



Posa di condotte interrato mediante trivellazione orizzontale controllata - TOC

***SISTEMI DI TUBAZIONI IN GHISA SFEROIDALE, CARATTERISTICHE E
APPLICAZIONI TRADIZIONALI E IN T.O.C.***

Ing Sergio MASSETTI

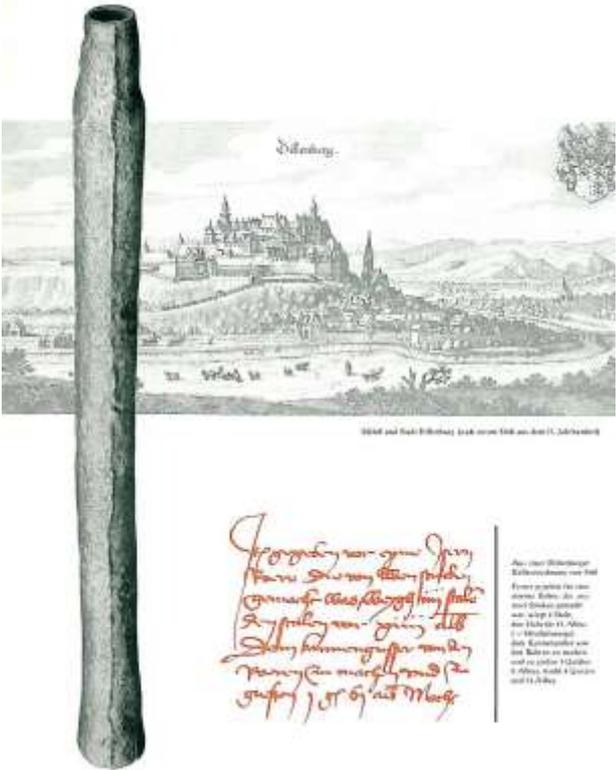


Indice degli argomenti:

- PROCESSO PRODUTTIVO
- CARATTERISTICHE MECCANICHE E IDRAULICHE
- POSA SENZA BLOCCHI D'ANCORAGGIO
- POSA IN T.O.C.

La storia del tubo in ghisa

1455 – il primo tubo in ghisa



Historischer Verein
Dillenburg.

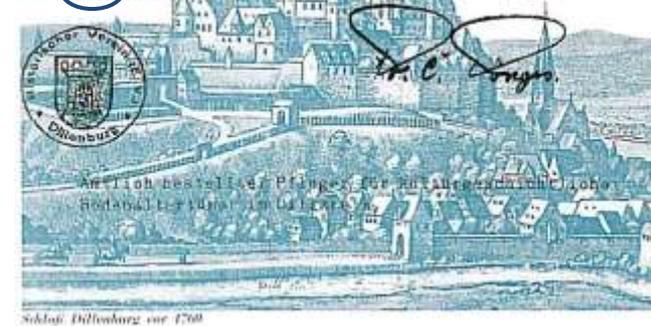
Dillenburg, den 27.11.1934.

Deutscher Gußrohr-Verband G.m.b.H.
Köln

Die auf der beifolgenden Lichtbildaufnahme dargestellten Gußrohren stammen von der Wasserleitung des 1760 zerstörten Schlosses Dillenburg und wurden beim Legen einer Gasrohrleitung im Jahre 1901 auf dem unteren Schloßhofe gefunden. (Siehe Dönges, Katalog der Sammlungen des Wilhelmsturm-Museums Seite 193.)

Eiserne Wasserleitungsrohre auf Schloß Dillenburg wurden erstmalig 1455 in Renterechnungen erwähnt, also bei Bauten des Erbauers der „neuen Burg“, des Grafen Johann IV. (1442-1475). Die Rohre könnten jedoch auch von der durch Johann VI. (1559-1605) angelegten Wasserleitung stammen.

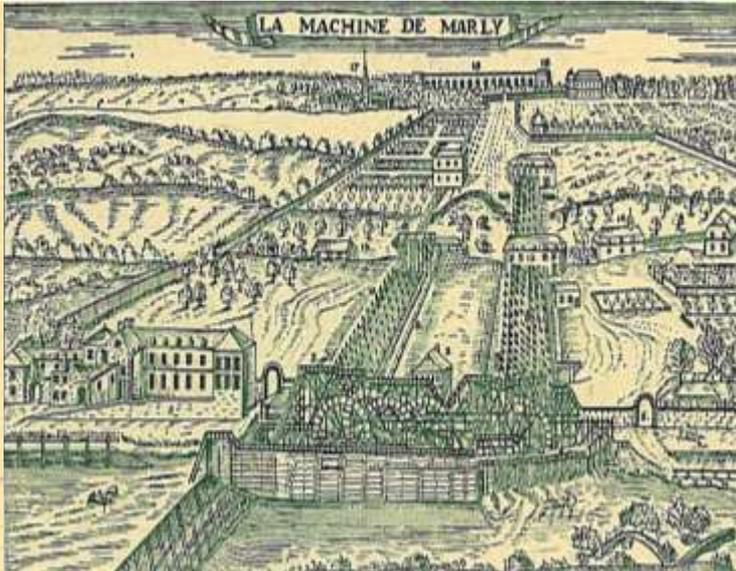
Die Leitung war bis zur Zerstörung des Schlosses im Juli 1760 in Benutzung!



La storia del tubo in ghisa

1668 - Tubi flangiati per Versailles

Gußrohre für den Sonnenkönig. 1 8 8 8
Die Wasserversorgungsanlagen des Schlossparks von Versailles, die durch das berühmte Wasserwerk von Marly gespeist wurden, gehören zu den technisch bedeutungsvollsten Anlagen ihrer Zeit. Das mit 14 Wasserrädern und 259 Kolbenpumpen aus der Seine in einen Hochbehälter auf eine Druckhöhe von 155 m geförderte Wasser versorgte ein Rohrnetz von 40 km Länge, das aus Gußrohren mit Rohrweiten bis zu 500 mm bestand. An der Ausführung dieser Rohre verdient besondere Beachtung die erstmalige Anwendung von Flanschverbindungen. Die Flanschen hatten eingegossene Schraubenlöcher und wurden mit zwischengelegten Platten aus Blei oder Kupfer gedichtet. Noch heute sind in Versailles Gußrohre aus der Zeit Ludwig XIV. in Betrieb.



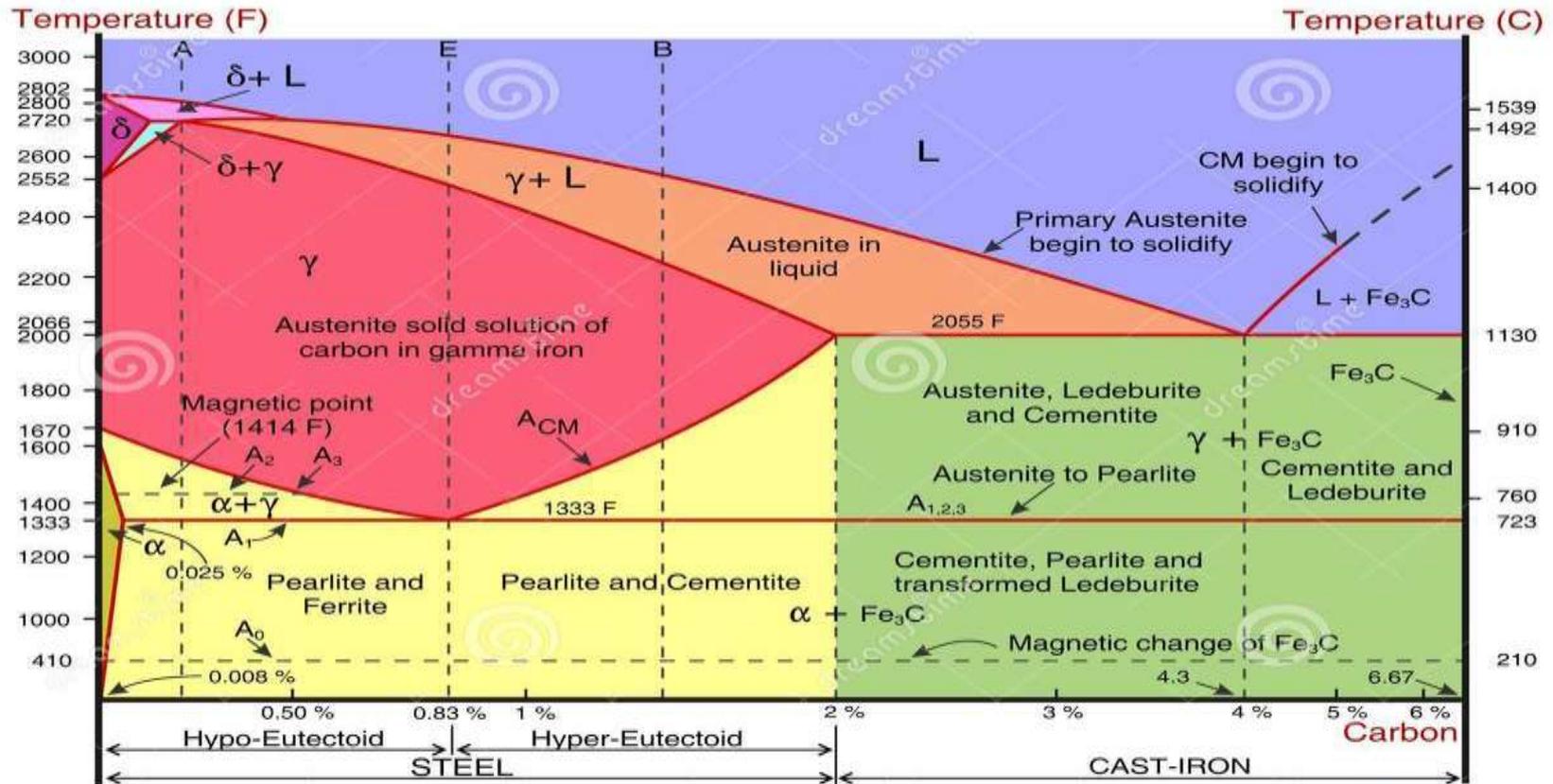
L'evoluzione della ghisa nei Secoli



Tappe fondamentali

- XII Secolo scoperta della ghisa grigia
- XV Secolo prima applicazione trasporto acqua (Castello di Dillenburg)
- 1930 Introduzione macchine centrifughe
- 1950 Cementazione interna inizio ghisa sferoidale
- 1960 Ghisa sferoidale giunto elastico
- 1990 Giunto antisfilamento
- 2000 Rivestimento Zinco Alluminio
- 2015 Rivestimenti esterni rinforzati

Diagramma Ferro - Carbonio



IRON-CARBON DIAGRAM

LEGEND
 δ - delta iron
 γ - austenite
 α - ferrite
 L - liquid
 CM - cementite



Download from
Dreamstime.com

This watermarked comp image is for previewing purposes only.

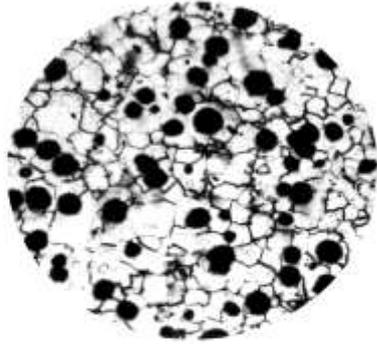
ID 55098991

Remus Grigore | Dreamstime.com

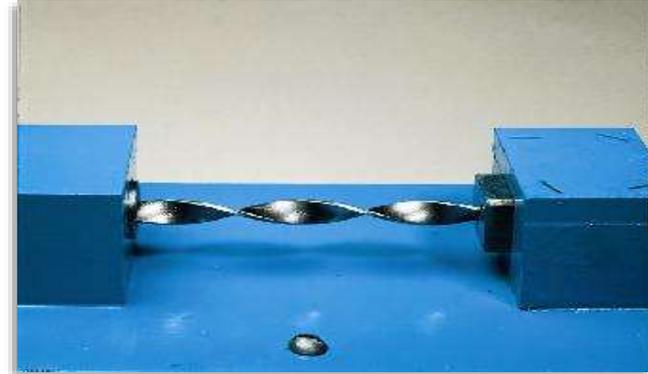
evoluzione da ghisa grigia a ghisa sferoidale



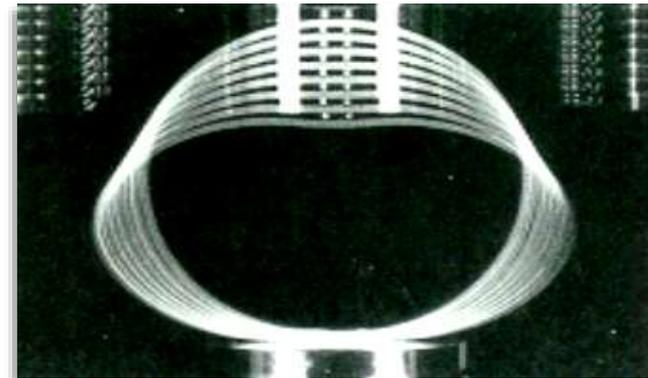
Micrografia della ghisa grigia.



Micrografia della ghisa sferoidale.



Prova di torsione su barretta



Prova su anello



Ghisa sferoidale un materiale completamente riciclabile

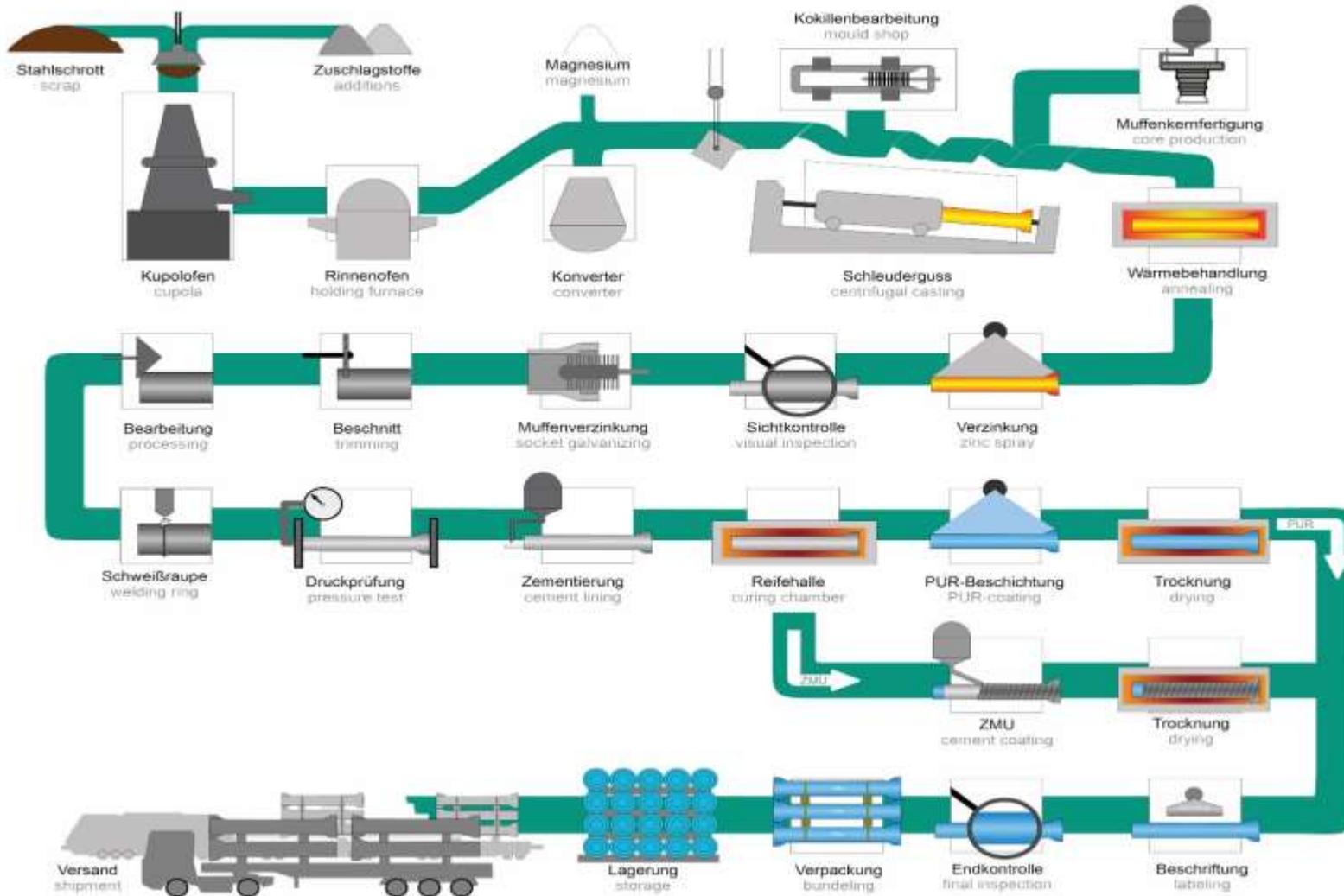


La ghisa è riutilizzabile senza limiti né degrado delle proprietà

È riutilizzata al 100% come materia prima negli impianti di fusione metallurgici classici :

- Altiforni
- Cubilotti

Il processo produttivo



Processo di fusione

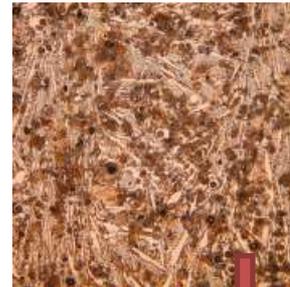


Ghisa sferoidale: lega di ferro – carbonio – silicio

100 % materiale di riciclo + additivi → forno a volta 1520 °C

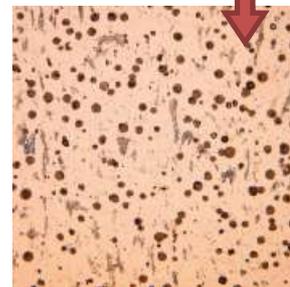
Capacità di fusione: 15 tonnellate ogni ora

Trattamento al magnesio convertitore Georg-Fischer



Grafite lamellare

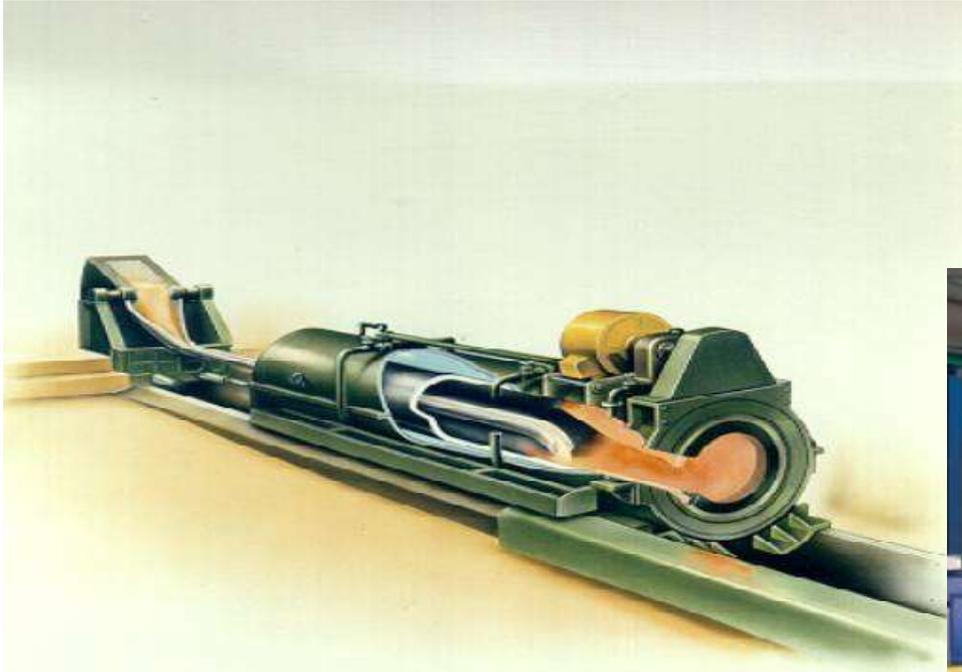
Modifica della
forma di grafite



Grafite sferoidale

Il ferro liquido crea una lega con il magnesio → ghisa sferoidale duttile
Carbonio / grafite si dispone in forma sferica anzichè in forma lamellare.
Peso trattato 2,2 to → 100 % analisi chimica

Macchina centrifuga



centrifugazione tubo di ghisa

La ghisa sferoidale viene versata nella macchina centrifuga attraverso una siviera. La cassa viene raffreddata tramite acqua che scorre all'interno di un rivestimento, questo contribuisce a solidificare il metallo fuso nella forma finale del tubo. Il tubo viene prelevato quindi da un estrattore che lo conduce al forno di ricottura.



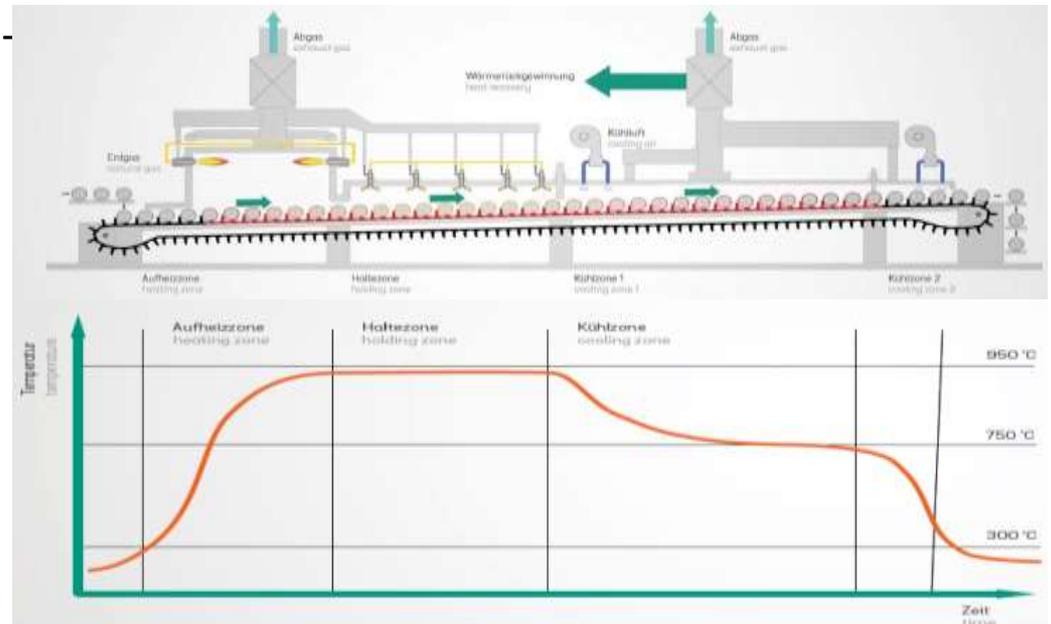
Produzione forno di ricottura

Ricottura: il trattamento consiste nello scaldare le fusioni ad una temperatura tale per cui la ghisa ha un bassissimo carico di snervamento e attraverso scorrimenti viscosi del materiale si ha il rilassamento delle tensioni di trazione e compressione presenti nel pezzo.

Per facilitarne la lavorazione alle macchine utensili, le ghise vengono sottoposte ad una ricottura detta di addolcimento, che produce coalescenza della perlite, mentre se è presente cementite libera (specialmente nelle zone dei getti solidificate troppo rapidamente), questa si

decompone con formazione di ferrite e di carbonio grafitico. La ricottura di addolcimento viene eseguita a 900°.

La durata è funzione delle dimensioni dei getti.



Produzione

Lavorazione di tubi



Zincatura a spruzzo 200 g/m² oppure Zinco-Alluminio 400 g/m² oppure Zinco 99,99% 400 g/m²

Applicazione del cordone di saldatura VRS[®]-T

Prova di pressione fino a 60 bar

Rivestimento interno in malta cementizia secondo specifiche (ÖNORM EN 545, 598 oppure rivestimento speciale)

Prova idraulica su ogni tubo prodotto

Tutti i tubi sono soggetti a prova idraulica.

Il processo consiste nel sigillare le estremità del tubo, riempirlo d'acqua e portarlo ad una pressione non inferiore a quella marcata sul tubo.

Controlli: tenuta della pressione 60 bar

Frequenza: ogni tubo



Produzione rivestimento interno in cemento

Si inserisce la malta di cemento attraverso una manica mentre il tubo viene messo lentamente in rotazione. I tubi sono poi soggetti a centrifugazione e vibrazione assiale, i cui movimenti contribuiscono a distribuire il cemento in modo omogeneo lungo la canna.

Per acqua: cemento d'altoforno

Per fogna: Cemento alluminoso

Controlli: Spessore del rivestimento



PERDITE DI CARICO CON RIVESTIMENTO INTERNO IN MALTA DI CEMENTO CENTRIFUGATA

Formula di Colebrook-White

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71} \right)$$

Prestazione idraulica

Rivestimento in **malta di cemento** applicata per centrifugazione

Coefficiente di scabrezza pari a 0.1 mm (formula di Colebrook) corrispondente circa a $K = 105$ (formula di Manning Strickler)

Valore del coefficiente di scabrezza **stabile nel tempo**

DN = DI diametro di calcolo



RESISTENZA ALLE ACQUE AGGRESSIVE

Campo di applicazione per i rivestimenti interni di malta cementizia

Caratteristiche dell'acqua	Cemento Portland	Cementi resistenti ai solfati (compresi i cementi di alto forno)	Cemento alluminoso
Valore minimo di pH	6	5,5	4
Contenuto massimo (mg/l) di:			
- CO ₂ aggressiva	7	15	Nessun limite
- Solfati (SO ₄ ⁻)	400	3 000	Nessun limite
- Magnesio (Mg ⁺⁺)	100	500	Nessun limite
- Ammonio (NH ₄ ⁺)	30	30	Nessun limite

RIVESTIMENTI ESTERNI

RESISTENZA ALLA CORROSIONE ESTERNA

Meccanismo di protezione attiva del rivestimento di zinco 200 gr + strato di finitura sintetica) EN545 / EN598

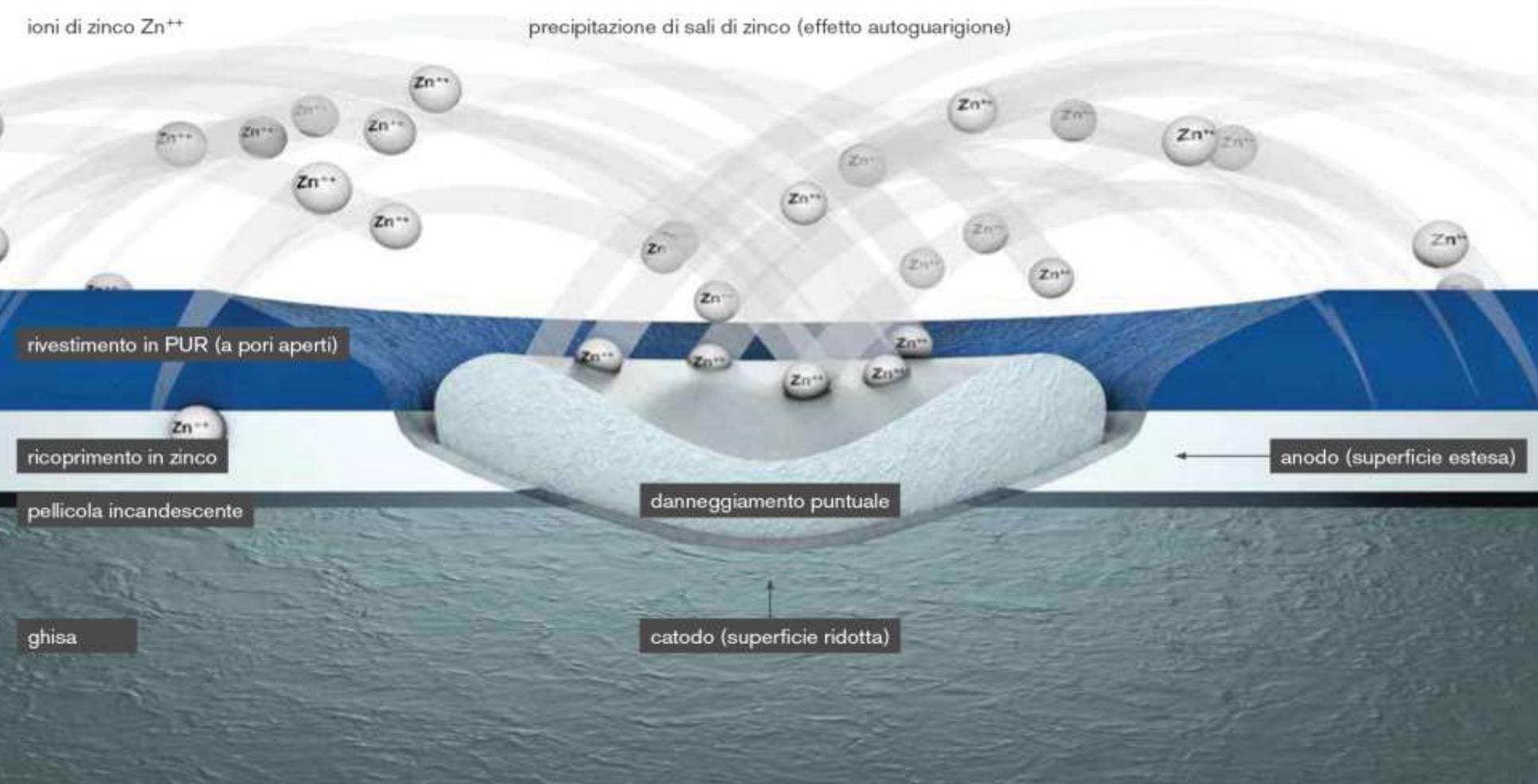
- Terreni con $\text{PH} \geq 6$
- Terreni con resistività $\geq 1500 \text{ oHm} \times \text{cm}$ in assenza di falda
- Terreni con resistività $\geq 2500 \text{ oHm} \times \text{cm}$ in presenza di falda

Prestazioni del rivestimento Zn-Al 400 gr+ finitura (rif. EN545):

Compatibilità con la maggior parte dei suoli, eccetto:

- Terreni torbosi acidi;
- Terreni contenenti rifiuti, cenere, scorie o contaminanti da prodotti di scarto o da effluenti industriali;
- Terreni sotto la falda freatica marina, aventi resistività inferiore a $500 \text{ oHm} \times \text{cm}$.

Resistenza alla corrosione esterna effetto cicatrizzazione



D.1 Rivestimenti alternativi tubi

I seguenti rivestimenti esterni per i tubi possono anche essere forniti in funzione delle condizioni esterne ed interne di utilizzo:

a) Rivestimenti esterni:

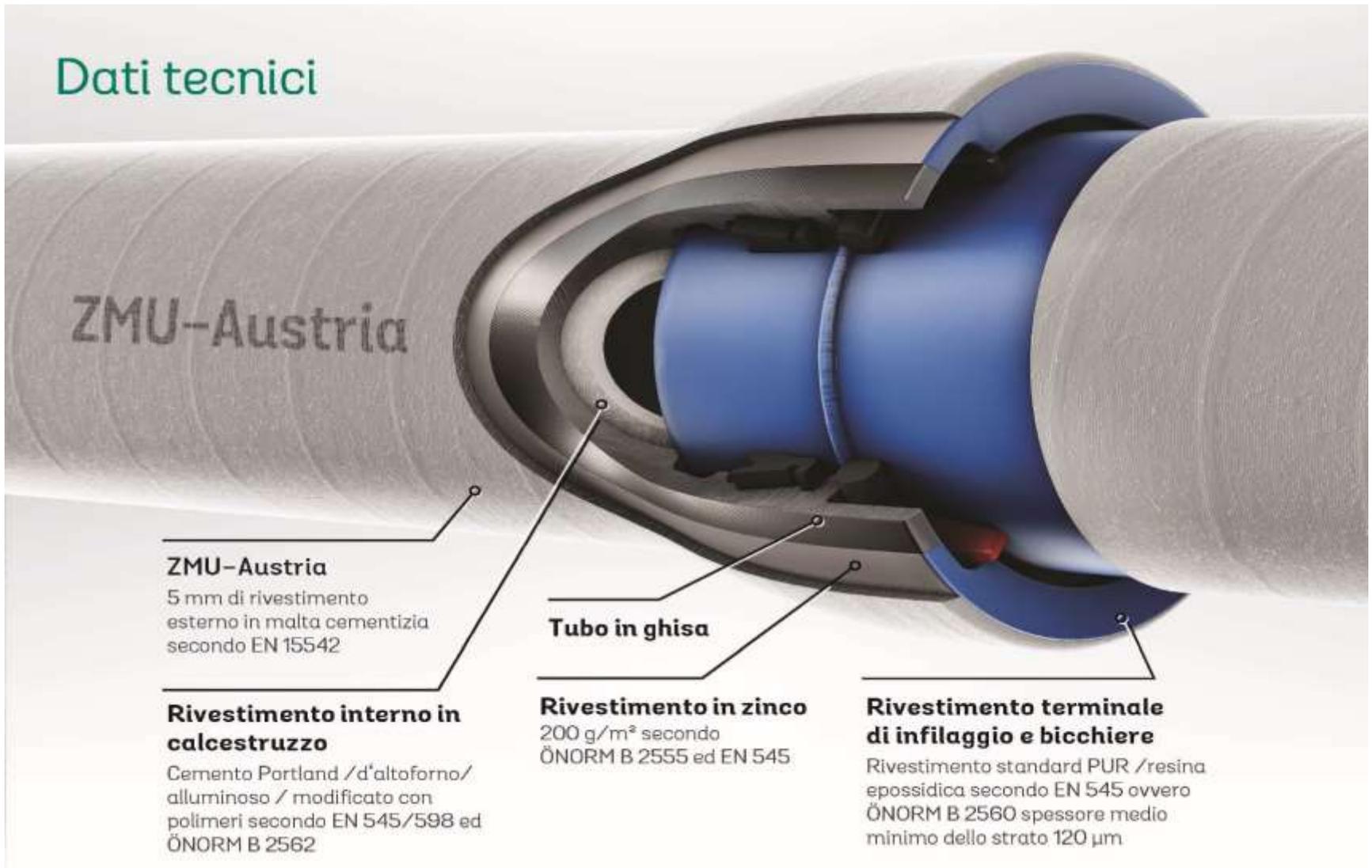
- 1) rivestimento in vernice ricca di zinco avente massa minima pari a 220 g/m^2 , con strato di finitura,
- 2) manicotto in polietilene (come supplemento al rivestimento di zinco con strato di finitura),
- 3) lega di zinco e alluminio con o senza altri metalli, avente massa minima pari a 400 g/m^2 , con strato di finitura,
- 4) rivestimento in polietilene estruso in conformità con la EN 14628,
- 5) rivestimento in poliuretano in conformità con la EN 15189,
- 6) rivestimento in malta cementizia in conformità con la EN 15542,
- 7) nastri adesivi.

D.2.3 Rivestimenti rinforzati

I tubi ed i raccordi in ghisa sferoidale con i seguenti rivestimenti esterni possono essere interrati **in terreni aventi un qualsiasi livello di corrosività:**

- rivestimento in polietilene estruso (tubi) in conformità alla EN 14628;
- rivestimento in poliuretano (tubi) in conformità alla EN 15189;
- rivestimento in resina epossidica avente uno spessore medio di almeno 250 ìm (raccordi) in conformità alla EN 14901;
- **rivestimento in malta cementizia rinforzato con fibre (tubi) in conformità alla EN 15542;**
- nastri adesivi (tubi e raccordi).

Dati tecnici



ZMU-Austria

5 mm di rivestimento esterno in malta cementizia secondo EN 15542

Rivestimento interno in calcestruzzo

Cemento Portland / d'altoforno / alluminoso / modificato con polimeri secondo EN 545/598 ed ÖNORM B 2562

Tubo in ghisa

Rivestimento in zinco

200 g/m² secondo ÖNORM B 2555 ed EN 545

Rivestimento terminale di infilaggio e bicchiere

Rivestimento standard PUR /resina epossidica secondo EN 545 ovvero ÖNORM B 2560 spessore medio minimo dello strato 120 µm

Ghisa sferoidale resistenza ai carichi statici

Il comportamento statico delle tubazioni è legato alle caratteristiche di resistenza delle stesse ma anche alle modalità di posa.

I carichi sulle condotte, trasmessi dal terreno di ricoprimento e dagli eventuali sovraccarichi provenienti dalla superficie del suolo, determinano uno stato tensionale all'interno del tubo con conseguente deformazione dello stesso che, qualora sia rilevante, induce a sua volta una sensibile reazione del terreno che tende a limitare la deformabilità del tubo stesso.

A tal proposito si ritiene utile confrontare i diversi valori orientativi dei moduli di elasticità dei materiali costituenti le tubazioni prese in esame:

MODULO ELASTICO IN MPA

Acciaio	Cls vibro compresso	Ghisa sferoidale	PEAD	PVC
210.000	30.000	170.000	900	3.000

E' di tutta evidenza che a moduli elastici così differenti non possono che corrispondere, in ragione degli spessori presenti in commercio, rigidità anulari delle tubazioni in materiale plastico di gran lunga inferiori alle rigidità anulari delle tubazioni in materiale ferroso o cementizio. Sulla base di quanto sopra riferito si evince l'importanza della corretta modalità di posa in opera, per un buon comportamento statico delle condotte in materiale plastico nonché per assicurare alle stesse una vita utile più lunga, soprattutto all'aumentare della profondità di posa. Non a caso il D.M. LL.PP. 12/12/1985 prescrive, limitatamente alle tubazioni deformabili, e non alle tubazioni rigide o semirigide, che: *"Nei tubi di grande diametro, di tipo flessibile, dovrà essere effettuato in forma sistematica il controllo dello stato di compattazione raggiunto del materiale di rinterro secondo le prove indicate nel Capitolato Speciale d'Appalto e le ulteriori prescrizioni del direttore dei lavori, tenuto conto che dovranno essere rispettati i limiti di deformazione previsti nel disciplinare di fornitura del Capitolato Speciale di Appalto. Ove occorra il rinfianco potrà essere eseguito in conglomerato cementizio magro. Saranno in ogni caso osservate le norme UNI esistenti nonché le indicazioni del costruttore del tubo."*

Rigidezza diametrale dei tubi

I tubi di ghisa sferoidale possono sopportare, in esercizio, delle ovalizzazioni significative pur mantenendo le loro caratteristiche funzionali. Le ovalizzazioni ammissibili per i tubi, mentre la tubazione è in esercizio, sono indicate nel prospetto C.1.

Nota 1 L'ovalizzazione è pari a cento volte l'inflessione verticale del tubo, in millimetri, divisa per il diametro esterno iniziale del tubo in millimetri.

Per poter sopportare delle altezze di copertura elevate e/o dei grossi carichi dovuti al traffico, entro un'ampia gamma di condizioni di installazione, i tubi di ghisa sferoidale presentano i valori minimi di rigidezza diametrale indicati nel prospetto C.1.

La rigidezza diametrale S di un tubo è calcolata con la formula:

$$S = 1000 \frac{E \times I}{D^3} = 1000 \frac{E}{12} \left(\frac{e_{stiff}}{D} \right)^3$$

Dove:

- S** è la rigidezza diametrale, in kilonewton al metro quadrato;
- E** è il modulo di elasticità del materiale, in megapascal (170 000 MPa);
- I** è il momento di inerzia della parete del tubo per unità di lunghezza, in millimetri alla terza potenza;
- e_{stiff}** è lo spessore della parete del tubo, per il calcolo della rigidezza diametrale, in millimetri;
- D** è il diametro medio del tubo ($DE - e_{stiff}$), in millimetri;
- DE** è il diametro esterno nominale del tubo in millimetri;

Nota 2 I valori di S sono stati calcolati prendendo un valore di e_{stiff} calcolato come segue:

$$e_{stiff} = e_{min} + 0,5(1,3 + 0,001 \cdot DN)$$

RIGIDEZZA DIAMETRALE SECONDO CLASSI DI SPESSORE

DN	Rigidezza diametrale minima S kN/m ²			Ovalizzazione ammissibile del tubo %		
	Classe 40	K9	K10	Classe 40	K9	K10
40	7 000	16 500	16 500	0,60	0,45	0,45
50	4 200	9 500	9 500	0,70	0,55	0,55
60	2 600	5 500	5 500	0,85	0,65	0,65
65	2 100	4 800	4 800	0,90	0,70	0,70
80	1 200	2 700	2 700	1,10	0,85	0,85
100	680	1 500	1 500	1,30	1,05	1,05
125	370	810	880	1,60	1,30	1,20
150	250	480	600	1,85	1,55	1,40
200	130	230	340	2,25	1,90	1,70
250	91	160	220	2,60	2,20	2,00
300	68	110	160	2,90	2,50	2,25
350	67	89	120	2,95	2,70	2,45
400	63	72	100	3,00	2,90	2,60
450	-	61	86	-	3,05	2,75
500	-	52	74	-	3,25	2,90
600	-	41	58	-	3,55	3,20
700	-	34	49	-	3,75	3,40
800	-	30	42	-	4,00	3,55
900	-	26	37	-	4,00	3,75
1 000	-	24	34	-	4,00	3,85
1 100	-	22	31	-	4,00	4,00
1 200	-	20	29	-	4,00	4,00
1 400	-	18	26	-	4,00	4,00
1 500	-	17	24	-	4,00	4,00
1 600	-	17	23	-	4,00	4,00
1 800	-	16	22	-	4,00	4,00
2 000	-	16	21	-	4,00	4,00

CALCOLO PER TUBAZIONI INTERRATE

Formula di calcolo

Il metodo è basato su un calcolo di ovalizzazione eseguito secondo la formula seguente:

$$\Delta = \frac{100K (P_e + P_t)}{8S + (f \cdot E')}$$

dove:

Δ è l'ovalizzazione del tubo (%);

K è il coefficiente di appoggio;

P_e è la pressione dovuta al carico dei terreni, in kilonewton al metro quadrato;

P_t è la pressione dovuta al carico del traffico, in kilonewton al metro quadrato;

S è la rigidezza diametrale del tubo, in kilonewton al metro quadrato, vedere prospetto C.1;

f è il coefficiente di pressione laterale ($f = 0,061$);

E' è il modulo di reazione del terreno, in kilonewton al metro quadrato.

Ghisa sferoidale resistenza ai carichi statici

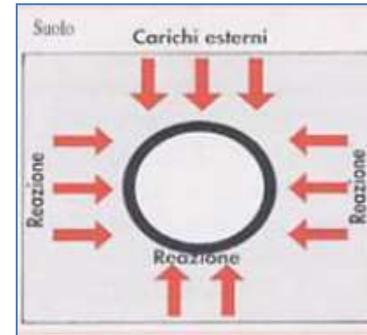
Comportamento sotto carico:

Le condotte sotto carico si possono dividere in tre categorie in funzione della reazione ai carichi esterni

- Tubi rigidi
- Tubi flessibili
- Tubi semirigidi

Sistema suolo-tubo:

L'interazione delle condotte con il sistema circostante dipende dalla rigidità o dalla flessibilità di queste ultime e comporta obblighi di posa differenti.



Ghisa sferoidale resistenza ai carichi statici

Caso tubi rigidi: esempio tubazioni in c.l.s., cemento armato, gres

Tutti i carichi statici e dinamici sono sostenuti dal tubo e questo induce a forti compressioni di flessione nella parete, con concentrazioni di carico nella generatrice superiore e inferiore.

La resistenza del sistema è quindi fortemente dipendente dall'angolo di appoggio α , quindi dalla preparazione del letto di posa, soprattutto in presenza di carichi mobili.

I tubi rigidi ammettono solo una piccola ovalizzazione prima della rottura.



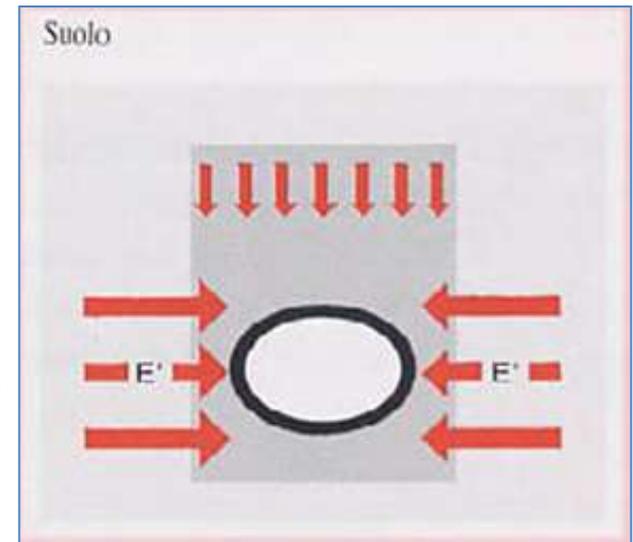
Ghisa sferoidale resistenza ai carichi statici

Caso tubi flessibili: esempio materiali plastici, PVC, PEAD, HPO3

I tubi flessibili subiscono, senza rompersi, una grande deformazione.

Il carico verticale dei terreni è bilanciato solo dalle reazioni di appoggio laterale del tubo sul rinterro circostante.

La stabilità del sistema è fortemente dipendente dalla capacità del rinterro a generare una reazione passiva d'appoggio e dal modulo di reazione (E') e quindi dalla qualità del rinterro e soprattutto dal suo costipamento.



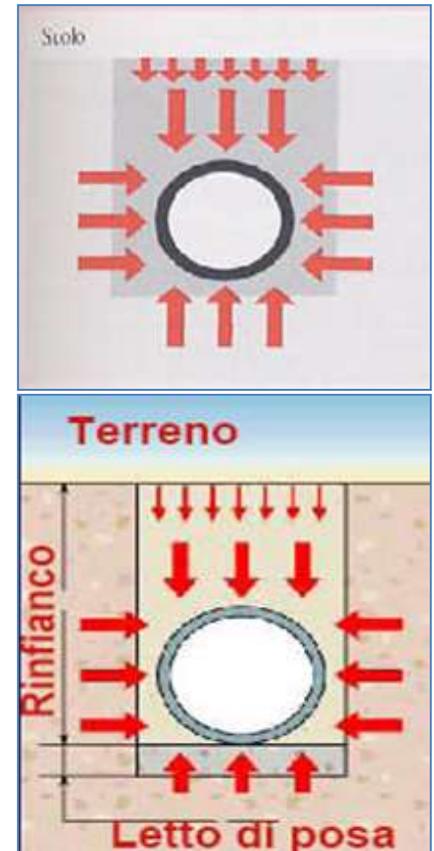
Ghisa sferoidale resistenza ai carichi statici

Caso tubi semi-rigidi: esempio tubazioni in ghisa sferoidale, acciaio

I tubi semi-rigidi si ovalizzano sufficientemente affinché una parte del carico verticale trasmesso dai terreni mobilita l'appoggio laterale sul rinterro. Gli sforzi messi in gioco sono le reazioni passive di appoggio da parte del rinterro e gli sforzi di flessione interna nella parete del tubo.

La resistenza al carico verticale è così ripartita tra quella propria del tubo e quella del rinterro circostante in quanto il contributo di ognuno di questi è funzione del rapporto delle rigidità tra tubo e suolo.

Le tubazioni in ghisa sferoidale rappresentano un ottimo compromesso fra resistenza ai carichi e sforzi di deformazione, garantendo la sicurezza di funzionamento nel tempo



ALTEZZE DI RICOPRIMENTO

prospetto G.1 Tubi K9

DN		da 40 a 300	da 350 a 450	da 500 a 2 000
K(2α)		0,110 (20°)	0,105 (45°)	0,103 (60°)
β = 0,50 Zone rurali	E' = 0	da 0,3 a 10,5	da 0,3 a 7,5	da 0,5 a 2,5
	E' = 1 000	da 0,3 a 11,0	da 0,3 a 8,5	da 0,3 a 3,5
	E' = 2 000	da 0,3 a 12,0	da 0,3 a 9,0	da 0,3 a 5,0
	E' = 5 000	da 0,3 a 14,0	da 0,3 a 12,0	da 0,3 a 8,5
β = 0,75 Strade di accesso	E' = 0	da 0,3 a 10,5	da 0,3 a 7,5	da 0,5 a 2,0
	E' = 1 000	da 0,3 a 11,0	da 0,3 a 8,5	da 0,3 a 3,5
	E' = 2 000	da 0,2 a 12,0	da 0,3 a 9,0	da 0,3 a 4,5
	E' = 5 000	da 0,3 a 14,0	da 0,3 a 12,0	da 0,3 a 8,5
β = 1,50 Strade principali	E' = 0	da 0,3 a 10,5	da 0,4 a 7,0	a)
	E' = 1 000	da 0,3 a 11,0	da 0,4 a 8,0	da 0,6 a 3,0
	E' = 2 000	da 0,3 a 11,5	da 0,3 a 9,0	da 0,5 a 4,5
	E' = 5 000	da 0,3 a 14,0	da 0,3 a 12,0	da 0,3 a 8,0
a) Non raccomandato: solo un calcolo specifico per ogni caso può fornire una risposta adeguata.				
Nota I valori indicati per le altezze di ricoprimento sono stati determinati per la classe di spessore K9; sono altresì validi per le classi K ≥ 10.				

Resistenza agli eventi sismici e all'instabilità del terreno

Sollecitazioni meccaniche – Sicurezza in rapporto ai carichi dei terreni

- Rischi di schiacciamento:
 - Rotture e fessurazioni
 - Flessione e ovalizzazioni
- Capacità del sistema in ghisa sferoidale:
 - Buon comportamento dovuto alle proprietà meccaniche del materiale
 - Ammissibilità di valori estremi (min. e max.) dell'altezza di copertura



Riferimenti normativi

UNI EN545 “tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale per condotte d’acqua”

UNI EN598 “tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale per condotte fognarie”

UNI 9163 Giunto elastico automatico (AJ)

UNI 28603 Giunto elastico automatico (TJ)

UNI EN1092-2 Flange in ghisa

ONORM B 2597/2004 Giunto antisfilamento con cordone di saldatura

Resistenza alla pressione

Pressioni Ammissibili

I valori massimi di PFA, PMA e PEA sono calcolati nel modo seguente:

a)

Dove:

$$PFA = \frac{20 \times e_{\min} \times R_m}{D \times S_F}$$

e_{\min} è lo spessore minimo delle pareti dei tubi, in millimetri;

D è il diametro medio dei tubi ($DE - e_{\min}$), in millimetri;

DE è il diametro esterno nominale dei tubi, (vedere prospetti 16 e 17) in millimetri;

R_m è la resistenza a trazione minima della ghisa sferoidale, in megapascal
($R_m = 420$ Mpa; vedere punto 4.4.1);

SF è un fattore di sicurezza uguale a 3.

La massima PFA di un tubo è pari al numero della sua classe, per esempio PFA 40 per tubo classe 40.

b) PMA: come PFA, ma con $S_F = 2,5$; quindi: $PMA = 1,2 \times PFA$.

c) $PEA = PMA + 5$ bar.

Resistenza alla pressione

Tubi Acqua
Classi C preferite

DN	PFA bar	PMA bar	PEA Bar
80	40	48	53
100	40	48	53
125	40	48	53
150	40	48	53
200	40	48	53
250	40	48	53
300	40	48	53
350	30	36	41
400	30	36	41
450	30	36	41
500	30	36	41
600	30	36	41
700	25	30	35
800	25	30	35
900	25	30	35
1000	25	30	35

Tubi Fogna
Serie pressione

DN	PFA bar	PMA bar	PEA Bar
80	40	48	53
100	40	48	53
125	40	48	53
150	40	48	53
200	40	48	53
250	38	46	51
300	35	42	47
350	32	39	44
400	30	36	41
450	29	35	40
500	28	33	38
600	26	31	36
700	29	35	40
800	28	33	38
900	27	32	37
1000	26	31	36

PFA = pressione di funzionamento
ammissibile

Coefficiente di sicurezza = 3

PMA = pressione di funzionamento
massima ammissibile

Coefficiente di sicurezza = 2.5

PEA = pressione di prova ammissibile
pari a PMA + 5 bar

Calcolo spessore parete di ghisa

$$e = K (0.5 + 0.001 DN)$$

Dove k è un numero primo 7,8,9,10,ecc

con spessore minimo di parete di 6 mm – 1,3 mm di tolleranza

Spessori e pressioni a confronto classi C vs classi K

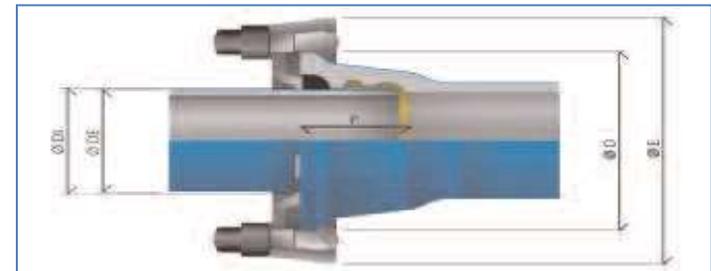
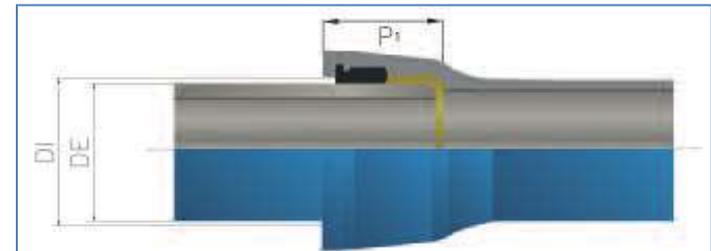
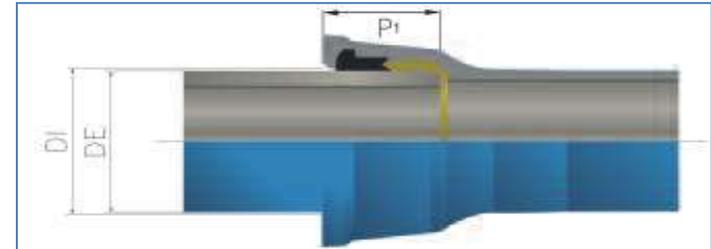
DN	DE (mm)	Classe di pressione C = PFA							Classe di spessore K										
		20	25	30	40	50	64	100	7		8		9		10		11		
		e min (mm)							e min (mm)	PFA (bar)	e min (bar)	PFA (bar)	e min (mm)	PFA (bar)	e min (mm)	PFA (bar)	e min (mm)	PFA (bar)	
40	56				3,0	3,5	4,0	4,7											
50	66				3,0	3,5	4,0	4,7											
60	77				3,0	3,5	4,0	4,7											
65	82				3,0	3,5	4,0	4,7											
80	98				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	141,1	4,7	141,1	4,7	141,1	4,7	141,1	5	150,5	
100	118				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	116,2	4,7	116,2	4,7	116,2	4,7	116,2	5,2	129,1	
125	144				3,0	3,5	4,0	5,0	4,7	94,5	4,7	94,5	4,7	94,5	4,8	97,1	5,5	110,1	
150	170				3,0	3,5	4,0	5,9	4,7	79,6	4,7	79,6	4,7	79,6	5,1	85,7	5,7	97,1	
200	222				3,1	3,9	5,0	7,7	4,7	60,6	4,7	60,6	4,8	61,9	5,5	71,1	6,2	80,4	
250	274				3,9	4,8	6,1	9,5	4,7	48,9	4,7	48,9	5,2	54,2	6,0	62,2	6,7	70,2	
300	326				4,6	5,7	7,3	11,2	4,7	41,0	4,8	41,8	5,6	48,9	6,4	56,1	7,2	63,2	
350	378			4,7	5,3	6,6	8,5	13,0	4,7	34,9	5,2	38,7	6	45,2	6,9	51,7	7,7	58,2	
400	429			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8	4,7	31,0	5,5	36,4	6,4	42,4	7,3	48,5	8,2	54,6	
450	480			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6	4,9	28,9	5,9	34,5	6,8	40,2	7,8	46,0	8,7	51,7	
500	532			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	5,2	27,6	6,2	33,0	7,2	38,4	8,2	43,8	9,2	49,3	
600	635			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	5,8	25,8	6,9	30,8	8,0	35,7	9,1	40,7	10,2	45,7	
700	738		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5		6,4	24,5	7,6	29,1	8,8	33,8	10,0	38,5	11,2	43,1	
800	842		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8		7,0	23,5	8,3	27,9	9,6	32,3	10,9	36,7	12,2	41,2	
900	945		8,4	10,0	13,3	16,2			7,6	22,7	9,0	26,9	10,4	31,2	11,8	35,4	13,2	39,7	
1000	1048		9,3	11,1	14,8	17,7			8,2	22,1	9,7	26,2	11,2	30,2	12,7	34,3	14,2	38,5	
1100	1152	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2			8,8	21,6	10,4	25,5	12	29,5	13,4	33,5	15,2	37,4	
1200	1255	8,9	11,1	13,3	17,7	22,0			9,4	21,1	11,1	25,0	12,8	28,9	14,5	32,7	16,2	36,6	
1400	1462	10,4	12,9	15,5					10,6	20,4	12,5	24,1	14,4	27,9	16,3	31,6	18,2	35,3	
1500	1565	11,1	13,9	16,6					11,2	20,2	13,2	23,8	15,2	27,5	17,1	31,1	19,2	34,7	
1600	1668	11,8	14,8	17,7					11,8	19,9	13,9	23,5	16,0	27,1	18,1	30,7	20,2	34,3	
1800	1875	13,3	16,6	19,9					13,0	19,5	15,3	23,0	17,6	26,5	19,9	30,0	22,2	33,5	
2000	2082	14,8	18,4	22,1					14,2	19,2	16,7	22,6	22,6	26,1	21,7	29,5	24,2	32,9	

SISTEMI DI GIUNZIONE

- NON ANTISFILAMENTO
- ANTISFILAMENTO

Sistemi di giunzione a bicchiere NON antisfilamento

- UNI 9163 – giunto elastico automatico AJ
Guarnizione a profilo divergente a coda di rondine
- DIN 28603 – giunto elastico automatico TJ
Guarnizione arrotondata tipo Tyton
- EX UNI 9164 – giunto elastico a serraggio
meccanico MJ

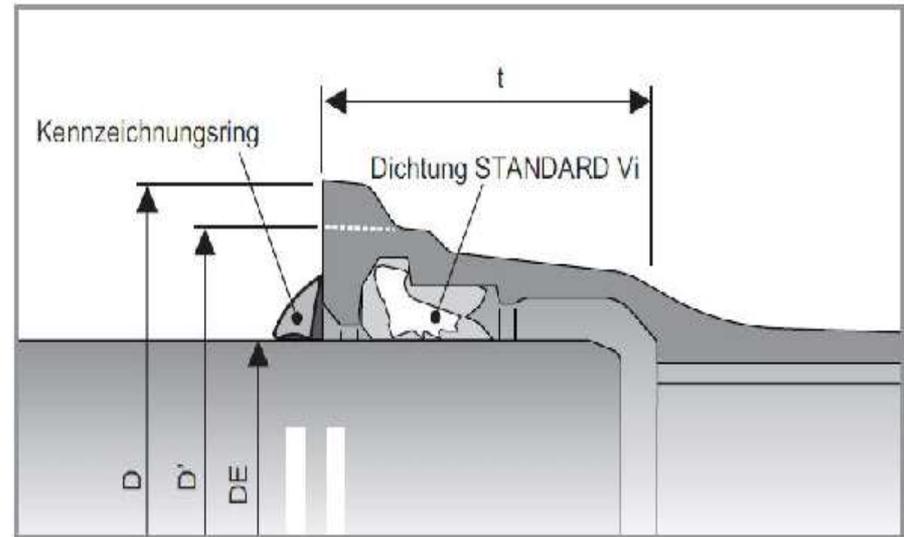


Sistemi di giunzione ANTISFILAMENTO

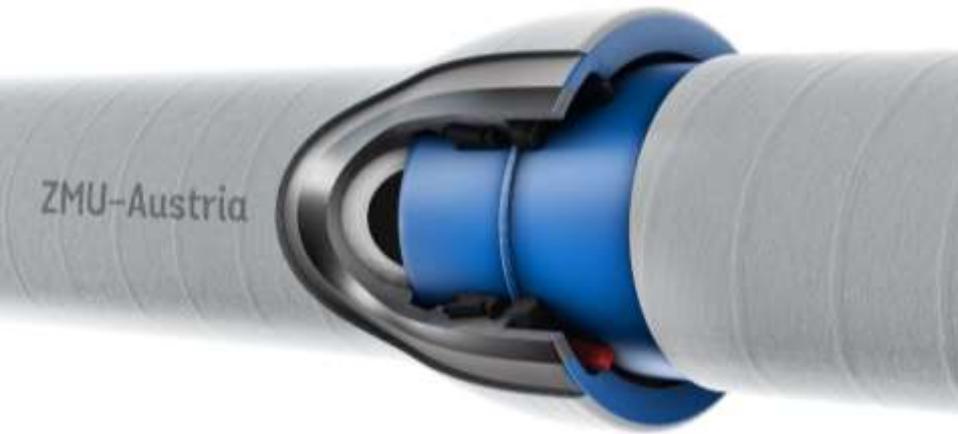
PFA < 10 bar standard VI –
per basse pressioni

PFA > 10 bar Universal standard VI

PFA > 25 bar Universal standard VE



giunto antisfilamento meccanico a doppia camera con codone di saldatura VRS-T



- Massima stabilità nel caso di pressioni interne elevate e sollecitazioni esterne
- Pressioni di esercizio fino a 100 bar
- Raccordo inclinabile fino a 5°, risparmio di pezzi speciali
- Non sono necessari blocchi d'ancoraggio.
- Posa in opera rapida, semplice e svincolata dalle condizioni meteo
- Elevata produttività di posa in opera grazie al semplice giunto a bicchiere ad incastro
- Nessuna saldatura e nessun controllo delle saldature
- Giunto resistente alle radici
- Materiale incombustibile
- Magazzino completo per forniture verso il cantiere in tempi brevi
- Ampia gamma di pezzi speciali, evita fabbricazioni fuori serie



Sistema antisfilamento coerente per tubi e pezzi speciali doppia camera con cordone di saldatura

Pezzi speciali / accessori



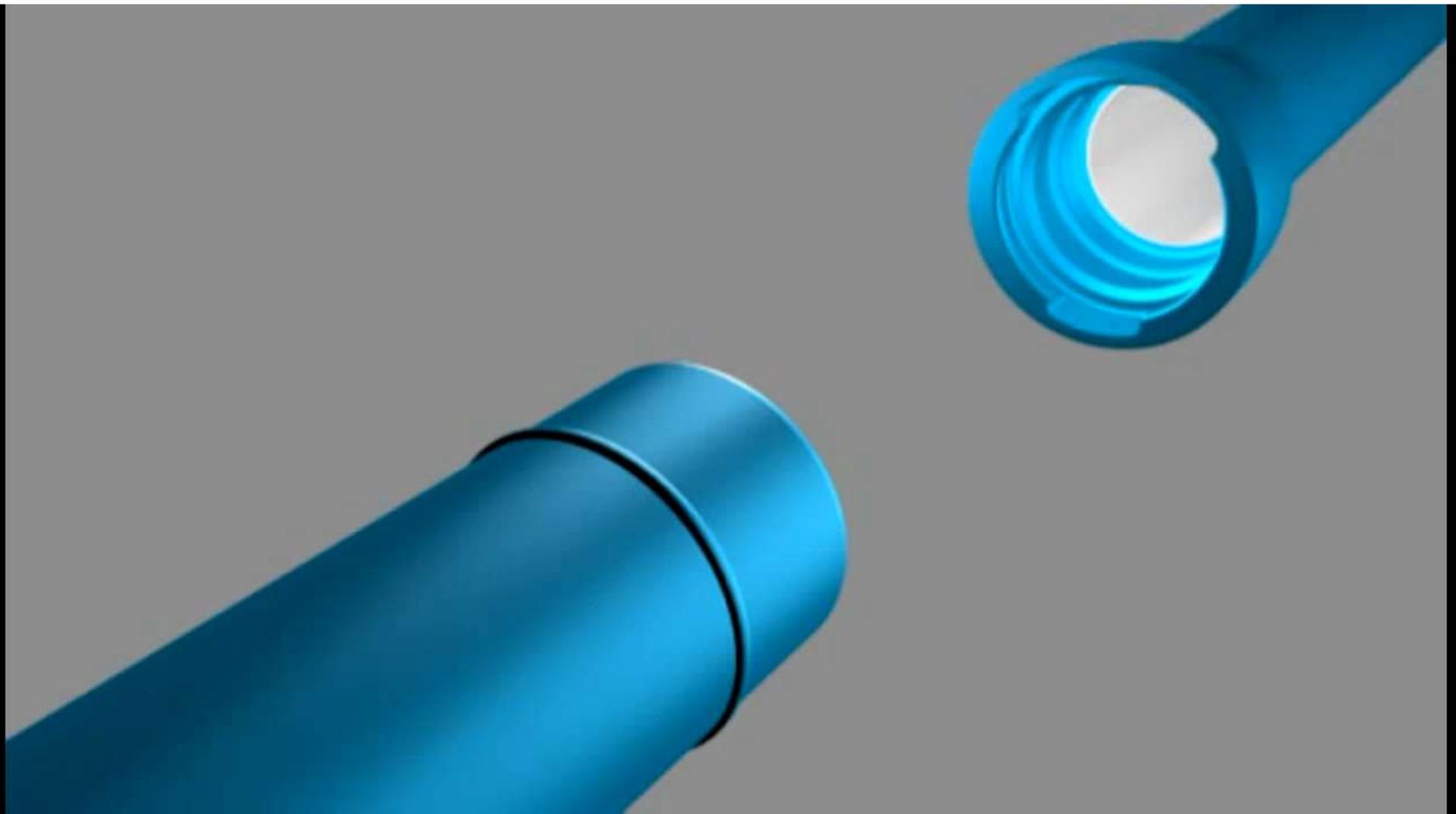
Trattamento di sinterizzazione epossidica a letto fluido

Spessore minimo dello strato 250 μm

GSK (Gütegemeinschaft schwerer Korrosionsschutz) RAL-GZ 662



RAL GÜTEZEICHEN
SCHWERER KORROSIONSSCHUTZ
VON ARMATUREN UND FORMSTÜCKEN



Resistenza agli eventi sismici e all'instabilità del terreno

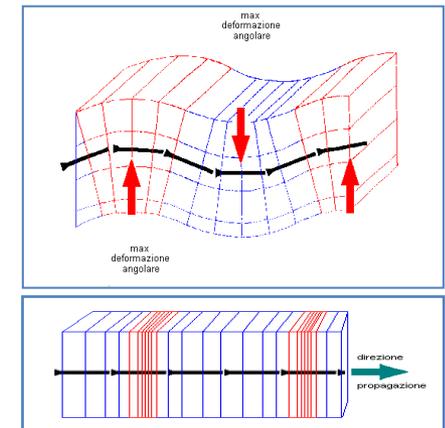
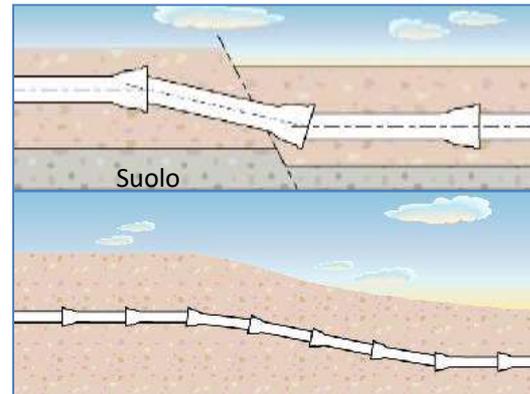
La sicurezza in rapporto all'erosione ed ai movimenti dei terreni – frane e terreni instabili

- **Rischi**

- Sollecitazione di taglio
- Danneggiamenti su punti duri
- Cambio di pendenza
- Perdita di tenuta

- **Risposte del sistema in ghisa sferoidale**

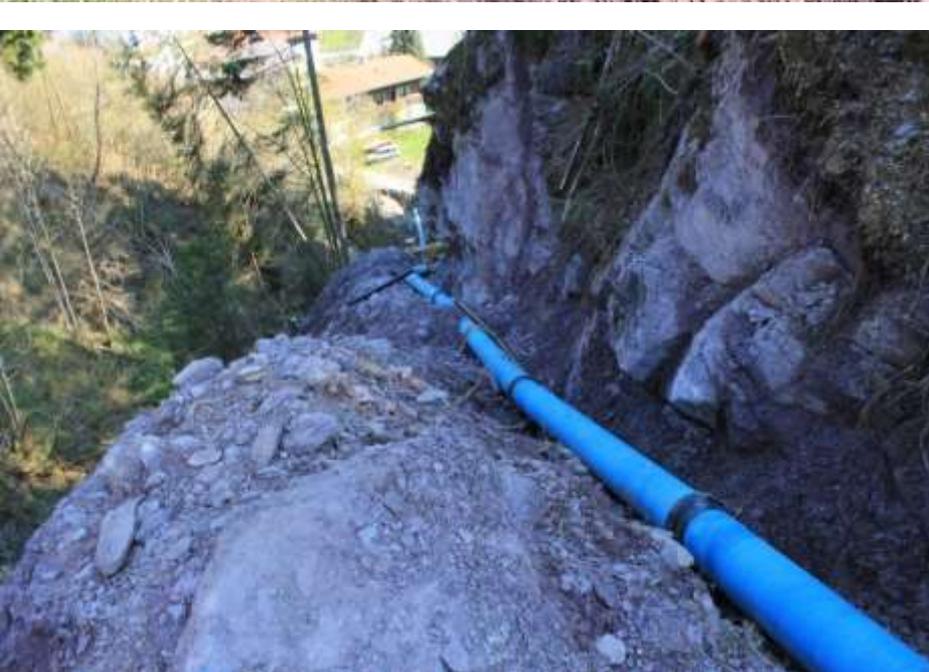
- Ottima resistenza al taglio
- Giunto centrato nel bicchiere
- Flessibilità e resistenza del giunto VRS-T (deviazione angolare e gioco assiale)











Le forze in gioco nel giunto

Esempio: DN 300 prova a pressione : 155 [bar]

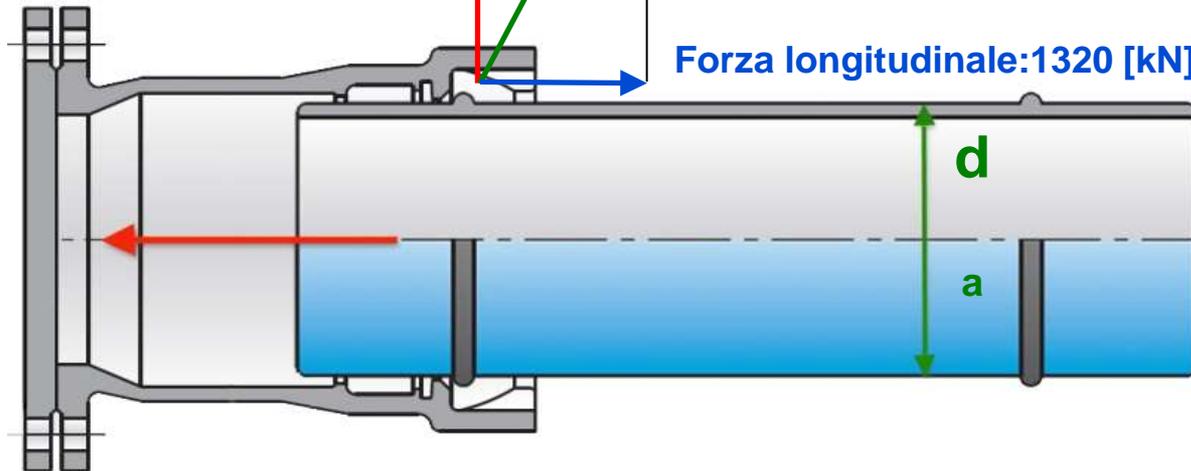
Forza radiale: 3110 [kN]

Forza risultante: 3370 [kN]

343,64 ton

$\alpha = 23^\circ$

Forza longitudinale: 1320 [kN]



Peso al decollo del 747-100
a pieno carico e rifornito
333 tonnellate

Resistenza del giunto VRS-T a trazione

Nominal size DN [mm]	Component operating pres- sure [bar] ¹⁾	Permitted trac- tive force F _{perm} [kN] ²⁾		Possible angular deflection of sockets ³⁾ [°]	Minimum radius of curves [m]
		DVGW BGW			
80*	110	70	115	5	69
100*	100	100	150	5	69
125	100	140	225	5	69
150	75	165	200	5	69
200	63	230	350	4	86
250	44	308	375	4	86
300	40	380	380	4	86
400	30	558	650	3	115
500	30	860	860	3	115
600	32	1200	1525	2	172
700	25	1400	1700	1.5	230
800	16	-	1460	1.5	230
900	16	-	1845	1.5	230
1000	10	-	1560	1.5	230

Tabella di confronto resistenze minime da garantire ai giunti secondo normativa tedesca DVGW e calcolate da TRM per il sistema antisfilamento VRS-T

Il giunto antisfilamento doppia camera con cordone di saldatura ad alta resistenza consente:



- **ELIMINAZIONE BLOCCHI D'ANCORAGGIO**
- **REALIZZAZIONE DI CONDOTTE SENZA SCAVO IN T.O.C.**
- **REALIZZAZIONE DI TRATTI IN BERSTLINING**

CENNI DI CALCOLO STRUTTURALE: BLOCCHI D'ANCORAGGIO

Il dimensionamento dei blocchi d'ancoraggio avviene in funzione:

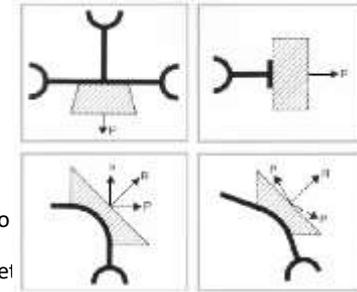
- delle pressioni di collaudo;
- del diametro delle condotte;
- del tipo di tracciato piano-altimetrico;
- delle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I blocchi di ancoraggio si dividono in due grandi categorie:

Portanti:
se il terreno esercita una spinta passiva di contrasto.

Gravità:
la reazione del terreno tramite la spinta passiva è limitata, per cui il blocco di calcestruzzo dovrà esercitare opportuno co

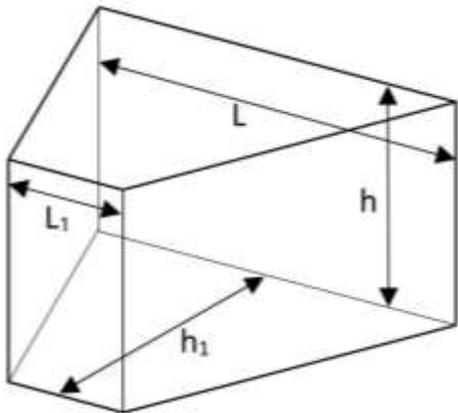
I blocchi d'ancoraggio si utilizzano per contrastare la spinta dinamica dell'acqua nella tubazione, in caso di curve planimetrie, estremità e diramazioni, tratti fortemente pendenti.



CASO STUDIO: BLOCCO DI CONTRASTO DI FORMA TRAPEZOIDALE

Geometria tipica di un blocco trapezoidale ad altezza costante, valida per i predimensionamenti iniziali da validare poi con il calcolo!

Le reazioni che contrastano la spinta esercitata dalla risultante delle pressioni interne sono affidate nella quasi totalmente alla reazione del terreno.

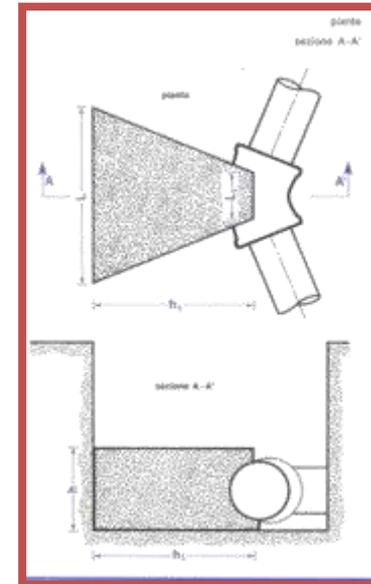


$0.30 \leq L \leq 3.00$
$3.00 \leq L \leq 4.00$
$4.10 \leq L \leq 4.80$
$4.90 \leq L \leq 6.00$

$$h = \frac{3}{5}L$$

$$h_1 = \frac{4}{5}L$$

$$L_1 = \frac{2}{5}L$$



CENNI DI CALCOLO STRUTTURALE: BLOCCHI D'ANCORAGGIO

CASO STUDIO: BLOCCO DI CONTRASTO DI FORMA TRAPEZOIDALE

I parametri principali che influiscono sui calcoli per il dimensionamento del blocco di ancoraggio sono i seguenti che a titolo di esempio vengono assunti con i valori qui riportati, tipici di un terreno sabbioso misto ghiaia con falda in profondità (NO SOTTOSPINTA!):

$\phi' = 30^\circ$ angolo di attrito interno del terreno;
 $c = 5 \text{ Kpa (kg/mq)}$;
 $\gamma = 1900 \text{ kg/mc}$;
 $\mu = 0,50$ coefficiente di attrito calcestruzzo-suolo ($\tan \phi'$);
 $H = 0,5\text{m}$ altezza del reinterro (estradosso tubazione).

Caratteristiche condotta:

DN300
 $\alpha = 30^\circ$, deviazione angolare
 $PEA = 25\text{bar}$ (pressione di collaudo della condotta)

$$\longrightarrow R = 2 \cdot p \cdot A \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 2,5 \cdot \pi \cdot \frac{300^2}{4} \cdot \text{sen} \left(\frac{30^\circ}{2} \right) \cdot 10^{-3} \cong 91,50 \text{ kN}$$

Nel caso del blocco in esame si devono eseguire le seguenti verifiche:

Scorrimento $R < \text{Stab} = (Sp + G\mu)/\gamma$, laddove la spinta passiva Sp è intesa come azione di resistenza del terreno, calcolata con la teoria di Rankine;
 Ribaltamento $M_{\text{stab}} < M_{\text{rib}}/\gamma$;
 Resistenza del calcestruzzo a compressione $\sigma_{c,sd} < \sigma_{c,d}$;
 Pressioni sul terreno (carico limite).

Si considera il piano di posa del blocco e del tubo orizzontale con risultanti allineate (così da evitare che la sezione in cemento armato sia presso-inflessa), terreno ben compattato dietro al blocco in modo da attivare subito la spinta passiva del terreno.

RISULTATO

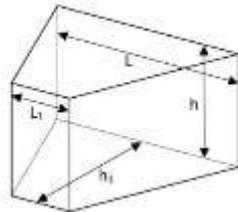
$$L = 1,5\text{m}$$

$$h = \frac{3}{5}L = 0,9\text{m}$$

$$h_1 = \frac{4}{5}L = 1,20\text{m}$$

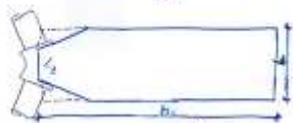
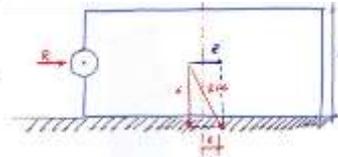
$$L_1 = \frac{2}{5}L = 0,6\text{m}$$

$$V_{cls} \cong 1,70\text{mc}$$



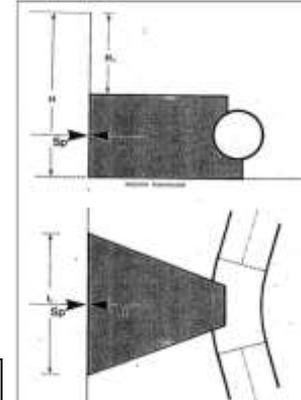
La verifica di resistenza a compressione del calcestruzzo è stata effettuata senza considerare le armature che poi chiaramente vanno previste in termini di barre longitudinali e staffe in conformità ai minimi di legge.

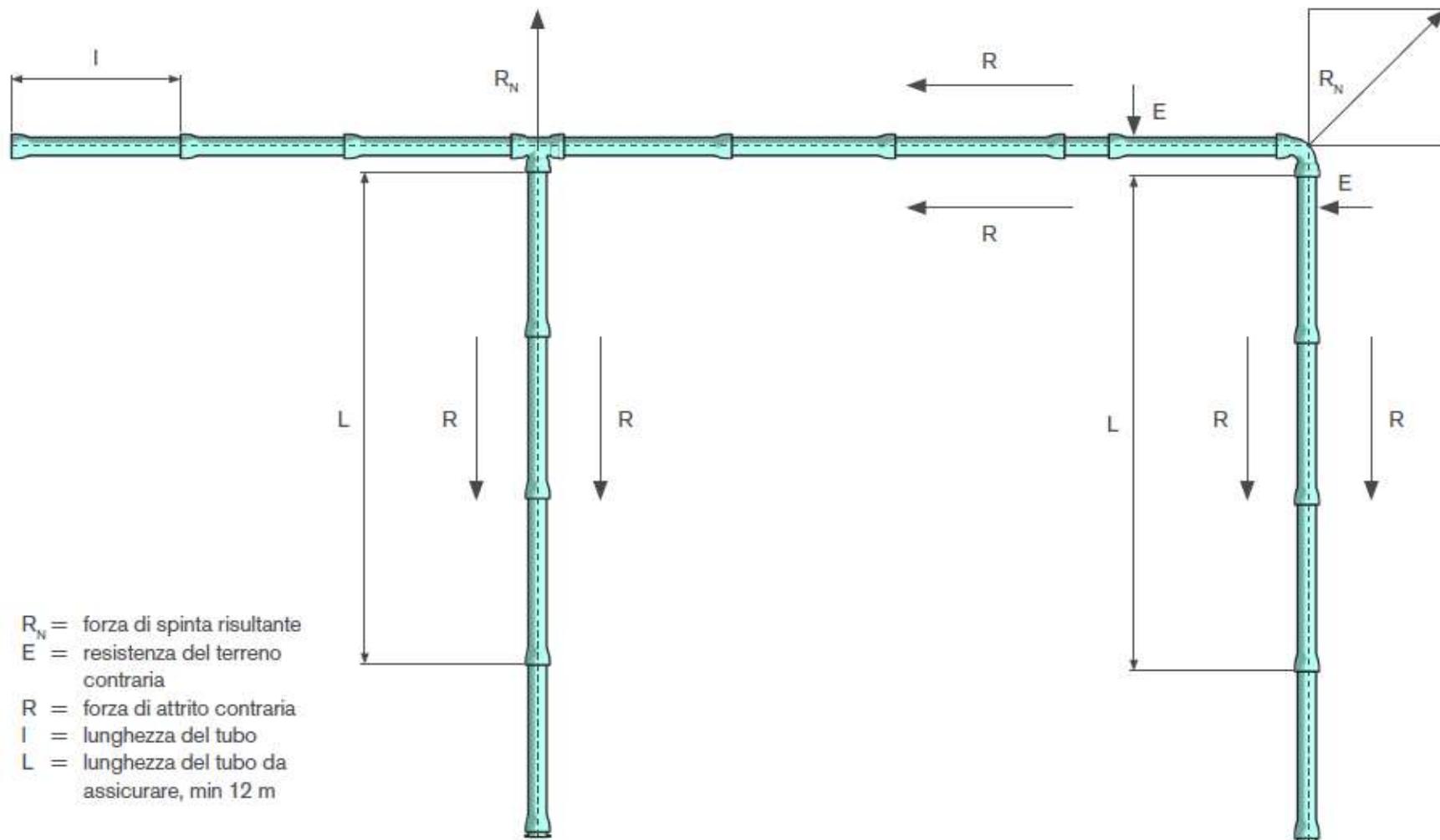
E' buona regola adottare blocchi di contrasto di altezza il più possibile ridotta e sviluppo orizzontale elevato in modo tale da massimizzare le azioni stabilizzanti costituite dal momento e dall'area di impronta sul terreno.



La verifica di resistenza a carico limite del terreno infatti è proporzionale alla superficie coinvolta.

$$\sigma_{\text{max/min}} = \frac{G}{A_{\text{base}}} \left(1 \pm \frac{6e}{h_1} \right) < \frac{Q_{\text{lim}}}{\eta}$$





Lunghezze di tubazioni da ancorare

LUNGHEZZE TUBAZIONI DA ANCORARE

Le lunghezze dei tubi da fissare vengono calcolate secondo il DVGW-Arbeitsblatt GW 368. Il numero di giunti dei tubi da assicurare dipende da:

- + il diametro nominale del tubo
- + la pressione di prova
- + gruppo di terreno della zona della tubazione secondo DVGW GW 310
- + il coefficiente di attrito (tubo/terreno) μ
- + pressione sul terreno
- + Spessore del rinterro (altezza dello scavo dei tubi)
- + angolo della curva (11°, 22°, 30°, 45°, 90°)
- + diramazione, terminazione e riduttore (180°)

Coefficiente di attrito μ

Il coefficiente di attrito μ per la zona limite terra/superficie del tubo dipende dal tipo di rivestimento e dal terreno, ed è compreso tra $\mu = 0,1$ e $0,6$ se correttamente costipato nella zona del tubo

- ⚠ Vedere tabella dei gruppi di terreno secondo DVGW GW 310.

Pressione sul terreno

La possibile pressione sul terreno dipende molto dal grado di costipazione del riempimento dello scavo nelle immediate vicinanze del tubo. La costipazione del riempimento dello scavo deve essere almeno $D_{pr} = 95\%$. In questo caso, la pressione orizzontale ammissibile sul terreno (amm. $\sigma_{h,w}$) può essere ridotta del 50 % secondo il diagramma GW 310 (vedere pagina di calcolo dei blocchi di ancoraggio).

- ⚠ Per motivi di sicurezza, si raccomanda di fissare almeno 2 lunghezze di tubo su entrambi i lati di una curva, di un giunto sezionale o 2 lunghezze di tubo in caso di diramazione, terminazione o cambio di sezione.

Nelle seguenti tabelle, le lunghezze dei tubi da assicurare sono indicate sulla base dei valori della tabella "Gruppi di terreno".

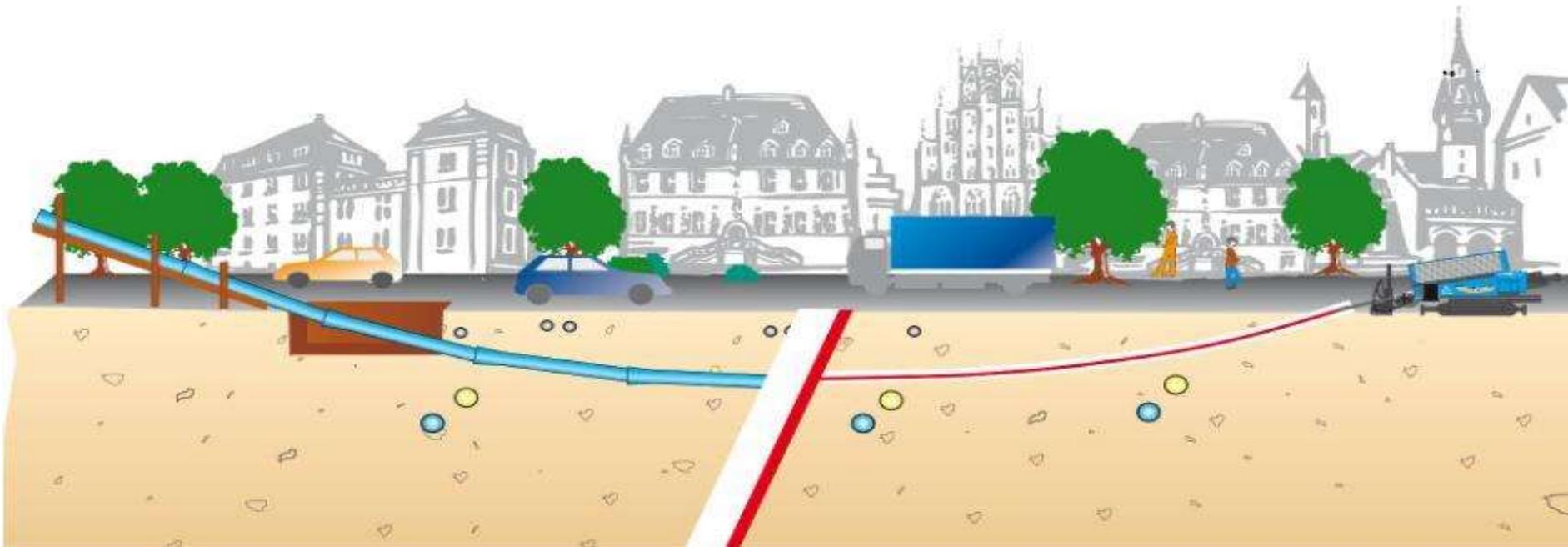
LUNGHEZZE TUBAZIONI DA ANCORARE

Rinterro	sopra alla falda inferiore																		
Pressione di prova (STP)	21 bar																		
Spessore del rinterro	H = 1,00 m																		
Gruppo di terreno	NB1						NB2 / NB3						B1						
Coefficiente di attrito	$\mu = 0,50$						$\mu = 0,50$						$\mu = 0,25$						
Pressione sul terreno	$\sigma_h = 40 \text{ kN/m}^2$						$\sigma_h = 30 \text{ kN/m}^2$						$\sigma_h = 30 \text{ kN/m}^2$						
DN	11°	22°	30°	45°	90°	180°	11°	22°	30°	45°	90°	180°	11°	22°	30°	45°	90°	180°	
80	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	16
100	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	19
125	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	24
150	12	12	12	12	12	13	12	12	12	12	12	13	12	12	12	13	22	28	
200	12	12	12	12	13	17	12	12	12	12	14	18	12	12	13	22	31	37	
250	12	12	12	12	17	21	12	12	12	14	19	22	12	14	22	30	39	45	
300	12	12	12	16	21	25	12	12	14	18	23	26	12	23	31	39	47	53	
400	12	13	18	24	29	33	12	19	23	27	31	34	12	39	47	55	63	69	
500	12	21	26	31	37	41	12	27	30	34	38	41	25	55	62	70	78	84	
600	12	29	34	39	44	48	20	34	38	41	45	48	40	69	77	84	92	98	
700	17	36	41	46	51	55	27	41	45	48	52	55	55	85	91	98	106	112	
800	25	43	48	53	58	61	34	48	52	55	59	62	70	98	105	112	119	125	
900	32	50	54	59	64	67	41	55	58	62	65	68	83	111	117	124	132	137	
1000	38	56	60	65	70	73	48	61	64	68	71	74	96	123	131	136	144	149	
1200	51	68	72	77	81	85	60	72	76	79	82	85	121	146	153	159	166	171	

Terminali, diramazioni, raccordi di linea

Tecnologia no-dig

Nell'ambito No-Dig un'importanza fondamentale riveste la tecnologia della perforazione orizzontale controllata (H.D.D. o T.O.C.). La trivellazione orizzontale controllata è una tecnologia di perforazione con controllo attivo della traiettoria che permette di installare, risanare o sostituire servizi interrati, tubazioni e cavi in particolare, con la massima precisione.



Perforazione teleguidata TOC

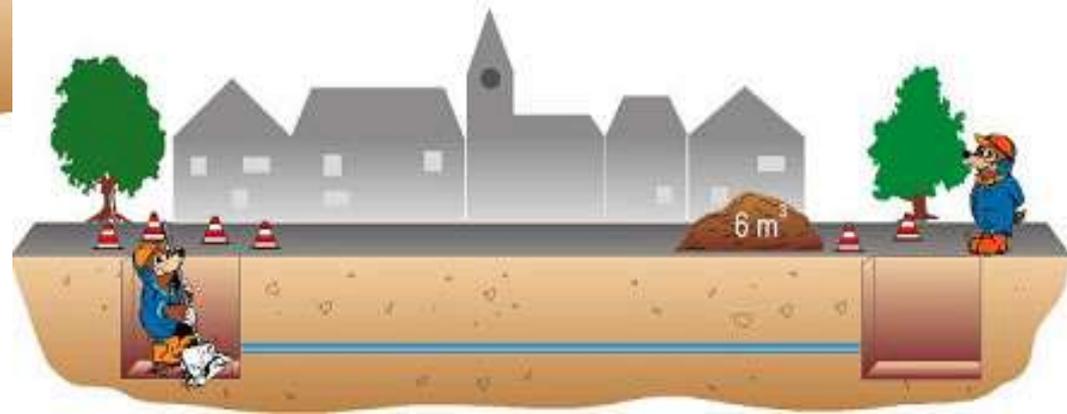
- facilità di superamento degli ostacoli naturali o antropici;
- garanzia di continuità di erogazione dei servizi esistenti nell'area interessata dal progetto;
- eliminazione degli ingombri alla circolazione;
- eliminazione dei ripristini e dei successivi cedimenti del manto stradale;
- possibilità di elevate profondità di posa;
- abbattimento delle polveri sottili, consumi energetici, vibrazioni ed inquinamento acustico.
- totale sicurezza per mancanza di scavi aperti
- minimizzazione costi sociali



Perforazione teleguidata TOC

Le tecnologie No-Dig (senza scavo) permettono la posa in opera di servizi di natura eterogenea senza ricorrere a scavi a cielo aperto evitando così le manomissioni di strade, ferrovie, aeroporti, boschi, fiumi e canali, aree ad alto valore ambientale, aree archeologiche ed eliminando le ripercussioni negative sulle componenti di ordine naturale e sociale.

La tecnologia No-Dig, oltre ad offrire una reale garanzia sulla qualità dell'opera, consente l'ottimizzazione dei costi d'esercizio in quanto esclude le opere di demolizione e ricostruzione tipiche delle metodologie tradizionali più invasive.



Vantaggi utilizzo ghisa sferoidale nelle t.o.c.

- **ELEVATE PRESSIONI DI ESERCIZIO**
- **FACILITA' E VELOCITA' REALIZZAZIONE GIUNTO**
- **DEVIAZIONE ANGOLARE DETERMINA FLESSIBILITA' DELLA CONDOTTA**
- **RIDOTTA AREA DI CANTIERE**
- **RIVESTIMENTO ESTERNO ANTIROCCIA , ANTIGRAFFIO , ECC**
- **ELEVATA VITA UTILE**
- **ELEVATA RESISTENZA ALLO SCHIACCIAMENTO**
- **ASSENZA DI SALDATURE**
- **RIVESTIMENTO INTERNO CEMENTIZIO MANTIENE CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE DELL'ACQUA**
- **ELEVATI COEFFICIENTI DI SICUREZZA**
- **CONDIZIONI METEO NON INFLUENTI**

SVANTAGGI UTILIZZO TUBAZIONI IN GHISA IN TOC

- **ALESATURA MAGGIORE RISPETTO AL DN**
- **PESO ELEVATO**
- **POSSIBILI PROBLEMATICHE RELATIVE A GRANULOMETRIA TERRENI ATTRAVERSATI**

Perforazione teleguidata TOC ulteriori vantaggi

- basso impatto sulle attività di superficie, ambientale e architettonico con abbattimento dei costi sociali;
- efficacia, efficienza e rapidità di esecuzione;
- molteplicità dei settori di intervento;
- controllo totale della qualità di processo;
- eliminazione delle opere provvisorie per l'esecuzione dei lavori;
- scarsa movimentazione e produzione di materiali di risulta;
- non interruzione dei lavori causa agenti atmosferici;
- aumento della sicurezza riduzione costi misure di prevenzione.
- Riduzione spesa energetica di circa il 60 %



Cantiere ACEA ATO 2 – Marcellina Tivoli

Acquedotto DN150 230 mt pendenza
massima 60%

Tempo di posa 2h 40'



DN 150 ML 96



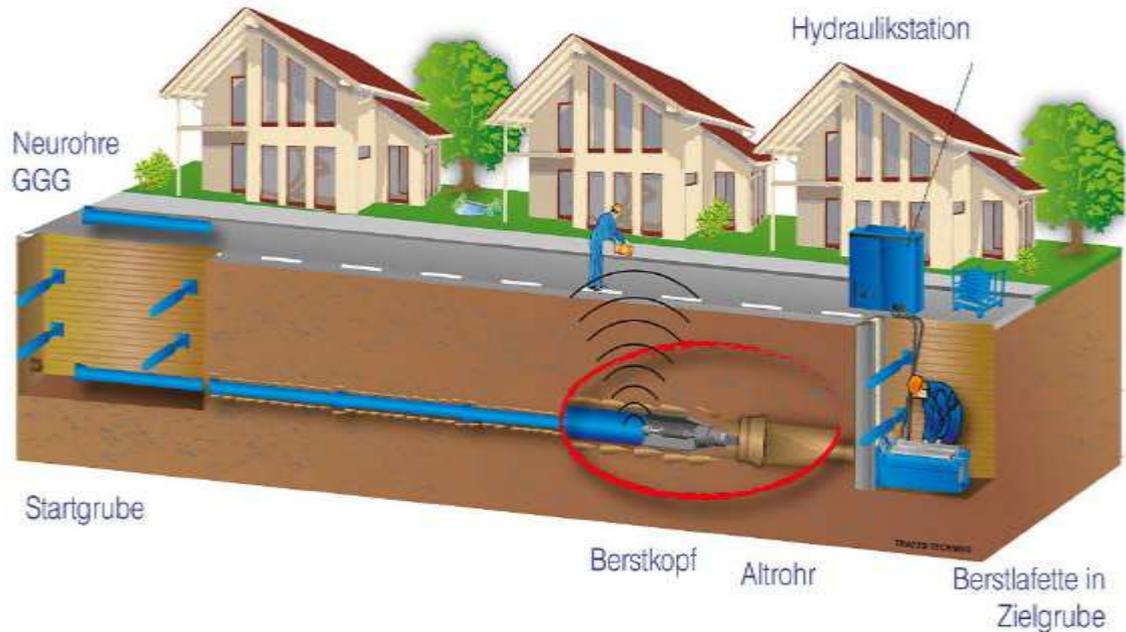
DN 600 320 mt avanzamento 1 metro/minuto





Tecnologia no-dig - burstlining

Il risanamento condotte prevede il risanamento di tubazioni danneggiate o ammalorate mediante l'inserimento di una nuova tubazione all'interno della tubazione pre-esistente. Vantaggio di questa tecnologia rispetto alla tradizionale sostituzione della tubazione danneggiata, è la ridotta invasività dell'intervento, elemento significativo soprattutto in contesti urbani.



Con il sistema burstlining effettuato con tubazioni in ghisa sferoidale con rivestimento esterno **ZMU** possono essere posate tubazioni sia di diametro esterno maggiore sia di diametro interno minore rispetto alla tubazione esistente. Vengono risanate tubazioni di tutte le tipologie

Burstlining – rifacimento tubazioni senza scavo





TIROLER ROHRE GmbH



STABILIMENTO PRODUTTIVO SITO AD HALL IN TIROL

220 collaboratori in attività su 3 turni

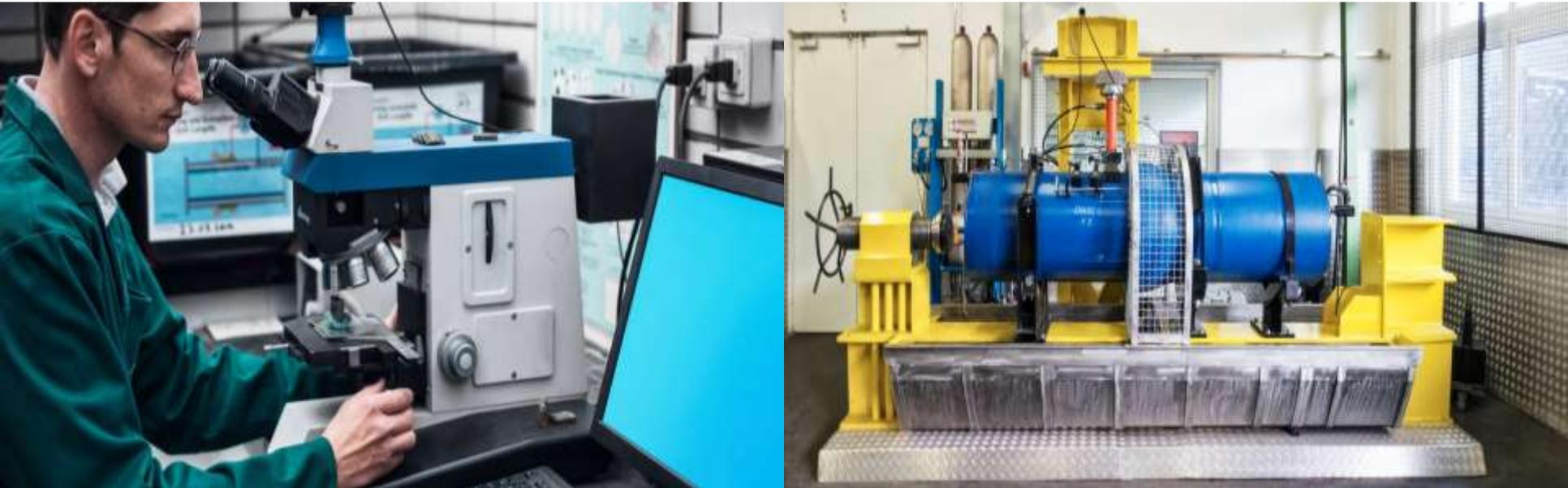
Stabilimento di ca. 83.000 m² | prodotti a magazzino fino a 10.000 to

Lavorazione di 40.000 to di ghisa sferoidale ogni anno

Fatturato di ca. 70 mio. EUR

Qualità

Produzione e banco di prova



Requisiti di qualità molto elevati – verifiche durante il processo EN ISO 9001

Laboratori ed impianti di prova dei materiali all'avanguardia

Banco di prova per le prove di tipo richieste secondo ÖNORM EN 545 e 598

Sostenibilità / Ambiente



Riciclaggio di materie prime depurazione acque reflue ed emissioni atmosferiche

Immissione del calore di scarto nella rete di teleriscaldamento

Alimentazione di 650 utenze domestiche | risparmio di 3.100 to CO₂ per anno

Impianto fotovoltaico di 9.000 m²

Alimentazione di 300 utenze domestiche | 851 kWp per anno

I NOSTRI PRODOTTI

DUREVOLI

ROBUSTI

AFFIDABILI



Per una costruzione centenaria

Grazie per l'attenzione

- Ing. sergio massetti (sergio.massetti@trm.at 349 3178341)
- P.i. luca frasson (luca.frasson@trm.at 348 2700888)