

DIPARTIMENTO POLITICHE DELLO SVILUPPO RURALE E DELLA PESCA  
Servizio Sviluppo della Competitività e Fondo di Solidarietà - DPD018

CONSORZIO DI BONIFICA OVEST - BACINO LIRI GARIGLIANO  
AVEZZANO (AQ)

**INTERVENTI STRUTTURALI SULL'IMPIANTO IRRIGUO  
DI LUCO DEI MARSÌ MEDIANTE ADEGUAMENTO NORMATIVO  
E MESSA IN SICUREZZA TRAMITE LA REALIZZAZIONE DI NUOVE  
INFRASTRUTTURE IRRIGUE ED INVESTIMENTI IN  
DISPOSITIVI ELETTRONICI E CONTATORI**

**PROGETTO ESECUTIVO - CANTIERABILE**

Elaborato:

**DISCIPLINARE TUBAZIONI IN ACCIAIO**



Progettista :  
Dott. Ing. Marco Conte

Geom. Francesco Marcellitti

Collaboratori :

Settore Catasto:  
Sig.ra Eleonora Viglione  
Dott. Alessandro Raschiato

Settore Tecnico:  
Perito Elettronico Francesco Colizza



CR.U.P. :  
Geom. Filippo Zaurrini

Collaboratori :

Settore Amministrativo:  
Dott. Antonio Di Paolo  
Rag. Roberto D'Amico

Settore Tecnico:  
Geom. Francesco Marcellitti

TAVOLA

**A04**

Scala:

Data: Agosto 2021

APPROVAZIONI

---

## DISCIPLINARE PER LA FORNITURA DEI MATERIALI TUBOLARI IN ACCIAIO

### NOTA

Il presente disciplinare contempla sia le modalità di calcolo e sia le condizioni di fornitura delle tubazioni e dei pezzi speciali.

Delle modalità di calcolo delle tubazioni si è tenuto conto in sede di progettazione dell'acquedotto e per questo si rinvia alle relazioni specialistiche.

Le condizioni di fornitura formeranno parte integrante del capitolato speciale di appalto e dell'elenco dei prezzi.

---

## INDICE

<b>1. TUBAZIONI.....</b>	<b><a href="#">3</a></b>
<b>2. TOLLERANZE.....</b>	<b><a href="#">3</a></b>
<b>3. CALCOLI DI STABILITÀ.....</b>	<b><a href="#">4</a></b>

---

Il presente disciplinare stabilisce le caratteristiche dei manufatti tubolari di acciaio e dei relativi rivestimenti protettivi, nonché le prove di controllo sistematico e di accettazione cui detti materiali dovranno essere assoggettati.

## **1. Tubazioni**

Per quanto riguarda i tubi ottenuti per saldatura da lamiera si fa riferimento alla Circolare n.2136 in data 5.05.1966 del Ministero dei Lavori Pubblici le cui prescrizioni, per quanto applicabili, si intendono acquisite nel presente disciplinare.

Le prescrizioni che seguono si riferiscono ai tubi di acciaio per acquedotti, ricavati da lamiera curvate con saldature longitudinali e elicoidali, con estremità per giunzioni di testa o da bicchiere.

L'acciaio delle lamiere deve essere di qualità ed avere di norma caratteristiche meccaniche e chimiche rientranti in uno dei tipi di acciaio saldabili delle tabelle UNI 7070/72 o caratteristiche analoghe purché rientranti nei seguenti limiti:

- carico unitario di rottura a trazione non minore di 34 kg/mm<sup>2</sup>;
- rapporto tra carico di snervamento e carico di rottura non superiore a 0.80;
- contenuto di carbonio non maggiore di 0.29%;
- contenuto di fosforo non maggiore di 0.05%;
- contenuto di zolfo non maggiore di 0.05%;
- contenuto di fosforo e di zolfo nel complesso non maggiore di 0.08%;
- contenuto di manganese non maggiore di 1.20%;
- contenuto di carbonio e di manganese tali che la somma del contenuto di carbonio e di 1/6 di quello di manganese non sia superiore a 0.45%.

Le prescrizioni di cui sopra saranno suscettibili di aggiornamento in relazione all'adozione di norme di unificazione internazionale.

## **2. Tolleranze**

a) spessore della lamiera al di fuori dei cordoni di saldatura:

- in meno: 12.5% ed eccezionalmente 15% in singole zone per lunghezze non maggiori del doppio del diametro del tubo;
- in più: limitate dalle tolleranze sul peso;

b) diametro esterno  $\pm 1.5\%$  con un minimo di 1 mm;

- 
- c) diametro esterno delle estremità calibrate dei tubi con estremità liscia per saldatura di testa per una lunghezza non maggiore di 200 mm dalle estremità;  $\pm 1$  mm per tubi del diametro fino a 250 mm; + 2.5 mm; - 1 mm per tubi del diametro oltre i 250 mm.

L'ovalizzazione della sezione di estremità sarà tollerata entro limiti tali da non pregiudicare l'esecuzione a regola d'arte della giunzione per saldatura di testa.

- d) sul diametro interno del bicchiere per giunti a bicchiere per saldatura + 3 mm. Non sono ammesse tolleranze in meno;
- e) sul peso calcolato in base alle dimensioni teoriche ed al peso specifico di  $7.85 \text{ kg/dm}^3$  sono ammesse le seguenti tolleranze:
- sul singolo tubo: +10%, -8%;
  - per partite di almeno 10 t:  $\pm 7.5\%$ .

### **3. Calcoli di stabilità**

**A)** La resistenza dei singoli elementi delle condotte verrà verificata nel modo più rigoroso compatibilmente con le possibilità di soluzione dei problemi statici offerte dagli attuali procedimenti della Scienza delle costruzioni.

In particolare si dovrà tenere anche conto: dell'angolo di deviazione dell'asse degli spicchi che formano le curve, quando esso sia superiore a  $6^\circ$ ; della conicità dei singoli elementi per angoli al vertice del cono superiori a  $16^\circ$ ; della variabilità della sollecitazione circonferenziale nello spessore dei tubi se il rapporto tra spessore e diametro interno è maggiore di 0,05.

Per i casi complessi, che non si possono far rientrare nelle più note ed accettate schematizzazioni matematiche, e per i quali il calcolo può dare solo indicazioni grossolane, si dovrà fare ricorso a studi su modello quando la sicura determinazione dello stato di sollecitazioni dei pezzi in esame sia fondamentale per la sicurezza della condotta.

Per i pezzi di minore importanza sarà sufficiente assumere un coefficiente di sicurezza più elevato di quello normalmente ammesso per i pezzi verificabili con calcolo rigoroso, come è precisato più avanti al punto E.3.2.

Ove possibile, le valutazioni teoriche relative ai pezzi più importanti verranno verificate con apposite misure durante le prove della condotta.

Le sollecitazioni dovute a perturbazioni locali provocate da aperture di grandi dimensioni per passi d'uomo o simili, da appoggi concentrati, da attacchi flangiati, staffe

---

di rinforzo, diramazioni a più vie, dovranno anch'esse venire compiutamente calcolate ai fini della verifica di resistenza del materiale nella zona perturbata, che sarà eseguita come detto al punto E.2.

## **B) Ipotesi di calcolo**

*B.1)* I carichi di diversa natura che sollecitano gli elementi delle condotte vengono raggruppati nelle seguenti tre categorie:

- a) carichi di carattere normale;
- b) carichi di carattere saltuario;
- c) carichi di carattere eccezionale.

*B.2)* In ogni caso lo stato di sollecitazione del materiale è determinato dall'azione complessiva di tutte le forze agenti nel piano trasversale ed in quelli longitudinali della tubazione. Queste sono principalmente: la spinta interna dell'acqua ed esterna di eventuali falde acquifere, il peso dei tubi, dell'acqua in essi contenuta, di eventuali materiali di ricoprimento; le forze derivanti dalle variazioni di temperatura rispetto a quella di posa in opera, e dalle caratteristiche di vincolo della struttura che ne condizionano le possibilità di deformazione.

Il calcolo delle sollecitazioni sarà effettuato tenendo contemporaneamente conto, in ciascun punto della condotta, delle condizioni più gravose dovute ai carichi di seguito precisati e alle variazioni termiche e alle caratteristiche di vincolo pure indicate per ciascuna categoria di carico.

### **B.3) Carichi di carattere normale**

Sono quelli che agiscono durante il normale esercizio delle condotte, e precisamente:

- a) pressione interna massima (pressione di calcolo). In ogni sezione della condotta è la maggiore tra quelle di seguito definite:
  - pressione corrispondente al livello statico massimo nella camera di carico o nel pozzo piezometrico aumentata della sovrappressione di colpo d'ariete massima d'esercizio, che sarà considerata variabile linearmente lungo lo sviluppo della condotta salvo diversa precisazione;
  - sovrappressione costante corrispondente all'oscillazione massima di livello nella camera di carico o nel pozzo piezometrico.

---

La sovrappressione di colpo d'ariete da considerare in corrispondenza dell'organo di chiusura subito a monte delle macchine non potrà in ogni caso essere inferiore al 10% della pressione statica massima agente in quel punto.

Per le condotte in galleria bloccate con calcestruzzo verrà precisata all'atto esecutivo la pressione massima che può essere assunta dalla roccia, oppure sarà prescritto il coefficiente di sicurezza in base al quale dimensionare la tubazione supposta libera;

- b) peso della tubazione e dell'acqua in essa contenuta;
- c) sovraccarichi derivanti da materiali di ricoprimento, dalla neve, dal vento;
- d) forze derivanti dall'attrito sulle selle di appoggio e nei giunti in dipendenza del loro interesse e tipo: per il calcolo delle conseguenti forze longitudinali si adotteranno coefficienti d'attrito non inferiore ai seguenti:
  - per appoggi realizzati su rulli  $f = 0,1$ ;
  - per appoggi realizzati tra superfici metalliche non lubrificate  $f = 0,4$ ;
  - per giunti di dilatazione  $f = 0,3$ .

Se la condotta non ha giunti di dilatazione fra blocchi d'ancoraggio consecutivi, si dovranno calcolare le forze longitudinali dovute all'impedita dilatazione o contrazione del tubo.

- e) forze longitudinali derivanti, per le condotte prive di giunti di dilatazione, da impedita deformazione (effetto Poisson) e da variazioni termiche.

La variazione termica da mettere in conto è la differenza massima che si può presentare nel metallo tra la sua temperatura di esercizio con condotta piena d'acqua e quella alla quale è avvenuta la chiusura dell'ultimo giunto fra due ancoraggi.

Detta variazione non può comunque essere assunto inferiore a  $\pm 10$  °C.

- f) forze dovute a spinte idrauliche su fondi, variazioni di sezioni, curve, ecc.

#### B.4) Carichi di carattere saltuario

Sono quelli che si verificano a tubazione vuota e durante il riempimento ed il vuotamento della condotta, e precisamente:

- a) peso della tubazione e dell'acqua in essa contenuta;
- b) sovraccarichi derivanti da materiale di ricoprimento, dalla neve, dal vento;
- c) forze derivanti dall'attrito sulle selle d'appoggio e nei giunti, che saranno calcolate secondi i criteri esposti al punto B.3.d;

---

d) forze longitudinali derivanti da variazioni termiche, per condotte prive di giunti di dilatazione.

La variazione termica da considerare è la differenza massima che si può presentare nel metallo tra la sua temperatura a condotta vuota e quella alla quale è avvenuta la chiusura dell'ultimo giunto fra due ancoraggi.

Tale variazione non può comunque essere assunta inferiore a  $\pm 30$  °C per le tubazioni all'aperto e di  $\pm 10$  °C per quelle interrate o installate in galleria.

#### **B.5) Carichi di carattere eccezionale**

Sono quelli che si possono presentare solo eccezionalmente insieme ai carichi di carattere normale (B.3) o saltuario (B.4), oppure indipendentemente da essi. Nei calcoli si dovrà sempre assumere la combinazione dei carichi più sfavorevole tra quelle che si possono presentare.

Si considerano di carattere eccezionale:

- a) le depressioni nell'interno delle tubazioni provocate dal mancato funzionamento dei tubi o delle valvole di entrata d'aria in occasione della chiusura dell'organo di intercettazione posto all'imbocco delle condotte (valvole a farfalla, paratoie, valvola di regolazione, ecc.). Per tali depressioni si deve assumere il valore massimo pari a 1 Kg/cm<sup>2</sup>;
- b) le sovrappressioni conseguenti alle prove idrauliche in officina e in opera;
- c) le sovrappressioni accidentali dovute al difettoso funzionamento degli organi di regolazione delle pompe alimentate; questa condizione di carico dovrà essere considerata solo se richiesto;
- d) le pressioni esterne provocate da falde d'acqua su condotte in galleria bloccate con calcestruzzo oppure interrate, in concomitanza con il vuoto all'interno delle condotte stesse per mancata entrata d'aria durante il vuotamento;
- e) le forze derivanti da scosse sismiche;
- f) le forze derivanti da particolari condizioni di trasporto, montaggio, cementazione di tubi intasati, iniezioni a tergo dei rivestimenti metallici.

#### **C) Stato di sollecitazione nel materiale e tensione equivalente**

C.1) In ciascun punto della tubazione deve essere completamente definito lo stato di sollecitazione nel materiale mediante la determinazione delle tre sollecitazioni principali  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ .



---

C2) Nei tubi dritti o con piccola curvatura si potrà ammettere che le tre sollecitazioni principali agiscano rispettivamente nelle direzioni circonferenziale, longitudinale e radiale. Inoltre la sollecitazione radiale, data la sua esiguità, potrà essere trascurata.

Lo stato di sollecitazione del materiale si riduce così, per questi tubi, ad uno stato piano caratterizzato dalle tensioni principali  $\sigma_c$  e  $\sigma_1$  agenti rispettivamente nelle direzioni circonferenziale e longitudinale.

C.2.1) Per la verifica della resistenza si calcola, secondo i criteri precisati in seguito, una sollecitazione monoassiale equivalente da confrontare, attraverso un coefficiente di sicurezza definito al punto E, con la resistenza a snervamento a trazione del materiale.

C.2.2) La tensione equivalente sarà calcolata con la formula di Hencky-Von Mises che definisce il lavoro di cambiamento di forma a volume costante nel punto più sollecitato dal materiale:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_1^2 - \sigma_c \cdot \sigma_1}$$

C.3) Nei pezzi di forma complessa, nelle curve a piccolo raggio, nelle biforcazioni, ecc. quando lo stato di deformazione spaziale non sia riconducibile a piano, si debbono calcolare le tre tensioni principali e si assumerà come tensione equivalente ancora quella data dalla formula di Hencky-Von Mises, che in questo caso è definita dall'espressione:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - (\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma_3 + \sigma_2\sigma_3)}$$

#### **D) Verifica di stabilità elastica**

Oltre alla determinazione dello stato di sollecitazione in ciascun punto della tubazione, si dovrà anche verificare la stabilità elastica della condotta in senso trasversale e in senso longitudinale per ciascuna condizione di carico: il relativo coefficiente di sicurezza, che sarà riferito ai carichi agenti e non alle sollecitazioni unitarie, dovrà essere maggiore di 2, salvo nel caso precisato al punto E.5.3.

---

## **E) Gradi di sicurezza**

E.1) La tensione equivalente massima, calcolata secondo i criteri definiti al punto C, deve essere non superiore ad una prestabilita frazione del carico unitario minimo di snervamento a trazione  $R_s$ , non alterato da eventuali incrudimenti del materiale, o di 0.80 volte il carico minimo di rottura  $R$  del materiale quanto  $R_s$  è maggiore di 0.80  $R$ :

$$\sigma_e \leq \frac{R_s}{K} - \frac{0.80R}{K}$$

Il coefficiente  $K$  definisce il grado di sicurezza della costruzione; esso dipende dal carattere dei carichi presi in considerazione (carichi di carattere normale, saltuario, eccezionale) dalle caratteristiche del materiale, (dalla maggiore o minore rigidità del metodo di calcolo assunto per la determinazione dello stato di sollecitudine, dal tipo della sollecitazione.

E.2) Nei punti in cui si abbiano anche sollecitazioni derivanti da perturbazioni locali, se ne dovrà tener conto nel calcolo della tensione equivalente di confronto  $\sigma_e$ , e il coefficiente di sicurezza  $K$  non dovrà mai risultare inferiore a 1 nelle condizioni di carico più sfavorevoli.

### E.3) Gradi di sicurezza per le sollecitazioni derivanti da carichi di carattere normale

E.3.1) Salvo diversa prescrizione nelle verifiche di resistenza si assumerà:

$$K \geq 1.9$$

E.3.2) I pezzi che non possono venire calcolati in modo rigoroso, e per i quali, attesa la minore importanza, non sono prescritte prove su modello, dovranno essere verificati con gradi di sicurezza maggiorati del 20% rispetto a quello prescritto.

### E.4) Gradi di sicurezza per le sollecitazioni derivanti da carichi di carattere saltuario

Per le verifiche di resistenza relative alle sollecitazioni di carattere saltuario, definite al punto B.4, si assumerà un grado di sicurezza pari a 0.8 volte quello corrispondente assunto per le verifiche di carattere normale.

---

E.5) Gradi di sicurezza per le sollecitazioni derivanti da carichi di carattere eccezionale

E.5.1) Nelle verifiche di stabilità elastica relative alle sollecitazioni dovute a depressioni nell'interno della condotta è richiesto che la pressione critica del tubo sia non inferiore al doppio di quella atmosferica.

Si dovrà anche procedere ad una verifica di resistenza per le stesse condizioni di carico: per essa si dovrà prevedere una ovalizzazione del tubo, definita dalla massima differenza di lunghezza di due diametri circa tra loro perpendicolari, non inferiori a 0.01 D, essendo D il diametro interno della tubazione. Il relativo coefficiente di sicurezza dovrà essere maggiore di 1.5.

E.5.2) Nelle verifiche di resistenza relative alle sollecitazioni derivanti dalle prove idrauliche in officina ed in opera, (punto B.5.b), da sovrappressioni accidentali eventualmente prescritte (punto B.5.c), da scosse sismiche (punto B.5.e), da forze derivanti da particolari condizioni (punto B.5.f), si assumerà:

$$K \geq 1.25$$

E.5.3) Nelle verifiche di condotte in galleria bloccate con calcestruzzo oppure interrato, relative alle sollecitazioni derivanti da pressioni di falde di acqua esterne (punto B.5.d), si assumerà:

$$K \geq 1.25$$

Detto grado di sicurezza sarà riferito sia alle sollecitazioni, nelle verifiche di resistenza, sia ai carichi agenti nelle verifiche di stabilità elastica, in deroga a quanto stabilito al punto D.

In ciascun punto della condotta il carico idrostatico esterno, in metri d'acqua, non potrà essere assunto inferiore alla copertura rocciosa o di terreno misurata in verticale, aumentata di 10 m per tenere conto della possibilità di una concomitante pressione nulla all'interno della condotta.

Per le condotte bloccate in roccia, inoltre, l'intercapedine tra il tubo e il calcestruzzo non potrà essere ipotizzata inferiore a 0.0005 R, essendo R il raggio interno della tubazione, quando siano eseguite iniezioni di intasamento con malta di cemento almeno tre mesi dopo l'ultimazione del bloccaggio con calcestruzzo della condotta; se non vengono previste iniezioni, si dovrà valutare caso per caso l'intercapedine derivante dal

---

ritiro del calcestruzzo e da un eventuale non perfetto riempimento a tergo della tubazione, che andrà sommata a quella, pari a 0.0005 R, prima indicata.

Si dovrà anche mettere in conto la ovalizzazione del tubo dipendente dai processi costruttivi e dalle sollecitazioni di trasporto e messa in opera; in ogni caso essa, che è definita dalla massima differenza di lunghezza di due diametri circa tra loro perpendicolari, non potrà essere assunta inferiore a 0.01 D, essendo D il diametro interno.

#### Spessori della tubazione

Gli spessori risultati dai calcoli saranno arrotondati al millimetro superiore.

Gli spessori così determinati dovranno essere aumentati della tolleranza normalizzata, di non meno di 1 mm nei tratti dritti e di 2 mm nei tratti curvi e nei pezzi speciali (biforcazioni, ecc.) per cautelarsi contro l'usura del materiale.

Qualunque sia il valore dello spessore, resta comunque stabilito che esso non potrà scendere al di sotto di quelli esposti per la serie B (media) delle UNI 6363/68 e per diametri superiori ai 1000 mm agli spessori indicati nella seguente tabella.

Diametro nominale mm	Spessore minimo mm
1100	10.0
1200	10.0
1300	11.0
1400	11.0
1500	12.0
1600	13.0
1700	14.0
1800	14.0
1900	15.0
2000	15.0
2100	16.0

---

#### Prova idraulica dei tubi in officina

Tutti i tubi, prima di essere rivestiti, saranno sottoposti in officina alla prova idraulica, assoggettandoli a una pressione di prova non minore di  $1.5 P_n$  ma tale da non produrre una sollecitazione del materiale superiore all'80% del carico unitario di snervamento.

Durante la prova il tubo sarà sottoposto a martellamento in prossimità delle saldature, ad entrambe le estremità, con martelli di peso non inferiore a 500 g per il tempo che si riterrà sufficiente onde accertare con sicurezza che non si verifichino trasudamenti, porosità, cricche, ed altri difetti. La durata della prova dovrà comunque in ogni caso non essere inferiore a 10 secondi. Tubi con difetti di saldatura possono essere nuovamente saldati in maniera opportuna e dovranno essere sottoposti ad una seconda prova idraulica.

#### Giunti

Le estremità dei tubi dovranno permettere la attuazione di uno dei seguenti tipi di giunzione:

- a) saldatura di testa, con estremità del tubo calibrate con o senza smussature;
- b) a bicchiere, di forma cilindrica o sferica, adatto alla saldatura elettrica per sovrapposizione;
- c) a bicchiere cilindrico o leggermente conico, a seconda dell'entità delle pressioni di esercizio, per calafataggio con materiale di ristagno.

#### Prove di controllo

##### Lamiere

- a) prova di trazione longitudinale e trasversale, prova di resilienza, da eseguirsi con le modalità definite tabelle UNI 556-4713;
- b) analisi chimica, da attuarsi per ogni colata, su campioni prelevati dalle lamiere.

Le lamiere dovranno essere contraddistinte dal numero di colata, che dovrà essere riportato su ciascun tubo.

Le prove dovranno essere eseguite dal fabbricante e i certificati dovranno accompagnare la fornitura per essere poi messi a disposizione del collaudatore per conto del committente dei tubi il quale avrà la facoltà di fare eseguire prove di controllo.

---

## Tubi

Le prove dovranno eseguirsi per ogni partita di tubi, contraddistinti dallo stesso numero di colata, su un tubo scelto a caso per ogni lotto di: 400 tubi o meno, per diametro esterno inferiore a 150 mm; 200 tubi o meno, per diametro esterno compreso tra 150 e 300 mm; 100 tubi o meno, per diametro esterno superiore a 300 mm:

- a) prova di trazione longitudinale e trasversale su provetta ricavata dal corpo del tubo in zone normali o parallele agli andamenti delle saldature. Le modalità di esecuzione e la determinazione dei valori delle prove dovranno essere conformi a quanto prescritto nelle tabelle UNI 5465;
- b) prova di trazione su provetta contenente il cordone di saldatura, sia trasversalmente che longitudinalmente ad essa, secondo le "norme generali concernenti l'esecuzione e l'impiego della saldatura autogena" di cui al Decreto Ministero delle Comunicazioni 26.02.1936;
- c) prova di allargamento secondo tabelle UNI 663, che può sostituire le prove a) e b) per tubi di diametro esterno inferiore a 140 mm;
- d) prova di appiattimento trasversale per tubi di diametro non superiore a 300 mm, effettuata su anello della larghezza di 50 mm, ricavato dall'estremità del tubo. Detto anello viene collocato tra due piastre parallele con la giunzione di saldatura equidistante da esse e comprese fino a che la distanza tra le piastre si riduca a  $\frac{2}{3}$  del diametro esterno dell'anello. Durante l'operazione di appiattimento non dovranno manifestarsi né incrinature lungo la saldatura o nell'interno di essa, né difetti di laminazione o bruciature nel metallo. Detta prova, per i tubi di diametro esterno superiore a 300 mm potrà essere sostituita da prova di piegatura sulla saldatura;
- e) controllo delle saldature.

Il controllo delle saldature dovrà essere eseguito sistematicamente su tutte le saldature, a tubo nudo, con gli ultrasuoni. Nei casi di risultati incerti dovrà essere provveduto al successivo controllo radiografico. Ogni imperfezione o difetto individuato con detti controlli dovrà essere eliminato.

Nel caso di esito negativo di qualche prova di cui alle lettere a), b), c) e d) la prova dovrà essere ripetuta in doppio su provini prelevati dallo stesso tubo.

Se anche una sola delle dette controprove darà esito negativo, questa dovrà ripetersi su altri due tubi. In caso di esito negativo anche di una sola di queste prove l'accertamento dovrà essere esteso a tutti i tubi della partita.

---

Dei controlli suddetti e dei provvedimenti presi in conseguenza dovrà conservarsi la documentazione, da porre a disposizione del committente, ove questi lo richieda.

I rivestimenti protettivi interni o esterni dovranno essere dei tipi comuni a tutti i tubi di acciaio e tali da:

- proteggere efficacemente la superficie interna dall'azione aggressiva dell'acqua convogliata e la superficie esterna dall'azione aggressiva dei terreni e dell'ambiente in cui le tubazioni sono posate;
- conservare la loro integrità anche durante le operazioni di carico, scarico e trasporto nei luoghi di impiego;
- resistere senza alterazioni sia alle temperature più elevate della stagione calda sia alle temperature più basse della stagione fredda specialmente nelle località più elevate.

---

## CARATTERISTICHE E PROVE SUI MATERIALI ADOPERATI

### Mescola per il rivestimento

#### Costituzione

- 1) Quantità di omopolimero dell'etilene (PE) oppure di copolimero dell'etilene:  $\geq 97\%$ .  
Non sono ammesse miscele di omopolimeri e/o copolimeri.
- 2) Quantità di nerofumo (secondo ASTM D 1603):  $2.5 \pm 5\%$  in massa e additivi che lo stabilizzano contro l'azione dell'ossigeno e della temperatura di applicazione.

#### Caratteristiche dei costituenti

- 1) La mescola originaria (in granuli o in polvere pronti per l'uso), deve possedere un indice di fluidità a caldo, misurato secondo ISO R 1133, condizione operativa 4 (190 °C – 2.16 Kg) ed una massa volumica secondo ISO R 1183 a  $23 \pm 5$  °C, rispettando la seguente tabella:

Caratteristiche	Valore		Unità
Massa volumica	$< 0.94$	$\geq 0.94$	g/cm <sup>3</sup>
Indice di fluidità	$\leq 2$	$\leq 0.8$	g/10 mm

Sono ammesse mescole con indice di fluidità a caldo superiore ai limiti indicati nella precedente tabella se esse presentano suscettibilità alla fessurazione sotto tensione (stress-cracking - secondo ASTM D 1693 – condizione B per polimeri dell'etilene tipo 1 e reagente – Igepol CO 630 – al 10% in massa) non superiore a quelle di una mescola della stessa massa volumica rispondente alle prescrizioni della suddetta tabella.

Il confronto è ammesso soltanto fra mescole della stessa natura (cioè, fra omopolimeri a bassa densità, oppure fra copolimeri a bassa densità, oppure tra omopolimeri ad alta densità, oppure fra copolimeri ad alta densità).

#### 2) Nerofumo (carbon black)

Il nerofumo deve possedere le seguenti caratteristiche:

- numero di iodio determinato secondo ASTM D 1510:  $\geq 110$ ;
- uniformità di dispersione: secondo BS 6234.



---

### **Adesivi (Polietilene estrusi)**

Gli adesivi adoperati per i rivestimenti estrusi devono soddisfare le seguenti caratteristiche:

- cristallizzazione: non deve cristallizzare nell'intervallo di temperatura  $-10+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- punto di rammollimento (misurato secondo ASTM D 1525 Rate A):  $\leq 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- solventi: non devono essere presenti.

---

## CARATTERISTICHE E PROVE SUL RIVESTIMENTO FINITO

### **Controllo dell'assenza di pori**

Il rivestimento dei tubi deve essere esente da fori rilevabili con scintillometro a spazzola ad alta tensione, le cui punte spinterometriche siano regolate ad una distanza pari a 4 volte lo spessore del rivestimento e comunque non inferiore a 10 mm.

All'atto del controllo, il rivestimento deve essere esente da umidità superficiale.

### **Resistenza agli urti**

La prova consiste nel verificare la resistenza del rivestimento all'impatto di un punzone cilindrico, con testa a forma di calotta sferica di 25 mm di diametro, che cade verticalmente sul rivestimento da un'altezza di 1 metro.

Detto punzone dovrà avere un peso (in Kg) pari a  $0.5as$  (dove  $a = 0.7$  per tubi con DN inferiore a 100 mm,  $a = 0.85$  per tubi con DN compreso fra 100 e 200 mm e  $a = 1$  per tubi con DN superiore a 200 mm) ed  $s$  è lo spessore medio del rivestimento, espresso in mm.

La prova non deve essere effettuata su cordoni di saldatura prominenti ed entro una fascia di 100 mm di larghezza a cavallo di essi.

Il campione (tubo o parte di esso) deve essere sistemato in modo da evitare ogni reazione elastica di esso al momento dell'urto. Pertanto, per tubi di diametro maggiore a 100 mm, la prova deve essere eseguita su tubo appoggiato all'interno o su parte di esso opportunamente appoggiata.

La prova di un urto si intende positiva se la zona dell'urto non presenta difetti con il controllo di cui al punto precedente. Per ogni tubo da provare si eseguirà una prima serie di 30 urti in posizioni ubicate sulla generatrice superiore del tubo, distanziate di almeno 30 mm fra loro e ad almeno 1 m dall'estremità del rivestimento. Il risultato della determinazione della resistenza agli urti è considerato positivo se tutte le prove della 1<sup>a</sup> serie sono positive.

---

Serie	N. urti della serie	N. urti totali	N. di prove negative della serie per considerare la determinazione		
			Positiva	Dubbia	Negativa
1 <sup>a</sup>	30	30	0	3	3
2 <sup>a</sup>	30	60	2	5	5
3 <sup>a</sup>	40	100	4	6	6
4 <sup>a</sup>	50	150	7	-	7

Se si hanno prove negative la determinazione è considerata dubbia o negativa applicando i criteri indicati nella tabella seguente. Se la determinazione è dubbia saranno eseguite altre serie, con un numero di urti indicati in detta tabella, fino a quando il risultato non ricade nel campo delle determinazioni positive o negative.

In ogni caso il numero totale di urti non potrà essere superiore a 150 e la determinazione della resistenza all'urto sarà considerata negativa se il numero totale di prove negative è maggiore di 7.

### **Resistenza allo strappo**

Le prove per la determinazione della resistenza allo strappo (pelatura) del rivestimento PE vengono effettuate a temperatura ambiente ( $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ) in condizioni di ambiente normali.

Le prove possono essere eseguite su spezzoni di tubi e per i diametri superiori a 300 mm anche su provini metallici ricavati dai tubi in prova.

Il taglio dei tubi degli spezzoni e dei provini, da eseguirsi ad una distanza non inferiore a 20 cm dagli estremi, deve essere eseguito a freddo.

Il pezzo di rivestimento da provare viene isolato dalla parte restante con le seguenti modalità: con due tagli paralleli (preferibilmente circonferenziali) si isola una fascia di rivestimento di 50 mm di larghezza. Dopo l'esecuzione di un altro taglio perpendicolare a detti tagli, la striscia ottenuta viene staccata e sollevata dal tubo con un coltello per una lunghezza di circa 20 mm.

Condizioni necessarie per la prova sono:

- a) velocità di strappo costante;
- b) direzione della forza di strappo perpendicolare alla superficie metallica di stacco.

---

Il lembo di rivestimento preparato come innanzi descritto viene fissato ad un dinamometro registratore della forza applicata regolato per una velocità costante di strappo di 10 mm/mm con un dispositivo che assicuri, durante la prova, la perpendicolarità della forza alla superficie.

Dalla registrazione, scartati i valori relativi ai primi ed agli ultimi 20 mm, si calcola il valore medio della forza applicata (espresso in N). Non potranno essere presi in considerazione i diagrammi che contengano, nella zona innanzi indicata, un qualsiasi tratto di curva, corrispondente ad una larghezza massima di 20 mm, per i quali il valore medio misurato su detti tratti risulti inferiore a 0.75 il valore medio richiesto (valore nominale).

La determinazione si intende positiva quando il valore medio della forza applicata per l'asportazione del rivestimento risulti non inferiore a 35 N per cm di larghezza della striscia di prova (valore nominale).

La prova si intende negativa se si verifica la condizione di non accettazione del diagramma innanzi indicata, oppure se il valore medio risulti inferiore al valore nominale.

La determinazione dovrà essere effettuata su un provino prelevato da ogni tubo da sottoporre alle prove di accettazione. Qualora si verifichi una determinazione negativa, sarà ripetuta una seconda serie di determinazioni costituita da 2 determinazioni per ogni tubo da provare. La prova si intenderà positiva se tutti i risultati della seconda serie saranno positivi.

### **Resistenza alla penetrazione sotto carico con punzone**

La prova consiste nel misurare l'affondamento nel rivestimento di un punzone cilindrico di 1.8 mm di diametro sottoposto all'azione di un peso di 2.5 Kg.

La prova va eseguita con un penetrometro che comprende:

- a) l'asta cilindrica di 1.8 mm di diametro alla cui estremità superiore si applicabile un peso;
- b) di un comparatore o di qualsiasi altro sistema di misura che possa apprezzare 1/100 di mm.

Per effettuare la misura si preleva un pezzo del rivestimento in polietilene:

- 1) per scollamento in acqua a 80 °C se si tratta di rivestimenti ottenuti per fusione o per estrusione tipo A;
- 2) per strappo nel caso di rivestimenti estrusi tipo B.

---

Il campione sul quale è applicato il penetrometro viene posto in stufa termostata regolata alla temperatura di prova per 1 ora. Dopo di che si legge l'indicazione  $S_1$  del comparatore.

Si carica poi il comparatore con la massa che assicura il peso di 2.5 Kg. Dopo 24 ore di permanenza in stufa si legge l'indicazione  $S_2$  del comparatore. La differenza  $S_1 - S_2$  dà la profondità di penetrazione.

La prova suddetta va eseguita alla temperatura di 25 e 50 °C su tre campioni per ogni temperatura.

La media di tre misure effettuate secondo il metodo sopra indicato non deve essere superiore ai seguenti valori:

- 0.3 mm nella prova eseguita a 25 °C;
- 0.5 mm per la prova eseguita a 50 °C.

Dopo la prova il rivestimento dovrà soddisfare alla prova di non porosità.

In ogni caso il risultato della prova sarà considerato negativo anche se una sola misura risulta essere superiore rispettivamente a 0.6 mm e di 1 mm per le prove a 25 e 50 °C.

### **Resistenza specifica rivestimento – Invecchiamento al calore – Invecchiamento alla luce – Allungamento a rottura**

Queste prove saranno eseguite secondo il progetto di Norme DIN 30670 Ed. Aprile 79, alle quali si farà riferimento anche per i limiti di accettabilità delle prove stesse.

---

## PROVE DI ACCETTAZIONE IN FABBRICA

### Partita

Si intende per partita la aliquota della commessa pronta in stabilimento della quale il fornitore chiede l'accettazione. In ogni caso la partita non potrà essere inferiore a 50 tubi, a meno che non corrisponda all'intera commessa.

### Prove di accettazione

In sede di accettazione della partita saranno eseguite le seguenti determinazioni:

- 1) controllo dell'assenza dei pori;
- 2) resistenza agli urti;
- 3) resistenza allo strappo;
- 4) resistenza alla penetrazione sotto carico con punzone;
- 5) allungamento a rottura.

### Numero di tubi da sottoporre alle prove di accettazione

Il numero di tubi da sottoporre alle prove di accettazione è riportato nella seguente tabella, salvo per la prova di cui al precedente punto 4), che in ogni caso sarà effettuata su 3 tubi:

N. di tubi costituenti la partita	N. di tubi da sottoporre a prova
100	4
250	8
500	12
750	14
1000	15
2000	20

Quando la partita supera le 2000 unità, il campione consiste in 20 unità, più una unità ogni 500 unità.

---

### **Accettazione della partita**

La partita è accettata se tutte le determinazioni delle prove di accettazione effettuate sul numero di tubi stabilito daranno risultato positivo.

Se al termine di tutte le determinazioni il numero di risultati negativi conteggiato sul totale delle determinazioni, risulta maggiore di 1, la partita è rifiutata; se risulta uguale ad uno, tutte le prove di accettazione saranno ripetute su un numero di tubi pari al precedente. La partita sarà accettata se nella seconda serie di prove non si verificherà nessun evento negativo in qualsiasi determinazione. In caso contrario sarà rifiutata.

---

## PRESCRIZIONI PER L'IMPIEGO DEL RIVESTIMENTO

L'impiego del rivestimento è subordinato:

- a) alla verifica, da parte dell'Amministrazione, della capacità del fornitore di produrre un rivestimento conforme alle presenti prescrizioni;
- b) alla esistenza, presso lo stabilimento di produzione, dell'attrezzatura per l'esecuzione di tutte le prove previste nelle presenti prescrizioni;
- c) alla verifica, da parte dell'Amministrazione, della metodologia di controllo della qualità attuata presso lo stabilimento in sede di produzione del rivestimento, ed alla metodologia di archiviazione dei dati di detti controlli.

La verifica di cui al punto a) sarà effettuata dall'Amministrazione eseguendo, presso lo stabilimento del fornitore, su almeno tre tubi, tutte le prove di accettazione in precedenza indicate e su almeno cinque tubi per le seguenti prove:

- resistenza specifica del rivestimento;
- invecchiamento al calore;
- invecchiamento alla luce;

delle quali non è prevista, normalmente, la ripetizione in sede di accettazione in fabbrica.

L'Amministrazione, a suo insindacabile giudizio, potrà rinunciare totalmente o parzialmente alle prove di cui in a) ed alle verifiche di cui in b) e c) in seguito alla presentazione, da parte del fornitore, di una convincente documentazione riguardante l'esito delle prove di cui in a) ed illustrante le metodologie di cui in b) e c).

Nel corso della fornitura l'Amministrazione potrà richiedere la verifica di cui in b) e di prendere visione dei dati di cui al punto c), riservandosi la facoltà di richiedere la ripetizione delle prove di resistenza specifica e di invecchiamento al calore e alla luce.