

Ambito Territoriale Ottimale n.3  
Ente d'Ambito Sarnese Vesuviano



**Comune di Torre del Greco**  
**Riabilitazione della rete fognaria interna e collettamento**  
**dei reflui ai sistemi depurativi comprensoriali**  
**- 2° Lotto -**

|   |                         |   |      |           |            |           |
|---|-------------------------|---|------|-----------|------------|-----------|
| <br>AceaNori Servizi<br>Gruppo Acea                                 | 7305                    | PROGETTO DEFINITIVO   |      |           |            |           |
|   | Elaborato:<br><br>TD 11 | Titolo:<br><br><b>Relazione sull'attraversamento interrato della<br/>linea ferroviaria NA-SA-PZ alla Km.ca 15+990<br/>con collettori fognari in pressione</b> |      |           |            |           |
|   | Scala:                  |   |      |           |            |           |
|   |                         |   |      |           |            |           |
| INGEGNERIA<br>Il Responsabile<br>ing. Domenico Cesare               |                         | Revisione   | Data | Redatto   | Verificato | Approvato |
| COLLABORATORI<br>geom. Domingo Gambardella<br>geom. Raimondo Nugnes |                         |   |      |           |            |           |
| DATA  |                         | DIRETTORE TECNICO<br>ing. Antonio De Cicco  |      | IL R.U.P. |            |           |

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DA ESEGUIRSI PER<br/>L'ATTRAVERSAMENTO INTERRATO DEL RILEVATO<br/>FERROVIARIO DELLA LINEA NAPOLI – SALERNO ALLA KM<br/>15+990</b> ..... | <b>3</b>  |
| 2.1      | <i>INTRODUZIONE</i> .....   | 3         |
| 2.2      | <i>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</i> .....  | 6         |
| 2.3      | <i>CARATTERISTICHE DEL TERRENO</i> .....  | 6         |
| <b>3</b> | <b>VERIFICHE IDRAULICHE</b> .....   | <b>7</b>  |
| 3.1      | <i>CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELLA FOGNATURA IN PRESSIONE</i> .....  | 7         |
| 3.1.1    | <i>Portata convogliata in condizioni di esercizio</i> .....   | 7         |
| 3.2      | <i>CALCOLO DELLA MASSIMA SOVRAPPRESSIONE PER COLPO D'ARIETE</i> .....   | 9         |
| 3.3      | <i>DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DI SCARICO</i> .....  | 12        |
| <b>4</b> | <b>VERIFICA STATICA DEL TUBO (PUNTO 4.4 E SUCCESSIVI<br/>SOTTOPUNTI DEL D.M. 137 DEL 04/04/2014)</b> .....  | <b>14</b> |
|          | <i>CASO ATTRAVERSAMENTO INTERRATO (PROGETTO SECONDO LO STATO ATTUALE)</i> .....   | 16        |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSIONI</b> .....  | <b>20</b> |

## 1 PREMESSA

La presente relazione tecnica riguarda l'attraversamento interrato con controtubo, per l'alloggiamento di due condotte fognaria in pressione, del rilevato ferroviario della linea Napoli – Salerno alla progressiva **Km.ca 15+990**.

L'intervento è stato progettato secondo la normativa vigente e rientra negli interventi previsti nel Progetto definitivo del secondo lotto funzionale di cui al Progetto preliminare *RI.GR.170\_B – Comune di Torre del Greco – "Riabilitazione della rete fognaria interna e collettamento dei reflui ai sistemi depurativi comprensoriali"*.

Nello specifico, l'attraversamento interrato suddetto prevede un tratto in microtunneling del DN 2000 di lunghezza pari a 100 metri, a servizio delle due condotte prementi in acciaio flangiato, rispettivamente del DN 500 e del DN 800, che perverranno in Via Mortelle, a valle del tratto sottomarino, creando l'interferenza con la linea ferroviaria Napoli – Salerno alla Km.ca 15+990.

La relazione e gli allegati elaborati grafici sono stati redatti secondo quanto disposto dal D.M. n. 137 del 04/04/2014, recante: "*Norme tecniche per gli attraversamenti e parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie e altre linee di trasporto*", con specifico riferimento al punto 4 - Norme tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di ferrovie con condotte convoglianti acque sotto pressione.

Negli elaborati allegati, ai quali si farà esplicito riferimento nella presente relazione tecnica, sono riportati i seguenti contenuti conformemente alle norme su indicate:

- Tracciato di progetto su base catastale in scala 1:200;
- Planimetria generale del tracciato di progetto in scala 1:50;
- Profilo longitudinale e Sezioni trasversali in scala 1:200;
- Manufatto di spinta e di arrivo trasversali in scala 1:100.

Nei grafici, inoltre, vi è l'indicazione della progressiva chilometrica del punto di intersezione tra l'asse del binario e la struttura attraversante.

Nella presente relazione tecnica viene descritto l'attraversamento interrato della nuova rete fognaria proposta ed in particolare l'intervento è previsto in conformità al punto 4 del D.M. n. 137 del 4 Aprile 2014.

|                     |       |  |       |                 |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|
| Progetto Definitivo | TD 11 | Relazione sull'attraversamento interrato dei collettori fognari in pressione delle linea ferroviaria NA-SA-PZ alla Kmca 15+990 | Rev.0 | File: TD.11.doc |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|

## **2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DA ESEGUIRSI PER L'ATTRAVERSAMENTO INTERRATO DEL RILEVATO FERROVIARIO DELLA LINEA NAPOLI – SALERNO ALLA KM 15+990**

### 2.1 INTRODUZIONE

L'attraversamento di tipo interrato in progetto sarà realizzato con la tecnica del microtunneling mediante infissione di un controtubo di protezione in c.a. di  $\Phi$  2000, all'interno del quale verranno alloggiare le condotte prementi rispettivamente di  $\Phi$  500 e  $\Phi$  800.

In considerazione dell'andamento altimetrico del terreno, il controtubo sarà posato con una pendenza pari a 7,1% in direzione del manufatto di valle per consentirne lo svuotamento.

Esso tutela sia le condotte nei confronti dell'infrastruttura (sollecitazioni dovute ai carichi stradali), sia l'infrastruttura nei confronti delle condotte stesse (dissesti dovuti a rotture dell'opera in corrispondenza dell'attraversamento), inoltre le due condotte saranno opportunamente posizionate alle pareti del controtubo.

L'intervento rientra nel progetto definitivo del secondo lotto funzionale di cui al Progetto preliminare RI.GR.170\_B – Comune di Torre del Greco – "Riabilitazione della rete fognaria interna e collettamento dei reflui ai sistemi depurativi comprensoriali", ed è finalizzato al convogliamento dei reflui presso l'impianto di Foce Sarno.

Il progetto prevede la riconversione dell'impianto di San Giuseppe alle Paludi in un sollevamento fognario.

Si prevede, quindi, l'installazione delle condotte sottomarine costituite da n°2 condotte prementi in acciaio flangiato di cui una del DN 500 e l'altra di DN 800, aventi lunghezza complessiva pari a 5200 m, poste ad una batimetrica mediamente pari a -15,00 metri e dotate di impianto di protezione catodica a corrente impressa.

Le condotte verranno poggiare ad un interasse minimo di 5 m e tutelate, da entrambi i lati, da massi guardiani in c.a. ad una distanza variabile tra i 25 e i 50m.

Le condotte sottomarine saranno in acciaio con rivestimento interno in resina epossidica opportunamente appesantite con uno spessore di gunite di 80mm, con doppia rete di armatura di acciaio zincato. La portata massima convogliata è pari alla 5 Q<sub>mn</sub>, per cui la realizzazione

|                     |       |  |       |                 |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|
| Progetto Definitivo | TD 11 | Relazione sull'attraversamento interrato dei collettori fognari in pressione delle linea ferroviaria NA-SA-PZ alla Kmca 15+990 | Rev.0 | File: TD.11.doc |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|

delle due condotte consente un elevato grado di flessibilità nell' esercizio dell'opera, in quanto eventuali disservizi su una della due condotte consente il convogliamento dei reflui, fino alla concorrenza della portata di punta, attraverso l'altra.

L'attraversamento oggetto della presente relazione riguarda il tratto sottomarino a valle, dove le due prementi in acciaio perverranno in Via Mortelle.

Per la realizzazione dell'attraversamento interrato del rilevato ferroviario della linea Napoli – Salerno, si prevedono due manufatti rispettivamente di spinta e di arrivo conformemente a quanto previsto nel punto 4.4 del DM n. 137 del 04/04/2014.

Nello specifico il pozzo di spinta della perforazione no-dig ha dimensioni interne pari a 9,50 X 5,50 m.

Il pozzo di recupero avrà invece dimensioni interne pari a 6,50 X 5,50 m

Il pozzo di recupero richiederà, inoltre, la realizzazione di una paratia di micropali del DN 300 ad interasse di 0,30 m parallelamente alla strada di lunghezza variabile tra gli 8m e i 10m. La lunghezza dei pali è pari a 8m. Si prevede, inoltre, un cordolo 60 x 40.

Vista la natura dei terreni interessati, costituita da roccia compatta grigio scura della cosiddetta formazione delle lave di Villa Inglese, si è optato per la posa di un microtunneling circolare di diametro interno 2000 mm e diametro esterno di 2630 mm per ml 80. La perforazione suborizzontale con sistema a spinta, controllata e con tolleranze garantita, avverrà senza personale di servizio all'interno della tubazione, ma mediante l'impiego di scudo di avanzamento a controllo laser dei parametri di allineamento planoaltimetrico. Si prevede l'utilizzo di fresa scudata a tutta sezione sul fronte d'avanzamento. L'allontanamento del materiale di risulta verrà eseguito con la tecnica dello smarino idraulico, ovvero il materiale proveniente dal fronte di avanzamento verrà convogliato con tubazioni fino ai bordi del pozzo di spinta, mediante l'utilizzo di fanghi bentonitici per diminuire l'attrito tubo-terreno.

Si prevede un manufatto di spinta da realizzarsi in proprietà privata di dimensioni utili interne 9,50 x 5,50 m. Si prevede la realizzazione, lungo il perimetro esterno, di una paratia costituita da 107 micropali dn 300 mm accostati di lunghezza pari a 9,60 mt, in testa un cordolo 40 x 60 cm, armati con tubi valvolati DN 152,40 e spessore di 8mm. Inoltre verrà realizzata una parete di rettifica di spessore pari a 30 cm.

Il manufatto suddetto di progetto dista dall'asse ferroviario di 35,44 ml, ad una distanza maggiore, quindi, della fascia di rispetto di 10m previsti dal DM n. 137 del 04/04/2014.

|                     |       |  |       |                 |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|
| Progetto Definitivo | TD 11 | Relazione sull'attraversamento interrato dei collettori fognari in pressione delle linea ferroviaria NA-SA-PZ alla Kmca 15+990 | Rev.0 | File: TD.11.doc |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|

Il manufatto di recupero dello scudo di avanzamento da realizzarsi in parte in proprietà privata e in parte sulla pubblica strada avrà dimensioni utili interne 6,00 x 5,00 m. Si prevede la realizzazione, lungo il perimetro esterno, di una paratia costituita da 68 micropali dn 300 mm accostati di lunghezza pari a 9,60 mt, in testa un cordolo 40 x 60 cm, armati con tubi valvolati DN 152,40 e spessore di 8mm. Inoltre verrà realizzata una parete di rettifica di spessore pari a 30 cm. Inoltre nel tratto di approdo delle condotte sottomarine si prevede la realizzazione di un cunicolo di dimensioni interne 2,50x2,50 m per l'ispezionabilità del tratto.

Tale manufatto conformemente al DM n. 137 del 04/04/2014 dista dall' asse ferroviario di una distanza pari a 10,50 (>10m previsti dalla normativa).

Al di sopra del suddetto cunicolo verrà alloggiata una tubazione del DN 1000 in PRFV inghisata in un dado di cls per l'allontanamento della portata di scoppio come richiesto dalla normativa sugli attraversamento ferroviari.

La macchina utilizzata per l'infissione dei conci di tubazione è un robot pilotabile nelle tre direzioni direttamente dal piano stradale. L'infissione si articola nelle seguenti fasi:

- Scavo pilotato del terreno;
- Avanzamento dei conci di tubazione per spinta a mezzo di un martinetto idraulico;
- Trasporto ed evacuazione del materiale scavato dal fronte di scavo al piano campagna.

La testa fresante è equipaggiata con ruote dentate che permettono la frantumazione del terreno. La scelta della testa fresante è funzione della natura dei terreni che si prevede di incontrare.

Nel caso in esame si prevede la presenza di roccia vulcanica compatta e pertanto la resistenza della macchina fresante dovrà essere adeguata a vincere la durezza di tali terreni.

La testa fresante ed i conci di tubazione avanzano grazie al sistema di spinta dotato di martinetti idraulici. Gli sforzi che vengono trasmessi ai conci di tubazione, affinché avanzino nel sottosuolo, sono via via progressivi con l'avanzare della testa fresante.

La macchina fresante viene poi recuperata nel pozzo di arrivo che ha delle dimensioni in pianta più ridotte rispetto al pozzo di spinta.

Una volta che i martinetti idraulici arrivano a fine corsa vengono ritirati indietro ed una nuova tubazione viene inserita nella camera di spinta ed il ciclo di avanzamento riprende.

Durante l'avanzamento delle tubazioni si producono degli sforzi di attrito sulla superficie di contatto tubo – terreno. Al fine di limitare questi sforzi di attrito e quindi la spinta esercitata dai

martinetti, si utilizza un fluido lubrificante che può essere iniettato nello spazio anulare intorno alla condotta grazie a degli iniettori posizionati dietro la testa di taglio.

Ai fini di una buona riuscita dell'intervento è indispensabile una puntuale conoscenza del terreno che occorre attraversare al fine di una corretta scelta della macchina fresante che occorre utilizzare.

A tal fine si rimanda alla sezione geologica del tracciato di progetto (elaborato G04).

## 2.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali utilizzati per le opere civili sono:

Calcestruzzo:  $R_{ck} > 450 \text{ kg/cm}^2$

Acciaio: B 450C FeB 44 k

Si prevede la posa di un controtubo in c.a. di diametro interno pari a 2000 mm e di diametro esterno pari a 2630mm alle "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti gas e liquidi, con ferrovie ed altre linee di trasporto" approvate con D.M. n. 137 del 4 Aprile 2014 e pertanto sufficiente ed idoneo, sia dal punto di vista idraulico per lo scarico di tutta la portata nel caso di rottura della condotta in pressione, sia dal punto di vista statico, come desumibile dalle verifiche proposte nei successivi paragrafi.

## 2.3 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Il terreno più superficiale dell'area interessata dagli interventi di progetto presenta le seguenti caratteristiche:

$\gamma_t$  = peso specifico del terreno =  $1.600 \text{ kg/m}^3$  ;

$\Phi^\circ$  = angolo di attrito interno =  $30,00^\circ$ .

### 3 VERIFICHE IDRAULICHE

#### 3.1 CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELLA FOGNATURA IN PRESSIONE

##### 3.1.1 Portata convogliata in condizioni di esercizio

La massima portata transitante, in prossimità dell'attraversamento in condizioni di esercizio più gravose, è stata valutata sulla scorta dei calcoli idraulici.

Le portate transitanti nelle due condotte prementi, risultano essere le seguenti:

| Speco | L    | Qmin   | Qmax   |
|-------|------|--------|--------|
|       | [m]  | [mc/s] | [mc/s] |
| 500   | 5200 | 0,177  | 0,275  |
| 800   | 5200 | 0,548  | 0,995  |

Legenda

Speco = sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Qmin = portata nera minima

Qmax = portata nera massima

La portata di scoppio si stima, dunque, in:

$$Q_{max} = 995 \text{ l/s}$$

Si verifica, di seguito, la capacità di smaltimento in emergenza del controtubo in cls armato DN 2000 alla portata di scoppio nell'ipotesi di tranciamento completo delle due condotte prementi e il completo abbattimento del carico idraulico in corrispondenza della sezione ipotizzata rottura.

In questa condizione la sezione disponibile al deflusso quella compresa tra il profilo interno del controtubo e quello esterno delle due condotte prementi del DN 800 e DN 500 dell'attraversamento:

$$\sigma_{utile} = \sigma_{\Phi 2000} - \sigma_{\Phi 800} - \sigma_{\Phi 500} = 2,41 \text{ m}^2$$

Mentre il perimetro bagnato assume il valore:

$$X_{\text{effettivo}} = X_{\phi 2000} - X_{\phi 800} - X_{\phi 500} = 10,43 \text{ m}$$

➤

Da cui discende il valore del raggio idraulico:

$$R_{\text{effettivo}} = 0,17 \text{ m}$$

Adottando per il coefficiente di resistenza il valore 75, l'equazione di Gauckler – Strickler, risolta in base a J

$$J_{\text{min}} = \left[ \frac{Q}{K * \sigma_{\text{eff}} * R_{\text{eff}}^{2/3}} \right]^2$$

fornisce:

$$J_{\text{min}} \approx 0,000551$$

Giacché la pendenza longitudinale del microtunneling adottata è del 7,1%, può testarsi l'idoneità del controtubo allo smaltimento della portata di scoppio.

Per quanto attiene allo spessore delle condotte prementi del DN 500 e del DN 800 in acciaio in attraversamento della linea Ferroviaria, si eseguono le verifiche di rito come prescritto dal D.M. n. 137 del 4 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".

Tale Decreto, al § 4.3.3, afferma che "...gli spessori delle tubazioni di acciaio interessanti l'attraversamento devono essere calcolati con la formula:

$$s = (200 \times S/ks + pDe) : (200 \times S/Ks + 2p)$$

nella quale :

s = spessore del tubo in millimetri;

S = carico di snervamento minimo dell'acciaio impiegato espresso in daN/mm<sup>2</sup>;

Ks = coefficiente di sicurezza minimo, pari a 2, rispetto al carico di snervamento;

p = pressione massima che può verificarsi nelle più gravose condizioni di esercizio, compreso il colpo d'ariete, espressa in daN/cm<sup>2</sup>;

De = Diametro esterno della condotta espresso in millimetri.

Si ravvisa ulteriormente che il D.M. 12.12.1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni" afferma al § 2.1.4. "Verifiche di sicurezza", che "... le pressioni di esercizio sono da intendersi come i massimi valori delle pressioni che possono verificarsi in asse alle tubazioni per il più gravoso

|                     |       |  |       |                 |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|
| Progetto Definitivo | TD 11 | Relazione sull'attraversamento interrato dei collettori fognari in pressione delle linee ferroviaria NA-SA-PZ alla Kmca 15+990 | Rev.0 | File: TD.11.doc |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|

*funzionamento idraulico del sistema, comprese le eventuali sovrappressioni determinate da prevedibili condizioni di esercizio, anche conseguenti a fenomeni transitori”*

In linea con la Norma UNI – EN 10224 “Tubi e raccordi di acciaio non legato per il trasporto di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano - Condizioni tecniche di fornitura”, si sono adottate, per il tratto inerente all’attraversamento della linea ferroviaria da impegnare, tubazioni in acciaio del DN 500 e del Dn 800 dotate esternamente di rivestimento in polietilene estruso a triplo strato, fabbricato e certificato secondo Norma ISO 21809-1 , e protezione interna epossidica conforme al D.M. n. 174 del 06/04/2004 , per le quali la norma UNI riporta le seguenti caratteristiche di spessore e classe di pressione:

| DN  | spessore (mm) | PFA (bar) |
|-----|---------------|-----------|
| 500 | 10,3          | 87        |
| 800 | 12,7          | 67        |

Dove i valori massimi di pressione da non superare assumono i significati di seguito riportati:

**PFA** (pressione di funzionamento ammissibile): massima pressione idrostatica che un componente può sopportare con sicurezza in servizio continuo, da raffrontare perciò con la pressione di esercizio ordinario.

### 3.2 CALCOLO DELLA MASSIMA SOVRAPPRESSIONE PER COLPO D’ARIETE

Per quanto attiene, invece, alla simulazione delle condizioni di esercizio più gravose per le due condotte prementi del DN 500 e del DN 800 relative all’attraversamento in progetto, come peraltro prescritto dal D.M. 12.12.1985-Norme tecniche relative alle tubazioni al § 2.1.4. Verifiche di sicurezza, “... *le pressioni di esercizio sono da intendersi come i massimi valori delle pressioni che possono verificarsi in asse alle tubazioni per il più gravoso funzionamento idraulico del sistema, comprese le eventuali sovrappressioni determinate da prevedibili condizioni di esercizio, anche conseguenti a fenomeni transitori”*

E ancora: "...Le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete, indipendentemente dalla tipologia delle tubazioni impiegate, dovranno essere contenute nei limiti indicati dalla tabella III in confronto ai valori della pressione idrostatica". Nel caso specifico, per valori della pressione idrostatica fino a 6 Kgf/cm<sup>2</sup>, la massima sovrappressione ammessa e prescritta è di 3 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Si procede di seguito alla stima della sovrappressione da colpo d'ariete.

Si formulano le seguenti ipotesi di calcolo:

- condotta di diametro costante (DN 500);
- velocità in condotta dell'ordine di 1,43 m/s;
- condotta di diametro costante (DN 800);
- velocità in condotta dell'ordine di 1,99 m/s;

Il valore della celerità di propagazione delle perturbazioni di moto vario in condotta si stima con la formula di Allievi:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho^* \left( \frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{E^* e} \right)}}$$

dove i simboli trovano i significati di seguito riportati:

|                                   |  |                      |
|-----------------------------------|--|----------------------|
| c (m/s)                           | celerità di propagazione delle onde di perturbazione da moto vario |                      |
| $\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )       | peso specifico dell'acqua  | 1000                 |
| $\varepsilon$ (N/m <sup>2</sup> ) | modulo elastico dell'acqua   | 2,05*10 <sup>9</sup> |
| E (N/m <sup>2</sup> )             | modulo elastico della condotta (acciaio)                           | 2.1*10 <sup>11</sup> |
| D <sub>1</sub> (m)                | diametro interno   | 0,500                |
| D <sub>2</sub> (m)                | diametro interno   | 0,800                |
| e <sub>1</sub> (m)                | spessore della condotta  | 0,00515              |
| e <sub>2</sub> (m)                | spessore della condotta  | 0,00635              |

Sostituendo, nella formula, ai simboli i valori si ottiene:

$$c_1 = 1025,91 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 958,83 \text{ m/s}$$

Nell'ipotesi di manovra di chiusura brusca, cioè che si esaurisce in un intervallo di tempo inferiore al c.d. ritmo della condotta, il valore massimo della sovrappressione si rileverebbe alla fine del primo quarto di ritmo e si stima con la formula

$$\Delta y = c V_0 / g$$

di Allievi-Michaud.

dove:

c = celerità di propagazione delle onde di perturbazione (m/s)

$V_0$  = velocità media della corrente in condizioni di regime (m/s)

g = accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>)

Sostituendo ai simboli i relativi valori si stima in:

$$\Delta y_1 = 1025,91 * 1,43 / 9,81 = 149,55 \text{ m}$$

$$\Delta y_2 = 958,83 * 1,99 / 9,81 = 194,50 \text{ m}$$

la massima sovrappressione di colpo diretto che, espressa in bar, vale:

14,96 bar per DN 500

19,45 bar per DN 800

La massima sovrappressione da colpo d'ariete che può insorgere in condotta può stimarsi simulando, nell'esercizio, l'eventualità della manovra di chiusura della valvola di sezionamento posta, nello specifico, a monte dell'attraversamento ferroviario. L'ipotesi formulata corrisponde alla più gravosa condizione di funzionamento.

Il ritmo  $\tau$  della condotta, e cioè il tempo di propagazione delle perturbazioni da colpo d'ariete lungo la condotta, in andata e ritorno, conseguenti alla manovra di chiusura della valvola di sicurezza a farfalla, si valuta con la formula:

$$\tau = 2 L / c$$

Atteso che le celerità di propagazione delle perturbazioni da colpo d'ariete nelle condotte di acciaio DN 500 e DN 800, assumono valori dell'ordine di 1025,91 m/s e di 958,83 m/s, si stima in 10 e 11 secondi il ritmo  $\tau$  della condotta.

L'intervallo di tempo richiesto per la manovra di sezionamento completo della valvola è notevolmente maggiore del ritmo della condotta, per cui la massima sovrappressione che insorge nella condotta stessa, per effetto della manovra di chiusura, è notevolmente inferiore a quella conseguente alla manovra c.d. brusca.

Per garantire, in definitiva, che il valore massimo della sovrappressione sia rispettoso del limite prescritto dalla "tabella III" del D.M. 12.12.1985, in ragione del rapporto intercorrente tra la massima sovrappressione determinata con la formula di Allevi (15,7 e 20,7 kgf/cm<sup>2</sup>) ed il valore massimo previsto dal D.M. (3 Kgf/cm<sup>2</sup>) si dovrà garantire una manovra di chiusura della valvola di sezionamento pari almeno a:

$$7 * 11 \text{ secondi} \approx 77 \text{ secondi}$$

e, d'altra parte, sarebbe davvero inverosimile ipotizzare l'esecuzione di manovre di sezionamento complete che si esauriscano in intervalli di tempo così ridotti.

Inoltre, è da evidenziare che la verifica effettuata è puramente teorica dal momento che nel caso specifico si è in prossimità del punto di sbocco della condotta, a partire dal quale si passa ad un sistema a gravità, per cui la sovrappressione in questo punto della condotta sarà sempre insignificante.

Per quanto concerne il collaudo delle suddette condotte prementi si precisa che la pressione di esercizio nelle due tubazioni, tenuto conto che il tratto in esame è ubicato al termine del tracciato sottoposto a pompaggio, è pari a 1 bar.

### 3.3 DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DI SCARICO

L'attraversamento è dotato di manufatti di spinta e di arrivo con funzione in fase di esercizio di ispezione, per il manufatto a valle dell'attraversamento si prevede la realizzazione di una condotta di scarico del DN 1000, che ha lo scopo di allontanare in mare la portata di scoppio nell'eventualità di rottura delle due condotte nel tronco di attraversamento.

Le verifiche di idoneità del sistema di scarico si conducono nell'ipotesi di rottura, come visto in precedenza ciò comporta il contributo di portata istantanea da smaltire di 995 l/s.

Assunta quale equazione del moto quella di Gauckler - Strickler, con valore del coefficiente  $K_{St}=110$ , suggerita in letteratura tecnica di settore per la verifica delle condizioni di funzionamento

|                     |       |  |       |                 |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|
| Progetto Definitivo | TD 11 | Relazione sull'attraversamento interrato dei collettori fognari in pressione delle linea ferroviaria NA-SA-PZ alla Kmca 15+990 | Rev.0 | File: TD.11.doc |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|

di collettori in acciaio, si stimano le seguenti caratteristiche idrodinamiche di moto uniforme della corrente di transito nel tronco del DN 1000 della portata di scoppio di 995 l/s e con pendenza longitudinale di fondo del 28 %:

$h_u = 0,19$  m (tirante idrico)

$V_u = 9,42$  m/s (velocità di deflusso)

$h_c = 0,57$  m ( tirante in condizioni di stato critico)

$V_c = 2,14$  m/s (velocità in condizioni di stato critico)

$h_r = 57,1$  % ( grado di riempimento della sezione)

$Fr = 4,40$  ( numero di Froude della corrente)

I risultati della verifica confermano l' idoneità dello speco adottato.

#### **4 VERIFICA STATICA DEL TUBO (PUNTO 4.4 E SUCCESSIVI SOTTOPUNTI DEL D.M. 137 DEL 04/04/2014)**

I carichi utilizzati nel dimensionamento dello spessore delle tubazioni di protezione in cls sono i seguenti:

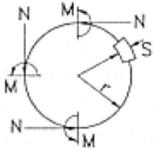
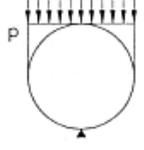
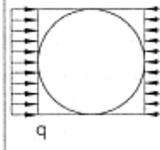
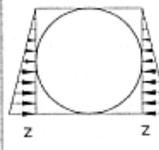
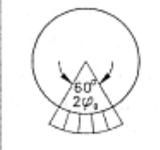
**Analisi dei carichi contemplati dalla normativa vigente per gli attraversamenti ferroviari (DM 04/04/2014):**

*I carichi che sono stati utilizzati sono i seguenti:*

- *Peso proprio della tubazione;*
- *Peso terrapieno sovrastante la tubazione;*
- *Carico mobile transitante sul binario;*
- *carico stradale costituito da 2 automezzi circolanti in direzioni opposte, aventi un peso per asse di 13 tonnellate;*
- *Carico ripartito laterale corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta;*
- *Carico ripartito laterale corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta;*
- *Reazione radiale costante in un settore corrispondente ad un angolo al centro di 60° in funzione del carico Q pari alla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione.*

Le sollecitazioni di momento flettente e di sforzo normale sono state calcolate in corrispondenza della sezione verticale superiore del tubo, della sezione orizzontale mediana e della sezione verticale inferiore e si ottengono sovrapponendo gli effetti dovuti ai singoli carichi su elencati così come riportato nell'allegato al D.M. del 04/04/2014 di seguito riportato.

|                     |       |  |       |                 |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|
| Progetto Definitivo | TD 11 | Relazione sull'attraversamento interrato dei collettori fognari in pressione delle linee ferroviarie NA-SA-PZ alla Kmca 15+990 | Rev.0 | File: TD.11.doc |
|---------------------|-------|--|-------|-----------------|

|                             | A  | B   | C   | D   | E  |
|-----------------------------|--|---|---|---|--|
|                             | PESO PROPRIO   | CARICO RIPARTITO SUPERIORE  | CARICO RIPARTITO LATERALE   | CARICO TRIANGOLARE LATERALE   | REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE<br>$2\varphi_0 = 60^\circ$                       |
| SCHEMA                      |   |                                  |  |    |  |
| SEZIONE VERTICALE SUPERIORE | $M = \frac{1}{2} \gamma_t s r^2$<br>$N = -\frac{1}{2} \gamma_t s r$  | $M = \left(\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8}\right) p r^2 = 0.29941 p r^2$<br>$N = -\frac{1}{3\pi} p r = -0.10610 p r$ | $M = -\frac{1}{4} q r^2$<br>$N = q r$   | $M = -\frac{5}{48} z r^2 = -0.10417 z r^2$<br>$N = \frac{5}{16} z r = 0.31250 z r$  | (Q=reazione totale)<br>$M = -0.0073038 Q r$<br>$N = 0.014817 Q$                    |
| SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA | $M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_t s r^2 = -0.57080 \gamma_t s r^2$<br>$N = \frac{\pi}{2} \gamma_t s r = 1.57080 \gamma_t s r$ | $M = \left(\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8}\right) p r^2 = -0.30669 p r^2$<br>$N = p r$                                | $M = \frac{1}{4} q r^2$<br>$N = 0$  | $M = \frac{1}{8} z r^2 = 0.125 z r^2$<br>$N = 0$                                    | $M = 0.0075118 Q r$<br>$N = 0$   |
| SEZIONE VERTICALE INFERIORE | $M = \frac{3}{2} \gamma_t s r^2$<br>$N = \frac{1}{2} \gamma_t s r$   | $M = \left(\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8}\right) p r^2 = 0.58721 p r^2$<br>$N = \frac{1}{3\pi} p r = 0.10610 p r$   | $M = -\frac{1}{4} q r^2$<br>$N = q r$   | $M = -\frac{7}{48} z r^2 = -0.14583 z r^2$<br>$N = \frac{11}{16} z r = 0.68750 z r$ | $M = -0.11165 Q r$<br>$N = 0.11916 Q$  |

M - Momento flettente

N - Sforzo assiale

p - Carico uniformemente ripartito, dovuto ai carichi mobili ed al peso della massiccata

q - Pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali

r - Raggio medio della tubazione

s - Spessore della tubazione

 $\gamma_t$  - Peso specifico del materiale costituente la tubazione

z - Pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali

Le sollecitazioni di sforzo normale risultano positive se di compressione, negative se di trazione, mentre si assume convenzionalmente che il momento flettente positivo sia orientato in senso antiorario.

**Caso attraversamento interrato (Progetto secondo lo stato attuale).****Applicazione dei carichi**

- **Peso proprio controtubo**

$$PP = A \cdot \gamma_c = \text{Carico dovuto al peso proprio del tubo (N/m)}$$

In cui:

A è l'area della corona circolare

$\gamma_c$  è il peso del calcestruzzo pari a 2500 kg/m<sup>3</sup>

- **Carico ripartito superiore corrispondente al peso del terrapieno sovrastante la tubazione e al sovraccarico ferroviario (DM del 04/04/2014):**

$$P = \gamma_t \cdot H + 15000 / (3.08 + 0.8 \cdot H) \quad [\text{kg/m}^2] \text{ doppio binario}$$

In cui:

H è l'altezza del ricoprimento

$\gamma_t$  è il peso del terreno pari a 1400 kg/m<sup>3</sup>

- **Carico stradale contemplato dalla circolare della Circumvesuviana relativo a due automezzi circolanti in direzione apposta, di 13 t per asse.**

Peso terrapieno + Carico Accidentale:

peso del terrapieno sovrastante la tubazione:

Teoria di Caquot-Kerisel:

$$P_v = \frac{\gamma \cdot H}{K_p - 2} * \left[ \frac{r}{H} - \left( \frac{r}{H} \right)^{K_p - 1} \right] - \frac{c}{\text{tg} \varphi} * \left[ 1 - \left( \frac{r}{H} \right)^{K_p - 1} \right]$$

In cui:  $K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$  coeff. di spinta passiva

Carico Accidentale:

➤  $P_{stradale} = \text{carico a q. campagna} = P_{asse} / (A_{imp}) = 13000 / (2.3 * 0.8) = \mathbf{7065 \text{ kg/mq}}$

Tensione indotta nel sottosuolo da carichi applicati in superficie calcolati con la teoria dell'elasticità nell'ipotesi di mezzo omogeneo elastico ed isotropo:

$$P_{acc} = \frac{2}{\pi} * \cos^4 \varphi * \frac{P_{stradale}}{H} =$$

- **Carico ripartito laterale corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta**

$q = k_o * P$  In cui:

$k_o$  = coefficiente di spinta a riposo pari a 0.50

$P$  = il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo dovuto a sovraccarichi mobili ed al terreno

- **Carico ripartito laterale corrispondente alla parte triangolare del digramma di spinta**

$$z = k_o * \gamma_t * 2 * r$$

In cui i simboli hanno il significato specificato precedentemente

- **Reazione radiale costante "Q"** si determina considerando le azioni verticali agenti contemporaneamente:

$$Q = (PP + P * 2 * r) / (r * d\theta) \quad \text{in cui:}$$

$r$  è il raggio della tubazione

- $d\theta$  è l'angolo al centro pari a  $60^\circ$
- Si utilizzano di seguito i seguenti simboli:
  - $D$  = Diametro esterno della tubazione
  - $s$  = Spessore tubazione
  - $D_m = D - s$  = Diametro medio
  - $r = D_m / 2$  raggio medio
  - $\gamma_t$  = peso specifico del terreno

- $H$  = distanza minima tra il piano inferiore delle traverse e la generatrice superiore del tubo di protezione
  - $\gamma_c$  = peso del calcestruzzo
- Sostituendo i valori nelle formule si ha:

Progetto 7104

Comune di Nola  
Estensione condotta idrica dn 200 in Via On. F. Napolitano

| c.a                         | Rck 450 | DATI TUBO              |           |                   |          |                      |          |                        | Dati terreno |                |                        |            | Dati out-put       |                        |                          |                           |                          |                           | σ <sub>famm</sub> [daN/cm <sup>2</sup> ] |                             |                          |
|-----------------------------|---------|------------------------|-----------|-------------------|----------|----------------------|----------|------------------------|--------------|----------------|------------------------|------------|--------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|
|                             |         | γ <sub>w</sub> [Kg/mc] | s (m)     | Dest (m)          | Di (m)   | Dm (m)               | H (m)    | Acor_circ (mq)         | Φ [°]        | Φ [rad]        | γ <sub>t</sub> [Kg/mc] | K0         | Pp controtubo [Kg] | P <sub>r</sub> [Kg/mq] | P <sub>STR</sub> [Kg/mq] | P <sub>l</sub> [Kg/mq]    | P <sub>tot</sub> [Kg/mq] | P <sub>rett</sub> [Kg/mq] |  | P <sub>triang</sub> [Kg/mq] | P <sub>rad</sub> [Kg/mq] |
|                             |         | 2500                   | 1,63      | 2,63              | 2        | 3,63                 | 2        | 2,29                   | 30           | 0,5236         | 1600                   | 0,44       | 572441,63          | 3200                   | 7.065,00                 | 3.205,13                  | 17511,17                 | 7782,9663                 | 2581,408                                 | 17511,17                    | 1000                     |
|                             |         |                        |           |                   |          |                      |          |                        |              |                |                        |            |                    |                        |                          |                           |                          |                           |  |                             | Secondo D.M. 4/4/2014    |
|                             |         | Peso Proprio           |           | Carichi superiori |          | Carico laterale rett |          | Carico laterale triang |              | Carico radiale |                        | Σ          |                    | σ <sub>c</sub> max     | σ <sub>f</sub> max       | Coefficiente di sicurezza |                          |                           |  |                             |                          |
| Sezione verticale superiore |         | M [Kgm]                | N [kg]    | M [Kgm]           | N [kg]   | M [Kgm]              | N [kg]   | M [Kgm]                | N [kg]       | M [Kgm]        | N [kg]                 | M [Kgm]    | N [kg]             | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ]   |                           |                          |                           |  |                             |                          |
| Sezione verticale superiore |         | 6.711,98               | -3.698,06 | 17271,68          | -3372,15 | -6409,71             | 14126,08 | -885,83                | 1464,14      | -232,13        | 259,46                 | 16.455,99  | 8.779,48           | 3359,52                | 58368,71                 | >1                        |                          |                           |  |                             |                          |
| Sezione orizzontale mediana |         | M [Kgm]                | N [kg]    | M [Kgm]           | N [kg]   | M [Kgm]              | N [kg]   | M [Kgm]                | N [kg]       | M [Kgm]        | N [kg]                 | M [Kgm]    | N [kg]             | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ]   |                           |                          |                           |  |                             |                          |
| Sezione orizzontale mediana |         | -7.661,73              | 11.617,83 | -17691,63         | 31782,77 | 6409,71              | 0        | 1062,97                | 0            | 238,75         | 0                      | -17.641,94 | 43.400,60          | 7994,85                | 137054,53                | >1                        |                          |                           |  |                             |                          |
| Sezione verticale inferiore |         | M [Kgm]                | N [kg]    | M [Kgm]           | N [kg]   | M [Kgm]              | N [kg]   | M [Kgm]                | N [kg]       | M [Kgm]        | N [kg]                 | M [Kgm]    | N [kg]             | [daN/cm <sup>2</sup> ] | [daN/cm <sup>2</sup> ]   |                           |                          |                           |  |                             |                          |
| Sezione verticale inferiore |         | 20.135,95              | 3.698,06  | 33873,63          | 3372,15  | -6409,71             | 14126,08 | -1240,10               | 3221,11      | -3548,55       | 2086,63                | 42.811,23  | 26.504,04          | 6586,17                | 113664,63                | >1                        |                          |                           |  |                             |                          |

|                     |       |  |
|---------------------|-------|--|
| Progetto Definitivo | TD.02 | Relazione di calcolo idraulico<br>Attraversamento Circumvesuviana linea Nola – Baiano- Km 28+093 |
|---------------------|-------|--|

## 5 CONCLUSIONI

L'attraversamento in oggetto è stato progettato nel massimo rispetto della normativa vigente. E' stato altresì profusa particolare attenzione alla sicurezza ed alla gestione e manutenzione delle opere e delle apparecchiature stesse.

Si dichiara che l'attraversamento ferroviario così progettato preserva, in caso di rottura della condotta, le fondazioni dell'opera d'arte ferroviaria da eventuali influenze provocate dalla rottura stessa.

Si rimanda all'elaborato di calcolo strutturale allegato alla relazione per i calcoli specifici effettuati per le verifiche fatte in conformità al D.M. n. 137 del 04/04/2014.

Nello specifico nel fascicolo di calcolo allegato alla presente bisogna intendersi solo la parte del corpo d'opera oggetto del presente intervento.

|                        |       |   |       |                    |
|------------------------|-------|---|-------|--------------------|
| Progetto<br>Definitivo | TD 11 | Relazione sull'attraversamento interrato dei collettori<br>fognari in pressione delle linea ferroviaria NA-SA-PZ alla<br>Km.ca 15+990 | Rev.0 | File:<br>TD.11.doc |
|------------------------|-------|---|-------|--------------------|