REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI CUNEO

AUTORITÀ D'AMBITO n° 4 CUNEESE

UFFICIO TECNICO

COMUNE DI GUARENE_(CN)

SOCIETA' INTERCOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l.
P.zza Risorgimento, 1 - 12051 ALBA (CN)
tel. +39 0173.440366 - fax: +39 0173.293467
Impianto di depurazione Via Tanaro, 77 - 12040 GOVONE (CN)
tel. +39 0173.58494 - fax: +39 0173.58533
Impianto di depurazione Loc. Bauda, 43 SANTO STEFANO BELBO (CN)
http: www.sisiacque.it

DESCRIZIONE

Realizzazione nuovo sollevamento fognario in Loc. Biano nel Comune di Guarene (CN).

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA

ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

2

RELEASE	00 PRIMA EMISSIONE

PROGETTAZIONE

UFFICIO TECNICO SISI Srl

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A2470 Dott. Ing. Fabrizio Devalle

LIVELLO PROG.	STATO	LUOGO E DATA
S.F.T.E.	EMISSIONE PER CONSEGNA	ALBA (CN), 15/09/2023

SOCIETA' INTERCOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l.

REALIZZAZIONE NUOVO SOLLEVAMENTO FOGNARIO IN LOC. BIANO NEL COMUNE DI GUARENE.

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICO

RELAZIONE TECNICA	
ELABORATO N.	02

Alba, lì 15/09/2023

A cura di
Ufficio Tecnico SISI Srl
Govone- Fraz. Canove-
Via Tanaro 77
TEL: 0173-58494
@: impianto@sisiacque.it

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A2470 Dott. Ing. Fabrizio Devalle

Sommario

1. DIMENSIONAMENTO NUOVE OPERE IN PROGETTO 3
1.1 Portate Nere Bacino Loc. Biano 3
1.2 Dislivello Geodetico 5
1.3 Volume utile di accumulo 5
1.4 Dati caratteristici dell'impianto di sollevamento in progetto 5
1.5 Scaricatore di piena operativo a monte impianto 9
1.5.1 Verifica soglia di innesco sfioro 9
1.6 Verifica capacità di smaltimento rete fognaria consortile Guarene Est 10
1.7 Verifiche Statiche 11

1. DIMENSIONAMENTO NUOVE OPERE IN PROGETTO

1.1 Portate Nere Bacino Loc. Biano

Gli abitanti equivalenti gravanti sull'attuale impianto, ricostruiti in occasione del rinnovo dell'Autorizzazione allo scarico, sono quantificabili in n. 15 unità. Gli scarichi sono tutti esclusivamente di origine civile, con la presenza di un solo insediamento assimilabile.

Si tratta dell'Azienda Agricola SOTTERO Teobaldo (P.Iva 02149230043) con sede Legale in Guarene (CN)- Fraz. Biano 15.

Dalla scheda "dati tecnici" allegata all'istanza presentata dalla ditta a questa Società per l'ottenimento della relativa autorizzazione allo scarico risultano le seguenti informazioni:

- ✓ *Scarico acque reflue assimilabile alle domestiche in quanto proveniente da impresa agricola dedita esclusivamente alla coltivazione del fondo o alla silvicoltura, che esercita anche attività di trasformazione o valorizzazione della produzione agricola, inserita con carattere di normalità e complementarietà funzionale nel ciclo produttivo aziendale e con materia prima lavorata proveniente per almeno 2/3 esclusivamente dall'attività di coltivazione dei fondi di cui si abbia a qualunque titolo la disponibilità. Materia prima lavorata: UVA.*
- ✓ *N. Addetti : 01*
- ✓ *N. mesi di lavoro/anno: 01 (Non interpretabile come giornate consecutive);*
- ✓ *Quantità di acque scaricate in pubblica fognatura (nel periodo di massima produzione dello scarico): 8,5 l/d;*
- ✓ *Lo scarico è oggetto di decantazione in vasca (dimensioni 1,00 m x 1, 00 m x 1,00 m) prima dello scarico finale in fognatura comunale.*

Non disponendo di ulteriori dati tecnici qualitativi circa lo scarico in oggetto ed assumendo:

- *un quantitativo di BOD5 caratterizzante il refluo pari a 300 mg/l (massimo e ai sensi del DPR 19/10/2011 n. 227- periodo max produzione scarico);*
- *un quantitativo di acque reflue scaricate pari a 8,5 l/d (dichiarato dalla ditta);*

Ne deriva che il carico risultante da questo insediamento è assumibile pari a 2,55 g/d (nel periodo di max produzione dello scarico).

L'apporto in termini di a.e. derivante da questo insediamento è valutabile in 0,05 a.e. perciò ampiamente trascurabile.

Stante quanto sopra riportato, ai fini del dimensionamento considereremo come carico trattato la max potenzialità della fossa, pari a 25 a.e., come evidenziato in relazione AUA, agendo in tal modo in via conservativa e precauzionale.

La **portata media delle acque nere** viene calcolata con riferimento alla dotazione idrica che assumiamo pari a 250 litri/(ab*d).

Si ha pertanto:

$$Q_{mn}= \varphi*DI*P/86400$$

In cui:

- ✓ φ= Coefficiente di afflusso in fognatura, assunto pari a 0,8
- ✓ DI = Dotazione Idrica giornaliera assunta pari a 250 l/(ab*d)
- ✓ P = Numero di a.e. gravanti sull'impianto, pari a 25 unità

Ne deriva pertanto che:

$$Q_m= 0,8*(250)*25/86400= 0,058 \text{ l/s}$$

La **portata nera di punta** è data dalla relazione:

$$Q_{np}=Q_{nm}*C_p$$

In cui il Coefficiente di punta viene stimato con la relazione di P.Koch, usualmente adottata in letteratura:

$$C_p=a+b/[(Q_{nm})^{0,5}]$$

Dove:

- ✓ a è un coefficiente pari a 1,5
- ✓ b è un coefficiente pari a 2,5
- ✓ Q_{nm}=Portata nera media [l/s]

Ne deriva che C_p=11,87; per il Valore di C_p si è soliti assumere come limite massimo il valore di 3. Pertanto la Q_{np} sarà di 0,174 l/s.

1.2 Dislivello Geodetico

Il dislivello geodetico da superare viene determinato come differenza di quota tra la parte superiore del corpo pompa e il punto più alto della condotta premente. Nel caso specifico, viene assunto precauzionalmente pari a 34,5 metri circa (effettiva da rilievo pari a 34,10 metri).

1.3 Volume utile di accumulo

Il Volume utile di accumulo è sostanzialmente dato da quello previsto dalla nuova stazione di sollevamento che sostituirà l'attuale Imhoff (piuttosto ammalorata). Verrà installata una vasca di dimensioni in pianta di 1,65 m x 1,65 m x 2,85 m (dimensioni interne) completamente carrabile e realizzata in cls armato prefabbricato. Tenendo conto dello sfioro di emergenza che verrà realizzato nella nuova stazione di sollevamento, l'altezza utile è pari a 1,84 metri.

Ne deriva che il Volume utile di accumulo è pari a 5,01 mc.

Per quanto riguarda il tempo asciutto, si può affermare che:

- Essendo la portata in arrivo di calcolo **massima** (Q_{np}) pari a 0,174 l/s =0,000174 mc/s, ne deriva che il Volume utile di accumulo **massimo** corrisponde a 480 minuti di afflusso (circa 8 ore)- tempo massimo di riempimento a pompa spenta.

Per quanto riguarda il tempo piovoso, si può affermare che:

- la regolazione dello sfioro non sarà modificata rispetto a quanto attualmente autorizzato in A.U.A (Soglia di attivazione 12*Q_m, Portata di innesco 0,7 l/s). Ne deriva che il Volume utile di accumulo massimo corrisponde a 120 minuti di afflusso (circa 2 ore)- tempo massimo di riempimento a pompa spenta.

1.4 Dati caratteristici dell'impianto di sollevamento in progetto

Nella stazione di sollevamento saranno alloggiate due elettropompe, che non viaggeranno mai simultaneamente, in quanto una di esse avrà funzione esclusiva di riserva. Questo per ragioni di sicurezza gestionale e per consentire quindi la piena operatività dell'impianto anche qualora venisse meno il funzionamento di una elettropompa a causa di gravi avarie tecniche.

L'elettropompa scelta è la seguente: MP3090 HT 252. Essa ha una potenza Nominale di 4,3 KW- 380Volt- 50 Hz- Trifase. Si riporta di seguito la Curva caratteristica della pompa, con indicazione sulle ascisse della Portata espressa in [l/s] e sulle Ordinate della Prevalenza in [m].

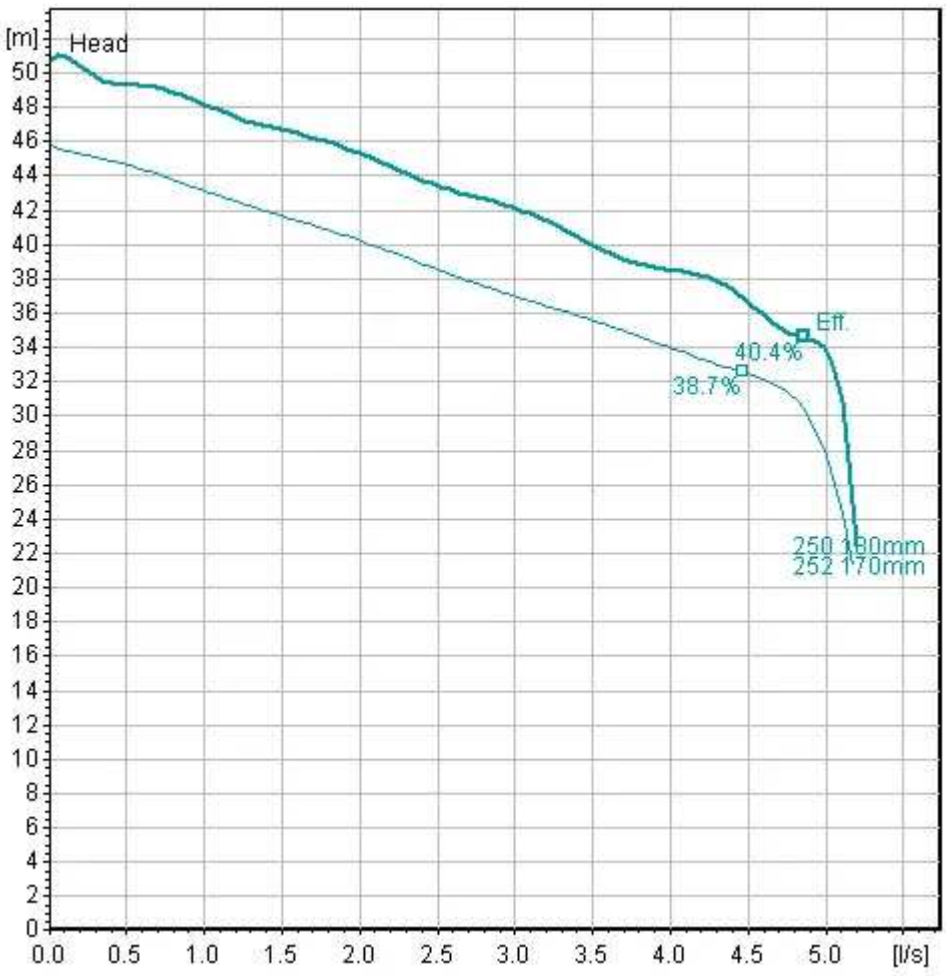

Figura 1: Curva Caratteristica Elettropompa

La lunghezza della tubazione di mandata è di circa 425 metri circa. Essa sarà realizzata in polietilene, D_e=75 mm PN16 (D_{int}=61,4 mm).

Le perdite di carico della tubazione in pressione (distribuite) vengono valutate con la formula di Hazen-Williams:

$$\Delta = J*L = [(10.675*Q^{1.852})/(C^{1.852}*D^{4.8704})] * L$$

In cui:

- C: Coefficiente di scabrezza, assumibile per le tubazioni in Polietilene pari a 150
- L: Lunghezza della condotta, nel caso specifico pari a 425 metri circa
- Q: Portata della condotta di progetto, che assumiamo pari a 2 l/s=0,002 mc/s
- D: Diametro della condotta in pressione, interno, nel caso specifico 0,0614 m

Sostituendo i Valori di cui sopra ne deriva che le perdite di carico risultano pari a 3,33 metri lungo la tratta di 425 m.

Nelle stesse condizioni di progetto, le stesse perdite valutate con la Formula di Coolebrook ammontano a **3,6** metri circa, per cui assumeremo tale valore lievemente più conservativo.

Per il calcolo delle perdite di carico localizzate si usa l'espressione $\Delta H_1=\alpha*V^2/(2*g)$, dove il coefficiente α dipende dal fatto che ci si trovi in corrispondenza di imbocco, sbocco o deviazione dall'asse. Il coefficiente α assume i seguenti valori:

- ✓ α=0,30 in corrispondenza del piede di accoppiamento (su mandata pompa)
- ✓ α=1 in corrispondenza dello sbocco (su collettore)
- ✓ α=0,5 in caso di curva a 90° (su collettore e mandata pompa)
- ✓ α=0,3 in caso di curva a 45° (su collettore)
- ✓ α=0,3 in caso di curva a 15° (su collettore)
- ✓ α=0,30 Valvola di ritegno (su mandata pompa)
- ✓ α=0,15 Saracinesca (su mandata pompa)

La condotta in oggetto presenta un imbocco, uno sbocco, 2 curve a 90° (1 su mandata pompa, 1 su collettore), si ipotizzano inoltre due curve a 45° e due curve a 15° (su collettore). Considereremo inoltre la presenza di una valvola di ritegno e una saracinesca.

Avremo pertanto un coefficiente complessivo pari a (0,3)+(1)+(0,5*2)+(0,3*2)+(0,3*2)+ (0,3)+ (0,15)= 3,95. Le perdite di carico concentrate saranno dunque valutabili pari a $\Delta H_{Loc}=\alpha*V^2/2g=$ $3,95*0,91^2/(2*9,81)=0,17$ m che assumeremo pari a 0,2 m.

Le perdite di carico totali saranno dunque corrispondenti alla somma di quelle distribuite e quelle localizzate e dunque pari a 3,8 metri.

Se sommiamo queste ultime al dislivello Geodetico da vincere, otteniamo una Prevalenza Totale pari a 38,3 metri.

Nel Grafico successivo si riporta il Punto di Lavoro dell'Elettropompa, i Rendimenti e le Potenze assorbite tipici della elettropompa in questione.

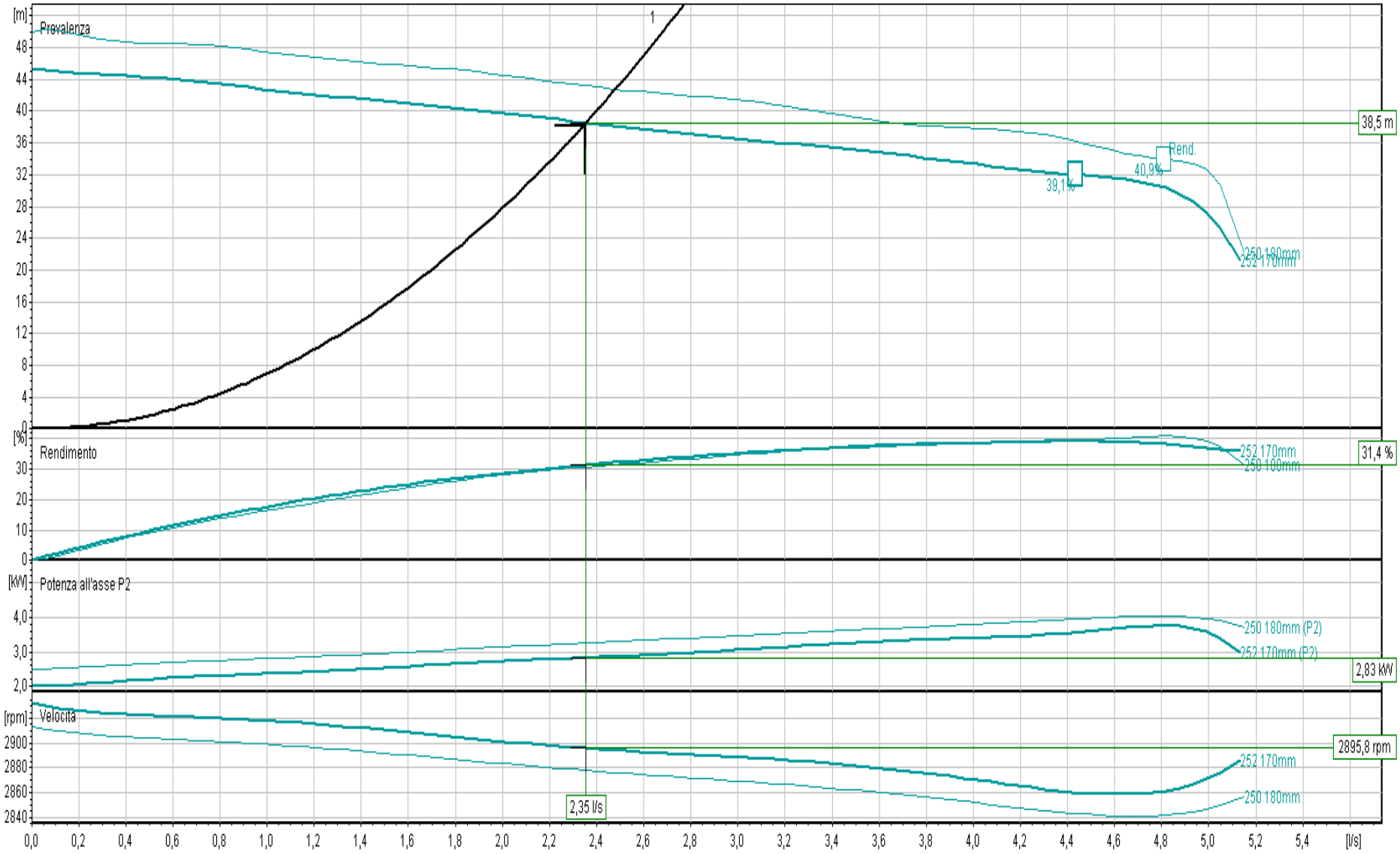

Figura 2: Curva Caratteristica Elettropompa

La velocità all'interno della tubazione viene determinata nel seguente modo:

$$V=Q/(0,785*D^2)= 0,00236/(0,785*0,0614^2)= 0,8 \text{ m/s}$$

Le norme prescrivono che la velocità di flusso pompato non dovrebbe risultare inferiore a 0,7/0,8 m/s, questo per evitare la formazione di depositi e non superiore a 1,5 m/s. Pertanto il valore di lavoro è ottimale.

Il tempo di svuotamento della vasca, considerando gli afflussi corrispondenti alla Portata media sarà il seguente:

5.010 [l] / (2,36-0,058) [l/s] = 2.176 s= 36,3 minuti circa

Il tempo di svuotamento della vasca, considerando gli afflussi corrispondenti alla Portata Nera di Punta, sarà il seguente:

5.010 [l] / (2,36-0,174) [l/s] = 2.292 s= 38,2 minuti circa

1.5 Scaricatore di piena operativo a monte impianto

Nel pozzetto di arrivo della fognatura comunale a monte del sollevamento di Guarene Loc. Biano è operativo uno sfioratore di piena di tipo laterale e dimensionato con soglia di attivazione superiore a **5*Q_m**.

1.5.1 Verifica soglia di innesco sfioro

La tubazione fognaria comunale in arrivo all'impianto presenta diametro interno pari a 500 mm; ed è realizzata in calcestruzzo. A scopo molto cautelativo si è assunta una pendenza di rete inferiore a quella realmente verificata.

Calcolando la portata a completo riempimento si ottiene il seguente valore:

$$Q_r=K_s*A*R^{(2/3)}*i^{(0.5)}= 0,233 \text{ mc/s} = 838,8 \text{ mc/h}$$

Dove:

- K_s = coefficiente di Strickler assunto pari a 67 (Assunzione molto cautelativa);

- $A = (\pi/4)*D^2 = 0,196\ m^2$
- R =raggio idraulico = D/4 = 0,125
- i = pendenza media della tubazione= 0,005 (Assunzione molto cautelativa)

Ipotizzando moto uniforme, dunque, calcoliamo l'altezza d'acqua corrispondente al transito della portata di 0,29 l/s (portata in arrivo dalla fognatura comunale che serve parte della Frazione).

$$Q_0/Q_r=1,044/838,8= 0,001$$

In corrispondenza delle scale di deflusso normalizzate, per sezione circolare, si ricava che:

$$h/r=0,02$$

da cui h_0, di moto uniforme, pari a 0,5 cm.

La soglia di sfioro, operativamente, è posta a cm 2 dal piano di scorrimento della tubazione fognaria, pertanto tale sfioro consentirà comunque il transito verso la stazione di sollevamento di una portata pari a 0,7 l/s **(pari a 12*Q_m)**.

1.6 Verifica capacità di smaltimento rete fognaria consortile Guarene Est

Il tratto di fognatura in pressione che verrà realizzato recapiterà in un pozzetto a servizio della rete consortile Guarene Est.

La rete consortile Guarene Est, fino oltre il punto di allacciamento coinvolto, è caratterizzata da pendenza molto marcata (Tanto è vero che è contraddistinta da numerosi pozzetti di salto per la dissipazione dell'energia cinetica del flusso fognario); è realizzata in fibrocemento ed ha De=300 mm.

Come portata di progetto, dai dati utilizzati nel Lavoro di Verifica di Bacino delle reti fognarie consortili risulta che nel tratto interessato, in termini di 5 volte la Portata media, transita una portata di 27,55 l/s con un tirante idrico di 57 mm e un grado di riempimento del collettore del 19% circa (Pendenza tratta 0,144 m/m).

L'immissione della portata aggiuntiva nella rete consortile nel punto di progetto, derivante dal sollevamento in questione (2,36 l/s), determinerebbe una portata media rivisitata (sempre in termini di 5*Q_m) pari a 29,91 l/s il che equivale a dire, stanti le caratteristiche geometriche del collettore, che il livello in condotta aumenterebbe di 4 mm. Ovviamente questo non determina alcuna problematica per la condotta recettrice.

1.7 Verifiche Statiche

Le tubazioni che verranno posate saranno in Polietilene ad elevata densità DE 75 PN16, PE100RC ad elevatissima resistenza alla fessurazione a triplo strato o doppio strato coestrusi, conformi alla norma UNI EN12201-2 e alla specifica tecnica PAS 1075 - per condotte fognarie in pressione - marcatura MARRONE per trasporto liquidi in pressione.

La tubazione avrà le seguenti caratteristiche tecniche:

- Diametro esterno pari a 75 mm;
- s=6,08 mm (Spessore della tubazione DN 75); r= (D-s)/2= (75-6,08)/2= 34,46 mm = 0,03446 m (Raggio medio della tubazione);
- Es= 6.900 KN/mq (modulo di elasticità del terreno che avvolge la tubazione);
- Et, istantaneo= 900.000 KN/mq (modulo di elasticità del materiale costituente la tubazione)
- Et, lungo termine= 225.000 KN/mq (modulo di elasticità del materiale costituente la tubazione)

A protezione dei tubi in pressione in polietilene DN 75 si prescrive un letto di posa in sabbia granita di cava accuratamente compattato dello spessore minimo di cm 10 ed un primo rinterro sempre in sabbia granita per almeno 15 cm al di sopra della generatrice superiore.

La verifica statica di una tubazione interrata consiste nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili, cioè compatibili con il materiale costituente la tubazione e con le esigenze di progetto.

Il criterio di verifica da adottare dipende dal comportamento della tubazione nei confronti della deformabilità, cioè dall'elasticità in sito. La distinzione tra struttura a comportamento rigido o flessibile viene effettuata per mezzo del coefficiente di elasticità in sito (n):

$$n=(E_s/E_t) * (r/s)^3$$

In cui:

- E_s= 6.900 KN/mq (modulo di elasticità del terreno che avvolge la tubazione);
- E_t, istantaneo= 900.000 KN/mq (modulo di elasticità del materiale costituente la tubazione).

Ne deriva che:

n = 1,4 quindi la tubazione ha comportamento flessibile.

Sottoporremo a verifica la sezione n. 18: (Posa al di sotto di Strada Comunale).

1.8.1 Calcolo dei Carichi dovuti al Rinterro [Sez.18]

Il carico dovuto al rinterro viene calcolato in maniera differente a seconda che la posa sia in trincea stretta o in trincea larga. Si dice che un tubo avente diametro esterno (D) sia posato in trincea stretta quando la larghezza della trincea (B) a livello della generatrice superiore del tubo e l'altezza del rinterro (H) al di sopra di questa generatrice soddisfano una delle seguenti relazioni:

$$B \leq 2D \text{ con } H \geq 1{,}5\ B$$
$$2D < B < 3D \text{ con } H \geq 3{,}5\ B$$

Si dice che un tubo è posato in trincea larga quando neanche una delle relazioni di cui sopra è verificata.

Valori di progetto Sezione :
D=0,075 m
B= 0,60 m
H=1,225 m

La tipologia di trincea risulta essere larga.

Il valore del carico verticale dovuto al rinterro nelle condizioni di posa in trincea larga è dato dalla formula:

$$Q_{ewt}=C_t*\Upsilon_t*D^2$$

Dove:

- Q_{ewt} è il carico verticale del tubo in N/m
- Υ_t è il peso specifico del rinterro in N/m^3 che assumiamo pari a 20.000 N/m^3
- D è il diametro esterno del tubo in metri;
- C_e è il coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga

Il coefficiente C_e è funzione del rapporto H/D, delle caratteristiche del terreno e delle modalità di posa; cautelativamente può essere calcolato tramite l'espressione sottostante

$$C_e = (0{,}1+1{,}68\ H/D) = 27{,}54$$

Che vale per H/D > 2,66

$Q_{ewt}=C_e*\Upsilon_t*D^2=$ 27,54*20.000*0,075^2= 3.098,25 N/m = 3,098 KN/m

1.8.2 Calcolo dei Carichi dovuti ai sovraccarichi mobili [Sez.18]

La normativa UNI 7517 fornisce la seguente espressione di stima dell'effetto di un sovraccarico mobile distribuito:

$$P_{din} = C_d*p_d*D*\varphi$$

Dove:

- P_{din} è il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo in N/m;
- C_d è il Coefficiente di sovraccarico mobile, funzione delle dimensioni dell'orma e dell'altezza H del rinterro;
- p_d è il sovraccarico mobile distribuito in N/m^2 assumibile pari a 49050 N/m^2;
- D è il diametro esterno del tubo in m;
- φ è il fattore dinamico

Per il mezzo cingolato, si può usare la seguente espressione di stima di C_d:

$$C_d=0{,}215\ H^{-1{,}489}=0{,}159$$

Il fattore dinamico per strade può essere calcolato con l'espressione φ=1+0.3/H (strade) ed è

quindi pari a 1,264.

Ne consegue che P_{din} dovuto all'effetto del sovraccarico mobile distribuito è pari a 739 N/m.

Per il convoglio LT6 si usa la seguente espressione:

$P_v=10700*H^{-1,518}$

L'effetto del sovraccarico mobile è in questo caso pari a $P_{vc}=P_v*D*\varphi$ quindi 745 N/m > 739 N/m pertanto assumeremo 745 N/m.

<u>Ne consegue che il carico assunto è pari a 0,745 KN/m.</u>

1.8.3 Calcolo del carico dovuto alla massa d'acqua contenuta dentro il tubo [Sez.18]

Il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo dovuto alla massa d'acqua contenuta nel tubo riempito per ¾ (P_a) è funzione del diametro interno e si calcola con la formula:

$$P_a=5788*Di^2$$

Nel caso specifico di tubi in pressione risulta pertanto P_a= 0,03256 KN/m

1.8.4 Calcolo del carico dovuto alla pressione idrostatica esterna [Sez.18]

Nel caso in oggetto non si è in presenza di canalizzazione posta sotto il livello della falda freatica.

1.8.5 Verifica Inflessione diametrale a lungo termine [Sez.18]

L'inflessione massima anticipata nella tubazione, con il 95% della probabilità, è fornita dalla seguente espressione:

$$\Delta y= [(D_{e*}Q_{ewt}+P_{din})*K_x*r^3] / [E_t*I + 0,061*K_{a*}E_{s*}r^3]+ \Delta a$$

In cui:

- Δy è l'inflessione verticale del tubo;
- D_e è il fattore di ritardo d'inflessione che tiene conto che il terreno continua a costiparsi nel tempo (che assumiamo pari a 2);
- Q_{ewt} è il carico verticale del suolo sul tubo per unità di lunghezza=133,4 [N/cm]
- P_{din} è il carico mobile sul tubo per unità di lunghezza [N/cm]
- $K_{x:}$ è il coefficiente di inflessione, che dipende dalla capacità di sostegno fornita dal suolo

all'arco inferiore d'appoggio del tubo. Per fondo sagomato con materiale di riempimento ben costipato ai fianchi del tubo (densità Proctor >=95%) è pari a 0,083;

- r è il raggio del tubo pari a (D-s)/2=3,446 [cm]
- E_t*I è il fattore di rigidità trasversale della tubazione [Ncm] con I=s^3/12
- E_s è il modulo elastico del Terreno=690 [N/cmq]
- K_a, Δa sono parametri che consentono di passare dall'inflessione media (50% di probabilità) all'inflessione massima caratteristica (frattile di ordine 0,95 della distribuzione statistica dell'inflessione). [Δa= 0 e Ka=0,75 per H≤ 4,9 m].

- Δy=0,171 cm

Nota la deformazione assoluta si calcola la deformazione relativa come rapporto fra Δy e il diametro esterno e ne deriva che la deformazione è del 2,27% (minore del 5% del Diametro iniziale della condotta, pertanto assolutamente accettabile)--> VERIFICA POSITIVA

1.8.6 Verifica all'Instabilità all'equilibrio elastico [Sez.18]

In una tubazione interrata, la pressione che determina l'instabilità elastica (pressione di buckling) dipende, non solamente dall'indice di rigidezza della tubazione ma anche dal modulo elastico del suolo che circonda la tubazione (Es) in quanto il sistema terreno-tubazione si comporta come una unica entità. L'espressione di stima della pressione ammissibile di buckling è:

$$q_a=(1/FS)*[32*R_w*B'*E_s*(E_t*I/D^3)]^{0,5}$$

FS: Fattore di progettazione pari a 2,5;

R_w: Fattore di spinta idrostatica della falda eventualmente presente R_w= 1-0,33*(H_w/H) con $0 \leq H_w \leq H$

H_w: Altezza della superficie libera della falda sulla sommità della tubazione;

B': Coefficiente empirico di supporto elastico B'=(1/(1+4*$e^{-0.213H}$))

RG: Indice di Rigidezza= E_t*I/D^3

I: Momento di Inerzia del tubo I=s^3/12

E_t = 900.000 KN/mq (modulo di elasticità del materiale costituente la tubazione a lungo termine)

Risulta:

- R_w=1
- H_w=0

- B'=0,245

$$q_a=(1/FS)*[32*R_w*B'*E_s*(RG)]^{0,5} =29,45\ N/cm^2$$

La verifica all'instabilità elastica si esegue confrontando la pressione ammissibile di buckling (q_a) con la risultante della pressione dovuta ai carichi esterni applicati in presenza di sovraccarichi mobili (pe):

$$P_e= \varphi_w*H_w+(R_w* Q_{ewt}/D)+ (P_{din}/D)$$

Dove:

φ_w: Peso specifico dell'acqua pari a 1000 N/mc; Per cui P_e= 5,12 N/cm^2

Deve risultare, per il soddisfacimento della verifica che $P_e \leq q_a$. VERIFICA POSITIVA.

1.8.7 Verifica della massima sollecitazione di flessione [Sez 18]

Nel caso di tubazioni in pressione la verifica consiste nell'accertare che la sollecitazione massima risultante dagli effetti combinati della pressione interna e dell'inflessione diametrale non ecceda la resistenza a flessione a lungo termine del manufatto ridotta di un fattore di sicurezza:

$$\sigma=((P_w*D)/(2*s))+D_f*E_t*(\Delta y/D)* (s/D) \leq \sigma_{lim}/\mu$$

In cui:

- ✓ σ: Tensione dovuta alla deflessione diametrale;
- ✓ P_w: Pressione massima interna
- ✓ S: spessore della tubazione
- ✓ D_f: Fattore di forma funzione dell'indice di Rigidezza (RG) della tubazione e delle caratteristiche geotecniche del rinterro (Composizione granulometrica e grado di costipamento) assunto pari a 6;
- ✓ E_t: modulo di elasticità a lungo termine del materiale costituente la tubazione;
- ✓ σ_{lim}: Tensione limite ultima (per il Polietilene assunta pari a 1700 N/cm^2);
- ✓ μ: Coefficiente di sicurezza, fissato di norma in 1,5.

$$\sigma=249 \leq 1700/1,5$$

Si ha che: σ=249 N/cm^2 $\leq$ 1.133 N/cm^2 VERIFICA POSITIVA

La deformazione massima dovuta ai carichi combinati è data da:

$$e=((P_w*D)/(2*E_t*s))+D_f*(\Delta y/D)*(s/D) \leq e_{lim}/\mu$$

Risulta che e=0,014 cm che è minore del 5% della deformazione accettabile della tubazione, ridotta del Coefficiente di sicurezza pertanto 0,014 < 0,21. VERIFICA POSITIVA