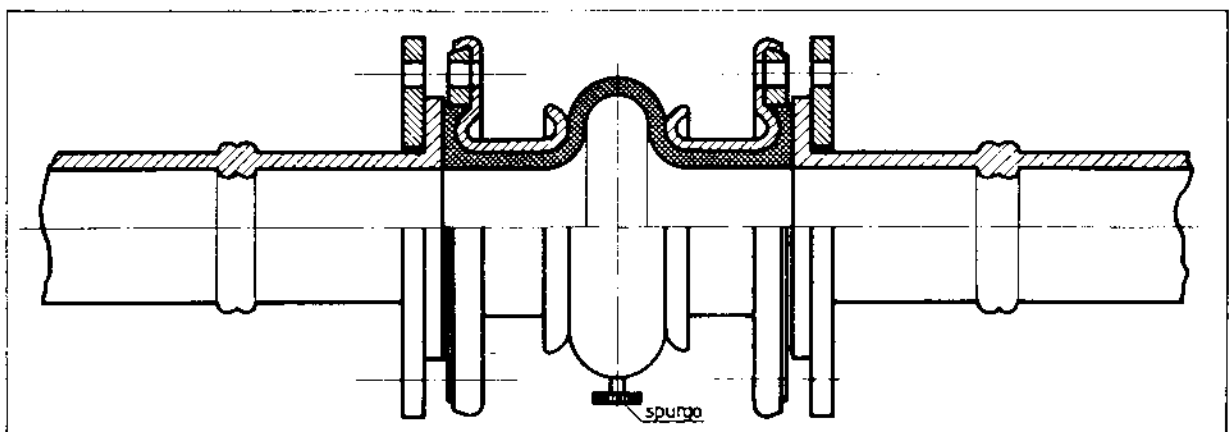


Fig. 4 - Giunto a soffietto in neoprene con collegamento alla condotta a mezzo flangia

L'unione del giunto alla condotta è realizzata a mezzo di flange dopo aver predisposto le estremità della condotta stessa con collari di appoggio e flange.

b) giunto a cannocchiale (fig. 5)

Tali giunti possono essere di:

- 1 - PE a.d.
- 2 - PP
- 3 - PVC
- 4 - Materiali metallici resistenti alla corrosione.

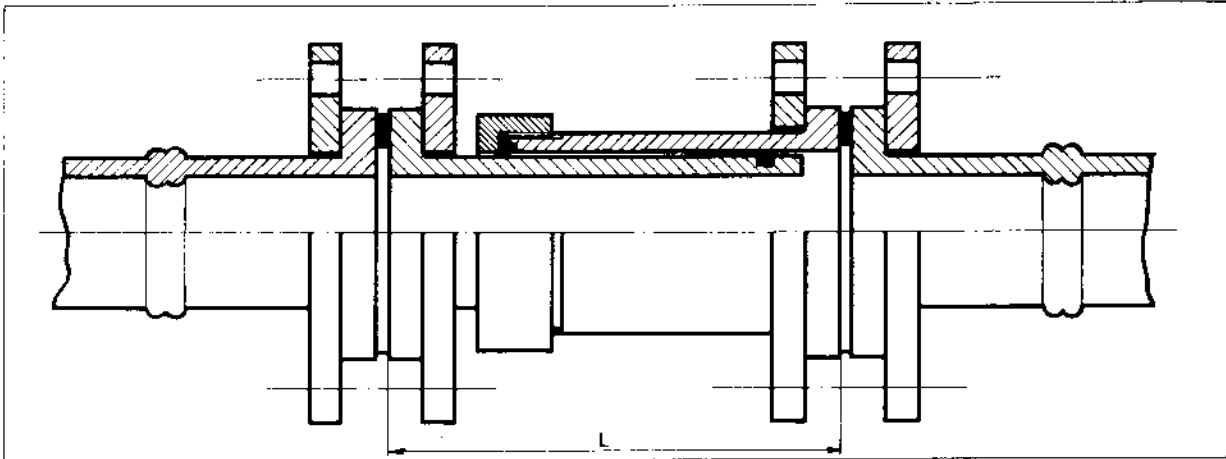


Fig. 5 - Giunto a cannocchiale con collegamento alla condotta a mezzo flangia

Anche per tali tipi di giunti il collegamento alla condotta si otterrà a mezzo di flangiatura. Per le condotte che corrono allo scoperto bisognerà inoltre prevedere dei punti di sostegno il cui numero varierà a seconda se trattasi di condotta senza o con canale di supporto (fig. 6 e fig. 7).

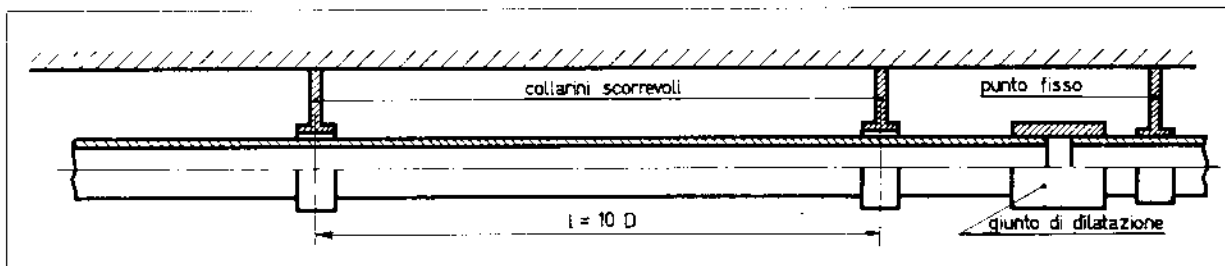


Fig. 6 - Condotta sospesa senza canale di supporto

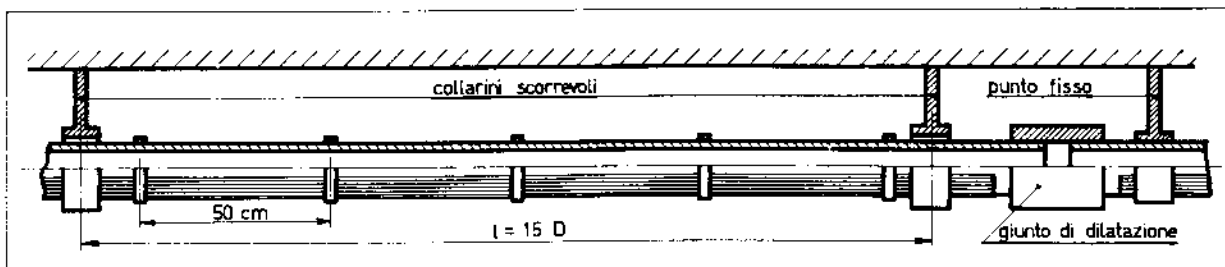


Fig. 7 - Condotta sospesa con canale di supporto

In alternativa ai giunti di dilatazione sopra descritti o nel caso ne sia impossibile l'impiego, si può operare bloccando il tubo per mezzo di punti fissi opportunamente calcolati, in modo

da far assorbire dal tubo, grazie alla sua elevata elasticità, le tensioni derivanti dalle dilatazioni assiali.

Per tale sistema è necessario eseguire un appropriato calcolo.

7.2. Innessi sulla tubazione in esercizio di un tronchetto di derivazione

Si effettua l'interruzione del flusso per il tratto di tubazione interessata (si devia lo scarico del primo pozzetto a monte del punto di derivazione) quindi si può operare come di seguito riportato alle lettere a) e b).

- a) Saldatura a gas caldo del tronchetto di derivazione, introdotto nel foro predisposto sulla tubazione.

La saldatura a gas caldo avviene con l'apporto di materiale uguale al materiale da saldare.

Il materiale base e quello di apporto vengono portati allo stato pastoso mediante soffiatura sulla bacchetta e sulla zona da saldare con gas compresso (generalmente aria disoleata e deumidificata) riscaldato. Le bacchette di apporto sono fornite in tondino da 2 a 5 mm in forma ovale o triangolare.

Occorre un accurato controllo della temperatura della corrente d'aria per un buon risultato della saldatura (circa 230 °C).

Prima della saldatura le superfici da saldare e il cordone di apporto devono essere accuratamente ripuliti.

Appena l'estremità del cordone riscaldato nella corrente di gas è sufficientemente pastosa, la si appoggia nella zona da saldare con una leggera pressione; si continua poi il riscaldamento con un movimento pendolare, appoggiando la bacchetta di apporto che verrà mantenuta leggermente curva con un angolo di incidenza inferiore ai 45°.

A saldatura effettuata il cordone avrà generalmente larghezza da 5 a 8 mm e un aspetto semilucido.

Utilizzando ugelli a saldatura rapida, il cordone di materiale d'apporto può essere guidato dallo stesso ugello, anziché a mano, permettendo velocità di saldatura più elevata. Possono essere usate anche bacchette a sezione triangolare (saldatura in passata unica) ma in questo caso il personale dovrà essere particolarmente qualificato.

Per il PE a.d. si consigliano le seguenti temperature e velocità di saldatura:

ugello rotondo:	230 ± 10 °C	12 ÷ 20 m/min.
ugello rapido:	250 ± 10 °C	40 ÷ 60 m/min.

La saldatura può anche essere eseguita con un estrusore manuale. Tale sistema viene adottato quando sono da saldare dei pezzi speciali o dei raccordi di grosso diametro e spessore considerevole. L'apparecchio consiste in un vero e proprio estrusore per materie plastiche di peso circa 8 kg; viene usato manualmente appoggiando la testa dell'estrusore stesso sui punti in cui si dovrà eseguire la saldatura. Il materiale con cui viene caricato l'attrezzo è granulo di PE a.d. delle stesse caratteristiche del tubo. L'estrusore manuale porta la materia prima a fusione ed a mezzo della vite elicoidale la espelle attraverso un ugello del diametro da 5-8-10 mm ed oltre. Il materiale fuso, che assume la forma di un cordone, viene lievemente pressato sui punti delle superfici da saldare, già predisposte in sagome ad angoli smussati.

Le stesse superfici vengono, contemporaneamente alla posa del materiale fuso, riscaldate e portate, per mezzo dello stesso estrusore manuale, allo stato plastico con insufflamento d'aria a circa 200 ÷ 220 °C. Con tale sistema si possono costruire anche i pozzetti di ispezione saldando lastre per i fondi nonché quei pezzi speciali la cui sagoma è difficilmente ricavabile con altri sistemi.

- b) Innesso del tronchetto di derivazione per mezzo di termoelemento (massello sagomato).

Si profila una estremità del tronchetto con la stessa curvatura della superficie su cui sarà saldato; quindi si riscalderà un massello sagomato bilateralmente (convesso sul lato tronchetto - concavo sul lato tubo) ad una temperatura di circa 200 °C. Si porteranno quindi allo stato plastico le superfici da saldare pressandole leggermente contro le superfici del massello; ottenuto un lieve rigonfiamento delle zone interessate, si estrarrà il massello e si presseranno le superfici rammollite, quindi si attenderà che la temperatura scenda spontaneamente a circa 60 °C.

Infine, a collegamento ultimato, si praticherà il foro sulla tubazione con frese manuali idonee all'estrazione del tassello fresato.

Il tronchetto di derivazione della condotta principale, saldato come più sopra specificato, può avere l'estremità libera o a testata liscia o bicchierata. L'unione della condotta di derivazione (allacciamento) al tronchetto potrà effettuarsi o tramite saldatura di testa (per

l'estremità a testata liscia) o tramite incollaggio (per l'estremità bicchierata) secondo le modalità esposte al punto 5.1.1.

7.3. Pozzetti di ispezione

I pozzetti di ispezione possono essere prefabbricati o realizzati in cantiere. In ogni caso si otterranno tagliando a misura un tubo di diametro opportuno e saldandolo su una piastra di PE a.d. Le tubazioni (tronchetti) di adduzione verranno saldate al pozzetto come indicato per le derivazioni.

Infine l'unione delle tubazioni ai vari tronchetti si otterrà mediante saldatura di testa o, se predisposta, mediante flangiatura. Ultimato il collegamento delle tubazioni al pozzetto lo stesso sarà rivestito da una struttura cementizia. La base d'appoggio in calcestruzzo sarà calcolata opportunamente in funzione della natura del terreno.

Si otterrà così il pozzetto finito in cui il cemento rappresenterà la struttura portante, mentre il tubo di PE a.d. rappresenterà il rivestimento interno. I tubi della condotta (tronchetti di adduzione) verranno bloccati nel cemento con anelli o collari di ancoraggio opportunamente predisposti. Tali anelli saranno ricavati da piastre di spessore $s = 20$ mm e saranno saldati d'angolo a gas caldo con sostegni di rinforzo a sezione triangolare, posti alternativamente d'ambo i lati del collare.

In fig. 8 è schematizzata la sezione di un pozzetto predisposto per il collegamento alla condotta a mezzo saldatura di testa da un lato ed a mezzo flangiatura dall'altro:

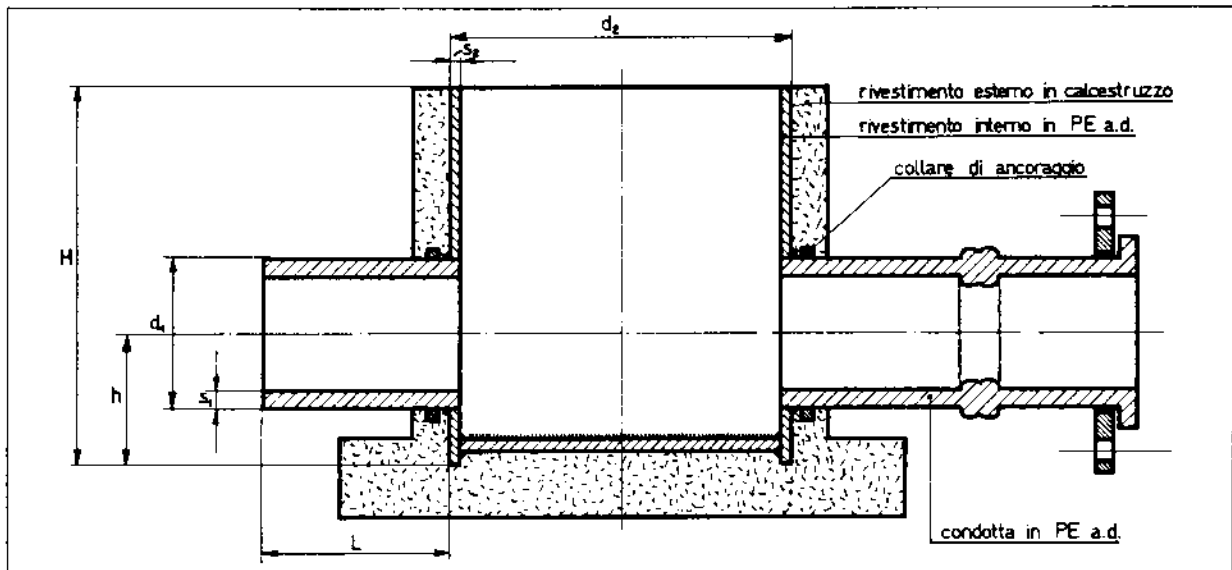


Fig. 8 - Sezione di un pozzetto di ispezione

I valori di d_2 , L , h , H varieranno in funzione del diametro della condotta d_1 ; pertanto una tabella orientativa di detti valori (tabella 1) è riportata di seguito.

In ogni caso ci si affiderà ai valori consigliati dal fabbricante od alle particolari esigenze di installazione.

TABELLA 1
VALORI ORIENTATIVI DELLE DIMENSIONI DI POZZETTI DI ISPEZIONE

d ₁ mm	s ₁ Tipo 303 mm	d ₂ mm	s ₂ mm		L mm	h mm	H mm
			PN 2,5	Tipo 303			
110	3,5	500	12,2	15,5	300/400	$\frac{d_1}{2} + 100$	800
125	3,9						
160	5,0						
200	6,2						

d _i mm	s ₁ Tipo 303 mm	d ₁ mm	s ₂ mm		L mm	h mm	H mm
			PN 2,5	Tipo 303			
250	7,8	700	17,4	22,1	300/400	$\frac{d_i}{2} + 100$	800
315 400	9,8 12,4	900	22,0	28,0	300/400	$\frac{d_i}{2} + 150$	1000
500	15,5	1000	24,4	31,0	400/500	$\frac{d_i}{2} + 150$	1000/1400
630 710 800 900	19,6 22,0 24,9 28,0	1200	29,3	37,2	500/600	$\frac{d_i}{2} + 150$	1400/1500
1000 1200	31,0 37,2	1400 *	34,2	43,4	600	$\frac{d_i}{2} + 150$	1500/1600

(*) Non previsto dalla norma

Occorre tener presente che durante la gettata di calcestruzzo, questo sottopone il tubo a schiacciamento, per cui occorrerà o riempire il tubo d'acqua per limitare la spinta oppure effettuare gettate parziali in tempi successivi, così da dar modo al calcestruzzo di consolidare volta per volta; si possono così adottare per la realizzazione dei pozzetti tubi dello spessore minimo (PN 2,5) previsto dalla norma UNI 7611, anziché tubi di spessori corrispondenti alla norma UNI 7613 (tipo 303).

Nella fig. 9 è riportato inoltre il particolare di un collare di ancoraggio che serve a bloccare la condotta al calcestruzzo che riveste il pozzetto.

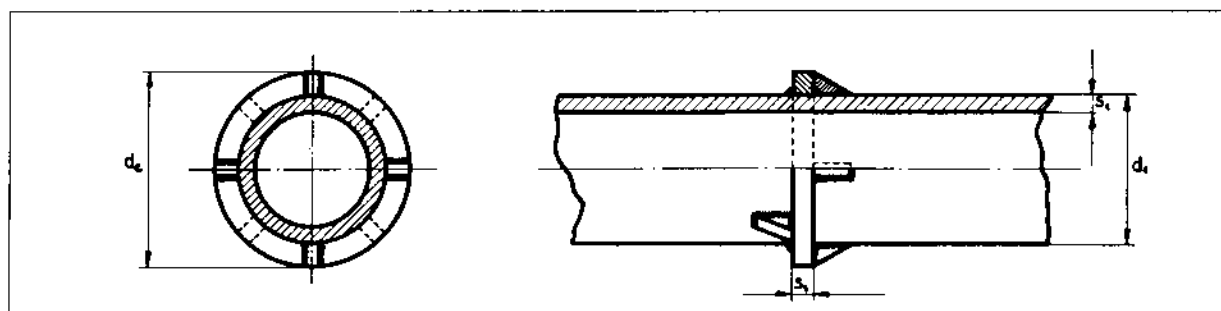


Fig. 9 - Particolare di un collare di ancoraggio

Si riportano inoltre nella tabella 2 i valori dei diametri dei collari ed il numero dei sostegni di rinforzo in funzione del diametro della condotta.

Un sistema di realizzazione di pozzetto che permetta alla condotta di conservare la sua continuità è il seguente.

Si taglia dal tratto di tubo dove sarà ubicato il pozzetto la parte superiore per circa metà del suo diametro e per una lunghezza pari alla grandezza del pozzetto.

Si ricavano sul fondo del tubo di grosso diametro le sagome semicircolari della condotta su cui il pozzetto sarà inserito.

Si salda quindi il tubo verticale nei lati estremi sagomati, sulla condotta, con cannello a gas caldo e bacchette di riporto.

TABELLA 2
DIAMETRI DEI COLLARI E NUMERO DEI SOSTEGNI DI RINFORZO

Tubo condotta d_1 (mm)	Collare d (mm)	N° sostegni di rinforzo
110	230	4
125	245	4
160	280	6
200	320	6
250	370	6
315	420	8
400	520	8
500	620	10
630	750	12
710	830	12
800	920	12
900	1025	16
1000	1130	24
1200	1330	24

Effettuata la saldatura si inseriscono a chiusura del fondo due lastre semicircolari dello spessore di $10 \div 20$ mm che saranno saldate rispettivamente, lato rettilineo sulla condotta e lato curvo internamente al pozzetto, con un angolo di $20 \div 30^\circ$.

In fig. 10 è schematizzato in due sezioni un tale tipo di pozzetto.

Si procederà quindi come nel caso precedente, cioè annegando il tutto con gettata di calcestruzzo.

Conservando la condotta la sua continuità, si potranno così evitare i collari di ancoraggio al calcestruzzo.

Per i valori di H , d_2 , L ed s_2 della figura 10 valgono gli stessi valori indicativi della tabella 1.

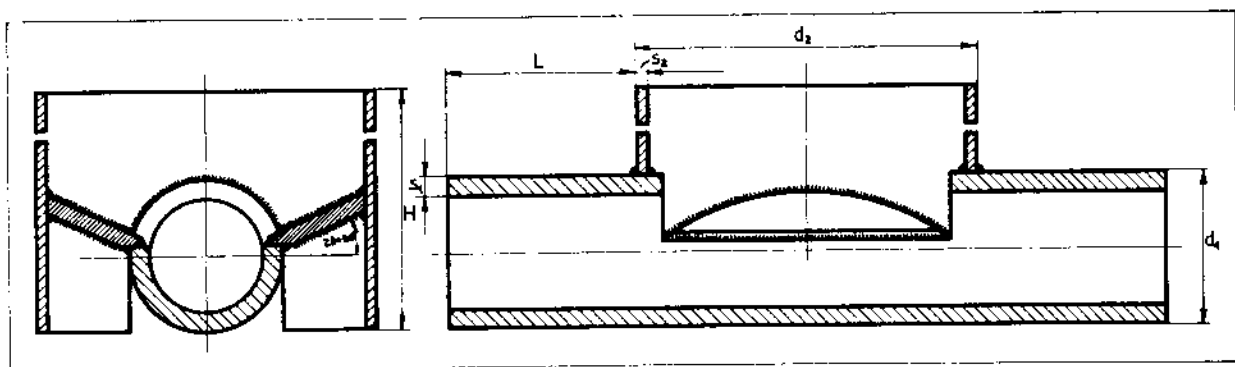
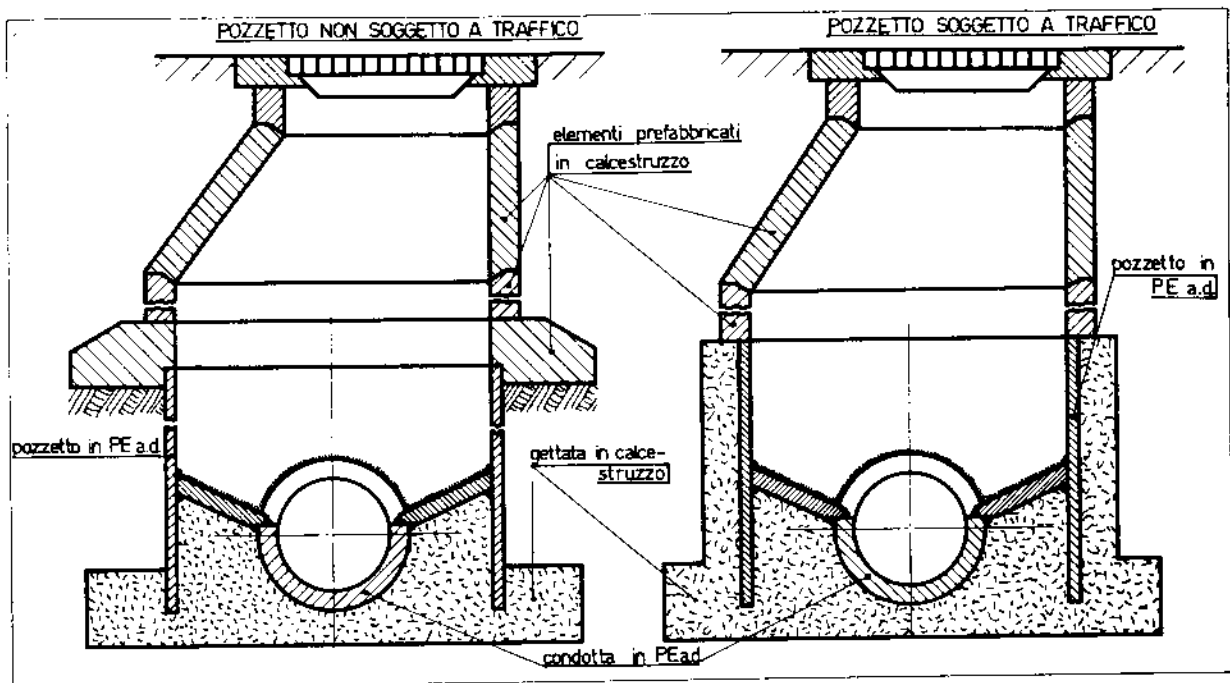


Fig. 10 - Sezioni di un pozzetto senza interruzione della condotta

In fig. 11 e 12 sono riportate le sezioni di due pozzetti da installare rispettivamente in zona non soggetta a traffico e in zona di traffico.



Figg. 11 e 12 - Sezioni di due pozzetti in zone non soggette a traffico e in zone soggette a traffico

Si può notare quindi come l'insieme di un pozzetto di ispezione sarà costituito da elementi prefabbricati; infatti mentre la cassaforma inferiore costituente il rivestimento esterno al pozzetto di polietilene è ottenuta in opera, gli elementi superiori (fino a livello di superficie) saranno prefabbricati.

Capitolo 8: COLLAUDO

Il collaudo di una tubazione di PE a.d. per acque di scarico deve accertare la perfetta tenuta della canalizzazione.

Questo accertamento si effettua sottoponendo a pressione idraulica la canalizzazione stessa mediante riempimento con acqua del tronco da collaudare (di lunghezza opportuna, in relazione alla pendenza) attraverso il pozzetto di monte, fino al livello stradale del pozzetto a valle; o adottando altro sistema idoneo a conseguire lo stesso scopo.

APPENDICE

Capitolo 9: CARATTERISTICHE - TABELLE - PROSPETTI

9.1. Caratteristiche generali del PE a.d. a 20 °C (dati medi)

Queste caratteristiche vengono indicate a titolo informativo e non sono da confondersi con quelle dei tubi previste nel prospetto III della norma UNI 7613.

— Massa volumica (UNI 7092-75)	0,945 ÷ 0,965	kg/dm ³
— Carico unitario a snervamento (UNI 5819-66)	~ 240	kgf/cm ²
— Allungamento a snervamento (UNI 5819-66)	≤ 20	%
— Modulo di elasticità a trazione (UNI 5819-66)	~ 9000	kgf/cm ²
— Coefficiente di dilatazione termica lineare (UNI 6061-67)	~ 0,2	mm/m °C
— Calore specifico	~ 0,55	kcal/kg °C
— Conduttività termica (DIN 52612)	~ 0,47	kcal/m h °C
— Resistività elettrica superficiale (UNI 4288-72)	> 10 ¹²	Ohm cm

9.2. Caratteristiche generali dei tubi di PE a.d.

I tubi di PE a.d., impiegati inizialmente per l'industria chimica data la loro particolare resi-

stenza a temperature relativamente elevate e per convogliamento di acqua potabile in zone fredde ed in terreni difficili grazie alla loro flessibilità ed alla notevole resistenza alle basse temperature, hanno richiamato l'attenzione dei progettisti e degli installatori di impianti fognari particolarmente in terreni accidentati ed in ambienti freddi, tenuto anche conto della loro ottima resistenza alla corrosione sia chimica sia elettrolitica. Ma, oltre al fattore esterno, esiste nelle condotte per fognature anche un fattore interno: le incrostazioni.

Il PE a.d., chimicamente inerte nei confronti dei sali disciolti nell'acqua nonché delle sostanze acide e alcaline contenute nei liquami domestici ed anche per effetto della estrema levigatezza della superficie interna, evita le incrostazioni che si formano su quest'ultima nei tubi fabbricati con alcuni tra i materiali tradizionali, con conseguente riduzione di portata. Per effetto di questa caratteristica il tubo di PE a.d. concorre a risolvere l'annoso problema legato alle scarse pendenze che verosimilmente si hanno nelle zone pianeggianti.

I tubi di PE a.d., oltre ad offrire un'ottima resistenza chimica ed elettrolitica e ad avere una superficie liscia e non incrostante, assicurano un'assoluta impermeabilità evitando ogni possibile diffusione di sostanze nocive dal e nel terreno circostante.

Essi presentano altre caratteristiche vantaggiose, quali:

- una portata superiore ai tubi tradizionali data la loro superficie liscia ed il basso coefficiente di scabrezza, che consente di mantenere minime perdite di carico anche nel tempo;
- buona flessibilità che consente una adattabilità alle irregolarità ed agli eventuali assestamenti del terreno senza comportare sollecitazioni dannose ai giunti;
- una leggerezza che consente notevoli economie nelle spese di trasporto e di posa;
- una garanzia di qualità definita dalle norme UNI vigenti e dal marchio di conformità alle stesse norme, sotto il controllo dell'Istituto Italiano dei Plastici.

9.3. Dimensioni e pesi dei tubi di PE a.d. previsti dalla Norma UNI 7613 (tipo 303)

Essi risultano dalla tabella 3.

Per il calcolo dei pesi, trattandosi di valori che interessano la immediata applicazione pratica, si sono considerati i seguenti parametri:

- massa volumica: 0,955 kg/dm³
- spessore: pari a quello teorico maggiorato di metà della massima tolleranza ammessa dalla norma UNI 7613.

TABELLA 3
DIMENSIONI E PESI DEI TUBI DI PE a.d.

Diametro esterno D mm	Spessori s mm	Diametro interno d mm	Superficie (corona circolare) cm ²	Superficie int. (sezione utile) cm ²	Pesi medi kg/m
110	3,5	103,0	11,71	83,28	1,21
125	3,9	117,2	14,85	107,83	1,52
160	5,0	150,0	24,33	176,63	2,48
200	6,2	187,6	37,73	276,27	3,85
250	7,8	234,4	59,32	431,31	6,01
315	9,8	295,4	93,92	685,00	9,49
400	12,4	375,2	150,92	1105,08	15,25
500	15,5	469,0	235,81	1726,69	23,78
630	19,6	590,8	375,67	2740,00	37,82
710	22,0	665,8	475,28	3481,91	47,78
800	24,9	750,2	606,02	4417,98	60,90
900	28,0	844,0	767,06	5594,67	77,00
1000	31,0	938,0	943,22	6906,78	94,71
1200	37,2	1125,6	1358,90	9950,80	136,45

9.4. Tabelle di valori orientativi dei tempi e pressioni nella saldatura di testa del PE a.d. ad una temperatura ambientale di 20 °C

TABELLA 4
TEMPI IN FUNZIONE DEGLI SPESSORI DEI TUBI

s mm	Tempo di riscaldamento ad una pressione di 0,5 kgf/cm ² sec	Tempo di interruzione del riscaldamento ed avvicinamento delle estremità dei tubi sec	Tempo per il raggiungimento della pressione di saldatura di 1,5 kgf/cm ² sec	Tempo di raffreddamento alla pressione di saldatura min
4,3- 6,8	60- 70	4- 8	6- 8	6-10
7,1-11,4	70-120	6-10	8-12	10-16
12,7-18,2	120-170	7-15	10-15	17-24
20,1-25,5	170-210	10-20	15-20	25-32
28,3-36,4	210-250	10-25	20-25	33-40

N.B.: i valori di 0,5 ed 1,5 kgf/cm² sono riferiti alla superficie da saldare.

A titolo di esempio si riportano i valori delle pressioni di riscaldamento (pr) e di saldatura (ps) in kgf/cm² lette al manometro in funzione dei diametri.

TABELLA 5
PRESSIONI PER SALDATURE DI TUBI DI PE a.d. DA D 110 mm A D 400 mm

D mm	110	125	160	200	250	315	400
s mm	3,5	3,9	5,0	6,2	7,8	9,8	12,4
pr kgf/cm ²	0,45	0,60	0,95	1,50	2,35	3,75	5,95
ps kgf/cm ²	1,35	1,80	2,90	4,50	7,00	11,20	17,90

Ad 1 kgf/cm² letto al manometro corrisponde una forza di pressione di circa 12,56 kgf avendo la saldatrice un pistone idraulico da $\varnothing = 40$ mm.

TABELLA 6
PRESSIONI PER SALDATURE DI TUBI DI PE a.d. DA D 500 mm A D 1200 mm

D mm	500	630	710	800	900	1000	1200
s mm	15,5	19,6	22,1	24,9	28,0	31,0	37,2
pr kgf/cm ²	4,45	7,05	9,00	11,40	14,45	17,75	25,55
ps kgf/cm ²	13,30	21,20	26,95	34,20	43,30	53,25	76,70

Ad 1 kgf/cm² letto al manometro corrisponde una forza di pressione di circa 26,56 kgf avendo la saldatrice 2 pistoni idraulici da $\varnothing = 42$ mm ciascuno.

9.5. Resistenza chimica del PE a.d.

I dati che seguono sono stati desunti dal Documento ISO/TC 138 (Segretariato 351) N 556 E - Dicembre 1976. Essi danno una indicazione generale sulla possibilità di impiegare canalizzazioni di PE a.d. per trasportare fluidi chimici:

- alle temperature indicate;
- senza l'influenza di sollecitazioni interne o esterne (pressione interna superiore a quella atmosferica, sollecitazioni esterne a flessione dovute a spinte di terra, ecc.).

9.5.1. Definizioni e simboli

Le definizioni ed i simboli adottati nei prospetti che seguono sono qui sotto elencati

- S = soddisfacente.
Il PE a.d. è classificato «soddisfacente» quando i risultati della sua resistenza chimica a contatto con uno stesso fluido sono considerati soddisfacenti dalla maggior parte dei Paesi che hanno partecipato a questo studio.
- L = limitata.
Il PE a.d. è classificato «limitato» quando i risultati della sua resistenza chimica a contatto con uno stesso fluido sono considerati limitati dalla maggior parte dei Paesi che hanno partecipato a questo studio. Esso è anche classificato «limitato» quando si verifica lo stesso numero di giudizi «S» ed «L».
- NS = non soddisfacente.
Il PE a.d. è così classificato quando i risultati della sua resistenza chimica a contatto con uno stesso fluido sono considerati «non soddisfacenti» dalla maggior parte dei Paesi che hanno partecipato a questo studio. Esso è anche così classificato quando si è in presenza dello stesso numero di giudizi «L» e «NS».
- 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.

Note:

- le concentrazioni indicate sono espresse come massa;
- le soluzioni acquose di prodotti chimici debolmente solubili sono considerate come soluzioni sature per ciò che riguarda la loro azione sul PE a.d.

RESISTENZA CHIMICA DEL PE a.d. AI SEGUENTI EFFLUENTI

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

Reattivi	Concentrazione	Comportamento alle seguenti temperature		Reattivi	Concentrazione	Comportamento alle seguenti temperature	
		20° C	60° C			20° C	60° C
Bromidrico (acido)	50%	S	S	Glucosio	Sol. sat.	S	L
Bromidrico (acido)	100%	S	S	Glicerina	100%	S	S
Bario (carbonato)	Sol. sat.	S	S	Glicolico (acido)	Sol.	S	S
Bario (cloruro)	Sol. sat.	S	S				
Bario (idrato)	Sol. sat.	S	S	Idrochinone	Sol. sat.	S	S
Bario (solfato)	Sol. sat.	S	S	Idrogeno	100%	S	S
Benzaldeide	100%	S	L	Idrogeno solforato	100%	S	S
Benzene	100%	L	L				
Benzoico (acido)	Sol. sat.	S	S	Latte	—	S	S
Birra	100%	S	S	Lattico (acido)	100%	S	S
Borace	Sol. sat.	S	S	Lievito	Sol.	S	S
Borico (acido)	Sol. sat.	S	S				
Bromo (gas) secco	100%	NS	NS	Magnesio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Bromo (liquido)	100%	NS	NS	Magnesio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Butano (gas)	100%	S	S	Magnesio (idrato)	Sol. sat.	S	S
Butanolo	100%	S	S	Magnesio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Butirrico (acido)	100%	S	L	Maleico	Sol. sat.	S	S
Benzina (idrocarb. alifat.)		S	L	Mercurico (cloruro)	Sol. sat.	S	S
				Mercurico (cianuro)	Sol. sat.	S	S
Calcio (carbonato)	Sol. sat.	S	S	Mercurioso (nitrato)	Sol.	S	S
Calcio (clorato)	Sol. sat.	S	S	Mercurio	100%	S	S
Calcio (cloruro)	Sol. sat.	S	S	Metanolo	100%	S	S
Calcio (idrato)	Sol. sat.	S	S	Melasse	Conc. lav.	S	S
Calcio (ipoclorito)	Sol.	S	S				
Calcio (nitrato)	Sol. sat.	S	S	Nichel (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Calcio (solfato)	Sol. sat.	S	S	Nichel (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Calcio (solfuro)	Sol. dil.	L	L	Nichel (solfato)	Sol. sat.	S	S
Carbonica (anidride) secca	100%	S	S	Nicotinico (acido)	Sol. dil.	S	—
Carbonio (bisolfuro)	100%	L	NS	Nitrico (acido)	25%	S	S
Carbonio (monossido)	100%	S	S	Nitrico (acido)	50%	L	NS
Carbonio (tetracloruro)	100%	L	NS	Nitrico (acido)	75%	NS	NS
Cloro (gas) secco	100%	L	NS	Nitrico (acido)	100%	NS	NS
Cloro (acqua di)	Sol. sat.	L	NS				
Cloridrico (acido)	10%	S	S	Oleico (acido)	100%	S	L
Cloridrico (acido)	Conc.	S	S	Oli e grassi	—	S	L
Cloroacetico (acido)	Sol.	S	S	Ortofosforico (acido)	50%	S	L
Cloroformio	100%	NS	NS	Ortofosforico (acido)	95%	S	L
Clorometano	100%	L	—	Ossalico (acido)	Sol. sat.	S	S
Cromico (acido)	20%	S	L	Ossigeno	100%	S	L
Cromico (acido)	50%	S	L	Ozono	100%	L	NS
Citrico (acido)	Sol. sat.	S	S				
Cresilico (acido)	Sol. sat.	L	—	Picrico (acido)	Sol. sat.	S	—
Cicloesanol	100%	S	S	Piombo (acetato)	Sol. sat.	S	—
Cicloesanone	100%	S	L	Potassio (bromato)	Sol. sat.	S	S
Cianidrico (acido)	10%	S	S	Potassio (bromuro)	Sol. sat.	S	S
				Potassio (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Decaidronaftalene	100%	S	L	Potassio (clorato)	Sol. sat.	S	S
Destrina	Sol.	S	S	Potassio (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Diethylico (etere)	100%	L	—	Potassio (cromato)	Sol. sat.	S	S
Dioctile (ftalato)	100%	S	L	Potassio (cianuro)	Sol.	S	S
Diossano	100%	S	S	Potassio (bicromato)	Sol. sat.	S	S
				Potassio (ferricianuro)	Sol. sat.	S	S
Etilene (glicole)	100%	S	S	Potassio (ferrocianuro)	Sol. sat.	S	S
Etanolo	40%	S	L	Potassio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S
Etile (acetato)	100%	S	NS	Potassio (ortofosfato)	Sol. sat.	S	S
Eptano	100%	S	NS	Potassio (bisolfato)	Sol. sat.	S	S
				Potassio (bisolfato)	Sol.	S	S
Fenolo	Sol.	S	S	Potassio (idrato)	10%	S	S
Ferrico (cloruro)	Sol. sat.	S	S	Potassio (idrato)	Sol.	S	S
Ferrico (nitrato)	Sol.	S	S	Potassio (ipoclorito)	Sol.	S	L
Ferrico (solfato)	Sol. sat.	S	S	Potassio (nitrato)	Sol. sat.	S	S
Ferroso (cloruro)	Sol. sat.	S	S	Potassio (perclorato)	Sol. sat.	S	S
Ferroso (solfato)	Sol. sat.	S	S	Potassio (permanganato)	20%	S	S
Fluoro (gas)	100%	NS	NS	Potassio (persolfato)	Sol. sat.	S	S
Fluoridrico (acido)	4%	S	S	Potassio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Fluoridrico (acido)	60%	S	L	Potassio (solfato)	Sol. sat.	S	S
Fluosilicico (acido)	40%	S	S	Potassio (solfuro)	Sol.	S	S
Formaldeide	40%	S	S	Propionico (acido)	50%	S	S
Formico (acido)	50%	S	S	Propionico (acido)	100%	S	L
Formico (acido)	98-100%	S	S	Piridina	100%	S	L
Fosforo (tricloruro)	100%	S	L				
Furfurilico (acido)	100%	S	L	Rame (cloruro)	Sol. sat.	S	S

Reattivi	Concentrazione	Comportamento alle seguenti temperature		Reattivi	Concentrazione	Comportamento alle seguenti temperature	
		20 °C	60 °C			20 °C	60 °C
Rame (nitrato)	Sol. sat.	S	S	Solfonica (anidride)	100 ^o	NS	NS
Rame (solfato)	Sol. sat.	S	S	Solfonico (acido)	10 ^o	S	S
Salicilico (acido)	Sol. sat.	S	S	Solfonico (acido)	50 ^o	S	S
Sodio (benzoato)	Sol. sat.	S	S	Solfonico (acido)	98 ^o	S	NS
Sodio (bromuro)	Sol. sat.	S	S	Solfonico (acido)	Fumante	NS	NS
Sodio (carbonato)	Sol. sat.	S	S	Solfonoso (acido)	30 ^o	S	S
Sodio (clorato)	Sol. sat.	S	S	Sviluppatore fotogr.	Conc. lav.	S	S
Sodio (cloruro)	Sol. sat.	S	S	Tannico (acido)	Sol.	S	S
Sodio (cianuro)	Sol. sat.	S	S	Tartarico (acido)	Sol.	S	S
Sodio (ferricianuro)	Sol. sat.	S	S	Tionide (cloruro)	100 ^o	NS	NS
Sodio (ferrocianuro)	Sol. sat.	S	S	Toluene	100 ^o	L	NS
Sodio (fluoruro)	Sol. sat.	S	S	Tricloroetilene	100 ^o	NS	NS
Sodio (bicarbonato)	Sol. sat.	S	S	Trietanolamina	Sol.	S	L
Sodio (bisolfato)	Sol.	S	S	Urea	Sol.	S	S
Sodio (idrato)	40 ^o	S	S	Urina	—	S	S
Sodio (idrato)	Sol.	S	S	Vino	—	S	S
Sodio (ipoclorito)	15% cloro	S	S	Xilene	100 ^o	L	NS
Sodio (nitrato)	Sol. sat.	S	S	Zinco (carbonato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (nitrito)	Sol. sat.	S	S	Zinco (cloruro)	Sol. sat.	S	S
Sodio (ortofosfato)	Sol. sat.	S	S	Zinco (ossido)	Sol. sat.	S	S
Sodio (solfato)	Sol. sat.	S	S	Zinco (solfato)	Sol. sat.	S	S
Sodio (solfuro)	Sol. sat.	S	S				
Stannico (cloruro)	Sol. sat.	S	S				
Stannoso (cloruro)	Sol. sat.	S	S				
Solforosa (anidride secca)	100 ^o	S	S				

FLUIDI CHE POSSONO ESSERE TRASPORTATI A PRESSIONE ATMOSFERICA
FINO A 60 °C A MEZZO DI TUBI DI PE a.d. CHE NON SUBISCANO SOLLECITAZIONI ESTERNE

(Fluidi classificati «S» a 20 °C e a 60 °C)

Fluidi	Concentrazione	Fluidi	Concentrazione
Acetico (acido)	10 ^o	Calcio (carbonato)	Sol. sat.
Aceto	—	Calcio (clorato)	Sol. sat.
Adipico (acido)	Sol. sat.	Calcio (cloruro)	Sol. sat.
Allilico (alcol)	98 ^o	Calcio (idrato)	Sol. sat.
Allume	Sol.	Calcio (ipoclorito)	Sol.
Alluminio (cloruro)	Sol. sat.	Calcio (nitrato)	Sol. sat.
Alluminio (fluoruro)	Sol. sat.	Calcio (solfato)	Sol. sat.
Alluminio (solfato)	Sol. sat.	Carbonica (anidride) secca	100 ^o
Ammoniaca (gas)	100 ^o	Carbonio (monossido)	100 ^o
Ammoniaca (liquefatta)	100 ^o	Cloridrico (acido)	10 ^o
Ammoniacale (acqua)	Sol. dil.	Cloridrico (acido)	Conc.
Ammonio (cloruro)	Sol. sat.	Cloroacetico (acido)	Sol.
Ammonio (fluoruro)	Sol.	Citrico (acido)	Sol. sat.
Ammonio (nitrato)	Sol. sat.	Cicloesano	Sol. sat.
Ammonio (solfato)	Sol. sat.	Cianidrico (acido)	10 ^o
Ammonio (solfuro)	Sol.	Destrina	Sol.
Antimonio (tricloruro)	90 ^o	Diossano	100 ^o
Arsenico (acido)	Sol. sat.	Etilene (glicole)	100 ^o
Acqua ossigenata	30 ^o	Ferrico (cloruro)	Sol. sat.
Acqua	—	Ferrico (nitrato)	Sol.
Argento (acetato)	Sol. sat.	Ferrico (solfato)	Sol. sat.
Argento (cianuro)	Sol. sat.	Ferroso (cloruro)	Sol. sat.
Argento (nitrato)	Sol. sat.	Ferroso (solfato)	Sol. sat.
Bario (carbonato)	Sol. sat.	Fluosilicico (acido)	40 ^o
Bario (cloruro)	Sol. sat.	Formaldeide	40 ^o
Bario (idrato)	Sol. sat.	Formico (acido)	50 ^o
Bario (solfato)	Sol. sat.	Formico (acido)	98-100 ^o
Bromidrico (acido)	50 ^o	Fenolo	Sol.
Bromidrico (acido)	100 ^o	Fluoridrico (acido)	4 ^o
Benzoico (acido)	Sol. sat.	Glucosio	Sol. sat.
Birra	—	Glicerina	100 ^o
Borace	Sol. sat.	Glicolico (acido)	Sol.
Borico (acido)	Sol. sat.		
Butano (gas)	100 ^o		
Butanolo	100 ^o		

Fluidi	Concentrazione	Fluidi	Concentrazione
Idrogeno	100%	Potassio (perclorato)	Sol. sat.
Idrogeno solforato	100%	Potassio (permanganato)	20%
Idrochinone	Sol. sat.	Potassio (persolfato)	Sol. sat.
Latte	—	Potassio (solfato)	Sol. sat.
Lattico (acido)	100%	Potassio (solfuro)	Sol.
Lievito	Sol.	Propionico (acido)	50%
Magnesio (carbonato)	Sol. sat.	Salicilico (acido)	Sol. sat.
Magnesio (cloruro)	Sol. sat.	Sodio (benzoato)	Sol. sat.
Magnesio (idrato)	Sol. sat.	Sodio (bromuro)	Sol. sat.
Magnesio (nitrato)	Sol. sat.	Sodio (carbonato)	Sol. sat.
Maleico (acido)	Sol. sat.	Sodio (clorato)	Sol. sat.
Mercurico (cloruro)	Sol. sat.	Sodio (cloruro)	Sol. sat.
Mercurico (cianuro)	Sol. sat.	Sodio (cianuro)	Sol. sat.
Mercurioso (nitrato)	Sol.	Sodio (ferricianuro)	Sol. sat.
Mercurio	100%	Sodio (ferrocianuro)	Sol. sat.
Metanolo	100%	Sodio (fluoruro)	Sol. sat.
Melasse	Conc. lav.	Sodio (bicarbonato)	Sol. sat.
Nichel (cloruro)	Sol. sat.	Sodio (bisolfito)	Sol.
Nichel (nitrato)	Sol. sat.	Sodio (idrato)	40%
Nichel (solfato)	Sol. sat.	Sodio (idrato)	Sol.
Nitrico (acido)	25%	Sodio (ipoclorito)	15% cloro
Ortofosforico (acido)	50%	Sodio (nitrato)	Sol. sat.
Ossalico (acido)	Sol. sat.	Sodio (nitrito)	Sol. sat.
Potassio (bromato)	Sol. sat.	Sodio (ortofosfato)	Sol. sat.
Potassio (bromuro)	Sol. sat.	Sodio (solfato)	Sol. sat.
Potassio (carbonato)	Sol. sat.	Sodio (solfuro)	Sol. sat.
Potassio (clorato)	Sol. sat.	Solforico (acido)	10%
Potassio (cloruro)	Sol. sat.	Solforico (acido)	50%
Potassio (cromato)	Sol. sat.	Stannico (cloruro)	Sol. sat.
Potassio (cianuro)	Sol.	Stannoso (cloruro)	Sol. sat.
Potassio (bicromato)	Sol. sat.	Solforosa (anidride) secca	100%
Potassio (ferricianuro)	Sol. sat.	Solforoso (acido)	30%
Potassio (ferrocianuro)	Sol. sat.	Sviluppatore fotogr.	Conc. lav.
Potassio (fluoruro)	Sol. sat.	Tannico (acido)	Sol.
Potassio (bicarbonato)	Sol. sat.	Tartarico (acido)	Sol.
Potassio (bisolfato)	Sol. sat.	Urea	Sol.
Potassio (bisolfito)	Sol. sat.	Urina	—
Potassio (idrato)	10%	Vino	—
Potassio (idrato)	Sol.	Zinco (carbonato)	Sol. sat.
Potassio (nitrato)	Sol. sat.	Zinco (cloruro)	Sol. sat.
Potassio (ortofosfato)	Sol. sat.	Zinco (ossido)	Sol. sat.
		Zinco (solfato)	Sol. sat.

FLUIDI CHE POSSONO ESSERE TRASPORTATI A PRESSIONE ATMOSFERICA

FINO A 20 °C A MEZZO DI TUBI DI PE a.d. CHE NON SUBISCANO SOLLECITAZIONI ESTERNE

(Fluidi classificati «S» a 20 °C)

Fluidi	Concentrazione	Fluidi	Concentrazione
Acetaldeide	100%	Etil acetato	100%
Acetico (acido) glaciale	> 96%	Furfurilico (alcool)	100%
Acetica (anidride)	100%	Fluoridrico (acido)	60%
Amile (acetato)	100%	Fosforo (tricloruro)	100%
Amile (alcool)	100%	Nicotinico (acido)	Sol. dil.
Anilina	100%	Oli e grassi	—
Acqua ossigenata	90%	Oleico (acido)	100%
Benzaldeide	100%	Ortofosforico (acido)	95%
Benzina (idrocarburi alifatici)	—	Ossigeno	100%
Butirrico (acido)	100%	Picrico (acido)	Sol. sat.
Cromico (acido)	20%	Piombo (acetato)	Sol. sat.
Cromico (acido)	50%	Potassio (ipoclorito)	Sol.
Cicloesane	100%	Propionato (acido)	100%
Decaidronaftalene	100%	Piridina	100%
Diottilftalato	100%	Solforico (acido)	98%
Eptano	100%	Trietanolamina	Sol.
Etano	40%		

FLUIDI DA NON TRASPORTARE A MEZZO DI TUBI DI PE a.d.

(Fluidi classificati «NS» a 20 °C e a 60 °C, fluidi classificati «L» a 20 °C e «NS» a 60 °C)

Fluidi	Concentrazione	Fluidi	Concentrazione
Acqua regia	HCl/HNO ₃ = 3/1	Nitrico (acido)	da 50% a 100%
Bromo (gas) secco	100%	Ozono	100%
Bromo liquido	100%	Solforico (acido)	Fumante
Carbonio (bisolfuro)	100%	Solfonica (anidride)	100%
Carbonio (tetracloruro)	100%	Tionile (cloruro)	100%
Cloro (gas) secco	100%	Toluene	100%
Cloro (acqua di)	Sol. sat.	Tricloroetilene	100%
Cloroformio	100%	Xilene	100%
Fluoro (gas)	100%		

Si fa presente che la norma UNI 7613 riferendosi a scarichi di acque civili ed industriali pone come limite massimo di temperatura del fluido condottato 40 °C.

9.6. Formule e tabelle per il calcolo delle portate e delle velocità in funzione del diametro, della pendenza e del grado di riempimento di una fognatura

Il significato dei simboli usati in questo paragrafo è il seguente:

Q = portata in m³/secondo

V = velocità in m/secondo

S = sezione bagnata del tubo in m²

P = perimetro della sezione bagnata del tubo in m

R = $\frac{S}{P}$ raggio medio della sezione bagnata in m

d = diametro interno del tubo in m

h = altezza del liquido nel tubo in m

r = $\frac{h}{d}$ grado di riempimento della condotta

i = pendenza in m/m

c = coefficiente di scabrezza della condotta: per il PE a.d. = 0,06

Per il calcolo idraulico delle fognature di PE a.d. si impiega abitualmente la formula di Chézy:

$$V = K \sqrt{R i} \quad (1)$$

dove, conformemente alla seconda espressione di Bazin:

$$K = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}} = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + c} \quad (2)$$

Poichè, per ogni grado di riempimento della condotta, si ha:

$$Q = S V \quad (3)$$

sostituendo nella (3) i valori dati dalla (1) e dalla (2) si ottiene:

$$Q = \frac{87 S R \sqrt{i}}{\sqrt{R} + 0,06} \quad (4)$$

La (4), per pendenza $i = 1\% = 0,01$ diventa:

$$Q = \frac{8,7 S R}{\sqrt{R} + 0,06} \quad (5)$$

Le tabelle n. 7 e 8 riportano la portata — calcolata con la (5) e la velocità — calcolata con la (3) — per i singoli diametri interni corrispondenti alla norma UNI 7613 tipo 303 in relazione ai diversi gradi di riempimento r, per la pendenza dell'1%.

TABELLA 7
PORTATA IN l/s, IN FUNZIONE DEL GRADO DI RIEMPIMENTO PER PENDEZZA 1%

I	Diametro esterno in mm (norma UNI 7613 - Tipo 303)													
	110	125	160	200	250	315	400	500	630	710	800	900	1000	1200
1,00	8,48	11,90	22,71	40,79	72,83	132,72	246,32	437,93	792,83	1078,18	1462,75	1977,51	2590,35	4125,80
0,91	8,99	12,66	24,11	43,17	76,98	140,08	259,60	460,94	833,54	1132,94	1536,18	2075,78	2717,84	4325,77
0,83	8,48	11,94	22,73	40,72	72,63	132,09	244,78	434,53	785,66	1067,71	1477,70	1955,59	2560,90	4076,54
0,70	7,03	9,86	18,87	33,78	60,21	109,51	203,11	360,65	652,18	886,41	1201,96	1624,06	2126,44	3384,51
0,60	5,67	7,94	15,18	27,20	48,55	88,42	163,96	291,25	526,87	716,28	971,48	1312,90	1719,28	2737,19
0,50	4,22	5,93	11,35	20,36	36,38	66,35	123,11	218,82	396,20	563,11	731,01	988,24	1294,53	2061,85
0,40	2,88	4,03	7,69	13,86	24,78	45,19	83,99	149,49	270,95	368,67	500,47	676,94	887,06	1413,87
0,30	1,86	2,33	4,50	8,12	14,57	26,66	49,65	88,51	160,69	218,84	297,31	402,45	527,74	842,03
0,20	0,76	1,06	2,01	3,66	6,52	12,14	22,67	40,57	73,89	100,78	140,25	185,83	243,95	389,97
0,10	0,17	0,24	0,48	0,89	1,58	2,95	5,55	9,98	18,30	25,05	34,16	46,44	61,11	98,10
0,09	0,13	0,19	0,37	0,68	1,23	2,29	4,32	7,77	14,26	19,54	26,68	36,30	47,78	76,76
0,08	0,10	0,15	0,29	0,52	0,95	1,77	3,33	6,02	11,04	15,10	20,69	28,13	37,08	58,63
0,07	0,08	0,11	0,22	0,40	0,73	1,36	2,58	4,66	8,59	11,75	16,05	21,89	28,84	46,43
0,06	0,06	0,08	0,16	0,28	0,51	0,95	1,79	3,25	5,97	8,24	11,26	15,36	20,24	32,60
0,05	0,03	0,05	0,10	0,18	0,34	0,63	1,19	2,17	4,01	5,53	7,55	10,29	13,62	21,97

TABELLA 8
VELOCITA' IN m/s, IN FUNZIONE DEL GRADO DI RIEMPIMENTO PER PENDEZZA 1%

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

Per pendenze diverse dall'1% i valori della portata Q' e della velocità V' risultano, applicando rispettivamente la (4) e la (1):

$$Q' = Q 10 \sqrt{i}$$

$$V' = V 10 \sqrt{i}$$

Il fattore di conversione $10 \sqrt{i}$ per le pendenze comprese fra 0,05‰ e 100‰ è riportato nella tabella 9.

TABELLA 9

VALORI DI: $10 \sqrt{i}$ PER PENDENZE DA 0,05‰ A 100‰

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