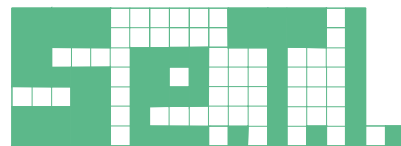


**ACQUA NOVARA VCO S.p.A.**

via Triggiani, 9 - 28100 Novara



SERVIZI TECNICI PER L'INGEGNERIA S.r.l.

SEDE

Corte dei Calderai, 1 - 28100 NOVARA

TELEFONO

0321.612691

E-MAIL

info@setisrl.eu

LAVORO

**COLLETTORE IDRICO DI  
COLLEGAMENTO TRA LE RETI  
DEI COMUNI DI  
CASTELLAZZO NOVARESE E  
CASALEGGIO**

PROGETTISTA

Dott. ing. Ferdinando ZOLESI



OGGETTO

RELAZIONE INTERCONNESSIONE

**PROGETTO DEFINITIVO**

MODIFICA	DESCRIZIONE	DATA
01	Limite ponticello	06/07/2023
02	quotature	28/08/2023

DATA 10 Gennaio 2023		GRAFICA		SCALA varie	
INCARICO	CODICE	ANNO	TIPOLOGIA	ELABORATO	REVISIONE
ZF	0490	21	DF	019	D2

ELABORATO

**019**

**RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE ALL'ATTRAVERSAMENTO  
PERPENDICOLARE CON SOTTOPASSO FERROVIARIO AL KM 11+674**

**RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE DI PARALLELISMO FERROVIARIO IN  
FASCIA DI RISPETTO DA 10 A 30 m LATO NORD DAL KM 11+674 AL KM 11+700**

**RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE DI PARALLELISMO FERROVIARIO IN  
FASCIA DI RISPETTO DA 10 A 30 m LATO SUD DAL KM 11+781 AL KM 11+821**

**RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE DI PARALLELISMO FERROVIARIO IN  
FASCIA DI RISPETTO DA 6 A 10 m LATO SUD DAL KM 11+674 AL KM 11+781**

**DELLA LINEA FERROVIARIA  
NOVARA - BIELLA  
AI SENSI DEL D.M. 04 Aprile 2014**

**RELAZIONE TECNICA**

## **1. PREMESSE**

Nell'ambito del progetto di interconnessione delle reti di acquedotto tra i comuni di Castellazzo Novarese e Casaleggio Novara, entrambi in provincia di Novara, il gestore Acqua Novara VCO S.p.A. intende posare una nuova tubazione in polietilene ad alta densità PN 16 del diametro nominale DN 160 mm.

Il nuovo acquedotto ha lo scopo di collegare il pozzo Castellazzo alla rete di acquedotto di Casaleggio, in modo da potere intervenire con una alimentazione sussidiaria nel comune di Casaleggio in caso di avaria del proprio Pozzo.

La condotta è lunga 3.140 m ed il suo tracciato interferisce con la linea ferroviaria Novara – Biella al Km 11+674. In tale punto la tubazione, provenendo da nord, si trova su terreno agricolo e appena al di fuori della fascia di rispetto dei 10 m dal binario (pozzetto di controllo P1).

L'attraversamento perpendicolare è lungo 30 m circa e la condotta fuoriesce a sud della linea in altro terreno agricolo, in posizione al di fuori della fascia di rispetto (pozzetto di controllo P2).

L'attraversamento perpendicolare verrà realizzato con tecnica TOC adottando un tubo guaina in acciaio zincato DN 323 mm.

Dal pozzetto di controllo P2 la condotta ritorna verso la via Cascina Vignone, parallela al binario e collocata entro la fascia di rispetto dei 10 m e dei 30 m.

Da pozzetto di controllo P2 inizia quindi il tratto in parallelismo alla linea, all'interno della fascia di 10 m. Detto tratto è lungo circa 95 m e termina nel pozzetto di controllo P3. Detto tratto è in parte nella fascia di rispetto da 10 a 30 m.

Nel parallelismo entro la fascia dei 10 m la tubazione di acquedotto sarà protetta con tubo guaina in polietilene strutturale corrugato DI 300 mm.

Ricapitolando, il tracciato prevede complessivamente quattro interferenze:

- 1. Attraversamento perpendicolare alla progressiva Km 11+674**
- 2. Parallelismo in fascia di rispetto da 10 a 30 m lato nord dal Km 11+674 al Km 11+700**
- 3. Parallelismo in fascia di rispetto da 10 a 30 m lato sud dal Km 11+781 al Km 11+821**
- 4. Parallelismo in fascia di rispetto da 6 a 10 m lato sud dal Km 11+674 al Km**

## **11+781**

L'interferenza perpendicolare verrà risolta realizzando l'attraversamento mediante trivellazione teleguidata TOC ed una tubazione guaina in acciaio DN 300 mm (DE 323,9 mm – spessore 5,6 mm).

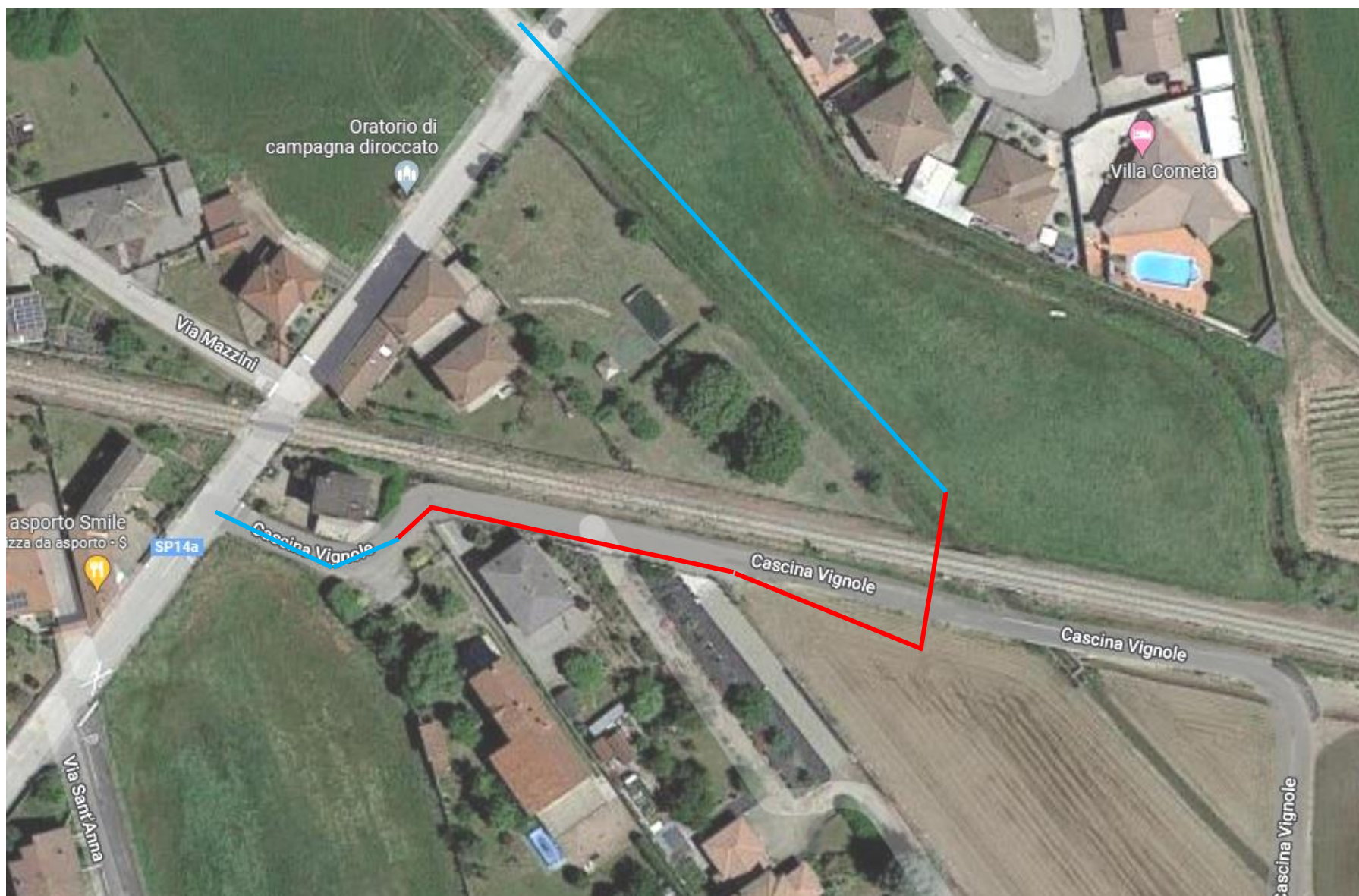
Alle due estremità verranno realizzati due camere di controllo dotate di saracinesche sulla linea di acquedotto.

I calcoli statici del tubo guaina sono esposti nel prosieguo della presente relazione.

Il parallelismo verrà risolto posando la tubazione dell'acquedotto, nella fascia fino a 10 m, all'interno di un tubo guaina in PEAD Strutturale Corrugato DI 300 mm – SN 8 – che sarà utilizzato per l'intera tratta interferenze, comprendendo anche le necessarie curve.

Saranno realizzate tre camerette di controllo, al di fuori della fascia di rispetto dei 10 m, dotate di saracinesche sulla linea di acquedotto.

La fotografia satellitare sotto riportata illustra i due punti di interferenza (linee in colore rosso).



## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati eseguiti nel rispetto della Scienza delle Costruzioni ed in ottemperanza alle norme vigenti:

- D.M. 04 Aprile 2014 “Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”.
- “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le Costruzioni” di cui al precedente DM Infrastrutture 14 gennaio 2018, emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 21 Gennaio 2019.
- D.M. Infrastrutture 17 Gennaio 2018: “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”
- D.M. 14 Gennaio 2008: “Norme tecniche per le costruzioni”.
- C.M.LL.PP 2 febbraio 2009: “Istruzioni per l’applicazione delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.
- Eurocodice 8, parte 5 (UNI EN 1998-5): “Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici”
- D.M. 11/03/1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.”
- D.M.LL.PP. 14 febbraio 1992: “Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precomprese e per le strutture metalliche.”
- D.M.LL.PP. 16 Gennaio 1996: “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- C.M.LL.PP. 10 Aprile 1997: “Istruzioni per l’applicazione delle << Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche >> di cui al D.M. 16 Gennaio 1996” e suoi allegati.
- Legge n. 1086 del 5/11/1971: “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e per le strutture metalliche.”

## 2. MATERIALI TUBO GUAINA ATTR. PERPENDICOLARE INTERRATO

ACCIAIO DA CARPENTERIA (DM 17-1-2018)

Acciaio per profili cavi laminati a caldo S275 J0H/NH - EN 10210

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$

## 3. GEOMETRIA SEZIONE

TUBO IN ACCIAIO A SEZIONE CIRCOLARE DN300

Diametro	Spessore	Profilo	Massa lineica	Area	Momento d'inertia	Raggio d'inertia
			kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm
mm	mm		M	A	I	R
323,9	5,6	323,9 x 5,6	44	56,0	7094	11,3

Raggio d'inertia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inertia torsionale	Costante di torsione	Superficie esterna
cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m
R	W	S	J	C	S
11,3	438	567	14188	876	1,02

#### **4. VERIFICA DELLO SPESSORE MINIMO DELLA TUBAZIONE DI PROTEZIONE**

Per la verifica dello spessore minimo della tubazione di protezione si utilizza la seguente espressione:

$$s = (200 \times S/K_s + pD_e) / (200 \times S/K_s + 2 p)$$

dove:

$S = 23,50 \text{ Kg/mm}^2$  carico di snervamento S235

$K_s = 2,5$  coefficiente sicurezza

$p = 16 \text{ bar}$  pressione di calcolo

$D_e = 323,9 \text{ mm}$  diametro esterno tubo

Sviluppando la formula sopra indicata si ottiene uno spessore  $s = 3,69 \text{ mm}$  valore inferiore allo spessore scelto per il tubo ( $s = 5,6 \text{ mm}$ )

#### **5. VERIFICA DELLA PORTATA DI SMALTIMENTO DELLA CORONA DEL TUBO DI PROTEZIONE**

La tubazione di acquedotto in PE100 DE 160 mm PN16 è protetta da una tubazione in acciaio DN300 con spessore di parete di 5,6 mm. Di seguito viene verificata la portata di smaltimento della corona del tubo di protezione.

Tubazione PE100 DN 160 mm PN16

$DE = 160,0 \text{ mm}$

$A_{PE} = 0,020 \text{ mq}$

Tubazione di protezione ACCIAIO DN300  $S = 5,6 \text{ mm}$

$Di = 312,7 \text{ mm}$

$A_{Ac} = 0,0768 \text{ mq}$



$$A_{\text{netta}} = A_{\text{Ac}} - A_{\text{PE}} = 0,0768 - 0,020 = 0,057 \text{ mq}$$

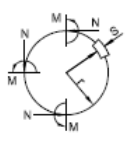
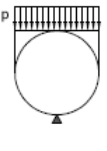
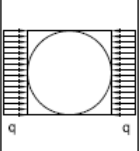
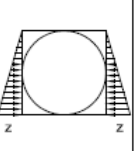

$$A_{\text{ridotta}} = 0,057 - \frac{1}{4}(0,057) = 0,043 > 0,02 = A_{\text{PE}}$$

## **6. VERIFICA STATICA TUBAZIONI DI PROTEZIONE**

Nel presente paragrafo si procede alla verifica di resistenza della tubazione di protezione prevista per la realizzazione dell'attraversamento.

Il calcolo è stato eseguito seguendo i principi e le regole canoniche della scienza e tecnica delle costruzioni, nonché le disposizioni del D.M. 04 Aprile 2014 “Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”.

La verifica dello spessore della tubazione di protezione in acciaio viene effettuata adottando le simbologie e le formule riportate nelle tabelle e negli schemi di calcolo semplificati presenti nella norma di cui sopra e di seguito riportati.

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\phi=60^\circ$
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_i s r^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_i s r$	$M = (\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8}) p r^2 = 0,29941 p r^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} p r = -0,10610 p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{5}{48} z r^2 = -0,10417 z r^2$ $N = \frac{5}{16} z r = 0,31250 z r$	$Q =$ (reazione totale) $M = -0,0073038 Q r$ $N = 0,014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_i s r^2 = -0,57080 \gamma_i s r^2$ $N = \frac{\pi}{2} \gamma_i s r = 1,57080 \gamma_i s r$	$M = (\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8}) p r^2 = -0,30669 p r^2$ $N = p r$	$M = \frac{1}{4} q r^2$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} z r^2 = 0,125 z r^2$ $N = 0$	$M = 0,0075118 Q r$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2} \gamma_i s r^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_i s r$	$M = (\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8}) p r^2 = 0,58721 p r^2$ $N = \frac{1}{3\pi} p r = 0,10610 p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{7}{48} z r^2 = -0,14583 z r^2$ $N = \frac{11}{16} z r = 0,68750 z r$	$M = -0,11165 Q r$ $N = 0,11916 Q$
<div> <div> M = momento flettente  N = sforzo assiale  p = carico uniformemente ripartito, dovuto ai carichi mobili ed al peso della massicciata  q = pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali  z = pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali  r = raggio medio della tubazione </div> <div> s = spessore della tubazione  <math>\gamma_i</math> = peso specifico del materiale costituente la tubazione  Q = reazione radiale totale </div> </div>					

Il tubo di protezione è previsto in acciaio S235 con diametro esterno di 323,9 mm e spessore di 5,6 mm.

I carichi gravanti su un tratto del tubo di protezione di un metro sono stati assunti pari a:

#### COLONNA B - CARICO RIPARTITO SUPERIORE

- carico uniformemente ripartito, dovuto ai carichi mobili e al peso del ricoprimento

$$p = \gamma_t \times h + \alpha = 7.331,00 \text{ daN/m}^2$$

dove:

$\gamma_t$  = peso specifico del terreno = 1.900 daN/m<sup>3</sup>;

h = profondità di interrimento tubo di protezione = 2,66 m;

$\alpha = \text{carico mobile transitante secondo D.M. 04 Aprile 2014} = 15.000,00 / (2,60 + 1,50 H) =$   
 $2.277,00 \text{ daN/m}^2$

#### COLONNA C - CARICO RIPARTITO LATERALE

- *pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali*

$$q = \gamma_t \times h \times K + \alpha \times K' = 5.813,00 \text{ daN/m}^2$$

dove:

K = coefficiente di spinta passiva variabile da 1 a 4 (prudenzialmente si adotta 1);

K' = coefficiente di spinta attiva = 0,333.

#### COLONNA D - CARICO TRIANGOLARE LATERALE

- *pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali*

$$z = \gamma_t \times D \times K = 616,00 \text{ daN/m}^2$$

dove:

K = coefficiente di spinta passiva variabile da 1 a 4 (prudenzialmente si adotta 1);

D = Diametro esterno del tubo di protezione = 0,3239 m

#### COLONNA E - REAZIONE RADIALE COSTANTE

- *reazione totale*

$$Q = \gamma_t \times h \times D + \alpha \times D + P_t = 2.419,00 \text{ daN}$$

P<sub>t</sub> = peso tubo protezione 44 daN/ml

Di seguito vengono riportati gli sforzi assiali ed i momenti flettenti calcolati su tre sezioni del tubo di protezione: verticale superiore, orizzontale mediana e verticale inferiore utilizzando i 5 schemi di carico previsti dal D.M. 04 Aprile 2014:

- Schema A: peso proprio della tubazione
- Schema B: carico orizzontale uniforme
- Schema C: carico laterale uniforme
- Schema D: carico laterale variabile
- Schema E: reazione radiale totale

### Verticale superiore

#### Schema A

$$M = 0,50 \times \gamma_a \times s \times r^2 = 0,58 \text{ daNm}$$

$$N = - 0,50 \times \gamma_a \times s \times r = - 3,56 \text{ daN}$$

#### Schema B

$$M = 0,29941 \times p \times r^2 = 57,57 \text{ daNm}$$

$$N = - 0,10610 \times p \times r = - 125,96 \text{ daN}$$

#### Schema C

$$M = - 0,25 \times q \times r^2 = - 38,11 \text{ daNm}$$

$$N = q \times r = 941,41 \text{ daN}$$

#### Schema D

$$M = - 0,10417 \times z \times r^2 = - 1,68 \text{ daNm}$$

$$N = 0,31250 \times z \times r = 31,18 \text{ daN}$$

#### Schema E

$$M = - 0,0073038 \times Q \times r = - 2,86 \text{ daNm}$$

$$N = 0,014817 \times Q = 35,84 \text{ daN}$$

$$M_t = 15,50 \text{ daNm}$$

$$N_t = 878,91 \text{ daN}$$

#### Verifica tensioni

$$W = 438,00 \text{ cm}^3$$

$$A = 56,00 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_f = M_t / W = 3,54 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_n = N_t / A = 15,69 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma = \sigma_f + \sigma_n = 19,23 \text{ daN/cm}^2 < f_{y \text{ s235}/2} = 2.350,00/2 = 1.175,00 \text{ daN/cm}^2$$

### Orizzontale mediana

#### Schema A

$$M = -0,5708 \times \gamma_a \times s \times r^2 = -0,66 \text{ daNm}$$

$$N = 1,5708 \times \gamma_a \times s \times r = 11,18 \text{ daN}$$

#### Schema B

$$M = -0,30669 \times p \times r^2 = -58,96 \text{ daNm}$$

$$N = p \times r = 1.187,25 \text{ daN}$$

#### Schema C

$$M = 0,25 \times q \times r^2 = 38,11 \text{ Nm}$$

$$N = 0,00 = 0,00 \text{ daN}$$

#### Schema D

$$M = 0,125 \times z \times r^2 = 2,02 \text{ daNm}$$

$$N = 0,00 = 0,00 \text{ daN}$$

#### Schema E

$$M = 0,0075118 \times Q \times r = 2,94 \text{ daNm}$$

$$N = 0,00 = 0,00 \text{ daN}$$

$$M_t = -16,55 \text{ daNm}$$

$$N_t = 1.198,43 \text{ daN}$$

#### Verifica tensioni

$$W = 438,00 \text{ cm}^3$$

$$A = 56,00 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_f = M_t / W = -3,77 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_n = N_t / A = 21,40 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma = \sigma_f + \sigma_n = 25,17 \text{ daN/cm}^2 < f_{y \text{ S235}} / 2 = 2.350,00 / 2 = 1.175,00 \text{ daN/cm}^2$$

### Verticale inferiore

#### Schema A

$$M = 1,50 \times \gamma_a \times s \times r^2 = 1,73 \text{ daNm}$$

$$N = -0,50 \times \gamma_a \times s \times r = -3,56 \text{ daN}$$

#### Schema B

$$M = 0,58721 \times p \times r^2 = 112,90 \text{ daNm}$$

$$N = 0,10610 \times p \times r = 125,97 \text{ daN}$$

#### Schema C

$$M = -0,25 \times q \times r^2 = -38,12 \text{ daNm}$$

$$N = q \times r = 941,42 \text{ daN}$$

#### Schema D

$$M = -0,14583 \times z \times r^2 = -2,36 \text{ daNm}$$

$$N = 0,68750 \times z \times r = 68,58 \text{ daN}$$

#### Schema E

$$M = -0,11165 \times Q \times r = -43,74 \text{ daNm}$$

$$N = 0,11916 \times Q = 288,25 \text{ daN}$$

$$M_t = 30,41 \text{ daNm}$$

$$N_t = 1.420,66 \text{ daN}$$

#### Verifica tensioni

$$W = 438,00 \text{ cm}^3$$

$$A = 56,00 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_f = M_t / W = 6,94 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_n = N_t / A = 25,37 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma = \sigma_f + \sigma_n = 32,31 \text{ daN/cm}^2 < f_y s_{235} / 2 = 2.350,00 / 2 = 1.175,00 \text{ daN/cm}^2$$

## 5. TABELLA RIEPILOGATIVA

	A	B	C	D	E	SOLLECITAZIONI TOTALI	TENSIONE MASSIMA
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE CONSTANTE SETTORE 2φO=60 (Q= reazione totale)		
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	M= 0,58 daNm N=-3,56 daN	M=57,57 daNm N=-125,96 daN	M=-38,11 daNm N=941,41 daN	M=-1,68 daNm N=31,18 daN	M=-2,86 daNm N=35,84 daN	M=-15,50 daNm N=878,91 daN	$\sigma = \sigma_f + \sigma_n =$ 19,23 daN/cm <sup>2</sup>
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	M=-0,66 daNm N=11,18 daN	M=-58,96 daNm N=1.187,25 daN	M=38,11 daNm N=0,00 daN	M=2,02 daNm N=0,00 daN	M=2,94 daNm N=0,00 daN	M=-16,55 daNm N=1.198,43 daN	$\sigma = \sigma_f + \sigma_n =$ 25,17 daN/cm <sup>2</sup>
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	M=1,73 daNm N=-3,56 daN	M=112,90 daNm N=125,97 daN	M=-38,12 Nm N=941,42 daN	M=-2,36 daNm N=68,58 daN	M=-43,74 daNm N=288,25 daN	M=30,41 daNm N=1.420,66 daN	$\sigma = \sigma_f + \sigma_n =$ 32,31 daN/cm <sup>2</sup>

La massima tensione di calcolo risulta di 32,31 daN/cm<sup>2</sup>, compatibile con le caratteristiche della tubazione DN300 con spessore di parete di 5,6 mm in acciaio S275.