



PR CAMPANIA FESR 2021-2027

PR CAMPANIA FESR 2021-2027, Obiettivo di Policy 2, Asse II – O.S. 2.5 – Azione 2.5.1



COMPENSORIO DELL'AREA NOLANA

**Adeguamento e potenziamento della rete idrica e fognaria
nel Comune di Casamarciano (NA)
CUP: H21D25000060002 - CIP: I/IPS/202675**



INGEGNERIA
Il Responsabile
ing. Giuseppina Riccio

PFTE

Elaborato:

EF_RVS

Titolo:

Relazione verifica statica tubazioni

Scala:

Rev	Motivo della revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
00	Emissione	Maggio 2026			

Esecuzione delle Opere

Il Sindaco

Dott. Clemente Primiano

Prestazioni Specialistiche



Il Progettista

Ing. Raffaele Carrella

Il R.U.P.

Ing. Domenico Tizzano



Il presente progetto è protetto a termini di legge.

Indice

1. Premessa.....	2
2. Verifica statica della tubazione flessibile.....	2
3. Analisi dei carichi.....	3
4. Modalità di posa.....	3
5. Caratteristiche terreni.....	5
6. Azione dei sovraccarichi dinamici veicolari (sovraccarico dinamico).....	5
7. Verifica statica della tubazione flessibile.....	6
7.1. Tubazione DN160 SN4.....	6
7.2. Tubazione DN250 SN4.....	9
7.3. Tubazione DN315 SN4.....	12

1. Premessa

La presente relazione, riguarda la verifica statica delle tubazioni degli impianti idraulici e di scarico a corredo del progetto esecutivo di “Adeguamento e potenziamento della rete fognaria ed idrica di Casamarciano” in provincia di Napoli.

Il progetto comprende il rifacimento del sistema fognario e di approvvigionamento di acqua potabile delle aree stradali che comprendono interamente o parzialmente:

- Strada Statale 7 bis;
- Via Circumvallazione;
- Area 40 Moggi;
- Via Mario Tortora.

Il progetto è stato redatto a valle di rilievi topografici e fotografici delle aree di cui sopra e di una dettagliata ricostruzione, anche tramite documentazione storica, dello stato dei luoghi e dell’articolazione del sistema di scarico ed idraulico esistente.

In generale il progetto prevede i seguenti interventi di adeguamento e potenziamento delle aree:

- Realizzazione del nuovo impianto di scarico e idraulico delle aree;
- Rifacimento della pavimentazione stradale delle aree;
- Realizzazione delle opere idrauliche accessorie.

A seguito degli interventi di adeguamento e potenziamento delle aree stradali è prevista la realizzazione di una di una nuova rete fognaria per la raccolta degli scarichi urbani e delle acque di piazzale e di una nuova rete idraulica per l’approvvigionamento di acqua potabile delle aree oggetto di intervento.

2. Verifica statica della tubazione flessibile

La verifica statica di una tubazione consiste nell’accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili.

Le sollecitazioni su un tubo interrato dipendono dall’interazione tubo-terreno, fortemente legata alla deformabilità relativa dei due elementi: se il tubo si deforma di più del terreno che lo circonda, sarà sollecitato in modo minore poiché deformandosi sensibilmente coinvolge il terreno di rinfianco a collaborare alla resistenza.

Dalla deformabilità relativa tubo-terreno dipende il comportamento statico della condotta. Emerge, quindi, la convenienza a classificare le tubazioni in base all’elasticità in sito.

Si definisce coefficiente di elasticità in sito R di una tubazione di diametro esterno DN , di diametro medio D_m , di spessore S e modulo elastico E , posata in un terreno di modulo elastico E_s , il numero:

$$R = \frac{SN}{E_t}$$

Dove:

SN: rigidezza circonferenziale della tubazione pari a $\frac{E \cdot I}{D_m^3}$

I: momento d'inerzia trasversale della striscia unitaria di parete del tubo rispetto all'asse neutro della parete strutturalmente resistente pari a $\frac{s^3}{12}$

La tubazione interrata è flessibile (o deformabile) se risulta:

$$R < \frac{1}{12}$$

Le tubazioni flessibili si deformano senza il raggiungimento di uno stato limite di fessurazione per cui le verifiche di stabilità riguardano:

- calcolo e verifica della deformazione diametrale (ovalizzazione) a lungo termine
- calcolo e verifica di stabilità all'equilibrio elastico
- calcolo e verifica degli sforzi massimi di trazione e compressione nella sezione

3. Analisi dei carichi

La verifica statica di una tubazione interrata viene effettuata calcolando:

- i carichi permanenti che gravano sulla tubazione;
- i carichi accidentali che gravano sulla tubazione;
- il carico idraulico indotto dalla presenza della falda;
- le reazioni laterali del terreno.

I carichi permanenti cui è sottoposta una tubazione interrata dipendono per lo più dall'azione del rinterro mentre i carichi accidentali sono da attribuirsi alla presenza di traffico.

4. Modalità di posa

In conformità a quanto proposto dalla normativa UNI 7517 occorre distinguere fra:

- posa in trincea stretta;
- posa in trincea larga.

Nella posa in trincea stretta, il peso del rinterro che grava sull'estradosso della tubazione Q_{st} è minore del peso del relativo volume, per effetto dell'attrito presente tra il terreno indisturbato posto ai lati della trincea ed il terreno di rinterro. Tale azione è funzione del peso specifico, dell'angolo di attrito del terreno indisturbato e del coefficiente d'attrito con il rinterro.

Il valore di carico Q_{st} del rinterro è calcolabile mediante la relazione:

$$Q_{st} = C_t * \gamma_t * B * DN$$

in cui:

- Q_{st} indica il carico dovuto al rinterro [kN/m];
- B indica la larghezza della trincea [m];
- DN il diametro esterno della tubazione fognaria [m];
- γ_t indica il peso specifico del terreno di rinterro [kN/m³];
- C_t indica il coefficiente di Marston [-].

Il coefficiente di Marston si valuta mediante la relazione:

$$C_t = \frac{1 - \exp(-2 * k_a * \mu * \frac{H}{B})}{2 * k_a * f}$$

in cui:

- C_t coefficiente adimensionale di Marston [-];
- k_a coefficiente di spinta attiva con ϕ angolo d'attrito del terreno di rinterro [°];
- f coefficiente di attrito tra terreno indisturbato e rinterro pari a $\tan\phi$ [°];
- H altezza del terreno di rinterro valutata dall'estradosso della tubazione [m];
- B larghezza della trincea [m].

Nel caso di trincea stretta, al carico Q_{st} corrisponde una pressione verticale q_{st} valutabile con la relazione:

$$q_{st} = \frac{2 * Q_{st}}{\sqrt{2} * DN}$$

in cui:

- q_{st} pressione verticale agente sulla parte superiore del tubo per una lunghezza pari alla corda compresa in un angolo al centro di 90°;
- DN il diametro esterno della tubazione [m];
- Q_{st} indica il sovraccarico indotto dal rinterro [kN/m]

Nel caso in cui le condizioni elencate nel precedente paragrafo non siano rispettate la posa si definisce in trincea larga.

In questo caso il carico Q_{st} generato dal peso del terreno sovrastante l'estradosso della tubazione è pari a:

$$Q_{st} = \gamma_t * H * DN$$

in cui:

- Q_{st} indica il sovraccarico indotto dal rinterro [kN/m];
- DN il diametro esterno della tubazione [m];
- H altezza del terreno di rinterro valutata dall'estradosso della tubazione [m].

al carico Q_{st} corrisponde una pressione verticale q_{st} valutabile mediante la relazione:

$$q_{st} = \frac{Q_{st}}{0,85 * DN}$$

In cui q_{st} indica la pressione verticale agente sulla parte superiore del tubo per una lunghezza pari alla corda compresa in un angolo al centro pari a circa 130°;

- DN il diametro esterno della tubazione fognaria [m];
- Q_{st} indica il sovraccarico indotto dal rinterro [kN/m]

5. Caratteristiche terreni

Nella successiva tabella sono elencate le caratteristiche geotecniche dei terreni da assumere per la definizione del carico indotto dal rinterro:

<i>Tipo di terreno</i>	<i>Peso specifico γ_t [kN/m³]</i>	<i>Peso immerso γ' [kN/m³]</i>	<i>Angolo di attrito interno φ [°]</i>
Argilla fangosa	20	16.9	20
Argilla sabbiosa	18	15.9	14
Argilla umida comune	20	16.4	12
Fango con polvere di roccia	18	16.9	25
Loess	21	15.9	18
Marna	21	16.9	22
Misto di cava di ghiaia e ciottoli	20	16.8	37
Misto di cava di sabbia e ghiaia	20	16.5	33
Sabbia argillosa	18	15.9	15
Sabbia secca	15	15.9	31
Sabbia umida	17	16.4	34
Terra secca	17	15.5	14
Terra umida	20	16.0	25
Terreno misto compatto	20	16.4	33
Terreno misto sciolto	18	15.9	15
Terreno paludoso	17	9.9	12
Terreno sabbioso	19	15.8	30

6. Azione dei sovraccarichi dinamici veicolari (sovraccarico dinamico)

Sul terreno sovrastante la tubazione interrata oltre al rinterro possono agire altri carichi.

Questi si suddividono in dinamici, relativi al traffico stradale e/o ferroviario, e statici, associati a corpi posti sul terreno che grava sul tubo.

Per il calcolo del carico veicolare si fa riferimento a quanto espresso dalla normativa DIN 1072 secondo cui il traffico veicolare può essere suddiviso nelle seguenti classi di carico:

<i>Classe</i>	<i>Carico per ruota P (kN)</i>	<i>Tipologia</i>
HT60	100	Traffico pesante
HT45	75	
HT38	62.5	
HT30	50	
HT26	35	
LT12	20	Traffico leggero
LT6	10	
LT3	5	

La pressione dinamica σ_z esercitata dal traffico sul tubo viene valutata adottando le seguenti relazioni:

$$\sigma_z = 0,8743 * \frac{P}{H^{1,5194}} * \varphi$$

valida per traffico stradale pesante (convoglio classe HT) e ferroviario;

$$\sigma_z = 0,5281 * \frac{P}{H^{1,0461}} * \varphi$$

valida per traffico stradale leggero (convoglio classe LT) e ferroviario;

In cui:

- σ_z pressione dinamica [kN/m²];
- P carico per ruota [kN];
- H altezza del terreno valutata dall'estradosso del tubo [m];
- φ coefficiente di incremento valutato con la relazione $\varphi = 1 + 0,3/H$.

Nota la pressione dinamica è possibile calcolare il carico dinamico che grava su una condotta di diametro esterno DN applicando la relazione

$$Q_{din} = \sigma_z * DN$$

In cui:

- σ_z indica la pressione dinamica [kN/m²];
- DN indica il diametro esterno del tubo [m];

7. Verifica statica della tubazione flessibile

7.1. Tubazione DN160 SN4

Dati Di Input

Caratteristiche tubazione

Materiale = PVC-UNI EN 1401

Diametro tubazione esterno (DN) = 160 mm

Spessore parete tubazione (s) = 4 mm

Modulo elasticità breve termine (E) = 3000000 kN/m²

Modulo elasticità lungo termine (E_m) = 1500000 kN/m²

Diametro interno tubazione (D_i) = DN – 2s = 152.00 mm

Diametro medio (D_m) = 156.00 mm

Rigidezza anulare (breve termine) (SN_{bt}) = 4.21 kN/m²

Rigidezza anulare (lungo termine) (SN_{lt}) = 2.11 kN/m²

Carico del fluido trasportato

Carico del fluido trasportato (Q_a) = 0.18 kN/m

Caratteristica trincea e rinterro

Larghezza trincea sull'estradosso della tubazione (B) = 0.40m

Altezza trincea sull'estradosso della tubazione (H) = 0.65 m

Tipo di terreno di rinterro = Misto di cava di sabbia e ghiaia

Peso specifico rinterro (γ_t) = 20 kN/m³

Peso specifico rinterro immerso (γ'_t) = 16.5 kN/m³

Angolo di attrito interno terreno rinterro (Φ) = 33 °

Coefficiente attrito rinterro/pareti (μ) = 0.649

Tipo di terreno rinfianco = Terreno senza coesione - Ghiaia con curva granulometrica ben assortita o non ben assortita

Grado di compattazione del rinterro all'intorno del tubo - Indice Proctor = >95% - Compattazione Alta (Densità relativa >70%)

Modulo elasticità del rinterro (E_t) = 21000 kN/m²

Peso specifico acqua (γ_w) = 9.806 kN/m³

Tipo di tubazione = Flessibile

Tipo di trincea = Larga

Carico statico del rinterro

Altezza della falda su estradosso tubazione (h) = 0 m

Coefficiente di spinta attiva (k_a) = 0.295

Coefficiente di Marston (C_t) = --

Carico statico del rinterro (Q_{st}) = 2.08 kN/m

Pressione verticale (q_{st}) = 15.29 kN/m²

Sovraccarico dinamico

Tipologia di traffico = Traffico leggero

Classe convoglio = LT12

Carico per ruota (P) = 20 kN

Coefficiente di incremento (ϕ) = 1.46

Pressione dinamica (σ_z) = 49.177

Carico dinamico (Q_{din}) = 7.868 kN/m²

Sovraccarico statico (P_s) = 0.00

Carico totale sulla tubazione

Carico del fluido trasportato (Q_a) = 0.18 kN/m

Sovraccarico statico dovuto al rinterro (Q_{st}) = 2.08 kN/m

Sovraccarico idrostatico (Q_{idr}) = 0.00 kN/m

Sovraccarico dinamico stradale (Q_{din}) = 7.868 kN/m

Sovraccarico statico (P_s) = 0.00 kN/m

Carico totale sulla tubazione (Q_{tot}) = 10.13 kN/m

Verifiche Per Tubazioni Flessibili

Verifica delle deformazioni a breve termine

Angolo di appoggio (2α) = 90

Coefficiente di sottofondo (K) = 0.096

Coefficiente di deformazione differita (F) = 1

Deformazione diametrale del tubo (Δ_d) = 0.74 mm

Deformazione percentuale (δ) = 0.46 %

Deformazione massima ammissibile (δ_{lim}) = 5 %

Verifica soddisfatta = **SI**

Verifica delle deformazioni a lungo termine

Coefficiente di deformazione differita (F) = 2

Deformazione diametrale del tubo (Δ_d) = 1.50 mm

Deformazione percentuale (δ) = 0.94 %

Deformazione massima ammissibile (δ_{lim}) = 5 %

Verifica soddisfatta = **SI**

Verifica di instabilità all'equilibrio elastico

Fattore di progettazione (F_s) = 2.5

Fattore di spinta idrostatica (R_w) = 1.00

Coefficiente empirico supporto elastico (B') = 0.223

Pressione risultante dovuta ai carichi esterni (P_{est}) = 62.18

Pressione ammissibile di Bucking (ANSI-AWWA C950/88) - Breve termine = 306.09 kN/m²

Verifica soddisfatta = **SI**

Pressione ammissibile di Bucking (ANSI-AWWA C950/88) - Lungo termine = 216.44 kN/m²

Verifica soddisfatta = **SI**

Calcolo del massimo sforzo di trazione

Peso specifico materiale tubazione (γ_c) = 14.70 kN/m³

Tensione all'estradosso Sezione chiave (σ_{e_chiave}) = 39.047 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione chiave (σ_{i_chiave}) = -39.036 Mpa

Tensione all'estradosso Sezione sul fianco (σ_{e_fianco}) = -38.421 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione sul fianco (σ_{i_fianco}) = 40.906 Mpa

Tensione all'estradosso Sezione sul fondo (σ_{e_fondo}) = 44.504 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione sul fondo (σ_{i_fondo}) = -44.227 Mpa

Tensione max (σ_{max}) = 44.504 Mpa

Tensione min (σ_{min}) = -44.227 Mpa

Tensione ammissibile (in funzione del materiale della tubazione) = 47 Mpa

Verifica soddisfatta = **SI**

Calcolo della reazione laterale del terreno

Grado di compattazione = Buono

Fattore di compattazione = 15

Coefficiente rigidità terreno = 9.75 N/cm³

Pressione laterale terreno a breve termine (r_{ibt}) = 41.597 kN/m

Fattore di reazione laterale a breve termine (R_{ibt}) = 4.706 kN/m

Pressione laterale terreno a lungo termine (r_{ilt}) = 50.568 kN/m

Fattore di reazione laterale lungo termine (R_{ilt}) = 5.721 kN/m

7.2. Tubazione DN250 SN4

Dati Di Input

Caratteristiche tubazione

Materiale = PVC-UNI EN 1401

Diametro tubazione esterno (DN) = 250 mm

Spessore parete tubazione (s) = 6.2 mm

Modulo elasticità breve termine (E) = 3000000 kN/m²

Modulo elasticità lungo termine (E_m) = 1500000 kN/m²

Diametro interno tubazione (D_i) = DN – 2s = 237.60 mm

Diametro medio (D_m) = 243.80 mm

Rigidezza anulare (breve termine) (SN_{bt}) = 4.11 kN/m²

Rigidezza anulare (lungo termine) (SN_{lt}) = 2.06 kN/m²

Carico del fluido trasportato

Carico del fluido trasportato (Q_a) = 0.43 kN/m

Caratteristica trincea e rinterro

Larghezza trincea sull'estradosso della tubazione (B) = 0.40m

Altezza trincea sull'estradosso della tubazione (H) = 0.65 m

Tipo di terreno di rinterro = Misto di cava di sabbia e ghiaia

Peso specifico rinterro (γ_t) = 20 kN/m³

Peso specifico rinterro immerso (γ'_t) = 16.5 kN/m³

Angolo di attrito interno terreno rinterro (Φ) = 33 °

Coefficiente attrito rinterro/pareti (μ) = 0.649

Tipo di terreno rinfiacco = Terreno senza coesione - Ghiaia con curva granulometrica ben assortita o non ben assortita

Grado di compattazione del rinterro all'intorno del tubo - Indice Proctor = >95% - Compattazione Alta (Densità relativa >70%)

Modulo elasticità del rinterro (E_t) = 21000 kN/m²

Peso specifico acqua (γ_w) = 9.806 kN/m³

Tipo di tubazione = Flessibile

Tipo di trincea = Stretta

Carico statico del rinterro

Altezza della falda su estradosso tubazione (h) = 0 m

Coefficiente di spinta attiva (k_a) = 0.295

Coefficiente di Marston (C_t) = 1.21

Carico statico del rinterro (Q_{st}) = 2.42 kN/m

Pressione verticale (q_{st}) = 13.69 kN/m²

Sovraccarico dinamico

Tipologia di traffico = Traffico leggero

Classe convoglio = LT12

Carico per ruota (P) = 20 kN

Coefficiente di incremento (ϕ) = 1.46

Pressione dinamica (σ_z) = 49.177

Carico dinamico (Q_{din}) = 12.294 kN/m²

Carico totale sulla tubazione

Carico del fluido trasportato (Q_a) = 0.43 kN/m

Sovraccarico statico dovuto al rinterro (Q_{st}) = 2.42 kN/m

Sovraccarico idrostatico (Q_{idr}) = 0.00 kN/m

Sovraccarico dinamico stradale (Q_{din}) = 12.294 kN/m

Sovraccarico statico (P_s) = 0.00 kN/m

Carico totale sulla tubazione (Q_{tot}) = 15.15 kN/m

Verifiche Per Tubazioni Flessibili

Verifica delle deformazioni a breve termine

Angolo di appoggio (2α) = 90

Coefficiente di sottofondo (K) = 0.096

Coefficiente di deformazione differita (F) = 1

Deformazione diametrale del tubo (Δ_d) = 1.11 mm

Deformazione percentuale (δ) = 0.44 %

Deformazione massima ammissibile (δ_{lim}) = 5 %

Verifica soddisfatta = **SI**

Verifica delle deformazioni a lungo termine

Coefficiente di deformazione differita (F) = 2

Deformazione diametrale del tubo (Δ_d) = 2.24 mm

Deformazione percentuale (δ) = 0.90 %

Deformazione massima ammissibile (δ_{lim}) = 5 %

Verifica soddisfatta = **SI**

Verifica di instabilità all'equilibrio elastico

Fattore di progettazione (F_s) = 2.5

Fattore di spinta idrostatica (R_w) = 1.00

Coefficiente empirico supporto elastico (B') = 0.223

Pressione risultante dovuta ai carichi esterni (P_{est}) = 58.86

Pressione ammissibile di Bucking (ANSI-AWWA C950/88) - Breve termine = 302.42 kN/m²

Verifica soddisfatta = **SI**

Pressione ammissibile di Bucking (ANSI-AWWA C950/88) - Lungo termine = 213.85 kN/m²

Verifica soddisfatta = **SI**

Calcolo del massimo sforzo di trazione

Peso specifico materiale tubazione (γ_c) = 14.70 kN/m³

Tensione all'estradosso Sezione chiave (σ_{e_chiave}) = 37.545 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione chiave (σ_{i_chiave}) = -37.531 Mpa

Tensione all'estradosso Sezione sul fianco (σ_{e_fianco}) = -36.966 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione sul fianco (σ_{i_fianco}) = 39.335 Mpa

Tensione all'estradosso Sezione sul fondo (σ_{e_fondo}) = 42.763 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione sul fondo (σ_{i_fondo}) = -42.498 Mpa

Tensione max (σ_{max}) = 42.763 Mpa

Tensione min (σ_{min}) = -42.498 Mpa

Tensione ammissibile (in funzione del materiale della tubazione) = 47 Mpa

Verifica soddisfatta = **SI**

Calcolo della reazione laterale del terreno

Grado di compattazione = Buono

Fattore di compattazione = 15

Coefficiente rigidità terreno = 9.75 N/cm^3

Pressione laterale terreno a breve termine (r_{ibt}) = 46.790 kN/m

Fattore di reazione laterale a breve termine (R_{ibt}) = 8.271 kN/m

Pressione laterale terreno a lungo termine (r_{ilt}) = 53.649 kN/m

Fattore di reazione laterale lungo termine (R_{ilt}) = 9.484 kN/m

7.3. Tubazione DN315 SN4

Dati Di Input

Caratteristiche tubazione

Materiale = PVC-UNI EN 1401

Diametro tubazione esterno (DN) = 315 mm

Spessore parete tubazione (s) = 7.7 mm

Modulo elasticità breve termine (E) = 3000000 kN/m^2

Modulo elasticità lungo termine (E_m) = 1500000 kN/m^2

Diametro interno tubazione (D_i) = $DN - 2s = 299.60 \text{ mm}$

Diametro medio (D_m) = 307.30 mm

Rigidezza anulare (breve termine) (SN_{bt}) = 3.93 kN/m^2

Rigidezza anulare (lungo termine) (SN_{lt}) = 1.97 kN/m^2

Carico del fluido trasportato

Carico del fluido trasportato (Q_a) = 0.69 kN/m

Caratteristica trincea e rinterro

Larghezza trincea sull'estradosso della tubazione (B) = 0.40 m

Altezza trincea sull'estradosso della tubazione (H) = 0.65 m

Tipo di terreno di rinterro = Misto di cava di sabbia e ghiaia

Peso specifico rinterro (γ_t) = 20 kN/m^3

Peso specifico rinterro immerso (γ'_t) = 16.5 kN/m^3

Angolo di attrito interno terreno rinterro (Φ) = 33°

Coefficiente attrito rinterro/pareti (μ) = 0.649

Tipo di terreno rinfilanco = Terreno senza coesione - Ghiaia con curva granulometrica ben assortita o non ben assortita

Grado di compattazione del rinterro all'intorno del tubo - Indice Proctor = $>95\%$ - Compattazione Alta (Densità relativa $>70\%$)

Modulo elasticità del rinterro (E_t) = 21000 kN/m^2

Peso specifico acqua (γ_w) = 9.806 kN/m^3

Tipo di tubazione = Flessibile

Tipo di trincea = Stretta

Carico statico del rinterro

Altezza della falda su estradosso tubazione (h) = 0 m

Coefficiente di spinta attiva (k_a) = 0.295

Coefficiente di Marston (C_t) = 1.21

Carico statico del rinterro (Q_{st}) = 3.05 kN/m

Pressione verticale (q_{st}) = 13.69 kN/m²

Sovraccarico dinamico

Tipologia di traffico = Traffico leggero

Classe convoglio = LT12

Carico per ruota (P) = 20 kN

Coefficiente di incremento (ϕ) = 1.46

Pressione dinamica (σ_z) = 49.177

Carico dinamico (Q_{din}) = 15.491 kN/m²

Carico totale sulla tubazione

Carico del fluido trasportato (Q_a) = 0.69 kN/m

Sovraccarico statico dovuto al rinterro (Q_{st}) = 3.05 kN/m

Sovraccarico idrostatico (Q_{idr}) = 0.00 kN/m

Sovraccarico dinamico stradale (Q_{din}) = 15.491 kN/m

Sovraccarico statico (P_s) = 0.00 kN/m

Carico totale sulla tubazione (Q_{tot}) = 19.23 kN/m

Verifiche Per Tubazioni Flessibili***Verifica delle deformazioni a breve termine***

Angolo di appoggio (2α) = 90

Coefficiente di sottofondo (K) = 0.096

Coefficiente di deformazione differita (F) = 1

Deformazione diametrale del tubo (Δ_d) = 1.41 mm

Deformazione percentuale (δ) = 0.45 %

Deformazione massima ammissibile (δ_{lim}) = 5 %

Verifica soddisfatta = SI

Verifica delle deformazioni a lungo termine

Coefficiente di deformazione differita (F) = 2

Deformazione diametrale del tubo (Δ_d) = 2.85 mm

Deformazione percentuale (δ) = 0.90 %

Deformazione massima ammissibile (δ_{lim}) = 5 %

Verifica soddisfatta = SI

Verifica di instabilità all'equilibrio elastico

Fattore di progettazione (F_s) = 2.5

Fattore di spinta idrostatica (R_w) = 1.00

Coefficiente empirico supporto elastico (B') = 0.223

Pressione risultante dovuta ai carichi esterni (P_{est}) = 58.86

Pressione ammissibile di Bucking (ANSI-AWWA C950/88) - Breve termine = 295.94 kN/m²

Verifica soddisfatta = SI

Pressione ammissibile di Bucking (ANSI-AWWA C950/88) - Lungo termine = 209.26 kN/m²

Verifica soddisfatta = SI

Calcolo del massimo sforzo di trazione

Peso specifico materiale tubazione (γ_c) = 14.70 kN/m³

Tensione all'estradosso Sezione chiave (σ_{e_chiave}) = 38.716 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione chiave (σ_{i_chiave}) = -38.705 Mpa

Tensione all'estradosso Sezione sul fianco (σ_{e_fianco}) = -38.151 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione sul fianco (σ_{i_fianco}) = 40.554 Mpa

Tensione all'estradosso Sezione sul fondo (σ_{e_fondo}) = 44.070 Mpa

Tensione all'intradosso Sezione sul fondo (σ_{i_fondo}) = -43.806 Mpa

Tensione max (σ_{max}) = 44.070 Mpa

Tensione min (σ_{min}) = -43.806 Mpa

Tensione ammissibile (in funzione del materiale della tubazione) = 47 Mpa

Verifica soddisfatta = SI

Calcolo della reazione laterale del terreno

Grado di compattazione = Buono

Fattore di compattazione = 15

Coefficiente rigidità terreno = 9.75 N/cm^3

Pressione laterale terreno a breve termine (r_{tbl}) = 49.849 kN/m

Fattore di reazione laterale a breve termine (R_{tbl}) = 11.103 kN/m

Pressione laterale terreno a lungo termine (r_{lt}) = 55.605 kN/m

Fattore di reazione laterale lungo termine (R_{lt}) = 12.385 kN/m

Maggio, 2026

Il Tecnico