



TENNACOLA SpA
SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

COLLETTAMENTO DEL VERSANTE EST DI MONTE SAN GIUSTO AL DEPURATORE GUAZZETTI DI MONTEGRANARO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA

PROGETTISTA
Dott.Ing. Sergio Paolucci

ELABORATO 3

Scala

Revisione

Data

Settembre 2019

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Generalità	3
1.2	Definizioni	4
2	DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI FOGNARI	5
2.1	Portata di tempo asciutto	5
2.2	Tracciati di progetto	9
2.3	Parametri di base per il dimensionamento dei collettori fognari	12
2.3.1	Collettore fognario principale (da picchetto n.77 a n.48)	12
2.3.2	Collettore fognario secondario	13
2.3.3	Collettore fognario principale (da picchetto n.48 a n.1)	14
2.4	Parametri idraulici	15
2.5	Dimensionamento degli scolmatori di piena	16
2.5.1	Generalità	16
2.5.2	Scolmatori di progetto	19
3	TABULATI DI CALCOLO COLLETTORI FOGNARI	29
3.1	Tabulati di calcolo collettore fognario principale	29
3.1.1	Dati di progetto	29
3.1.2	Risultati verifiche idrauliche	36
3.2	Tabulati di calcolo collettore fognario secondario	38
3.2.1	Dati di progetto	38
3.2.2	Risultati verifiche idrauliche	40
4	VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI INTERRATE	41
4.1	Generalità	41
4.2	Analisi del comportamento statico	43
4.3	Parametri di calibrazione del programma di calcolo	46
4.4	Risultati verifiche statiche	50

4.4.1	Collettore fognario principale.....	50
4.4.2	Collettore fognario secondario	51
5	ATTRAVERSAMENTI AEREI.....	53
5.1	Calcolo della massima inflessione del tubo di contenimento.....	53
5.1.1	Attraversamento Fosso delle Pitte.....	53
5.1.2	Attraversamento Rio Maggio e Fosso delle Fontanelle	54
5.1.3	Attraversamento fossato (picchetti n.70 e n.71)	55
5.2	Dimensionamento sistemi fondazioni profonde	56
5.2.1	Attraversamento Fosso delle Pitte.....	57
5.2.2	Attraversamento Rio Maggio e Fosso delle Fontanelle	58
5.2.3	Attraversamento fossato (picchetti n.70 e n.71)	59

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

Tra i problemi che la difesa idraulica di un territorio si pone sono da considerare, oltre a quelli vitali della difesa dalle inondazioni fluviali, anche quelli legati all'allontanamento delle acque piovane dalle superfici urbane e agrarie, al fine di consentire l'ordinato svolgimento delle attività, ed il collettamento delle acque cosiddette "nere".

I problemi idraulici che si pongono nella progettazione di una fognatura bianca, mista o nera, sono quelli relativi alla modellazione di un diffuso sistema di raccolta e di trasporto, con portate via via crescenti da monte verso valle fino al recapito finale. Il processo di moto che si svolge nel sistema di condotte della rete di raccolta e di adduzione è classicamente di moto vario, generalmente a superficie libera.

La descrizione del processo risulta di notevole impegno a causa della complessità della rete e della difficoltà di trattare in modo soddisfacente i fenomeni localizzati: confluenza di condotte, salti di fondo, dissipazioni, ecc.; con un'ulteriore difficoltà, cioè quella di determinare le portate affluenti dalla superficie scolante della rete con un determinato grado di precisione, conforme a quello che si può ottenere con il modello eventualmente usato per trattare il deflusso a moto vario della rete.

In altri termini, le diverse fasi del processo (ricerca degli elementi, loro traduzione in portate affluenti e successivamente loro elaborazione con un appropriato modello) devono presentare un uguale grado di affidabilità, giacché un raffinato procedimento matematico non renderebbe interessanti risultati se questi fossero determinati da non accurati elementi di ingresso.

In queste obiettive condizioni di difficoltà, il riferimento a schemi o modelli semplici rappresenta un modo di procedere pressoché obbligato, reso oltretutto necessario dal primo problema che si deve affrontare nella progettazione: assegnare le dimensioni alle opere e, nel caso trattato, la distribuzione dei diametri, delle pendenze, ecc.

Queste caratteristiche che si assegnano alla rete vengono poi consolidate o modificate successivamente, con procedimenti di verifica fondati anch'essi su schemi semplici e su una consolidata esperienza in materia.

L'impostazione che deriva da quanto enunciato in precedenza rende pertanto appropriato il riferimento ai modi più semplici di trattare il deflusso delle portate: il moto uniforme e quello permanente, da un lato; quello dei fenomeni localizzati ricorrenti come i salti di fondo o gli sfioratori dall'altro.

1.2 Definizioni

Per "impianto di fognatura" si intende il complesso di canalizzazioni, generalmente sotterranee, per raccogliere ed allontanare da insediamenti civili e/o produttivi le acque superficiali e quelle reflue provenienti dalle attività umane in generale. Le canalizzazioni funzionano a pelo libero; in tratti particolari il loro funzionamento può essere in pressione (condotte di mandata di stazioni di sollevamento, attraversamento con sifoni, ecc.)

Gli impianti di fognatura possono essere a "sistema separato" con distinti impianti per le acque bianche (meteoriche) e nere o a "sistema unitario o misto". Essi risultano strutturati nelle seguenti sezioni:

- ✓ Rete di raccolta: opere per la raccolta e il convogliamento delle acque nere e bianche nell'ambito delle aree servite;
- ✓ Impianti di trasporto: opere per il convogliamento delle acque agli impianti di depurazione (trasporto primario) e al recapito finale, o al loro riuso (trasporto secondario);
- ✓ Impianti di depurazione: insieme delle opere per il trattamento delle acque e per conferire loro caratteristiche compatibili con quelle del ricettore.

Una rete di fognatura può essere a "sistema misto" quando raccoglie nella stessa canalizzazione sia le acque di tempo asciutto che quelle di pioggia, e a "sistema separato" se le acque reflue vengono raccolte in un'apposita rete distinta da quella che raccoglie le acque superficiali.

Le canalizzazioni, in funzione del ruolo che svolgono, si distinguono in:

- ✓ Fogne: canalizzazioni elementari che raccolgono le acque provenienti da fognoli di allacciamento e/o caditoie, convogliandole poi ai collettori;
- ✓ Collettori: canalizzazioni costituenti l'ossatura principale della rete che raccolgono le acque provenienti dalle fogne e quelle eventualmente a essi addotte in modo diretto da caditoie. I collettori fognari confluiscono a loro volta in un emissario;
- ✓ Emissario: canale che, partendo dal termine della rete, addice le acque raccolte al recapito finale.

2 DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI FOGNARI

2.1 Portata di tempo asciutto

Generalmente le portate da considerarsi preliminarmente in fase di progetto sono quelle di origine meteorica. Esse sono da utilizzare per assegnare appropriate dimensioni all'insieme dei collettori di vario ordine che formano la rete di fognatura bianca.

In qualche circostanza, in dipendenza dello schema della rete, ad esse possono sommarsi le portate di scarico, dette portate nere, dei centri abitati e delle zone industriali, dando luogo alla fognatura mista, oppure possono distinguersi le due reti: bianca e nera. Nell'uno e nell'altro caso il calcolo delle portate nere massime procede dalla conoscenza di alcuni elementi relativi ai centri abitati, alla loro composizione e caratteristiche.

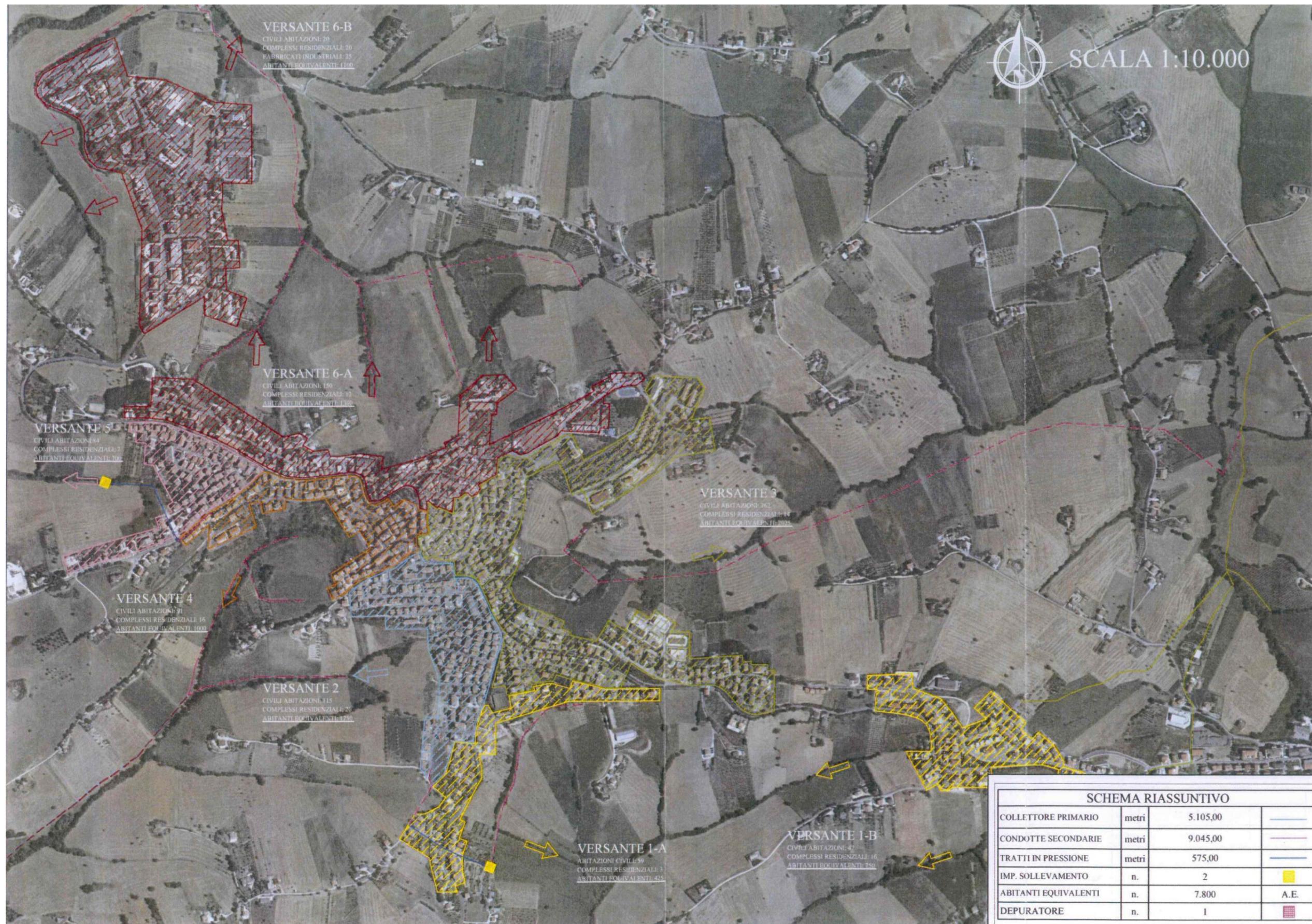
Naturalmente queste considerazioni sono basilari nel momento in cui si deve progettare una rete di fognatura ex novo o, per esempio, una estensione di una lottizzazione esistente.

In funzione di ciò si è preferito non trattare l'intera portata di fognatura che arriva a valle, ma collettare solamente le acque nere, come buona norma per la progettazione, e, attraverso scolmatori, scaricare le acque bianche non inquinanti nei canali a cielo aperto esistenti.

In questo modo la verifica idraulica ha riguardato solo i reflui delle portate di scarico del Versante n.3 di Monte San Giusto, per il cui calcolo è risultata necessaria la conoscenza delle caratteristiche medie dei liquami caratterizzanti il centro stesso.

Per la stima delle portate delle acque nere è necessario conoscere il numero di abitanti equivalenti che scaricano a monte della sezione considerata per il progetto e, naturalmente, la dotazione d'acqua prevista per abitante (cioè la portata media giornaliera nell'anno in litri/giorno·abitante).

In funzione di ciò, sulla base del numero di abitanti equivalenti presenti nel Comune di Monte San Giusto, suddivisi per versante (si veda a tal proposito la planimetria di seguito allegata), si è risaliti al carico gravante sul "Versante 3" interessato dal progetto: 2.025 residenti complessivi ripartiti in 262 abitazioni civili e 14 complessi residenziali. Considerate le caratteristiche del centro, si è stabilita una dotazione idrica per abitante di 250 l/gxab, oltre ad una componente di acque reflue dovute alle attività produttive stimata a 43,03 mc/g per il comparto considerato.



Estratto planimetrico aree di collettamento reflui Monte San Giusto (fonte: Tennacola S.p.a. anno 2012)

La portata erogata per abitante nel giorno di massimo consumo è pari alla dotazione idrica giornaliera già citata, moltiplicata per un coefficiente di punta ρ_g , al quale può essere ragionevolmente assegnato un valore dell'ordine di $1,2 \div 1,5$ valendo il coefficiente minore per grandi centri e quello maggiore per piccoli centri; nel caso specifico in relazione alle caratteristiche geografiche della zona e ai centri serviti si è assunto un valore a pari a 1,382 (riscontrabile dalla letteratura tecnica in materia).

Allo stesso modo, nell'ora di punta del giorno di massimo consumo, la portata erogata per abitante si assume pari a quella giornaliera del giorno stesso moltiplicata per un coefficiente di punta orario ρ_o , che ugualmente può essere assunto pari a 1,382 (riscontrabile sempre dalla letteratura tecnica), arrivando ad un coefficiente incrementativo complessivo pari a 1,91.

Si può inoltre stimare che la frazione d'acqua che giunge alla rete di fognatura sia circa l'80÷90% di quella erogata, con un coefficiente di deflusso " φ " assunto pari a 0,85.

Detta " d " la dotazione in l/g-ab e " N_x " il numero di abitanti equivalenti, attribuiti a ogni singolo scarico intercettato dai collettori fognari di progetto, il valore della portata media " Q_x ", in l/s, immessa in fogna da ognuno di essi è pari a:

$$Q_{8-11} = \frac{N_{8-11} \cdot d \cdot \varphi}{86400} = \frac{400 \cdot d \cdot \varphi}{86400} = 0,98 \text{ l/s} \quad \text{Scarichi n.8 e n.11}$$

$$Q_{9-10} = \frac{N_{9-10} \cdot d \cdot \varphi}{86400} = \frac{500 \cdot d \cdot \varphi}{86400} = 1,23 \text{ l/s} \quad \text{Scarichi n.9 e n.10}$$

$$Q_{12} = \frac{N_{12} \cdot d \cdot \varphi}{86400} = \frac{400 \cdot d \cdot \varphi}{86400} = 0,98 \text{ l/s} \quad \text{Scarico n.12}$$

$$Q_{13} = \frac{N_{13} \cdot d \cdot \varphi}{86400} = \frac{250 \cdot d \cdot \varphi}{86400} = 0,61 \text{ l/s} \quad \text{Scarico n.13}$$

$$Q_I = \frac{N_I \cdot d \cdot \varphi}{86400} = \frac{1'550 \cdot d \cdot \varphi}{86400} = 3,81 \text{ l/s} \quad \text{Portata scarichi sul collettore principale}$$

$$Q_{II} = \frac{N_{II} \cdot d \cdot \varphi}{86400} = \frac{475 \cdot d \cdot \varphi}{86400} = 1,17 \text{ l/s} \quad \text{Portata collettore secondario}$$

La portata di punta (Q'), espressa in l/s, immessa in ciascuno dei collettori oltre a quella totale a valle della confluenza del collettore secondario, considerando i coefficienti maggiorativi sopracitati, sarà di conseguenza:

$$Q'_I = \frac{N_I \cdot d \cdot \varphi \cdot \rho_g \cdot \rho_0}{86400} = \frac{1'550 \cdot d \cdot \varphi \cdot \rho_g \cdot \rho_0}{86400} = 7,28 \text{ l/s} \quad \text{Portata di punta scarichi sul collettore principale}$$

$$Q'_{II} = \frac{N_{II} \cdot d \cdot \varphi \cdot \rho_g \cdot \rho_0}{86400} = \frac{475 \cdot d \cdot \varphi \cdot \rho_g \cdot \rho_0}{86400} = 2,23 \text{ l/s} \quad \text{Portata di punta collettore secondario}$$

Al valore di portata sopra ottenuto, occorre poi sommare la corrispondente componente di acque reflue (Q") inerente le attività produttive caratterizzanti il versante menzionato. In attinenza al valore giornaliero riportato a pagina 5, e all'utilizzo dei coefficienti maggiorativi in precedenza introdotti, si ottiene:

$$Q''_I = 0,73 \text{ l/s} \quad \text{Portata di punta scarichi industriali sul collettore principale}$$

$$Q''_{II} = 0,22 \text{ l/s} \quad \text{Portata di punta scarichi industriali sul collettore secondario}$$

La portata nera complessiva convogliata nei collettori, risulta:

$$Q_{PN-I} = Q'_I + Q''_I = 8,01 \text{ l/s} \quad \text{Portata nera sul collettore principale}$$

$$Q_{PN-II} = Q'_{II} + Q''_{II} = 2,45 \text{ l/s} \quad \text{Portata nera collettore secondario}$$

La portata nera complessiva a valle dell'immissione del collettore secondario nel collettore principale (picchetto n.48) risulta essere:

$$Q_{PN} = Q_{PN-I} + Q_{PN-II} = 10,46 \text{ l/s}$$

Considerando, in funzione del dimensionamento di progetto e della successiva verifica, un transito nei collettori fognari di progetto pari a 4 volte la portata nera complessiva calcolata, moltiplicata per un coefficiente di contemporaneità pari a 0,8, si arriva ad un valore di calcolo della portata immessa in fognatura di:

$$Q_{3PN-I} = 4 \cdot Q_{PN-I} \cdot 0,8 = 25,63 \text{ l/s} \quad \text{Portata di progetto sul collettore principale}$$

$$Q_{3PN-II} = 4 \cdot Q_{PN-II} \cdot 0,8 = 7,84 \text{ l/s} \quad \text{Portata di progetto collettore secondario}$$

La portata di progetto complessiva a valle dell'immissione del collettore secondario nel collettore principale (picchetto n.48) risulta essere:

$$Q_{4PN} = 4 \cdot Q_{PN} \cdot 0,8 = 33,48 \text{ l/s} \quad \text{Portata di progetto}$$

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate e dei parametri di calcolo precedentemente indicati, si è arrivati a determinare, come sinteticamente illustrato di seguito, il diametro dei collettori fognari oggetto della presente progettazione.

La restituzione numerica di tali simulazioni è disponibile nei tabulati di calcolo riportati al capitolo 3.

Per il collettore fognario principale, di lunghezza complessiva pari a 2.458 ml, è necessario l'impiego di una condotta in gres ceramico DN 300. In corrispondenza degli attraversamenti aerei dei corsi d'acqua interferenti con il tracciato, si è previsto l'utilizzo di condotte in PVC SN8 De315, con guaine di protezione in acciaio DN450 e DN600.

Per il collettore secondario, di lunghezza complessiva pari a 150 ml, risulta invece necessario l'impiego di una condotta in PVC SN8 De315.

2.2 Tracciati di progetto

Collettore Principale

Il collettore principale avrà una lunghezza complessiva di 2.458 ml. e sarà interamente in gres ceramico di diametro nominale 300 mm a meno dei tratti in attraversamento aereo che saranno realizzati in PVC SN8 De315.

Il suo percorso inizierà intercettando il reticolo fognario esistente del Comune di Monte San Giusto in Via Lavatoio (picchetto n.78) all'altezza degli scarichi n.8 e n.11, così come censiti da Tennacola S.p.a., posti a quota terreno 158,885 m.s.l.m..

A monte di tale innesto viene prevista la posa di un pozzetto scolmatore, adeguatamente dimensionato per ricevere quota parte dei reflui del Comune stesso, previsto con il criterio che riversi nei corsi d'acqua superficiali l'eccesso di portata rispetto al valore di 3 volte la portata di punta giornaliera in tempo secco (relativa alla sezione immediatamente a monte del pozzetto scolmatore stesso).

In analogia, lo stesso collettore, lungo il suo tracciato, intercetterà altri tratti del reticolo fognario di Monte San Giusto, rispettivamente convoglianti i reflui agli scarichi n.9 e n.10 (picchetto n.73 a quota 158,890 m.s.l.m.), n.12 (picchetto n.65b a quota 142,490 m.s.l.m.) e n.13 (picchetto n.61b a quota 130,185 m.s.l.m.), così come

censiti da Tennacola S.p.a.. Anche a monte di tali punti di intercettazione verranno posati idonei pozzetti scolmatori.

Iniziato il suo percorso, la tubazione in gres ceramico DN300, dopo circa 144 ml., con pendenze comprese fra 0,8% e 6,0%, attraverserà "in aereo" un affluente del Rio Maggio per circa 26 ml, fra i picchietti n.70 e n.71, mediante tubazione in PVC SN8 De315 posta in guaina in acciaio autoportante DN600.

A protezione delle strutture portanti saranno previste opportune opere di difesa spondale (viminate).

Dopo ulteriori 400 ml. sempre in terreno agricolo, con pendenze comprese fra 2,2% e 8,0%, il collettore principale attraverserà il fosso Rio Maggio in subalveo per 6,40 ml., in corrispondenza del picchetto n.58 a quota 124,798 m.s.l.m., mediante tubazione in gres ceramico DN300 posta in guaina in acciaio DN500.

A questo punto, passato il tracciato in sponda sinistra, la tubazione principale proseguirà parallelamente al Rio Maggio per circa 1.290 ml., con pendenze comprese fra 0,2% e 5,7%. In tale tratto, dopo 785 ml dall'attraversamento del Rio Maggio e dopo 450 ml dal pozzetto di innesto del collettore secondario, la tubazione attraverserà in subalveo un fossato minore affluente dello stesso Rio, in corrispondenza del picchetto n.39b a quota 93,000 m.s.l.m., con l'utilizzo di tubo guaina in acciaio DN500, per complessivi 8,20 ml.

Il tracciato ripasserà in sponda destra, attraversando la strada vicinale del Vallone (picchetto n.27 a quota 82,721 m.s.l.m), mediante tubazione in gres ceramico DN300 in tubo guaina in acciaio DN500 per circa 6 ml., e successivamente mediante attraversamento aereo della zona di confluenza del fosso delle Fontanelle con il Rio Maggio, per complessivi 15 ml., fra i picchetti n.26 e n.25, rispettivamente a quote 82,586 e 82,027 m.s.l.m., con tubazione in PVC SN8 De315 in tubo guaina in acciaio autoportante DN450.

Per i successivi 270 m c.a. la tubazione proseguirà lungo una strada campestre, fino al picchetto n.16 a quota 77,628 m.s.l.m, con pendenze fra 0,3% e 2,6%, per poi attraversare in aereo il Fosso delle Pitte, per complessivi 8 ml. mediante tubazione in PVC SN8 De315 all'interno di tubo guaina autoportante in acciaio DN450.

Anche in questo caso, a protezione delle strutture portanti saranno previste opportune opere di difesa spondale (viminate).

La tubazione proseguirà per 230 m c.a. lungo stessa strada campestre fino al picchetto n.6 a quota 77,507 m.s.l.m. in corrispondenza della strada vicinale c.da San Tommaso, la quale, a causa del ridotto ricoprimento

sulla generatrice superiore del tubo, verrà attraversata con la protezione di un tubo guaina in acciaio DN500, per complessivi 25 m.

La tubazione proseguirà fino al termine del tratto in oggetto, corrispondente all'innesto sul collettore fognario esistente DN500, posto a quota 74,973 m.s.l.m., in terreno naturale per 92 ml. circa, con una pendenza massima del 2,9%.

Collettore Secondario

Il tratto del collettore secondario in questione avrà una lunghezza complessiva di 300 ml. e sarà interamente in PVC SN8 di diametro esterno 315 mm.

Il suo percorso inizierà in corrispondenza di un pozzetto esistente del reticolo fognario del centro abitato, in prossimità del complesso residenziale in Via Amendola (picchetto n.14a posto quota 160,00 m.s.l.m.), per terminare in corrispondenza del pozzetto di confluenza nel collettore principale (picchetto n.48 del collettore principale) posto a quota 109,635 m.s.l.m.

Data la presenza di un pendio fortemente acclive, con pendenze variabili fra 10% e 22% risulta necessario realizzare un numero adeguato di pozzetti di salto, oltre all'impiego di blocchi di ancoraggio, delle dimensioni dell'ordine di 70x70x70 cm, posizionati in adiacenza alla parete di monte dei pozzetti e comunque ogni 15 m nei tratti di condotta compresi fra due pozzetti successivi.

Per maggiori dettagli riguardanti il tracciato dei collettori fognari di progetto, la posizione dell'impianto di sollevamento e la rappresentazione grafica delle verifiche idrauliche effettuate, si rimanda alla consultazione dei seguenti elaborati progettuali:

4. Schema Idraulico Collettori Fognari Principale e Secondario
9. Corografia del Territorio
10. Planimetria Collettori Fognari Principale e Secondario
11. Profilo Collettori Fognari Principale e Secondario

2.3 Parametri di base per il dimensionamento dei collettori fognari

2.3.1 Collettore fognario principale (da picchetto n.77 a n.48)

1.1. Portata Civili	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Abitanti serviti (*)	1'550	ab.				
Dotazione idrica	250	l/abxg				
Coefficiente di contemporaneità	0.80	-				
Coefficiente di riduzione	0.85	-				
Afflusso in fognatura per abitante	212.50	l/abxg				
Portata media acque nere	329.38	mc/g	13.72	mc/h	3.81	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	629.11	mc/g	26.21	mc/h	7.28	l/s
Portata max adottata all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	2'013.12	mc/g	83.88	mc/h	23.30	l/s

(*) Popolazione residente al 31/12/2017 (fonte dati: ISTAT) afferente gli scarichi sul collettore principale

1.2. Portata Produttivi	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Portata media dell'industria	32.94	mc/g	1.37	mc/h	0.38	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	62.91	mc/g	2.62	mc/h	0.73	l/s
Portata max adottata all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	201.83	mc/g	8.41	mc/h	2.33	l/s

1.3. Portata Totale	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Portata media giornaliera	362.31	mc/g	15.10	mc/h	4.19	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	692.02	mc/g	28.83	mc/h	8.01	l/s
Portata max adottata all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	2'214.60	mc/g	92.27	mc/h	25.63	l/s

2.3.2 Collettore fognario secondario

1.1. Portata Civili	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Abitanti serviti	475	ab.				
Dotazione idrica	250	l/abxg				
Coefficiente di contemporaneità	0.80	-				
Coefficiente di riduzione	0.85	-				
Afflusso in fognatura per abitante	212.50	l/abxg				
Portata media acque nere	100.94	mc/g	4.21	mc/h	1.17	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	192.79	mc/g	8.03	mc/h	2.23	l/s
Portata max addotta all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	616.55	mc/g	25.69	mc/h	7.14	l/s

(*) Popolazione residente al 31/12/2017 (fonte dati: ISTAT) afferente lo scarico sul collettore secondario

1.2. Portata Produttivi	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Portata media dell'industria	10.09	mc/g	0.42	mc/h	0.12	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	19.28	mc/g	0.80	mc/h	0.22	l/s
Portata max addotta all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	60.82	mc/g	2.53	mc/h	0.70	l/s

1.3. Portata Totale	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Portata media giornaliera	111.03	mc/g	4.63	mc/h	1.29	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	212.07	mc/g	8.84	mc/h	2.45	l/s
Portata max addotta all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	677.28	mc/g	28.22	mc/h	7.84	l/s

2.3.3 Collettore fognario principale (da picchetto n.48 a n.1)

1.1. Portata Civili	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Abitanti serviti	2'025	ab.				
Dotazione idrica	250	l/abxg				
Coefficiente di contemporaneità	0.80	-				
Coefficiente di riduzione	0.85	-				
Afflusso in fognatura per abitante	212.50	l/abxg				
Portata media acque nere	430.31	mc/g	17.93	mc/h	4.98	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	821.90	mc/g	34.25	mc/h	9.51	l/s
Portata max addotta all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	2'629,32	mc/g	109,55	mc/h	30.43	l/s

1.2. Portata Produttivi	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Portata media dell'industria	43.03	mc/g	1.79	mc/h	0.50	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	82.19	mc/g	3.42	mc/h	0.95	l/s
Portata max addotta all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	262.66	mc/g	10.94	mc/h	3.04	l/s

1.3. Portata Totale	Valore	U.M.	Valore 2	U.M. 2	Valore 3	U.M. 3
Portata media giornaliera	473.34	mc/g	19.72	mc/h	5.48	l/s
Portata di punta (1,91 Qm)	904.09	mc/g	37.67	mc/h	10.46	l/s
Portata max addotta all'impianto in tempo di pioggia (4 Qp)	2'892,67	mc/g	120.53	mc/h	33.48	l/s

2.4 Parametri idraulici

I parametri idraulici considerati nelle verifiche idrauliche sono stati i seguenti:

- ✓ *Abitanti equivalenti*: esprime il numero di abitanti equivalenti associabili al nodo;
- ✓ *Dotazione idrica giornaliera*: associata ad ogni utente;
- ✓ *Coefficiente di dispersione* che tiene conto dell'aliquota di dotazione idrica che non raggiunge la fogna;
- ✓ *Coefficiente di restituzione* che rappresenta l'aliquota di dotazione idrica che raggiunge la fogna;
- ✓ *Coefficiente di punta*: coefficiente che rappresenta il rapporto tra la portata dell'ora considerata per il calcolo e la portata media giornaliera;
- ✓ *Lunghezza dei singoli tratti di collettore con caratteristiche omogenee*;
- ✓ *Pendenza dei singoli tratti di collettore* calcolato sulla base dei valori delle quote assegnate ai nodi estremi;
- ✓ *Sezione di calcolo*: serve a determinare, nei tratti verificati, la portata al colmo ed il corrispondente grado di riempimento;
- ✓ *Grado di riempimento*: serve per fissare un grado di riempimento massimo a cui può arrivare la corrente nella sezione di calcolo in oggetto;
- ✓ *Tipo di sezione*: nel caso di progetto sono state trattate sezioni chiuse che comprendono le sezioni circolari, ovoidali, a bocca normale, circolare con cunetta e ovoidale con cunetta.

A livello di risultati, per quanto riguarda le portate nere, si è optato per dare risalto idraulicamente alle seguenti grandezze:

- ✓ Portata;
- ✓ Grado di riempimento;
- ✓ Numero di Froude;
- ✓ Velocità critica;
- ✓ Altezza critica;
- ✓ Pendenza critica;
- ✓ Velocità.

2.5 Dimensionamento degli scolmatori di piena

2.5.1 Generalità

Nelle fognature miste si presenta talvolta, a seguito di eventi pluviometrici che eccedono un determinato limite, la possibilità di scaricare con uno scolmatore o uno sfioratore, prima del recapito finale, una parte della portata raccolta (acque bianche e nere) in un corso d'acqua ricettore posto a breve distanza dal tracciato.

La portata residua è avviata, a mezzo della condotta che prosegue, all'impianto di trattamento, generalmente dimensionato per trattare, in queste condizioni, un assegnato multiplo della portata nera intesa come portata media di tempo asciutto: cioè la portata nera convenientemente diluita. Il multiplo è anche detto coefficiente o grado di diluizione.

Ad esso si assegna un valore che dipende essenzialmente dalle caratteristiche del corpo idrico ricettore. In genere vengono ammessi gradi di diluizione "m" dell'ordine di 3÷4. Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche (art. 43 c.5) fissa un valore minimo pari a 4, come nel caso specifico.

Gli scolmatori delle reti miste di drenaggio urbano si suddividono in scolmatori a stramazzo laterale e in scolmatori a luce di fondo (non trattati nel caso specifico).

Scolmatori a stramazzo laterale

In questo tipo di scolmatore la condotta in arrivo presenta, a partire da una assegnata sezione, uno stramazzo laterale la cui soglia è posta a una quota tale che possa transitare senza sfiorare una portata pari a mQ_n , se con "m" si indica il grado di diluizione.

Quando la portata in arrivo supera il valore mQ_n , la parte eccedente affronta lo sfioratore decelerando lungo questo e determinando un rialzo del tirante idrico, sfiorando in un collettore parallelo per essere avviata al ricettore finale. In queste condizioni, la portata che viene mandata all'impianto di trattamento, se lo sfioratore non presenta una soglia particolarmente estesa (piccolo carico sulla soglia) è in qualche misura di poco superiore a mQ_n .

In linea del tutto generale, i tiranti idrici e le condizioni di efflusso lungo la soglia di sfioro possono essere definiti mediante due approcci: uno, di *tipo energetico* (De Marchi 1934), nell'ipotesi che le masse sfioranti non inducano sottrazioni di energia alla corrente che prosegue nel collettore ed uno basato sul *bilancio globale di*

quantità di moto (El Khashab e Smith, 1976) mediante il quale è possibile tenere conto anche degli effetti indotti dalla disuniformità delle distribuzioni di velocità e di pressione lungo il manufatto.

Facendo riferimento al primo approccio, l'applicazione richiede che risultino soddisfatte le seguenti ipotesi:

- a) E' necessario che lo stramazzo abbia uno sviluppo breve, in modo che la dissipazione di energia non differisca sensibilmente da quella assunta, ovvero la corrente deve essere assimilabile per l'intero tratto ad una corrente uniforme.
- b) E' necessario che in ogni sezione trasversale la distribuzione delle pressioni sia di tipo idrostatico e che i filetti fluidi e la superficie libera non presentino curvatura apprezzabile.

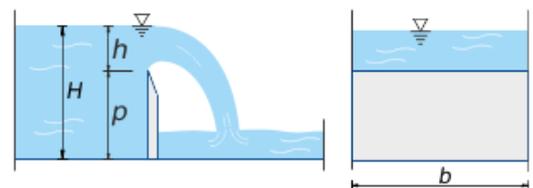
Noto che sia il valore della massima portata di progetto del collettore fognario (mQ_n) e il valore della lunghezza della soglia, il problema consiste nella determinazione dell'altezza minima da assegnare al petto dello stramazzo, affinché, in condizioni di tempo asciutto, il transito della portata mQ_n avvenga senza sfioro. Solamente a seguito di un determinato evento meteorico e pertanto di un apprezzabile incremento del coefficiente di diluizione m , si avrà lo sfioro della portata eccedente attraverso la soglia dello stramazzo.

L'altezza da assegnare al petto dello stramazzo (altezza di parete, P) risulterà coincidente o di poco superiore al valore dell'altezza di moto uniforme h_r corrispondente alla portata di progetto mQ_n (in seguito indicata con Q_r). Va innanzitutto ipotizzato che il massimo grado di riempimento della condotta ammissibile sia pari al 60%.

Sotto queste ipotesi, nota la lunghezza di sfioro b , supposta pari a 1 m, è possibile determinare l'altezza del petto di sfioro p risolvendo il seguente sistema a tre incognite, dove le incognite sono μ , h ed H . Il petto dello stramazzo si calcola come $p=h_0$ che si ottiene dalla legge di Chezy, dove Q_0 è la portata che deve defluire senza che lo sfioratore entri in funzione.

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot h^{3/2}$$

$$\mu = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \cdot \left(1 + 0,55 \cdot \frac{h^2}{H^2} \right)$$



(2.5.1)

La Q nella formula precedente in questo caso è Q_{4PN} i-esima, che è pari a 4 volte la portata nera di punta nel tratto considerato.

Tale sistema è risolvibile per iterazioni successive, fino alla convergenza.

2.5.2 Scolmatori di progetto

Intercettazione scarichi n.8 e n.11

Il progetto prevede l'inserimento al termine del collettore di acque miste esistente, prima dell'immissione nella fognatura da realizzare, l'inserimento di un pozzetto scolmatore del tipo a "stramazzo laterale" (immediatamente seguito da un pozzetto con sezione di abbattimento dei solidi grossolani prima del recapito in acque superficiali).

Considerando un valore della portata di calcolo pari a $0,00661 \text{ m}^3/\text{s}$ (6,61 l/s; $m=4$).

La convergenza di cui al sistema di equazioni 2.5.1 si ottiene per $p= 16,1 \text{ cm}$, $h= 1,9 \text{ cm}$, $H=18 \text{ cm}$ con grado di riempimento del collettore in entrata H/D pari al 60%.

L'altezza del petto dello stramazzo si sceglierà di poco superiore o uguale al valore del parametro determinato; nel caso specifico viene assunta pari a $0,165 \text{ m}$, al fine di evitare sfiori della portata di progetto a seguito di possibili turbolenze legate all'immissione nel pozzetto del refluo da convogliare.

Lo sfioratore laterale del pozzetto scolmatore sarà pertanto caratterizzato da una soglia di lunghezza pari a 1 m e da un'altezza di parete di $0,165 \text{ m}$.

Per maggiori dettagli riguardo al particolare costruttivo del pozzetto scolmatore in questione, si rimanda all'elaborato 12.3 Particolari costruttivi pozzetti.

Intercettazione scarichi n.9 e n.10

Il progetto prevede l'inserimento al termine del collettore di acque miste esistente, prima dell'immissione nella fognatura da realizzare, l'inserimento di un pozzetto scolmatore del tipo a "stramazzo laterale" (immediatamente seguito da un pozzetto con sezione di abbattimento dei solidi grossolani prima del recapito in acque superficiali). Considerando un valore della portata di calcolo pari a $0,00827 \text{ m}^3/\text{s}$ (8,27 l/s; $m=4$).

La convergenza di cui al sistema di equazioni 2.5.1 si ottiene per $p= 15,7 \text{ cm}$, $h= 2,3 \text{ cm}$, $H=18 \text{ cm}$ con grado di riempimento del collettore in entrata H/D pari al 60%.

L'altezza del petto dello stramazzo si sceglierà di poco superiore o uguale al valore del parametro determinato; nel caso specifico viene assunta pari a $0,16 \text{ m}$, al fine di evitare sfiori della portata di progetto a seguito di possibili turbolenze legate all'immissione nel pozzetto del refluo da convogliare.

Lo sfioratore laterale del pozzetto scolmatore sarà pertanto caratterizzato da una soglia di lunghezza pari a 1 m e da un'altezza di parete di $0,16 \text{ m}$.

Per maggiori dettagli riguardo al particolare costruttivo del pozzetto scolmatore in questione, si rimanda all'elaborato 12.3 Particolari costruttivi pozzetti.

Intercettazione scarico n.12

Il progetto prevede l'inserimento al termine del collettore di acque miste esistente, prima dell'immissione nella fognatura da realizzare, l'inserimento di un pozzetto scolmatore del tipo a "stramazzo laterale" (immediatamente seguito da un pozzetto con sezione di abbattimento dei solidi grossolani prima del recapito in acque superficiali).

Considerando un valore della portata di calcolo pari a $0,00661 \text{ m}^3/\text{s}$ (6,61 l/s; $m=4$).

La convergenza di cui al sistema di equazioni 2.5.1 si ottiene per $p= 16,1 \text{ cm}$, $h= 1,9 \text{ cm}$, $H=18 \text{ cm}$ con grado di riempimento del collettore in entrata H/D pari al 60%.

L'altezza del petto dello stramazzo si sceglierà di poco superiore o uguale al valore del parametro determinato; nel caso specifico viene assunta pari a $0,165 \text{ m}$, al fine di evitare sfiori della portata di progetto a seguito di possibili turbolenze legate all'immissione nel pozzetto del refluo da convogliare.

Lo sfioratore laterale del pozzetto scolmatore sarà pertanto caratterizzato da una soglia di lunghezza pari a 1 m e da un'altezza di parete di $0,165 \text{ m}$.

Per maggiori dettagli riguardo al particolare costruttivo del pozzetto scolmatore in questione, si rimanda all'elaborato 12.3 Particolari costruttivi pozzetti.

Intercettazione scarico n.13

Il progetto prevede l'inserimento al termine del collettore di acque miste esistente, prima dell'immissione nella fognatura da realizzare, l'inserimento di un pozzetto scolmatore del tipo a "stramazzo laterale" (immediatamente seguito da un pozzetto con sezione di abbattimento dei solidi grossolani prima del recapito in acque superficiali).

Considerando un valore della portata di calcolo pari a $0,00413 \text{ m}^3/\text{s}$ (4,13 l/s; $m=4$).

La convergenza di cui al sistema di equazioni 2.5.1 si ottiene per $p=16,7 \text{ cm}$, $h=1,3 \text{ cm}$, $H=18 \text{ cm}$ con grado di riempimento del collettore in entrata H/D pari al 60%.

L'altezza del petto dello stramazzo si sceglierà di poco superiore o uguale al valore del parametro determinato; nel caso specifico viene assunta pari a $0,17 \text{ m}$, al fine di evitare sfiori della portata di progetto a seguito di possibili turbolenze legate all'immissione nel pozzetto del refluo da convogliare.

Lo sfioratore laterale del pozzetto scolmatore sarà pertanto caratterizzato da una soglia di lunghezza pari a 1 m e da un'altezza di parete di $0,17 \text{ m}$.

Per maggiori dettagli riguardo al particolare costruttivo del pozzetto scolmatore in questione, si rimanda all'elaborato 12.3 Particolari costruttivi pozzetti.

Scolmatore collettore secondario

Il progetto prevede l'inserimento al termine del collettore di acque miste esistente, prima dell'immissione nella fognatura da realizzare, l'inserimento di un pozzetto scolmatore del tipo a "stramazzo laterale" (immediatamente seguito da un pozzetto con sezione di abbattimento dei solidi grossolani prima del recapito in acque superficiali).

Considerando un valore della portata di calcolo pari a $0,00785 \text{ m}^3/\text{s}$ (7,85 l/s; $m=4$).

La convergenza di cui al sistema di equazioni 2.5.1 si ottiene per $p=15,8 \text{ cm}$, $h=2,2 \text{ cm}$, $H=18 \text{ cm}$ con grado di riempimento del collettore in entrata H/D pari al 60%.

L'altezza del petto dello stramazzo si sceglierà di poco superiore o uguale al valore del parametro determinato; nel caso specifico viene assunta pari a $0,16 \text{ m}$, al fine di evitare sfiori della portata di progetto a seguito di possibili turbolenze legate all'immissione nel pozzetto del refluo da convogliare.

Lo sfioratore laterale del pozzetto scolmatore sarà pertanto caratterizzato da una soglia di lunghezza pari a 1 m e da un'altezza di parete di $0,16 \text{ m}$.

Per maggiori dettagli riguardo al particolare costruttivo del pozzetto scolmatore in questione, si rimanda all'elaborato 12.3 Particolari costruttivi pozzetti.

3 TABULATI DI CALCOLO COLLETTORI FOGNARI

3.1 Tabulati di calcolo collettore fognario principale

3.1.1 Dati di progetto

Nodi

Report di Eraclito



Nome Elemento	Coord. X m	Coord. Y m	Quota m	Coord. X Schema m	Coord. Y Schema m	Quota Schema m
P1	2408396.59	4788649.16	73.72	2408396.59	4788649.16	73.72
P2	2408366.44	4788646.14	74.63	2408366.44	4788646.14	74.63
P3	2408333.56	4788649.97	75.08	2408333.56	4788649.97	75.08
P4	2408305.47	4788650.26	75.23	2408305.47	4788650.26	75.23
P5	2408294.39	4788649.77	75.29	2408294.39	4788649.77	75.29
P6	2408280.01	4788649.09	76.26	2408280.01	4788649.09	76.26
P7	2408245.55	4788625.44	76.79	2408245.55	4788625.44	76.79
P8	2408218.43	4788592.66	76.93	2408218.43	4788592.66	76.93
P9	2408208.81	4788574.42	76.99	2408208.81	4788574.42	76.99
P10	2408199.02	4788556.61	77.06	2408199.02	4788556.61	77.06
P11	2408196.63	4788545.26	77.09	2408196.63	4788545.26	77.09
P12	2408196.63	4788524.90	80.07	2408196.63	4788524.90	80.07
P13	2408195.12	4788507.42	77.21	2408195.12	4788507.42	77.21
P14	2408180.76	4788502.83	77.26	2408180.76	4788502.83	77.26
P15	2408144.93	4788519.76	77.38	2408144.93	4788519.76	77.38
P16	2408136.16	4788519.63	77.41	2408136.16	4788519.63	77.41
P17	2408119.25	4788517.30	77.85	2408119.25	4788517.30	77.85
P18	2408092.16	4788517.04	78.57	2408092.16	4788517.04	78.57
P19	2408068.80	4788516.69	78.81	2408068.80	4788516.69	78.81
P20	2408053.50	4788516.43	78.96	2408053.50	4788516.43	78.96
P21	2408033.60	4788516.30	79.05	2408033.60	4788516.30	79.05
P22	2408014.44	4788517.04	79.14	2408014.44	4788517.04	79.14
P23	2407996.34	4788511.43	79.23	2407996.34	4788511.43	79.23
P24	2407921.87	4788494.34	79.43	2407921.87	4788494.34	79.43
P25	2407877.25	4788473.34	81.54	2407877.25	4788473.34	81.54
P26	2407869.23	4788484.74	81.71	2407869.23	4788484.74	81.71
P27	2407863.79	4788481.76	81.90	2407863.79	4788481.76	81.90
P28	2407852.40	4788483.86	82.30	2407852.40	4788483.86	82.30
P29	2407814.81	4788470.67	84.18	2407814.81	4788470.67	84.18
P30	2407771.03	4788457.01	85.23	2407771.03	4788457.01	85.23
P31	2407746.97	4788445.68	85.53	2407746.97	4788445.68	85.53
P32	2407720.32	4788435.22	85.86	2407720.32	4788435.22	85.86
P33	2407691.54	4788416.23	86.41	2407691.54	4788416.23	86.41
P34	2407658.15	4788396.71	87.14	2407658.15	4788396.71	87.14
P35	2407605.51	4788367.19	88.30	2407605.51	4788367.19	88.30
P36	2407570.40	4788349.73	88.91	2407570.40	4788349.73	88.91
P37	2407537.62	4788342.27	89.44	2407537.62	4788342.27	89.44
P38	2407498.37	4788330.27	89.54	2407498.37	4788330.27	89.54
P39	2407445.00	4788336.67	90.41	2407445.00	4788336.67	90.41
P40	2407389.22	4788329.74	92.24	2407389.22	4788329.74	92.24
P41	2407345.25	4788319.95	94.61	2407345.25	4788319.95	94.61
P42	2407311.86	4788306.02	95.69	2407311.86	4788306.02	95.69
P43	2407267.44	4788262.07	96.81	2407267.44	4788262.07	96.81
P44	2407235.76	4788242.81	99.35	2407235.76	4788242.81	99.35
P45	2407198.60	4788222.54	102.83	2407198.60	4788222.54	102.83
P46	2407153.32	4788192.97	104.20	2407153.32	4788192.97	104.20
P47	2407099.77	4788165.61	104.87	2407099.77	4788165.61	104.87
P48	2407024.09	4788142.29	108.04	2407024.09	4788142.29	108.04

Nodi

Report di Eraclito



Nome Elemento	Coord. X m	Coord. Y m	Quota m	Coord. X Schema m	Coord. Y Schema m	Quota Schema m
P49	2406983.05	4788124.63	110.31	2406983.05	4788124.63	110.31
P50	2406947.35	4788106.18	111.80	2406947.35	4788106.18	111.80
P51	2406914.28	4788088.93	113.62	2406914.28	4788088.93	113.62
P52	2406876.49	4788079.97	117.69	2406876.49	4788079.97	117.69
P53	2406849.22	4788071.08	117.58	2406849.22	4788071.08	117.58
P54	2406808.94	4788047.51	120.24	2406808.94	4788047.51	120.24
P55	2406789.94	4788019.83	120.70	2406789.94	4788019.83	120.70
P56	2406769.80	4787992.68	122.06	2406769.80	4787992.68	122.06
P57	2406757.03	4787963.45	122.76	2406757.03	4787963.45	122.76
P58	2406760.21	4787957.65	123.81	2406760.21	4787957.65	123.81
P59	2406756.21	4787939.23	125.07	2406756.21	4787939.23	125.07
P60	2406723.54	4787924.76	127.37	2406723.54	4787924.76	127.37
P61	2406704.09	4787922.36	128.94	2406704.09	4787922.36	128.94
P61b	2406687.65	4787914.79	130.43	2406687.65	4787914.79	130.43
P62	2406664.51	4787904.25	132.46	2406664.51	4787904.25	132.46
P63	2406616.53	4787886.13	135.12	2406616.53	4787886.13	135.12
P64	2406585.11	4787874.76	138.15	2406585.11	4787874.76	138.15
P65	2406566.45	4787874.94	139.99	2406566.45	4787874.94	139.99
P65b	2406556.64	4787875.78	141.24	2406556.64	4787875.78	141.24
P66	2406535.39	4787878.67	143.54	2406535.39	4787878.67	143.54
P67	2406498.25	4787884.93	144.37	2406498.25	4787884.93	144.37
P68	2406477.06	4787890.71	144.85	2406477.06	4787890.71	144.85
P69	2406447.14	4787894.26	146.35	2406447.14	4787894.26	146.35
P70	2406410.78	4787898.59	151.17	2406410.78	4787898.59	151.17
P71	2406385.50	4787901.00	153.11	2406385.50	4787901.00	153.11
P72	2406352.28	4787916.23	155.93	2406352.28	4787916.23	155.93
P73	2406330.91	4787921.71	157.64	2406330.91	4787921.71	157.64
P74	2406300.69	4787932.06	157.88	2406300.69	4787932.06	157.88
P75	2406289.49	4787944.40	158.00	2406289.49	4787944.40	158.00
P76	2406274.38	4787958.37	158.15	2406274.38	4787958.37	158.15
P77	2406281.67	4787972.93	0.00	2406281.67	4787972.93	0.00

Topologia nodi di progetto



Nome Elemento	Sezione	Nome del Nodo Iniziale	Nome del Nodo Finale
T1	Chiusa	P1	P2
T2	Chiusa	P2	P3
T3	Chiusa	P3	P4
T4	Chiusa	P4	P5
T5	Chiusa	P5	P6
T6	Chiusa	P6	P7
T7	Chiusa	P7	P8
T8	Chiusa	P8	P9
T9	Chiusa	P9	P10
T10	Chiusa	P10	P11
T11	Chiusa	P11	P12
T12	Chiusa	P12	P13
T13	Chiusa	P13	P14
T14	Chiusa	P14	P15
T15	Chiusa	P15	P16
T16	Chiusa	P16	P17
T17	Chiusa	P17	P18
T18	Chiusa	P18	P19
T19	Chiusa	P19	P20
T20	Chiusa	P20	P21
T21	Chiusa	P21	P22
T22	Chiusa	P22	P23
T23	Chiusa	P23	P24
T24	Chiusa	P24	P25
T25	Chiusa	P25	P26
T26	Chiusa	P26	P27
T27	Chiusa	P27	P28
T28	Chiusa	P28	P29
T29	Chiusa	P29	P30
T30	Chiusa	P30	P31
T31	Chiusa	P31	P32
T32	Chiusa	P32	P33
T33	Chiusa	P33	P34
T34	Chiusa	P34	P35
T35	Chiusa	P35	P36
T36	Chiusa	P36	P37
T37	Chiusa	P37	P38
T38	Chiusa	P38	P39
T39	Chiusa	P39	P40
T40	Chiusa	P40	P41
T41	Chiusa	P41	P42
T42	Chiusa	P42	P43
T43	Chiusa	P43	P44
T44	Chiusa	P44	P45
T45	Chiusa	P45	P46
T46	Chiusa	P46	P47

Segmenti

Report di Eradito



Nome Elemento	Sezione	Nome del Nodo Iniziale	Nome del Nodo Finale
T47	Chiusa	P47	P48
T48	Chiusa	P48	P49
T49	Chiusa	P49	P50
T50	Chiusa	P50	P51
T51	Chiusa	P51	P52
T52	Chiusa	P52	P53
T53	Chiusa	P53	P54
T54	Chiusa	P54	P55
T55	Chiusa	P55	P56
T56	Chiusa	P56	P57
T57	Chiusa	P57	P58
T58	Chiusa	P58	P59
T59	Chiusa	P59	P60
T60	Chiusa	P60	P61
T61	Chiusa	P61	P61b
T61b	Chiusa	P61b	P62
T62	Chiusa	P62	P63
T63	Chiusa	P63	P64
T64	Chiusa	P64	P65
T65	Chiusa	P65	P65b
T65b	Chiusa	P65b	P66
T66	Chiusa	P66	P67
T67	Chiusa	P67	P68
T68	Chiusa	P68	P69
T69	Chiusa	P69	P70
T70	Chiusa	P70	P71
T71	Chiusa	P71	P72
T72	Chiusa	P72	P73
T73	Chiusa	P73	P74
T74	Chiusa	P74	P75
T75	Chiusa	P75	P76
T76	Chiusa	P76	P77

Topologia segmenti di progetto



Parametri Idraulici nei Segmenti con sezione Chiusa

Nome Elemento	Lunghezza m	Pendenza	% Riempimento	Formula	Tipo Scabrezza	Scabrezza	Forma Sezione	Raggio Sezione m
T1	31.00	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T2	33.20	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T3	28.10	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T4	11.00	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T5	14.50	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T6	41.80	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T7	42.40	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T8	20.60	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T9	20.60	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T10	11.75	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T11	20.10	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T12	17.15	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T13	15.15	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T14	39.80	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T15	8.00	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T16	17.30	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T17	27.10	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T18	23.15	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T19	15.35	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T20	19.90	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T21	19.25	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T22	18.80	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T23	76.60	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T24	48.90	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T25	13.95	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T26	5.75	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T27	11.60	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T28	40.40	0.05	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T29	46.20	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T30	26.10	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T31	28.70	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15



Parametri Idraulici nei Segmenti con sezione Chiusa

Nome Elemento	Lunghezza m	Pendenza	% Riempimento	Formula	Tipo Scabrezza	Scabrezza	Forma Sezione	Raggio Sezione m
T32	34.20	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T33	39.00	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T34	59.50	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T35	40.00	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T36	33.90	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T37	40.70	0.00	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T38	54.00	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T39	56.25	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T40	44.90	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T41	35.60	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T42	62.60	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T43	37.15	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T44	42.90	0.06	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T45	53.20	0.03	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T46	60.40	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T47	79.65	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T48	45.10	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T49	40.00	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T50	37.00	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T51	38.75	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T52	28.50	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T53	47.00	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T54	33.20	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T55	33.80	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T56	31.91	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T57	6.40	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T58	19.00	0.04	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T59	35.90	0.05	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T60	19.40	0.06	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T61	18.00	0.06	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T61b	25.80	0.05	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15



Parametri Idraulici nei Segmenti con sezione Chiusa

Nome Elemento	Lunghezza m	Pendenza	% Riempimento	Formula	Tipo Scabrezza	Scabrezza	Forma Sezione	Raggio Sezione m
T62	51.30	0.05	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T63	33.10	0.07	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T64	19.05	0.07	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T65	9.50	0.07	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T65b	21.56	0.07	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T66	37.50	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T67	21.80	0.02	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T68	30.00	0.05	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T69	36.90	0.08	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T70	25.40	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T71	36.50	0.06	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T72	22.20	0.05	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T73	32.05	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T74	16.05	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T75	21.00	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T76	16.00	0.01	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15

Parametri idraulici segmenti con sezione chiusa

3.1.2 Risultati verifiche idrauliche

Risultati delle Portate Nere sui Segmenti		Report di Eraclito					
Nome Elemento	Portata l/s	% Riempimento	Num. Froude	Altezza Critica m	Pendenza Critica	Velocità Critica m/s	Velocità m/s
T1	33.48	0.23	2.94	0.12	0.00	0.94	2.03
T2	33.48	0.28	2.01	0.12	0.00	0.94	1.55
T3	33.48	0.36	1.27	0.12	0.00	0.94	1.11
T4	33.48	0.36	1.27	0.12	0.00	0.94	1.12
T5	33.48	0.36	1.27	0.12	0.00	0.94	1.12
T6	33.48	0.28	1.96	0.12	0.00	0.94	1.52
T7	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T8	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T9	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T10	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T11	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T12	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T13	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T14	33.48	0.41	0.96	0.12	0.00	0.94	0.91
T15	33.48	0.42	0.95	0.12	0.00	0.95	0.91
T16	33.48	0.24	2.77	0.12	0.00	0.94	1.95
T17	33.48	0.24	2.77	0.12	0.00	0.94	1.95
T18	33.48	0.30	1.73	0.12	0.00	0.94	1.39
T19	33.48	0.30	1.73	0.12	0.00	0.94	1.39
T20	33.48	0.37	1.18	0.12	0.00	0.94	1.06
T21	33.48	0.37	1.18	0.12	0.00	0.94	1.06
T22	33.48	0.37	1.18	0.12	0.00	0.94	1.06
T23	33.48	0.44	0.86	0.12	0.00	0.94	0.85
T24	33.48	0.25	2.60	0.12	0.00	0.94	1.86
T25	33.48	0.30	1.87	0.12	0.00	0.95	1.47
T26	33.48	0.22	3.18	0.12	0.00	0.94	2.15
T27	33.48	0.22	3.18	0.12	0.00	0.94	2.15
T28	33.48	0.21	3.69	0.12	0.00	0.94	2.40
T29	33.48	0.25	2.59	0.12	0.00	0.94	1.86
T30	33.48	0.29	1.86	0.12	0.00	0.94	1.46
T31	33.48	0.29	1.86	0.12	0.00	0.94	1.46
T32	33.48	0.29	1.86	0.12	0.00	0.94	1.46
T33	33.48	0.26	2.37	0.12	0.00	0.94	1.74
T34	33.48	0.26	2.41	0.12	0.00	0.94	1.76
T35	33.48	0.27	2.13	0.12	0.00	0.94	1.61
T36	33.48	0.27	2.16	0.12	0.00	0.94	1.63
T37	33.48	0.44	0.85	0.12	0.00	0.94	0.84
T38	33.48	0.27	2.19	0.12	0.00	0.94	1.64
T39	33.48	0.22	3.10	0.12	0.00	0.94	2.11
T40	33.48	0.21	3.43	0.12	0.00	0.94	2.27
T41	33.48	0.23	2.99	0.12	0.00	0.94	2.06
T42	33.48	0.26	2.31	0.12	0.00	0.94	1.71
T43	33.48	0.21	3.43	0.12	0.00	0.94	2.27
T44	33.48	0.19	4.10	0.12	0.00	0.94	2.59
T45	33.48	0.24	2.76	0.12	0.00	0.94	1.94
T46	33.48	0.30	1.82	0.12	0.00	0.94	1.44
T47	33.48	0.21	3.41	0.12	0.00	0.94	2.27
T48	25.63	0.19	3.36	0.11	0.00	0.87	2.09
T49	25.63	0.19	3.29	0.11	0.00	0.87	2.05
T50	25.63	0.19	3.21	0.11	0.00	0.87	2.02
T51	25.63	0.19	3.40	0.11	0.00	0.87	2.10
T52	25.63	0.19	3.40	0.11	0.00	0.87	2.10
T53	25.63	0.19	3.40	0.11	0.00	0.87	2.10
T54	25.63	0.24	2.02	0.11	0.00	0.87	1.44

Risultati delle Portate Nere sui Segmenti

Report di Eraclito



Nome Elemento	Portata l/s	% Riempimento	Num. Froude	Altezza Critica m	Pendenza Critica	Velocità Critica m/s	Velocità m/s
T55	25.63	0.19	3.40	0.11	0.00	0.87	2.10
T56	25.63	0.22	2.53	0.11	0.00	0.87	1.69
T57	25.63	0.28	1.56	0.11	0.00	0.87	1.19
T58	25.63	0.19	3.40	0.11	0.00	0.87	2.10
T59	25.63	0.18	3.78	0.11	0.00	0.87	2.27
T60	25.63	0.17	3.96	0.11	0.00	0.87	2.35
T61	25.63	0.17	3.96	0.11	0.00	0.87	2.35
T61b	21.49	0.16	3.92	0.10	0.00	0.83	2.23
T62	21.49	0.16	3.82	0.10	0.00	0.83	2.19
T63	21.49	0.15	4.41	0.10	0.00	0.83	2.43
T64	21.49	0.15	4.41	0.10	0.00	0.83	2.43
T65	21.49	0.15	4.41	0.10	0.00	0.83	2.43
T65b	14.88	0.13	4.33	0.08	0.00	0.74	2.18
T66	14.88	0.17	2.50	0.08	0.00	0.74	1.45
T67	14.88	0.17	2.50	0.08	0.00	0.74	1.45
T68	14.88	0.14	3.69	0.08	0.00	0.74	1.93
T69	14.88	0.12	4.61	0.08	0.00	0.74	2.28
T70	14.88	0.19	2.04	0.08	0.00	0.75	1.25
T71	14.88	0.13	3.90	0.08	0.00	0.74	2.02
T72	14.88	0.13	3.84	0.08	0.00	0.74	1.99
T73	6.61	0.15	1.43	0.05	0.00	0.60	0.78
T74	6.61	0.15	1.43	0.05	0.00	0.60	0.78
T75	6.61	0.15	1.43	0.05	0.00	0.60	0.78
T76	6.61	0.15	1.43	0.05	0.00	0.60	0.78

Risultati portate nere sui segmenti

Dall'analisi dei risultati relativi alle portate nere sui segmenti, si può osservare che i valori di velocità del refluo rientrano nei limiti imposti dalla normativa vigente: $0,5 \leq V \leq 4$ m/s. Il valore massimo registrato (tronco T44) è risultato pari a 2,59 m/s, mentre il valore minimo è risultato pari a 0,78 m/s riscontrato nella maggior parte dei tronchi del collettore fognario a pendenza pari al 7,39‰. Non si registrano valori del grado di riempimento superiori al valore massimo imposto (60% della sezione liquida della condotta).

Anche in condizioni di minima portata collettata, portata nera in tempo asciutto (Q_{PN}), i risultati delle simulazioni effettuate hanno evidenziato valori di velocità minima compatibili con i limiti imposti dalla normativa vigente: $V_{min}=0,56$ ($\geq 0,5$).

3.2 Tabulati di calcolo collettore fognario secondario

3.2.1 Dati di progetto

Nodi

Report di Eraclito



Nome Elemento	Coord. X m	Coord. Y m	Quota m	Coord. X Schema m	Coord. Y Schema m	Quota Schema m
P1a	2407024.26	4788142.15	108.54	2407024.26	4788142.15	108.54
P2a	2407013.77	4788155.28	110.70	2407013.77	4788155.28	110.70
P3a	2407002.23	4788173.12	113.67	2407002.23	4788173.12	113.67
P4a	2406993.44	4788194.26	118.70	2406993.44	4788194.26	118.70
P5a	2406979.14	4788225.55	123.70	2406979.14	4788225.55	123.70
P6a	2406964.93	4788256.65	128.70	2406964.93	4788256.65	128.70
P7a	2406941.08	4788286.90	133.70	2406941.08	4788286.90	133.70
P8a	2406917.19	4788316.99	138.70	2406917.19	4788316.99	138.70
P9a	2406896.14	4788334.63	143.70	2406896.14	4788334.63	143.70
P10a	2406874.31	4788353.38	148.70	2406874.31	4788353.38	148.70
P11a	2406839.40	4788369.64	157.27	2406839.40	4788369.64	157.27

Topologia nodi di progetto

Segmenti

Report di Eraclito



Nome Elemento	Sezione	Nome del Nodo Iniziale	Nome del Nodo Finale
T1a	Chiusa	P1a	P2a
T2a	Chiusa	P2a	P3a
T3a	Chiusa	P3a	P4a
T4a	Chiusa	P4a	P5a
T5a	Chiusa	P5a	P6a
T6a	Chiusa	P6a	P7a
T7a	Chiusa	P7a	P8a
T8a	Chiusa	P8a	P9a
T9a	Chiusa	P9a	P10a
T10a	Chiusa	P10a	P11a

Topologia segmenti di progetto



Report di Eracilto

Parametri Idraulici nei Segmenti con sezione Chiusa

Nome Elemento	Lunghezza m	Pendenza	% Riempimento	Formula	Tipo Scabrezza	Scabrezza	Forma Sezione	Raggio Sezione m
T1a	16.85	0.10	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T2a	20.95	0.12	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T3a	23.10	0.17	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T4a	34.30	0.14	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T5a	34.30	0.13	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T6a	38.55	0.13	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T7a	38.55	0.13	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T8a	28.00	0.13	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T9a	28.05	0.13	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15
T10a	38.40	0.22	0.70	Strickler	Corrente	100.000	Circolare	0.15

Parametri idraulici segmenti con sezione chiusa

3.2.2 Risultati verifiche idrauliche

Risultati delle Portate Nere sui Segmenti		Report di Eraclito					
Nome Elemento	Portata l/s	% Riempimento	Num. Froude	Altezza Critica m	Pendenza Critica	Velocità Critica m/s	Velocità m/s
T1a	7.84	0.09	4.91	0.06	0.00	0.63	2.03
T2a	7.84	0.08	5.33	0.06	0.00	0.63	2.16
T3a	7.84	0.08	6.42	0.06	0.00	0.63	2.48
T4a	7.84	0.08	5.88	0.06	0.00	0.63	2.32
T5a	7.84	0.08	5.58	0.06	0.00	0.63	2.23
T6a	7.84	0.08	5.58	0.06	0.00	0.63	2.23
T7a	7.84	0.08	5.58	0.06	0.00	0.63	2.23
T8a	7.84	0.08	5.58	0.06	0.00	0.63	2.23
T9a	7.84	0.08	5.58	0.06	0.00	0.63	2.23
T10a	7.84	0.07	7.10	0.06	0.00	0.63	2.70

Risultati portate nere sui segmenti

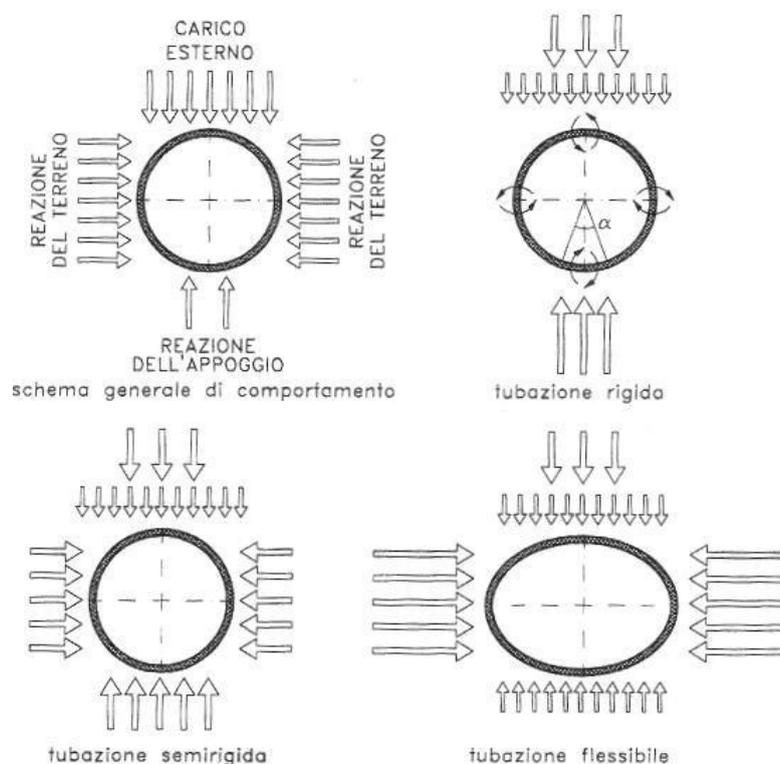
Dall'analisi dei risultati relativi alle portate nere sui segmenti, si può osservare che i valori di velocità del refluo rientrano nei limiti imposti dalla normativa vigente: $0,5 \leq V \leq 7$ m/s. Il valore massimo registrato (tronco T10a,) è risultato pari a 2,70 m/s, mentre il valore minimo (tronco T1a) è risultato pari a 2,03 m/s. Non si registrano valori del grado di riempimento superiori al valore massimo imposto (60% della sezione liquida della condotta).

Anche in condizioni di minima portata collettata, portata nera in tempo asciutto (Q_{PN}), i risultati delle simulazioni effettuate hanno evidenziato valori di velocità minima compatibili con i limiti imposti dalla normativa vigente: $V_{min}=1,96$ ($\geq 0,5$).

4 VERIFICA STATICA DELLE TUBAZIONI INTERRATE

4.1 Generalità

Il comportamento statico di una tubazione interrata va esaminato considerando nel suo insieme il sistema tubo-terreno, poiché le diverse reazioni che il terreno stesso mobilita sulla tubazione dipendono dalla rigidità (flessibilità) di questa, dalle caratteristiche geometriche della trincea di scavo e dalle proprietà elastiche del suolo di posa.



Schemi di comportamento statico tubo-terreno

L'analisi dello stato di sollecitazione dei tubi interrati si riconduce a quello degli anelli sottili caricati nel piano verticale, cioè caratterizzati da un piccolo valore del rapporto tra spessore e diametro della fibra media. La struttura ad anello opera in regime di presso-flessione e taglio essendo sollecitata da carichi esterni (peso proprio, rinterro e carichi accidentali), dal carico idraulico e dalle reazioni laterali del terreno.

Essa si trova nelle migliori condizioni di stabilità quanto più la struttura ad anello sia premuta dalle reazioni che i suoi spostamenti sotto carico provocano: approssimando, cioè, lo stato ideale di compressione pura che si determina nell'anello sottile premuto dall'esterno da un carico radiale uniforme.

Il rapporto tra la condotta, ridotta strutturalmente ad anello, e il terreno è, ovviamente, diverso dallo stato ideale appena descritto. Esso dipende in modo essenziale dal rapporto tra la rigidezza E_I dell'anello e quello del terreno.

In questa prospettiva di comportamento i tubi possono essere schematicamente classificati in tre categorie in funzione del rapporto interattivo dell'anello-tubo con il terreno:

- ✓ **Tubi rigidi:** a questa categoria appartengono i tubi di conglomerato cementizio, di fibrocemento, di acciaio di grosso spessore o piccolo diametro. Sono in genere interessati da una modesta deformazione prima della rottura, non sufficiente, in genere, a produrre e mobilitare reazioni laterali da parte del terreno di rinterro. Il criterio di verifica è quello che fa riferimento al "massimo carico di rottura allo schiacciamento". Per questo tipo di tubazioni è richiesta una buona preparazione del letto di posa;
- ✓ **Tubi flessibili:** a questa categoria appartengono i tubi di materiale plastico (PE, PVC, PRFV) e d'acciaio di piccolo e medio spessore ma grande diametro. Possono subire deformazioni significative prima di giungere a rottura, mobilitando, ai fini della stabilità, reazioni laterali da parte del materiale di rinterro. Il criterio di dimensionamento considera la "massima inflessione diametrale", la "massima sollecitazione e deformazione a flessione" e la "verifica all'instabilità elastica (buckling)". Per questo tipo di tubazioni è richiesta una buona qualità del rinterro e buon livello di compattazione dello stesso;
- ✓ **Tubi semi-rigidi:** a questa categoria appartengono i tubi di ghisa. Si ovalizzano a sufficienza affinché il carico verticale possa mobilitare la reazione laterale dovuta al rinterro; in questo modo la resistenza ai carichi verticali è ripartita tra la resistenza propria del tubo e quella sviluppata dal rinfranco. Il criterio di verifica considera la "massima sollecitazione a flessione" per piccoli diametri e la "massima inflessione diametrale" per i grandi diametri. Per il sistema tubo semirigido-terreno, la ripartizione degli sforzi tra tubo e rinterro è motivo di garanzia nel caso di evoluzione nel tempo della resistenza meccanica o delle condizioni di appoggio.

Per valutare se una tubazione, o un tratto di essa, ammette un comportamento statico di tipo rigido oppure flessibile, è necessario determinare il valore del coefficiente di elasticità, definito dalla seguente espressione (Norma UNI 7517/1976):

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

- E_T modulo di elasticità del terreno (MPa);
- E_C modulo di elasticità del materiale della condotta (MPa);
- r raggio della fibra media (m);
- s spessore della condotta (m).

La condotta è ritenuta flessibile quando risulta $n \geq 1$.

4.2 Analisi del comportamento statico

Le tubazioni del collettore fognario principale, essendo in gres ceramico, rientrano nella categoria dei tubi rigidi, mentre le tubazioni del collettore secondario, essendo in PVC SN8, rientrano nella categoria dei tubi flessibili.

Nelle verifiche si è trascurato il sovraccarico idrostatico dovuto alle acque di falda, in quanto la modesta profondità dello scavo non interessa la superficie freatica presente nel substrato permeabile; si è considerata invece l'azione dinamica dovuta al veicolamento stradale di mezzi pesanti (HT45).

Per lo svolgimento delle metodologie di calcolo statico, afferenti le diverse categorie di tubi precedentemente descritte, è stato necessario determinare i seguenti carichi esterni:

- ✓ carico dovuto al rinterro in funzione del tipo di posa (trincea stretta o larga);
- ✓ sovraccarichi mobili concentrati e distribuiti;
- ✓ carico dovuto alla massa d'acqua contenuta nella condotta.

Per la categoria delle tubazioni rigide è stata effettuata la seguente verifica.

1. verifica al massimo carico di rottura allo schiacciamento.

$$\frac{Q_r}{Q_t} \geq F$$

- Q_r carico di rottura allo schiacciamento (KNm⁻¹);
- Q_t risultante dei carichi esterni (KNm⁻¹);
- F_s fattore di sicurezza

Per la categoria delle tubazioni flessibili sono state effettuate le seguenti verifiche:

1. verifica alla massima inflessione diametrale,
2. verifica alla massima sollecitazione a flessione,

3. verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (buckling).

✓ Calcolo alla massima inflessione diametrale verticale:

$$D_y = \frac{(D_e \cdot W_C + W_L) \cdot K_X \cdot r^3}{(E_t \cdot I + 0.061 \cdot K_a \cdot E \cdot r^3)} + D_a \leq D_{y,max}$$

- D_e fattore di ritardo di inflessione;
- W_C carico dovuto al rinterro (KN/m);
- W_L carico mobile (KN/m);
- K_X coefficiente di inflessione;
- r raggio medio della tubazione $r = (D-s)/2$ (mm);
- E_t modulo di elasticità della tubazione (MPa);
- I momento di inerzia della tubazione (mm⁴);
- K_a, D_a parametri di passaggio da inflessione media a inflessione massima caratteristica;
- E_s modulo di elasticità del terreno (MPa).

L'inflessione diametrale è fortemente dipendente dal modulo di reazione del suolo e praticamente inversamente proporzionale al medesimo, mentre dipende relativamente poco dal fattore di rigidità della tubazione e di conseguenza è anche poco influenzata dal decadimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche (diminuzione di E_t). Ai fini del contenimento dell'inflessione è quindi più conveniente agire sul miglioramento delle condizioni di posa (sottofondo e rinfiacco con terreno a grana grossolana e costipamento del rinfiacco) piuttosto che sull'aumento dell'indice di rigidità delle tubazioni impiegate.

✓ Verifica alla massima sollecitazione a flessione:

$$\frac{\sigma_L}{\sigma_{lim}} \leq F_s$$

- σ_L tensione dovuta all'inflessione diametrale (Ncm⁻²);
- σ_{lim} tensione limite ultima (Ncm⁻²);
- F_s fattore di sicurezza.

✓ Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (buckling): consiste nel verificare che la pressione dovuta ai carichi esterni non superi la pressione ammissibile di buckling, grandezza che dipende dalle caratteristiche geometriche della condotta, dal suo materiale e dalle caratteristiche di posa; è determinabile con la seguente espressione di carattere empirico:

$$q_a = \frac{1}{F_s} \cdot (32 \cdot B' \cdot R_W \cdot E_s \cdot E_t \cdot \frac{I}{D^3})^{1/2}$$

con:

- F_s fattore di progettazione, di solito pari a 2,5;
- $B' = \frac{1}{(1+4 \cdot e^{-0,213 \cdot H})}$ coefficiente di supporto elastico;
- H altezza di rinterro (m);
- R_W fattore di spinta idrostatica, uguale a 1 in assenza di falda;
- E_t modulo di elasticità della tubazione (MPa);
- E_s modulo di elasticità del terreno (MPa);
- I momento di inerzia della sezione trasversale (mm⁴);
- D spessore del terreno (mm).

L'inflessione diametrale e la pressione massima ammissibile di buckling, in una tubazione flessibile interrata dipendono in maniera determinante dal modulo di elasticità del suolo e quindi dal tipo di terreno utilizzato per il sottofondo e il rinfiacco della tubazione e dal suo grado di costipamento.

4.3 Parametri di calibrazione del programma di calcolo

Si riportano nelle tabelle seguenti i valori caratteristici dei parametri di riferimento necessari per lo svolgimento delle verifiche alla massima inflessione diametrale e alla massima sollecitazione a flessione.

Tipo di materiale che avvolge la tubazione	Valori di Es in funzione del grado di compattazione del materiale che avvolge la tubazione [MPa]			
	Scaricato alla rinfusa	Costipamento leggero	Costipamento moderato	Costipamento Elevato
a) Terreni a grana fine, con meno del 25% di particelle a grana grossolana; plasticità da media a nulla	0,34	1,4	2,8	6,9
b) Terreni a grana fine, con più del 25% di particelle a grana grossolana; plasticità da media a nulla. Terreni a grana grossolana con più del 12% di fini.	0,69	2,8	6,9	13,8
c) Terreni a grana grossolana con pochi fini o nessuno (<12% di fini).	1,4	6,9	13,8	20,7
d) Roccia frantumata	6,9	-	20,7	-
Appartengono al gruppo a) i seguenti terreni: argille inorganiche con plasticità da bassa a media - limo inorganico - sabbia molto fine				
Appartengono al gruppo b) i seguenti terreni: quelli del gruppo a), ma con più del 25% di particelle a grana grossolana - miscele di ghiaia, sabbia e limo (o argilla) mal graduate - sabbie con limo				
Appartengono al gruppo c) i seguenti terreni: miscele di ghiaia e sabbia con pochi fini o				

Valori caratteristici del modulo di elasticità del materiale di rinfianco della tubazione in funzione del grado di costipamento

Coefficiente di inflessione Kx		
Tipo di installazione	Angolo equivalente di letto [°]	Kx
Fondo sagomato con materiale di riempimento ben costipato ai fianchi del tubo (densità Proctor $\geq 95\%$) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso leggermente costipato (densità Proctor $\geq 70\%$)	180	0,083
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	60	0,103
Fondo piatto con materiale di riempimento sciolto posato ai fianchi del tubo (non raccomandato)	0	0,110

Valori caratteristici del coefficiente di inflessione Kx

Parametri Ka e Da		
Altezza H del rinterro [m]	Da	Ka
H ≤ 4,9 m	0	0,75
H > 4,9 m e materiale scaricato alla rinfusa e con leggero grado di costipamento	0,02 D	1,00
H > 4,9 m e materiale con moderato grado di costipamento	0,01 D	1,00
H > 4,9 m e materiale con elevato grado di costipamento	0,005 D	1,00

Valori caratteristici coefficienti Ka e Da

Fattore di forma Df				
Tipo di materiale di sottofondo e rinfianco e grado di costipamento				
Indice della rigidezza della tubazione RG [N/m ²]	Ghiaioso		Sabbioso	
	da naturale a leggero	da moderato a elevato	da naturale a leggero	da moderato a elevato
1150	5,5	7,0	6,0	8,0
2300	4,5	5,5	5,0	6,5
4600	3,8	4,5	4,0	5,5
9200	3,3	3,8	3,5	4,5

Valori caratteristici fattore di forma Df

N°	Simbolo convoglio	Massa del convoglio	Numero degli assi	Sovraccarico della ruota anteriore		Sovraccarico della ruota anteriore	
				kg	kN	kg	kN
1	LT 3	3	2	500	4,903	1000	9,807
2	LT 6	6	2	1000	9,807	2000	19,613
3	LT 12	12	2	2000	19,613	4000	39,227
4	HT 26	26	2	6500	63,744	6500	63,744
5	HT 30	30	3	5000	49,034	5000	49,034
6	HT 38	38	3	6250	61,292	6500	63,744
7	HT 45	45	3	7500	73,550	7500	73,550

Valori dei sovraccarichi esercitati dalle ruote di convogli tipo leggeri (L) e pesanti (H)

Nel caso specifico sono stati impiegati i seguenti parametri:

CARATTERISTICHE DELLE TUBAZIONI

- Materiale	Gres ceramico serie normale (collettore principale) PVC SN8 (collettore secondario)
- Diametro	DN 300 (collettore principale) De 315 (collettore secondario)
- Diametro esterno	355 mm (Gres ceramico DN 300) 315 mm (PVC SN8 De 315)
- Spessore	27,5 mm (Gres ceramico DN 300) 9,8 mm (PVC SN8 De 315)
- Modulo di elasticità	$5 \cdot 10^4$ MPa (Collettore principale – Gres ceramico DN 300) 3.500 MPa (Collettore secondario - PVC SN8 De 315)

Dati per la verifica al massimo carico di rottura allo schiacciamento (Collettore principale – Gres DN 300)

- Classe di resistenza	160 KNm ⁻²
- Resistenza allo schiacciamento	48 KNm ⁻¹
- Fattore di sicurezza	1,5

Dati per la verifica all'inflessione diametrale verticale (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)

- Fattore di ritardo di inflessione De	2
- Coefficiente di inflessione	0,083
- K_a	0,75
- D_a	0
- Inflessione diametrale ammissibile	10%

Dati per la verifica alla massima sollecitazione a flessione (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)

- Fattore di forma	4,5
- Rigidezza diametrale	5.000 N/cm ²
- Deformazione limite ultima a flessione	5%
- Coefficiente di sicurezza	1,5

Dati per la verifica all'instabilità elastica (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)

- Fattore di progettazione	2,5
----------------------------	-----

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI POSA

- Tipologia Spezzato di cava (Collettore principale – Gres ceramico DN 300)
Sabbia fine (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)
- Grado di costipamento da moderato a elevato
- Modulo di elasticità 2.070 N/cm² (Collettore principale – Gres ceramico DN 300)
690 N/cm² (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)
- Peso specifico 18.630 N/cm² (Collettore principale – Gres ceramico DN 300)
16.670 N/cm² (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)
- Angolo di attrito 37° (Collettore principale – Gres ceramico DN 300)
31° (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)

CARATTERISTICHE DI POSA

- Profondità massima di ricoprimento 3,5 m (Collettore principale – Gres ceramico DN 300)
6 m (Collettore secondario – PVC SN8 De 315)
- Profondità minima di ricoprimento 0,8 m (entrambi i collettori)
- Larghezza fondo trincea 0,70 m
- Coefficiente di posa 1,5

CARATTERISTICHE DEI SOVRACCARICHI MOBILI

- Fattore dinamico 1,41 (valore medio per strade e autostrade)
- Tipo di convoglio HT45

4.4 Risultati verifiche statiche

4.4.1 Collettore fognario principale

In riferimento alle caratteristiche geometriche delle sezioni "tipo posa" sono state effettuate le seguenti verifiche statiche (per maggiori dettagli si vedano gli elaborati di progetto n.10 e 11):

- ✓ Verifica statica con rinterro minimo $H_R=0,7$ m (picchetto n.58)
- ✓ Verifica statica con rinterro massimo $H_R=2,56$ m (picchetto n.13)

$H_R = 0,70$ m

Verifica allo stato limite ultimo di resistenza

Carico dovuto al rinterro (KN/m)	7,18
Carico verticale per sovraccarichi mobili concentrati (KN/m)	35,81
Carico verticale dovuto alla massa d'acqua in condotta (KN/m)	0,52
Carico esterno totale di schiacciamento (KN/m)	43,51
Carico di rottura a schiacciamento Q_r (KN/m)	72,00
Coefficiente di sicurezza	1,65 > 1,5
Stato della verifica	soddisfatta

$H_R = 2,56$ m

Verifica allo stato limite ultimo di resistenza

Carico dovuto al rinterro (KN/m)	18,18
Carico verticale per sovraccarichi mobili concentrati (KN/m)	5,44
Carico verticale dovuto alla massa d'acqua in condotta (KN/m)	0,52
Carico esterno totale di schiacciamento (KN/m)	24,14
Carico di rottura a schiacciamento Q_r (KN/m)	72,00
Coefficiente di sicurezza	2,98 > 1,5
Stato della verifica	soddisfatta

4.4.2 Collettore fognario secondario

In riferimento alle caratteristiche geometriche delle sezioni "tipo posa" sono state effettuate le seguenti verifiche statiche (per maggiori dettagli si vedano gli elaborati di progetto n.10 e 11):

- ✓ Verifica statica con rinterro minimo $H_R=0,80$ m (picchetto n.1a)
- ✓ Verifica statica con rinterro massimo $H_R=2,43$ m (picchetto n.11a)

$H_R = 0,80$ m

Analisi dei carichi

Carico dovuto al rinterro (KN/m)	4,20
Carico verticale per sovraccarichi mobili concentrati (KN/m)	25,14
Carico verticale dovuto alla massa d'acqua in condotta (KN/m)	0,51

Verifica dell'inflessione diametrale

Inflessione diametrale verticale (cm)	0,72
Inflessione diametrale relativa D_V/D (%)	2,28
Stato della verifica	soddisfatta

Verifica della sollecitazione massima a flessione

Tensione per sollecitazione di flessione (N/cm^2)	1.118,88
Deformazione per sollecitazione di flessione (per mille)	3,1968
Coefficiente di sicurezza	1,56 > 1,5
Stato della verifica	soddisfatta

Verifica all'instabilità elastica (buckling)

Pressione ammissibile di Buckling (N/cm^2)	55,70
Pressione di Buckling per sovraccarichi mobili (N/cm^2)	9,48
Stato della verifica con sovraccarichi mobili	soddisfatta

H_R = 2,43 m

Analisi dei carichi

Carico dovuto al rinterro (KN/m)	12,76
Carico verticale per sovraccarichi mobili concentrati (KN/m)	5,09
Carico verticale dovuto alla massa d'acqua in condotta (KN/m)	0,51

Verifica dell'inflessione diametrale

Inflessione diametrale verticale (cm)	0,66
Inflessione diametrale relativa D _v /D (%)	2,09
Stato della verifica	soddisfatta

Verifica della sollecitazione massima a flessione

Tensione per sollecitazione di flessione (N/cm ²)	1.022,55
Deformazione per sollecitazione di flessione (per mille)	2,9216
Coefficiente di sicurezza	1,71 > 1,5
Stato della verifica	soddisfatta

Verifica all'instabilità elastica (buckling)

Pressione ammissibile di Buckling (N/cm ²)	55,70
Pressione di Buckling per sovraccarichi mobili (N/cm ²)	5,83
Stato della verifica con sovraccarichi mobili	soddisfatta

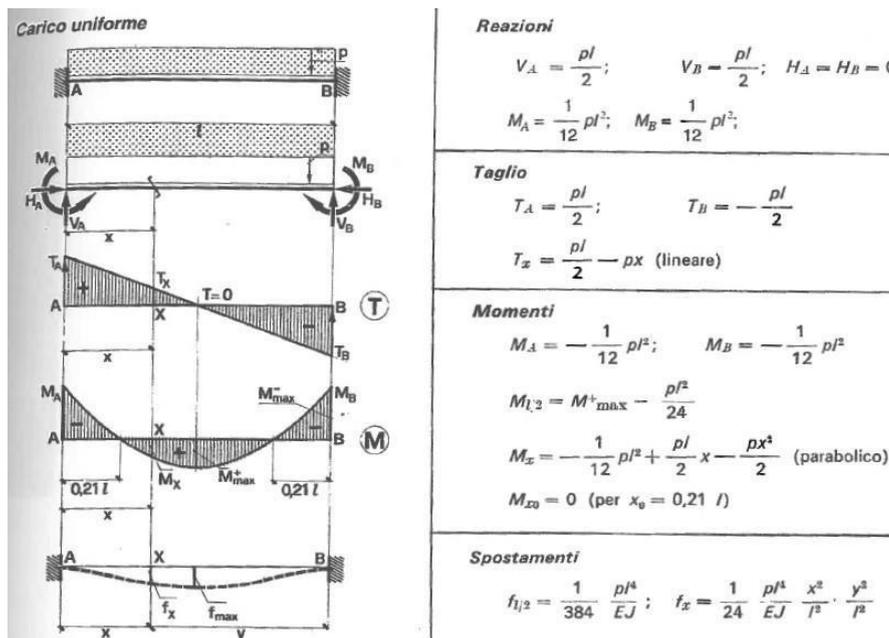
5 ATTRAVERSAMENTI AEREI

5.1 Calcolo della massima inflessione del tubo di contenimento

I tratti di condotta in corrispondenza degli attraversamenti aerei devono essere verificati staticamente in condizioni di esercizio, in modo tale che lo spostamento massimo verticale dovuto alle azioni agenti sulla tubazione sia contenuto entro un certo valore, funzione della distanza fra gli appoggi.

5.1.1 Attraversamento Fosso delle Pitte

Il tratto aereo in questione può essere schematizzato come una trave, di lunghezza pari a 8,0 m, con incastri alle estremità sollecitata con un carico verticale uniformemente distribuito, come rappresentato nella figura seguente:



Trave con doppio incastro e carico uniforme

in cui il carico uniformemente distribuito q è dato dalla somma delle seguenti componenti:

- carico dovuto al peso proprio del tubo guaina in acciaio DN450: 0.40 kN/m
- carico dovuto al peso proprio della condotta fognaria De315: 0.14 kN/m
- carico dovuto al refluo, considerando cautelativamente un grado di riempimento del 70%: 0.52 kN/m
- sovraccarico da neve: 0.20 kN/m
- **carico totale:** **1.26 kN/m**

Lo spostamento verticale massimo (f_{max}), data la simmetria della struttura, si avrà in corrispondenza della mezzeria della campata, e noti:

E = modulo elastico della tubazione in acciaio (210'000 N/mm²),

J = momento di inerzia della sezione della tubazione in acciaio, definita come $= \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$,

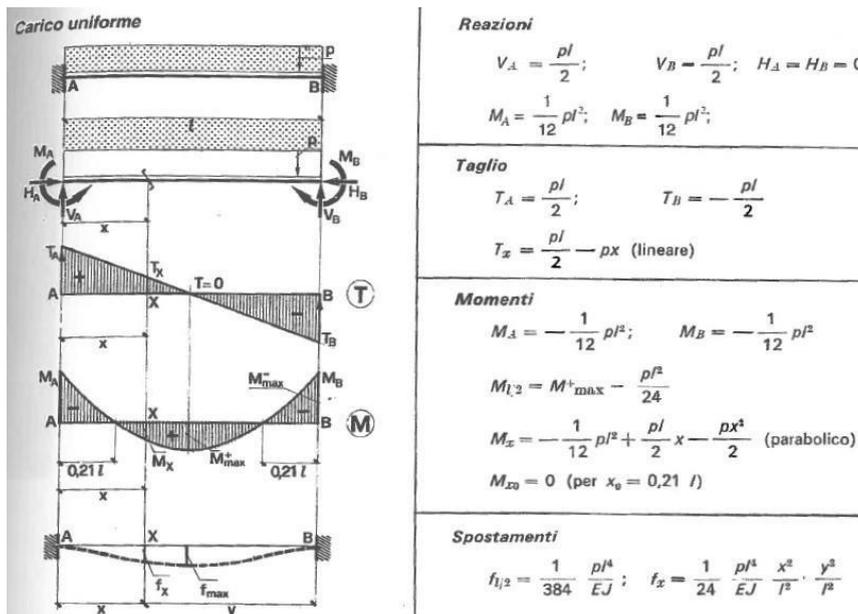
con D diametro esterno e d diametro interno del tubo guaina,

$$f_{max} = f_1 + f_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot J} = 0,48 \text{ mm}$$

corrispondente al 0,01% della lunghezza della campata e pertanto da ritenersi accettabile ($< 1/500$).

5.1.2 Attraversamento Rio Maggio e Fosso delle Fontanelle

Il tratto aereo in questione può essere schematizzato come una trave, di lunghezza pari a 13,95 m, con incastrati alle estremità sollecitata con un carico verticale uniformemente distribuito, come rappresentato nella figura seguente:



Trave con doppio incastro e carico uniforme

in cui il carico uniformemente distribuito q è dato dalla somma delle seguenti componenti:

- carico dovuto al peso proprio del tubo guaina in acciaio DN450: 0.40 kN/m
- carico dovuto al peso proprio della condotta fognaria De315: 0.14 kN/m
- carico dovuto al refluo, considerando cautelativamente un grado di riempimento del 70%: 0.52 kN/m
- sovraccarico da neve: 0.20 kN/m
- **carico totale:** **1.26 kN/m**

Lo spostamento verticale massimo (f_{max}), data la simmetria della struttura, si avrà in corrispondenza della mezzeria della campata, e noti:

E = modulo elastico della tubazione in acciaio ($210'000 \text{ N/mm}^2$),

J = momento di inerzia della sezione della tubazione in acciaio, definita come $= \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$,

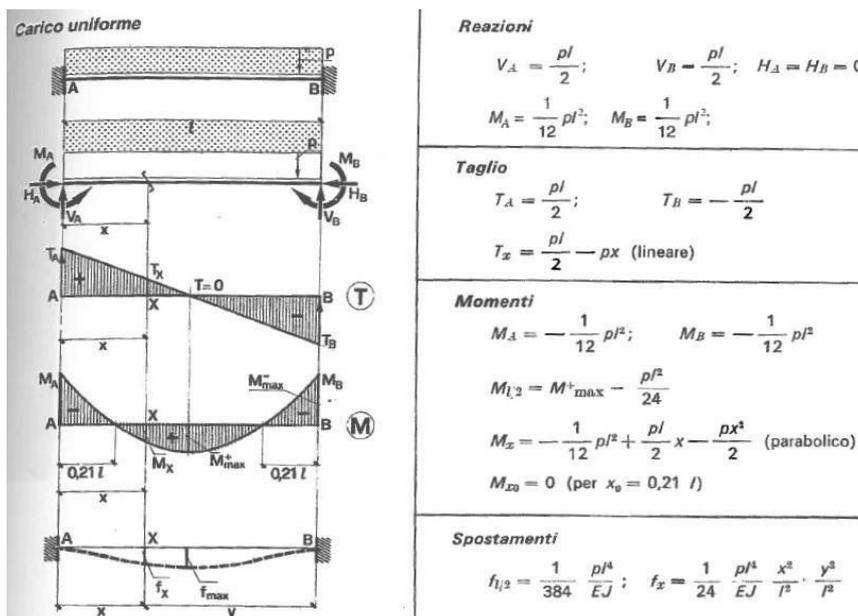
con D diametro esterno e d diametro interno del tubo guaina,

$$f_{max} = f_1 + f_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot J} = 4,47 \text{ mm}$$

corrispondente al 0,03% della lunghezza della campata e pertanto da ritenersi accettabile ($< 1/500$).

5.1.3 Attraversamento fossato (picchetti n.70 e n.71)

Il tratto aereo in questione può essere schematizzato come una trave, di lunghezza pari a 25,40 m, con incastrati alle estremità sollecitata con un carico verticale uniformemente distribuito, come rappresentato nella figura seguente:



Trave con doppio incastro e carico uniforme

in cui il carico uniformemente distribuito q è dato dalla somma delle seguenti componenti:

– carico dovuto al peso proprio del tubo guaina in acciaio DN600:	0.73 kN/m
– carico dovuto al peso proprio della condotta fognaria De315:	0.14 kN/m
– carico dovuto al refluo, considerando cautelativamente un grado di riempimento del 70%:	0.52 kN/m
– sovraccarico da neve:	0.26 kN/m
– carico totale:	1.66 kN/m

Lo spostamento verticale massimo (f_{max}), data la simmetria della struttura, si avrà in corrispondenza della mezziera della campata, e noti:

E = modulo elastico della tubazione in acciaio (210'000 N/mm²),

J = momento di inerzia della sezione della tubazione in acciaio, definita come $= \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$,

con D diametro esterno e d diametro interno del tubo guaina,

$$f_{max} = f_1 + f_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot J} = 19,73 \text{ mm}$$

corrispondente al 0,08% della lunghezza della campata e pertanto da ritenersi accettabile ($< 1/500$).

5.2 Dimensionamento sistemi fondazioni profonde

Gli attraversamenti aerei dei corsi d'acqua interferenti con il tracciato del collettore di cui al presente progetto esecutivo, saranno realizzati mediante tubazione in PVC SN 8 De 315, in tubi guaina in acciaio autoportanti.

In corrispondenza delle sezioni di monte e di valle di ognuno degli attraversamenti saranno posati adeguati manufatti in C.A. per l'appoggio del tubo guaina, oltre che per il contenimento dei pozzetti di salto.

Tali manufatti, costituiti da una soletta e da un muretto a "C" (in pianta) entrambi armati, scaricheranno nel terreno il complesso delle azioni gravanti (proprio peso del manufatto, dei pali trivellati, del pozzetto e del sistema tubo-tubo guaina) attraverso un sistema di 4 pali, posti ai vertici della soletta e di dimensioni tali da non generare fenomeni di interferenza nella capacità portante del terreno, realizzati mediante trivellazione.

Il problema riguarda la determinazione del diametro minimo dei pali, assunta la lunghezza minima di perforazione, come determinato nel corso dell'analisi geotecnica a cui si rimanda (Elaborato 2. Relazione ed

Elaborati Indagine Geologica e Geomorfologica), al fine del raggiungimento di uno strato litologico di adeguate caratteristiche.

5.2.1 Attraversamento Fosso delle Pitte

Il sondaggio di terreno indisturbato e la successiva prova di laboratorio (come descritto nell'elaborato 2. Relazione ed Elaborati Indagine Geologica e Geomorfologica) hanno consentito di determinare un valore di Resistenza Non Drenata (C_u) ed un valore del Peso Specifico (γ) rispettivamente pari a

$$C_u = 15 \text{ t/mq}$$

$$\gamma = 19,5 \text{ t/mc}$$

Assumendo un diametro di progetto per ogni palo trivellato pari a 0,30 m, il carico assiale caratteristico totale (Q_k) per lo specifico contesto risulta essere dato:

$$Q_k = Q_{k,CLS} + Q_{k,TUBI} + Q_{k,SNOW} + Q_{k,pali} = 43,44 \text{ t}$$

dove:

$$Q_{k,CLS} = V_{CLS} \cdot \gamma_{CL} = 10,34 \text{ mc} \cdot 2,5 \frac{\text{t}}{\text{mc}} = 25,85 \text{ t} \quad (\text{Peso proprio soletta + muro CLS})$$

$$Q_{k,TUBI} = \frac{1}{2}(L_{PVC} \cdot \gamma_{PVC} + L_{ACC} \cdot \gamma_{ACC}) = \frac{1}{2}(8\text{m} \cdot 0,01449 \text{ t/m} + 8\text{m} \cdot 0,0502 \text{ t/m}) = 0,26 \text{ t}$$

(Peso proprio tubo PVC + tubo guaina)

$$Q_{k,SNOW} = 1,17 \frac{\text{t}}{\text{mq}} \cdot A_{CL} = 7,91 \text{ t} \quad (\text{Carico da neve, da NTC 3.4, zona 2})$$

$$Q_{k,pali} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot \gamma_{CLS} = 9,42 \text{ t} \quad (\text{Peso proprio pali})$$

Per la determinazione del carico limite alle azioni assiali viene utilizzata la seguente relazione statica, in cui la portata (Q_{lim}) del palo è data dalla somma della Resistenza Laterale (R_l) e della Resistenza di Base (R_b):

$$Q_{lim} = R_l + R_b = 131,49 \text{ t}$$

dove:

$$R_l = \pi \cdot D \cdot L \cdot (\alpha \cdot C_u) = 94,25 \text{ t}$$

$$R_b = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot (9 \cdot \beta \cdot C_u + \gamma \cdot L) = 37,24 \text{ t}$$

$\alpha = 0,40$ (vedi elaborato 2. Relazione ed Elaborati Indagine Geologica e Geomorfologica)

$\beta = 0,75$ (Meyerhof, 1983)

Ai fini della verifica della portata del singolo palo risulta soddisfatta la seguente relazione:

$$\frac{Q_k}{n_{pali}} \leq Q_{lim} : 21,72 t \leq 94,25 t$$

In via cautelativa verranno eseguiti, per ognuno dei manufatti, 2 pali del diametro di 50 cm, opportunamente armati ed eseguiti mediante trivellazione fino ad una profondità di 10,00 m rispetto al piano di campagna.

5.2.2 Attraversamento Rio Maggio e Fosso delle Fontanelle

Il sondaggio di terreno indisturbato e la successiva prova di laboratorio (come descritto nell'elaborato 2. Relazione ed Elaborati Indagine Geologica e Geomorfologica) hanno consentito di determinare un valore di Resistenza Non Drenata (C_u) ed un valore del Peso Specifico (γ) rispettivamente pari a

$$C_u = 15 \text{ t/mq}$$

$$\gamma = 19,5 \text{ t/mc}$$

Assumendo un diametro di progetto per ogni palo trivellato pari a 0,30 m, il carico assiale caratteristico totale (Q_k) per lo specifico contesto risulta essere dato:

$$Q_k = Q_{k,CLS} + Q_{k,TUBI} + Q_{k,SNOW} + Q_{k,pali} = 47,63 t$$

dove:

$$Q_{k,CLS} = V_{CLS} \cdot \gamma_{CL} = 10,34 \text{ mc} \cdot 2,5 \frac{t}{mc} = 29,85 t \quad (\text{Peso proprio soletta + muro CLS})$$

$$Q_{k,TUBI} = \frac{1}{2}(L_{PVC} \cdot \gamma_{PVC} + L_{ACC} \cdot \gamma_{ACC}) = \frac{1}{2}(8m \cdot 0,01449 \text{ t/m} + 8m \cdot 0,0502 \text{ t/m}) = 0,45 t$$

(Peso proprio tubo PVC + tubo guaina)

$$Q_{k,SNOW} = 1,17 \frac{t}{mq} \cdot A_{CL} = 7,91 t \quad (\text{Carico da neve, da NTC 3.4, zona 2})$$

$$Q_{k,pali} = n_{pali} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot \gamma_{CLS} = 9,42 t \quad (\text{Peso proprio pali})$$

Per la determinazione del carico limite alle azioni assiali viene utilizzata la seguente relazione statica, in cui la portata (Q_{lim}) del palo è data dalla somma della Resistenza Laterale (R_l) e della Resistenza di Base (R_b):

$$Q_{lim} = R_l + R_b = 151,18 t$$

dove:

$$R_l = \pi \cdot D \cdot L \cdot (\alpha \cdot C_u) = 108,38 t$$

$$R_b = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot (9 \cdot \beta \cdot C_u + \gamma \cdot L) = 42,80 \text{ t}$$

$\alpha = 0,40$ (vedi elaborato 2. Relazione ed Elaborati Indagine Geologica e Geomorfologica)

$\beta = 0,75$ (Meyerhof, 1983)

Ai fini della verifica della portata del singolo palo risulta soddisfatta la seguente relazione:

$$\frac{Q_k}{n_{pali}} \leq Q_{lim} \quad ; 23,81 \text{ t} \leq 151,18 \text{ t}$$

In via cautelativa verranno eseguiti, per ognuno dei manufatti, 2 pali del diametro di 50 cm, opportunamente armati ed eseguiti mediante trivellazione fino ad una profondità di 11,50 m rispetto al piano di campagna.

5.2.3 Attraversamento fossato (picchetti n.70 e n.71)

Il sondaggio di terreno indisturbato e la successiva prova di laboratorio (come descritto nell'elaborato 2. Relazione ed Elaborati Indagine Geologica e Geomorfologica) hanno consentito di determinare un valore di Resistenza Non Drenata (C_u) ed un valore del Peso Specifico (γ) rispettivamente pari a

$$C_u = 15 \text{ t/mq}$$

$$\gamma = 19,5 \text{ t/mc}$$

Assumendo un diametro di progetto per ogni palo trivellato pari a 0,30 m, il carico assiale caratteristico totale (Q_k) per lo specifico contesto risulta essere dato:

$$Q_k = Q_{k,CLS} + Q_{k,TUBI} + Q_{k,SNOW} + Q_{k,pali} = 55,66 \text{ t}$$

dove:

$$Q_{k,CLS} = V_{CLS} \cdot \gamma_{CL} = 10,34 \text{ mc} \cdot 2,5 \frac{\text{t}}{\text{mc}} = 38,83 \text{ t} \quad (\text{Peso proprio soletta + muro CLS})$$

$$Q_{k,TUBI} = \frac{1}{2} (L_{PVC} \cdot \gamma_{PVC} + L_{ACC} \cdot \gamma_{ACC}) = \frac{1}{2} (8\text{m} \cdot 0,01449 \text{ t/m} + 8\text{m} \cdot 0,0502 \text{ t/m}) = 1,15 \text{ t}$$

(Peso proprio tubo PVC + tubo guaina)

$$Q_{k,SNOW} = 1,17 \frac{\text{t}}{\text{mq}} \cdot A_{CL} = 7,91 \text{ t} \quad (\text{Carico da neve, da NTC 3.4, zona 2})$$

$$Q_{k,pali} = n_{pali} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot \gamma_{CLS} = 7,77 \text{ t} \quad (\text{Peso proprio pali})$$

Per la determinazione del carico limite alle azioni assiali viene utilizzata la seguente relazione statica, in cui la portata (Q_{lim}) del palo è data dalla somma della Resistenza Laterale (R_l) e della Resistenza di Base (R_b):

$$Q_{lim} = R_l + R_b = 84,52 t$$

dove:

$$R_l = \pi \cdot D \cdot L \cdot (\alpha \cdot C_u) = 62,20 t$$

$$R_b = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot (9 \cdot \beta \cdot C_u + \gamma \cdot L) = 22,32 t$$

$\alpha = 0,40$ (vedi elaborato 2. Relazione ed Elaborati Indagine Geologica e Geomorfologica)

$\beta = 0,75$ (Meyerhof, 1983)

Ai fini della verifica della portata del singolo palo risulta soddisfatta la seguente relazione:

$$\frac{Q_k}{n_{pali}} \leq Q_{lim} ; 13,92 t \leq 84,52 t$$

In via cautelativa verranno eseguiti, per ognuno dei manufatti, 4 pali del diametro di 30 cm, opportunamente armati ed eseguiti mediante trivellazione fino ad una profondità di 11,50 m rispetto al piano di campagna.