



**TUBOSIDER**  
GRUPPO RUSCALLA



## **MANUALE DI MONTAGGIO**

**CONDOTTE E STRUTTURE PORTANTI  
IN ACCIAIO ONDULATO**

**Versione 2018**

## 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 comunemente 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 dalle 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.

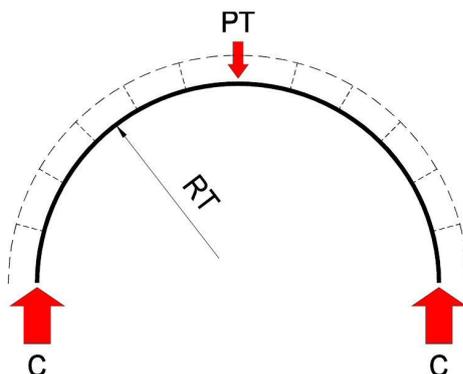
La struttura metallica, grazie alla sua elasticità, interagisce con il terreno circostante.

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:  $C = PT \cdot RT$



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.

Editor:

**M. Cucchietti - A. Baggio**

Graphic:

**L. Martinetti**

Documento:

**MdM Condotte.doc**

Versione n. **2018**

Data: **01/08/2018**

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.

Editor: M. Cucchiatti - A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

## 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:

• <b>carico unitario di rottura a trazione</b>	Rm	360 ÷ 510	N/mm <sup>2</sup>
• <b>carico unitario di snervamento</b>	ReH	235	N/mm <sup>2</sup>
• <b>resilienza</b>	<b>Temperatura</b>	20	°C
	<b>Energia</b>	27	J
• <b>allungamento percentuale</b>	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.

### 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. <sup>a</sup> Nm.	Max. <sup>b</sup> Nm.
T70 T100	M12	45	90 <sup>c</sup>
T200	M20	220	439 <sup>c</sup>

**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

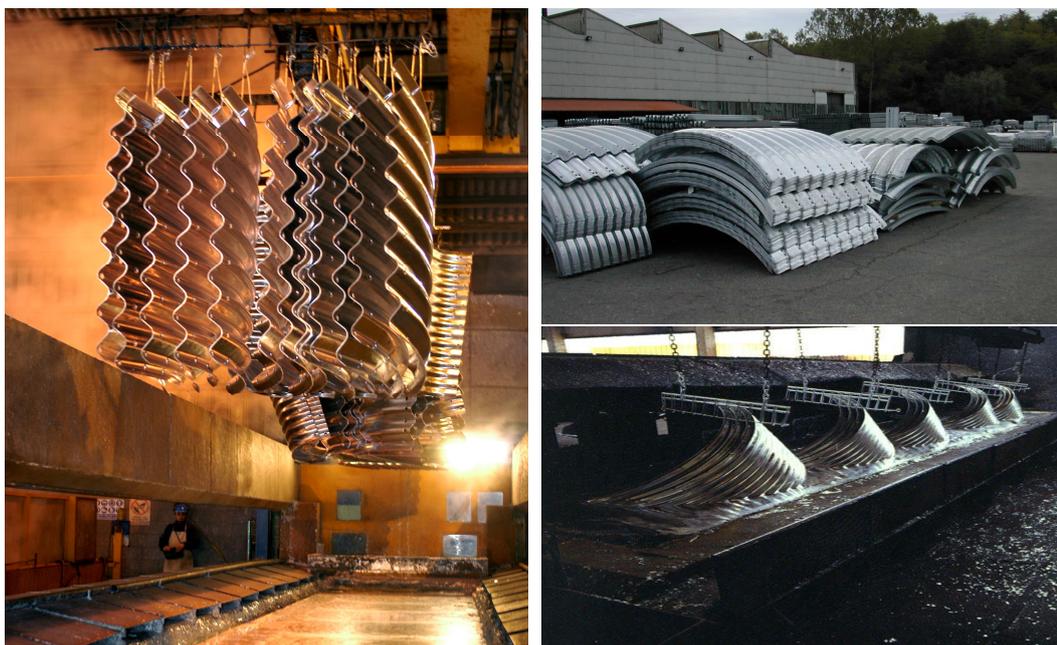
Spessore acciaio mm.	Minimo spessore locale del rivestimento $\mu\text{m}$ .	Minimo spessore medio del rivestimento $\mu\text{m}$ .
> 6.0	70	85
> 3.0 ÷ ≤ 6.0	55	70
≥ 1.5 ÷ ≤ 3.0	45	55
< 1.5	35	45

### Bulloneria

Diametro mm.	Minimo spessore locale del rivestimento $\mu\text{m}$ .	Minimo spessore medio del rivestimento $\mu\text{m}$ .
> 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 <sup>d, e</sup> μm/anno
<b>C1</b>	Interno: asciutto	Molto basso	≤ 0.1
<b>C2</b>	Interno: condensa occasionale Esterno: ambiente rurale	Basso	Da 0.1 a 0.7
<b>C3</b>	Interno: alta umidità, leggero inquinamento Esterno: ambiente urbano o costiero temperato	Medio	Da 0.7 a 2
<b>C4</b>	Interno: piscine, impianti chimici, ecc. Esterno: ambiente industriale o urbano costiero	Alto	Da 2 a 4
<b>C5</b>	Esterno: ambiente industriale con alta umidità o alta salinità costiera	Molto alto	Da 4 a 8
<b>Lm2</b>	Acqua marina in regioni temperate	Molto alto	Da 10 a 20 <sup>f</sup>

**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.

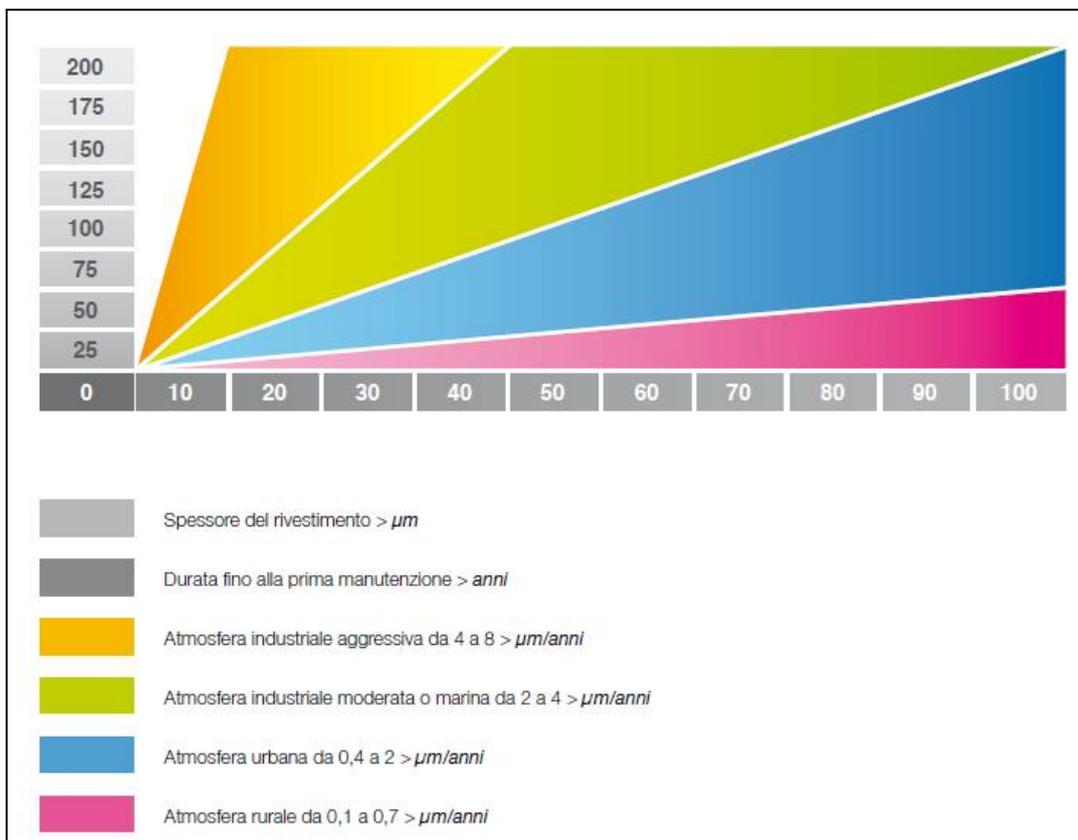
Una sostanziale riduzione dell'inquinamento, specialmente del biossido di zolfo, si è verificata negli ultimi 30 anni nel mondo intero.

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



### 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*.

Editor:

M. Cucchietti - A. Baggio

Graphic:

L. Martinetti

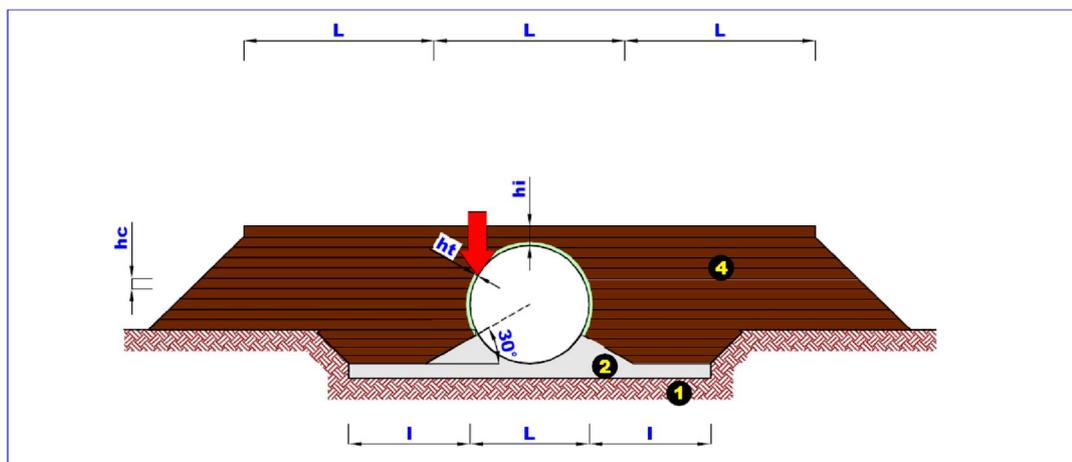
Documento:

MdM Condotte.doc

Versione n. 2018

Data: 01/08/2018

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**  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L** luce condotta
- ht** 20 cm. sabbia  $\varnothing$  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 $\leq$ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%					Torbe e terre organiche palustri A8
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Gruppo	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 %	$\leq$ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	$\leq$ 30	$\leq$ 50	$>$ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	$\leq$ 15	$\leq$ 25	$\leq$ 10	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$>$ 35	$>$ 35	$>$ 35	$>$ 35	$>$ 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	-	-	$\leq$ 40	$>$ 40	$>$ 40	$\leq$ 40	$>$ 40	$\leq$ 40	$>$ 40	$\leq$ 40	$>$ 40	$>$ 40
Indice di plasticità	$\leq$ 6	N.P.	$\leq$ 10	$\leq$ 10 max	$\leq$ 10	$>$ 10	$>$ 10	$\leq$ 10	$\leq$ 10	$>$ 10	$>$ 10	$>$ 10
Indice di gruppo	0		0	0			$\leq$ 4	$\leq$ 8	$\leq$ 12	$\leq$ 16	$\leq$ 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 granulometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma EN 13242.

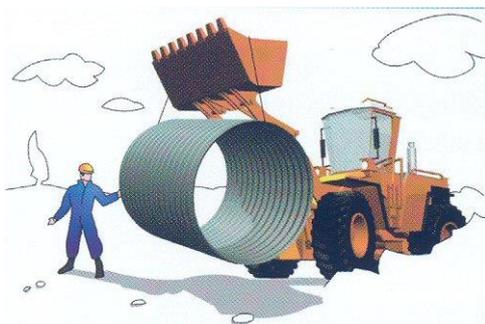
Per la durata nel tempo, al fine di evitare l'innesto prematuro di fenomeni di corrosione delle lamiera ed assicurare le prestazioni dichiarate al *capitolo 2.3*, si consiglia di adottare materiali che offrano una resistività elettrica maggiore almeno di 8000 Ohm/cm e con un Ph prossimo al valore neutro 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 PREPARAZIONE E ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

Lo scarico delle piastre deve essere effettuato con mezzi meccanici o a mano, ma non può essere eseguito con mezzi ribaltanti perché si potrebbero deformare le lamiere e creare delle pieghe agli spigoli delle stesse, rendendo il montaggio più difficoltoso e quindi più costoso.



L'avvicinamento al luogo d'installazione deve essere eseguito razionalmente, predisponendo le lamiere in modo tale da subire minori spostamenti e trascinalamenti possibili onde evitare che si possa danneggiare lo stato di protezione dell'acciaio costituito da zinco, o protezioni supplementari.

Una copia del "MANUALE DI MONTAGGIO" viene sempre allegata alla fornitura.

### 3.1 Personale

Le squadre di installatori specializzati devono essere composte da un minimo di 4 ad un massimo di 6 persone.

Diverse squadre possono lavorare contemporaneamente sullo stesso cantiere.

### 3.2 Attrezzatura

Un minimo di attrezzatura adeguata, anche se non sempre necessaria, per ogni squadra di installatori si compone di:

- mazzette;
- ganci;
- chiavi da 22 (ondulazione T70/T100) e/o da 32 (ondulazione T200);
- palanchini;
- scale;
- trabattello;
- camion con gru;

Editor:

M. Cucchietti - A. Baggio

Graphic:

L. Martinetti

Documento:

MdM Condotte.doc

Versione n. 2018

Data: 01/08/2018

- catene di sollevamento con relativi grilli;
- generatore di corrente;
- motocompressore;
- pistola avvitatrice elettrica o pneumatica che regola la coppia di serraggio; essa permette di risparmiare tempo ed ottenere una regolarità di serraggio difficile da raggiungere in altro modo.

Inoltre a disposizione o a titolo di verifica: una chiave dinamometrica per la misurazione della coppia di serraggio.

### 3.3 Tempi di installazione

I tempi di installazione di una squadra di installatori specializzati (4 persone) con attrezzatura adeguata e con il materiale a disposizione sul sito si aggira sulle 4 ÷ 6 Ton. giornaliere.



I tempi di installazione possono variare in presenza di condizioni di cantiere non idonee (letto di posa eseguito non correttamente, impossibilità di accedere nella zona di installazione della condotta con il camion con gru).



## 4.0 INSTALLAZIONE DELLE CONDOTTE

### 4.1 Montaggio della struttura

Per ogni fornitura è prevista la consegna del materiale e del relativo “SCHEMA DI MONTAGGIO”.

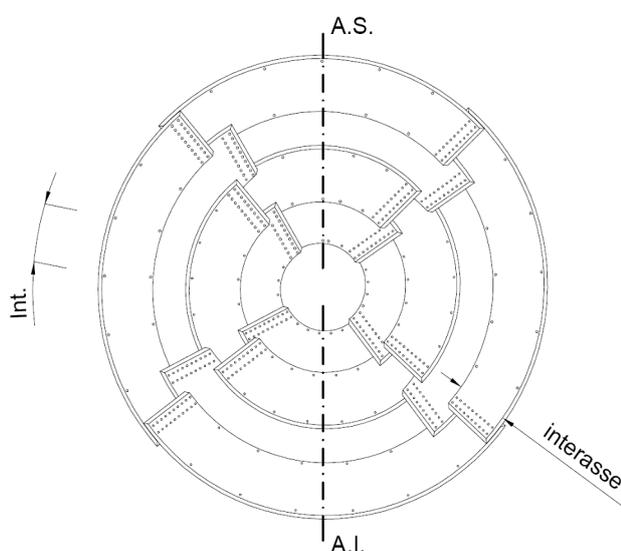
Le piastre standard si identificano in relazione al tipo di ondulazione e per il numero d’intervalli.

Il tipo di ondulazione (T70, T100, T200) è sempre e comunque unico per ogni tipologia di condotta.

Il numero di intervalli è invece variabile da piastra a piastra in relazione alla sua configurazione.

Dicasi “**intervallo**” la distanza in asse tra due fori adiacenti lungo la giunzione circonferenziale.

Il suddetto schema indica chiaramente l’ordine progressivo delle piastre, sempre riferito all’asse superiore o inferiore della condotta, ed al numero degli intervalli di ciascuna piastra.



Quando sulla condotta sono previste delle lavorazioni speciali (tagli d’estremità a becco di flauto, curve planimetriche/altimetriche, innesti laterali, ecc...) appositi disegni particolareggiati vengono consegnati unitamente alla struttura.

In questo caso le singole lamiere sagomate porteranno un contrassegno che permetterà di individuarne l’esatta posizione sul disegno particolareggiato.



# CONDOTTE E STRUTTURE PORTANTI



Editor:  
M. Cucchietti - A. Baggio

Graphic:  
L. Martinetti

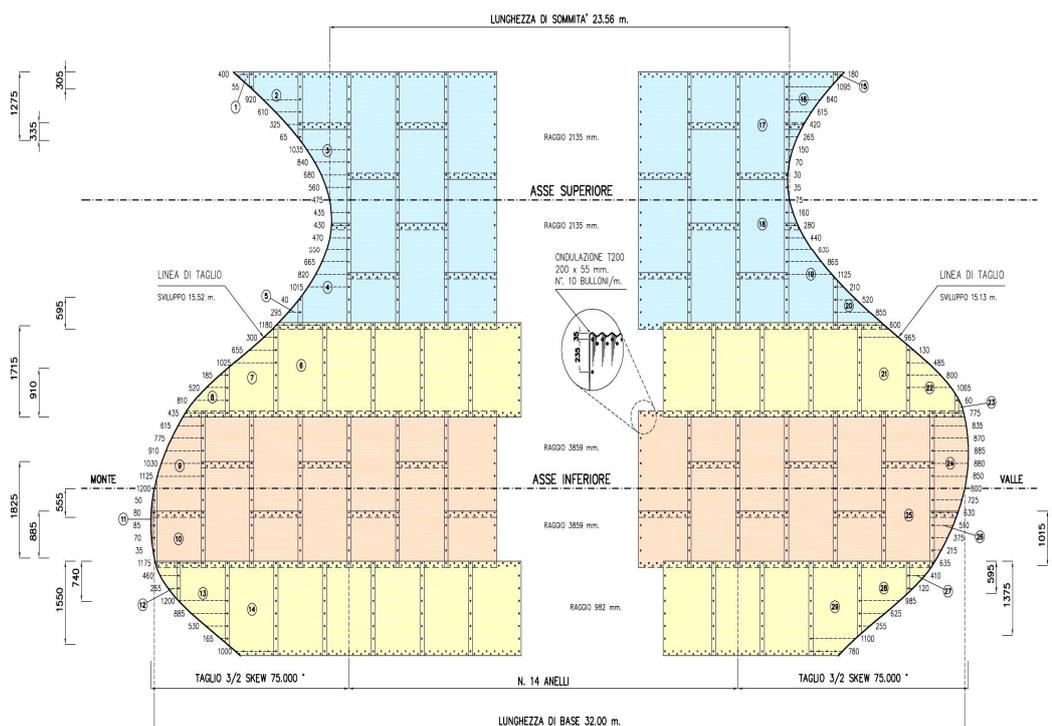
Documento:  
MdM Condotte.doc

Versione n. 2018  
Data: 01/08/2018

Il montaggio si esegue inserendo un limitato numero di bulloni per tenere assemblate le piastre nella loro giusta posizione.

Solo dopo aver montato un certo numero di anelli si procede all'inserimento dei bulloni mancanti.

E' opportuno che i bulloni siano lasciati lenti per permettere alle piastre quei piccoli spostamenti che consentono loro di trovare il giusto assestamento.



Estremità tagliate secondo inclinazione di scarpata, sviluppo in piano, vista interna



Quando si è alla presenza di un'elevata lunghezza della condotta, si consiglia di creare degli elementi rompitratta intermedi in c.a. che, suddividendo la lunghezza della struttura concorre alla sua stabilità, perché ne riducono il momento e la deformabilità, ed evitano eventuali rotazioni delle piastre che formano gli anelli della medesima.

## 4.2 Serraggio dei bulloni

Terminato il montaggio di tutta la struttura si procede a stringere i bulloni fino a raggiungere la coppia di serraggio richiesta (Vedere capitolo 2.2).

Questa operazione è molto importante ed i bulloni devono essere ben stretti e tali da rendere la struttura monolitica.

Prestare attenzione soprattutto alle giunzioni longitudinali che sono quelle effettivamente sollecitate dai carichi.

Nel caso in cui la condotta sia assemblata al di fuori della sua sede naturale, occorre che dopo il posizionamento con un idoneo mezzo di sollevamento nel suo situ naturale, si proceda a risserrare tutta la bulloneria fino a raggiungere la coppia di serraggio richiesta.



Il sollevamento e la movimentazione di carichi avviene sempre sotto l'esclusiva responsabilità del conduttore della macchina, così come su di esso ricade la responsabilità di:

- scegliere una macchina di sollevamento idonea per portata

- scegliere una macchina di sollevamento conforme alla Direttiva Europea 2006/42/CE (dotata di marcatura CE);
- sottoporre la macchina ai controlli ed alle verifiche previste dalle leggi dello Stato Membro in cui viene utilizzata;
- utilizzare la macchina in conformità alle istruzioni di uso stabilite dal fabbricante.

**TUBOSIDER** non può in nessun caso farsi carico delle suddette responsabilità in quanto ricadenti in aree sulle quali non può esercitare alcun tipo di controllo.

Per le condotte ispezionabili si consiglia, una volta ultimato il blocco tecnico, di controllare nuovamente il serraggio dei bulloni e provvedere, ove necessario, ad adeguare le coppie a quanto prescritto.

#### **4.3 Tolleranze**

Le dimensioni effettive delle condotte, riferite all'asse neutro, possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza del  $\pm 2\%$ .

## 5.0 REALIZZAZIONE DEL BLOCCO TECNICO

Si definisce “**blocco tecnico**” l'intero rilevato che circonda la condotta e che nella fattispecie contribuisce in modo sostanziale alla tenuta statica della struttura in acciaio.

Il blocco tecnico è costituito dal letto di posa, dalle banchine laterali e dal ricoprimento di sommità.

L'altezza “**H**” del rilevato di ricoprimento, riferita all'estradosso della condotta, viene sempre specificata e prescritta in sede di dimensionamento della struttura, oppure indicata in catalogo, per quelle condotte di produzione standard.

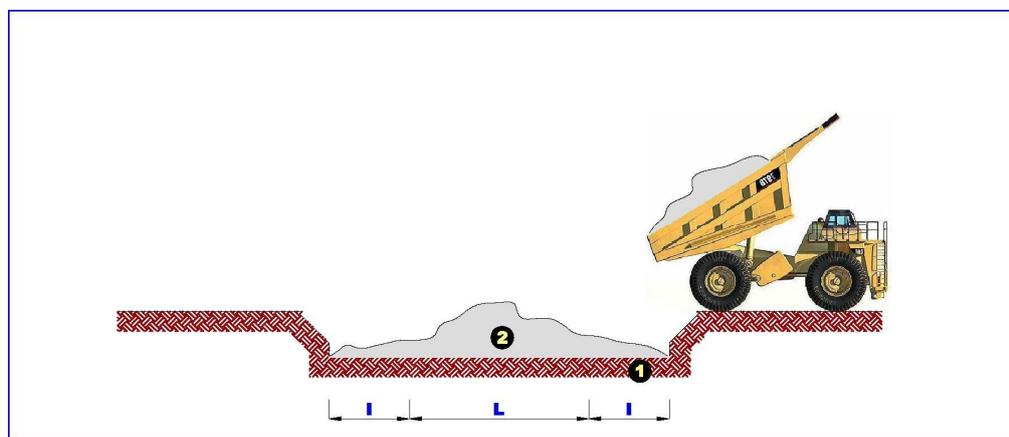
E' obbligatorio eseguire il blocco tecnico rispettando l'altezza prescritta, secondo le regole geometriche e di posa descritte qui di seguito.

### 5.1 Predisposizione del piano di appoggio della condotta

#### 5.1.1 Letto di posa

E' indispensabile che la condotta metallica sia posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità.

In nessun caso la struttura deve posare direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di calcestruzzo.



- 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
- l  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta

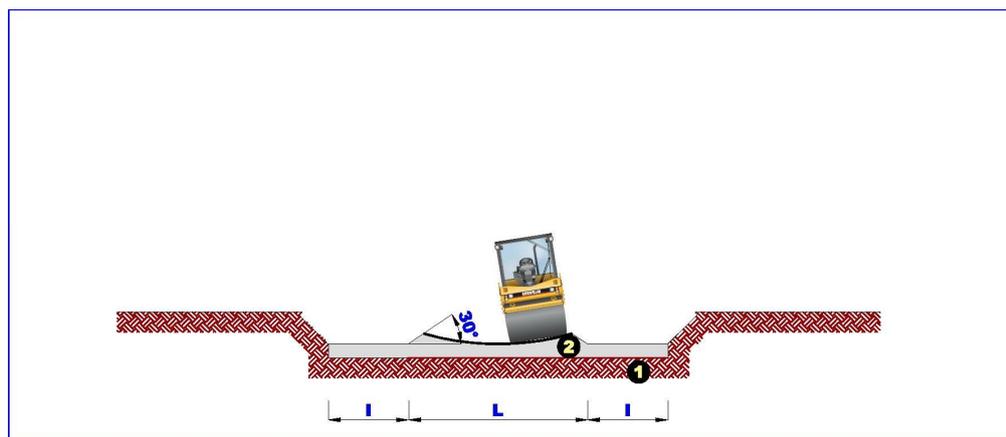
Il terreno sottostante il letto di posa deve garantire una portanza tale da impedire assestamenti differenziati del blocco tecnico in esercizio (indicativamente, si consiglia almeno una capacità portante di 150 kPa).

Nel caso di terreno a debole portanza conviene realizzare un letto di posa mediante un cuscinetto di materiale granulare compatto, con larghezza pari ad almeno tre

volte la luce della condotta, con profondità adeguata, ai fini di ottenere una buona ripartizione delle pressioni sul terreno sottostante.

In presenza, invece di fondo roccioso si consiglia di interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 ÷ 40 cm. di profondità.

Per il letto di posa della condotta si consiglia comunque di profilare quest'ultimo secondo la curvatura delle piastre di fondo della struttura.



- 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
- l  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta

Ciò facilita la fase successiva dell'interramento, non dovendo inserire e costipare il terreno tra il fondo del manufatto ed il piano di posa.

### 5.1.2 Presenza di acque di falda

La presenza di falda nella zona di scavo è un elemento ricorrente, soprattutto per chi si trova ad operare in specifiche aree del territorio.

Una valutazione preventiva ed una attenzione particolare nella fase progettuale possono prevenire e risolvere anticipatamente i problemi che si potrebbero verificare nella fase esecutiva, trovando la soluzione di drenaggio più adeguata.

In presenza di acque di falda la posa in opera delle condotte richiede che si proceda, nel tratto interessato dal lavoro, all'abbassamento del livello idrico al di sotto del fondo dello scavo.

Se si opera in terreni sabbiosi o sabbiosi-limosi, si ottengono ottimi risultati utilizzando un impianto di wellpoint prima dello scavo; quest'ultimo permette di effettuare lo scavo all'asciutto.

In questi casi è necessaria un'indagine preliminare sull'andamento della falda nel tempo, in modo da poter scavare quand'essa è, almeno teoricamente secondo l'indagine più depressa.

Nel caso di terreni coerenti (non sabbiosi né limosi), se non è adatta l'estrazione dell'acqua con il wellpoint, prima si esegue lo scavo e solo successivamente il pompaggio.

L'emungimento di acqua deve essere graduale, onde evitare l'asportazione di materiale solido fine dal terreno.

In presenza di uno scavo di notevoli dimensioni è opportuno utilizzare una doppia fila di pozzi, ognuna ai lati opposti dello scavo stesso.

Si può talvolta ottenere lo stesso risultato con una sola fila da un solo lato, ma bisogna avere un emungimento più in profondità.

Spesso per grandi condotte vengono usate due file, mentre per piccole tubazioni una sola fila.

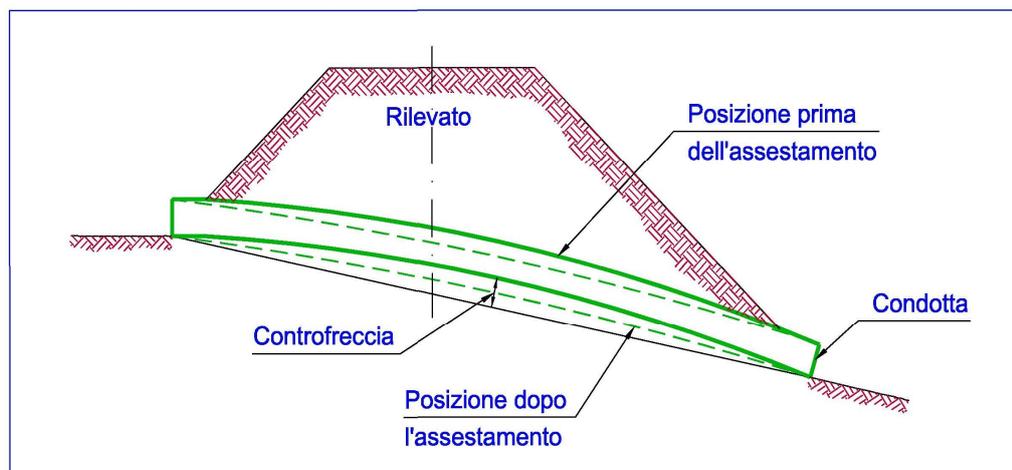
Queste considerazioni valgono se la falda è uniformemente alimentata rispetto alla sezione dello scavo, altrimenti le precedenti tecniche di emungimento vanno studiate caso per caso.

Di regola **TUBOSIDER** prescrive l'assenza di acqua in fondazione, sia di risalita (capillarità) che di falda; il valore della capacità portante nel terreno non dovrà avere un valore inferiore a  $0.5 \text{ kg./cm}^2$ .

E' richiesta una attenta indagine geologica, ed ulteriori considerazioni potranno essere effettuate solo mediante una progettazione specifica dell'intervento.

### 5.1.3 Assestamento sotto il carico del rilevato

Quando ci si trova in presenza di grandi rilevati è buona norma rialzare la parte centrale della fondazione artificiale.



Un metodo pratico è quello di tenere la metà a monte della struttura meno inclinata della metà a valle, facendo però attenzione a non rialzare troppo il centro per evitare che ristagni l'acqua in ingresso.

Editor:

M. Cucchietti - A. Baggio

Graphic:

L. Martinetti

Documento:

MdM Condotte.doc

Versione n. 2018

Data: 01/08/2018

Il valore della contrefreccia da dare alla parte centrale della struttura, rispetto alla condizione rettilinea è compreso tra 0.5 ÷ 1.0 % della lunghezza della condotta.

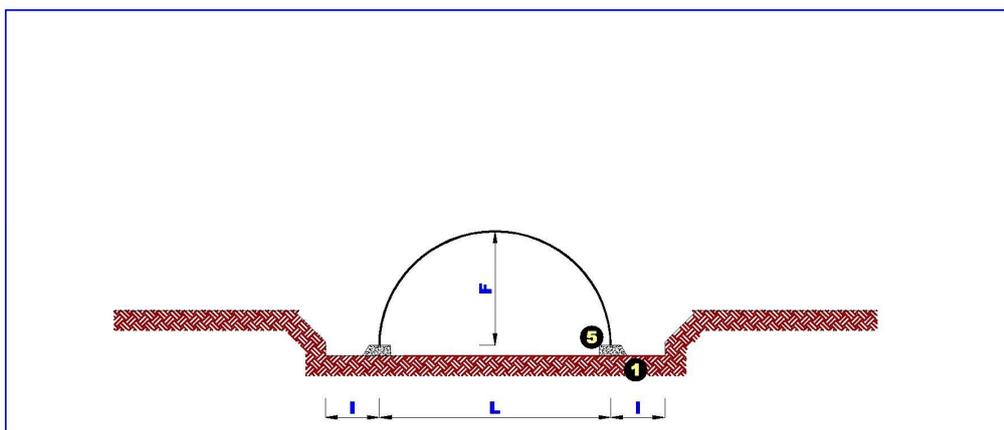
Con questo accorgimento si assicura alla condotta, una volta avvenuto l'assestamento, una pendenza costante evitando quindi il ristagno d'acqua all'interno.

#### 5.1.4 Fondazione delle sezioni ad arco

Le fondazioni in c.a. dei canali di base della struttura metallica dovranno essere dimensionate a cura del cliente in funzione del carico "Rh" (orizzontale), e "Rv" (verticale) derivanti dalla relazione di calcolo.

Le armature dovranno essere ad aderenza migliorata del tipo B450C, mentre il calcestruzzo dovrà avere resistenza caratteristica Rck minimo di classe C25/30.

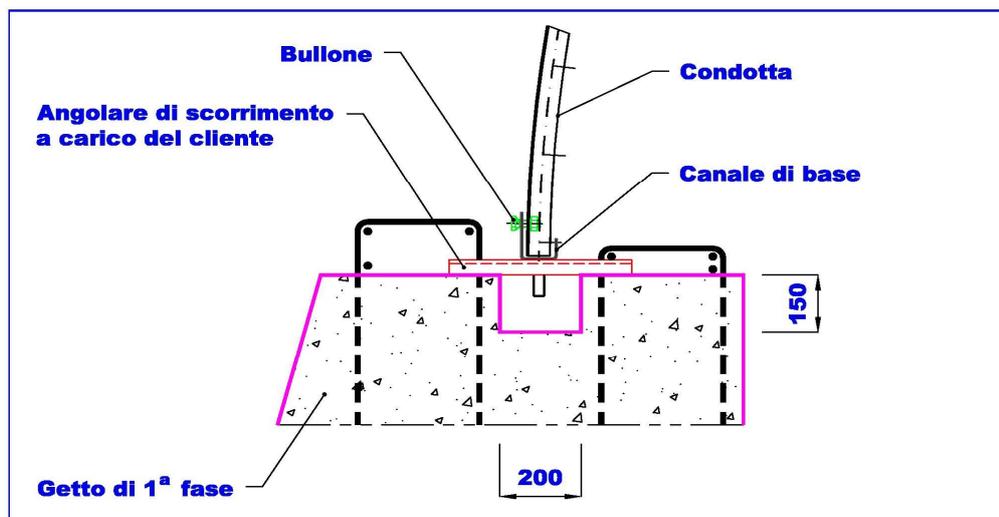
In funzione della portanza del terreno in sito le fondazioni in c.a. potranno essere realizzate a platea unica in c.a., o travi continue in c.a.



- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 5 fondazione in c.a.
- l  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- F freccia condotta

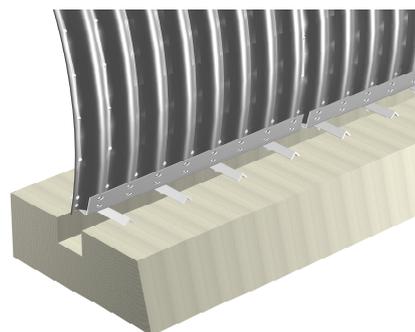
In entrambi i casi, come per tutte le fondazioni rigide, sarà necessario evitare cedimenti differenziali lungo l'asse della struttura metallica di entità tale da provocare sollecitazioni aggiuntive alla sovrastante struttura metallica.

Le piastre costituenti il piede dell'arco saranno munite di canali di base, con il procedere del montaggio della struttura detti canali saranno appoggiati al getto di 1° fase mediante spezzoni di angolare o altri idonei sostegni, la cui fornitura sarà a cura del cliente.

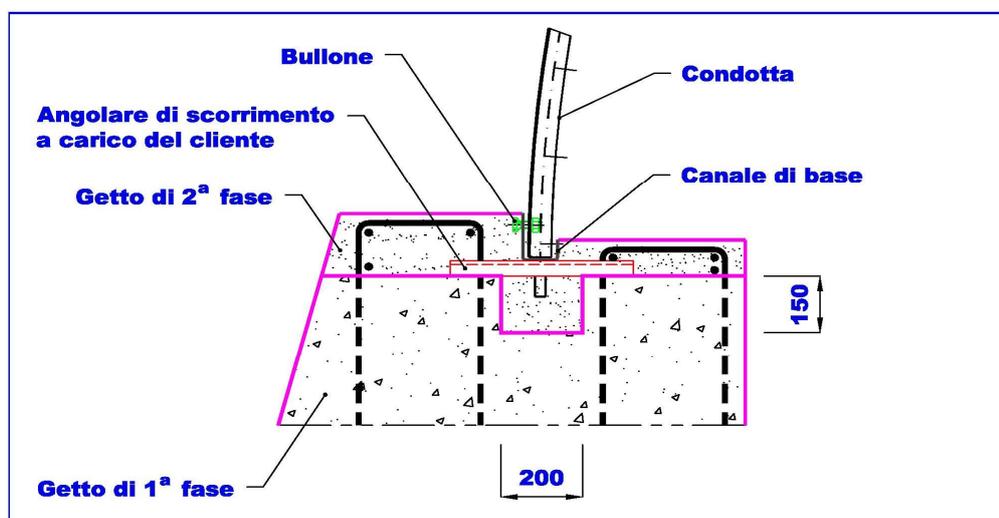


I canali di base, in fase provvisoria, dovranno comunque essere fissati ai suddetti sostegni mediante punti di saldatura o legacci con il filo di ferro, in modo da evitarne il scivolamento.

Al procedere del montaggio si controlleranno distanze, quote e diagonali, per mantenere i canali perfettamente paralleli e complanari con gli anelli della struttura che risultano ortogonali alla linea dei canali rispettando le quote e le indicazioni contenute nel disegno che sarà fornito dalla **TUBOSIDER**.



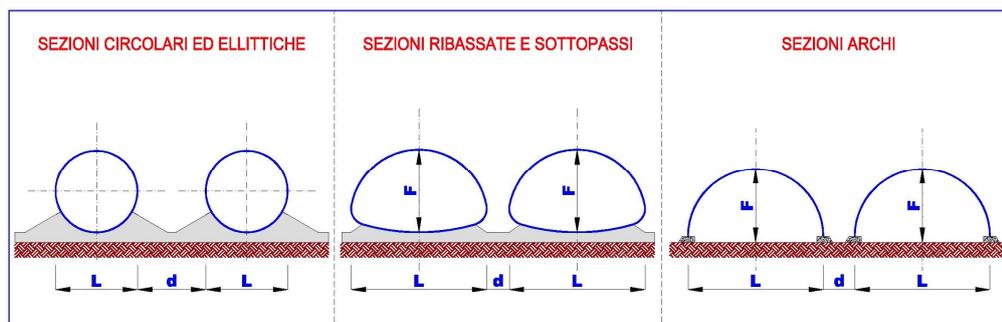
Al montaggio dell'arco eseguito si effettuerà il controllo finale, e se questo darà esito favorevole si solidarizzerà l'arco al piedritto eseguendo il getto di 2ª fase.



Il reinterro dell'arco avverrà dopo la maturazione di tale getto.

## 5.1.5 Installazioni multiple

Al fine di permettere una adeguata compattazione del terreno di costipamento, quando due o più strutture vengono installate in batteria è necessario interporre tra le varie tubazioni uno spazio minimo:



$d \geq L/2$  per le sezioni circolari ed ellittiche –  $d$  minimo 1.00 m.

$d \geq L/3$  per le sezioni ribassate e sottopassi –  $d$  minimo 1.00 m.

$d \geq L/3$  per le sezioni archi –  $d$  minimo 1.00 m.



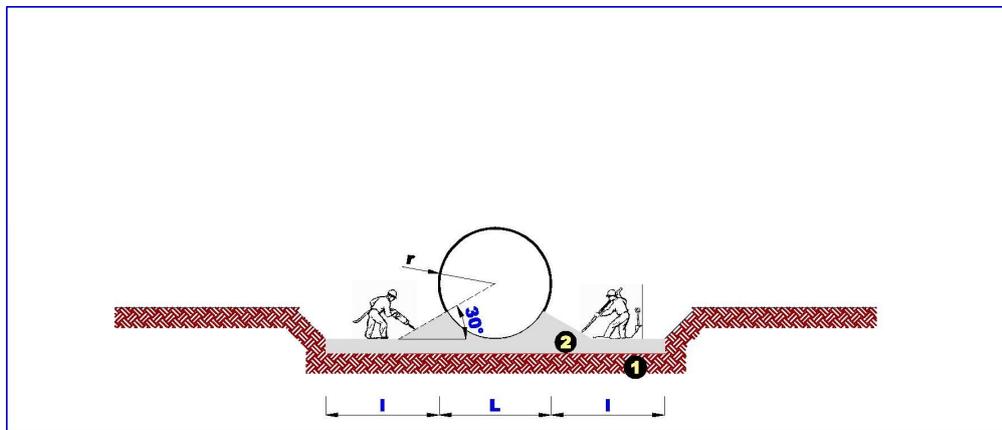
## 5.2 Costipamento laterale e ricoprimento

### 5.2.1 In rilevato

Si raccomanda particolare cura in questa operazione, in quanto la condotta metallica deve la sua resistenza al sostegno laterale del terreno costipato nel suo intorno.

Il materiale viene posato inizialmente al contatto con il terreno dove dovrà essere energeticamente compattato e bagnato con una certa frequenza (quando il materiale di riempimento è adatto), per facilitare la sua penetrazione:

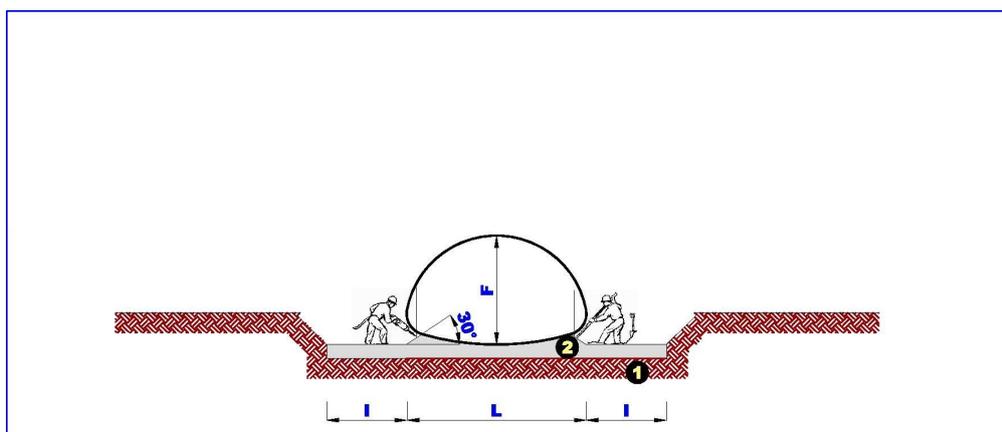
- sotto i quarti inferiori della struttura a sezione circolare;



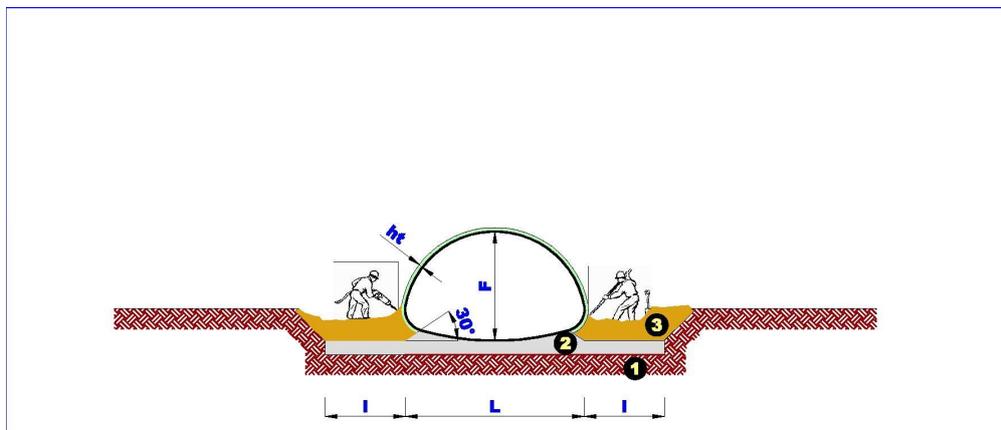
- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
  - 2 fondazione artificiale e letto di posa
- $r$  raggio condotta  
 $l$   $\geq 1.00$  m. su un buon terreno -  $L$  negli altri casi  
 $L$  luce condotta



- sotto gli angolari alla base nel caso di manufatti a sezione ribassata o sottopasso;

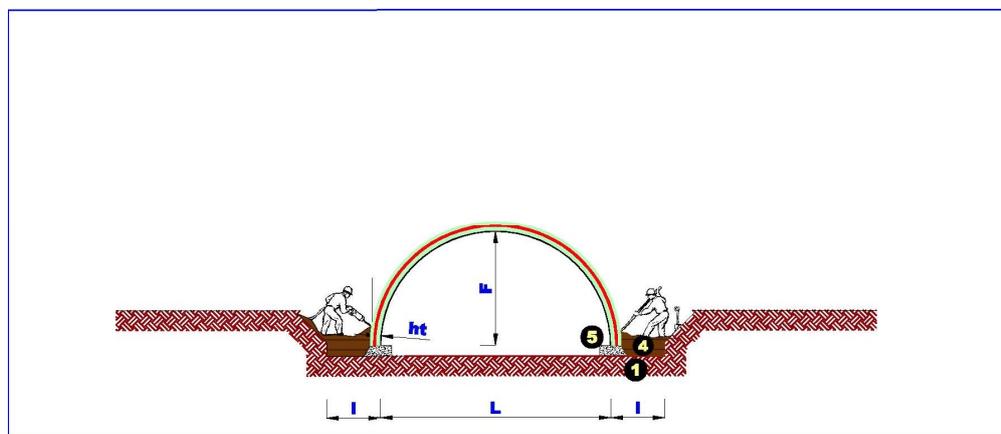


- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
  - 2 fondazione artificiale e letto di posa
- $l$   $\geq 1.00$  m. su un buon terreno -  $L$  negli altri casi  
 $L$  luce condotta  
 $F$  freccia condotta



- 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
- 3** banchina laterale
- l**  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L** luce condotta
- F** freccia condotta
- ht** 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.

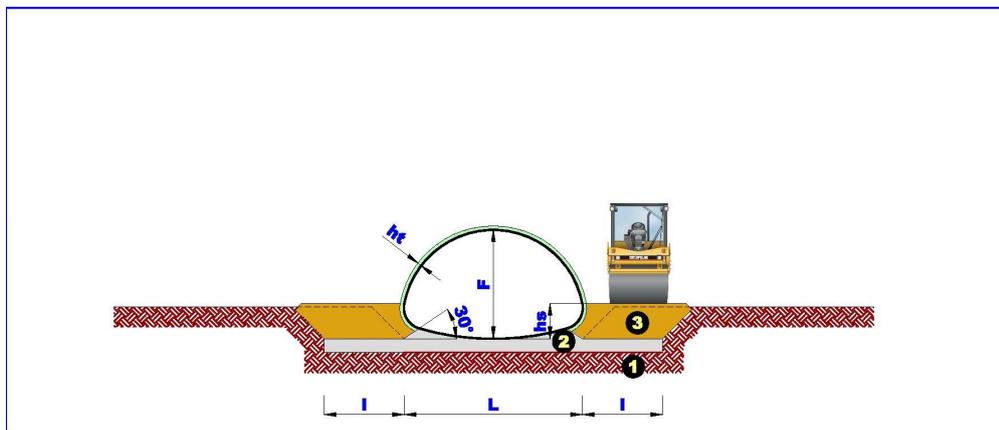
- sul fondo naturale esistente nel caso di manufatti a sezione arco.



- 1** sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 4** rilevato laterale di tenuta
- 5** fondazione in c.a.
- l**  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L** luce condotta
- F** freccia condotta
- ht** 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.

Per le sezioni policentriche, in corrispondenza della banchina laterale (**3**), si prescrive una capacità portante del terreno non inferiore a 300 kPa (3 kg/cm<sup>2</sup>), a meno di indicazioni differenti della specifica relazione di calcolo.

In generale, per tutte le altre tipologie di condotte la capacità portante del terreno in corrispondenza della banchina laterale non potrà essere inferiore a 150 kPa (1.5 kg/cm<sup>2</sup>).



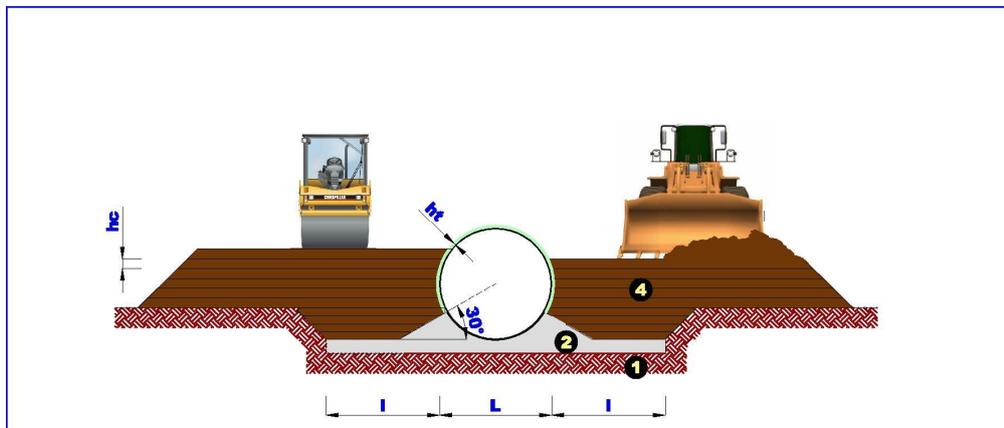
- 1** sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 2** fondazione artificiale e letto di posa
- 3** banchina laterale
- I**  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L** luce condotta
- F** freccia condotta
- ht** 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hs** altezza step (cambio raggio di curvatura base-corner-tetto)

Il materiale di costipamento deve essere steso e compattato a strati orizzontali di spessore max. 20 ÷ 30 cm. (**hc**).

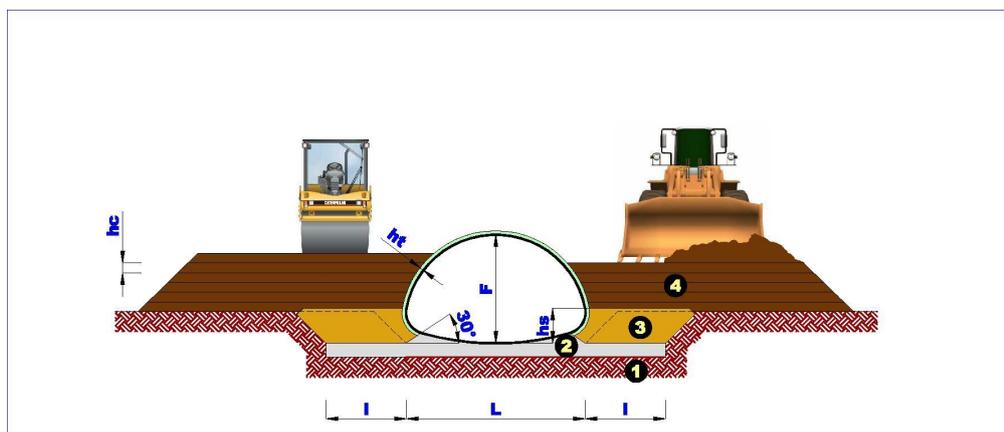
Gli strati devono progredire in modo simmetrico, da un lato e dall'altro della condotta, in modo che il livello di interrimento risulti sempre uguale.



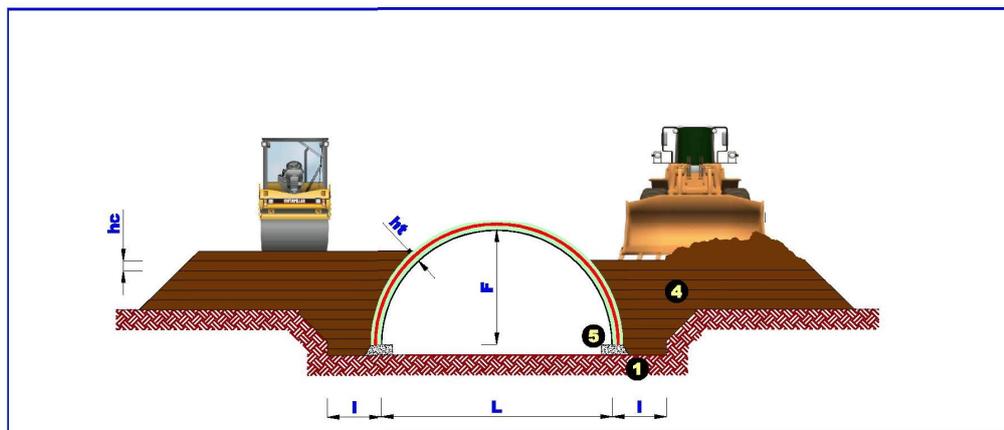
Ove richiesto o precisato dalle specifiche del produttore si dovrà elevare la qualità della compattazione al 90 % della densità massima fornita dalla prova Proctor modificata, secondo EN 13286-2.



- 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
- I  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hc 20 ÷ 30 cm. max. altezza dello strato

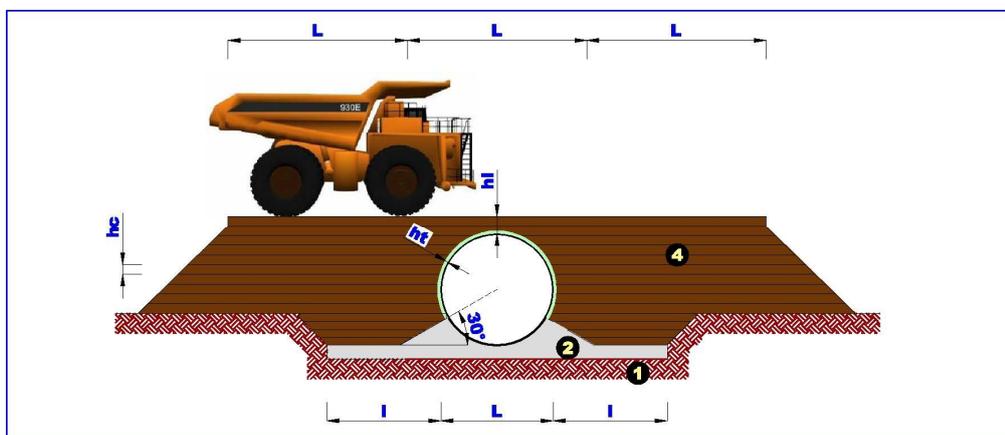


- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 2 fondazione artificiale e letto di posa
- 3 banchina laterale
- 4 rilevato laterale di tenuta
- I  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- F freccia condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hs altezza step (cambio raggio di curvatura base-corner-tetto)
- hc 20 ÷ 30 cm. max. altezza dello strato



- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 4 rilevato laterale di tenuta
- 5 fondazione in c.a.
- l  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- F freccia condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hc 20 ÷ 30 cm. max. altezza dello strato

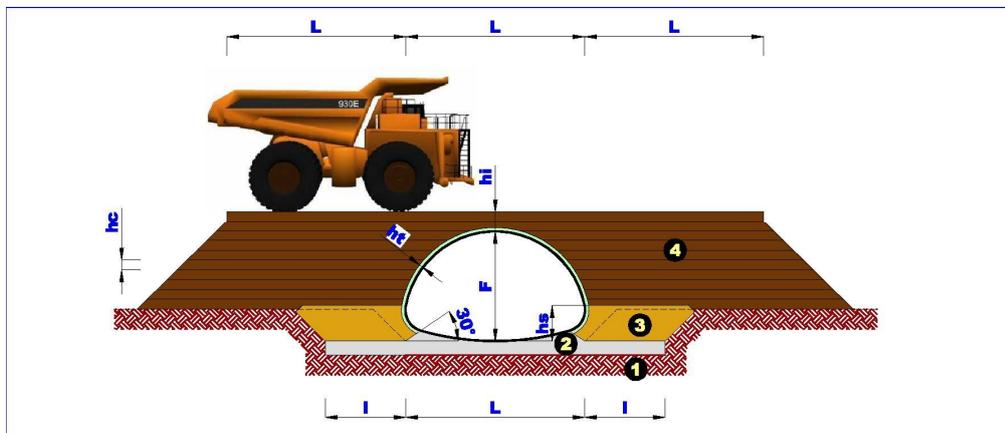
Nel corso della fase di costipamento si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi pesanti in vicinanza della condotta, al fine di non arrecare danni a quest'ultima.



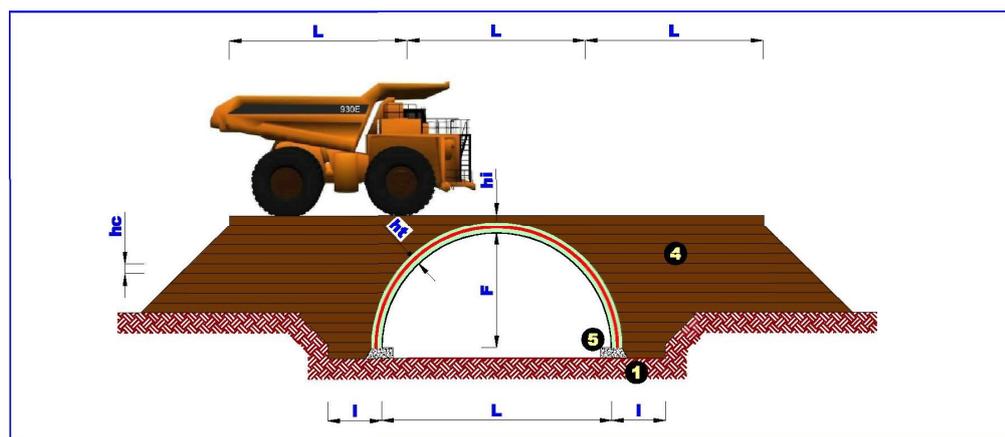
- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 2 fondazione artificiale e letto di posa
- 4 rilevato laterale di tenuta
- l  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  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

L'altezza di rilevato minima "hi", atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere, è sempre specificata dal produttore oppure specificata in catalogo, per quelle condotte di produzione standard.

In corrispondenza dell'estradosso della condotta il blocco tecnico avrà una larghezza pari a tre volte la luce del manufatto (L).



- 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
- 3 banchina laterale
- 4 rilevato laterale di tenuta
- l  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- F freccia condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hs altezza step (cambio raggio di curvatura base-corner-tetto)
- hc 20 ÷ 30 cm. max. altezza dello strato
- hi altezza di rilevato minima, atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere

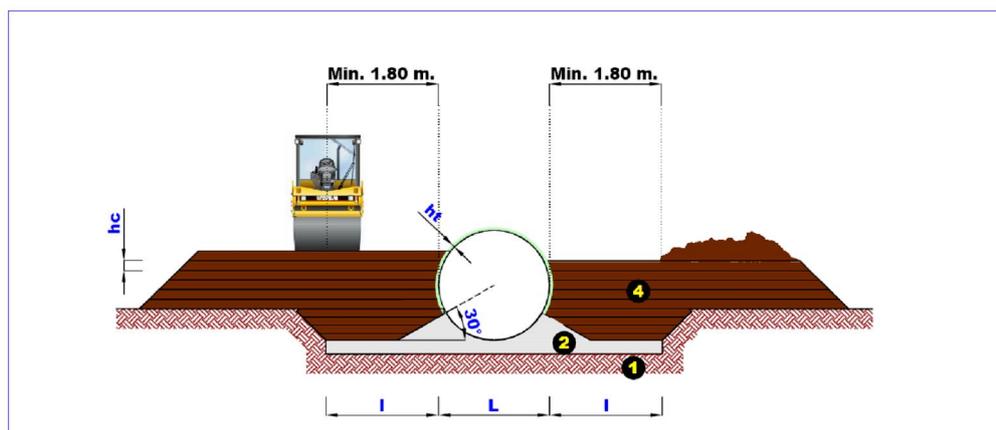


- 1 sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 4 rilevato laterale di tenuta
- 5 fondazione in c.a.
- l  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- F freccia condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  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

Si consiglia l'impiego di rullo compressore per la compattazione di materiali a grana fine e di rullo compressore e vibratore per terreni granulari.

I rulli non possono avvicinarsi alla struttura per evitare danneggiamenti.

Usare mezzi vibrator manuali per compattare il terreno a ridosso della condotta.



- 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
- I**  $\geq 1.50 \div 2.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L** luce condotta
- ht** 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hc** 20 ÷ 30 cm. max. altezza dello strato

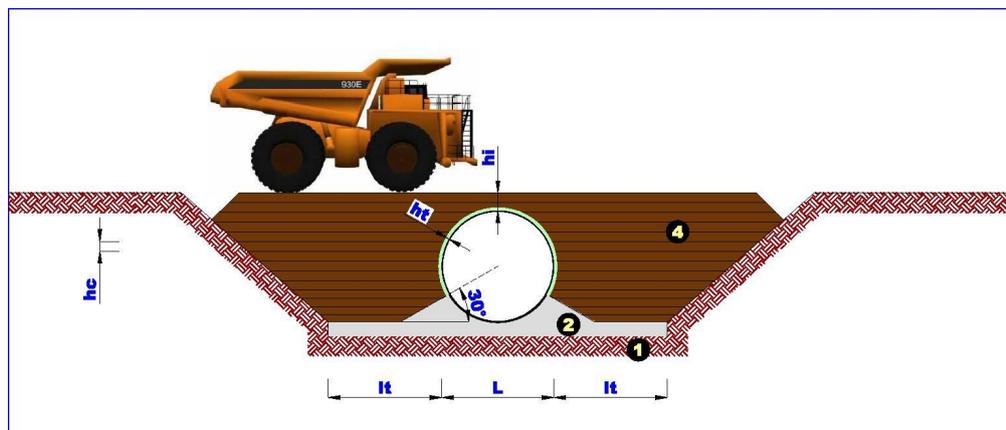
## 5.2.2 In trincea

Sono valide le specifiche illustrate nel precedente *paragrafo 5.2.1* a meno delle puntualizzazioni che seguono.

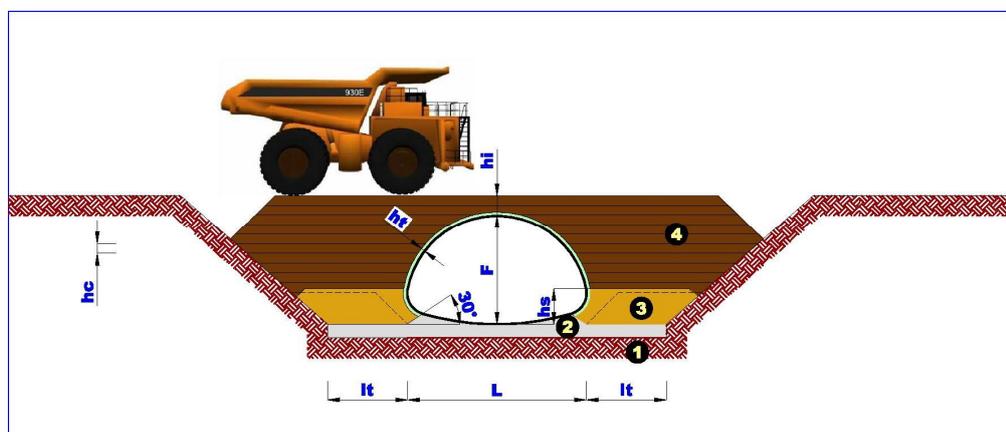
Il blocco tecnico deve avere delle banchine laterali di larghezza almeno pari a  $1.50 \div 2.00$  m. (**It**) ( $3.00 \div 5.00$  m., nel caso di strutture con luce  $\geq 8.00$  m.) e comunque non sono ammesse banchine di larghezza tale da non permettere il passaggio dei mezzi di compattazione.

Le pareti laterali della trincea dovranno essere verificate al fine di essere giudicate idonee ad offrire sia il sufficiente contrasto alle azioni che la struttura metallica trasmette al rilevato tecnico costruito nel suo intorno, che alla idonea compattazione dello stesso rilevato.

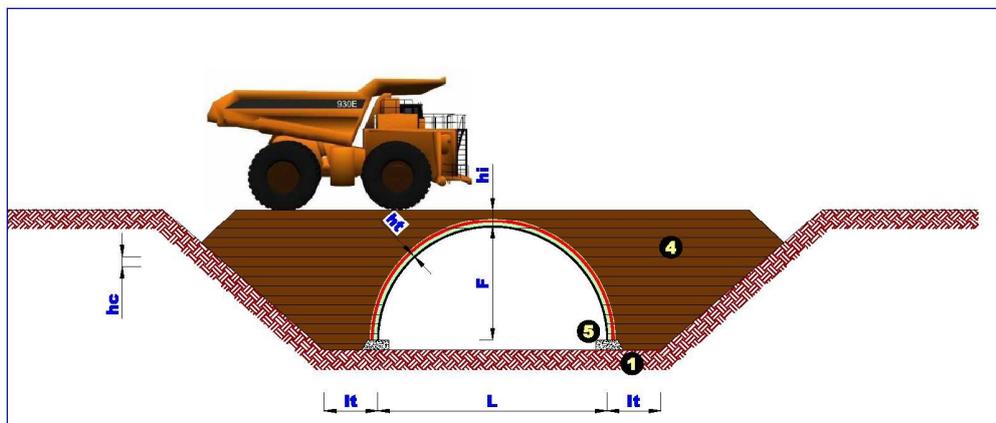
In caso contrario le pareti dovranno essere bonificate mediante lo scavo del materiale ritenuto non idoneo e sostituzione dello stesso con materiale conforme alle specifiche del *capitolo 2.4*.



- 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
- lt  $\geq 1.50 \div 2.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hc 20  $\div$  30 cm. max. altezza dello strato
- hi altezza di rilevato minima, atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere



- 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
- 3 banchina laterale
- 4 rilevato laterale di tenuta
- lt  $\geq 1.50 \div 2.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- F freccia condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hs altezza step (cambio raggio di curvatura base-corner-tetto)
- hc 20  $\div$  30 cm. max. altezza dello strato
- hi altezza di rilevato minima, atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere



- 1** sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 4** rilevato laterale di tenuta
- 5** fondazione in c.a.
- lt**  $\geq 1.50 \div 2.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L** luce condotta
- F** freccia condotta
- ht** 20 cm. sabbia  $\varnothing$  max. 5 mm.
- hc** 20  $\div$  30 cm. max. altezza dello strato
- hi** altezza di rilevato minima, atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere

## 5.3 Applicazioni particolari

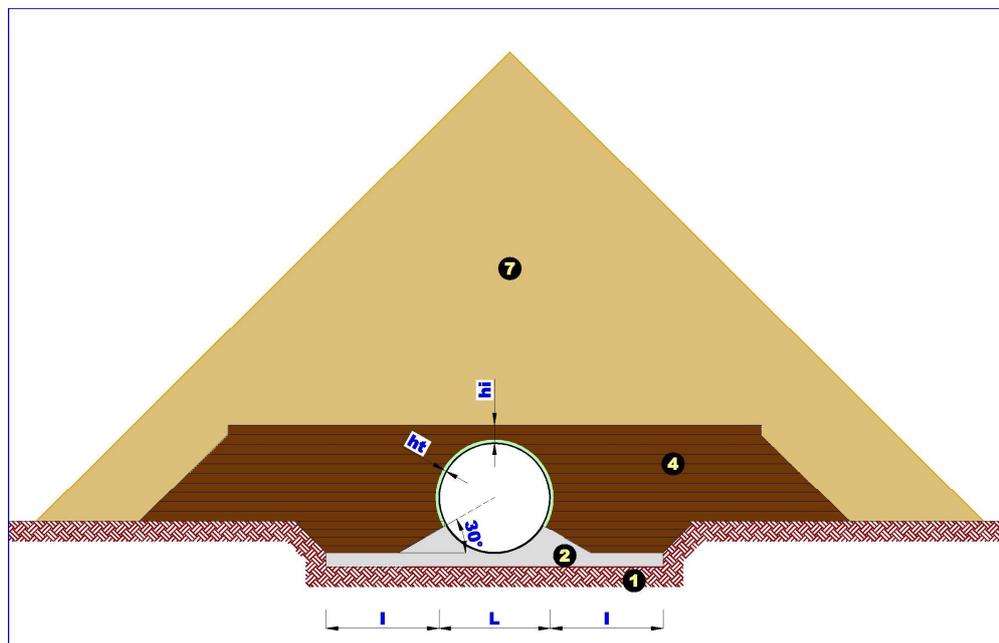
### 5.3.1 In cava

Per le condotte in cava si prescrive che solo dopo aver ultimato l'esecuzione del blocco tecnico si proceda al ricoprimento con il materiale inerte costituente il cumulo.

Per il resto, la realizzazione del blocco tecnico deve sottostare alle stesse specifiche illustrate al *paragrafo 5.2.1* ed al *capitolo 5.1*.

Nel caso vengano installate apparecchiature all'interno della condotta, sarà necessario verificare che le stesse non siano condizionate dalle eventuali deformazioni che potrebbe subire la struttura sotto carico.





- 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
- 7 cumulo inerti
- I  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L luce condotta
- ht 20 cm. sabbia  $\varnothing$  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

Deformazioni che nel caso di corretta esecuzione del blocco tecnico potrebbero anche essere pari al 2 % della freccia teorica della condotta.

Si prescrive che i franchi tra volta della struttura e posizione delle apparecchiature siano verificate secondo procedure espone al *capitolo 6.3*, con riferimento alla luce effettiva della condotta installata.

L'installazione delle apparecchiature all'interno della condotta nonché l'eventuale realizzazione di basamenti in cemento dovrà avvenire soltanto una volta ultimato il blocco tecnico e dopo aver provveduto nuovamente al controllo delle coppie di serraggio dei bulloni.

In presenza di aperture a volta si prescrive la realizzazione di idonei telai di rinforzo.

**TUBOSIDER** provvede al dimensionamento dei telai in conformità alle specifiche esigenze del cliente.

Nel caso che il cliente provveda direttamente al dimensionamento ed alla posa in opera del telaio si prescrive, di minimo, che lo stesso venga saldamente collegato alla

struttura mediante idonei cordoni continui di saldatura, disposti sia all'interno sia all'esterno della condotta, lungo tutto il perimetro dell'apertura.

Le saldature dovranno essere eseguite a regola d'arte da operatori patentati, previo pulizia delle superfici.

Provvedere al ripristino della pellicola protettiva mediante stesura di zinco a freddo e successivo ricoprimento delle parti interessate con resine epossidiche.



### 5.3.2 Tubazioni con pendenza superiore alla media

Il comportamento e le condizioni di esecuzione di una condotta non sono condizionate dall'inclinazione del piano d'appoggio quando la pendenza media del profilo longitudinale resta inferiore all'8 %, e questo è il caso ricorrente per la maggioranza delle strutture.

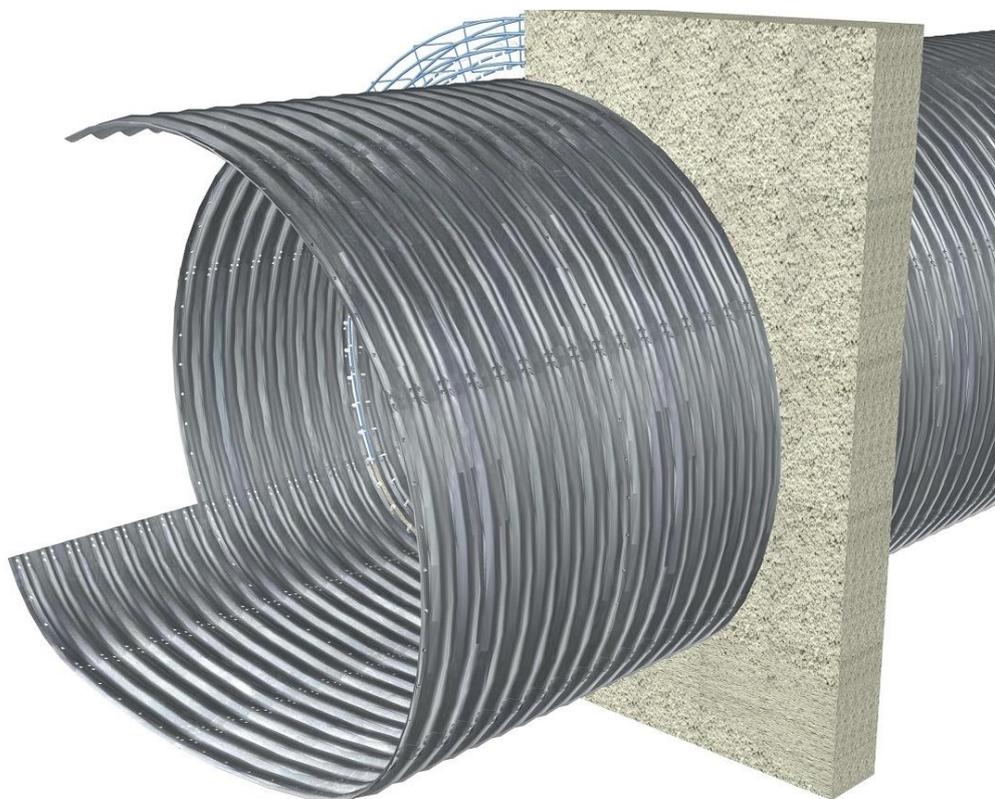
Per dei valori superiori, situazione riscontrabile nel caso di strutture di drenaggio su versante, sarà generalmente necessario predisporre di dispositivi "particolari", appositamente progettati ed eseguiti con la necessaria accuratezza.

Questi dispositivi particolari devono assicurare ad ogni cambio di pendenza la continuità della condotta e consentirne l'ancoraggio al suolo; devono essere studiati in modo da adattarsi alla natura del terreno costituente il piano di posa, e al materiale costituente il rilevato.



La soluzione che viene utilizzata normalmente si identifica con muri di testa in c.a. e con delle selle di fondazione in c.a., finite con relativo cordolo di coronamento alla condotta o con lame di acciaio.

La quantità delle selle è da definire in funzione alle caratteristiche del terreno, considerando che devono contrastare il carico generato dal rilevato tendente a slittare verso valle.



Per migliorare l'ancoraggio tra la condotta ed i setti, saranno forniti dei tirafondi di ancoraggio filettati, bloccati mediante doppi dadi.

Altresì se si dovrà mantenere la pendenza della condotta metallica al di sopra dei valori medi si dovrà prendere in considerazione l'eventualità di eseguire dei dispositivi necessari al fine di limitarne l'abrasione.

Pertanto, occorrerà eseguire all'interno della condotta metallica una pavimentazione in calcestruzzo.

### 5.3.3 Installazione su versante

Nel caso in cui la struttura sia installata trasversalmente alla montagna occorre tenere in considerazione i seguenti punti:

- a) osservanza generale delle norme relative alla realizzazione del letto di posa, costipamento laterale del rilevato tecnico e caratteristiche dei materiali da impiegarsi, secondo le istruzioni scritte nel "MANUALE DI MONTAGGIO".
- b) Compattazione adeguata del rilevato tecnico in corrispondenza degli angolari alla base della struttura, punto critico di trasmissione del carico del manufatto al terreno circostante.

Editor: <b>M. Cucchietti - A. Baggio</b>	Graphic: <b>L. Martinetti</b>	Documento: <b>MdM Condotte.doc</b>	Versione n. <b>2018</b> Data: <b>01/08/2018</b>
---	----------------------------------	---------------------------------------	--

In particolare si consiglia vivamente la realizzazione del piano di posa profilato secondo il raggio di curvatura delle piastre di base.

- c) Necessità di allargare lo scavo in trincea sul lato valle, al fine di permettere la stesura del rilevato tecnico su detto lato, e consentire un adeguato passaggio dei mezzi meccanici necessari alla compattazione.
- d) Visto le condizioni dello scavo della trincea trasversale alla linea di max. pendenza del versante, si consiglia di estendere sufficientemente il blocco di rilevato tecnico sul lato valle della condotta; ciò al fine di evitare carichi asimmetrici sulla struttura (spinta attiva del rilevato a monte non contrastata sufficientemente dal blocco di rilevato tecnico realizzato a valle).

Quando non sia possibile adottare tale accorgimento, è consigliabile utilizzare opere di contenimento sul lato valle, come ad esempio muri in c.a., terre armate, ecc...

Inoltre necessità di regimare e/o drenare le acque meteoriche superficiali provenienti da monte al fine di evitare infiltrazioni nel blocco di rilevato tecnico con conseguente allentamento della compattazione.

- e) Si ribadisce anche la necessità di controllare la forma e le dimensioni della condotta durante tutta la fase di interrimento.



**Installazione corretta**



**Installazione errata**

Quando sopra mediante un sistema di misure effettuato su riscontri fissi posizionati all'interno della condotta che consenta di valutare sia orizzontalmente che verticalmente le variazioni dimensionali del profilo della sezione del tubo rispetto alle misure teoriche e le eventuali deviazioni della sommità del tubo all'asse longitudinale della struttura.

### 5.3.4 Fasi transitorie

Si definiscono fasi transitorie tutte le operazioni svolte nell'arco temporale compreso tra l'inizio e la fine della fase di montaggio.

In particolare modo si possono evidenziare le seguenti fasi transitorie:

Editor: M. Cucchietti - A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

- montaggio della condotta;
- collocazione della condotta nella posizione di progetto;
- realizzazione del blocco tecnico.

L'impresa esecutrice dell'intervento di installazione durante le fasi transitorie risulta responsabile oltre che del cantiere anche della riuscita finale e del buon esito dell'installazione.

Durante le fasi transitorie pertanto in caso di danni alle strutture già montate o anche solo parzialmente montate l'impresa risulta l'unica responsabile, in quanto deve assumere tutte le cautele e precauzioni atte a prevenire ogni forma di danno al manufatto.

Di seguito si evidenziano le particolari situazioni di montaggio che richiedono una attenzione speciale da parte dell'impresa:

- installazione in trincea con presenza di acqua in falda;
- installazione in zona di impluvio o zone di drenaggio, e raccolta delle acque delle aree circostanti;
- installazione al di sotto di rilevato stradale eseguito a tratti nel senso trasversale alla carreggiata e longitudinale alla condotta.

#### **5.3.4.1 Installazione in trincea con presenza di acqua in falda**

In presenza di acque di falda occorre attuare le prescrizioni indicate al *paragrafo 5.1.2* del presente "MANUALE DI MONTAGGIO".

#### **5.3.4.2 Installazione in zona di impluvio o zone di drenaggio, e raccolta delle acque delle aree circostanti**

In caso di rischio di allagamento dell'area di posa, essendo zona di impluvio o zona di raccolta delle acque circostanti, occorre fissare al basamento se presente, o zavorrare al suolo le strutture in fase di montaggio in quanto, dove il blocco tecnico non risulta completato, le condotte data la loro leggerezza potrebbero essere spostate o danneggiate dalla forza della corrente dell'acqua.

Il fissaggio al basamento o a blocchi prefabbricati in cemento costituenti la zavorra di ancoraggio deve avvenire mediante funi di acciaio da calcolarsi di volta in volta in funzione del peso della condotta, della tipologia, dell'altezza del battente di acqua.

Nell'eventualità che non risulti possibile effettuare lo zavorramento al suolo occorre costruire argini provvisori attorno al manufatto al fine di proteggere la condotta, evitando che la

Editor: M. Cucchietti - A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

stessa venga allagata e soggetta alla forza della corrente dell'acqua, possa spostarsi dal punto di posa, deformarsi e danneggiarsi.

### **5.3.4.3 Installazione al di sotto di rilevato stradale eseguito a tratti nel senso trasversale alla carreggiata e longitudinale alla condotta**

Un esempio di tale installazione può essere una condotta realizzata perpendicolarmente all'asse longitudinale del rilevato di una autostrada formata da due carreggiate in cui viene realizzata la prima parte della condotta e del rilevato (blocco tecnico) al di sotto della prima carreggiata e messa in funzione con transito di veicoli al di sopra, e successiva installazione della seconda parte della condotta al di sotto del rilevato della seconda carreggiata.

In tale situazione occorre realizzare il blocco tecnico della prima parte della condotta secondo le prescrizioni indicate al *capo 5.0* del presente "MANUALE DI MONTAGGIO" .

La zona di attacco della prima parte della condotta alla seconda parte, costituisce in fase transitoria una estremità libera in quanto manca sia la seconda parte della condotta sia il blocco tecnico (rilevato stradale); in tale situazione occorre comunque che l'estremità venga protetta in conformità al *paragrafo 5.3.5* del presente "MANUALE DI MONTAGGIO".

### **5.3.5 Guado provvisorio**

Il progetto per la costruzione di un guado provvisorio, realizzato con condotte portanti in acciaio ondulato e zincato a piastre multiple bullonate, per consentire il collegamento tra due sponde durante la realizzazione delle opere principali, e nel contempo fungere da strada di accesso al cantiere in alveo per i mezzi operativi dell'impresa appaltatrice dell'opera, comporta diverse tipologie di opere da svilupparsi in varie fasi.

Pertanto l'installazione delle condotte in torrenti o in alvei di fiume deve avvenire secondo le modalità di seguito precisate al fine di evitare problemi di natura statica.

Le fasi di installazione sono le seguenti:

- montaggio della condotta in luogo asciutto ed in piano;
- trasporto della condotta mediante escavatore omologato, o autocarro dotato di gru nel punto di installazione;
- formazione del letto di posa della condotta in assenza di acqua di risalita della falda e di acqua derivante dal letto del fiume;
- posa della condotta sul letto realizzato in precedenza;

Editor:

M. Cucchietti - A. Baggio

Graphic:

L. Martinetti

Documento:

MdM Condotte.doc

Versione n. 2018

Data: 01/08/2018

- formazione dei muri di testa in c.a., platee di invito per l'ingresso e l'uscita dell'acqua dalle tubazioni, al fine di evitare lo scalzamento del rilevato compattato all'intorno delle condotte;
- formazione del rilevato compattato secondo le prescrizioni fornite da **TUBOSIDER**;
- serraggio dei bulloni e verifica con chiave dinamometrica, prima dell'esecuzione del blocco tecnico.



Particolare attenzione va prestata nella posa della condotta in alveo in quanto la posa va effettuata su un letto di posa completamente asciutto realizzato al di sotto del piano dell'alveo.

Le stesse operazioni di formazione della trave di coronamento e del rilevato vanno effettuate con materiale completamente asciutto.

Una posa della condotta su un letto in presenza di acqua o con materiale bagnato potrebbe generare una deformazione della condotta ed un assestamento dell'intero rilevato, inoltre la presenza di acqua fluente non consente una compattazione del materiale secondo le prescrizioni di **TUBOSIDER**.

Per la realizzazione di guadi e la posa di condotte in alveo, **TUBOSIDER** consiglia di eseguire il lavoro in due fasi.

Nella prima fase occorre eseguire una barriera in terra (argine) trasversalmente al corso dell'alveo su metà della larghezza dell'alveo stesso, a monte della zona in cui va realizzato il guado, atta a deviare nella seconda metà dell'alveo il corso d'acqua.

Dopo aver eseguito la barriera in terra e dopo che la parte di alveo in cui va posata la condotta protetta dalla barriera risulta asciutta, si procede con l'installazione delle condotte secondo le modalità indicate in precedenza.

Al completamento della fase va rimossa la barriera in terra consentendo all'acqua di defluire all'interno delle condotte.

Per la realizzazione della seconda parte del guado occorre realizzare una barriera in terra a monte del punto in cui va realizzato il guado trasversalmente al corso d'acqua, deviando l'acqua all'interno delle condotte installate nella prima parte.

Dopo aver deviato il corso dell'alveo all'interno delle condotte realizzate si procede con le stesse operazioni descritte in precedenza per la realizzazione della prima parte del guado.

Va sottolineata l'importanza che la posa delle condotte avvenga in assenza di acqua sia di falda che fluente derivante dal corso d'acqua.

L'impresa deve comunque realizzare un arginatura a monte dell'area di posa delle condotte, e se ritenuta utile anche a valle e lateralmente in modo tale da evitare l'allagamento dell'area di lavoro, e posa delle condotte in caso di piena del corso d'acqua ed in presenza di precipitazioni meteoriche intense.

A tale scopo risulta indispensabile disporre di eventuali sistemi di pompaggio o drenaggio forzato di emergenza in grado di evitare l'allagamento dell'area mediante pompaggio all'esterno dell'area dell'acqua che dovesse filtrare all'interno.



La realizzazione del guado in due o più fasi consente comunque di salvaguardare la fauna ittica in quanto il prosciugamento del tratto di fiume dovrebbe essere eseguito, ove tecnicamente possibile, tramite laminazione lenta e progressiva, da effettuarsi

Editor: M. Cucchietti - A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

realizzando un piccolo canale scavato movimentando il materiale di fondo alveo in modo da provocare una laminazione lenta e graduale che consenta alla fauna ittica di defluire verso valle ed uscire dalla zona interessata dalle opere.

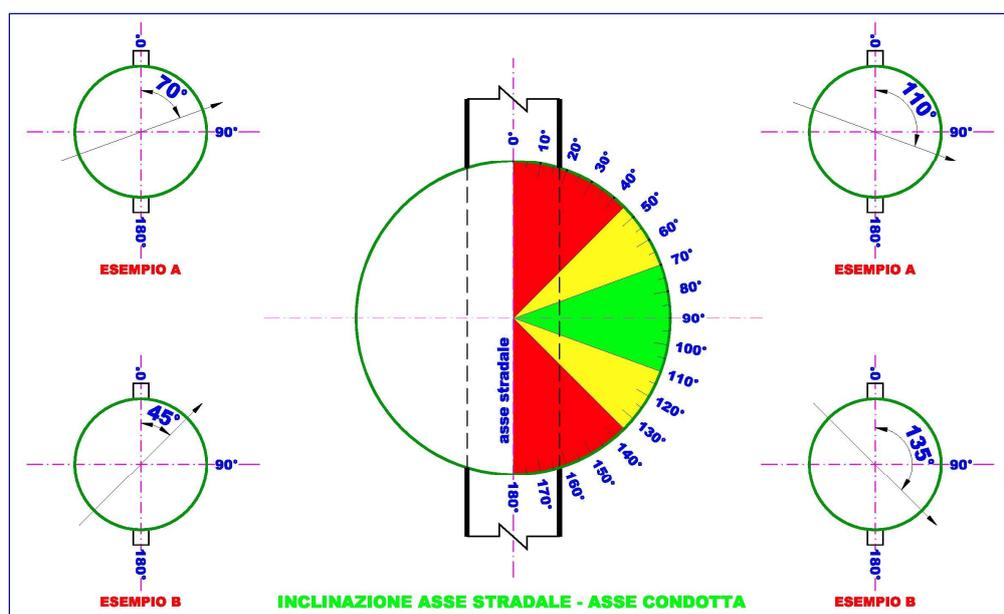


### 5.3.6 Protezione delle estremità

Le estremità delle condotte installate sotto rilevato stradale con asse longitudinale ortogonale o inclinato rispetto all'asse della carreggiata, possono essere tagliate secondo la pendenza delle scarpate del rilevato stesso al fine di seguire la sagoma del corpo stradale.

In tali estremità, per effetto del taglio viene a mancare la chiusura completa ad anello della condotta e di conseguenza il regime statico di anello sottile in compressione semplice.

Pertanto al fine di evitare la deformazione di dette estremità, la lunghezza libera di taglio della struttura deve essere contenuta entro limiti accettabili, tenendo in considerazione che l'angolo skew tra l'asse longitudinale della condotta e l'asse stradale (misurato nel senso orario) tra:



## Esempio A

- $70^\circ \leq \text{skew} \leq 110^\circ$

non necessità di rinforzi alle estremità.

## Esempio B

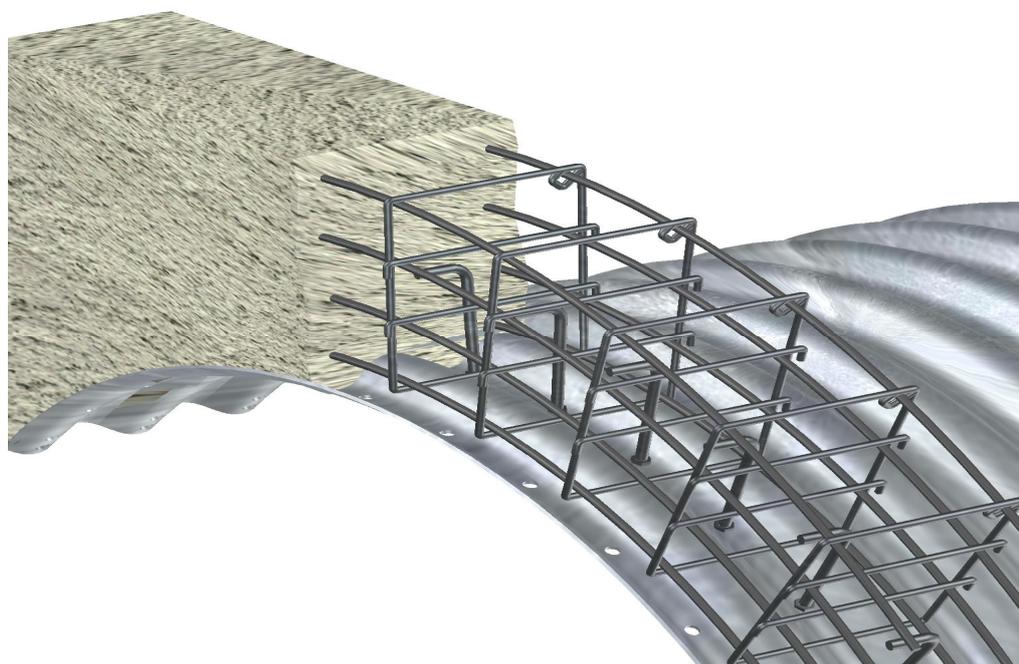
- $45^\circ \leq \text{skew} \leq 135^\circ$

necessità di rinforzi alle estremità con strutture oggetto di particolare studio, quali travi di coronamento in c.a. ancorate alla struttura metallica mediante tirafondi.

- $45^\circ \geq \text{skew} \geq 135^\circ$

occorre interpellare l'Ufficio Tecnico **TUBOSIDER**.

La funzione della trave di coronamento in c.a., sarà pertanto quella di impedire che le parti in lamiera tagliata all'estremità del tubo possano inflettersi verso l'interno della struttura, per azione della spinta del terreno costituente il rilevato in prossimità dell'estremità del manufatto.



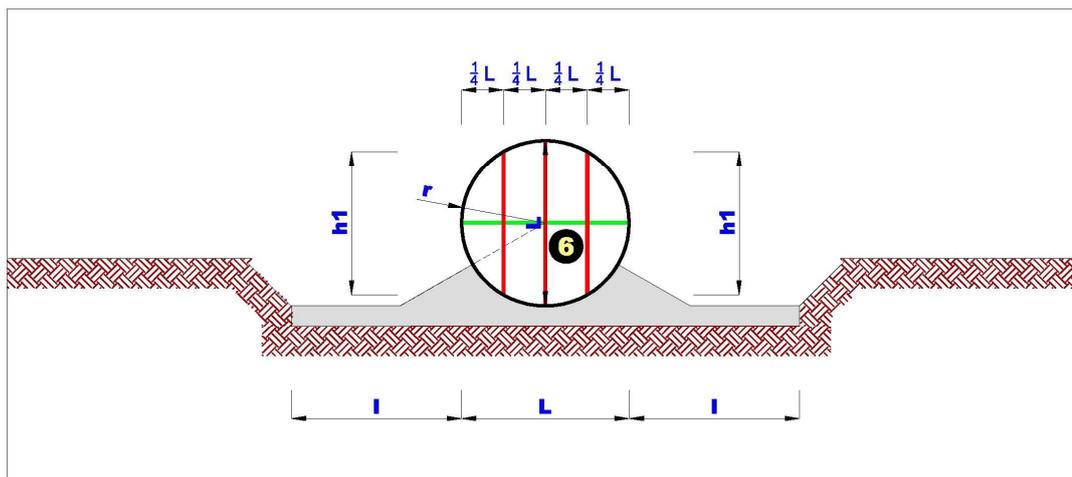
Le armature dovranno essere ad aderenza migliorata del tipo B450C, mentre il calcestruzzo dovrà avere resistenza caratteristica Rck minimo di classe C25/30.

Nel caso in cui le condotte siano utilizzate per applicazioni idrauliche, le estremità dei manufatti dovranno essere protette mediante muri di testa in c.a., platee di invito per l'ingresso e l'uscita dell'acqua dalle tubazioni, ciò al fine di evitare lo scalzamento del rilevato compattato all'intorno delle condotte.

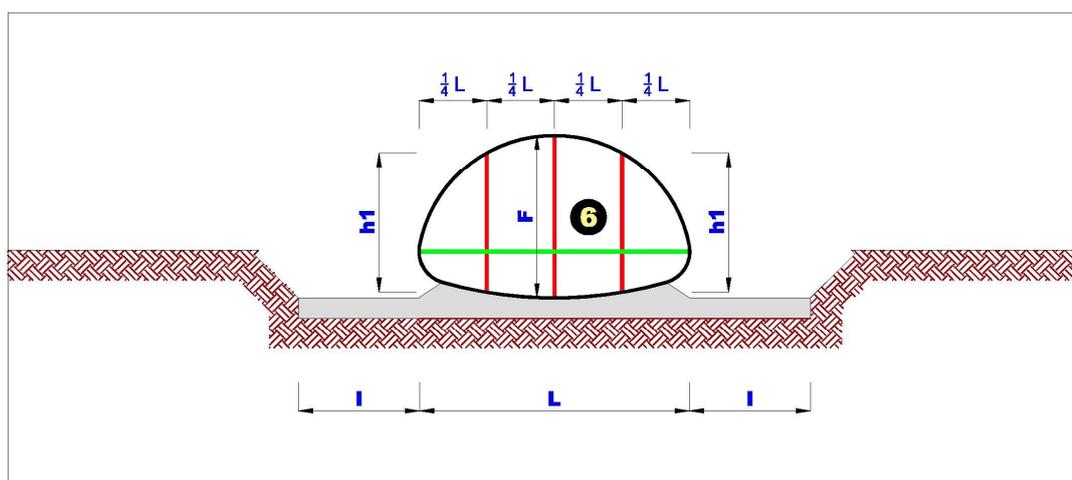
## 6.0 CONTROLLI

### 6.1 Dimensioni della condotta

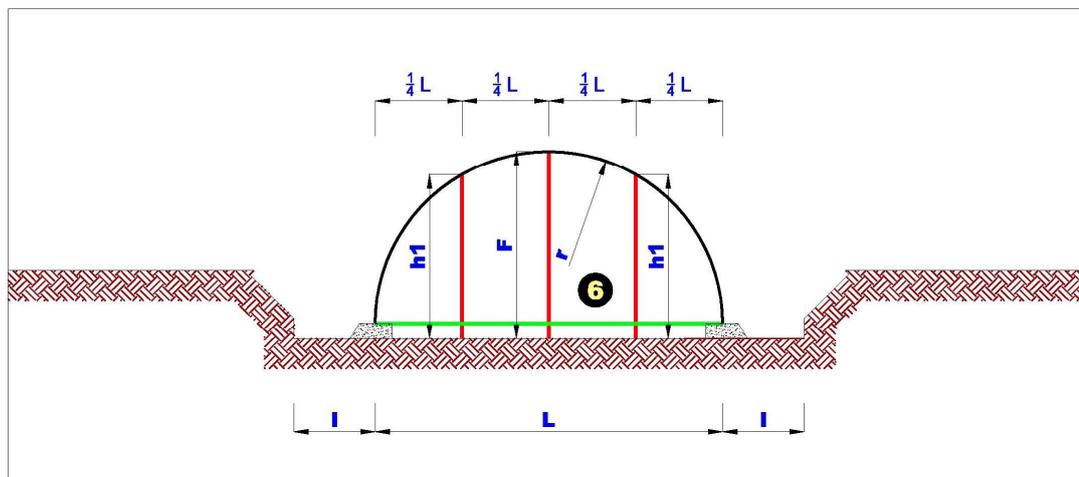
Durante l'esecuzione del rilevato è necessario controllare le dimensioni della struttura, al fine di evitare eccessive deformazioni.



- 6** posizionamento dei fili a piombo
- l**  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - l negli altri casi
- L** luce condotta – misurazione orizzontale e verticale
- h1** misurazione verticale
- 1/4L** interasse misurazioni verticali



- 6** posizionamento dei fili a piombo
- l**  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - l negli altri casi
- L** luce condotta – misurazione orizzontale
- F** freccia condotta – misurazione verticale
- h1** misurazione verticale
- 1/4L** interasse misurazioni verticali



- 6** posizionamento dei fili a piombo
- l**  $\geq 1.00$  m. su un buon terreno - L negli altri casi
- L** luce condotta – misurazione orizzontale
- F** freccia condotta – misurazione verticale
- h1** misurazione verticale
- 1/4L** interasse misurazioni verticali

Tale controllo può essere eseguito mediante un sistema di misure effettuato durante tutta la fase di interrimento, per determinare orizzontalmente e verticalmente in più punti del profilo della struttura le variazioni dimensionali rispetto alle misure teoriche del tubo ed effettive riscontrate a montaggio ultimato (cioè prima di iniziare il reinterro).

Normalmente in più punti di chiave della struttura vengono calati all'interno dell'arco dei fili a piombo (6), che con la costante osservazione durante la fase di interrimento permettono di valutare gli spostamenti laterali (destra-sinistra) dell'asse del manufatto e gli abbassamenti ed innalzamenti della volta della struttura, ed agire contemporaneamente sulla compattazione per correggere dette deformazioni.



In alternativa si possono utilizzare con personale qualificato strumenti di misurazione topografici.

Il controllo delle dimensioni, ad opera della Direzione Lavori, dovrà impedire che durante la fase di interrimento la condotta assuma delle deformazioni tali da denunciare lo scostamento della forma del manufatto da quella teorica con la tendenza della parete delle struttura a perdere il raggio originario di curvatura.

In particolare occorre impedire la

formazione di cuspidi verso l'interno della struttura, cioè rotazioni delle piastre in corrispondenza delle giunzioni imbullonate provvedendo a rinserrare, dove necessario, i bulloni di giunzione che possono subire allentamenti durante la fase di interrimento.

Con riferimento agli schemi di interrimento della struttura e compattazione del blocco tecnico, si sottolinea ancora una volta che, nella posa e compattazione a strati del terreno, potrebbero verificarsi deformazioni del manufatto metallico contenuti ad di sotto del 2 % della freccia teorica della condotta.

Deformazioni maggiori sono esclusivamente imputabili a una non corretta realizzazione del blocco tecnico.

La struttura in acciaio è comunque in grado di sopperire in modo elastico a deformazioni inferiori al 5 % della freccia effettiva della condotta.

Proprio per evitare inconvenienti tecnici o addirittura il superamento delle deformate limite, in sede di realizzazione del blocco tecnico (prima, durante e dopo) si devono registrare le dimensioni della condotta, in modo da tenere sotto controllo il manufatto.

## 6.2 Costipamento e capacità portante del blocco tecnico

Il controllo della qualità e delle prestazioni del blocco tecnico devono essere effettuati mediante prove di laboratorio sui materiali che lo costituiscono e, in sito, su ogni singolo strato finito, una volta steso e compattato.

Si deve accertare che la granulometria del materiale sia conforme a quanto previsto al *capitolo 2.4*, prelevando dei campioni di materiale per sottoporli a verifiche di laboratorio rivolte ad identificarne prestazioni geometriche, meccaniche e chimiche.

Il costipamento Proctor, secondo AASHTO modificata, dei materiali costituenti il blocco tecnico deve essere appurata mediante prove di laboratorio in conformità alla EN 13286-2 e successivamente confermata in situ, con campionature effettuate su ogni singolo strato, utilizzando idonea attrezzatura per la misura della densità in situ (ad esempio: metodo della sabbia tarata).

Si deve accertare che la densità in sito raggiunga almeno l'85 ÷ 90 % (secondo le prescrizioni contrattuali) di quella massima ottenuta in laboratorio.

In generale si assume il valore di 21,0 kN/m<sup>3</sup> quale tipico della densità massima Proctor rilevata in laboratorio e ci si attende un riscontro in sito pari al 85 % (17,9 kN/ m<sup>3</sup>) oppure al 90 % (18,9 kN/ m<sup>3</sup>).

Anche la capacità portante del terreno deve essere rilevata su ogni singolo strato di terreno mediante prova di carico su piastra circolare rivolta ad appurare il valore del modulo elastico del terreno, le pressioni e i cedimenti, il modulo di deformazione  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  (100 MPa) e con rapporto  $E_{v2} / E_{v1} \leq 2.15$ , secondo DIN 18134.

I requisiti del rapporto  $E_{v2} / E_{v1}$ , a seconda delle granulometrie dei terreni compattati dovrebbero rientrare nei valori sottoindicati:

Editor: M. Cucchietti - A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

- ≤ 2.0 terreni a grana fine
- ≤ 2.2 a 2.6 terreni a grana grossa
- ≤ 3.0 terreni a grana fine misti
- ≤ 4.0 roccia come materiale di riempimento

Rapporti superiori ai valori indicati stanno ad indicare che il suolo non sia stato compattato correttamente.

In funzione della lunghezza della condotta e della quantità di strati si dovrà provvedere a un numero congruo di campionature e prove.

E' comunque opportuno eseguire un numero minimo di prove per ogni strato di terreno riportato.

La documentazione relativa alle verifiche effettuate e alla successione delle fasi di lavorazione (documentazione fotografica) deve essere custodita e resa disponibile in caso si verificassero dei mal funzionamenti della struttura al fine di meglio comprendere cause e soluzioni.

### 6.3 Deformazione sotto carico

L'abbassamento di una condotta rappresenta un importante parametro da tenere in considerazione nella determinazione della contrefreccia da applicare in mezzeria, oppure quando si ha l'esigenza di contenere la deformazione della struttura o impedire l'abbassamento del terreno in superficie.

E' buona consuetudine assumere la deformazione verticale della struttura pari all'abbassamento verticale del suolo.

Le deformazioni verticali del terreno, sotto un determinato carico, possono essere determinate esclusivamente attraverso la conoscenza della relazione tensione - deformazione del terreno stesso.

Risulta pertanto indispensabile conoscere il modulo di elasticità del terreno in relazione alla compattazione prevista durante l'installazione, i carichi e le conseguenti pressioni derivanti dall'altezza di rilevato.

La deformazione massima della condotta secondo la formula di Spangler-Jowa viene calcolata nel seguente modo:

$$\eta = Fd \cdot Fk \frac{W \cdot r^3}{(E \cdot l) + 0.061 \cdot (E' \cdot r^3)}$$

dove:

Editor:

M. Cucchietti - A. Baggio

Graphic:

L. Martinetti

Documento:

MdM Condotte.doc

Versione n. 2018

Data: 01/08/2018

$\eta$  deformazione condotta

**Fd** 1.25 coefficiente di crep del terreno

**Fk** 0.1 costante d'angolo di installazione

**r** raggio o  $\frac{1}{2}$  luce della condotta

**W**  $2r$  (PS+PD) K carico verticale per centimetro longitudinale di condotta

**PS** carico statico (kg./cm<sup>2</sup>)

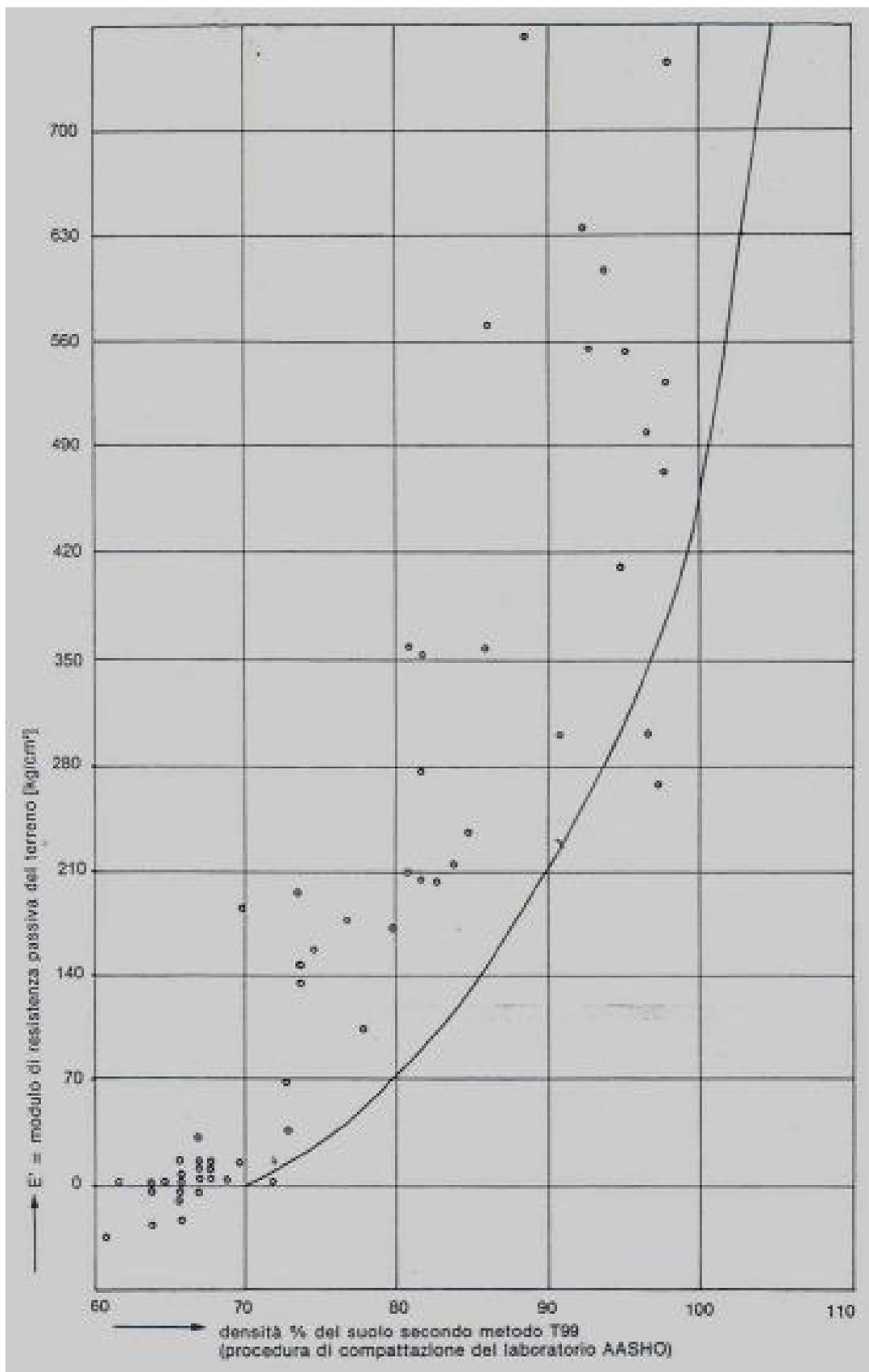
**PD** carico dinamico (kg./cm<sup>2</sup>)

**I** momento di inerzia dell'ondulazione (cm<sup>4</sup>/cm.)

**E** 2039400 modulo di elasticità dell'acciaio (kg./cm<sup>2</sup>)

**E'** modulo di compressibilità del terreno (ricavato dal grafico che segue)

Per installazioni di notevole importanza meglio assumere il valore di **E'** in funzione dei risultati di laboratorio sui campioni di terreno effettivamente impiegato per ottenere il costipamento Standard Proctor richiesto.



Editor: <b>M. Cucchietti - A. Baggio</b>	Graphic: <b>L. Martinetti</b>	Documento: <b>MdM Condotte.doc</b>	Versione n. <b>2018</b> Data: <b>01/08/2018</b>
---	----------------------------------	---------------------------------------	--

## **7.0 RESPONSABILITA'**

Il dimensionamento delle strutture metalliche in acciaio ondulato viene effettuato seguendo le caratteristiche di progetto indicate dal cliente.

I calcoli utilizzati seguono i criteri della Scienza delle Costruzioni con particolari riferimenti alle teorie di calcolo sviluppate su questi manufatti, ed in rispetto alle leggi vigenti in materia.

L'altezza "H" del rilevato di ricoprimento, riferita all'estradosso della condotta, è sempre indicata da **TUBOSIDER**:

- sul catalogo per le condotte di produzione standard;
- su apposita documentazione tecnica allegata al contratto di vendita per le condotte non a catalogo.

Esulano dalle responsabilità della **TUBOSIDER**, e sono a carico del cliente:

- la valutazione della portanza del terreno sul quale verrà collocata la struttura;
- la scelta dei materiali costituenti il blocco tecnico, ed il loro posizionamento;
- l'esecuzione delle fasi di reinterro, e della relativa compattazione del rilevato tecnico;
- il rispetto delle prescrizioni contenute nel presente manuale.

La presenza di un rappresentante **TUBOSIDER** sul cantiere in ogni caso non solleva il cliente dalle responsabilità sopra descritte.

Editor: M. Cucchietti - A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

**8.0 CERTIFICATO DI CONFORMITA' DEL CONTROLLO DELLA PRODUZIONE IN FABBRICA**



ISTITUTO ITALIANO DI  
GARANZIA DELLA QUALITÀ

**Certificato di conformità del controllo della produzione in  
fabbrica**

**1608 CPR P126**

In conformità al Regolamento 305/2011/EU del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 (Regolamento Prodotti da Costruzione o CPR), questo certificato si applica al prodotto da costruzione:

**Componenti strutturali di acciaio  
Piastre in lamiera ondulata d'acciaio per strutture portanti**

le cui caratteristiche sono riportate in allegato,

fabbricato da o per

**Tubosider Spa**

Corso Torino, 236 14100 Asti - IT

e fabbricato nello stabilimento di produzione:

CBS Monticello d'Alba CN - IT

Questo certificato attesta che tutte le disposizioni riguardanti la valutazione e la verifica della costanza delle prestazioni prescritte nell'Allegato ZA della norma

**EN 1090-1:2009+A1:2011**

nell'ambito del sistema 2+ sono applicate e che

**il controllo della produzione in fabbrica soddisfa tutti i requisiti di cui sopra.**

Questo certificato è stato emesso per la prima volta il 20/12/2012 e ha validità sino a che i metodi di prova e/o i requisiti del controllo della produzione in fabbrica stabiliti nella norma armonizzata (di cui sopra), utilizzati per valutare le prestazioni delle caratteristiche dichiarate non cambino, e il prodotto e le condizioni di produzione nello stabilimento non subiscano modifiche significative.

Emissione corrente: **25/06/2018**

Il Direttore  
Ing. Dario Agalbato

Editor: M. Cucchiatti - A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

9.0 ALLEGATO AL CERTIFICATO 1608 CPR P126



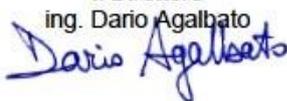
ALLEGATO AL CERTIFICATO **1608 CPR P126**

Progettazione<sup>1)</sup> e fabbricazione di piastre in lamiera ondulata d'acciaio per strutture portanti in accordo alla norma EN 1090-1

Denominazione del componente	Norme di prodotto	Tipo di acciaio	Classe di esecuzione	Campo dimensionale	Condizioni di consegna
Piastre in lamiera ondulata	EN 1090-2	EN 10025-2: S235JR EN 10149: fino a S355MC	EXC2	T70 - T100 - T150 - T200	Zincatura a caldo secondo EN ISO 1461
Bulloneria e barre filettate a disegno Tubosider	Vite EN ISO 898-1 Dado EN ISO 898-2	Classe di resistenza 8.8		Da M12 a M20	

Nota 1): L'applicabilità della progettazione va verificata in relazione alle regole tecniche di ogni Stato Membro della UE.

prima emissione: 20/12/2012  
emissione corrente: 25/06/2018

Il Direttore  
ing. Dario Agalbato  


# CONDOTTE E STRUTTURE PORTANTI



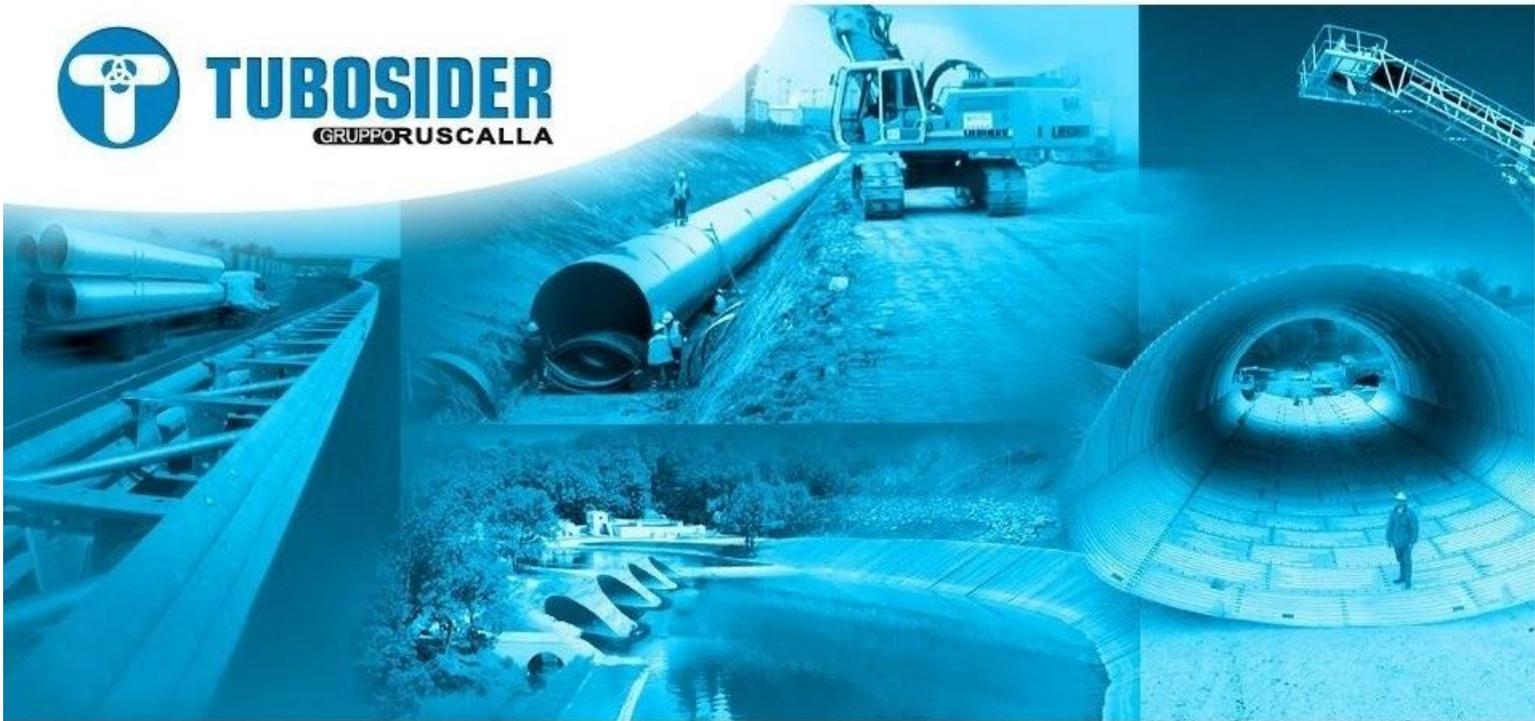
**TUBOSIDER**  
GRUPPO RUSCALLA

Editor: <b>M. Cucchietti - A. Baggio</b>	Graphic: <b>L. Martinetti</b>	Documento: <b>MdM Condotte.doc</b>	Versione n. <b>2018</b> Data: <b>01/08/2018</b>
---	----------------------------------	---------------------------------------	--

## 10.0 NOTE



**TUBOSIDER**  
GRUPPO RUSCALLA



*“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.”*