TUBOSIDER

VOCE DI CAPITOLATO

VERSIONE 2022

CONDOTTE E STRUTTURE PORTANTI IN ACCIAIO ONDULATO

Sede Legale:
S.S. 231 n. 8/A - 12066 Monticello d'Alba (CN) Italia
Tel. +39 0141 418411 - Fax +39 0141 211373

Stabilimento:
Reg. S. Antonio, 71 - 12066 Monticello d'Alba (CN) Italia
Tel. +39 0173 64715 - Fax +39 0173 64184

PREMIO CIVILTÀ DEL LAVORO

Cod.Fisc. e P.IVA 03141780019
P.IVA Intracomunitaria IT 03141780019
Cap. Soc. Delib., Sott. e Versato € 10.000.000,00
Iscrizione Reg. Imprese Cuneo al n. di Cod. Fisc. 03141780019
Iscrizione R.E.A. della C.C.I.A.A. Cuneo al n. 218830
Tubosider S.p.A.
società soggetta alla direzione ed al coordinamento di Itinera S.p.a.

E-mail: info@tubosider.it
Web: www.tubosider.it

INTRODUZIONE

Le condotte interrate in lamiera grecata, altrimenti note come *Corrugated Steel Culverts o Soil Steel Composite Bridges*, sono strutture portanti metalliche flessibili, costituite da più piastre in lamiera ondulata, opportunamente curvate e unite tra loro mediante giunzioni bullonate, disponibili in varie forme quali circolare, ellittica, ribassata e ad arco.

La funzione portante delle condotte si basa sullo sfruttamento dell'interazione terreno-struttura che si instaura tra il profilo strutturale metallico e il rilevaTo tecnico circostante, il quale gioca un ruolo fondamentale nel garantire la stabilità strutturale.

Le condotte interrate sono comunamente impiegate nel settore dell'ingegneria civile per applicazioni stradali, idrauliche o ferroviarie, quali ponti, tombini di attraversamento, sottopassi veicolari o pedonali, canalizzazioni.

Il mercato dei *Soil Steel Composite Bridges* è rapidamente cresciuto, partendo dalla prime applicazioni degli anni '70 fino alle odierne implementazioni che vedono le condotte metalliche a grande luce porsi come una valida alternativa ad altre più convenzionali tipologie costruttive di grandi opere di ingegneria, quali ponti stradali, ferroviari o gallerie in cemento armato o acciaio strutturale.

Sono strutture che forniscono grande risparmio in termini di materiale, tempo e risorse, grazie all'elevata resistenza della lamiera, agli spessori ridotti impiegati, all'alto livello di prefabbricazione, all'ottimizzazione dei tempi di trasporto e messa in opera.

Tale metodologia strutturale è stata implementata dalla Tubosider dalla fine degli anni '70.

Le luci attualmente coperte dalle tipologie di condotte standard arrivano ad un massimo di 7 ÷ 8 m., fino a raggiungere i 10 ÷ 12 m. di luce in caso di condotte ad arco dotate di travi di spinta laterali in cemento armato.

1.0 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Il calcolo delle condotte si fonda sulla teoria dell'anello compresso.

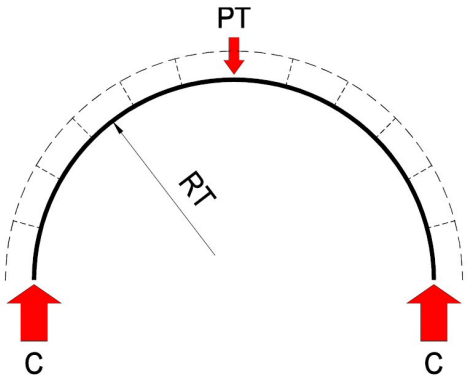
La struttura metallica, grazie alla sua elasticità, interagisce con il terreno circostante.

I carichi trasmessi dal terreno vengono trasferiti in modo uniforme a tutta la superficie della condotta.

La struttura è quindi compressa e la sollecitazione indotta, "**C**" (compressione dell'anello) è proporzionale a:

- la pressione esercitata dal terreno sull'anello, "**PT**";
- il raggio di curvatura volta della struttura, "**RT**" (nel caso di una struttura a sezione circolare RT coincide con la metà del diametro);

secondo la formula: **C** = **PT · RT**



La teoria ammette che il terreno trasferisca in modo omogeneo i carichi alla struttura metallica e che questa reagisca in modo uniforme, senza punti di discontinuità.

Se viene meno il principio della corretta distribuzione dei carichi sull'anello, ossia se la struttura non lavora perfettamente a compressione, allora la condotta è da ritenersi critica.

All'atto pratico, riveste quindi una grande importanza:

- la realizzazione del blocco tecnico, ossia la composizione ed il grado di compattazione con cui vengono selezionati e stesi i materiali che costituiscono il sottofondo ed il ricoprimento della condotta: materiali che devono assicurare che, effettivamente, ai fini della tenuta della condotta, la pressione del terreno PT si traduca completamente in pressione radiale C;
- il dimensionamento delle giunzioni delle piastre che costituiscono la condotta, perché devono essere in grado di garantire continuità alla struttura.

L'abbassamento della condotta, o meglio la sua deformazione sotto carico, non è adottato come criterio di calcolo per la determinazione della sezione longitudinale della struttura e quindi dello spessore.
Infatti, l'esperienza ha dimostrato che la presenza di un blocco tecnico eseguito a regola d'arte è più che sufficiente per consentire alla condotta di sopportare carichi in regime di compressione nell'anello fino alla sua piena resistenza.

Per un blocco tecnico eseguito a regola d'arte sono ammissibili deformazioni inferiori o uguali al 2 % della freccia teorica della condotta.

Deformazioni superiori sono imputabili a difetti nella realizzazione del blocco tecnico.

In qualsiasi caso la struttura in lamiera è in grado di comportarsi in modo elastico anche in presenza di deformazioni inferiori o uguali al 5 % della freccia della condotta.

1.1 Strutture a media e grande luce

La teoria dell'anello compresso è un modello semplificato in grado di descrivere correttamente il comportamento della struttura per luci limitate. Inizialmente, i primi modelli di calcolo tipo quello AISI, limitavano la teoria dell'anello compresso a luci sino a 3.0 m.
Successivamente, a livello empirico, è stato osservato come la teoria dell'anello compresso potesse essere estese sino a luci di 7.0 m.

In tempi più recenti (2015) hanno iniziato a diffondersi modelli di calcolo e teorie più complesse che, per strutture di media e grande luce, hanno progressivamente iniziato ad affinare la descrizione del comportamento e della risposta strutturale delle condotte.

Per esperienza e da quanto si evince in letteratura, si parla di strutture aventi luce media nel range 4.50 m sino a 7.50 m e strutture a grandi luce quando si supera il valore di 7.50 m.

In questi casi è opportuno e corretto a livello ingegneristico introdurre maggiore complessità nel calcolo.

Per tali ragioni queste strutture vengono proposte calcolando il loro comportamento e dimensionando lo spessore della lamiera e la tipologia di giunto bullonato impiegando metodi di calcolo quali:

- il Metodo Svedese (*Swedish Design Model - SDM*), che da alcuni anni studia il comportamento delle strutture anche in condizioni non ordinarie: sollecitazioni valanghive, condotte in versante, fatica;
- analisi numeriche FEM.

1.2 Peculiarità del Metodo Svedese (SDM)

È un metodo di calcolo sviluppato da Pettersson e Sundquist presso la KTH University di Stoccolma nel 2000 si basa sulle seguenti teorie, incluse nelle analisi e validate con sperimentazioni in cantiere:

- Il Soil/Culvert Interaction method (SCI), sviluppato da Duncan (1978-1979) che utilizza grafici di progetto e formule ricavati dai risultati delle analisi agli elementi finiti;
- I calcoli di instabilità della calotta presentati da Klöppel & Glock (1970);
- Il calcolo del modulo elastico del suolo per materiali granulari, sviluppato da Andreasson (1973);
- L'analisi dell'effetto di arching effettuata da Vaslestad (1990).

La quinta edizione, presentata nel 2015, include verifiche agli stati limite e verifiche di progetto in linea con l' Eurocodice 3 relativo alla progettazione di strutture in acciaio.

Il metodo di calcolo prevede le seguenti verifiche di progetto:

- **Cover minimo**: la norma impone un cover minimo non inferiore a 0.50m per applicazioni stradali e non inferiore a 1.00m per applicazioni ferroviarie (=0.50m per il ballast + 0.50m per il cover di rilevato).
- **Altezza del cover ridotta**: la norma tiene in considerazione la deformazione della condotta verso l'alto durante le fasi di compattazione; il cover effettivo al di sopra della calotta viene ridotto di quantità pari alla deformazione subita. Un corretto calcolo dello spessore del cover influisce sulla distribuzione dei carichi e, dunque, sul calcolo delle sollecitazioni di progetto.
- **Calcolo pressioni e carichi sulla condotta**: la compressione nella calotta dovuta al peso del terreno viene calcolata secondo la seguente formula

$$N_{soil} = 0.2\frac{H}{D}\rho_{surr}D^2 + S_{ar}(0.9\frac{h_{c,red}}{D} - 0.5\frac{h_{c,red}}{D}\frac{H}{D})\rho_{cover}D^2$$

con:

H,D:	Altezza e Luce della condotta
ρ_{surr}, ρ_{cover}:	rispettivamente, il peso dell'unità di volume del terreno costituente il rilevato nell'intorno della condotta (surr = surrounding) e sovrastante la calotta (terreno di cover).
$h_{c,red}$:	spessore ridotto del cover, depurato della deformazione verso l'alto a cui la condotta è sottoposta durante le operazioni di ricoprimento e compattazione.
S_{ar}:	coefficiente di arching, che tiene conto del fenomeno per cui il terreno al di sopra della condotta "si autosostiene" formando un arco di terreno che scarica il peso ai lati della condotta. Ciò avviene in caso di spessore del cover elevato.

L'effetto dei carichi mobili di traffico, sia concentrati che distribuiti, è calcolato secondo una distribuzione di pressioni σv alla Boussinesq in un semi-spazio infinito.

$$p_{traffic} = \frac{\pi h_{c,red}}{2}\sigma_v \qquad \sigma_v = \frac{3Ph_{c,red}^3}{2\pi s^5}$$

dove *s* è la distanza tra il carico concentrato in superficie e il punto in analisi sulla calotta.

Le sollecitazioni di compressione derivanti sono calcolate come segue:

$$N_{traffic} = p_{traffic} + \frac{D}{2} q_k \qquad \frac{Hh_{c,red}}{D} \leq 0{,}25$$

$$N_{traffic} = (1.25 - \frac{h_{c,red}}{D}) p_{traffic} + \frac{D}{2} q_k \qquad 0.25 \leq \frac{h_{c,red}}{D} \leq 0.75$$

$$N_{traffic} = 0.5 p_{traffic} + \frac{D}{2} q_k \qquad \frac{h_{c,red}}{D} > 0.75$$

dove q_k è il carico distribuito superficiale (se presente) imposto dagli Standard locali per carichi su ponti[

- **Calcolo delle sollecitazioni flessionali**: le sollecitazioni flessionali sulla condotta sono funzione della rigidezza relativa tra la condotta stessa e il rilevato circostante. Tale relazione, denominata come *stiffness ratio*, è pari a:

$$\lambda_f = \frac{E_{soil} D^3}{EI \gamma_{M,soil}}$$

dove *EI* corrisponde alla rigidezza flessionale del profilato metallico per unità di lunghezza. I limiti di validità del metodo prevedono che la stiffness ratio sia compresa tra $100 < \lambda_f < 50000$.

- **Verifica delle tensioni in stato limite di esercizio (SLE)**: le verifiche tensionali in esercizio sono effettuate secondo *l'equazione di Navier* rispetto alle tensioni massime di snervamento dell'acciaio. Data la modalità costruttiva delle condotte interrate, la verifica viene effettuata sia durante le operazioni di compattazione (fase più onerosa quando il cover è all'altezza della corona superiore), sia a fine applicazione del ricoprimento, sia all'applicazione dei carichi di traffico. Generalmente, questa verifica è effettuata nel punto più sollecitato della corona superiore.

- **Verifica di formazione di Cerniere Plastiche in condizioni di limite ultimo (SLU)**: le verifiche di formazione di cerniere plastiche sono effettuate secondo la formula di interazione di sollecitazioni assiali e flessionali come da EN 1993-1-1. Le resistenze a compressione e flessione considerate nella formula sono calcolate sulla base del *carico assiale di Eulero* (funzione del modulo elastico del suolo e della lamiera) e dei coefficienti riduttivi della capacità ultima della sezione per instabilità flesso-torsionale.

- **Verifica della Handling Stiffness**: come menzionato per la norma AISI, per garantire il trasporto, la movimentazione e l'installazione delle condotte senza danni locali o deformazioni eccessive, la condotta deve rispettare dei valori minimi di *handling stiffness*, stabiliti in base alla rigidezza del profilo corrugato:

$$FF\ (flexibility\ factor) = \frac{D^2}{EI}$$

- **Verifica di Instabilità** della calotta inferiore: la porzione inferiore della condotta viene verificata per instabilità a compressione rispetto al massimo sforzo normale nella lamiera.

- **Verifica del giunto bullonato**: diversamente dalle normative analizzate finora che facevano riferimento a un database di prove sperimentali sui giunti, le unioni bullonate sono verificate calcolando le sollecitazioni sui bulloni a partire dalle sollecitazioni nel profilo corrugato caso per caso. La resistenza del giunto a taglio, trazione, flessione e combinazione di taglio e trazione nei bulloni viene effettuata secondo l'Eurocodice EN 1993-1-8 relativo alla verifica delle unioni bullonate.

- **Verifica della pressione ai corner**: come descritto per la norma AISI, in caso di condotte a raggio variabile (ribassate) la pressione intorno alla calotta non è distribuita in modo omogeneo. Ai corner laterali la pressione raggiunge un picco ed è richiesta una verifica specifica affinché tale pressione sia nei limiti della capacità portate del terreno.

- **Verifiche di fatica**: l'ultima edizione della Norma Svedese prevede la possibilità di effettuare verifiche di fatica come da Eurocodice EN 1993-1-9 in base alla frequenza e ai cicli dei carichi di traffico applicati secondo i modelli di carico di fatica riportati nell'Eurocodice EN 1991-2.

2.0 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Tutte le condotte vengono prodotte con materiali aventi le caratteristiche seguenti:

2.1 Piastre

Le lamiere in acciaio del tipo **S235JR**, secondo la norma EN 10025-2 Aprile 2005, devono avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

• ***carico unitario di rottura a trazione***		Rm	360 ÷ 510	N/mm^2
• ***carico unitario di snervamento***		ReH	235	N/mm^2
• ***resilienza***	***Temperatura***		20	°C
	Energia		27	J
• ***allungamento percentuale***	Sp. > 1.0 ÷ ≤ 1.5 mm.	A	≥ 18	%
	Sp. > 1.5 ÷ ≤ 2.0 mm.	A	≥ 19	%
	Sp. > 2.0 ÷ ≤ 2.5 mm.	A	≥ 20	%
	Sp. > 2.5 ÷ < 3.0 mm.	A	≥ 21	%
	Sp. ≥ 3.0 ÷ ≤ 40.0 mm.	A	≥ 26	%

Le dimensioni delle lamiere sono nominali e si riferiscono alle lamiere di origine grezze, non zincate; per esse valgono le tolleranze secondo la norma EN 10051; anche i pesi, essendo teorici, sono variabili in funzione delle dimensioni reali delle lamiere.

Le lamiere in acciaio del tipo **S355MC**, secondo la norma EN 10149-2 Maggio 1997, devono avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

• ***carico unitario di rottura a trazione***		Rm	430 ÷ 550	N/mm^2
• ***carico unitario di snervamento***		ReH	355	N/mm^2
• ***resilienza***	***Temperatura***		20	°C
	Energia		40	J
• ***allungamento percentuale***	Sp. < 3.0 mm.	A	≥ 19	%
	Sp. ≥ 3.0 mm.	A	≥ 23	%

Le dimensioni delle lamiere sono nominali e si riferiscono alle lamiere di origine grezze, non zincate; per esse valgono le tolleranze secondo la norma EN 10051; anche i pesi, essendo teorici, sono variabili in funzione delle dimensioni reali delle lamiere.

2.2 Bulloneria

Vengono utilizzati bulloni ad alta resistenza classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN ISO 898-2 (dadi).

A seconda, del tipo di ondulazione sono impiegate le seguenti tipologie di bulloni con le relative coppie di serraggio:

Ondulazione tipo	Bullone tipo	Coppie di serraggio Classe 8.8	
		Min. [a] Nm.	Max. [b] Nm.
T70 T100	M12	45	90 [c]
T200	M20	220	439 [c]

a Il numero dei bulloni con serraggio minimo non può comunque superare il 10 % della quantità totale dei bulloni utilizzati nelle giunzioni longitudinali.

b Secondo NTC D.M. 14 gennaio 2008 C4.2.8 Unioni – Tabella C.4.2.XX Coppie di serraggio per bulloni 8.8 – Fattore K = 0.16.

c Valori superiori alla coppia di serraggio max. sono ammissibili previo verifica sperimentale che il serraggio applicato non determini la rottura dei bulloni.

2.3 Protezioni superficiali

Ai fini della protezione contro la corrosione si prescrive per le piastre e la bulloneria una zincatura per immersione in bagno caldo con un quantitativo di zinco variabile in funzione dello spessore delle piastre e del tipo di bulloneria, ciò conforme alla norma EN ISO 1461: 2009, nello specifico:

Piastre

Spessore acciaio mm.	**Minimo spessore locale del rivestimento** μm.	**Minimo spessore medio del rivestimento** μm.
> 6.0	70	85
> 3.0 ÷ ≤ 6.0	55	70
≥ 1.5 ÷ ≤ 3.0	45	55
< 1.5	35	45

Bulloneria

Diametro mm.	**Minimo spessore locale del rivestimento** μm.	**Minimo spessore medio del rivestimento** μm.
> 6	40	50
≤ 6	20	25

o ad altre normative vigenti.

La protezione è idonea ad assicurare la durata del prodotto in condizioni ambientali ordinarie.

Condizioni di aggressività diverse da quelle esposte devono essere oggetto di uno studio particolare, ai fini di decidere il tipo di protezione supplementare da adottare (spessori sacrificali oppure trattamenti epossidici).

Categorie ambientali, rischi di corrosione e tassi di corrosione

Codice	Categoria di corrosione	Rischio di corrosione	Tasso di corrosione perdita media di spessore di zinco [d, e] µm/anno
C1	Interno: asciutto	Molto basso	≤ 0.1
C2	Interno: condensa occasionale Esterno: ambiente rurale	Basso	Da 0.1 a 0.7
C3	Interno: alta umidità, leggero inquinamento Esterno: ambiente urbano o costiero temperato	Medio	Da 0.7 a 2
C4	Interno: piscine, impianti chimici, ecc. Esterno: ambiente industriale o urbano costiero	Alto	Da 2 a 4
C5	Esterno: ambiente industriale con alta umidità o alta salinità costiera	Molto alto	Da 4 a 8
Lm2	Acqua marina in regioni temperate	Molto alto	Da 10 a 20 [f]

d I valori della perdita di spessore sono identici a quelli dati nella ISO 9223, eccetto per i tassi di 2 mm. (per anno) o più, che sono stati arrotondati al numero intero.

e Cambiamenti nell'aria per i vari ambienti negli anni.

Una sostanziale riduzione dell'inquinamento, specialmente del biossido di zolfo, si è verificata negli ultimi 30 anni nel mondo intero.

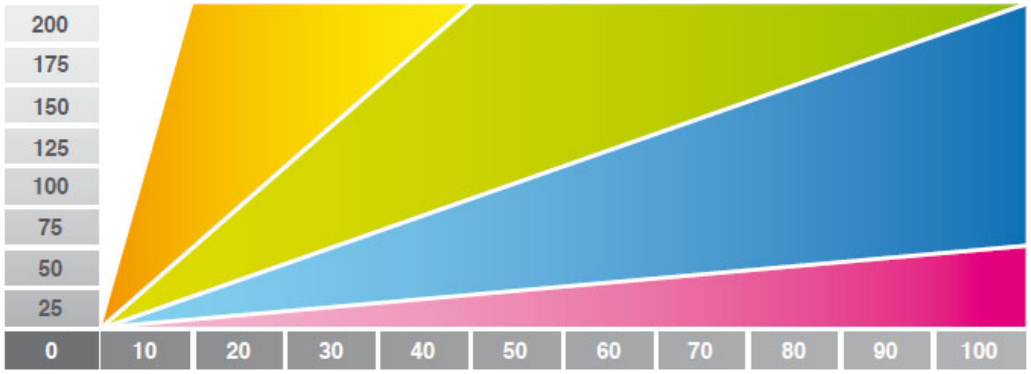
Questo vuol dire che i presenti tassi di corrosione (la tabella è basata su dati che si riferiscono ad un periodo dal 1990 al 1995) per ciascuna categoria di ambiente sono molto più bassi dei tassi storici, sono da prevedere anche tassi più bassi in futuro se l'inquinamento continuerà a diminuire.

f L'acqua marina nelle regioni temperate è meno corrosiva per lo zinco dell'acqua salata tropicale, che solitamente è a temperature più alte.

Questa tabella può essere utilizzata negli ambienti marini in regioni temperate europee.

Per le condizioni tropicali si consiglia di rivolgersi a degli specialisti di zincatura.

Durata tipo del rivestimento di zinco fino alla prima manutenzione in differenti situazioni ambientali



Spessore del rivestimento > *µm*

Durata fino alla prima manutenzione > *anni*

Atmosfera industriale aggressiva da 4 a 8 > *µm/anni*

Atmosfera industriale moderata o marina da 2 a 4 > *µm/anni*

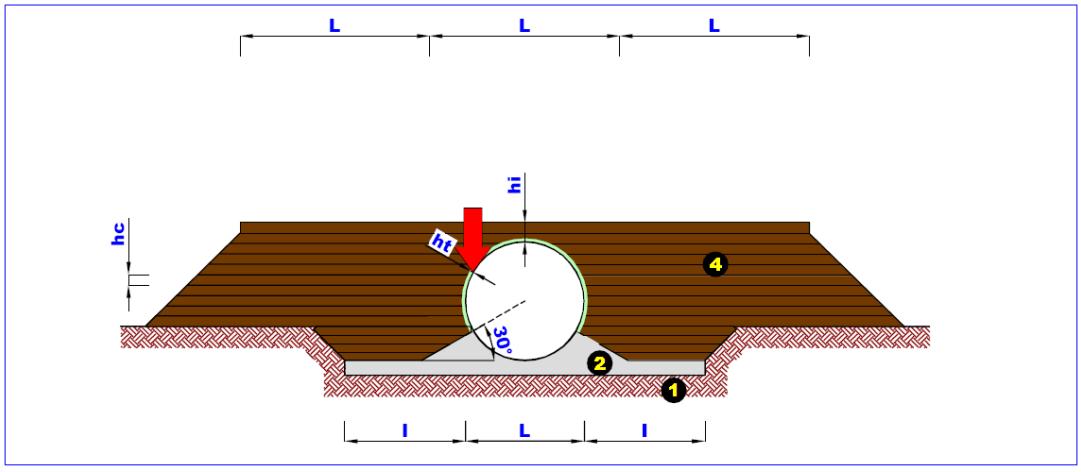
Atmosfera urbana da 0,4 a 2 > *µm/anni*

Atmosfera rurale da 0,1 a 0,7 > *µm/anni*

2.4 Blocco tecnico

La funzione statica della condotta è assicurata non solo dalla struttura in acciaio, ma anche dal terreno compattato nell'intorno della stessa e costituente il blocco tecnico.

Il corretto dimensionamento del blocco tecnico e la sua realizzazione ad opera d'arte vengono illustrati al *capo 5.0* del MANUALE DI MONTAGGIO.
Per uno strato intorno alla condotta di 20 cm, denominato strato "**ht**", si prescrive l'impiego di materiale monogranulare diametro max. 5 mm.



1	sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
2	fondazione artificiale e letto di posa
4	rilevato laterale di tenuta
l	≥ 1.00 m. su un buon terreno - L negli altri casi
L	luce condotta
ht	20 cm. sabbia ∅ max. 5 mm.
hc	20 ÷ 30 cm. max. altezza dello strato
hi	altezza di rilevato minima, atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere

La rimanente parte del blocco tecnico sarà realizzata con materiale da rilevato stradale classificato secondo la norma AASHTO M145-91, ossia secondo CNR UNI 10006, del gruppo A1-A2-A3, con assenza di impurezze organiche ed inorganiche.

Classificazione terreni secondo AASHTO M145-91/CNR UNI 10006

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	
Analisi granulometrica Frazione passante allo Staccio													
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10 max	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (P≤LL-30)	> 10 (P>LL-30)	
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		

Per l'ultimo strato, prima della fondazione stradale, si prescrive la realizzazione di uno strato, di altezza minima 30 cm, con materiali del gruppo A1-A2-4-A2-5.

La gralunometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma EN 13242.

Per la durata nel tempo, al fine di evitare l'innesto prematuro di fenomeni di corrosione delle lamiere ed assicurare le prestazioni dichiarate al *capitolo 2.3* del MANUALE DI MONTAGGIO, si consiglia di adottare materiali che offrano una resistività elettrica maggiore almeno di 8000 Ohm/cm e con un Ph prossimo al valore neutro di 7 (valori compresi tra 6 e 8).

Inoltre, è opportuno evitare infiltrazioni d'acqua nel blocco tecnico di terreno intorno al manufatto, le quali potrebbero variare nel tempo le caratteristiche meccaniche e di compattazione del materiale.

Per garantire la compattazione del blocco tecnico non inferiore al 85 % della densità massima fornita dalla prova Proctor modificata secondo la norma EN 13286-2 è necessario che il materiale impiegato sia tale da raggiungere un modulo elastico "**Es**" almeno pari a 100 MPa (120 MPa per compattazione al 90 % della densità massima fornita dalla prova Proctor modificata).

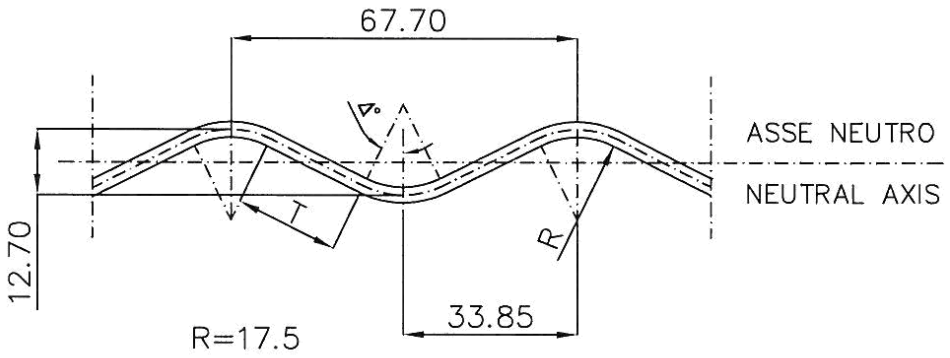
3.0 CARATTERISTICHE TECNICHE

Le condotte vengono prodotte con tre tipi di profilature ondulate delle piastre costituenti le strutture; le onde normali alla generatrice del manufatto tubolare possono essere distinte per differente ampiezza e profondità in:

Ondulazione	Ampiezza mm.	Profondità mm.
T70	67.7	12.7
T100	100	22
T200	200	55

Per i tre tipi di ondulazione, in funzione degli spessori commerciali delle piastre in acciaio utilizzati, vengono riportate sotto forma tabellare le caratteristiche geometriche dell'ondulazione.

Ondulazione **T70**



Spessore mm.	Tangente mm.	Angolo Δ°	Momento di inerzia cm.^{4} *	Modulo di resistenza cm.^{3} *	Raggio giratorio cm.	Area cm.^{2} *
1.5	19.49	26.78	0.0307	0.0432	0.435	0.162
2.0	19.17	26.94	0.0414	0.0564	0.438	0.216
2.5	18.83	27.11	0.0526	0.0692	0.441	0.270
3.0	18.49	27.28	0.0642	0.0818	0.445	0.324
3.5	18.14	27.45	0.0764	0.0944	0.449	0.378

***** per cm. lineare di proiezione sull'asse neutro

La foratura delle piastre si suddivide in:

- **foratura circonferenziale**, costituita dai fori praticati sui lati delle piastre lungo lo sviluppo circonferenziale del manufatto tubolare; tale foratura viene utilizzata per il collegamento dei vari anelli costituenti la condotta;

- **foratura longitudinale**, costituita dai fori praticati sulle testate delle piastre del manufatto tubolare; tale foratura viene utilizzata per il collegamento tra le piastre al fine di formare l'anello della condotta.

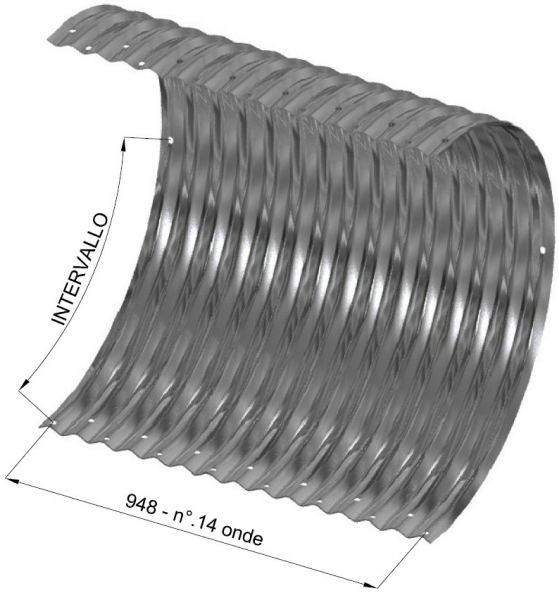
I bulloni utilizzati in quest'ultima foratura sono dimensionati al fine di assicurare la trasmissione degli sforzi da una piastra all'altra della condotta, infatti nel calcolo statico della struttura viene verificata la resistenza di tale giunto bullonato.

In funzione del numero di bulloni che concorrono alla resistenza del giunto bullonato e alla posizione ed interasse dei fori circonferenziali è possibile distinguere:

- interasse dei fori circonferenziali variabile in funzione del diametro;
- interasse utile degli anelli della struttura 947.8 mm. (14 onde) → 0.95 m.;
- giunto bullonato sulla testate delle piastre (foratura longitudinale) possibile in:

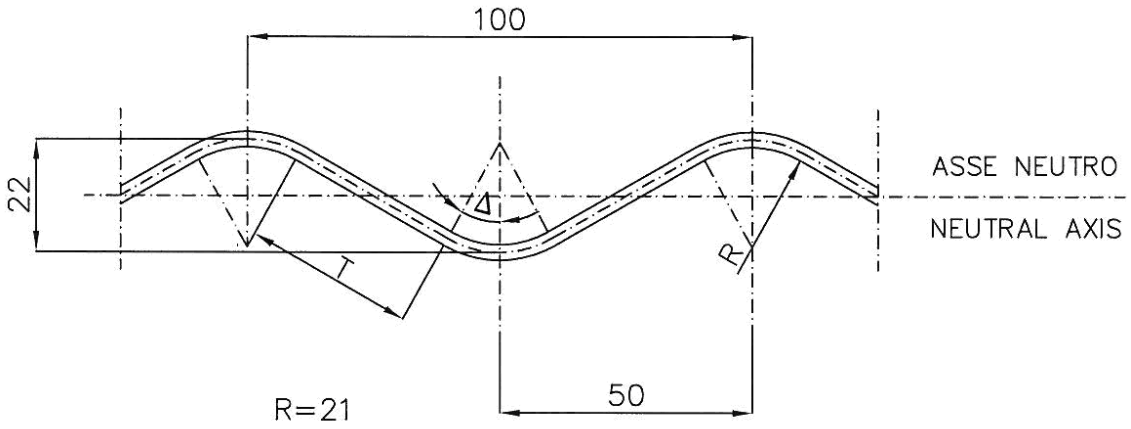
  a) numero 15 bulloni ogni metro di lunghezza della condotta (bullonatura semplice);

- bulloneria M12, classe 8.8.



Le prove meccaniche su provini, relativi alla suddetta ondulazione, sono stati eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

Ondulazione **T100**



Spessore mm.	**Tangente** mm.	**Angolo** Δ°	**Momento di inerzia** cm.^{4} *	**Modulo di resistenza** cm.^{3} *	**Raggio giratorio** cm.	**Area** cm.^{2} *
2.0	32.37	29.91	0.1218	0.1015	0.742	0.221
2.5	32.03	30.03	0.1534	0.1252	0.745	0.277
3.0	31.69	30.15	0.1856	0.1485	0.748	0.332
3.5	31.34	30.27	0.2185	0.1714	0.751	0.388

* per cm. lineare di proiezione sull'asse neutro

La foratura delle piastre si suddivide in:

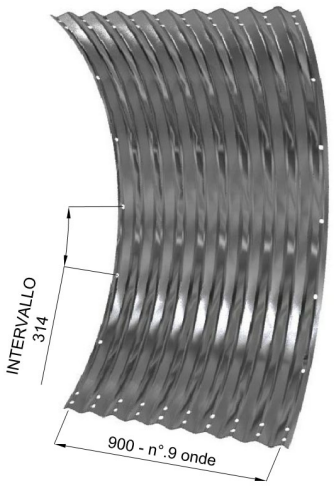
- **foratura circonferenziale**, costituita dai fori praticati sui lati delle piastre lungo lo sviluppo circonferenziale del manufatto tubolare; tale foratura viene utilizzata per il collegamento dei vari anelli costituenti la condotta;

- **foratura longitudinale**, costituita dai fori praticati sulle testate delle piastre del manufatto tubolare; tale foratura viene utilizzata per il collegamento tra le piastre al fine di formare l'anello della condotta.

I bulloni utilizzati in quest'ultima foratura sono dimensionati al fine di assicurare la trasmissione degli sforzi da una piastra all'altra della condotta, infatti nel calcolo statico della struttura viene verificata la resistenza di tale giunto bullonato.

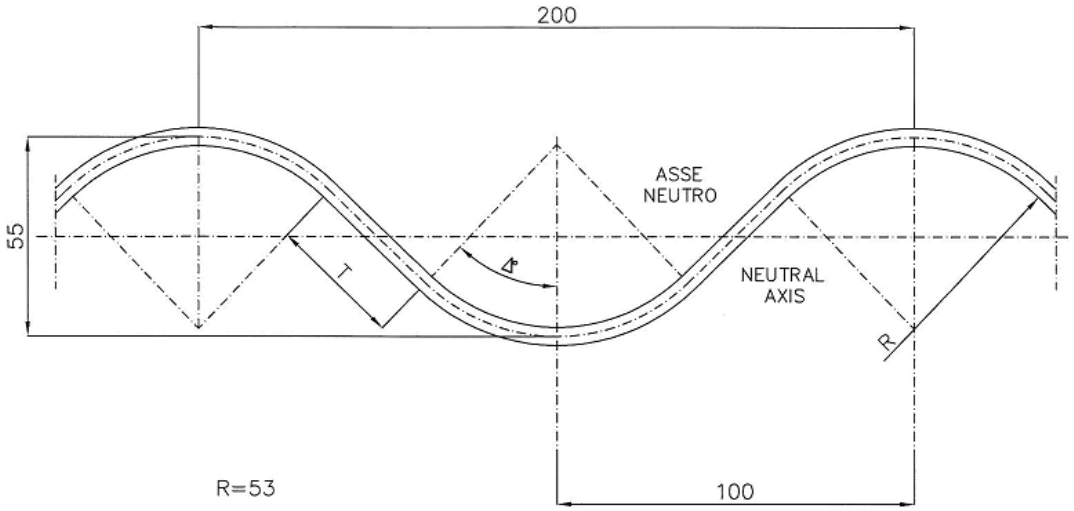
In funzione del numero di bulloni che concorrono alla resistenza del giunto bullonato e alla posizione ed interasse dei fori circonferenziali è possibile distinguere:

- interasse dei fori circonferenziali 314 mm.;
- interasse utile degli anelli della struttura 900 mm. (9 onde) → 0.90 m.;
- giunto bullonato sulla testate delle piastre (foratura longitudinale) possibile in:
  a) numero 20 bulloni ogni metro di lunghezza della condotta (bullonatura doppia);
- bulloneria M12, classe 8.8.



Le prove meccaniche su provini, relativi alla suddetta ondulazione, sono stati eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

Ondulazione **T200**



Spessore mm.	Tangente mm.	Angolo Δ°	Momento di inerzia cm.^{4} *	Modulo di resistenza cm.^{3} *	Raggio giratorio cm.	Area cm.^{2} *
2.5	33.02	44.93	1.1272	0.3921	1.954	0.295
3.0	32.17	45.19	1.3564	0.4677	1.956	0.354
4.0	30.41	45.73	1.8192	0.6167	1.961	0.473
5.0	28.55	46.33	2.2888	0.7629	1.967	0.591
6.0	26.55	46.98	2.7658	0.9068	1.973	0.710
7.0	24.39	47.71	3.2511	1.0488	1.980	0.829

***** per cm. lineare di proiezione sull'asse neutro

La foratura delle piastre si suddivide in:

- **foratura circonferenziale**, costituita dai fori praticati sui lati delle piastre lungo lo sviluppo circonferenziale del manufatto tubolare; tale foratura viene utilizzata per il collegamento dei vari anelli costituenti la condotta;

- **foratura longitudinale**, costituita dai fori praticati sulle testate delle piastre del manufatto tubolare; tale foratura viene utilizzata per il collegamento tra le piastre al fine di formare l'anello della condotta.

I bulloni utilizzati in quest'ultima foratura sono dimensionati al fine di assicurare la trasmissione degli sforzi da una piastra all'altra della condotta, infatti nel calcolo statico della struttura viene verificata la resistenza di tale giunto bullonato.

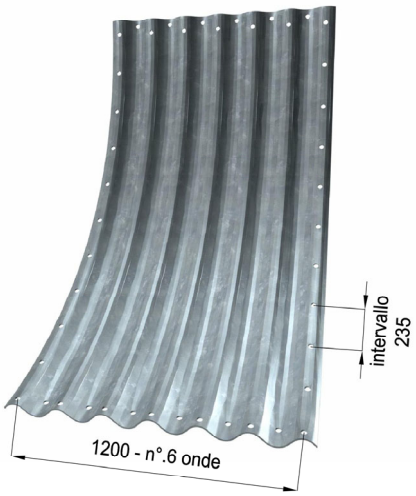
In funzione del numero di bulloni che concorrono alla resistenza del giunto bullonato e alla posizione ed interasse dei fori circonferenziali è possibile distinguere:

- interasse dei fori circonferenziali 235 mm.;
- interasse utile degli anelli della struttura 1200 mm. (6 onde) → 1.20 m.;
- giunto bullonato sulla testate delle piastre (foratura longitudinale) possibile in:

  a) numero 10 bulloni ogni metro di lunghezza della condotta (bullonatura semplice);

  b) numero 20 bulloni ogni metro di lunghezza della condotta (bullonatura doppia);

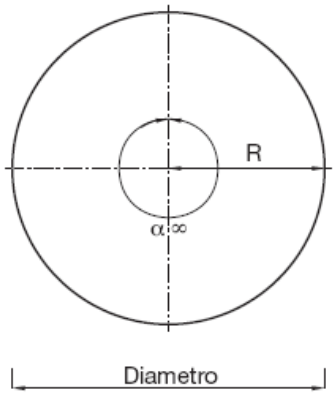
- bulloneria M20, classe 8.8.



Le prove meccaniche su provini, relativi alla suddetta ondulazione, sono stati eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

4.0 TIPOLOGIE A CATALOGO

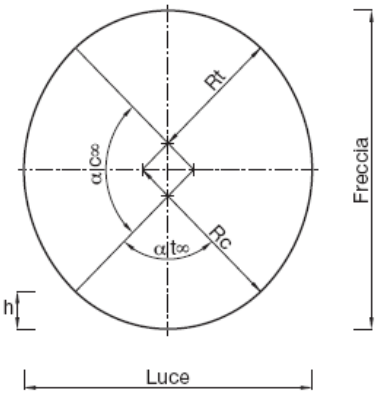
In tabella si riportano le principali caratteristiche geometriche delle tipologie comprese a catalogo, per tipo di ondulazione.



Ondulazione **T70** – **T100** – **T200**

Tipo **C**

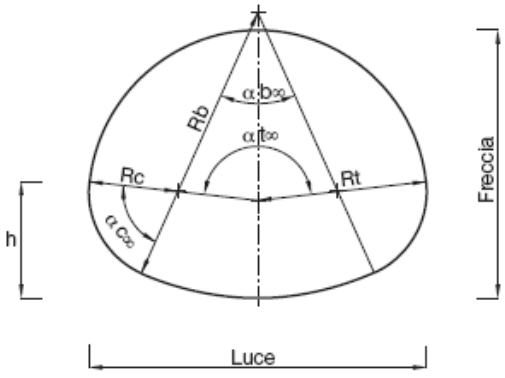
- convogliamento acque
- drenaggi collettori idraulici
- gallerie di servizio



Ondulazione **T100** – **T200**

Tipo **E**

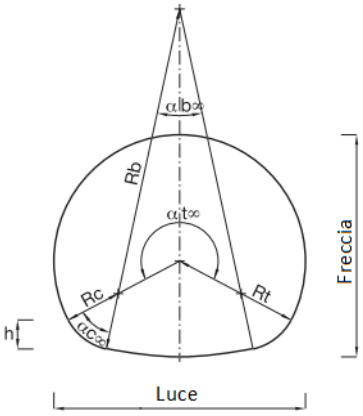
- convogliamento acque
- drenaggi collettori idraulici
- gallerie di servizio



Ondulazione **T100** – **T200**

Tipo **R** – **RA**

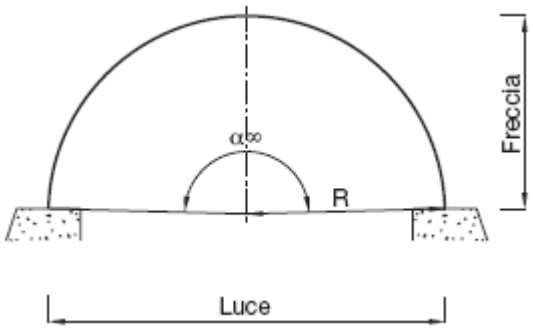
- convogliamento acque
- drenaggi collettori idraulici
- gallerie di servizio



Ondulazione **T100 – T200**

Tipo **TC – TR**

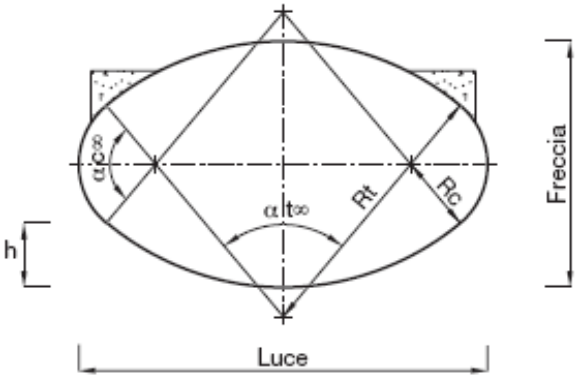
- gallerie
- passaggi pedonali
- traffico stradale
- cassaforma a perdere per manufatti
- protezione strade di montagna valanghe/sassi



Ondulazione **T200**

Tipo **A**

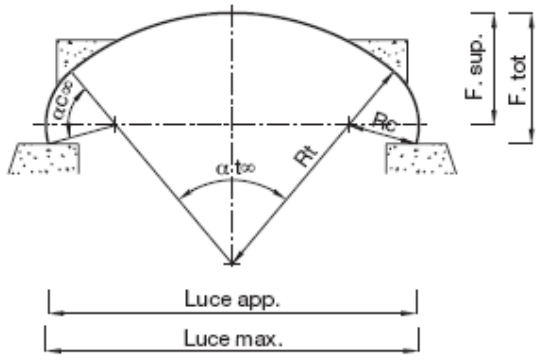
- ricoprimento canali esistenti
- rinforzo manufatti deteriorati
- coperture piccoli magazzini
- ricoveri con carattere temporaneo



Ondulazione **T200**

Tipo **HPE**

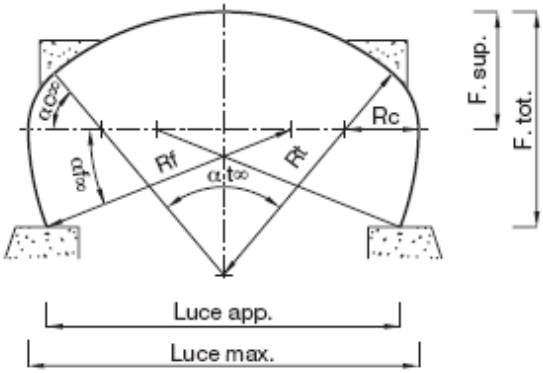
- convogliamento acque
- ponti di I° e II° categoria



Ondulazione **T200**

- convogliamento acque
- ponti di I° e II° categoria

Tipo **LPA**



Ondulazione **T200**

- convogliamento acque
- ponti di I° e II° categoria

Tipo **HPA**

Le varie sezioni sono state studiate per meglio adattare le strutture a specifiche esigenze funzionali e d'ingombro:

- sezioni circolari, tipo **C** e sezioni ellittiche tipo **E**, ideali per applicazioni idrauliche, consentono di sopportare carichi elevati;

- sezioni ribassate, tipo **R** e **RA**, particolarmente adatte quando è necessario contenere la freccia (dimensione verticale della struttura);

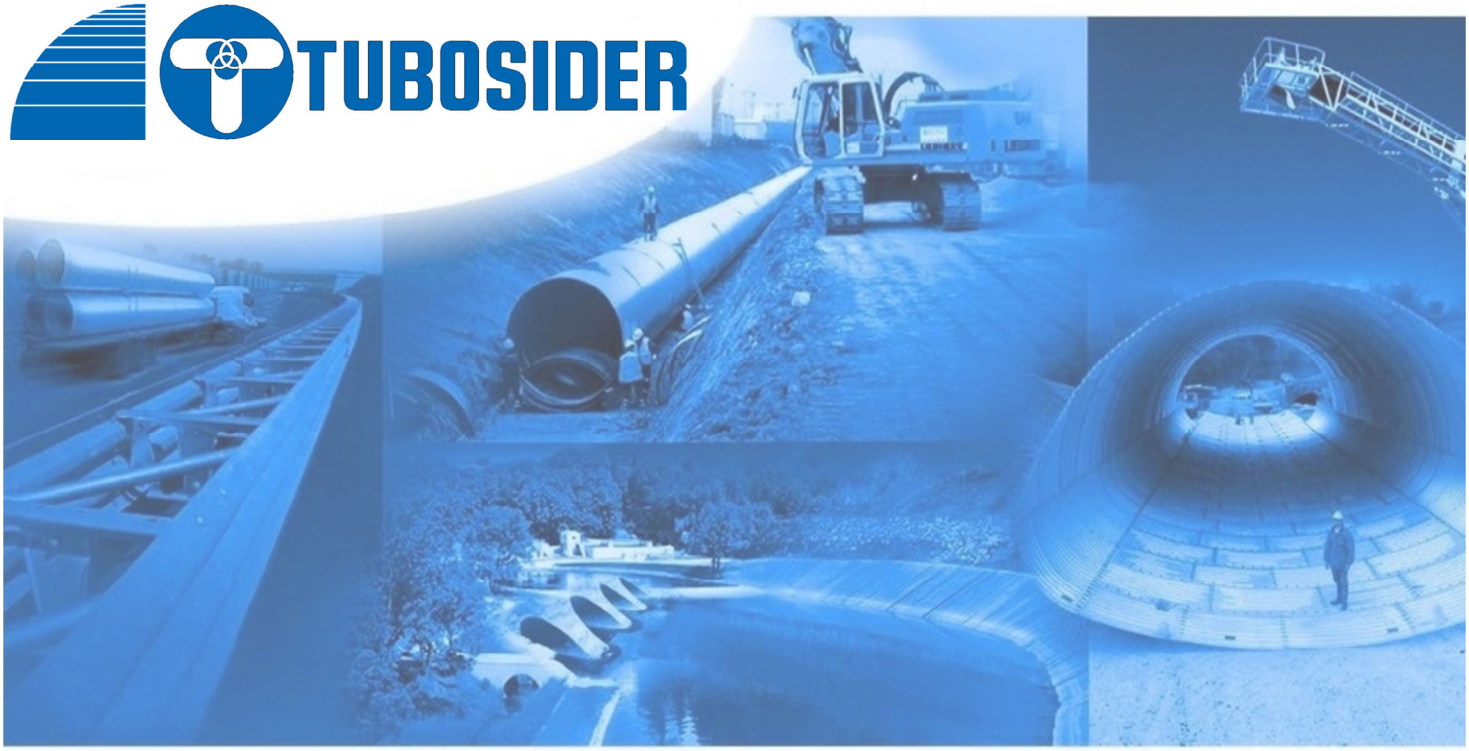
- sezioni sottopasso, tipo **TC** e **TR**, utilizzate per gallerie, quando è necessario avere una freccia conveniente al transito di automezzi e/o persone;

- sezioni ad arco e grande luce, tipo **A**, **HPE**, **LPA** e **HPA**, impiegate per ricoprimento di canali e come rinforzo di opere già esistenti, oppure per applicazioni di grandi dimensioni.

Ondulazione Tipo Luce – Freccia m.	T70		T100		T200	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
C	0.40	1.80	0.80	2.80	1.57	7.41
E			1.72 2.85	1.88 3.15	1.57 6.81	1.73 7.54
R			1.20 2.78	0.98 1.92	2.19 7.23	1.69 4.24
RA					1.86 7.30	1.55 5.23
TC					2.88 8.32	2.73 7.28
TR					2.89 8.48	2.55 6.70
A					1.75 7.55	0.85 3.66
HPE					5.75 12.14	3.46 8.70
LPA					5.75 12.14	2.02 4.99
HPA					5.75 11.85	3.17 6.85

Le dimensioni effettive delle condotte, riferite all'asse neutro, possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza di ± 2%.

TUBOSIDER



"Poiché il prodotto è sottoposto a continue migliorie, si raccomanda all'utente prima di effettuare l'ordine, di verificare con l'Ufficio Tecnico che le informazioni contenute nel presente documento siano aggiornate."

Sede Legale:
S.S. 231 n. 8/A - 12066 Monticello d'Alba (CN) Italia
Tel. +39 0141 418411 - Fax +39 0141 211373

Stabilimento:
. Reg. S. Antonio, 71 - 12066 Monticello d'Alba (CN) Italia
Tel. +39 0173 64715 - Fax +39 0173 64184

PREMIO CIVILTÀ DEL LAVORO

Cod.Fisc. e P.IVA 03141780019
P.IVA Intracomunitaria IT 03141780019
Cap. Soc. Delib., Sott. e Versato € 10.000.000,00
Iscrizione Reg. Imprese Cuneo al n. di Cod. Fisc. 03141780019
Iscrizione R.E.A. della C.C.I.A.A. Cuneo al n. 218830
Tubosider S.p.A.
società soggetta alla direzione ed al coordinamento di Itinera S.p.a.

E-mail: info@tubosider.it
Web: www.tubosider.it