Regione Piemonte

Provincia di Novara

ACQUA NOVARA.VCO S.p.A.
Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)
Tel. 0321/413111 - Fax. 0321/413196

SOSTITUZIONE DELLA TUBAZIONE DI COLLEGAMENTO TRA IL POZZO CASTELLO E IL SERBATOIO MASCHERANA IN COMUNE DI LESA

PROGETTO DEFINITIVO

ALL. A1

Relazione tecnico illustrativa

Dott. Ing. Fabrizio DIDO
Via Ramate, 9
28881 - Casale Corte Cerro (VB)
Cell. 333.6138850

Casale Corte Cerro: Dicembre 2020

1. PREMESSA

La Società Acqua Novara.VCO S.p.A. intende potenziare la rete acquedottizia del Comune di Lesa (NO).

L'intervento previsto consiste nella posa di una tubazione di distribuzione dell'acquedotto in Ghisa SF C40 DN150/125 e di una tubazione di carico del Serbatoio Mascherana, sempre in Ghisa SF C40 DN 200, alimentata dal Pozzo Castello e dal Pozzo Davicini.

Le nuove condotte interesseranno Via Castello, Via alla Stazione, Via alla Parrocchia e Via Belvedere fino al Serbatoio Mascherana.

2. OGGETTO E SCOPO DELL'INTERVENTO

L'intervento di progetto prevede il potenziamento della rete idrica che fa capo al Serbatoio Mascherana nel Comune di Lesa.

In particolare è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- una condotta alimentatrice DN 200 – L= 1397 m in ghisa sferoidale, per il collegamento tra i pozzi Castello e Davicini ed il Serbatoio Mascherana
- una condotta di distribuzione DN 150 – L= 857 m in ghisa sferoidale, dal Serbatoio Mascherana fino all'attraversamento della Linea Ferroviaria, percorrendo Via per Comnago, Via Belvedere e Via Parrocchia;
- una condotta di distribuzione DN 125 – L= 540 m in ghisa sferoidale, dal all'attraversamento della Linea Ferroviaria fino al pozzo Castello, percorrendo Via alla Stazione e Via Castello;
- una condotta di distribuzione De110 – L= 95 m in PE100, lungo Via Parrocchia per chiudere l'anello con Via Opifici.

All'interno del presente progetto è prevista la realizzazioni di nodi idraulici per collegare le nuove tubazioni di distribuzione con le esistenti linee ed il rifacimento degli allacci delle utenze private.

E' inoltre previsto sulle condotte di distribuzione la posa di due riduttori di pressione al fine di limitare le pressioni di valle e sostenere quella di monte.

3. OPERE IN PROGETTO

Taglio dell'asfalto

Occorrerà prima di tutto procedere con il taglio dello strato in conglomerato bituminoso mediante idonei sistemi o con taglierine tipo "clipper" o frese, per non provocare slabbrature, rotture laterali e per avere il profilo dello scavo continuo e diritto.

Esecuzione dello scavo

Lo scavo verrà realizzato a mano o con idonei mezzi meccanici atti ad effettuare una sezione utile e continua il più regolare possibile, evitando di formare movimenti franosi e di intaccare l'integrità di manufatti, pozzetti, tubi, cavi e sottoservizi esistenti. Tutto il materiale di risulta e non reimpiegabile sarà trasportato alle discariche autorizzate.

Posa delle tubazioni acquedottizie

La profondità di posa prevista per le condotte in GS ed in PE è pari a 0,90 metri misurati dalla generatrice superiore del tubo rispetto al piano della sede stradale.

La profondità di posa prevista per la condotta DN 200 è pari a 1,05 metri misurati dalla generatrice superiore del tubo rispetto al piano della sede stradale

Nodi idraulici

Il collegamento dei pezzi speciali e delle apparecchiature idrauliche con le tubazioni verrà normalmente eseguito con giunto a flangia piena consistente nell'unione, mediante bulloni, di due flange poste alle estremità dei tubi o pezzi speciali o apparecchiature da collegare, tra le quali è stata interposta una guarnizione ricavata da piombo in lastra di spessore non minore di 5 mm o una guarnizione in gomma telata.

Riempimento degli scavi

Sul fondo dello scavo verrà posato uno strato di sabbia costipata dello spessore minimo di cm 10 in modo che la superficie di appoggio delle tubazioni risulti piana e priva di asperità che possano rovinarne il rivestimento. Su tale fondo verrà collocata la tubazione in GS DN 200. Ulteriore sabbia verrà posata fino a raggiungere la quota di posa della tubazione DN125/DN150. La tubazione DN125/DN150 verrà poi ricoperta di un ulteriore strato di sabbia costipata fino ad una quota non inferiore a 10 cm al di sopra della tubazione stessa.

Il riempimento dello scavo al di sopra del letto di sabbia verrà eseguito con materiale proveniente dagli scavi, costipando lo stesso in modo perfetto e con mezzi adeguati.

La stessa procedura verrà utilizzata per le tubazioni in PE.

Il riempimento dello scavo in corrispondenza dell'attraversamento della SS 33 verrà eseguito con un misto granulare stabilizzato a cemento in ragione di kg 50 al m^3.

Ad una profondità di cm 50 verrà inoltre posato un apposito nastro segnaletico colorato recante la scritta "ATTENZIONE TUBO ACQUEDOTTO".

Ripristini

Ripristino dei sentieri e delle strade non asfaltate - Strade Comunali

Il ripristino del sedime non pavimentato verrà realizzato con la stesa di misto granulare di cava o di fiume debitamente compattato per uno spessore compresso di cm 10.

Ripristino della pavimentazione in cls - Strade Comunali

Il ripristino del sedime in cls verrà realizzato con la formazione di fondazione stradale in misto granulare anidro debitamente compattato per uno spessore compresso di cm 10, il getto di cls dello spessore finito di cm 20 armato con rete elettrosaldata del diametro di mm 8.

Per il ripristino dei gradini verranno recuperate le pietre esistenti per la formazione delle alzate.

Ripristino della pavimentazione bituminosa - Strade Comunali

Il ripristino del sedime stradale asfaltato verrà realizzato con la formazione di fondazione stradale in misto granulare anidro debitamente compattato per uno spessore compresso di cm 20, la stesa dello strato di base in tout-venant bitumato dello spessore finito di cm 8 ed il tappetino di usura in conglomerato bituminoso chiuso dello spessore di cm 3 esteso per una larghezza di 2,00 mt.

Ripristino della pavimentazione bituminosa - SS 33 "del Sempione"

Prima della stesura del tappeto di usura definitivo, lo scavo sarà colmato con conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder) dello spessore pari a cm 20.

Il ripristino definitivo dello scavo avverrà, previa fresatura di cm 7, con la stesura di un manto di usura dello spessore, a costipamento avvenuto, di cm 4 di conglomerato bituminoso chiuso e la successiva posa di una rete d'armatura prebitumata in fibra di carbonio.

Al termine di queste lavorazione si provvederà dapprima alla fresatura di cm 3, estesa per 10 mt. a monte e valle dell'attraversamento e per l'intera larghezza della carreggiata, e di seguito alla stesura di un manto di usura dello spessore, a costipamento avvenuto, di cm 3 di conglomerato bituminoso chiuso

A conclusione dei lavori verrà ripristinata la segnaletica orizzontale

4. ATTRAVERSAMENTO LINEA FERROVIARIA DOMODOSSOLA MILANO

Di seguito vengono elencate le opere necessarie alla realizzazione dell'attraversamento della linea ferroviaria Domodossola Milano in corrispondenza del sottopasso al km 8+799,5.

- Formazione di pozzetto a monte dell'attraversamento realizzato in calcestruzzo armato con spessore delle pareti di 20 cm delle dimensioni interne di 140x120x140(h). Il pozzetto verrà collocato a 10 mt dalla rotaia più vicina e sarà dotato di saracinesche PN16 sulla tubazione di distribuzione e PN25 sulla tubazione di carico del serbatoio. All'interno verranno alloggiati tazze-flangia ed tronchetti di riduzione in acciaio inox per il collegamento tra le tubazioni in Ghisa e PE. Il chiusino sarà a tenuta stagna.
- Posa in scavo delle tubazioni acquedottizie in PE ed in acciaio S235JR di protezione. In particolare la tubazione di distribuzione in PE100 De160 PN16 verrà collocata in un tubo di protezione in acciaio DN250 dello spessore di 5 mm, mentre la tubazione in PE100 De280 PN25 di carico al serbatoio verrà posata in un tubo camicia DN350 dello spessore di 7,1 mm. Le condotte in PE e i tubi di protezione verranno opportunamente distanziati mediante appositi collari in HDPE. Le condotte di protezione in acciaio verranno protette da un nastro autoadesivo costituito da compound bituminoso spalmato su un film in polietilene. Nel pozzetto di monte verrà posata una guaina in poliestere gommato al fine di sigillare l'intercapedine tra le tubazioni acquedottizie e le tubazioni di protezione. Le condotte saranno posate parallele alle spalle del sottopasso con un ricoprimento minimo di 80 cm e massimo di 100 cm.
- Formazione di pozzetto a valle dell'attraversamento realizzato in calcestruzzo armato con spessore delle pareti di 20 cm delle dimensioni interne di 170x120x140(h). Il pozzetto verrà collocato a 5 mt dal filo esterno dell'impalcato del sottopasso e sarà dotato di saracinesche PN16 sulla tubazione di distribuzione e PN25 sulla tubazione di carico del serbatoio. All'interno verranno alloggiate tazze-flangia e tronchetti di riduzione in acciaio inox per il collegamento tra le tubazioni in Ghisa e PE. Nel pozzetto le tubazioni camicia sporgeranno all'interno del pozzetto per almeno 10 cm. Il chiusino sarà a tenuta stagna. Il pozzetto sarà collegato ad un pozzetto di scarico con una tubazione in PVC De200160.
- Formazione di pozzetto di scarico realizzato in calcestruzzo armato con spessore delle pareti di 15 cm delle dimensioni interne di 60x60x140(h). Il pozzetto verrà collocato in

fregio al pozzetto di valle e sarà dotato di valvola antiriflusso a battente. Il pozzetto verrà collegato alla rete esistente delle acque nere con la posa di una tubazione in PVC SN8 De200.

5. TUBAZIONI E RACCORDI

Tubazioni e raccordi in GS DN125-DN150

Le tubazioni e raccordi in ghisa sferoidale per acquedotto dovranno essere prodotte in stabilimento certificato secondo EN ISO 9001, conformi alla Norma UNI EN 545:2010 con certificato di prodotto emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario il protocollo europeo per l'accreditamento secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17065, comprovante lo stabilimento di produzione. Il giunto sarà di tipo elastico automatico antisfilamento con guarnizioni a profilo divergente a coda di rondine ed inserti metallici annegati all'interno dell'elastomero stesso atti a realizzare per attrito la funzione antisfilamento, conformi alla norma EN 681-1. Il rivestimento interno sarà realizzato con malta di cemento d'altoforno applicata per centrifugazione; il rivestimento esterno con uno strato di lega di zinco-alluminio 400 g/m^2 applicato per metallizzazione e successiva vernice epossidica blu di finitura.

Il rivestimento esterno e interno dei raccordi sarà costituito da uno strato di vernice epossidica blu alimentare di spessore minimo 250 micron secondo la norma EN14901, o da uno strato di vernice epossidica blu applicata per cataforesi previa sabbiatura e fosfatazione allo zinco.

Materiali conformi al D.M. 174 Ministero della Salute del 6/4/2004.

La Pressione di Funzionamento Ammissibile (PFA) sarà pari a 16 bar

Tubazioni e raccordi in GS DN200

Le tubazioni e raccordi in ghisa sferoidale per acquedotto dovranno essere prodotte in stabilimento certificato secondo EN ISO 9001, conformi alla norma UNI EN 545:2010 con certificato di prodotto emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario il protocollo europeo per l'accreditamento secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17065, comprovante lo stabilimento di produzione. Il giunto elastico dovrà essere automatico e antisfilamento di tipo Universal Standard Vi con bicchiere a doppia camera. La camera interna alloggirà la guarnizione di tenuta idraulica, quella esterna l'anello antisfilamento Le guarnizioni saranno a profilo divergente a coda di rondine, conformi alle norme EN 681-1 e UNI 9163. Il rivestimento interno dovrà essere realizzato con malta di cemento d'altoforno applicata per centrifugazione; il rivestimento esterno con uno strato di lega di zinco alluminio 400 g/m^2 applicato per metallizzazione e successiva vernice epossidica blu di finitura.

Il rivestimento esterno e interno dei raccordi sarà costituito da uno strato di vernice epossidica blu alimentare di spessore minimo 250 micron secondo la norma EN14901, o da uno strato di vernice epossidica blu applicata per cataforesi previa sabbiatura e fosfatazione allo zinco.
Materiali conformi al D.M. 174 Ministero della Salute del 6/4/2004 per le parti applicabili.
La Pressione di Funzionamento Ammissibile (PFA) sarà pari a 43 bar

Tubazioni e raccordi in PE100 De110, De160 e De280

I tubi ed i raccordi in polietilene ad alta densità PE 100 dovranno essere idonee al trasporto di acqua potabile e da potabilizzare, per il trasporto di fluidi alimentari in pressione, con classe di pressione PN16 bar (SDR 11) o PN25 bar (SDR 7,4).

Le tubazioni ed i raccordi dovranno essere prodotte con materia prima 100% vergine e completamente atossiche, conformi alla norma UNI EN 12201-2 e alle prescrizioni igienico sanitarie D.M. n. 174 del 06/04/2004 per il trasporto di liquidi alimentari.

Le tubazioni dovranno inoltre riportare in modo visibile ed indelebile, la marcatura prevista dalle citate norme ed in particolare: marchio o nome del produttore; marchio IIP o di altro ente certificatore; tipo di polietilene; pressione nominale PN espressa in bar; valore SDR; diametro esterno e spessore della parete espresse in mm; data e turno di produzione. Le tubazioni dovranno essere prodotte da aziende operanti in regime di gestione della qualità UNI EN ISO 9001 e certificate da istituto terzo.

6. VERIFICA PRESSIONE DI ESERCIZIO

Tubazione di carico

Di seguito viene determinata la massima pressione nella condotta acquedottizia di carico del serbatoio di Mascherana.

Tubazione GS C40 DN200 PN25

Portata massima = 40 l/s

La prevalenza geodetica: 104,99 + 30,00 (pozzo) mt

Le perdite di carico distribuite vengono calcolate con la formula di Colebrook

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

dove:

- *f* esprime il coefficiente di attrito di Darcy;
- */D* il coefficiente di scabrezza relativa;
- *Re* è il numero di Reynolds.

Risultati del calcolo:

Area sezione [m^2]	0.031415926
Velocità [m/s]	1.273239566
Viscosità cinematica [m^2/s]	1.006E-6
Numero di Reynolds	253129.13836978
Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook	0.016929175881766
Perdita di Carico (cadente) con la formula di Darcy [m/m]	0.006996876
Perdita di Carico [m]	11.07

Le perdite di carico concentrate dovute a curve, saracinesche, croci e sbocco vengono determinate attribuendo un valore della perdita in metri come "lunghezza di tubazione equivalente".

Per quanto sopra viene applicata la formula precedente.

Risultati del calcolo:

Area sezione [m2]	0.031415926
Velocità [m/s]	1.273239566
Viscosità cinematica [m2/s]	1.006E-6
Numero di Reynolds	253129.13836978

Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook	0.016929175881766
Perdita di Carico (cadente) con la formula di Darcy [m/m]	0.006996876
Perdita di Carico [m]	0.74

Sovrappressione conseguenti a manovre di regolazione del sistema come da D.M. LL.PP. del 12.12.1985:

$\Delta H = 25$ m H_2O

La massima pressione in condotta risulta:

Pe = 104,99 + 30,00 + 11,07 + 0,74 + 25,00 = 171,80 mt ≅ 17,18 bar

La pressione di collaudo risulta:

Pc = Pe x 1,50 = 25,77 bar < PFA = 43,00 bar

Si osserva inoltre che le pompe dei pozzi da Davicini e Castello che alimentano la tubazione di progetto sono dotate di SOFT STARTER. L'onda d'urto di pressione dovuta alle sovrappressioni generate dall'avvio o dallo spegnimento dei motori delle pompe viene pertanto trascurato nel calcolo delle massime pressioni a cui è sottoposta la condotta.

Tubazione di distribuzione

Tubazione GS C40 DN150 PN16

Portata massima = 15 l/s

La prevalenza geodetica: 313,45 – 252,40 = 61,04 mt

Sovrappressione conseguenti a manovre di regolazione del sistema come da D.M. LL.PP. del 12.12.1985:

$\Delta H = 25$ m H_2O

A monte del primo riduttore la massima pressione in condotta risulta:

Pe = 61,04 + 25,00 = 86,04 ≅ 8,61 bar

La pressione di collaudo risulta:

Pc = Pe x 1,50 = 12,92 bar < PFA 16,00 bar

7. VERIFICA DIAMETRI TUBAZIONI DI DISTRIBUZIONE

Tubazione in GS DN150

VALUTAZIONE DELLA PORTATA Q

14,47 (senza f)

Portata media q = f· N · d/86400 = 15,19 l/s Fluttuanti+abitanti N = 5000 Dotazione giornaliera per abitante = 250 l/ab. g.

Percentuale incremento dovuta per perdite f = 5%

Port.massima consumo orario = **Q'** = q ·**c** = 36,23 l/s 0,0362 mc/s **c** (in letteratura secondo formule di vari autori varia da 2,25 a 2,52; valore medio = **2,39**

Gibbs = 1,21 Babbitt = 0,91 Ippolito-De Martino = 3,64

Richiesta aziende e/o industrie = 1,00 l/s 0,0010 mc/s media dei due = 1,06 media dei tre = 1,92

Q = **0,0372** mc/s

FORMULA APPROSSIMATA (DERIVATA DA QUELLA DI COLEBROOK e WHITE) per la ricerca del diametro D della tubazione dell'acquedotto

Q = 0,0372 mc/s portata **H** = m 90,25 perdita di carico **L** = m 830,00 lunghezza condotta

J = ΔH/L= 0,1087349 cadente piezometrica

$\Delta = (Q^2/gJ)^{1/5}$ = m 0,2646986806

= 5,E-03 m scabrezza assoluta della tubazione

= 1,14E-06 m²/s viscosità cinematica dell'acqua

Diametro minimo interno

$$D \approx \frac{\Delta}{[-\pi/\sqrt{2}\,\log(\varepsilon/1{,}77\Delta + 5{,}4\,\nu/(\Delta^{3/2}\sqrt{gJ}))]^{2/5}} \approx \text{m } \mathbf{0{,}147} \quad \mathbf{< DN\ 150}$$

controllo Δ/D ≈ 2,1 1,80

velocità media Vm = 2,20 m/s

controllo N_{RE} = 283524 (numero di Reynolds)

controllo resistenza tubazione λ= 0,0644 (coefficiente perdita di carico)

Formula di Darcy-Weisbach

J = (λ· Vm²)/(2· g· D) = 0,10873494 Perdita di carico distribuita (cadente piez.) in mH²O/m

108,73 m/km

VALORI DELLA SCABREZZA ASSOLUTA ε IN mm	
tubi lisci	0 ÷ 0,02
tubazioni in polietilene Ø fino a 200	0,01
tubazioni in polietilene Ø>200	0,05
tubazioni in acciaio nuove	0,05
tubazioni in acciaio vecchie	1 ÷ 3
tubazioni in ghisa nuove	0,15
tubazioni in ghisa vecchie	3 ÷ 5
tubazioni in cemento armato nuove	0,10÷0,15
tubazioni in cemento armato vecchie	2

VALORI VISCOSITA' CINEMATICA DELL'ACQUA m²/s	
0 °C	1,79E-06
4 °C	1,52E-06
10 °C	1,31E-06
15 °C	1,14E-06
20 °C	1,01E-06
30 °C	8,00E-07
40 °C	6,50E-07

Tubazione in GS DN125

VALUTAZIONE DELLA PORTATA Q

Portata media q = f· N · d/86400 = 7,23 (senza f) 7,60 l/s — Fluttuanti+abitanti N = 2500 — Dotazione giornaliera per abitante = 250 l/ab. g.

Percentuale incremento dovuta per perdite f = 5%

Port.massima consumo orario = **Q'** = q ·**c** = 18,12 l/s 0,0181 mc/s — **c** (in letteratura secondo formule di vari autori varia da 2,25 a 2,52; valore medio = **2,39**

Gibbs = 1,36 Babbitt = 1,05 Ippolito-De Martino = 4,18

Richiesta aziende e/o industrie = 1,00 l/s 0,0010 mc/s — media dei due = 1,20 — media dei tre = 2,20

Q = 0,0191 mc/s

FORMULA APPROSSIMATA (DERIVATA DA QUELLA DI COLEBROOK e WHITE) per la ricerca del diametro D della tubazione dell'acquedotto

Q = 0,0191 mc/s portata — **H** = m 52,50 perdita di carico — **L** = m 590,00 lunghezza condotta

J = ΔH/L= 0,0889831 cadente piezometrica

$\Delta = (Q^2/gJ)^{1/5}$ = m 0,2110360216

= 5,E-03 m scabrezza assoluta della tubazione

= 1,14E-06 m²/s viscosità cinematica dell'acqua

Diametro minimo interno

$$D \approx \frac{\Delta}{[-\pi/\sqrt{2}\,\log(\varepsilon/1{,}77\Delta + 5{,}4\,\nu/(\Delta^{3/2}\sqrt{gJ}))]^{2/5}} \approx \text{m } \mathbf{0{,}119}$$ **< DN 125**

controllo Δ/D ≈ 2,1 1,77

velocità media Vm = 1,71 m/s

controllo N_{RE} = 178866 (numero di Reynolds)

controllo resistenza tubazione λ= 0,0714 (coefficiente perdita di carico)

Formula di Darcy-Weisbach

J = (λ· Vm²)/(2· g· D) = 0,088983051 Perdita di carico distribuita (cadente piez.) in mH_2O/m

88,98 m/km

VALORI DELLA SCABREZZA ASSOLUTA ε IN mm	
tubi lisci	0 ÷ 0,02
tubazioni in polietilene Ø fino a 200	0,01
tubazioni in polietilene Ø>200	0,05
tubazioni in acciaio nuove	0,05
tubazioni in acciaio vecchie	1 ÷ 3
tubazioni in ghisa nuove	0,15
tubazioni in ghisa vecchie	3 ÷ 5
tubazioni in cemento armato nuove	0,10÷0,15
tubazioni in cemento armato vecchie	2

VALORI VISCOSITA' CINEMATICA DELL'ACQUA m²/s	
0 °C	1,79E-06
4 °C	1,52E-06
10 °C	1,31E-06
15 °C	1,14E-06
20 °C	1,01E-06
30 °C	8,00E-07
40 °C	6,50E-07

8. VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI IN GHISA SFEROIDALE

Di seguito sono riportate le verifiche relative alla stabilità delle condotte di progetto in ghisa sferoidale interrate.

Per l'analisi statica delle tubazioni in ghisa sferoidale è stata utilizzata la seguente normativa di riferimento:

- UNI EN 545: 2010 "Tubi, raccordi ed accessori in ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua"

Le sezioni più significative sono state scelte infatti con il criterio di individuare le condizioni staticamente più gravose tenendo presente che, in generale, quote di scorrimento particolarmente elevate determinano sforzi dovuti principalmente al peso proprio del terreno sovrastante, mentre quote di scorrimento superficiali inducono sollecitazioni causate prevalentemente dai veicoli in transito.

Il comportamento statico delle tubazioni in ghisa sferoidale interrate è riconducibile al modello delle tubazioni semi-rigide, in cui il carico verticale (terreno+sovraccarichi) è in parte assorbito dalla tubazione e in parte dal terreno di rinterro.

Il carico statico sulla tubazione e' stato calcolato secondo la normativa UNI EN 545: 2010.

Nel caso in esame sono state considerate delle tubazioni per acquedotto di classe 40 DN125, DN150 e DN200 con diametro esterno pari rispettivamente DNe 144 mm , DNe 170 mm e DNe222 mm.

In base alla norma UNI-EN 545:2010 la verifica delle tubazioni interrate in ghisa prevede il calcolo dell'ovalizzazione della tubazione sottoposta a carichi esterni verticali (terreno+sovraccarichi) e la verifica che essa non superi un valore massimo ammissibile, dipendente dal diametro nominale.

Essa, aumentando col DN, rimane ben al di sotto del valore che il rivestimento interno di malta cementizia può sopportare senza danno; comporta inoltre un coefficiente di sicurezza di 1,5 rispetto al limite elastico a flessione della ghisa sferoidale (500 MPa minimo), limitando la tensione nella parete del tubo a 330 MPa.

In base alla citata norma, la massima ovalizzazione si calcola con la seguente formula:

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

dove:

- Δcalc = ovalizzazione del tubo (%);
- K = coefficiente di appoggio = 0,096;
- Pe = carico del terreno (kN/m^2);
- Pt = carico dovuto al traffico (kN/m^2);
- S = rigidezza diametrale del tubo (kN/m^2);
- f = fattore di pressione laterale = 0,061;
- E'= modulo di reazione del terreno (kN/m^2); esso è pari a 1000, 2000 o 5000 kN/m^2 all'aumentare del grado di costipamento; si assume un valore E = 3500 kN/m^2 corrispondente a un medio livello di costipamento;

La pressione Pe, distribuita uniformemente sulla parete superiore del tubo lungo una distanza pari al diametro esterno, è calcolata seguendo il metodo del prisma di terra, con la formula seguente:

$$P_e = \gamma H$$

dove:

- H = altezza di ricoprimento (m);
- γ = peso specifico del terreno; la norma indica cautelativamente il valore di 20 kN/m^3;

La pressione Pt, distribuita uniformemente sulla parte superiore del tubo lungo una distanza pari al diametro esterno, è calcolata con la formula seguente:

$$P_t = 40 \cdot \frac{\beta}{H} \cdot (1 - 0{,}0002 \times DN)$$

dove:

- DN = diametro nominale (mm);
- β = fattore di correzione per carico dovuto al traffico (pari a 0,5 in campagna, 0,75 in strade a traffico leggero, 1,5 in strade principali); cautelativamente, si assume β = 1,5.

Sulla base di quanto sopra si sono ottenuti i seguenti valori di ovalizzazione:

Δ_{DN125} = 0,20 < Δ_{amm} = 1,60 % UNI EN 545: 2010

Δ_{DN150} = 0,31 < Δ_{amm} = 1,90 % UNI EN 545: 2010

Δ_{DN200} = 0,61 < Δ_{amm} = 2,50 % UNI EN 545: 2010

9. CRONOPROGRAMMA

Di seguito il cronoprogramma per l'esecuzione delle opere

CATEGORIA	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
ALLESTIMENTO DI CANTIERE												
SCAVI E RINTERRI												
TUBAZIONI E CALOTTAMENTI												
POZZETTI ED ATTREZZATURE IDRAULICHE												
RIPRISTINI												
ALLACCIAMENTI E CURVE												

10. ELENCO PREZZI UNITARI

Nella redazione del presente progetto sono stati applicati i Prezzi Unitari desunti dall'Elenco Prezzi Opere Pubbliche della Regione Piemonte Edizione 2020.
I prezzi per l'esecuzione dei lavori il cui prezzo non è presente nel succitato elenco sono stati desunti da apposite Analisi.

11. DISPONIBILITA' DELLE AREE

Le opere in progetto ricadono su strade di proprietà pubblica.

12. VINCOLI

Le opere a monte di Via per Comnago sono sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici. Ai sensi della Circolare del Presidente della Giunta regionale 31 agosto 2018, n. 3/AMB, l'intervento si sviluppa lungo strade esistenti e non si verifica modificazione del suolo se non per un brevissimo periodo e senza apprezzabili conseguenze per l'assetto idrogeologico e, pertanto, non è necessaria una specifica autorizzazione.

13. AUTORIZZAZIONI

La Società Acqua Novara.VCO S.p.A. ha ottenuto le seguenti autorizzazioni:

- TRENORD S.R.L. - AUTORIZZAZIONE ALL'ATTRAVERSAMENTO IN SOTTOPASSO FERROVIARIO AL KM 8+799,5 DELLA LINEA FERROVIARIA DOMODOSSOLA MILANO.
- ANAS S.P.A. – NULLA OSTA TECNICO ATTRAVERSAMENTO S.S. N° 33 "DEL SEMPIONE" IN COMUNE DI LESA (NO) AL KM 73+166,40.

14. VALUTAZIONE PREVENTIVA DI INTERESSE ARCHEOLOGICO

Le opere previste nel presente progetto dovranno essere sottoposte ad una valutazione preventiva di interesse archeologico vista la prossimità degli scavi alla Chiesa Parrocchiale San Giorgio e San Giovanni Battista di Lesa.

15. QUADRO TECNICO ECONOMICO

A) LAVORI

a1)	Importo Lavori	€	616.982,00		
a2)	Costo della sicurezza	€	17.880,00		
	IMPORTO LAVORI TOTALE	**€**	**634.862,00**	**€**	**634.222,00**

B) SOMME A DISPOSIZIONE

b1)	Per spese di Progettazione Preliminare e Definitiva	€	7.293,76		
b2)	Per spese di Progettazione Esecutiva e Sicurezza	€	13.467,00		
b3)	Per spese di Direzione Lavori e Sicurezza	€	30.872,00		
b4)	Per contributo Cassa Ingegneri 4%	€	2.065,31		
b5)	Oneri per spese generali	€	1.000,00		
b6)	Oneri per pratiche amministrative	€	1.500,00		
b7)	Spostamenti sottoservizi	€	15.000,00		
b8)	Per redazione VPIA	€	640,00		
b9)	Per assistenza archeologica	€	3.000,00		
b10)	Arrotondamento	€	299,93		
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	**€**	**75.138,00**	**€**	**75.138,00**
	IMPORTO COMPLESSIVO DELL'OPERA			**€**	**710.000,00**