

**DISMISSIONE FOSSA IMHOFF STRADA TANARO
COMUNE DI VERDUNO****PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO****COMMITTENTE:**

SOCIETA' INTECOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l.
P.zza Risorgimento, 1 - 12051 ALBA (CN)
tel. +39 0173.440366 - fax: +39 0173.293467
http: www.sisiacque.it

IL PROGETTISTA:

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 – 12100 CUNEO (CN)
Tel. +39 0171.698381 – fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it

Dott. Ing. Fabrizio Saglietto

DESCRIZIONE**RELAZIONE IDRAULICA**

DATA		SCALA			ALLEGATO		
03.07.2017		/			2.3		
COMMESSA	livello	categoria	tipologia	revisione			
2016_010	PD/PE	RI	TXT	00			
00	03.07.2017	EMISSIONE PER CONSEGNA				BR.ER.	SA.FA.
REV.	DATA	DESCRIZIONE			REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

QUESTO PRODOTTO E' STATO REALIZZATO NEL RISPETTO DELLE REGOLE STABILITE DAL SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' E AMBIENTE CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2008 E ISO 14001:2004 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAL CERTIFICATO N° IT245261 E N° IT250310/UK

SOMMARIO

PREMESSA.....	2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
STATO DI FATTO ED INTERVENTI IN PROGETTO	2
VERIFICHE IDRAULICHE	3
Condotte a superficie libera	4
VERIFICHE STATICHE	6
Calcolo dei carichi	8
Verifiche per tubazioni flessibili.....	10

PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Definitivo / Esecutivo per i lavori di "Dismissione fossa Imhoff in strada Tanaro nel Comune di Verduno" affidato alla Società di Ingegneria Saglietto Engineering S.r.l., nella persona del sottoscritto Ing. Fabrizio Saglietto, il presente elaborato contiene le verifiche idrauliche relative alle portate di progetto, condotte in termini di riempimento della condotta e di velocità, e le verifiche statiche effettuate in funzione del materiale della condotta, della tipologia e della modalità di posa del rinterro.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli interventi in progetto sono redatti in conformità alla seguente Normativa specifica di settore (oltre a quella già indicata nella Relazione tecnica illustrativa):

- DIN 1072/1985-12 "Road and foot bridges; design loads";
- C950-88: AWWA "Standard for Fiberglass Pressure Pipe".

STATO DI FATTO ED INTERVENTI IN PROGETTO

Come descritto nella Relazione tecnica illustrativa gli interventi in progetto possono essere così sinteticamente riassunti:

- a) intercettazione della tubazione esistente a monte della Imhoff di Strada Tanaro e realizzazione di un nuovo pozzetto di intercettazione e di sfioro;
- b) realizzazione di un nuovo collettore fognario (con posa dei relativi pozzetti di ispezione) dello sviluppo complessivo di circa 683 m, realizzato in PEAD SN8 DE250 doppia parete corrugato interno, che a partire dal pozzetto di sfioro/intercettazione si collega alla fognatura di prossima realizzazione ad opera della Provincia di Cuneo (come da progetto esecutivo del luglio 2016 Rev A).

- c) realizzazione della condotta di sfioro tra il nuovo pozzetto e la fossa Imhoff esistente, ove si convoglia la portata sfiorata (eccedente la 5 Qm) prima del suo scarico nel corpo idrico.

VERIFICHE IDRAULICHE

I nuovi tratti di fognatura unitaria in progetto sono stati dimensionati sulla base delle stime di portata effettuate dal Gestore del servizio idrico. In particolare, a partire dalle portate nere desunte in riferimento ai consumi di acquedotto, sono state identificate le portate massime da convogliare in tempo di pioggia, pari al quintuplo della portata media di tempo secco (portate superiori sono escluse dalla presenza di un limitatore di portata a monte del nuovo collettore).

La seguente tabella riassume la potenzialità di trattamento e la portata reflua associata all'impianto di cui si prevede la dismissione:

Impianto	Potenzialità [A.E.]	Portata media ¹ [m ³ /d]
Verduno	70	24,5

La nuova fognatura, dovrà quindi convogliare le seguenti portate:

Tratta	Portata media ² [m ³ /d]	Portata massima ³ [m ³ /d]
Verduno	24,5	122,5

Il dimensionamento delle condotte descritto nel seguito è stato quindi effettuato rispetto alle portate medie e massima, assumendo che le punte giornaliere siano inferiori al quintuplo della portata media di tempo secco.

¹ Portata media di tempo secco calcolata con una dotazione cautelativa per il piccolo centro abitato di 350 l/d AE.

² Vedasi la nota precedente.

³ Portata massima in tempo di pioggia pari al quintuplo della portata media di tempo secco come definita alle note precedenti.

Condotte a superficie libera

Venendo ora alle verifiche idrauliche delle tubazioni con funzionamento a superficie libera, è stata allo scopo utilizzata la formula di Chèzy per correnti in moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

Q= portata defluente;

A= area della sezione liquida;

$$\chi = cR^{1/6};$$

con

c= coefficiente di scabrezza di Strickler, assunto pari a $50 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;

R= raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato) [m];

i = pendenza del fondo [m/m].

Nuovi tratti di fognatura unitaria

La tubazione scelta per veicolare detta portata è una condotta corrugata internamente in PEAD SN8 DE 250 (diametro interno 218 mm). Per quanto riguarda invece la pendenza del fondo, essa assume, nell'intero sviluppo della condotta, valori variabili tra 14,59% e 7,50%: tali valori risultano condizionati dalla morfologia locale e non sono pertanto modificabili (sono esistenti sia il punto di partenza sia il punto di arrivo delle nuove canalizzazioni).

Sulla base dei suddetti dati, a mezzo della relazione sopra riportata, sono stati ricavati per la portata media e massima i valori dell'altezza d'acqua, del grado di riempimento e delle velocità per i diversi tratti (definiti da una variazione di pendenza) e nelle condizioni geometriche e di funzionamento ipotizzate:

Distanza progressiva (m)		Portata media tempo secco [m ³ /h]	Diametro [cm]	Pendenza [%]	Altezza d'acqua [cm]	Grado di riempimento [%]	Velocità [m/s]
inizio	fine						
0	114,773	1,02	21,8	12,33	0,88	1,36	0,56
114,773	274,856			10,35	0,92	1,44	0,53
274,856	380,792			14,59	0,85	1,29	0,59
380,792	651,778			9,30	0,94	1,49	0,51
651,778	683,465			7,50	0,98	1,61	0,47

Distanza progressiva (m)		Portata massima 5Qm [m ³ /h]	Diametro [cm]	Pendenza [%]	Altezza d'acqua [cm]	Grado di riempimento [%]	Velocità [m/s]
inizio	fine						
0	114,773	5,10	21,8	12,33	1,85	4,10	0,93
114,773	274,856			10,35	1,93	4,36	0,87
274,856	380,792			14,59	1,78	3,87	0,98
380,792	651,778			9,30	1,98	4,53	0,84
651,778	683,465			7,50	2,09	4,89	0,78

Come si nota dai risultati sopra riassunti, sono rispettati i valori della percentuale di riempimento comunemente raccomandati dalla buona pratica costruttiva. Il diametro selezionato risulta pertanto adeguato.

Considerando invece che la velocità minima nelle fognature calcolata in tempo asciutto con la portata media non deve essere inferiore a 0,5m/s, si nota che tale condizione è soddisfatta nella quasi totalità dei tratti di condotta. Una minima autopulizia è comunque garantita dalle punte idrauliche (associate alla dimensione degli insediamenti serviti ed alle precipitazioni).

Pozzetto di sfioro

Lungo la condotta esistente, a monte della fossa Imhoff, verrà realizzato un nuovo pozzetto di sfioro in sostituzione dello scolmatore esistente, in modo da avviare verso il nuovo tratto di fognatura la portata massima di progetto (5Qm) e sfiorare la portata residua verso l'attuale fossa Imhoff. Il passaggio della portata eccedente attraverso la fossa Imhoff garantirà un trattamento ulteriore di abbattimento dei solidi sospesi prima dello scarico finale nel corpo idrico superficiale.

Nella tabella sottostante vengono riportati i calcoli dell'altezza in base alla quale verrà definita la soglia di sfioro della portata massima (5Qm). Inoltre sono stati svolti i calcoli del grado di riempimento e velocità all'interno della condotta esistente in PEAD a parete liscia DE 250mm SN8.

Pozzetto di sfioro	Portata massima 5Qm [m ³ /h]	Diametro [cm]	Pendenza [%]	Altezza d'acqua [cm]	Grado di riempimento [%]	Velocità [m/s]
Monte	5,10	23,54	3,5	1,90	3,81	0,86

Sulla base dei calcoli condotti, si ritiene opportuno posizionare lo sfioro ad un'altezza di 7cm in previsione di eventuali trasporti solidi ed in quanto risulta a favore di sicurezza rispetto ai calcoli in moto uniforme.

VERIFICHE STATICHE

La condotta soggetta a verifica è di tipo corrugato interno con macro scabrezze artificiali (tipo Artificial Macro Roughness) in PEAD SN8 DE250 (diametro interno 218mm) con macro scabrezze artificiali (tipo Artificial Macro Roughness), ottenute per ondulazione della parete interna della tubazione, atte a produrre perdite di carico del fluido tali da ridurre la velocità media. La tubazione avrà le seguenti caratteristiche:

- classe di rigidità anulare SN 8 (pari a 8 kN/mq) misurata secondo ISO 9969;
- $r = 0,017\text{m}$ (raggio medio della tubazione);
- $s = 0,016\text{m}$ (spessore della tubazione);

Pagina 6 di 13

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
 Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
 tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it
sagliettoengineering@gmail.com



- $E_s = 6900\text{kN/mq}$ (modulo di elasticità del terreno che avvolge la tubazione);
- E_t istantaneo = 900000kN/mq (modulo di elasticità istantaneo del materiale costituente la tubazione);
- E_t a lungo t = 225000kN/mq (modulo di elasticità a lungo t del materiale costituente la tubazione).

A protezione del tubo si prescrive l'esecuzione di un letto di posa in sabbia di tipo granitica di cava o di fiume di idonea granulometria (<10% di fini) accuratamente compattato dello spessore minimo di 15 cm ed un primo rinterro (sempre in sabbia) per almeno 15 cm al di sopra della generatrice superiore. La costipazione sarà eseguita solamente sui fianchi del tubo.

Il successivo rinterro della tubazione avverrà utilizzando il materiale precedentemente estratto che, da allegata relazione geologica, risulta essere limo argilloso-sabbioso coesivo (vagliato per escluderne eventuali trovanti ritenuti inidonei), opportunamente costipato.

Sarà infine mantenuto uno spazio libero in superficie per l'ultimo strato di terreno vegetale o per la formazione del sottofondo delle pavimentazioni.

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. Le verifiche delle tubazioni flessibili possono essere effettuate seguendo le indicazioni riportate nella norma AWWA (American Water Works Association) C950/88.

Il criterio di verifica da adottare dipende dal comportamento della tubazione nei confronti della deformabilità, cioè dall'elasticità in sito. La distinzione tra struttura rigida e flessibile viene effettuata tramite il coefficiente d'elasticità in sito (n):

$$n = \frac{E_s}{E_t} \cdot \left(\frac{r}{s}\right)^3$$

dove

E_s : modulo di elasticità del terreno che avvolge la tubazione;

E_t : modulo di elasticità istantaneo del materiale costituente la tubazione;

$r = (D-s)/2$ raggio medio della tubazione;

s : spessore della tubazione.

Valori di progetto:

$$E_s = 6900\text{kN/mq};$$

$$E_t = 900000\text{kN/mq};$$

$$r = 0,117\text{m};$$

$$s = 0.016\text{m}.$$

Risulta:

$$n = 3,00.$$

La tubazione interrata è flessibile (o deformabile) se risulta $n \geq 1$.

Calcolo dei carichi

Calcolo del carico dovuto al rinterro

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) è 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 della seguenti condizioni:

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

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

Si dice che un tubo è posato in trincea larga quando le relazioni fra B, D, H differiscono da quelle sopra indicate.

Valori di progetto:

$$D = 0,25\text{m};$$

$$B = 0,8\text{m};$$

$$H = 3,00\text{m}.$$

La tipologia di trincea risulta essere larga.

Per la posa in trincea larga il carico dovuto al rinterro (P_{ST}) viene valutato secondo la seguente espressione:

$$P_{ST} = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2$$

dove:

C_e : coefficiente funzione del rapporto H/D. Per rinfianco in materiale arido, sempre necessario per tubazioni flessibili:

$$C_e = \frac{H}{D}$$

γ_t : peso specifico del rinterro (saturo).

Valori di progetto:

$$C_e = 12;$$

$$\gamma_t \text{ (saturo)} = 21,0 \text{ kN/mc.}$$

Risulta:

$$P_{ST} = 15,75 \text{ kN/m.}$$

Calcolo del carico dovuto ai sovraccarichi mobili

Il calcolo del carico sulla generatrice superiore del tubo generato da un carico mobile agente in superficie viene calcolato tramite la seguente espressione:

$$P_{din} = p_v \cdot D \cdot \varphi$$

dove:

p_v : pressione verticale sulla generatrice superiore del tubo dovuta ai sovraccarichi mobili concentrati (N/mq). E' ricavabile da grafici forniti dalla norma DIN 1072 in funzione dell'altezza H e del carico per ruota (P) definito in base alle classi di carico HT (autocarro pesante) ed LT (autocarro leggero o ferroviario). Nel caso in oggetto si valuta il carico dovuto al transito di un convoglio LT6 a cui si attribuisce un carico per ruota di 10kN;

φ : coefficiente di incremento. Nel caso di traffico stradale e autostradale è dato da:

$$\varphi = 1 + \frac{0,3}{H}$$

per cui:

$$P_{din} = 0,67 \text{ kN/m.}$$

Calcolo del carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta dentro il tubo

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

$$P_a = 5788d^2$$

Valori di progetto:

$$d = 0,218\text{m.}$$

Risulta:

$$P_a = 0,28 \text{ kN/m.}$$

Calcolo del carico dovuto alla pressione idrostatica esterna

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

Verifiche per tubazioni flessibiliVerifica dell'inflessione diametrale a lungo termine

L'inflessione diametrale assoluta del tubo in senso verticale con il 95% della probabilità, è fornita dalla seguente formula:

$$\Delta y = \frac{(D_e \cdot P_{st} + P_{din}) \cdot K_x}{8 \cdot RG + 0,061 \cdot K_a \cdot E_s} + \Delta a$$

dove:

D_e : fattore di ritardo d'inflessione che tiene conto che il terreno continua a costiparsi nel tempo. Per rinterro poco profondo con grado di costipamento da moderato a elevato è pari a 2,0.

K_x : coefficiente d'inflessione che dipende dalla capacità di sostegno fornita dal suolo all'arco inferiore d'appoggio del tubo. Per fondo sagomato con materiale di riempimento moderatamente costipato ai fianchi del tubo (densità proctor $\geq 85\%$ e $< 95\%$) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso è pari a 0,103.

RG : indice di rigidezza = $\frac{E_t \cdot I}{D^3}$;

I : momento d'inerzia del tubo $I = \frac{s^3}{12}$;

E_t a lungo $t = 225000\text{kN/mq}$ (modulo di elasticità a lungo t del materiale costituente la tubazione);

K_a e Δ_a : 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). Per $H \leq 4,9$ m risultano $K_a = 0,75$ e $\Delta_a = 0$.

Risulta:

$$\Delta y = 0,91\text{cm.}$$

Nota la deformazione assoluta (Δy), si calcola la deformazione relativa come rapporto tra Δy ed il diametro esterno (D):

$$\frac{\Delta y}{D} = 3,65\%$$

La verifica è soddisfatta se il parametro $\Delta y/D$ non supera il 5% del diametro iniziale della condotta.

Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (Buckling)

In una tubazione interrata, la pressione che determina instabilità elastica ("pressione di buckling") dipende, non solamente dall'indice di rigidità della tubazione (RG), ma anche dal modulo elastico del suolo che circonda la tubazione (E_s) in quanto il sistema terreno-tubazione si comporta come un'unica entità. L'espressione di stima della pressione ammissibile di buckling (N/cm^2) è:

$$q_a = \left(\frac{1}{FS}\right) \cdot \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E_s \cdot \frac{E_t \cdot I}{D^3}\right)^{\frac{1}{2}}$$

dove:

FS : fattore di progettazione, pari a 2,5;

R_w : fattore di spinta idrostatica della falda eventualmente presente con:

$$R_w = 1 - 0,33 \frac{H_w}{H} \quad \text{con} \quad 0 \leq H_w \leq H;$$

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

B' : coefficiente empirico di supporto elastico

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \cdot e^{-0,213H}};$$

RG : indice di rigidità $= \frac{E_t \cdot I}{D^3}$;

I : momento d'inerzia del tubo $I = \frac{s^3}{12}$;

E_t a lungo t = 225000kN/mq (modulo di elasticità a lungo t del materiale costituente la tubazione).

Risulta:

$$R_w = 1;$$

$$H_w = 0;$$

$$B' = 0,32;$$

$$RG = 6000\text{N/mq};$$

Per cui:

$$q_a = 23,62 \text{ N/cm}^2.$$

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 (p_e):

$$p_e = \gamma_w \cdot H_w + \frac{R_w \cdot P_{st}}{D} + \frac{P_{din}}{D}$$

dove:

γ_w : peso specifico dell'acqua pari a 1000 N/mc.

Per cui:

$$p_e = 6,57 \text{ N/cm}^2.$$

Deve risultare $p_e \leq q_a$. La verifica è soddisfatta.

Verifica della sollecitazione massima di flessione

La sollecitazione massima di flessione che risulta dall'inflessione del tubo non deve eccedere la resistenza a flessione a lungo termine del prodotto, ridotta di un fattore di sicurezza. Dovrà cioè risultare:

$$\sigma = D_f \cdot E_t \cdot \frac{\Delta y}{D} \cdot \frac{s}{D} \leq \frac{\sigma_{lim}}{\mu}$$

dove:

σ : tensione dovuta alla deflessione diametrale;

RG: indice di rigidezza = $\frac{E_t \cdot I}{D^3}$;

Df: fattore di forma funzione dell'indice di rigidezza (RG) della tubazione e delle caratteristiche geotecniche del rinterro (composizione granulometrica e grado di costipamento);

E_t a lungo t: modulo di elasticità a lungo t del materiale costituente la tubazione;

σ_{lim} : tensione limite ultima;

μ : coefficiente di sicurezza, fissato di norma in 1,5.

Risulta:

$RG = 6000 \text{ N/mq}$;

$Df = 5.5$;

$E_t \text{ a lungo t} = 225000 \text{ kN/mq}$;

$\sigma = 276,51 \text{ N/cm}^2$;

$\sigma_{lim} = 2000 \text{ N/cm}^2$.

La verifica è soddisfatta.