



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

MAGISTRATO ALLE ACQUE

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA
 LEGGE 29/11/1984 N. 798
 ATTO ATTUATIVO N. 7395 DEL 23/11/1993 ALLA CONV. REP. 7191 DEL 04/10/1991

INTERVENTI PER L'ARRESTO E L'INVERSIONE DEI PROCESSI DI DEGRADO
 DELLA LAGUNA





CONCESSIONARIO: CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DEL CANALE
 INDUSTRIALE SUD A PORTO MARGHERA
 4° STRALCIO – SPONDA SUD E DARSENA TERMINALE

PROGETTO DEFINITIVO

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

Dicembre 2002

COORDINAMENTO	PROGETTAZIONE	
 <p>CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. JOHANN STOCKER</p> <p>Verif:  Contr.: </p> <p>Elaborato L</p>	<p>PROTECNO</p> <p>Protecno s.r.l. – Padova</p> <p>Diretori tecnici: Prof. Ing. A. Adami Dott. Ing. C. Comola</p> <p>Collaboratori: Dott. Ing. A. Venuti</p>	 <p>Responsabile della progettazione: Dott. Ing. V. Altieri</p> <p>Direttore Tecnico: Dott. Ing. E. Altieri</p>

149/002/RT09/PC/030330/1

M 0016 PD RL A 0009

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

INDICE

1 INTRODUZIONE	2
2 ASPETTI GENERALI	3
3 CALCOLO DELLA PORTATA DI FILTRAZIONE	5
3.1 CALCOLO DELLA PORTATA UNITARIA.....	8
3.1.1 Metodo semi-empirico secondo la teoria delle trincee drenanti	10
3.1.2 Metodo del bilancio di massa semplificato.....	13
3.1.3 Misure di riferimento relative all'esperienza nei cantieri vicini.....	14
3.1.4 Considerazioni sui risultati di portata di drenaggio ottenuti	15
4 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE TUBAZIONI.....	17
5 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI DRENAGGIO E FOGNATURA.....	18
5.1 TRATTO DAL LIMITE OVEST DELLE ZONA DI INTERVENTO FINO ALLA PROPRIETÀ S. MARCO PETROLI.....	20
5.2 TRATTO DALLA PROPRIETÀ ALLES AL MANUFATTO DI SFIORO E ISPEZIONE N°1 (AREA 43 HA).....	21
5.3 TRATTO DAL MANUFATTO DI SFIORO E ISPEZIONE N°1 (AREA 43 HA) AL TERMINE DELLA PROPRIETÀ ITALCEMENTI.....	21
5.4 TRATTO DI PROPRIETÀ A.M.A.V.	22
5.5 TRATTO DI PROPRIETÀ ABIBES	22
5.6 TRATTO DI PROPRIETÀ A.L.C.O.A.....	22
5.7 TRATTO DI PROPRIETÀ ENEL	23
5.8 TRATTO DAL MANUFATTO DI SFIORO E ISPEZIONE N°5 ALLA VASCA DI INVASO PREVISTA DAL PROGETTO INTEGRATO FUSINA	23
5.9 TRATTO IN CORRISPONDENZA DELLA VASCA DI INVASO PREVISTA DAL PROGETTO INTEGRATO FUSINA	24
6 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO VASCHE DI SOLLEVAMENTO.....	25
6.1 VASCA DI SOLLEVAMENTO N°1	25
6.2 VASCA DI SOLLEVAMENTO N°2	26
6.3 VASCA DI SOLLEVAMENTO N°3	27
6.4 VASCA DI SOLLEVAMENTO N°4	28

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

1 INTRODUZIONE

Le aree industriali di Porto Marghera sono state realizzate innalzando e consolidando il terreno naturale (le originarie velme e barene) mediamente fino a quota 2.00÷2.50 m s.m.m., sia mediante l'impiego di materiali dragati, sia utilizzando rifiuti e residui di lavorazione industriale. Le sponde sono soggette ad erosioni e smottamenti dovuti all'azione del moto ondoso, all'intenso traffico delle navi commerciali e ai fenomeni atmosferici che, uniti all'esistenza di una falda poco profonda, determinano il continuo rilascio di sostanze dai terreni alle acque.

Gli interventi di protezione delle sponde, previsti nel presente progetto definitivo, mirano a rimediare a tale situazione, realizzando una barriera strutturale ed impermeabile tra canale ed entroterra, raccogliendo le acque di pioggia che si infiltrano in superficie ed inviandole, con quelle inquinate che drenano attraverso gli strati di riporto sommitali, agli impianti di trattamento.

La presente relazione ha lo scopo di descrivere il tipo di intervento proposto, in relazione agli aspetti impiantistici che riguardano l'idraulica dei drenaggi predisposti a tergo delle conterminazioni.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

2 ASPETTI GENERALI

Nel prosieguo si entrerà nel dettaglio circa le funzioni che espleta il sistema di drenaggio posto dietro il palancoato, alla sua tipologia e al dimensionamento degli elementi che lo compongono.

I dispositivi di drenaggio che il progetto intende realizzare a tergo del perimetro delle opere strutturali hanno la funzione di:

- impedire squilibri piezometrici fra la falda a tergo dell'opera ed il canale antistante che causerebbero ripercussioni negative sulla stabilità dell'opera;
- raccogliere le acque filtrate attraverso gli strati spesso inquinati che costituiscono il riporto superficiale delle aree da conterminare per poi convogliarle agli impianti di depurazione: tenendo sotto controllo il livello piezometrico delle falde di monte di fatto le si sottrae alla possibilità che si infiltrino attraverso le opere di strutturali e di impermeabilizzazione;
- di limitare il contatto delle acque potenzialmente aggressive con il palancoato;
- evitare di innescare alterazioni dello stato tensionale dei terreni a monte legati alla variazione del livello della falda che si avrebbe senza drenaggio per effetto della presenza di opere impermeabili sul perimetro spondale; la variazione dello stato tensionale dei terreni a tergo potrebbe rivelarsi deleteria per la stabilità degli insediamenti presenti;
- raggiungere uno dei principali obiettivi per i quali opera il Magistrato alle Acque di Venezia, ovvero ottenere di proteggere le acque lagunari dai rilasci inquinati provenienti dalle sponde dei canali industriali di Porto Marghera.

Il modo con il quale si ottiene che tale sistema adempia alle sue funzioni comprende la posa di un tubo microfessurato di diametro e caratteristiche opportune all'interno dello scavo effettuato a tergo dei marginamenti; le acque

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

captate dal dreno devono poi essere allontanate e convogliate ad un idoneo sistema di trattamento prima di potere essere rese alla laguna.

Oltre al dreno serve dunque anche un collettore che trasferisca ad un punto di sollevamento terminale le portate drenate. Previa idonea preparazione del letto di posa del collettore, questo sarà predisposto nel modo più confacente al criterio di minimizzare gli oneri di gestione e di ottimizzare la sicurezza di funzionamento.

3 CALCOLO DELLA PORTATA DI FILTRAZIONE

Le indagini effettuate lungo la sponda Sud del Canale Sud hanno consentito di verificare la presenza della freaticimetria tipica dell'area dei canali industriali di Porto Marghera.

Le fasce stratigrafiche sede di acquiferi e interessate dalla realizzazione delle opere in progetto sono riportate schematicamente in Figura 1 e sono rispettivamente:

- lo strato di riporto superficiale, sede della falda freatica;
- il secondo acquifero, sede della cosiddetta prima falda in pressione;
- il terzo acquifero, sede della cosiddetta seconda falda in pressione.

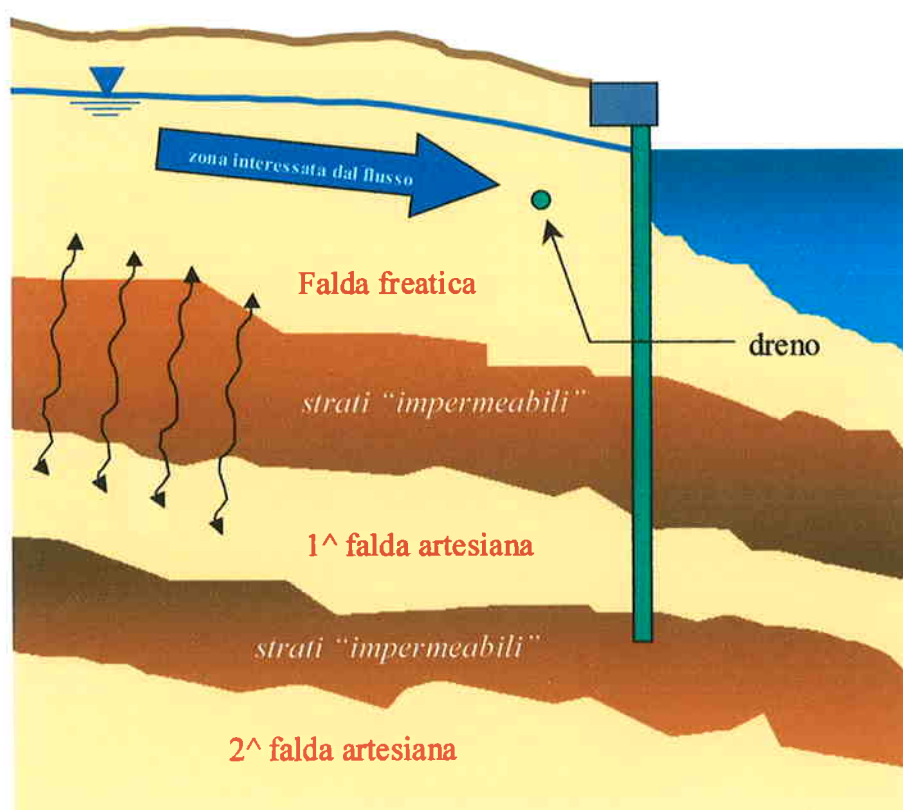


Figura 1: Schematizzazione della stratigrafia delle aree interessate dall'intervento

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

Come osservato e descritto ampiamente nella relazione ambientale, le conterminazioni in progetto interferiscono con la seconda falda in pressione ma non ne condizionano il deflusso, grazie alle finestrature ottenute mediante l'applicazione di palancolati "a pettine".

Di conseguenza il dimensionamento dell'impianto di drenaggio e fognatura va effettuato considerando di raccogliere e smaltire le acque derivanti dalla falda superficiale e dalla prima falda in pressione.

Nei limiti delle informazioni a disposizione e comunque con atteggiamento cautelativo nelle assunzioni fatte circa le proprietà dei materiali, è stato condotto il dimensionamento delle opere idrauliche, a partire dal calcolo della portata drenata.

In base alle indagini effettuate lungo il tratto di sponda soggetto ad intervento è stato individuato l'andamento degli orizzonti granulari e coesivi, come riportato nell'*Allegato C* del presente progetto. Ipotezzando che gli orizzonti granulari individuati siano la sede degli acquiferi presenti nel sottosuolo, è possibile valutare l'effettiva interferenza delle opere in progetto con le falde presenti e effettuare un calcolo delle portate fluenti intercettate dalle opere e per le quali quindi è necessario predisporre l'impianto di drenaggio e di fognatura.

Nell'*Allegato C* vengono individuati cinque profili stratigrafici longitudinali in corrispondenza ad altrettanti tratti di sponda: tali profili stratigrafici non coprono però l'intera porzione di sponda soggetta ad intervento. In tal senso si è reso necessario individuare per ogni profilo una stratigrafia rappresentativa, ed associare ad ognuna di esse un tratto di intervento, individuato in base alla posizione planimetrica dei profili stratigrafici indagati.

I profili stratigrafici 1, 2 e 3 sono relativamente poco estesi e quindi sono stati considerati in maniera unitaria; il profilo 4, seppure di estensione notevole, presenta caratteristiche uniformi, se si esula dalla porzione terminale, prossima

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

alla proprietà A.M.A.V., che però non è interessata dal presente progetto; il profilo 5 può essere suddiviso in due tratti con caratteristiche relativamente uniformi, quello ad Ovest del sondaggio S19-Pz15 e quello ad Est del sondaggio S21-Pz17. In tal senso il profilo 5 è stato suddiviso in due porzioni, considerando come punto di separazione quello intermedio fra i due sondaggi S19-Pz15 e S21-Pz17.

I tratti di intervento associati a ciascun profilo stratigrafico sono stati individuati come segue, indicando con la denominazione tratto 5.1 e 5.2 i tratti di intervento associati alle due porzioni in cui è stato suddiviso il profilo stratigrafico 5:

- **tratto 1:** dal limite Ovest della zona di intervento sino al punto intermedio fra i sondaggi S2-Pz2 e SS1-Pz23,
- **tratto 2:** dal punto terminale del tratto 1 al limite Sud della proprietà S. Marco Petroli,
- **tratto 3:** dal limite Nord della proprietà Cooperativa Guardie a Fuochi al punto intermedio fra i sondaggi S6-Pz4 e S7-Pz5,
- **tratto 4:** dal punto terminale del tratto 3 al limite Est della proprietà Italcementi,
- **tratto 5.1:** dal limite Ovest della proprietà ABIBES al punto intermedio fra i sondaggi S19-Pz15 e S21-Pz17,
- **tratto 5.2:** dal punto terminale del tratto 5.1 al limite est della zona di intervento.

I punti intermedi fra i sondaggi cui si è fatto riferimento nella definizione dei tratti di intervento di cui sopra sono stati considerando le rispettive distanze lungo lo sviluppo delle opere di conterminazione. Lungo tale sviluppo la posizione relativa di ciascun sondaggio è stata individuata considerandone la proiezione sullo sviluppo stesso.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

Per ciascuno di essi è stata calcolata l'estensione planimetrica, riportata nella tabella seguente assieme alle relative quote medie del piano campagna.

	Estensione planimetrica	Quota piano campagna
	[m]	[m s.m.m.]
Tratto 1	273	2.16
Tratto 2	255	2.68
Tratto 3	396	1.85
Tratto 4	1038	2.61
Tratto 5.1	991	2.20
Tratto 5.2	1240	2.36

Tabella 1: Dati stratigrafici

3.1 Calcolo della portata unitaria

Il dreno perimetrale posto a tergo del marginamento ha il compito di raccogliere l'acqua di falda e di trasferirla ai collettori a pressione o a gravità che a loro volta la inviano a depurazione; la quantità d'acqua da drenare deve garantire che la falda a tergo non subisca alterazioni a causa dell'impermeabilizzazione che il marginamento comporta.

Poiché oggi in corrispondenza della linea di riva la quota piezometrica si attesta su quella del medio mare, il dreno deve garantire che, mediamente, il livello della falda si attesti a quota 0.0 m s.m.m..

La quantificazione dei flussi d'acqua che è necessario allontanare per garantire di conservare quella quota è cosa complessa. Infatti, stabilire quali siano i flussi che giungono al dreno dipende da fattori tipicamente molto variabili spazialmente e legati a circostanze mutevoli anche nel tempo.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

Solo per menzionare gli aspetti più rilevanti che comportano la difficoltà di stabilire con grande precisione l'entità delle portate drenate, si citano le seguenti grandezze:

- la permeabilità del mezzo poroso attraverso il quale scorre la falda è legata al modo con cui i terreni ed i riporti sono stati depositati, erosi e nuovamente accumulati ed è quindi mutevole da zona a zona anche di più di un ordine di grandezza,
- lo spessore, la continuità e la profondità dei livelli granulari sede delle falde hanno anch'essi andamento variabile,
- il verso e l'entità dei gradienti idraulici sono variabili localmente e nel tempo;
- il tipo di regime idraulico nei terreni considerati è variabile fra artesiano, freatico e sospeso, e ciò comporta una schematizzazione certamente non scontata,
- la perimetrazione della penisola del petrolchimico che sarà attuata per stralci successivi comporterà il progressivo isolamento delle falde profonde nei confronti dell'alimentazione da monte in senso idrogeologico,
- il modo con cui sono gestite le acque di pioggia nelle aree interne dove sono insediate le aziende (stoccaggi, trattamenti, drenaggi, impermeabilizzazioni di piazzali, ecc.) è scarsamente noto oggi e difficilmente prevedibile per il futuro.

A fronte di ciò risulta non significativo utilizzare metodi di calcolo complessi laddove siano scarsamente noti gli input di cui quei modelli hanno bisogno e soprattutto laddove l'approssimazione che serve a definire il problema non comporta differenze sostanziali nella definizione della soluzione, poiché questa si riferisce ad aspetti medi.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

In tal senso sono stati individuati i seguenti quattro possibili modi semplificati di procedere per effettuare la stima delle portate drenate con una precisione confrontabile con quella delle conoscenze del sistema idrogeologico, e comunque sufficiente per dimensionare il sistema di drenaggio progettato:

1. metodo semi-empirico secondo la teoria delle trincee drenanti,
2. metodo del bilancio di massa semplificato,
3. misure di riferimento relative all'esperienza in scala reale nei cantieri vicini in cui è già stato realizzato un analogo sistema di drenaggio.

Vengono di seguito riportate le considerazioni e vengono sviluppati i calcoli relativi ai metodi elencati. I metodi 2 e 3 sono stati sviluppati in qualità di utile riferimento per i risultati ottenuti dal primo.

3.1.1 Metodo semi-empirico secondo la teoria delle trincee drenanti

In letteratura sono ben note le relazioni che consentono il calcolo della portata unitaria emunta da una trincea drenante come soluzione integrata delle equazioni di Laplace.

Per portata unitaria si intende il contributo di portata prodotta da una unità di misura conterminazione, solitamente espressa in litri al secondo per chilometro.

Nel caso in esame il calcolo è stato condotto, relativamente alla falda superficiale, secondo la teoria delle gallerie filtranti (Sichardt 1930): si è fatta l'ipotesi di moto permanente, considerando cioè fisso il livello della falda indisturbata di monte, nello specifico assunto approssimativamente e cautelativamente coincidente con il piano campagna e assumendo come impermeabile il terreno al di sotto del tubo drenante, a quota -2.00 m s.m.m.: anche tale seconda ipotesi è cautelativa dato che in generale si osservano spessori della falda superficiale comunque inferiori a quelli qui considerati.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

La lunghezza di influenza della galleria si calcola mediante la espressione:

$$L = C_r (H - h_0) \sqrt{K} \quad (1)$$

dove:

- C_r è il coefficiente di influenza, posto a favore di sicurezza pari a $1500 \text{ (s/m)}^{0.5}$,
- H è il dislivello fra la quota della falda indisturbata, posta a favore di sicurezza coincidente col piano campagna, e la quota di posa in opera del dreno, pari a -2.00 m s.m.m. , considerata, a favore di sicurezza come il limite inferiore della falda,
- h_0 è l'altezza della galleria, posta nel presente caso pari a 0.50 m , altezza del filtro rovescio previsto attorno alla condotta drenante,
- K è il coefficiente di permeabilità posto per la falda superficiale pari a $1.0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Tale coefficiente è stato assegnato con riferimento alle stratigrafie riportate nell'*Allegato C* dove sono stati considerati sede dello scorrimento della falda freatica gli strati indicati come "*Terreni di riporto*".

La portata unitaria si calcola quindi in base alla seguente espressione:

$$q = \frac{K (H^2 - h_0^2)}{2L} \quad (2)$$

Nella seguente tabella sono riportati i valori della portata unitaria ricavati, mediante le espressioni (1) e (2) per i tratti in cui è stato suddiviso l'intervento.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

	H	L - lunghezza di influenza	q - Portata specifica falda	Q - Portata falda
	[m]	[m]	[l/(s*km)]	[l/s]
Tratto 1	4.16	5.49	1.55	0.42
Tratto 2	4.68	6.27	1.73	0.44
Tratto 3	3.85	5.03	1.45	0.57
Tratto 4	4.61	6.17	1.70	1.77
Tratto 5.1	4.20	5.55	1.57	1.55
Tratto 5.2	4.36	5.79	1.62	2.01

Tabella 2: Portate specifiche e complessive relative alla falda superficiale

In base ai risultati sopra esposti si ottiene una portata complessiva di 6.77 l/s per l'intero tratto di sponda soggetto ad intervento, cui corrisponde una portata specifica media sull'intera lunghezza di intervento, di 1.61 l/(s*km).

Con i dati sopra esposti è possibile calcolare per ogni tratto la portata specifica che deve essere raccolta e drenata a tergo della conterminazione. Tale portata specifica costituisce l'elemento di dimensionamento della rete di drenaggio e fognatura in progetto.

È evidente che in una condizione in cui venisse a mancare l'alimentazione alla falda si giungerebbe alla progressiva attenuazione del gradiente e dunque della portata: per questo il valore ottenuto è da considerare quale limite superiore, valido cioè fintanto che sia costante il livello di monte.

Considerando che questo approccio è dunque valido solo nel transitorio di un evento di pioggia intensa, considerato anche che l'effetto delle piogge sulla piezometria delle falde meno superficiali è ritardato rispetto al tempo in cui si manifesta nella falda nel riporto, non si ritiene opportuno sommare anche il contributo della prima falda.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

3.1.2 Metodo del bilancio di massa semplificato

L' "Area Fusina", delimitata a Nord dal Canale Industriale Sud, ad est dal Canale Malamocco-Marghera e a Sud dal Naviglio Brenta, si estende per circa 300 ha.

La completa cinturazione dell'area in programma provocherebbe l'interruzione dell'alimentazione degli acquiferi profondi; in tal caso il regime della falda sarebbe prevalentemente regolato dalle ricariche meteoriche, cosa peraltro già in atto secondo autorevoli studi, e quindi sarebbe possibile applicare all' "Area Fusina" un bilancio di massa per il calcolo delle portate da drenare.

Mediamente nell'area veneziana piovono circa 820 mm in un anno: sull' "Area Fusina" tale pioggia corrisponde ad un volume pari a circa 2'460'000 m³. Tale volume annuo corrisponde ad una portata media al secondo di 78 l/s.

È noto che parte di questa portata viene trattata come acqua di prima pioggia, anche se è difficilmente determinabile l'aliquota.

L'effetto dell'evapotraspirazione è invece quantificabile per mezzo di diverse relazioni semi-empiriche; tra i metodi più citati vi è quello di Blaney e Criddle (1960) da cui è possibile ricavare la quantità d'acqua che viene persa in atmosfera:

$$ET_p = k \times p \times (0.46 \times T + 8) - 2 \quad (3)$$

dove:

- ET_p è l'evapotraspirazione potenziale giornaliera di terreni ad elevata umidità e parzialmente vegetati: tale valore è tipicamente maggiore del reale in quanto rappresenta un limite teorico,
- T è la temperatura media, assunta pari a 15°C
- p è la percentuale sul totale delle ore diurne dell'anno, pari alla durata media astronomica del giorno alla latitudine di 42°, qui assunta pari a 11 h, divisa per 4'380 che sono le ore diurne complessive in un anno e moltiplicata per 100,
- k è un coefficiente legato alla ventosità ed all'umidità relativa del luogo, assunto pari a 1.43 da riferimenti tabellari.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

Il valore ET_p che ne deriva è pari a qualcosa dell'ordine dei 1'200 mm/anno: visto che tale quantità è addirittura maggiore di quella piovuta, pur essendo un limite potenziale, è ragionevole supporre che sia consistente l'aliquota ceduta all'atmosfera per evapotraspirazione e che pertanto non giunge a dover essere drenata perimetralmente.

Considerato quanto appena espresso, ipotizzando che solo un 10% degli apporti meteorici divenga pioggia efficace per il dreno, in quanto si infiltra nel terreno ed alimenta la falda superficiale fino a giungere al perimetro drenante, si giunge ad una portata pari a circa 7.8 l/s.

Ipotizzando cautelativamente che tale portata venga smaltita tutta lungo la sponda Sud del Canale Sud e lungo la sponda del Canale Malamocco-Marghera tra il Canale Sud e il Naviglio Brenta, si ottiene un perimetro scolante di circa 5.5 km, e una corrispondente portata di 1.43 l/(s x km).

3.1.3 Misure di riferimento relative all'esperienza nei cantieri vicini

Pur ribadendo la variabilità delle condizioni locali che determinano le portate drenate e dunque la limitata possibilità di confrontare risultati corrispondenti a tratti di sponda diversi, si ritiene tuttavia che le variabilità ascrivibili alla locale idrogeologia comportino risultati medi comunque confrontabili. Per questo si ritiene significativo citare il caso del cantiere lungo la sponda nord del Canale Industriale Sud come riferimento sull'ordine di grandezza delle portate da determinare.

Gli aggotamenti condotti a tergo del palancolato su un arco di tempo di oltre sei mesi (comprendente quindi periodi di scarse piogge e di piogge intense) e necessari per conservare la falda alla quota di -2.00 m s.m.m. all'interno dello scavo hanno evidenziato valori della portata pari a:

- 1.64 l/(s×km) medi,
- 2.50 l/(s×km) nei picchi mensili piovosi.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

I valori di cui sopra sono certamente maggiori rispetto a quelli che è lecito attendersi nel tratto di sponda in progetto: infatti la portata conseguente a 2 m di depressione in più rispetto a quella prevista in progetto (il dreno garantisce la quota 0.0 m s.m.m. nelle sue immediate vicinanze) è certamente maggiore di quella conseguente alle geometrie di progetto.

3.1.4 Considerazioni sui risultati di portata di drenaggio ottenuti

I risultati ottenuti dal metodo del bilancio di massa semplificato e le misure di riferimento relative all'esperienza in scala reale nei cantieri vicini portano a *valori medi* di portata di drenaggio per chilometro di sponda prossimi fra loro e coi valori ottenuti, per i vari tratti di sponda, col metodo semi-empirico secondo la teoria delle trincee drenanti. Tale considerazione offre una certa garanzia sulla qualità dei calcoli, delle stime e delle misure effettuate.

Verranno presi in considerazione quindi nel dimensionamento dell'impianto di drenaggio e di fognatura i risultati ottenuti mediante la teoria delle trincee drenanti. Tale metodo di calcolo descrive infatti nella maniera più dettagliata il comportamento della sistema idraulico in esame; il valore medio di portata di drenaggio per chilometro di sponda risulta comunque cautelativo rispetto a quello ottenuto col metodo del bilancio di massa semplificato, e pressoché coincidente con i valori medi misurati in scala reale nei cantieri vicini.

Va comunque sottolineato come la variabilità dei valori ottenuti è comunque tale da non comportare differenze sui dispositivi progettati, poiché altre variabili risultano invece preponderanti sul loro dimensionamento. Ad esempio, l'esigenza di garantire che anche in caso di malfunzionamento o di fermo di servizio di una pompa il sistema funzioni correttamente comporta la posa in opera di una coppia di pompe per ogni vasca di sollevamento: ciò fa sì che si disponga di una ridondanza in grado di far fronte anche a portate temporaneamente maggiori di

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

quelle ascrivibili alle falde sulla base dei calcoli più cautelativi. In altre parole, il progetto fa riferimento a condizioni medie e ciò che accade localmente o in un transitorio di piogge intense è comunque attutito al punto da non causare alcun malfunzionamento di sorta. La sicurezza dell'impianto di drenaggio è infatti garantita nei confronti di singolarità idrologiche o idrogeologiche:

- dall'estensione dell'intervento,
- dalla ridotta permeabilità in senso verticale del sistema idrogeologico che porta già oggi a falde sospese e a ruscellamenti superficiali,
- dal volano rappresentato dall'invaso nei pori del terreno,
- da quello costituito dai tubi,
- dalla possibilità che le pompe rimangano in funzione per periodi più lunghi allontanando portate fino a 30 l/s.

4 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE TUBAZIONI

Le tubazioni previste a tergo delle conterminazioni in progetto sono di tre tipi: tubazione drenante, tubazione fognaria a gravità e tubazione fognaria a pressione.

Come tubazione drenante è stato adottato un tubo Ø300 microfessurato: la scelta è stata effettuata, in analogia ad altri progetti di conterminazione di sponde di canali industriali a Porto Marghera, alcuni dei quali già realizzati, in considerazione del fatto che tale diametro fornisce congrue garanzie nei confronti della possibilità di intasamento.

Il dimensionamento delle tubazioni di fognatura con funzionamento a gravità è stato condotto tratto per tratto in base alle portate calcolate nel paragrafo precedente.

Nei tratti di fognatura a gravità previsti dal limite Ovest della zona di intervento ad Ovest sino alla proprietà Italcementi compresa sono state adottate condotte in PEAD Ø200, mentre dalla Proprietà Abibes compresa sino al limite Est della zona di intervento sono state adottate condotte in PEAD Ø250.

Ipotizzando per tali tratti una pendenza longitudinale del 0.5 ‰ e un coefficiente di scabrezza K_s di $70 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$ si è verificato come le portate calcolate comportano un grado di riempimento delle tubazioni comunque inferiore al 50%.

Per i tratti di fognatura in pressione è stata adottata una condotta in PEAD Ø200: con riferimento alla portata complessiva di 6.77 l/s, ipotizzando quattro avviamenti orari delle pompe, si è ipotizzata una portata massima da sollevare di 30 l/s. Considerando un coefficiente di scabrezza K_s di $70 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$ si ottiene una velocità prossima a 1 m/s.

5 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI DRENAGGIO E FOGNATURA

L'impianto di drenaggio e fognatura previsto a tergo delle conterminazioni previste dal progetto è necessario a captare le acque che filtrano attraverso le falde più superficiali.

Questo dispositivo idraulico è necessario per mantenere sotto controllo il dislivello fra la quota della falda di monte e quella di valle delle conterminazioni stesse, coincidente col livello di marea, che potrebbe comportare spinte in grado di pregiudicare la stabilità complessiva delle opere in progetto.

L'impianto di drenaggio e fognatura consente inoltre di impedire lo sversamento nel canale delle acque che percolano attraverso gli strati di materiale di riporto inquinato e che costituiscono la sponda.

L'impianto di drenaggio e fognatura è costituito da una tubazione drenante che corre a tergo dell'intera conterminazione in progetto, di **vasche di sfioro** che consentono di raccogliere le acque drenate, di mantenere il livello della falda alla quota desiderata e di trasferire le portate drenate alla tubazione di fognatura, che corre parallela a quella di drenaggio e convoglia le acque al punto finale di recapito, con alternanze di tratti con funzionamento a gravità e a pressione in base alle condizioni attuali e di progetto incontrate di volta in volta; i tratti in pressione sono preceduti da opportune **vasche di sollevamento**, che in determinati casi possono anche funzionare anche da vasche di sfioro.

La tubazione di drenaggio è un Ø300 microfessurato e posato all'interno di una piccola trincea a sezione trapezia con materiale granulare grossolano che funziona da filtro rovescio. Tale condotto convoglia le acque raccolte alle vasche di sfioro e alle vasche di sollevamento previste lungo il tracciato in opportune posizioni planimetriche individuate in base alla estensione dei tratti di tubo drenante e in

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

base alle interferenze con le condizioni di stato attuale. In corrispondenza ai tratti in cui all'interno del cordolo di irrigidimento del palancolato è presente il collettore a gravità per acque bianche previsto nell'ambito del Progetto Integrato Fusina, le vasche di sfioro sono state adattate allo scopo di consentire anche l'ispezione del collettore stesso, e sono state indicate nel presente progetto come *“manufatti di sfioro ed ispezione”*.

La tubazione di fognatura è costituita da un PEAD a gravità, o in pressione a seconda del tratto, e consente il trasferimento delle acque captate sino al recapito finale che, secondo gli intenti di sinergia fra le attività proprie della Regione Veneto e del Magistrato alle Acque, dovrebbe essere costituito dalla *Vasca di invaso* prevista dal *Progetto Integrato Fusina*, localizzata nella proprietà ASPIV, lungo la sponda Sud del Canale Sud, in corrispondenza al raccordo col Canale Malamocco-Marghera.

I tratti di tubazione in pressione sono stati inseriti in corrispondenza alle porzioni di sponda in cui non è previsto dal presente progetto alcun intervento di conterminazione, vale a dire i tratti di proprietà ALLES e AMAV, e in quelli in cui l'interferenza con la sezione tipo prevista è tale da impedire il passaggio di una tubazione a gravità, vale a dire il tratto di proprietà Pagnan dove la tubazione a gravità interferirebbe con i tiranti della conterminazione. E' stata inoltre prevista una tubazione a pressione lungo l'intero ENEL, dove il diaframma plastico, previsto in questa fase progettuale in posizione arretrata all'allineamento delle banchine adiacenti, potrebbe venire sostituito da un'opera di conterminazione a banchina, in sostituzione dell'attuale banchina ENEL: in tal caso anche la tubazione della fognatura dovrebbe essere spostata in prossimità della nuovo margine di accosto. In considerazione di tale “provvisorialità”, la tubazione in pressione consente di coprire il tratto di fognatura limitando le profondità di scavo e semplificando le operazioni di posa in opera.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

Oltre alle opere di fognatura principali e alle tubazioni descritte, l'impianto di fognatura è completato dagli ordinari manufatti di fognatura. Ad interasse massimo di 50 m sono stati predisposti opportuni pozzetti di ispezione e manutenzione lungo le entrambe le tubazioni di drenaggio e fognatura: tali pozzetti sono stati applicati anche in corrispondenza alle deviazioni e ad altri punti particolari delle tubazioni.

La planimetria schematica della rete fognaria prevista è riportato dettagliatamente nell'*Allegato 09.01* del presente Progetto Definitivo. L'*Allegato 09.02* rappresenta invece il profilo longitudinale della rete fognaria.

Vengono di seguito descritto per tratti l'impianto di drenaggio e di fognatura.

5.1 Tratto dal limite Ovest delle zona di intervento fino alla proprietà S. Marco Petroli

In tale tratto è stata prevista in posizione pressoché intermedia la vasca di sfioro n°1. Verso di essa vengono convogliate le acque drenate dal tubo Ø300 microfessurato previsto a tergo della conterminazione del tratto di Proprietà Nuova Sirma e di quelli appena adiacenti. Le portate così raccolte vengono trasferite mediante una condotta in PEAD Ø200 a gravità alla vasca di sollevamento n°1 prevista in prossimità del confine fra S. Marco Petroli e Alles. Le acque drenate nel tratto compreso fra la vasca di sfioro n°1 e la vasca di sollevamento n°1 vengono convogliate direttamente dal tubo Ø300 microfessurato previsto a tergo della conterminazione alla vasca di sollevamento n°1.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

5.2 Tratto dalla proprietà Alles al manufatto di sfioro e ispezione n°1 (Area 43 ha)

Il presente progetto non prevede alcuna conterminazione lungo il tratto di proprietà Alles. Non viene quindi previsto alcun sistema di drenaggio e il trasferimento delle acque drenate “a monte” avviene mediante una condotta in PEAD Ø200 a pressione a tergo della banchina esistente. Tale condotta prosegue, secondo lo schema fognario previsto, a tergo della conterminazione prevista in corrispondenza alla proprietà Cooperativa Guardie ai Fuochi, alla proprietà Pagnan e all’Area 43 ha, sino al manufatto di sfioro e ispezione n°1 previsto in corrispondenza all’inizio del tratto di applicazione della sezione di conterminazione tipo 1C. A tergo dei tratti di conterminazione di cui sopra è anche previsto un tubo Ø300 microfessurato che raccoglie le acque della falda superficiale e le trasferisce al manufatto di sfioro e ispezione n°1.

5.3 Tratto dal manufatto di sfioro e ispezione n°1 (Area 43 ha) al termine della proprietà Italcementi

In tale tratto è stato previsto in posizione pressoché intermedia il manufatto di sfioro e ispezione n°2. Verso di esso vengono convogliate le acque drenate dal tubo Ø300 microfessurato previsto a tergo della conterminazione del tratto compreso il manufatto di ispezione e sfioro n°1 e n°2 . Il tubo in PEAD Ø200 a gravità previsto in corrispondenza a tale tratto consente di trasferire le acque raccolte a monte del manufatto di sfioro ed ispezione n°1 al manufatto di sfioro ed ispezione n°2. Il tubo drenante previsto a tergo della conterminazione del rimanente tratto di proprietà Decal e di quello di proprietà Italcementi convoglia direttamente le acque raccolte al manufatto di sollevamento n°2 previsto in prossimità del confine fra proprietà Italcementi e A.M.A.V.. Le acque raccolte ad Ovest del manufatto di sfioro ed ispezione n°2 vengono trasferite da esso al manufatto di sollevamento n°2 mediante una condotta in PEAD Ø200 a gravità.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

5.4 Tratto di proprietà A.M.A.V.

In tale tratto non è previsto alcun intervento di conterminazione e quindi non è stato previsto neppure il conseguente sistema di drenaggio. Il trasferimento delle acque di fognatura raccolte a monte avviene mediante una condotta in PEAD Ø200 a pressione che passa a tergo degli impianti A.M.A.V. e collega il manufatto di sollevamento n°2 al manufatto di sfioro ed ispezione n°3, previsto in prossimità del confine fra le proprietà A.M.A.V. e ABIBES.

5.5 Tratto di proprietà ABIBES

A tergo della conterminazione è stato previsto un tubo di drenaggio Ø300 microfessurato: esso convoglia le acque raccolte al manufatto di sfioro ed ispezione n°4 posto in prossimità del confine fra la proprietà ABIBES e A.L.C.O.A.. Le acque raccolte ad Ovest al manufatto di sfioro ed ispezione n°3 vengono trasferite da esso al manufatto di sfioro ed ispezione n°4 mediante una condotta in PEAD Ø250 a gravità.

5.6 Tratto di proprietà A.L.C.O.A.

In tale tratto è compresa l'opera di presa A.L.C.O.A. esistente, posta in prossimità del manufatto di sfioro ed ispezione n°4. In tale senso il drenaggio delle acque di falda nel tratto di proprietà A.L.C.O.A. è diviso in due tratti: nel piccolo tratto ad Ovest dell'opera di presa è stato previsto a tergo della conterminazione un tubo di drenaggio Ø300 microfessurato che convoglia le acque raccolte al manufatto di sfioro ed ispezione n°4. Ad Est dell'opera di presa il tubo di drenaggio Ø300 microfessurato convoglia le acque raccolte al manufatto di sollevamento n°3 posto in prossimità del confine fra la proprietà

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

A.L.C.O.A. ed ENEL. Le acque convogliate al manufatto di sfioro ed ispezione n°4 vengono trasferite al manufatto di sollevamento n°3 mediante una condotta in PEAD Ø250 a gravità: l'attraversamento dell'opera di presa A.L.C.O.A. esistente viene realizzato mediante un sifone.

5.7 Tratto di proprietà ENEL

A tergo della conterminazione in diaframma plastico e micropali accostati e compenetrati è stato previsto un tubo di drenaggio Ø300 microfessurato: esso convoglia le acque raccolte verso il manufatto di sollevamento n°3 posto in prossimità del confine fra la proprietà A.L.C.O.A. e ENEL. Le acque convogliate al manufatto di sollevamento n°3, sia quelle provenienti da Ovest che quelle drenate lungo il tratto ENEL, vengono trasferite mediante una condotta in PEAD Ø200 a pressione al manufatto di sfioro ed ispezione n°5, posto in prossimità del confine fra le proprietà ENEL ed EDISON, immediatamente ad Est dell'opera di presa acqua ENEL.

5.8 Tratto dal manufatto di sfioro e ispezione n°5 alla Vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina

Il tratto in questione è caratterizzato dalla presenza in posizione intermedia dell'opera di presa acqua EDISON, localizzata in prossimità del confine fra le proprietà EDISON e ASPIV. In tale senso il drenaggio delle acque di falda è suddiviso in due tratti: nel tratto ad Ovest dell'opera di presa il tubo di drenaggio Ø300 microfessurato previsto a tergo della conterminazione convoglia le acque raccolte al manufatto di sfioro ed ispezione n°5. Ad Est dell'opera di presa il tubo di drenaggio Ø300 microfessurato convoglia invece le acque raccolte direttamente in prossimità del limite Nord dell'area di ingombro della Vasca di

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina. Le acque convogliate al manufatto di sfioro ed ispezione n°5, vengono trasferite sino in prossimità del limite Nord dell'area di ingombro della Vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina mediante una condotta in PEAD Ø250 a gravità: l'attraversamento dell'opera di presa acqua EDISON esistente viene realizzato mediante un sifone.

Le acque di drenaggio raccolte a tergo delle opere di conterminazione previste dal presente Progetto, secondo gli intenti di sinergia fra le attività proprie della Regione Veneto e del Magistrato alle Acque, saranno convogliate alla Vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina. In tal senso in prossimità del limite Nord dell'area di ingombro della Vasca di invaso è stata prevista la realizzazione della vasca di sollevamento n°4, che garantirà il rilancio delle acque di drenaggio alla Vasca di invaso stessa.

5.9 Tratto in corrispondenza della vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina

In questo tratto, che si estende sino al limite Est della zona di intervento, la futura realizzazione della vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina condiziona la posa in opera del sistema di drenaggio comportando l'arretramento del tubo di drenaggio Ø300 microfessurato a tergo della vasca di invaso stessa: le acque raccolte vengono convogliate in direzione Nord-Ovest sino alla vasca di sollevamento n°4, in corrispondenza alla quale si aggiungeranno alle rimanenti acque di drenaggio della conterminazione in progetto (cfr. paragrafo precedente).

6 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO VASCHE DI SOLLEVAMENTO

Il dimensionamento idraulico delle vasche di sollevamento consiste nella individuazione delle pompe necessarie, in termini di potenza assorbita, e nel calcolo del volume d'invaso compatibile con il numero di attacchi/ora delle pompe prescelte.

6.1 Vasca di sollevamento n°1

La vasca di sollevamento n°1 è localizzata in corrispondenza al limite Sud della proprietà S. Marco Petroli: ad essa vengono quindi convogliate le acque di drenaggio raccolte complessivamente nei tratti di intervento 1 e 2. La portata di drenaggio corrispondente si ottiene quindi sommando le rispettive portate di falda:

$$Q = 0.42 + 0.44 = 0.86 \text{ l/s}$$

La condotta di mandata, che trasferisce la portata dalla vasca di sollevamento n°1 al manufatto di sfioro e ispezione n°1, ha una lunghezza di circa 707 m, come riportato nell'Allegato grafico 09.02 del presente progetto.

Considerando che la condotta adottata è in PEAD Ø200 e ipotizzando una portata di 20 l/s, le perdite di carico sono di circa 3.20 m: si prevedono quindi due pompe sommergibili dalla potenza resa nominale minima di 5 kW. L'adozione di 2 pompe risponde ad esigenze di affidabilità dell'impianto di fognatura e non a necessità idrauliche.

Il volume di invaso minimo per assicurare un numero massimo di 4 attacchi/ora (tempo di ciclo minimo $T_c=15$ min) risulta essere:

$$V = T_c \cdot Q = 0.80 \text{ m}^3$$

È di tutta evidenza che le portate trasportate sono in ogni caso piuttosto modeste e che l'impianto risulta opportunamente sovradimensionato rispetto alle effettive esigenze idrauliche.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

6.2 Vasca di sollevamento n°2

La vasca di sollevamento n°2 è localizzata in corrispondenza al limite Est della proprietà Italcementi: ad essa vengono quindi convogliate, oltre alle acque raccolte nella vasca di sollevamento n°1, quelle drenate nei tratti di intervento 3 e 4. La portata corrispondente si ottiene quindi sommando i contributi dei tratti 3 e 4 alla portata calcolata per la vasca di sollevamento n°1:

$$Q = 0.86 + 0.57 + 1.77 = 3.21 \text{ l/s}$$

La condotta di mandata, che trasferisce la portata dalla vasca di sollevamento n°2 al manufatto di sfioro e ispezione n°3, ha una lunghezza di circa 332 m, come riportato nell'Allegato grafico 09.02 del presente progetto.

Considerando che la condotta adottata è in PEAD Ø200 e ipotizzando una portata di 20 l/s, le perdite di carico sono di circa 3.20 m: si prevedono quindi due pompe sommergibili dalla potenza resa nominale minima di 5 kW. L'adozione di 2 pompe risponde ad esigenze di affidabilità dell'impianto di fognatura e non a necessità idrauliche.

Il volume di invaso minimo per assicurare un numero massimo di 4 attacchi/ora (tempo di ciclo minimo $T_c=15$ min) risulta essere:

$$V = T_c \cdot Q = 2.90 \text{ m}^3$$

È di tutta evidenza che le portate trasportate sono in ogni caso piuttosto modeste e che l'impianto risulta opportunamente sovradimensionato rispetto alle effettive esigenze idrauliche.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

6.3 Vasca di sollevamento n°3

La vasca di sollevamento n°3 è localizzata in corrispondenza al limite Est della proprietà A.L.C.O.A.: ad essa vengono quindi convogliate, oltre alle acque raccolte nella vasca di sollevamento n°2, quelle drenate nell'intero tratto di intervento 5.1 e nel tratto 5.2 per una lunghezza di intervento di circa 280 m.

La portata corrispondente si ottiene come segue, in maniera analoga a quella dei precedenti manufatti:

$$Q = 3.21 + 1.55 + 1.62 \cdot 10^{-3} \cdot 280 = 5.21 \text{ l/s}$$

La condotta di mandata, che trasferisce la portata dalla vasca di sollevamento n°3 al manufatto di sfioro e ispezione n°5, ha una lunghezza di circa 462 m, come riportato nell'Allegato grafico 09.02 del presente progetto.

Considerando che la condotta adottata è in PEAD Ø200 e ipotizzando una portata di 30 l/s, le perdite di carico sono di circa 3.20 m: si prevedono quindi due pompe sommergibili dalla potenza resa nominale minima di 10 kW. L'adozione di 2 pompe risponde ad esigenze di affidabilità dell'impianto di fognatura e non a necessità idrauliche.

Il volume di invaso minimo per assicurare un numero massimo di 4 attacchi/ora (tempo di ciclo minimo $T_c=15$ min) risulta essere:

$$V = T_c \cdot Q = 4.70 \text{ m}^3$$

È di tutta evidenza che le portate trasportate sono in ogni caso piuttosto modeste e che l'impianto risulta opportunamente sovradimensionato rispetto alle effettive esigenze idrauliche.

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

6.4 Vasca di sollevamento n°4

Come descritto nel precedente capitolo 5 la vasca di sollevamento n°4 è stata predisposta in prossimità del limite Nord dell'area di ingombro della Vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina, e sarà quindi localizzata in proprietà ASPIV.

Essa ha lo scopo di raccogliere le acque di drenaggio dell'intera zona di intervento del presente progetto, comprese quelle raccolte ad est della vasca stessa e di recapitarle, secondo gli intenti di sinergia fra le attività proprie della Regione Veneto e del Magistrato alle Acque, alla Vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina.

La portata complessiva dell'intera zona di intervento del presente progetto si ottiene facilmente sommando a quella di dimensionamento della vasca di sollevamento n°3 quella raccolta dalle tubazioni di drenaggio nei rimanenti 960 m del tratto 5.2:

$$Q = 5.21 + 1.62 * 10^{-3} * 960 = 6.77 l / s$$

Ipotizzando il trasferimento delle portate drenate alla Vasca di invaso prevista dal Progetto Integrato Fusina, la condotta di mandata presenterà una lunghezza trascurabile ma dovrà consentire la consegna della portata di progetto sopra alla quota massima di invaso prevista per la Vasca di invaso del Progetto Integrato Fusina. In base agli elementi tecnici attualmente noti, tale quota di massimo invaso sarà di 3.10 m s.m.m., mentre la quota dell'intradosso della soletta di copertura sarà di 3.60 m s.m.m.. Considerando che la tubazione di mandata è un PEAD Ø200 si suppone cautelativamente in tale fase una quota di consegna di 10 cm sotto l'intradosso della soletta di copertura.

La tubazione che perviene alla vasca di sollevamento n°4 alla quota più depressa è quella di drenaggio posta a quota -2.00 m s.m.m., come si osserva nel profilo longitudinale, riportato nell'*Allegato 09.02* del presente progetto. Ipotizzando che

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI DI DRENAGGIO

la vasca di sollevamento n°4 presenti la medesima quota di fondo, il dislivello piezometrico da superare risulta quindi di 5.60 m.

Si prevedono quindi due pompe sommergibili dalla potenza resa nominale minima di 10 kW. L'adozione di 2 pompe risponde ad esigenze di affidabilità dell'impianto di fognatura e non a necessità idrauliche.

Il volume di invaso minimo per assicurare un numero massimo di 4 attacchi/ora (tempo di ciclo minimo $T_c=15$ min) risulta essere:

$$V = T_c \cdot Q = 6.10 \text{ m}^3$$

È di tutta evidenza che le portate trasportate sono in ogni caso piuttosto modeste e che l'impianto risulta opportunamente sovradimensionato rispetto alle effettive esigenze idrauliche.