

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.

CUP: J14H20000440001

U.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST

ID – IDRAULICA DI SEDE FERROVIARIA

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 1 0 1 0 D 2 6 R I I D 0 0 0 2 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	P. Cucino	Ott. 2021	S. Santopietro <i>S. Santopietro</i>	Ott. 2021	C. Mazzocchi <i>Mazzocchi</i>	Ott. 2021	A. Perego Ott. 2021



File: IN1010D26RIID0002001A.docx

n. Elab.:

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	2 di 53

INDICE

1	PREMESSA.....	4
1.1	OGGETTO SPECIFICO DELLA RELAZIONE.....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	RIFERIMENTI PROGETTUALI.....	7
4	IDROLOGIA	8
4.1	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	8
4.2	TEMPO DI RITORNO DI PROGETTO	9
4.3	PORTATE DI PROGETTO	9
4.3.1	<i>Il metodo razionale (o cinematico).....</i>	9
4.3.2	<i>Metodo dell'invaso lineare.....</i>	12
5	SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE.....	14
5.1	ASPETTI NORMATIVI	14
5.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	15
5.3	ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI PROGETTO	17
5.4	DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE IDRAULICHE.....	17
5.5	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO.....	17
5.5.1	<i>Canalette rettangolari e trapezoidali.....</i>	17
5.5.2	<i>Collettori di smaltimento.....</i>	18
5.5.3	<i>Tubi in pressione</i>	18
5.5.4	<i>Stazioni di sollevamento.....</i>	19
5.5.5	<i>Embrici</i>	22
5.5.6	<i>Fossi e vasche disperdenti.....</i>	22
6	RETE DI SMALTIMENTO PIATTAFORMA	23
6.1	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	23

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	E	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	3 di 53

6.2	OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO.....	23
6.2.1	<i>Descrizione del sistema di drenaggio</i>	24
6.2.2	<i>Calcolo delle portate di piena</i>	26
6.3	VERIFICHE IDRAULICHE	26
6.3.1	<i>Canali a pelo libero</i>	26
6.3.2	<i>Fossi drenanti</i>	34
6.3.3	<i>Vasche disperdenti</i>	38
6.3.4	<i>Stazioni di sollevamento</i>	50
6.3.5	<i>Tubi in pressione</i>	52
6.3.6	<i>Embrici</i>	52
7	COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	53

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	4 di 53

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione definitiva dell'Ingresso Ovest al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Brescia-Verona.

L'intervento prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l'intersezione con l'Autostrada del Brennero A22 e la radice est della Stazione Ferroviaria di Verona Porta Nuova, per una estensione di circa 10km. Tali interventi sono funzionali al progetto di linea della Tratta Brescia Est – Verona.

Il progetto prevede la rilocazione della Linea Storica leggermente più a nord al fine di lasciare spazio all'inserimento dei binari della Linea AV/AC. Viene anche prevista la realizzazione di una ulteriore linea denominata "indipendente merci" per il collegamento con la Linea Brennero.

Sono previsti interventi di potenziamento e riconfigurazione della stazione di Verona Porta Nuova e realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica con conseguenti interventi tecnologici per la gestione delle modifiche.

Il progetto comprende tutte le opere atte a consentire l'allaccio e l'interfaccia con le linee storiche esistenti e la risoluzione delle interferenze tra la parte di progetto stesso e l'esistente (viabilità, idrografia, ecc).



Figura 1: Individuazione area d'intervento

1.1 Oggetto specifico della relazione

Nella presente relazione idraulica viene illustrata la rete di raccolta e smaltimento delle acque superficiali della sede ferroviaria in progetto. In particolare si riportano le caratteristiche tecniche e dimensionali della rete idrica, nonché le relative verifiche idrauliche delle condotte fognarie, dei fossi drenanti, delle stazioni di sollevamento e delle vasche a dispersione.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

DM n. 2445, 23 FEBBRAIO 1971, Norme tecniche per gli attraversamenti e i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto

Decreto 10 agosto 2004, Modifiche alle “Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”. (GO Serie Generale n. 199 del 25-08-2004)

UNI ENV 1046:2003, 01/05/2003, Sistemi di tubazioni e condotte di materia plastica - Sistemi di adduzione d'acqua e scarichi fognari all'esterno dei fabbricati - Raccomandazioni per installazione interrata e fuori terra (norma sperimentale)

UNI CEN/TS 15223:2017, Sistemi di tubazioni di materia plastica - Parametri di progetto convalidati di sistemi di tubazioni interrati di materiale termoplastico

UNI EN 13476-1:2018, Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali

UNI EN 13476-2:2018, Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, Tipo A

UNI EN 13476-3:2009, Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B

UNI EN 1295-1:2019, Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico - Parte 1: Requisiti generali

UNI EN 1610:2015, Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura

UNI EN ISO 9969:2008, Tubi di materiale termoplastico - Determinazione della rigidità anulare

Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto – Circ. M.LL.PP. n. 11633 del 7/01/74

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (pubblicato nella G.U. 14 aprile 2006, S.O. n. 96/L) recante "Norme in materia ambientale".

Decreto Ministero Dei Lavori Pubblici 12 dicembre 1985, Norme tecniche relative alle tubazioni (G.U. 14-3-1986, n.61)

Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 27291, Presidenza Consiglio Superiore - Servizio Tecnico Centrale, 20.03.1986. Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni, Decreto Min. Lav. Pubblici 12/12/85



LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	6 di 53

Decreto Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018, “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». Gazzetta Ufficiale 20/02/2017, n. 42 - Suppl. Ord. n. 8

Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7. Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5

Allegato A della Dgr n.2948 del 06 ottobre 2009 della Regione Veneto “Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici - Modalità operative e indicazioni tecniche”

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	7 di 53

3 RIFERIMENTI PROGETTUALI

Di seguito vengono elencati gli elaborati progettuali richiamati nella presente relazione:

- IN1010D26RHID0001001A - Relazione Idrologica
- IN1010D69SGGE0005001A - Report tecnico: stratigrafie e prove in sito
- IN1010D69RGGE0001001A - Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica
- IN1010D17ROIT0000002A - Relazione impianti di sollevamento
- IN1010D26N5ID0002001A - Planimetria di inquadramento aree PAI-PGRA - Tav. 1/2
- IN1010D26N5ID0002002A - Planimetria di inquadramento aree PAI-PGRA - Tav. 2/2

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

4 IDROLOGIA

Si riporta di seguito la procedura di analisi idrologica statistica effettuata per la determinazione delle altezze di pioggia utilizzate nei capitoli successivi per il calcolo delle portate dei bacini scolanti individuati. Per un inquadramento idrologico generale, si veda il documento "Relazione idrologica" (IN1010D26RHID0001001A).

4.1 Analisi pluviometrica

Le precipitazioni estreme vengono espresse in funzione della loro durata attraverso la curva di possibilità pluviometrica, ottenuta dall'elaborazione statistica delle misure dell'altezza di pioggia rilevate a terra; i parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica sono rappresentati da a (mm/h) e n , attraverso la seguente relazione:

$$h = at^n$$

con h =altezza di pioggia in mm e t =tempo di pioggia in ore.

Al fine di definire i suddetti parametri è stato necessario procedere all'elaborazione statistica dei massimi annuali di pioggia per definire la legge probabilistica che, per una prefissata durata di pioggia, correla l'altezza di precipitazione alla "probabilità di non superamento P " (o al tempo di ritorno TR in anni, tale che $P = 1 - 1/TR$).

La funzione di distribuzione normalmente impiegata nello studio dei valori estremi delle variabili idrologiche è quella di Gumbel, detta anche "legge asintotica del massimo valore". In essa, detto h il generico valore di massimo annuale dell'altezza di pioggia, la funzione di probabilità (cioè la probabilità che h non venga superato) è rappresentata dalla seguente relazione :

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

nella quale α e u sono i due parametri che "adattano" la funzione alla particolare popolazione studiata.

I parametri α e u della distribuzione di Gumbel sono stati stimati attraverso il metodo dei momenti, dei minimi quadrati e della massima verosimiglianza, utilizzando quindi il test di Pearson per la scelta della coppia di parametri che meglio approssima il campione di dati.

Una volta determinata la funzione di distribuzione questa può essere invertita, ovvero si possono assegnare arbitrari tempi di ritorno TR ad arbitrarie probabilità di non superamento, $P = (TR - 1)/ TR$, e ricavare i corrispondenti valori di $h(P)$. Fissata infatti P , si ha:

$$h = u - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln(-\ln P)$$

Ottenuti quindi i valori delle massime altezze di precipitazione in funzione di un determinato tempo di ritorno per la stazione pluviografica esaminata, si è proceduto alla stima dei parametri a ed n che definiscono le curve di possibilità pluviometrica necessarie al successivo calcolo delle portate di progetto.

I valori di tali parametri, calcolati sia per tempi di pioggia inferiori all'ora, sia per tempi di pioggia da 1 a 24 ore, sono riportati nelle tabelle seguenti:

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

Durata < 1h				
T_r	25 anni	50 anni	100 anni	200 anni
a	71.17	79.91	88.58	97.23
n	0.535	0.540	0.543	0.546

Tabella 1: Parametri a ed n per durata precipitazione < 1h

Durata > 1h				
T_r	25 anni	50 anni	100 anni	200 anni
a	74,53	84,58	94,56	104,50
n	0,074	0,061	0,050	0,042

Tabella 2: Parametri a ed n per durata precipitazione > 1h

4.2 Tempo di ritorno di progetto

Nel dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche la scelta del tempo di ritorno di progetto è stata effettuata considerando le possibili conseguenze generate da un'insufficienza della rete sulla nuova viabilità ferroviaria e su quella stradale, tenuto conto delle indicazioni contenuti nei manuali RFI e della normativa vigente.

Data l'importanza strategica delle opere dell'alta velocità e delle strutture ad essa collegate si è scelto di adottare i seguenti tempi di ritorno:

- 100 anni per la piattaforma ferroviaria (in modo da assicurare la continuità del servizio anche di fronte ad eventi particolarmente gravosi);
- 50 anni per la piattaforma stradale nei tratti in sottopasso;
- 25 anni per i tratti della piattaforma stradale a raso od in rilevato.

In generale, il dimensionamento delle condotte e dei canali viene effettuato con i parametri a ed n degli scrosci, mentre i medesimi parametri relativi alle piogge di durata superiore all'ora possono essere utilizzati per la progettazione delle vasche a dispersione e delle vasche delle stazioni di sollevamento.

4.3 Portate di progetto

Per il dimensionamento della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, è innanzitutto necessario scegliere un appropriato metodo di trasformazione degli afflussi (precipitazioni) in deflussi (portate).

Nel caso in esame, il calcolo delle portate di progetto è stato effettuato ricorrendo al metodo razionale (o cinematico) per superfici con estensioni ridotte ed al metodo dell'invaso lineare per quelle con dimensioni maggiori (> 2 ha).

Per maggiore chiarezza, si riassumono di seguito i principali fondamenti teorici dei due metodi adottati.

4.3.1 Il metodo razionale (o cinematico)

La schematizzazione alla base del metodo razionale (o cinematico) si basa su tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;

- la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata affluente nel generico collettore, in funzione del tempo di ritorno, è p data dall'espressione:

$$Q = \frac{\varphi \cdot h \cdot S}{\tau_c \cdot 3600 \cdot 1000} = \frac{\varphi \cdot i(\tau_c) \cdot S}{3600 \cdot 1000}$$

con il seguente significato dei simboli:

- Q portata (m^3/s);
- S superficie delle aree scolanti (m^2);
- h altezza di pioggia [m] per una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione;
- τ_c tempo di corrivazione [ore]
- i intensità di pioggia (mm/h), data dal rapporto tra l'altezza di pioggia h ed il tempo di corrivazione τ_c del bacino scolante;
- φ coefficiente di afflusso nella rete o di deflusso.

Per massimizzare la portata, si assume che il valore di h rappresenti l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_c solo una parte del bacino S contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa, se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella Figura 2 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quello di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare e massimizzi la portata di picco.

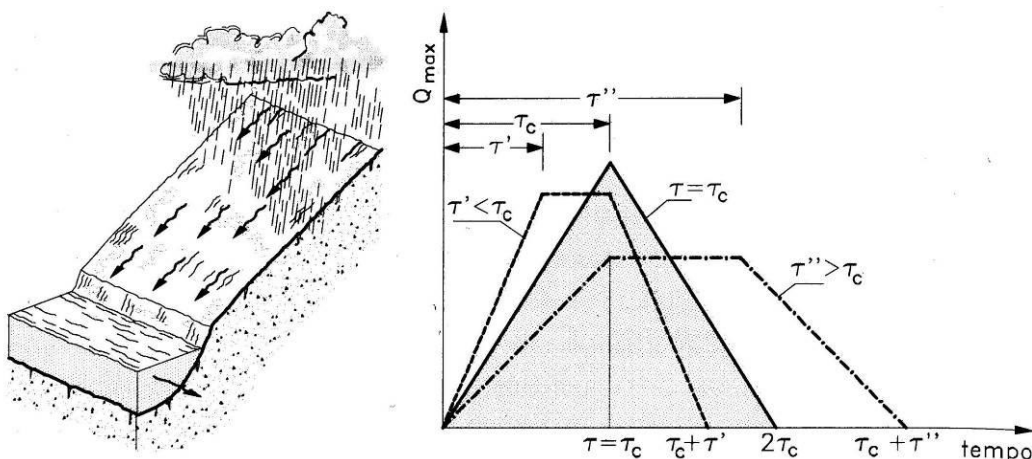


Figura 2: Metodo razionale (o cinematico): idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

Il tempo di corrivazione τ_c può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura considerata. In particolare, dopo aver individuato la rete di drenaggio sottesa dalla sezione di chiusura ed aver delimitato i sottobacini contribuenti in ogni ramo della rete, per determinare il tempo di concentrazione τ_c si fa riferimento alla somma:

$$\tau_c = \tau_a + \tau_r$$

ove τ_a è il tempo d'accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dalla condotta posta all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo, e τ_r è il tempo di rete.

Il tempo di residenza in rete τ_r è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria. Pertanto, il tempo di rete sarà dato dall'espressione:

$$\tau_r = \sum_i \frac{L_i}{V_i}$$

Nel caso in esame il tempo di corrivazione è stato determinato attraverso la seguente espressione:

$$\tau_c = 1.40 \cdot L^{0.24} \cdot \varphi^{-0.26} \cdot i^{-0.16}$$

dove:

- L lunghezza dell'asta principale [m];
- φ coefficiente di afflusso in fogna o di deflusso [m²/ m²];
- i pendenza dell'asta principale [m/m];

Per i tratti iniziali della rete, al fine evitare un'eccessiva sovrastima delle portate di progetto, si è comunque assunto un valore minimo del tempo di corrivazione pari a 5 minuti.

La frazione di precipitazione che viene raccolta dal sistema di drenaggio è individuata da un coefficiente di deflusso φ , che esprime il rapporto tra il volume d'acqua afferente ad una sezione di verifica, in un definito intervallo di tempo, ed il volume meteorico precipitato nell'intervallo medesimo.

I tipi di superficie ed i relativi coefficienti di deflusso adottati nei calcoli sono riportati in Tabella 3.

Descrizione	Coefficiente di deflusso φ
pavimentazione stradale	1.00
piattaforma ferroviaria	0.95
Copertura erbacea in rilevato	0.50
Copertura erbacea su superficie orizzontale	0.30

Tabella 3: Coefficiente di deflusso per varie tipologie di superficie

I valori assunti sono cautelativamente quelli relativi alle superfici già imbibite e considerati costanti durante tutto l'evento meteorologico.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

4.3.2 Metodo dell'invaso lineare

La modellazione idrologica delle aree con estensione superiore ai 2 ha è stata condotta mediante un modello geomorfologico che utilizza il metodo dell'invaso lineare per le aree scolanti, che ben si adatta alla riproduzione degli afflussi-deflussi in ambito prevalentemente urbano, ed il metodo cinematico per la propagazione del moto nelle condotte.

L'idrogramma istantaneo unitario IUH, caratteristico del metodo dell'invaso, ha origine dalla combinazione dell'equazione di continuità e del serbatoio lineare; quest'ultima stabilisce che la portata uscente dal bacino dipenda linearmente dal volume liquido accumulato sulla superficie e nella rete a monte secondo la costante d'invaso lineare k . La costante k rappresenta il tempo medio di residenza al di fuori della rete.

L'IUH del modello è rappresentato dalla seguente equazione:

$$u(t) = \frac{1}{k} e^{-\frac{t}{k}}$$

la quale convoluta con la pioggia efficace $I(t)$: $I(t) = i(t_p) \Phi S$

dà luogo a:

$$Q(t) = \int_0^{\tau^*} \frac{1}{k} e^{-\frac{t-\tau}{k}} I(\tau) d\tau \quad \text{dove} \quad \begin{cases} \tau^* = t, & t < t_p \\ \tau^* = t_p, & t \geq t_p \end{cases}$$

dove S è la superficie del bacino, Φ è l'indice di afflusso e $i(t_p)$ è l'intensità della precipitazione per l'assegnato tempo di pioggia di progetto. Il risultato dell'integrale è, nel caso di una pioggia di progetto espressa attraverso le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, l'idrogramma tipico del serbatoio lineare:

$$Q(t) = \begin{cases} I(t_p) \left(1 - e^{-\frac{t}{k}}\right), & t < t_p \\ I(t_p) \left(1 - e^{-\frac{t}{k}}\right) e^{-\frac{t-t_p}{k}}, & t \geq t_p \end{cases}$$

Questa equazione viene applicata a ciascun sottobacino, associato a ciascun tratto di fognatura analizzato.

L'idrogramma di piena generato dall' i -esimo sottobacino si propaga all'interno della rete urbana, secondo un meccanismo che ben può essere rappresentato da una funzione di trasferimento cinematica piuttosto che parabolica. Infatti, in considerazione della modesta estensione dell'area oggetto dell'analisi non si possono verificare significative attenuazioni del picco di piena (modello parabolico), ma è più verosimile che la piena si trasferisca immutata all'interno della rete idrica (modello cinematico).

Per valutare la traslazione cinematica della piena lungo la rete risulta necessario valutare l'integrale di convoluzione della precedente soluzione con la funzione di propagazione nella rete:

$$g(t) = \delta(u_c t - L)$$

dove $\delta(\)$ è il funzionale delta di Dirac, u_c è la celerità di propagazione dell'onda e L è la lunghezza della condotta.

La velocità di propagazione viene espressa in funzione della velocità di moto uniforme (u_u):

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

$$u_c = \alpha u_u \quad u_u = k_s \cdot if^{0.5} \cdot R_h^{0.667}$$

con k_s coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler. Il coefficiente α è pari normalmente a 1.5. Il raggio idraulico R_h viene definito a partire dalla forma della sezione di deflusso e dal tirante idrico; la sua assegnazione viene pertanto fatta per approssimazioni successive.

4.3.2.1 Stima afflussi netti

Per l'applicazione dei modelli afflussi-deflussi è necessario calcolare preliminarmente la pioggia efficace. Nella letteratura scientifica esistono diversi metodi di stima come il metodo di Horton, SCS, Grenn-Ampt e altri; tuttavia nella progettazione e verifica delle reti urbane si possono utilizzare approcci più semplici che descrivono le perdite di infiltrazione tramite un coefficiente di afflusso Φ , costante nel corso della precipitazione.

La pioggia netta è calcolata come prodotto tra il coefficiente di afflusso e l'altezza totale di pioggia caduta nello stesso tempo. Il coefficiente di afflusso dipende strettamente dalla tipologia di uso del suolo. Per una superficie pavimentata la quota di pioggia che può infiltrarsi nel terreno è largamente inferiore rispetto a quella che è possibile immagazzinare da un terreno agricolo.

I valori dell'indice Φ impiegati sono gli stessi adottati nel metodo razionale e riportati in Tabella 3.

La suddivisione in aree omogenee e i rispettivi valori di superficie sono stati definiti come corrispondenti ai singoli tratti compresi tra due pozzetti successivi: i valori di superficie sono stati valutati o misurati in base alle caratteristiche di ogni tratto, come descritto nei capitoli che seguono.

Nel modello idrologico sono state implementate le piogge definite attraverso i parametri riportati al paragrafo 4.1.

4.3.2.2 Costante d'invaso lineare

La costante di invaso lineare k viene messa in relazione con le caratteristiche idrogeologiche dell'area attraverso la relazione: ⁽¹⁾

$$k = c \frac{S^\beta}{\Phi^b if^\gamma}$$

dove $\beta(0,30)$ $\gamma(0,30)$ $b(0,31)$ $c(0,60)$ sono dei coefficienti di taratura, S è la superficie del bacino in ettari [ha], Φ è il coefficiente di deflusso e infine if è la pendenza media del collettore principale.

¹ Rigon, Riccardo; D., Tamanini; Bertola, Paolo, "Trento_p: un modello geomorfologico per lo studio del drenaggio urbano" in Controllo degli scarichi nei sistemi di drenaggio urbano, Roma: Università di Roma "Tor Vergata", 2009, p. 1-47. Proceedings of: VI Giornata di Studio sul Drenaggio Urbano Sostenibile, Roma, 5 Dicembre 2008

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

5 SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Si illustrano di seguito le soluzioni proposte per lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma ferroviaria e stradale nell'ambito del progetto di potenziamento della linea AV/AC Milano-Venezia, nella tratta Brescia Est-Verona, all'Ingresso Ovest.

5.1 Aspetti normativi

Per quanto concerne gli aspetti normativi relativi allo smaltimento delle acque meteoriche, si è fatto riferimento all'Allegato A alla Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 2948 del 06 ottobre 2009 - "*Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici Modalità operative e indicazioni tecniche*".

I sempre più frequenti allagamenti che in questi ultimi decenni hanno interessato molte zone del Veneto in concomitanza di eventi meteorici intensi, hanno portato la Giunta Regionale ad intervenire in maniera organica e complessiva per garantire il mantenimento del corretto regime idraulico del territorio regionale.

Per questo la delibera n. 3637 del 13.12.2002, prevede che per tutti gli strumenti urbanistici generali e le varianti che possano recare trasformazioni del territorio tali da modificare il regime idraulico esistente, sia presentata una "Valutazione di compatibilità idraulica".

Scopo fondamentale dello studio è quello di far sì che le valutazioni urbanistiche tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere la nuova edificazione, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti o potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo potrebbero determinare.

È infatti di primaria importanza che, per effetto delle nuove previsioni urbanistiche, non venga aggravato l'esistente livello di rischio idraulico né venga pregiudicata la possibilità di riduzione di tale livello.

Dal momento che l'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate, ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve inoltre prevedere misure compensative volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'"invarianza idraulica".

Lo studio dovrà, tra le altre cose, analizzare le trasformazioni delle superfici delle aree interessate in termini di impermeabilizzazione, valutare la criticità idraulica del territorio ed i conseguenti rischio e pericolosità idraulici, proponendo – ove necessario – misure compensative e/o di mitigazione.

Per quanto riguarda il principio dell'invarianza idraulica, in linea generale le misure compensative consistono nella predisposizione di volumi di invaso che consentano la laminazione delle piene: il volume da destinare a laminazione dev'essere quello necessario a garantire che la portata di efflusso rimanga inalterata rispetto allo stato attuale, prendendo a riferimento un evento con tempo di ritorno di 50 anni.

Qualora le condizioni del suolo lo consentano e nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione e/o scarico delle acque verso un corpo recettore, ma i deflussi vengano dispersi sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno.

Le opere in progetto rientrano in quest'ultima tipologia: per lo smaltimento delle acque meteoriche è infatti previsto il ricorso a trincee e vasche disperdenti interrate, evitando così qualsiasi aggravio sul reticolo idrico superficiale esistente.

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	15 di 53

5.2 Caratteristiche idrogeologiche

Tali aspetti sono fondamentali per definire la fattibilità di un sistema ad infiltrazione negli strati superficiali del suolo e per poterne effettuare il dimensionamento.

I parametri più importanti a tale scopo sono indubbiamente la permeabilità del terreno “k” negli strati interessati dal fenomeno di infiltrazione e la quota della falda. Entrambe le caratteristiche possono essere misurate mediante indagini specifiche in situ. È evidente che maggiore sarà il dettaglio della prova, maggiore sarà l’affidabilità del dato e quindi del dimensionamento.

Nell’ambito della campagna geognostica Italferr 2020-2021, nel periodo compreso tra ottobre 2020 e febbraio 2021, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell’ingresso Ovest di Verona”, sono stati eseguiti in totale n° 25 sondaggi geognostici. In particolare, sono stati realizzati:

- n° 21 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove in foro, di tipo SPT, prove di permeabilità tipo Lefranc ed installazione di strumentazione per il monitoraggio geotecnico (piezometri Tubo Aperto tipo Norton) e geofisico (tubazione Down-Hole).
- n° 4 sondaggi a distruzione di nucleo con esecuzione di prove di permeabilità tipo Lefranc e installazione di strumentazione per il monitoraggio geofisico (tubazione Down-Hole).

Tutte le lavorazioni sono state precedute dal rilievo di masse metalliche in superficie ed in foro.

Si riportano di seguito in Tabella 4 i valori di permeabilità misurati nei sondaggi effettuati lungo il tracciato e la posizione della falda rispetto al piano campagna registrata negli stessi. I valori di permeabilità sono riferiti al sondaggio più superficiale, mentre i livelli di falda riportati sono quelli più elevati.

Sondaggio	Profondità	Prove di permeabilità Lefranc	Permeabilità [m/s]	Falda [m da p.c.]	Strumentazione
S1	40	3	8.45E-04 m/s	-32.32	Piezometro Tubo Aperto 2”
S1-bis	40	-	-	-	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S2	50	4	3.09E-04 m/s	- 33.69	Piezometro Tubo Aperto 2”
S2-bis	50	1	5.83E-05 m/s	-	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S3	40	5	-	-	Foro Ritombato
S4	40	4	1.26E-04 m/s	- 33.74	Piezometro Tubo Aperto 2”
S5	40	3	2.74E-04 m/s	- 32.56	Piezometro Tubo Aperto 2”
S6	40	3	9.39E-05 m/s	- 25.02	Piezometro Tubo Aperto 2”
S7	40	3	2.30E-04 m/s	- 26.37	Piezometro Tubo Aperto 2”
S7-bis	40	1	4.86E-05 m/s	-	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S8	40	4	3.06E-05 m/s	- 32.34	Piezometro Tubo Aperto 2”
S9	40	3	2.37E-04 m/s	- 22.75	Piezometro Tubo Aperto 2”
S10	40	5	1.89E-04 m/s	-	Foro Ritombato
S11	40	2	1.21E-04 m/s	- 22.79	Piezometro Tubo Aperto 2”

S12	42	2	2.41E-04 m/s	- 24.42	Piezometro Tubo Aperto 2"
S13	50	5	3.39E-04 m/s	- 27.05	Piezometro Tubo Aperto 2"
S14	42	4	2.07E-04 m/s	- 23.00	Piezometro Tubo Aperto 2"
S15	40	3	1.38E-04 m/s	- 27.05	Piezometro Tubo Aperto 2"
S16	40	5	-	-	Piezometro Tubo Aperto 2"
S16-bis	40	-	-	-	Tubo P.V.C. 3" Down-Hole
S19	40	5	-	- 19.30	Piezometro Tubo Aperto 2"
S20	40	3	5.03E-04 m/s	- 21.28	Piezometro Tubo Aperto 2"
S21	40	4	-	-	Tubo P.V.C. 3" Down-Hole
S22	40	4	3.66E-05 m/s	- 30.36	Tubo P.V.C. 3" Down-Hole
S23	40	3	-	-	Piezometro Tubo Aperto 2"

Tabella 4: Valori di permeabilità del terreno lungo il tracciato nel sondaggio più superficiale e posizione della falda (dati estratti da Campagna geognostica Italferr 2020-2021)

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda al report IN1010D69SGGE0005001A "REPORT TECNICO: STRATIGRAFIE E PROVE IN SITO" del marzo 2021.

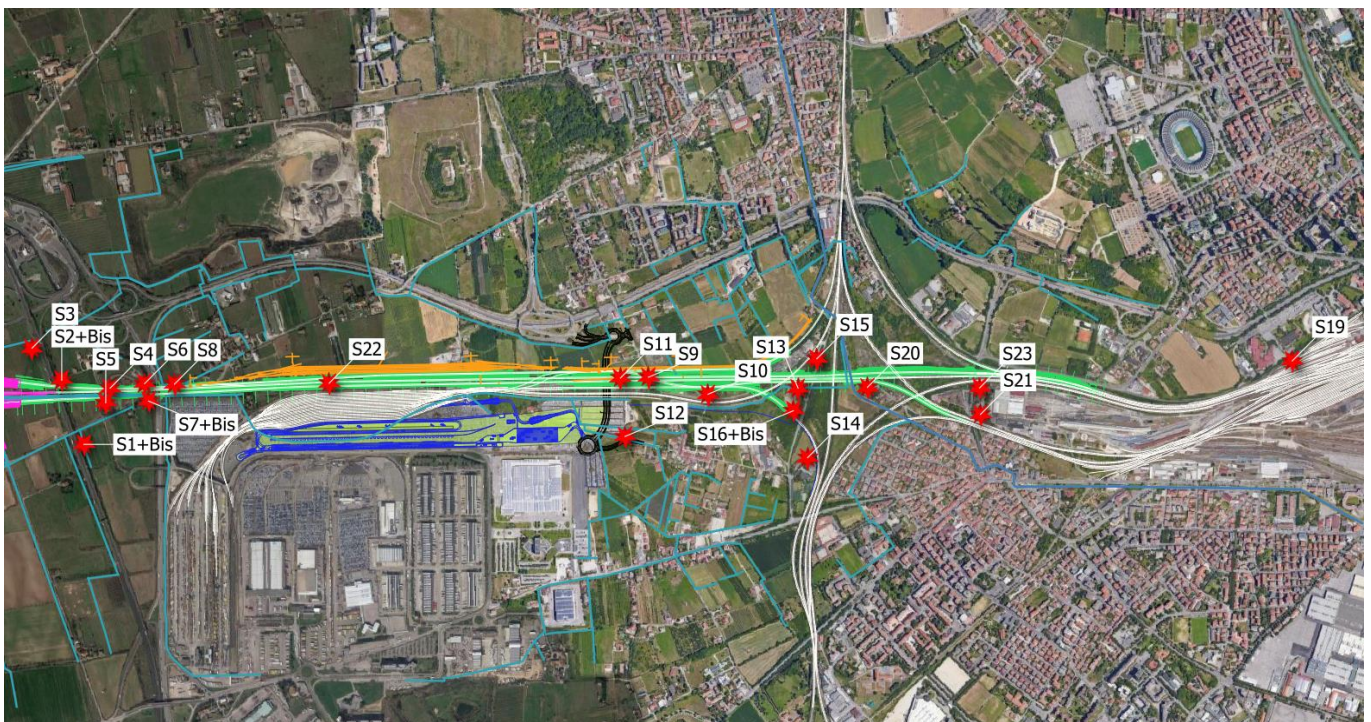


Figura 3: Ubicazione dei sondaggi effettuati nel corso della campagna geognostica Italferr 2020-2021

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

5.3 Analisi delle alternative di progetto

Nel caso in esame non sono presenti corsi superficiali dove recapitare le acque meteoriche di piattaforma stradale e ferroviaria, ma si deve ricorrere a sistemi di smaltimento a dispersione.

Al fine di definire la soluzione tecnica più adatta alle condizioni al contorno descritte, sono state ipotizzate due possibili alternative che prevedono il recapito delle acque di piattaforma per dispersione negli strati superficiali del terreno; le soluzioni che verranno analizzate sono di tipo:

1. concentrato: vasche a dispersione a cielo aperto o interrate, costituite da materiale drenante.
2. distribuito: fossi con fondo disperdente o bauletti drenanti interrati con tubo di distribuzione fessurato.

5.4 Descrizione generale delle opere idrauliche

La rete di raccolta e smaltimento delle acque superficiali in progetto è costituita dai seguenti elementi:

- Canalette a cielo aperto in cls per la raccolta ed il convogliamento delle acque della sede ferroviaria;
- Canali interrati in cls per il convogliamento delle acque della sede ferroviaria;
- Fossi drenanti e vasche disperdenti a cielo aperto, nelle quali vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche;
- Vasche disperdenti interrate costituite da materiale grossolano drenante;
- Stazioni di sollevamento per la raccolta delle acque meteoriche ed il loro successivo recapito agli elementi disperdenti.

5.5 Criteri di dimensionamento

5.5.1 Canalette rettangolari e trapezoidali

La verifica delle sezioni è stata effettuata con la formula di *Gauckler – Strickler*, ipotizzando che ciascun tratto sia percorso dalla stessa portata ed in condizioni di moto uniforme:

$$Q = A_B \cdot K_S \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- Q è la portata [m^3/s];
- A_B è l'area bagnata o sezione liquida [m^2];
- K_S è il coefficiente di scabrezza di Strickler [$m^{1/3}/s$];
- R_H è il raggio idraulico [m];
- i è la pendenza longitudinale dell'elemento [m/m].

Fissati il coefficiente di scabrezza K_S e la pendenza longitudinale i , si è in grado di determinare la combinazione di sezione idraulica e grado di riempimento che consentono il deflusso di una portata Q pari a quella massima di progetto.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

Per le sezioni aperte (fossi e canalette) in cls si sono assunti un coefficiente di scabrezza $K_s=65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ed un grado di riempimento massimo del 70%.

5.5.2 Collettori di smaltimento

Analogamente a quanto fatto per gli elementi idraulici e sezione aperta, la verifica delle tubazioni con funzionamento a canaletta (non in pressione) è stata effettuata con la formula di *Gauckler – Strickler*, ipotizzando che ciascun tratto sia percorso dalla stessa portata ed in condizioni di moto uniforme:

$$Q = A_B \cdot K_S \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- Q è la portata [m^3/s];
- A_B è l'area bagnata o sezione liquida [m^2];
- K_S è il coefficiente di scabrezza di Strickler [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$];
- R_H è il raggio idraulico [m];
- i è la pendenza longitudinale della tubazione [m/m].

Per il calcolo del tirante idrico nella sezione di deflusso, sono state utilizzate le formule riportate di seguito, che esprimono l'area bagnata (A_B) ed il raggio idraulico (R_H) per i tubi circolari a canaletta, in funzione del tirante y (e quindi del grado di riempimento della tubazione, ossia dell'angolo θ):

$$A_B = \frac{d^2}{4} \cdot \left(\frac{\theta - \sin \theta}{2} \right)$$

$$R_H = \frac{d}{4} \cdot \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)$$

La definizione del tirante è stata effettuata con metodo iterativo, risolvendo il sistema in forma implicita.

Per le tubazioni in PVC e i tombini in calcestruzzo si sono assunti un coefficiente di scabrezza K_s rispettivamente di 85 e 65 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ed un grado di riempimento massimo (y/d) del 70%.

5.5.3 Tubi in pressione

Per il dimensionamento dei tubi in pressione è stata utilizzata l'equazione dell'energia in condizioni di moto permanente:

$$H_M = H_V + H_p + \sum_i \lambda_i \frac{U_i^2 f_i L_i}{2g D_i} + \sum_i \frac{U_i^2 f_i L_i}{2g D_i}$$

dove:

- H_M, H_v sono rispettivamente il carico totale del campo di moto a monte ed a valle del tratto di tubazione in esame;
- H_p rappresenta la prevalenza della pompa;

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	19 di 53

- $\sum_i \frac{U_i^2 f_i L_i}{2g D_i}$ è la sommatoria delle perdite di carico distribuite nella condotta, con L_i , D_i e f_i lunghezza, diametro e numero di resistenza dell'i-esima tubazione;
- $\sum_i \lambda_i \frac{U_i^2}{2g}$ è la sommatoria delle perdite di carico localizzate nella condotta.

Il numero di resistenza viene espresso attraverso la formula di Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e}{3.71D} + \frac{2.52}{R_e \sqrt{f}} \right)$$

con e scabrezza equivalente della tubazione e R_e numero di Reynolds.

Per i vari tratti di tubazione, in PEAD, si è assunto una scabrezza di 0.1 mm: tale valore risulta maggiorato rispetto a quello che si trova in letteratura per le tubazioni nuove in materiale plastico, ma tiene conto dell'usura della tubazione nel tempo e dell'eventualità di piccoli depositi al suo interno.

Applicando i valori appena citati e calcolando le perdite localizzate (imbocco, Borda, curve, gomiti, organi di regolazione,...), è possibile quindi definire la portata convogliata all'interno di ciascuna condotta.

5.5.4 Stazioni di sollevamento

La progettazione di una stazione di sollevamento rende necessaria la definizione di varie scelte progettuali:

- stima delle portate di progetto (entrante Q_e , uscente Q_u)
- calcolo della prevalenza richiesta H_p
- scelta del numero e della tipologia delle pompe
- stima del volume da attribuire alla vasca di accumulo V
- definizione della geometria della vasca.

Nel calcolo del volume minimo della vasca e nella scelta delle pompe si ipotizza, per semplicità, che la portata entrante sia costante e pari al massimo atteso: nel caso di acque meteoriche, la portata critica per il tempo di ritorno fissato, valutata come descritto nei paragrafi precedenti.

Per il corretto dimensionamento della stazione di sollevamento è inoltre necessario definire:

- il volume morto, cioè quello al di sotto del livello di arresto delle pompe
- il volume utile, compreso tra il livello di attacco e quello di arresto
- il volume di riserva, compreso tra il livello di attacco e quello massimo.

Nella definizione del livello massimo ammissibile all'interno della stazione di sollevamento, è necessario tenere presente che esso non deve creare fenomeni di rigurgito in fognatura tali da comprometterne la funzionalità; per questo va rispettato il grado di riempimento per il quale la rete di smaltimento è stata progettata (nello specifico $h/D < 0.70$).

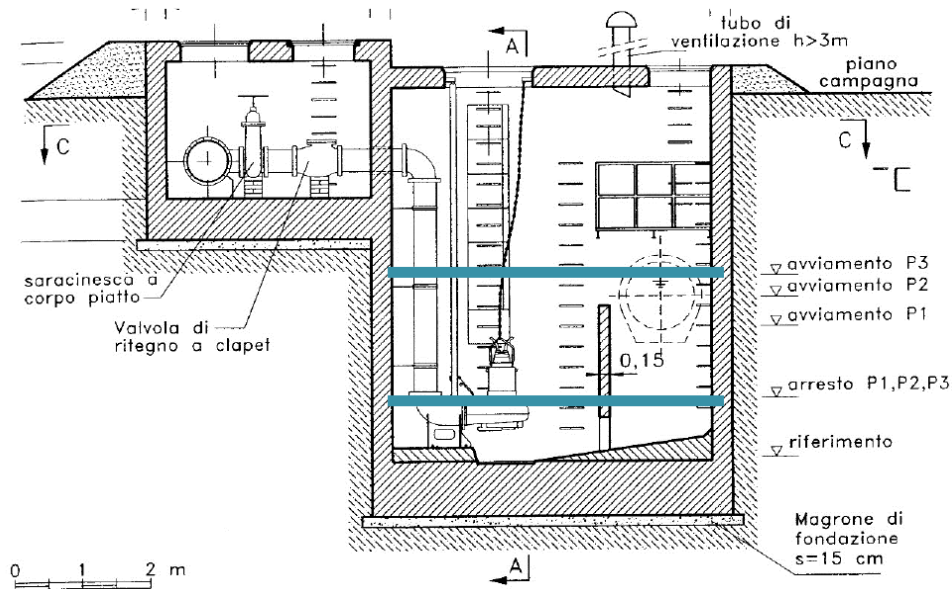


Figura 4: Rappresentazione di volume morto, utile e di riserva

Nella stima del volume utile nel caso di utilizzo di pompe funzionanti in parallelo, è possibile seguire due sequenze di funzionamento differenti:

Sequenza 1

- Le pompe si avviano quando il livello nella vasca supera quello di arresto di quella che opera al livello superiore.
- Le pompe staccano quando il livello nella vasca scende al di sotto del livello di avviamento della pompa a cui compete la porzione di volume utile inferiore.
- Questa sequenza consente di ottenere un andamento della portata sollevata il più vicino possibile a quello della portata in ingresso, ma richiede volumi utili complessivamente maggiori.

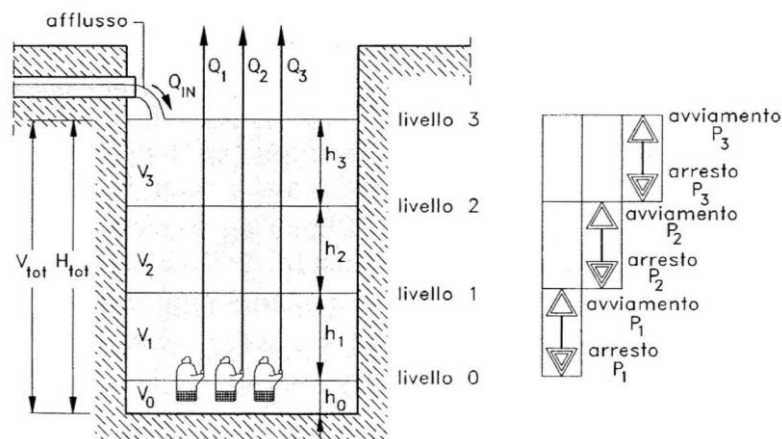


Figura 5: Schematizzazione per attacchi e stacchi delle pompe - Sequenza 1

Sequenza 2

- I livelli di avviamento sono progressivamente crescenti.
- Esiste un unico livello di arresto in corrispondenza del livello minimo che delimita il volume morto: le pompe staccano tutte contemporaneamente quando il livello nella vasca raggiunge il livello di arresto.
- L'utilizzo di questa sequenza richiede volumi utili complessivamente minori, ma l'andamento della portata sollevata risulta più discontinuo rispetto a quello della portata in ingresso.

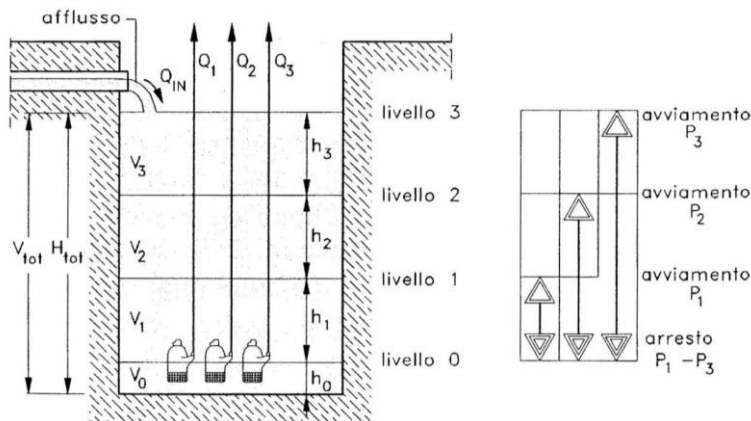


Figura 6: Schematizzazione per attacchi e stacchi delle pompe - Sequenza 1

Si riporta di seguito in Figura 7 il confronto tra i volumi richiesti dalla sequenza 1 e dalla sequenza 2; dall'immagine risulta evidente come – a parità di portata complessivamente sollevata – all'aumentare del numero di pompe l'adozione della sequenza 2 riduca notevolmente il volume utile richiesto.

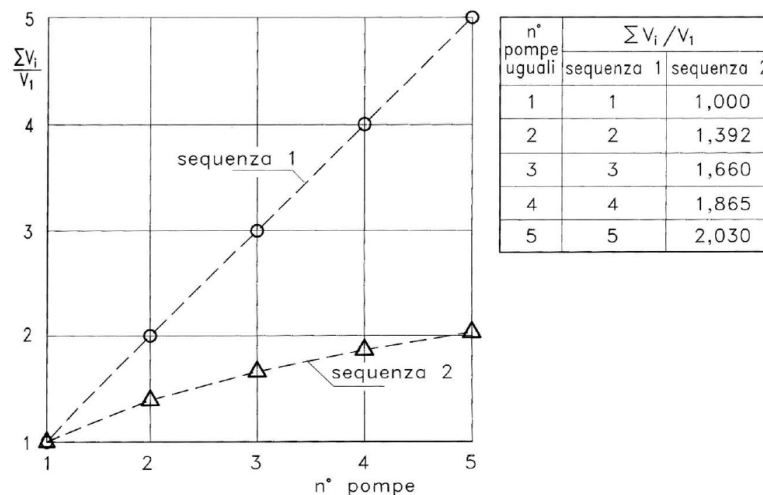


Figura 7: Volumi della vasca di sollevamento a seconda della sequenza di attacco-stacco adottata

Per tale motivo, nel dimensionamento delle stazioni di sollevamento previste nel tratto in esame, la scelta progettuale è ricaduta sulla sequenza 2.

La determinazione del volume da assegnare a ciascuna vasca è stata effettuata facendo ricorso all'equazione dei serbatoi e ricercando il tempo di pioggia che massimizzasse il suddetto volume..

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

5.5.5 Embrici

Le acque afferenti la piattaforma ferroviaria ruscellano sul sub-ballast nella direzione di inclinazione dello stesso; qualora il fosso drenante o la canaletta in cls sorga al piede del rilevato ferroviario, l'acqua di piattaforma viene accompagnata al manufatto di smaltimento attraverso le embrici.

Al fine di valutare il corretto passo degli embrici sono stati calcolati gli apporti massimi di pioggia in funzione della larghezza della piattaforma pavimentata variando il passo degli embrici e verificando la capacità di smaltimento della cunetta.

Considerando l'embrice come uno stramazzo si considera valida la seguente espressione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

- Q = portata sfiorata (m³/s)
- μ coefficiente di deflusso, pari a 0.385
- L = larghezza stramazzo
- h = carico idraulico (m)
- g = accelerazione di gravità pari a 9,806 m/s².

5.5.6 Fossi e vasche disperdenti

Nel caso in esame non sono presenti corsi superficiali dove recapitare le acque meteoriche di piattaforma stradale e ferroviaria, ma si deve ricorrere a sistemi di smaltimento a dispersione.

In linea di massima risulta preferibile ricorrere a sistemi disperdenti di tipo distribuito (bauletti o fossi drenanti), da realizzarsi in affiancamento alla linea ferroviaria/stradale e impiegare sistemi di tipo concentrato (vasche disperdenti a cielo aperto o in materiale drenante), solo nell'impossibilità tecnica e logistica di realizzare le prime.

La determinazione del volume da assegnare a ciascuna vasca/fosso è stata effettuata facendo ricorso all'equazione dei serbatoi e ricercando il tempo di pioggia che massimizzasse il suddetto volume:

$$Q_i - Q_o = \frac{\partial V}{\partial t}$$

$$Q_o = k \cdot A \cdot i$$

Q_i rappresenta la portata in ingresso calcolata come riportato nel par. 4.3, Q_o la portata dispersa, A superficie orizzontale della vasca/fosso, k conducibilità idraulica e i cadente piezometrica pari a uno.

Nei calcoli viene trascurata, a favore di sicurezza, la dispersione attraverso la superficie laterale dei sistemi disperdenti. Il valore di conducibilità idraulica k utilizzato nei dimensionamenti viene assunto pari alla metà di quello misurato in campo con le prove Lefranc (par.5.2); a seconda della vicinanza o meno del sistema disperdente al punto del sondaggio viene assunto il valore di conducibilità del sondaggio più vicino oppure la media dei due sondaggi più vicini.

La posizione della falda, oltre i 20 m di profondità, non pregiudica la funzionalità di sistemi a dispersione profondi.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

6 RETE DI SMALTIMENTO PIATTAFORMA

6.1 Inquadramento generale dell'area

Il progetto prevede la realizzazione dell'infrastruttura di ingresso nel nodo di Verona della nuova tratta AV/AC Brescia-Verona, attraverso i seguenti interventi:

- Realizzazione dei due nuovi binari AV/AC nel tratto compreso tra l'autostrada A22 e la radice ovest di Verona Porta Nuova;
- Rilocazione su nuova sede dei binari della linea storica in corrispondenza del suddetto tratto, finalizzata a creare gli spazi necessari alla costruzione dei suddetti binari AV/AC;
- Realizzazione di due nuovi binari relativi all'interconnessione Merci di Verona, nel tratto compreso tra l'A22 e l'innesto sulla Linea "Brennero" - la realizzazione del bivio di interconnessione sulla linea AV/AC è compresa nel progetto di linea AC;

Il tracciato ferroviario in progetto si colloca in un territorio caratterizzato da morfologie regolari, sub pianeggiante debolmente degradante verso sud-est. Le quote topografiche vanno dagli 85 m circa s.l.m. in corrispondenza dello svincolo della A22, ai 60 m s.l.m. circa delle aree limitrofe alla stazione di Verona.

La rete di smaltimento delle acque di piattaforma è stata progettata tenendo conto delle numerose variabili presenti lungo lo sviluppo delle linee ferroviarie, quali ad esempio la presenza di binari esistenti (Quadrante Europa), la presenza di binari di progetto (futuro Scalo Cason), le interferenze viarie, ferroviarie e idrauliche.

6.2 Opere di drenaggio idraulico

Dal punto di vista della sistemazione idraulica, i principali elementi caratteristici sono di seguito descritti:

- vasche disperdenti a cielo aperto, nelle quali vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche. Le vasche possono raggiungere anche estensioni dell'ordine delle migliaia di metri quadri in funzione dell'estensione della piattaforma sottesa;
- vasca disperdente interrata, nella quale vengono convogliati i deflussi provenienti dalla stazione di sollevamento;
- fossi drenanti, che raccolgono direttamente i deflussi provenienti dalla piattaforma a loro prossima e provvedono al loro smaltimento nel terreno. Sono state individuate cinque diverse tipologie di fossi per soddisfare le diverse esigenze di accumulo e smaltimento per dispersione delle acque meteoriche;
- canali a pelo libero a sezione quadrata, che raccolgono e convogliano le acque di piattaforma verso le vasche disperdenti.
- scatolari a pelo libero, che convogliano le acque di piattaforma verso le vasche disperdenti. Si tratta di manufatti per l'attraversamento trasversale della sede ferroviaria;
- stazione di sollevamento ovest, posta al confine ovest del lotto di intervento e trasferisce le acque di piattaforma ad essa afferite verso la vasca disperdente interrata citata in precedenza.

Nel presente documento vengono pertanto illustrati i calcoli svolti per la verifica delle opere di drenaggio connesse alla realizzazione del sistema di smaltimento della piattaforma ferroviaria.

In accordo con quanto indicato nel par.4.2 le opere sono state dimensionate per consentire il deflusso delle portate associate ad eventi meteorici aventi un tempo di ritorno pari a 100 anni.

Nel paragrafo successivo vengono descritti i sistemi di drenaggio delle acque della sede ferroviaria che sono stati individuati per l'allontanamento delle acque meteoriche stesse, costituiti da fossi drenanti, canali a pelo libero e canali interrati.

I criteri di dimensionamento dei manufatti costituenti la rete di raccolta e smaltimento delle acque bianche sono stati dimensionati secondo le modalità indicate al paragrafo 5.5, utilizzando le portate di piena come descritto al paragrafo 4.3.

6.2.1 Descrizione del sistema di drenaggio

Il drenaggio delle acque della sede ferroviaria nei sistemi di smaltimento precedentemente descritti (vasche disperdenti), avviene attraverso diverse tipologie di manufatti idraulici, che vengono di seguito riportati:

1. Fossi drenanti, aventi dimensioni variabili, costituiti da materiale grossolano, con porosità minima del 30% avvolto in geotessuto, come visibile di seguito:

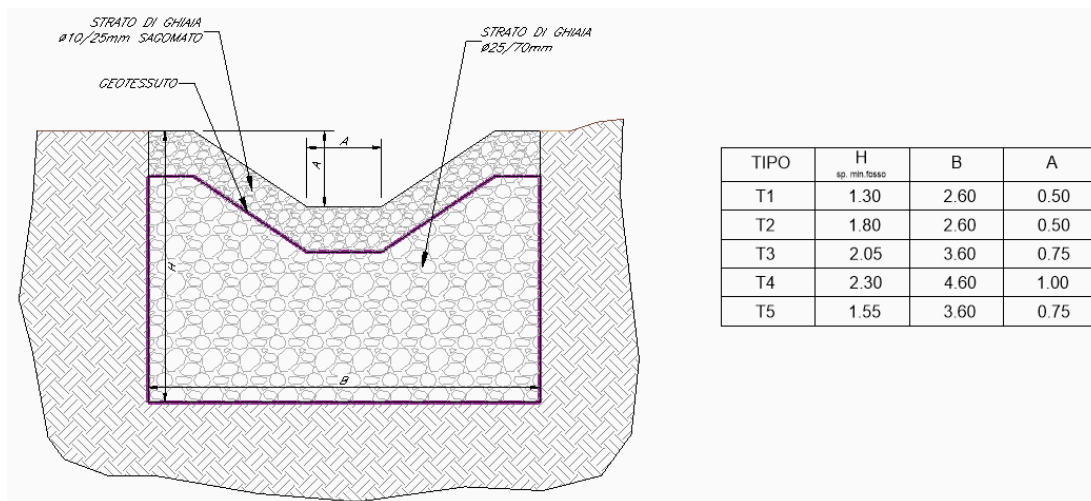


Figura 8: Sezione tipologica e tabella dimensionale di un fosso drenante

Tali fossi sono stati posizionati, laddove fosse possibile, a lato della piattaforma ferroviaria, in maniera tale da intercettare e infiltrare le acque di piattaforma quanto più possibile vicino alla loro origine.

2. Canali prefabbricati in cls a pelo libero, a sezione quadrata, aventi dimensioni variabili come visibile di seguito:

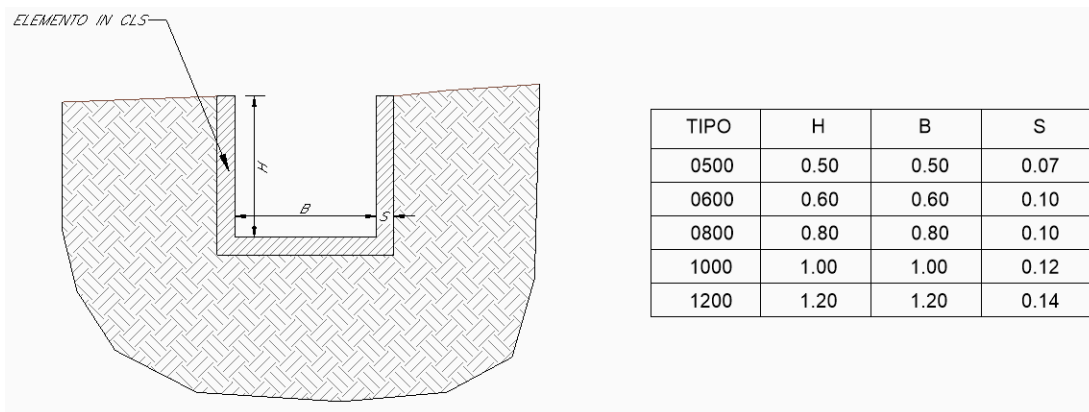


Figura 9: Sezione tipologica e tabella dimensionale dei canali a pelo libero

3. Canali prefabbricati in cls interrati, a sezione quadrata, aventi dimensioni variabili come visibile di seguito:

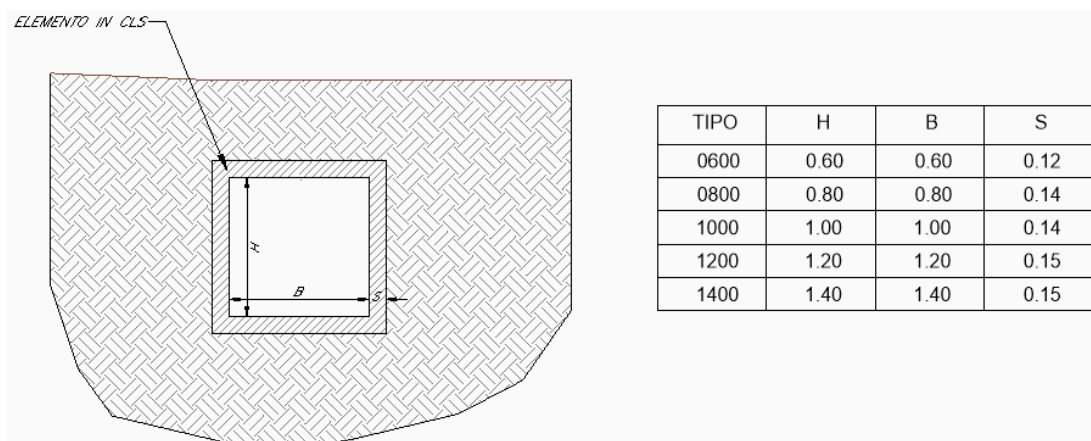


Figura 10: Sezione tipologica e tabella dimensionale dei canali interrati

- Vasca disperdente interrata in materiale drenante con porosità minima 30% avvolto in geocomposito, area 320m², H=1.50 m. La distribuzione delle acque di deflusso all'interno della vasca sarà realizzata tramite delle tubazioni fessurate, distinte in una tubazione in PEAD DE315 per la distribuzione longitudinale, e più tubazioni in PEAD DE200 per la distribuzione trasversale.
- Vasche disperdenti a cielo aperto, con superficie e profondità variabili; le vasche con superficie maggiore saranno caratterizzate da sponde con scarpa 3/2 per migliorare il loro inserimento nel contesto ambientale e paesaggistico dei luoghi, mentre le vasche più piccole avranno sponde con scarpa di 1/1.
- Stazione di pompaggio di dimensioni interne 4,00x4,00m, attrezzata con 2+1 pompe sommerse con piedino di accoppiamento rapido.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

6.2.2 Calcolo delle portate di piena

Come detto in precedenza, il dimensionamento dei manufatti e degli elementi di drenaggio previsti in progetto è stato effettuato con il metodo di trasformazione degli afflussi in deflussi descritto nel paragrafo 4.3, applicato ad una serie di aree scolanti in cui è stata suddivisa la zona di intervento, avente una superficie complessiva di drenaggio pari a circa 27 ettari.

6.3 Verifiche idrauliche

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici relativi all'Alta Velocità ed alle opere a servizio della piattaforma ferroviaria è stato considerato un tempo di ritorno di 100.

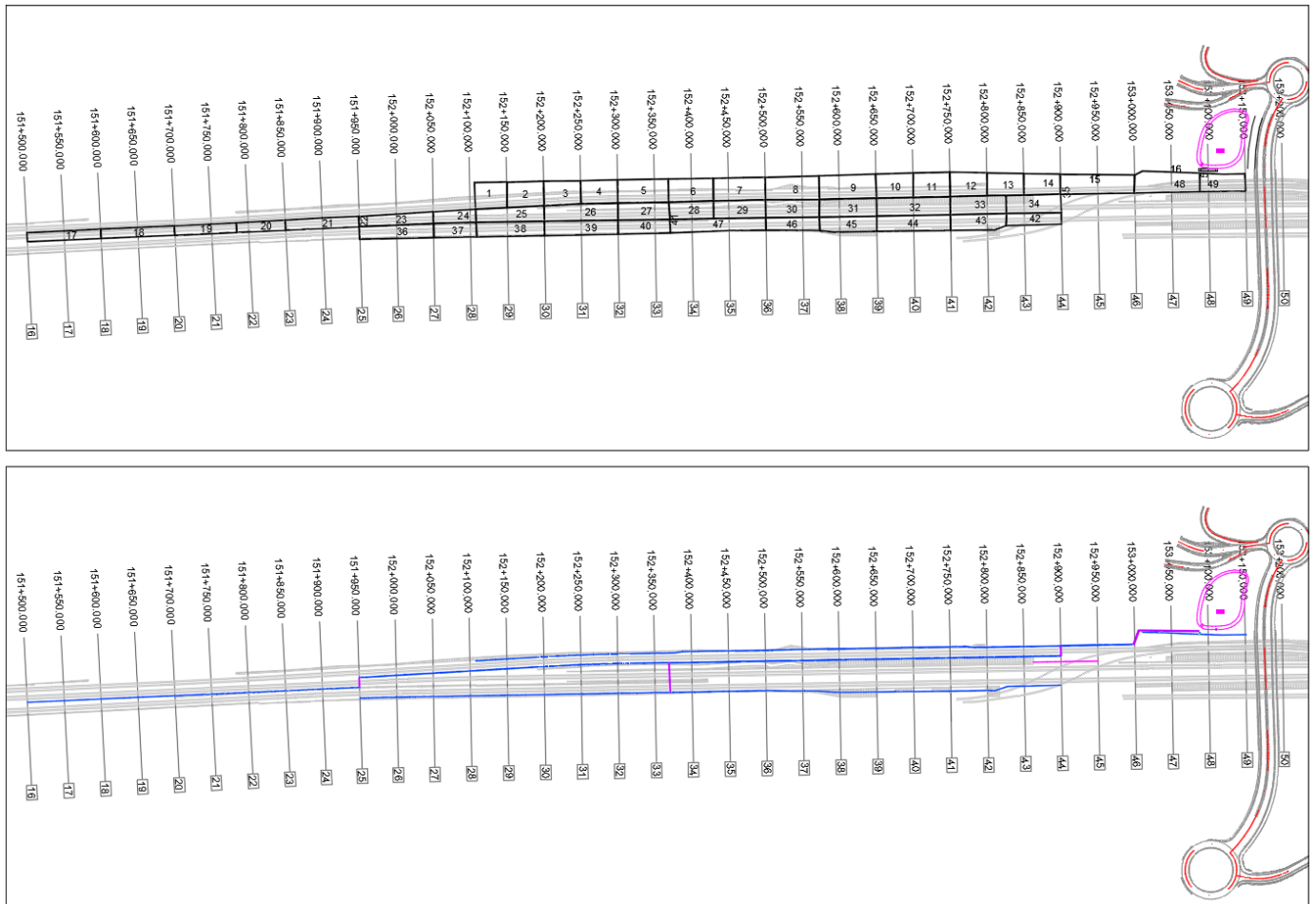
Si riportano di seguito i principali risultati di tali dimensionamenti, suddividendoli per tipologia di opera.

6.3.1 Canali a pelo libero

Di norma la raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma ferroviaria è demandata, per i tratti ferroviari in trincea, alle canalette 50x50 cm in calcestruzzo prefabbricato e, per quelli in rilevato, ai fossi di guardia ai piedi dello stesso. Alla luce dell'estrema complessità del nodo ferroviario a ovest della stazione Porta Nuova, della vicinanza del quadrante Europa e del futuro scalo merci Cason, del ridotto spazio disponibile per lo smaltimento delle acque meteoriche con sistemi distribuiti lungo l'asse ferroviario e dell'assenza di punti di recapito delle acque superficiali si è costretti a progettare sistemi di dispersione delle acque di tipo concentrato. Tale necessità riguarda principalmente il tratto compreso tra il sottopasso di via Cason e il viadotto di via Fenilon; all'interno di questa tratta sono previste reti di smaltimento piuttosto articolate costituite da canalette prefabbricate a sezione quadrata da 50x50 a 140x140 cm.

Nelle tabelle riportate di seguito vengono indicate le seguenti grandezze per ogni elemento idraulico:

- $N^{\circ}Sub$ = numero sub area afferente
- S_{cum} = superficie scolante cumulata
- ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- b = larghezza e altezza della sezione quadrata
- L = lunghezza del tratto di canaletta
- GDR = grado di riempimento del tratto in esame
- u = coefficiente udometrico
- i_f = pendenza longitudinale del tratto
- Q_p = portata di picco


Figura 11: Rappresentazione aree scolanti e rete canali a pelo libero – da sez. 14 a 48

N °Sub	S _{cum} [ha]	φ _{medio}	b [m]	L [m]	GDR	u [l/s,ha]	i _r	Q _p [m ³ /s]
1	0.2	0.89	0.600	42.0	0.48	711.45	0.00120	0.109
2	0.3	0.89	0.600	50.0	0.70	610.70	0.00140	0.196
3	0.5	0.95	0.800	50.0	0.53	559.40	0.00120	0.269
4	0.6	0.95	0.800	50.0	0.62	518.21	0.00120	0.330
5	0.9	0.95	0.800	70.0	0.69	478.86	0.00140	0.408
6	1.0	0.95	1.000	61.0	0.52	449.04	0.00120	0.466
7	1.3	0.95	1.000	70.0	0.57	421.89	0.00120	0.528
8	1.5	0.95	1.000	83.0	0.61	392.33	0.00120	0.580
9	1.7	0.95	1.000	77.0	0.67	376.28	0.00120	0.649
10	1.9	0.95	1.000	50.0	0.70	367.61	0.00120	0.695
11	2.1	0.95	1.000	50.0	0.69	360.94	0.00140	0.741
12	2.2	0.95	1.000	50.0	0.70	354.57	0.00150	0.785
13	2.4	0.95	1.000	50.0	0.40	358.10	0.00800	0.846
14	2.5	0.95	1.000	50.0	0.42	359.63	0.00800	0.899

N °Sub	S _{cum} [ha]	ϕ_{medio}	b [m]	L [m]	GDR	u [l/s,ha]	i _r	Q _p [m ³ /s]
15	7.2	0.95	1.200	100.0	0.53	277.98	0.00800	2.011
16	7.2	0.95	1.400	100.0	0.70	260.14	0.00140	1.882
17	0.1	0.95	0.500	100.0	0.29	722.95	0.00900	0.089
18	0.3	0.95	0.500	100.0	0.43	635.94	0.00900	0.16
19	0.4	0.95	0.500	84.0	0.53	586.59	0.00900	0.21
20	0.4	0.95	0.500	66.0	0.61	559.13	0.00900	0.25
21	0.6	0.95	0.600	100.0	0.60	501.79	0.00500	0.29
22	0.6	0.95	0.600	14.0	0.58	486.54	0.00500	0.29
23	0.7	0.95	0.800	100.0	0.59	412.60	0.00120	0.30
24	0.8	0.95	0.800	57.0	0.62	390.21	0.00120	0.32
25	1.0	0.85	0.800	93.0	0.67	354.80	0.00120	0.36
26	1.2	0.80	0.800	100.0	0.70	326.83	0.00130	0.40
27	1.4	0.78	0.800	70.0	0.70	313.02	0.00150	0.44
28	3.3	0.82	1.200	60.0	0.68	326.67	0.00120	1.09
29	3.5	0.80	1.200	72.0	0.68	307.60	0.00120	1.08
30	3.7	0.80	1.200	72.0	0.67	292.09	0.00120	1.07
31	3.9	0.81	1.200	77.0	0.68	278.61	0.00120	1.08
32	4.1	0.80	1.200	100.0	0.68	263.81	0.00120	1.08
33	4.3	0.80	1.200	75.0	0.68	254.63	0.00120	1.09
34	4.5	0.88	1.200	75.0	0.69	248.03	0.00120	1.11
35	4.5	0.95	1.200	13.0	0.40	246.71	0.00500	1.10
36	0.2	0.95	0.600	100.0	0.36	637.31	0.00300	0.11
37	0.3	0.95	0.600	57.0	0.49	601.45	0.00300	0.18
38	0.5	0.95	0.600	93.0	0.64	534.17	0.00300	0.25
39	0.7	0.95	0.800	100.0	0.43	485.27	0.00300	0.32
40	0.8	0.95	0.800	70.0	0.48	459.33	0.00300	0.37
41	1.8	0.95	0.800	40.0	0.62	374.51	0.00500	0.67
42	0.1	0.95	0.500	75.0	0.37	719.31	0.00400	0.08
43	0.3	0.87	0.500	75.0	0.55	638.20	0.00600	0.18
44	0.5	0.85	0.600	100.0	0.51	546.77	0.00600	0.27
45	0.6	0.86	0.800	77.0	0.59	439.41	0.00100	0.28
46	0.8	0.95	0.800	73.0	0.63	395.02	0.00100	0.30
47	1.0	0.95	0.800	130.0	0.69	347.15	0.00100	0.34
48	0.2	0.95	0.500	78.0	0.64	672.37	0.00208	0.13
49	0.2	0.95	0.500	62.0	0.70	729.88	0.00194	0.14
50	0.4	0.95	0.800	5.0	0.55	670.91	0.00100	0.26
51	7.6	0.95	1.600	5.0	0.66	267.59	0.00100	2.04

Tabella 5: principali risultati dimensionamento rete canali a pelo libero – da sez. 14 a 48

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E
SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	29 di 53

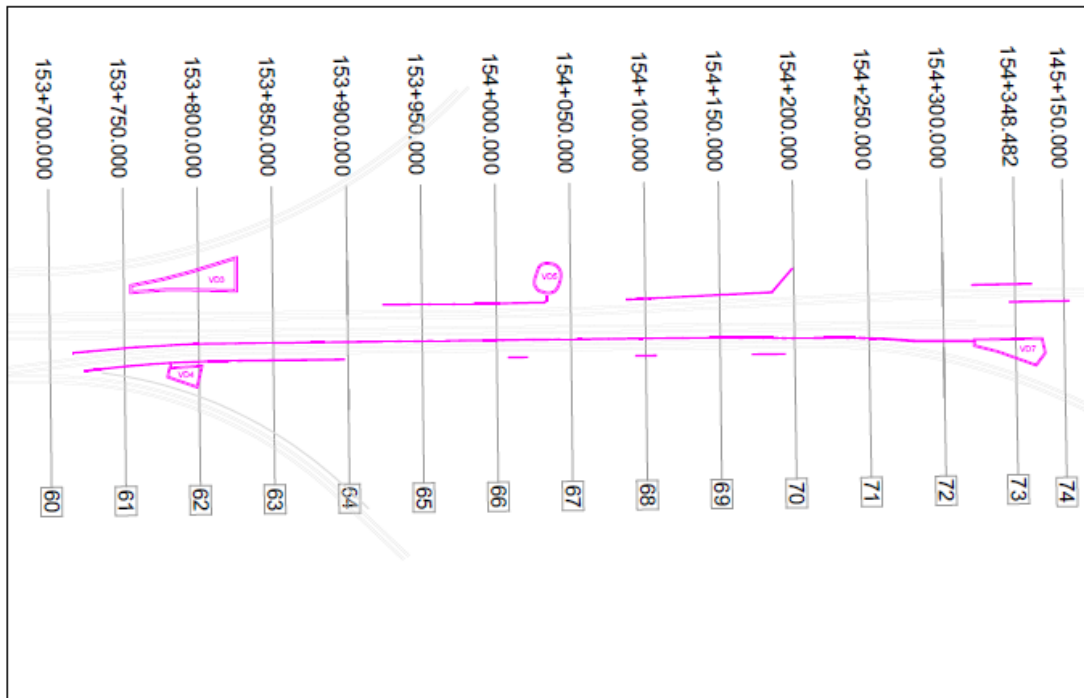
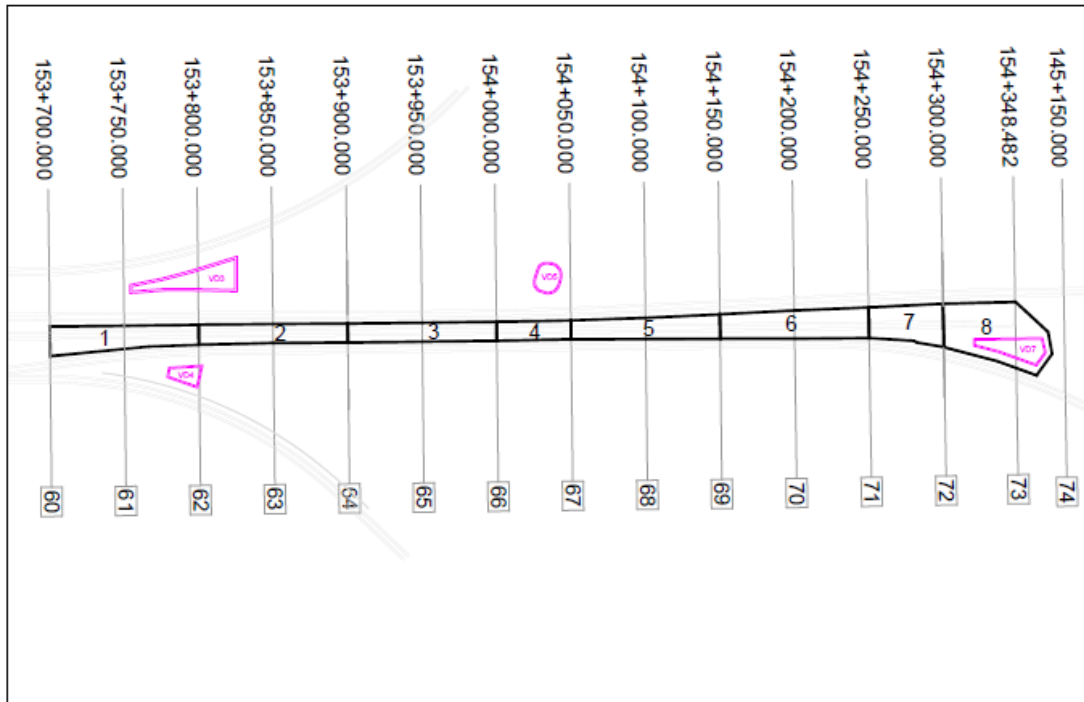


Figura 12: Rappresentazione aree scolanti e rete canali a pelo libero – da sez. 60 a 73

N °Sub	S _{cum} [ha]	ϕ_{medio}	b [m]	L [m]	GDR	u [l/s,ha]	i _f	Q _p [m ³ /s]
1	0.2	0.95	0.500	100.0	0.32	793.92	0.01300	0.127
2	0.3	0.95	0.500	100.0	0.44	677.55	0.01300	0.196
3	0.4	0.95	0.600	100.0	0.51	556.20	0.00460	0.232
4	0.5	0.95	0.600	50.0	0.56	521.48	0.00420	0.250
5	0.6	0.95	0.600	100.0	0.53	495.47	0.00740	0.309
6	0.8	0.95	0.800	100.0	0.53	446.66	0.00220	0.362
7	0.9	0.95	0.800	50.0	0.68	429.06	0.00140	0.400
8	1.2	0.95	1.000	25.0	0.56	471.47	0.00140	0.560

Tabella 6: principali risultati dimensionamento rete canali a pelo libero – da sez. 60 a 73

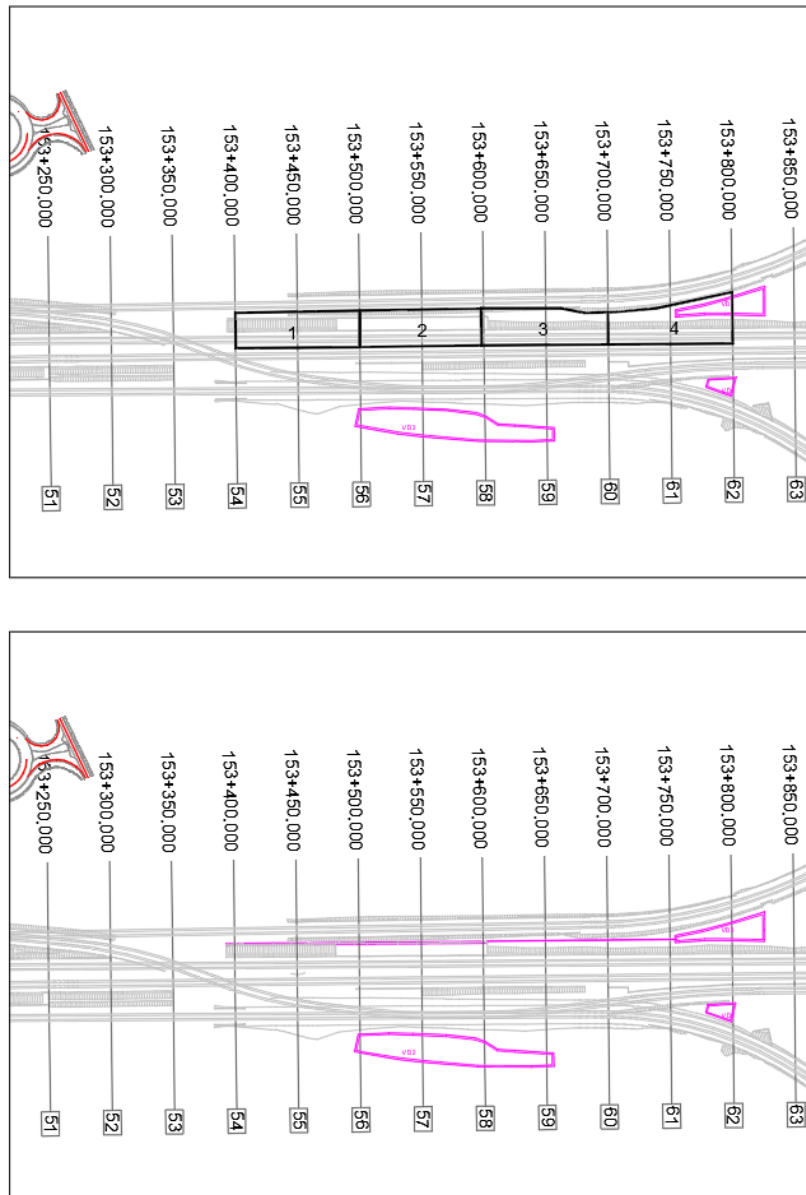


Figura 13: Rappresentazione aree scolanti e rete canali a pelo libero – da sez. 52 a 62

N °Sub	S _{cum} [ha]	ϕ_{medio}	b [m]	L [m]	GDR	u [l/s,ha]	i _r	Q _p [m ³ /s]
1	0.3	0.95	0.600	100.0	0.67	583.13	0.00120	0.168
2	0.6	0.95	0.800	100.0	0.56	503.13	0.00120	0.289
3	0.9	0.95	0.800	100.0	0.70	452.16	0.00120	0.391
4	1.2	0.95	1.000	60.0	0.58	461.44	0.00120	0.547

Tabella 7: principali risultati dimensionamento rete canali a pelo libero – da sez. 52 a 62

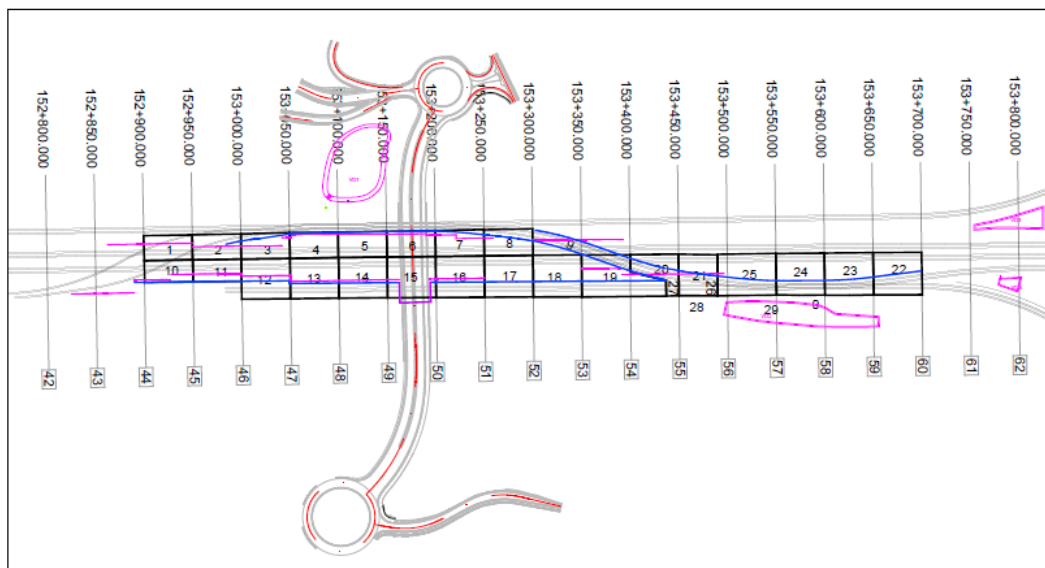
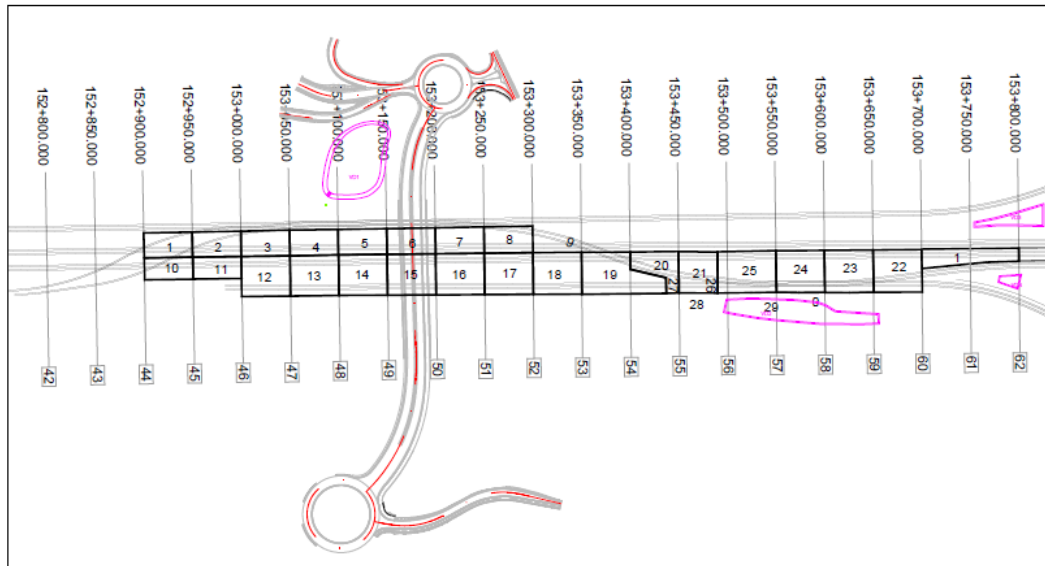


Figura 14: Rappresentazione aree scolanti e rete canali a pelo libero – da sez. 44 a 60

N °Sub	S _{cum} [ha]	φ _{medio}	b [m]	L [m]	GDR	u [l/s,ha]	i _r	Q _p [m ³ /s]
1	0.1	0.95	0.600	50.0	0.51	643.43	0.00060	0.083
2	0.3	0.95	0.800	51.0	0.43	553.87	0.00060	0.143

N °Sub	S _{cum} [ha]	ϕ_{medio}	b [m]	L [m]	GDR	u [l/s,ha]	i _r	Q _p [m ³ /s]
3	0.4	0.86	0.800	51.0	0.45	497.34	0.00100	0.194
4	0.5	0.81	0.600	50.0	0.64	478.73	0.00300	0.250
5	0.7	0.82	0.600	50.0	0.70	461.58	0.0033	0.302
6	0.8	0.82	0.600	50.0	0.70	452.00	0.0046	0.356
7	0.9	0.85	0.600	50.0	0.66	452.35	0.00760	0.417
8	1.1	0.92	0.800	50.0	0.41	457.91	0.00780	0.485
9	1.1	0.95	0.600	143.0	0.58	383.21	0.01000	0.406
10	0.1	0.95	0.600	50.0	0.34	761.86	0.00200	0.086
11	0.2	0.95	0.600	50.0	0.51	666.29	0.00200	0.151
12	0.4	0.85	0.800	53.0	0.43	596.48	0.00200	0.259
13	0.6	0.85	0.800	50.0	0.54	553.71	0.00200	0.355
14	0.9	0.87	0.800	50.0	0.64	521.07	0.00200	0.443
15	1.1	0.87	0.800	50.0	0.46	528.34	0.00800	0.561
16	1.3	0.87	0.800	50.0	0.52	527.29	0.00820	0.672
17	1.5	0.83	0.800	50.0	0.57	515.78	0.00820	0.768
18	1.7	0.83	0.800	50.0	0.62	503.15	0.00820	0.86
19	2.0	0.85	0.800	50.0	0.70	503.10	0.00820	1.00
20	0.1	0.95	0.500	51.0	0.40	928.55	0.00720	0.13
21	0.3	0.95	0.600	40.0	0.58	851.28	0.00420	0.26
22	0.2	0.87	0.800	50.0	0.36	655.35	0.00100	0.14
23	0.4	0.82	0.800	50.0	0.53	549.67	0.00100	0.24
24	0.7	0.81	0.800	50.0	0.65	487.72	0.00100	0.32
25	0.9	0.83	0.800	61.0	0.50	488.39	0.00400	0.44
26	1.2	0.95	0.800	25.0	0.60	521.31	0.00500	0.64
27	3.1	0.95	1.000	18.0	0.67	440.43	0.00500	1.35
28	3.1	0.95	1.000	53.0	0.64	410.05	0.00500	1.25
29	4.3	0.95	1.200	97.0	0.55	389.79	0.00500	1.67

Tabella 8: principali risultati dimensionamento rete canali a pelo libero – da sez. 44 a 60

In corrispondenza dell'attraversamento di via Carnia si è resa necessaria, al fine di trasferire le acque meteoriche verso la relativa vasca disperdente, la realizzazione di un by-pass, costituito da una tubazione in acciaio DN600.

Tale espediente si è reso necessario in quanto la quota dell'estradosso della struttura del sottopasso non permette il mantenimento della tipologia di canale a pelo libero presente a monte e a valle dello stesso; la soluzione individuata consente di trasferire efficacemente le acque meteoriche oltre l'ostacolo, aggirandone la struttura.

Nel tratto iniziale e finale del by-pass la tubazione transiterà perpendicolarmente ai binari, ad un'ideale profondità, mentre nel tratto centrale, parallelo ai binari, essa sarà ancorata esternamente alla struttura di via Carnia, risultando pertanto aerea. In ogni caso la tubazione sarà adeguatamente controtubata per garantire un'ideale protezione alla stessa.

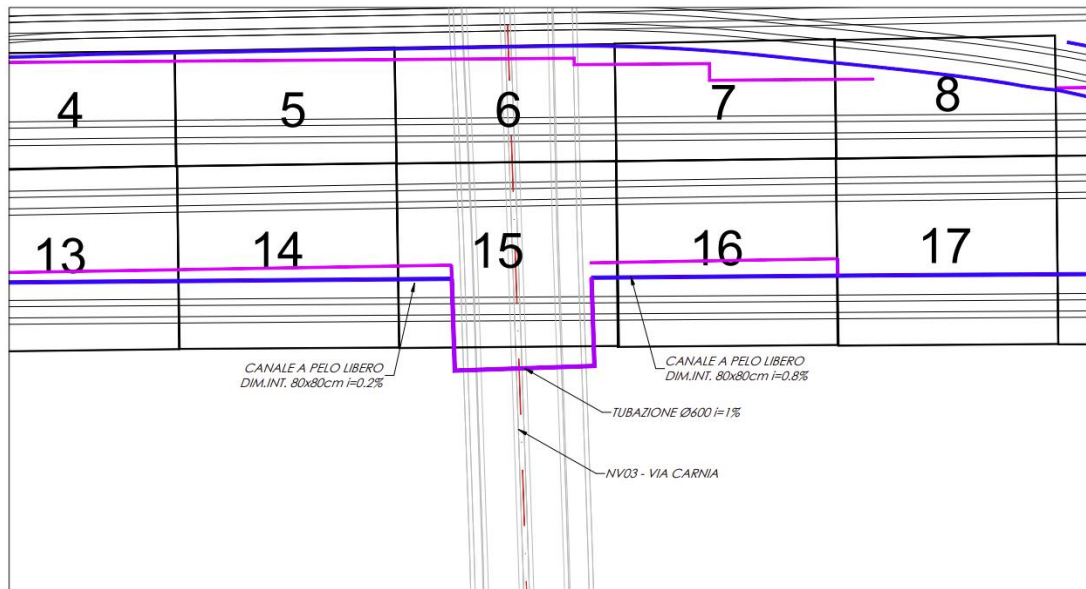


Figura 15: Particolare aree scolanti e rete canali a pelo libero nei pressi dell'interferenza con via Carnia

All'altezza delle intersezione della piattaforma ferroviaria con via Carnia è presente una interferenza diretta tra il canale drenante che corre parallelo alla linea ferroviaria sul lato sud e la soletta del sottopasso di spessore 1.2m.

Non potendosi attraversare la soletta con una condotta di diametro 600 mm si è optato per la realizzazione di un bypass idraulico a forma di U costituito da una condotta DN600 in acciaio opportunamente controtubata, che corre lungo il perimetro sud della soletta del sottopasso.

La condotta avrà una pendenza longitudinale di circa l'1% e si raccorderà a monte con il fondo della canaletta 80x80 cm in cls a quota 75.14 m s.l.m., mentre la quota di inserimento nella canaletta 80x80 di valle avverrà a quota 74.39 m s.l.m..

La portata massima transitante nella condotta è stata stimata in 443 l/s, mentre la portata da considerare nel tratto di valle è di 556 l/s; con i valori di portata indicati, il tirante idrico di moto uniforme nelle canalette di monte (pendenza 0.2%) e di valle (pendenza 0.3%) risulta rispettivamente pari a 52 e 51 cm, mentre all'interno della condotta il tirante idrico di moto uniforme raggiunge un valore di 42 cm. Il pelo libero nella sezione di monte del tubo risulta ottimamente raccordato con quello della canaletta, mentre a valle si verifica un modesto rigurgito del livello idrico della canaletta che non pregiudica il funzionamento a pelo libero del sistema.

6.3.2 Fossi drenanti

I fossi drenanti garantiscono un volume di accumulo superficiale, dato dalla canaletta in ghiaia a sezione trapezoidale, e un volume profondo, costituito dalla porosità del materiale drenante. Inoltre i fossi garantiscono lo smaltimento delle acque per dispersione attraverso il fondo dello stesso, proporzionalmente alle caratteristiche idrauliche del mezzo poroso circostante.

Nel tratto ferroviario analizzato risulta possibile collocare i fossi sui lati della piattaforma ferroviaria, salvo alcune eccezioni; ne consegue la necessità di realizzare anche sistemi disperdenti di dimensioni significative alla luce delle rilevanti superfici scolanti per unità di lunghezza della ferrovia.

Gli schemi tipologici dei fossi drenanti impiegati sono mostrati nel par.6.2.1.

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E
SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	35 di 53

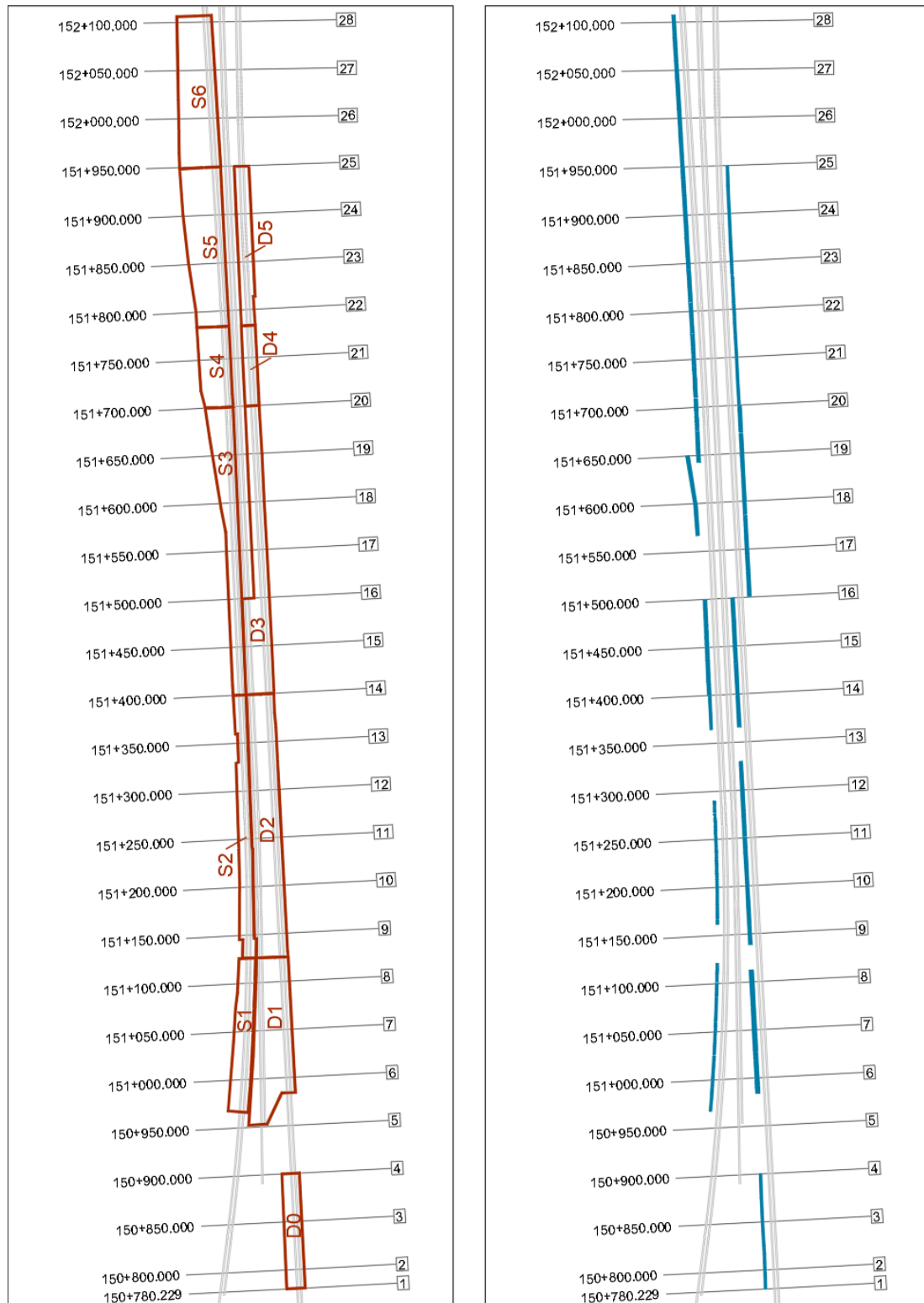


Figura 16: Rappresentazione aree scolanti e rete fossi – da sez. 1 a 28

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO
SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	36 di 53

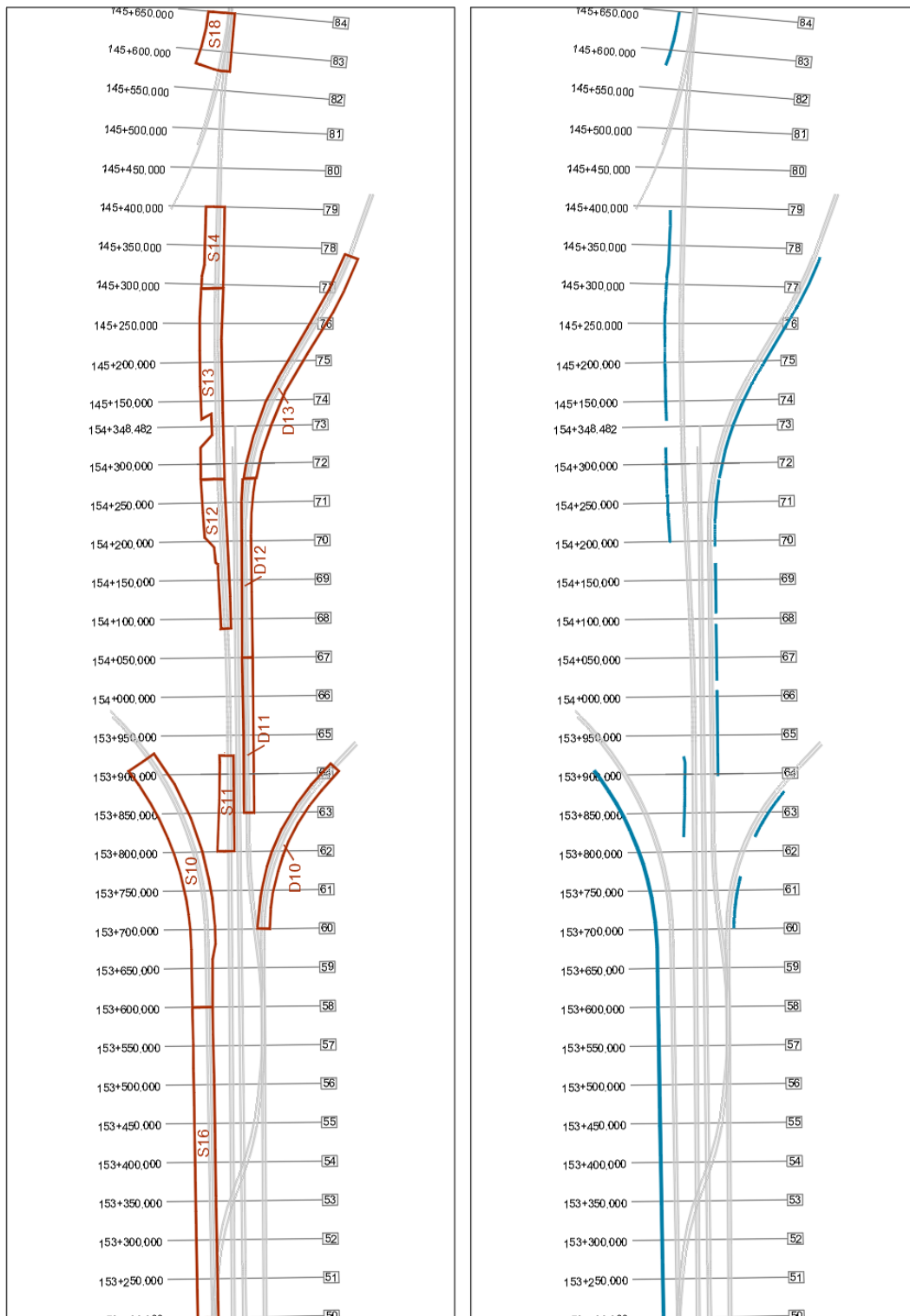


Figura 17: Rappresentazione aree scolanti e reti fossi – da sez. 50 a 84

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	37 di 53

Nella tabella riportata di seguito vengono indicate le seguenti grandezze per ogni elemento idraulico:

- Fosso = denominazione fosso (Dn° per fosso in destra e Sn° per fosso in sinistra della piattaforma)
- Tipo = Tn° - tipologia del fosso (n° variabile in funzione delle dimensioni)
- L = lunghezza del tratto di fosso
- Area sottesa = area scolante afferente a ciascun elemento drenante
- k = permeabilità del terreno
- ϕ medio = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- t_p critico = tempo di pioggia critico
- h_p critica = altezza di pioggia critica
- h_{vasca} = tirante idrico del fosso misurato a partire dal fondo dello strato drenante
- % riemp. utile = grado di riempimento del fosso, ossia rapporto tra il tirante idrico del fosso e l'altezza complessiva dello stesso (H+Y) a meno del franco idraulico di 30 cm

Fosso	Tipo	L [m]	Area sottesa [m ²]	k [m/s]	ϕ medio	t _p critico [h]	h _p critica [mm]	h _{fosso} [m]	% riemp. utile
D0	T1	120	2260	1.66E-04	0.95	1	88.58	0.82	82%
S1	T2	155	3081	9.22E-05	0.95	1.25	95.60	1.49	99%
D1	T4	155	3081	9.22E-05	0.95	1.25	95.60	1.76	88%
S2	T1	217	3498	1.10E-04	0.95	1	88.58	0.97	97%
D2	T4	225	8719	1.10E-04	0.95	1.25	95.60	1.55	78%
S3	T3	160	5124	1.10E-04	0.95	1.25	95.60	1.62	93%
D3	T2	297	5947	1.10E-04	0.95	1	88.58	1.43	95%
S4	T3	84	2725	8.58E-05	0.95	1.25	96.50	1.72	98%
D4	T1	84	1210	8.58E-05	0.95	1	88.58	0.95	95%
S5	T3	166	6300	1.41E-04	0.95	1.25	96.50	1.74	99%
D5	T1	166	2500	1.41E-04	0.95	1	88.58	0.8	80%
S6	T3	160	6182	1.41E-04	0.95	1.25	96.50	1.74	99%
S10	T5	320	11233	1.89E-04	0.95	1	88.58	1.23	98%
D10	T2	120	3442	2.64E-04	0.95	1	88.58	1.43	95%
S11	T2	120	3442	2.64E-04	0.78	0.5	60.80	0.62	62%
D11	T1	130	2620	2.39E-04	0.95	0.75	75.80	0.81	81%
S12	T5	81	3990	3.21E-04	0.79	0.75	75.80	1.08	86%
D12	T1	168	3005	4.21E-04	0.95	0.25	41.70	0.31	31%
S13	T1	210	6630	5.03E-04	0.73	0.25	41.70	0.48	48%
D13	T1	210	6630	5.03E-04	0.95	0.16	33.50	0.24	24%
S14	T1	101	2642	5.03E-04	0.76	0.16	33.50	0.34	34%
S16	T5	400	10460	1.79E-04	0.95	1	88.58	0.92	74%
S18	T1	70	2761	5.03E-04	0.77	0.5	60.80	0.84	84%

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

Tabella 9: principali risultati del dimensionamento della rete di fossi disperdenti

6.3.3 Vasche disperdenti

Nell'ambito della sede ferroviaria sono previste n.7 vasche disperdenti a cielo aperto, a servizio dei collettori di smaltimento descritti in precedenza. Al fine di sfruttare al meglio le aree intercluse, le vasche sono state collocate in zone al bivio tra binari o, per quanto possibile, in aree di proprietà di RFI. Fa eccezione la vasca VD1 realizzata su lato ovest del sottopasso di via Carnia.

Nel dimensionare i dispositivi drenanti si terrà conto di un valore di conducibilità idraulica dimezzato rispetto a quello misurato in campo e di un franco idraulico di 30 cm, misurato dalla quota di scorrimento del tubo o dello scatolare in ingresso.

Si riportano di seguito i principali risultati relativi al dimensionamento dei sistemi disperdenti sopra illustrati previsti nell'area in oggetto. Per ulteriori dettagli ed approfondimenti si rimanda agli elaborati grafici specifici allegati alla presente.

Vasca disperdente VD1

La vasca disperdente VD1 sottende una superficie di circa 72250 m² e ha una dimensione di 3360 m², con un'altezza di 2 m e quota di imposta a 70.20 m s.l.m; le sponde, data l'ampiezza della vasca, sono state impostate con una scarpa di 3/2, in maniera tale da renderla in armonia con il paesaggio circostante. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S11 (1.21E-04 m/s).

Preme evidenziare che, in una prima fase, si è cercato di individuare una soluzione tecnica che privilegiasse la scelta di un sistema di smaltimento di tipo distribuito, ma la presenza di vincoli territoriali, come il Quadrante Europa sul lato sud e il futuro scalo Cason su quello nord, ne hanno di fatto impedito la concretizzazione. Inoltre i costi estremamente elevati di realizzazione di una vasca in moduli di materiale plastico hanno indirizzato la progettazione verso la scelta di una vasca a cielo aperto di forma sinuosa per un armonico inserimento nel contesto paesaggistico e territoriale circostante.

In Tabella 10 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1.25 ore e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulo vasca	H vasca
[h]	[m3]	[m3]	[m3]	[m]
1	6438	3569	5413	1.61
1.25	6926	3554	5730	1.70
1.5	6994	3538	5649	1.68
2	7098	3508	5429	1.62

Tabella 10: Principali risultati del dimensionamento della Vasca VD1

Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

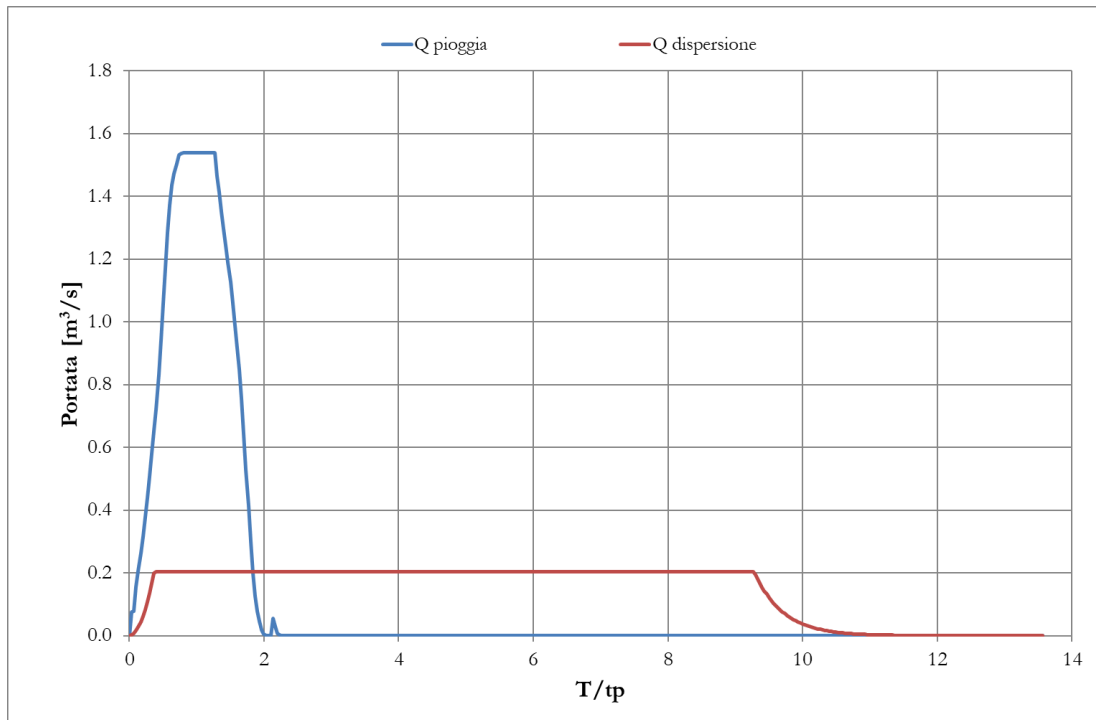


Figura 18: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=1,25$ ore. Vasca dispersione VD1

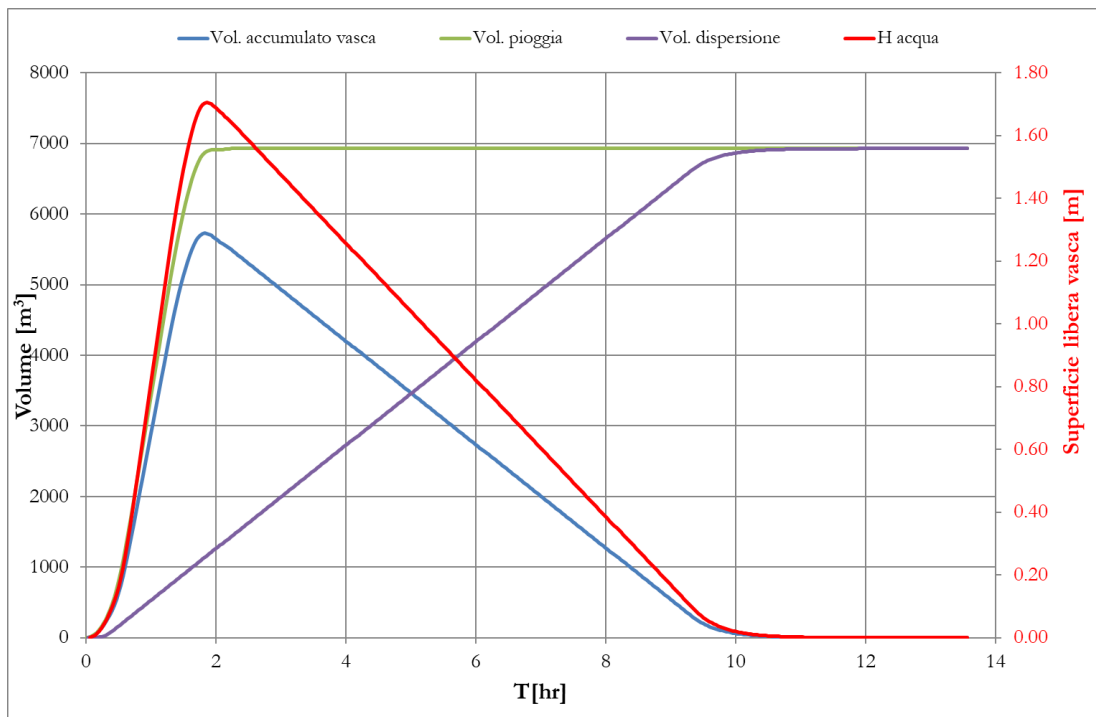


Figura 19: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=1,25$ ore. Vasca dispersione VD1
Vasca disperdente VD2

La vasca disperdente VD2 sottende una superficie di circa 43400 m² e ha una dimensione di 2520 m², con un'altezza di 1.30 m e quota di imposta a 69.75 m s.l.m; le sponde, data l'ampiezza della vasca, sono state impostate con una scarpa di 3/2, per il medesimo motivo visto in precedenza. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S10 (1.89E-04 m/s).

In Tabella 11 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1.25 ore e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulo vasca	H vasca
[h]	[m3]	[m3]	[m3]	[m]
0.25	1516	1516	1126	0.45
0.5	2245	2245	1670	0.66
0.75	2785	2784	2018	0.80
1	3273	3272	2307	0.92
1.25	3523	3518	2365	0.94
1.5	3567	3561	2220	0.88
2	3619	3611	1895	0.75

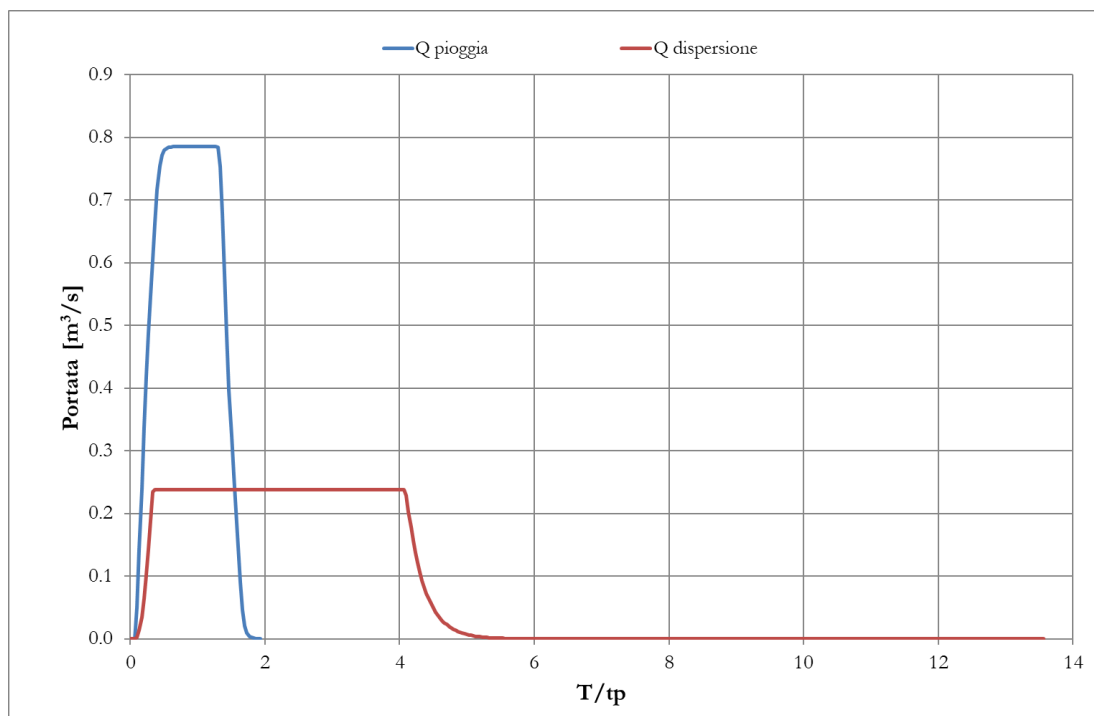
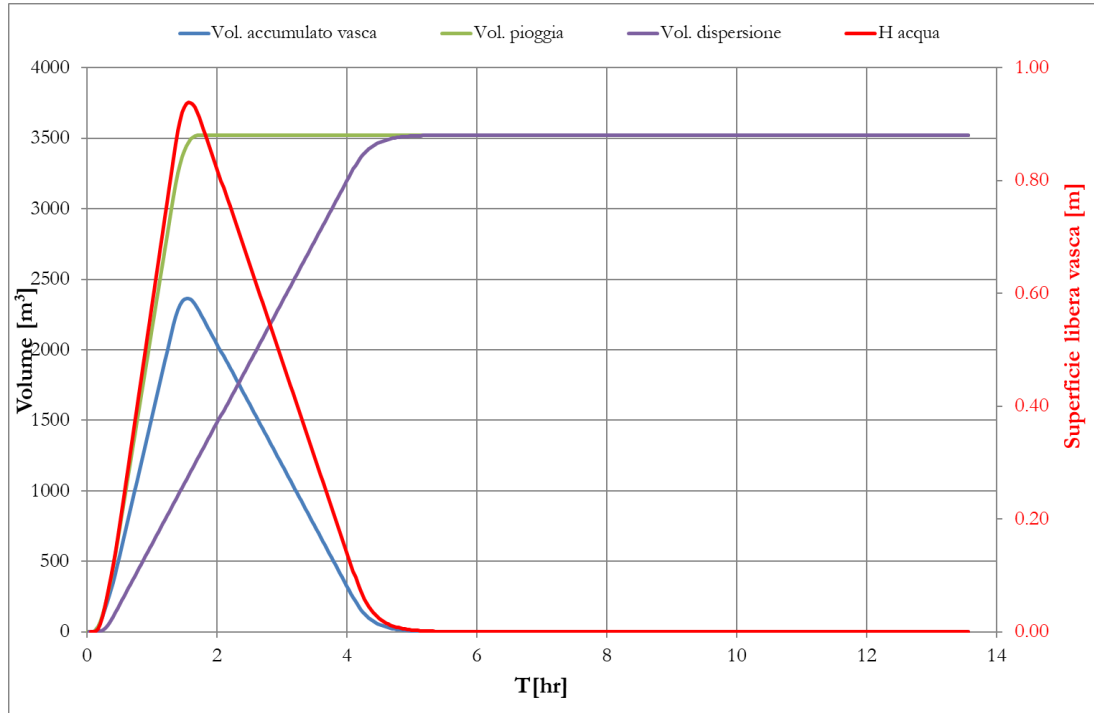
Tabella 11: Principali risultati del dimensionamento della Vasca VD2


Figura 20: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=1.25$ orE. Vasca dispersione VD2

Figura 21: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=1.25$ ore. Vasca dispersione VD2

Vasca disperdente VD3

La vasca disperdente VD3 sottende una superficie di 11850 m² e ha una dimensione di 740 m², con un'altezza di 1.45 m e quota di imposta a 70.00 m s.l.m.; le sponde, data la limitata superficie della vasca, sono state impostate con una scarpa di 1/1. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S15 (1.38E-04 m/s).

In Tabella 12 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1.25 ore e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulo vasca	H vasca
[h]	[m3]	[m3]	[m3]	[m]
0.25	464	464	393	0.53
0.5	684	683	573	0.77
0.75	849	840	696	0.94
1	996	915	800	1.08
1.25	1073	913	833	1.13
1.5	1085	911	804	1.09
2	1101	907	735	0.99

Tabella 12: Principali risultati del dimensionamento della Vasca VD3

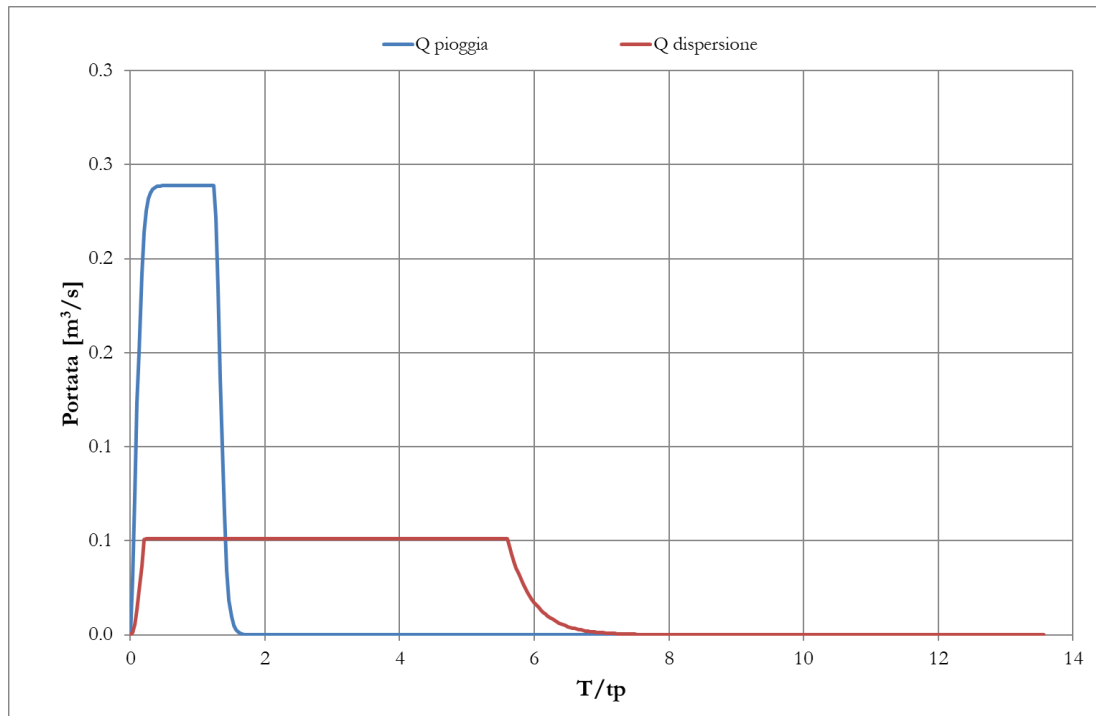


Figura 22: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=1.25$ ore. Vasca dispersione VD3

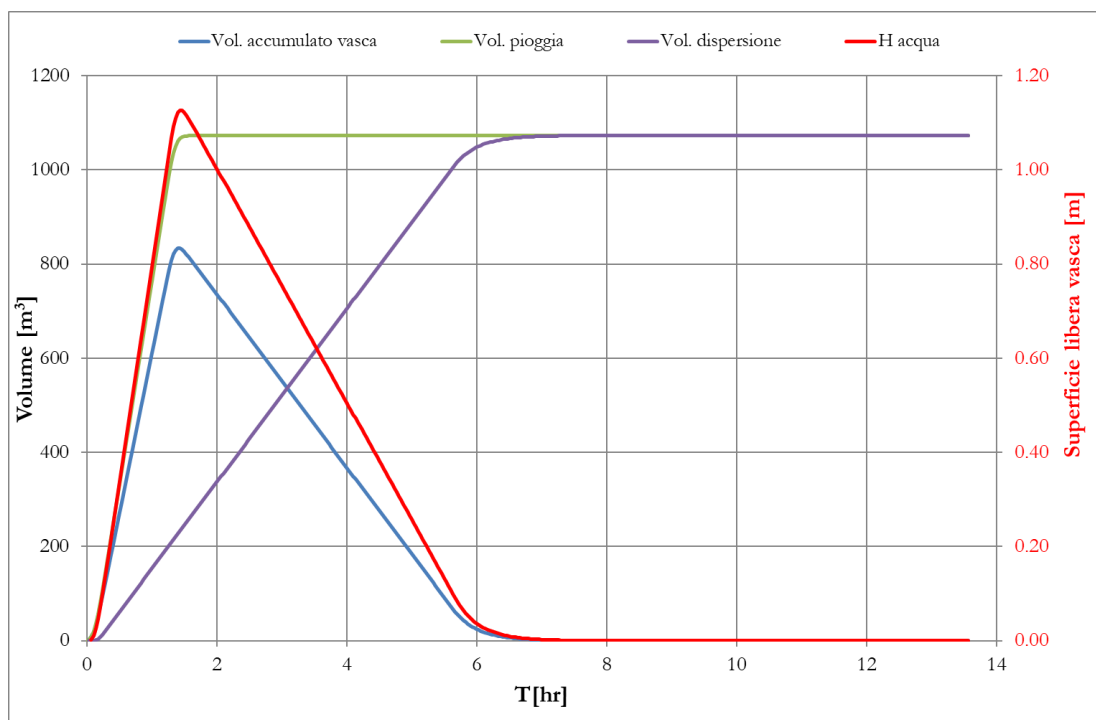


Figura 23: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=1.25$ ore. Vasca dispersione VD3
Vasca disperdente VD4

La vasca disperdente VD4 sottende una superficie di 1970 m^2 e ha una dimensione di 185 m^2 , con un'altezza di 1.00 m e quota di imposta a 71.70 m s.l.m. ; le sponde, data la limitata superficie della vasca, sono state impostate con una scarpa di $1/1$. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S13 ($3.39\text{E-}04 \text{ m/s}$).

In Tabella 13 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 0.75 ore e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm .

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulo vasca	H vasca
[h]	[m3]	[m3]	[m3]	[m]
0.117	51.63	51.63	37.73	0.20
0.167	62.66	62.66	43.97	0.24
0.25	78.09	78.09	51.09	0.28
0.5	113.78	113.78	61.05	0.33
0.75	141.80	141.80	62.85	0.34
1	165.78	165.78	60.41	0.33

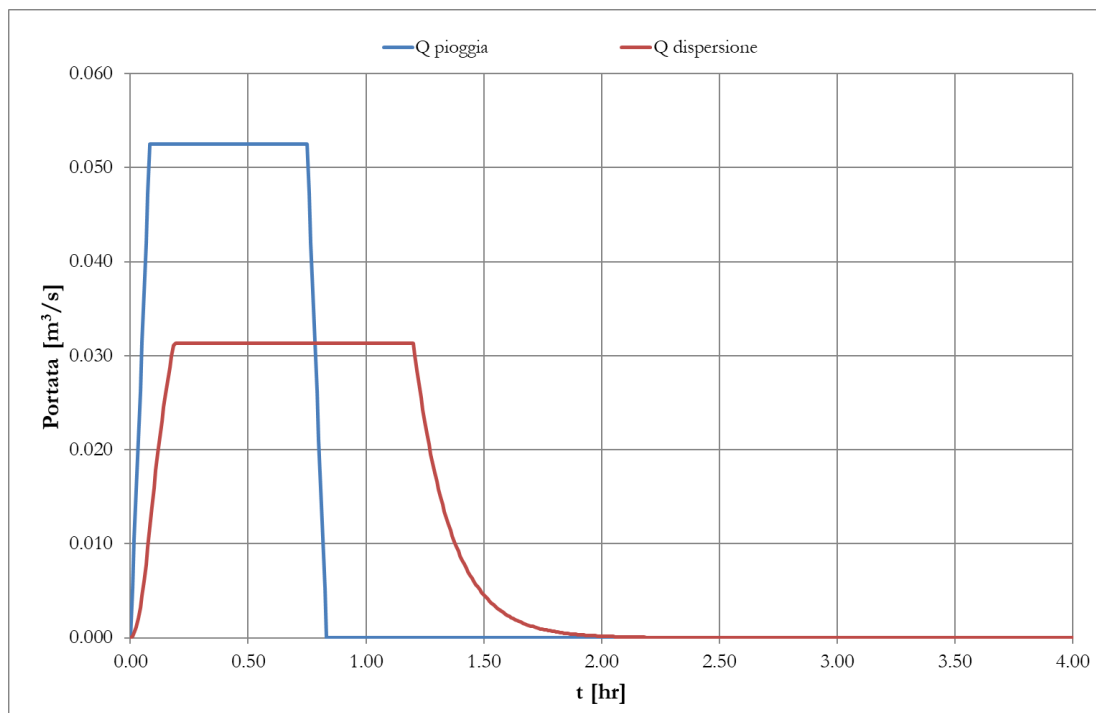
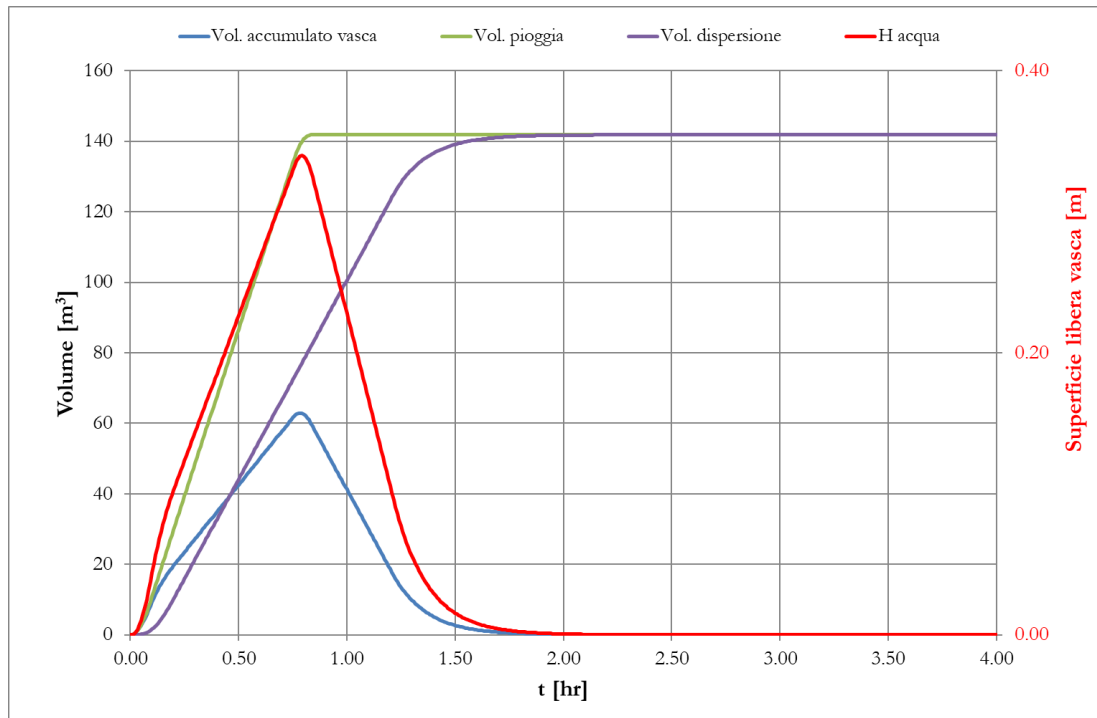
Tabella 13: Principali risultati del dimensionamento della Vasca VD4


Figura 24: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=0.75$ ore. Vasca dispersione VD4

Figura 25: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=0.75$ ore. Vasca dispersione VD4

Vasca disperdente VD5

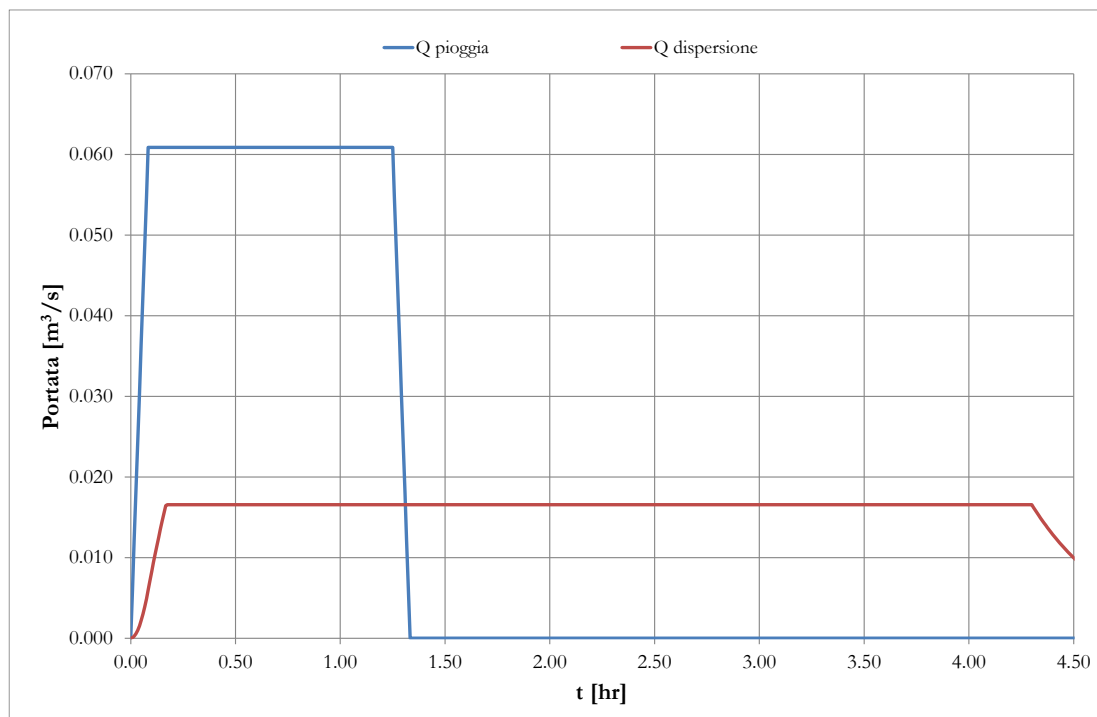
La vasca disperdente VD5 sottende una superficie di 3016 m^2 e ha una dimensione di 250 m^2 , con un'altezza di 1.15 m e quota di imposta a 72.25 m s.l.m.; le sponde, data l'ampiezza della vasca, sono state impostate con una scarpa di 1/1. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S15 (1.38E-04 m/s).

In Tabella 14 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1.25 ore e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulato vasca	H vasca
0.25	119.56	119.55	104.19	0.43
0.5	174.19	174.12	144.74	0.60
0.75	217.09	216.61	173.35	0.72
1	253.80	251.44	195.64	0.82
1.25	273.97	268.27	201.55	0.84

Tabella 14: Principali risultati del dimensionamento della Vasca disperdente VD5

Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.


Figura 26: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=1,25$ ore. Vasca dispersione VD5

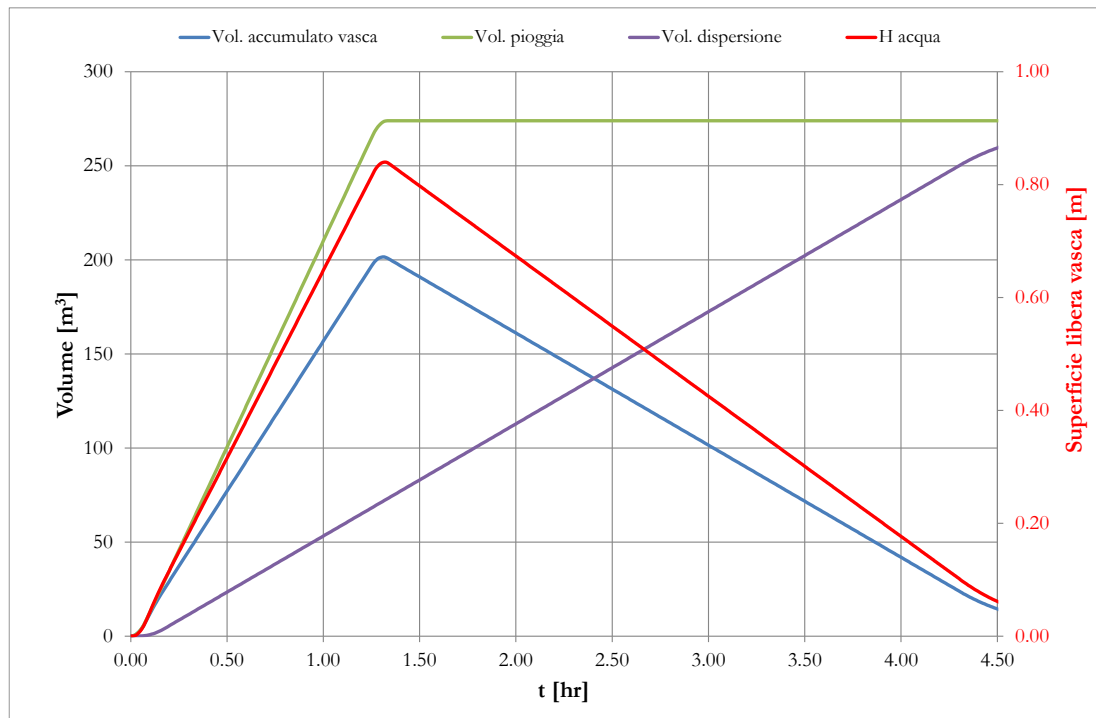


Figura 27: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=1,25$ ore. Vasca dispersione VD5

Vasca disperdente VD7

La vasca disperdente VD7 sottende una superficie di 11778 m² e ha una dimensione di 500 m², con un'altezza di 1.35 m e quota di imposta a 70.50 m s.l.m; le sponde, data l'ampiezza della vasca, sono state impostate con una scarpa di 1/1. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S20 (5.03E-04 m/s).

In Tabella 15 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1 ora e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulato vasca	H vasca
0.25	461	461	292	0.58
0.5	685	685	415	0.83
0.75	848	848	478	0.96
1	998	998	520	1.04
1.25	1073	1073	496	0.99
1.5	1087	1087	409	0.82

Tabella 15: Principali risultati del dimensionamento della Vasca disperdente VD7

Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

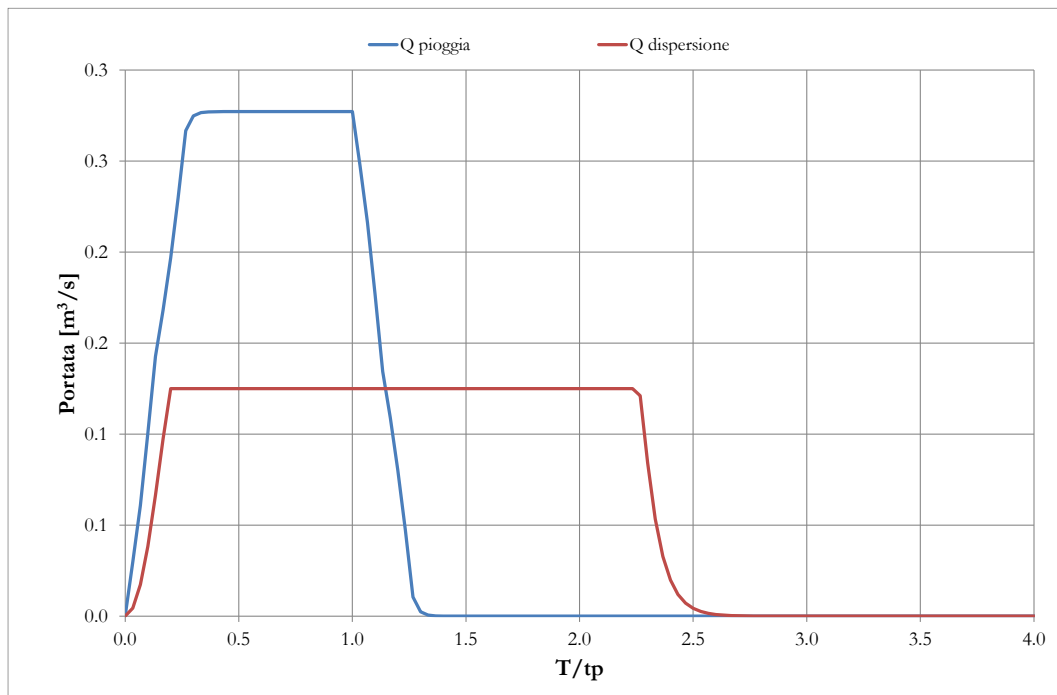


Figura 28: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=1$ ora. Vasca dispersione VD7

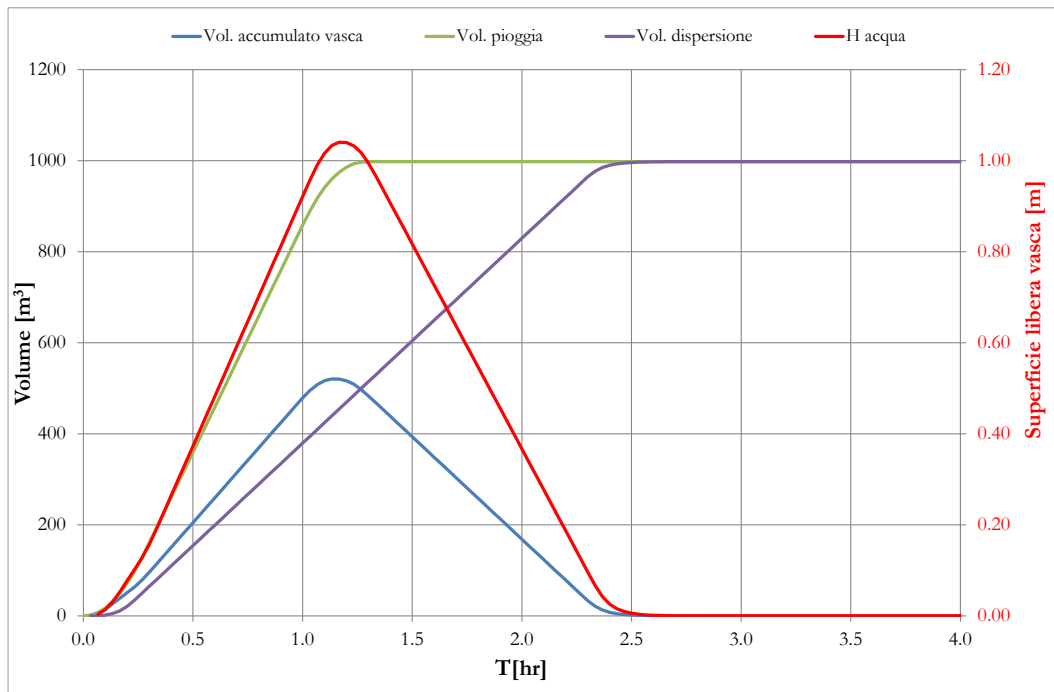


Figura 29: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=1$ ora. Vasca dispersione VD7

Vasca disperdente VD8

La vasca disperdente VD8 sottende una superficie di 2917 m² e ha una dimensione di 130 m², con un'altezza di 1.3 m e quota di imposta a 69.10 m s.l.m.; le sponde, data l'ampiezza della vasca, sono state impostate con una scarpa di 1/1. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S20 (5.03E-04 m/s).

In Tabella 16 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1 ora e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulo vasca	H vasca
0.25	115.63	115.63	84.41	0.65
0.5	168.48	168.48	109.54	0.84
0.75	209.97	209.97	122.88	0.95
1	245.47	245.47	130.04	1.00
1.25	264.98	264.98	121.45	0.93
1.5	267.41	267.41	96.35	0.74

Tabella 16: Principali risultati del dimensionamento della Vasca disperdente VD8

Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

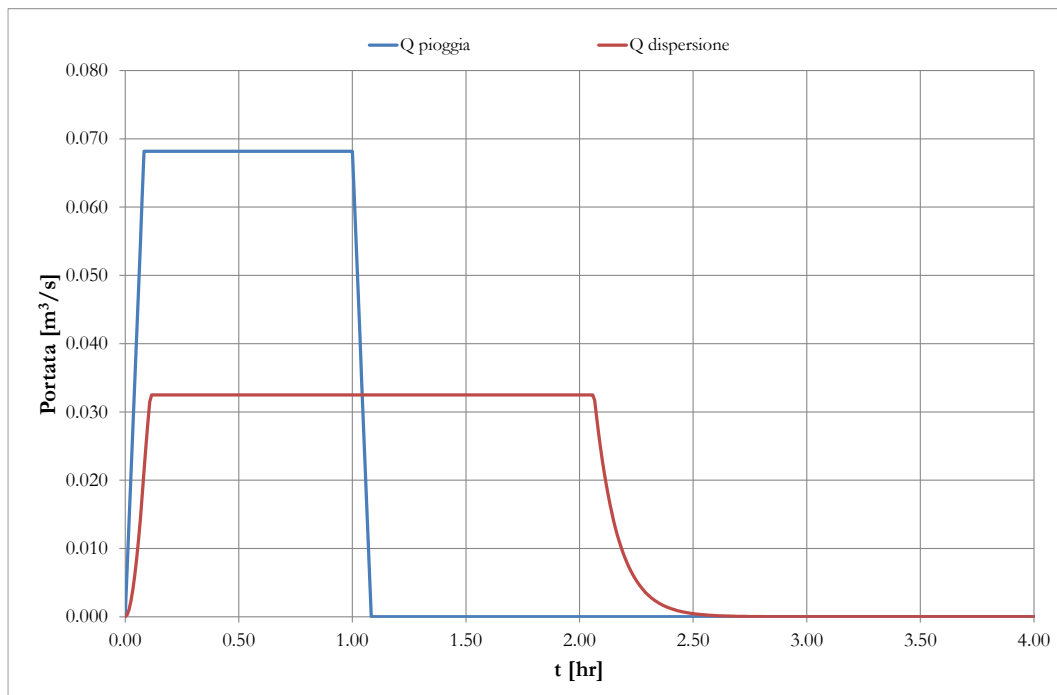


Figura 30: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=1,25$ ore. Vasca dispersione VD8

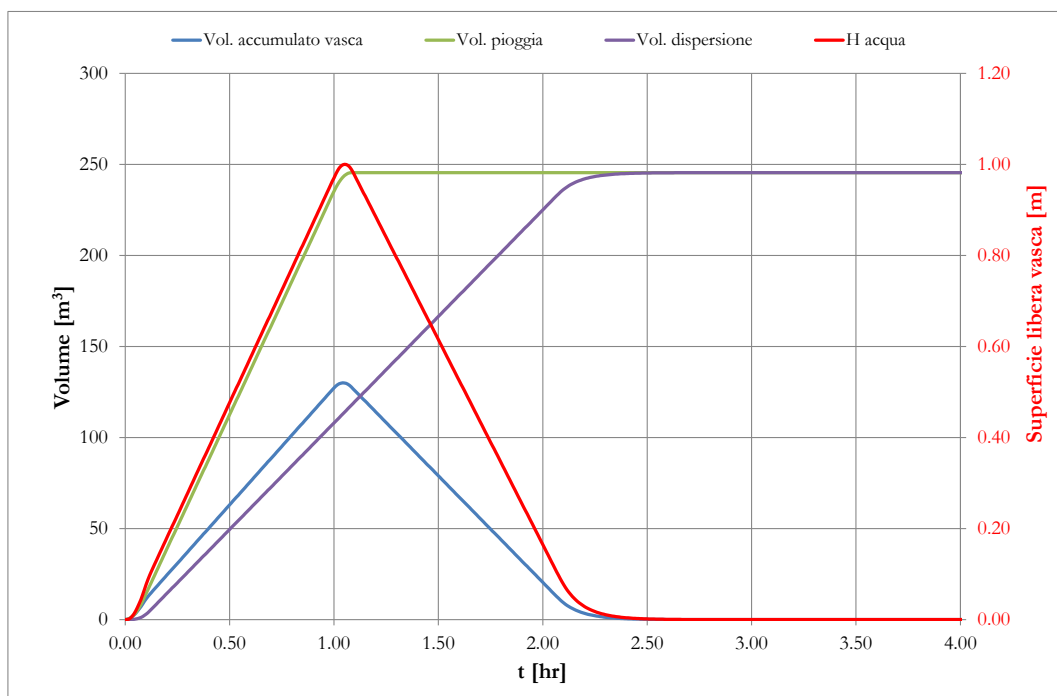


Figura 31: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=1,25$ ore. Vasca dispersione VD8

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	50 di 53

6.3.4 Stazioni di sollevamento

Lungo l'intera sede ferroviaria è prevista un'unica stazione di sollevamento, ubicata all'estremità ovest dell'intervento in oggetto; in essa vengono conferite le acque meteoriche provenienti dalla piattaforma della linea merci, che da qui vengono trasferite nella vasca disperdente descritta nel par. 6.3.3

Si riportano di seguito i principali risultati relativi al dimensionamento della stazione di sollevamento, denominata "Stazione di sollevamento Ovest"; per ulteriori dettagli ed approfondimenti si rimanda agli elaborati grafici specifici allegati alla presente.

Stazione di sollevamento Ovest

Nella stazione di sollevamento in oggetto, le cui dimensioni interne sono 4,00x4,00m, si è previsto di posizionare n.2 pompe con le medesime caratteristiche (+1 con funzione di riserva): portata di 45 l/s, prevalenza 15 m. L'altezza di arresto è stata posta pari a 45cm, mentre gli stacchi delle pompe, in accordo con la sequenza 2 del par. 5.5.4, risultano pari a 77 e 89 cm.

Tempo	V pioggia	V pompa	V accumulo vasca	H vasca
[h]	[m3]	[m3]	[m3]	[m]
0.083	49.61	42.53	23.89	1.49
0.167	72.29	66.15	25.67	1.60
0.25	90.09	83.03	20.55	1.28
0.5	131.26	119.48	14.65	0.92
0.75	163.59	154.58	14.45	0.90
1	191.25	182.25	14.34	0.90

Tabella 17: Principali risultati del dimensionamento della vasca di sollevamento Ovest

Come emerge dai risultati in Tabella 17, la situazione più gravosa si verifica con un tempo di pioggia di 10 minuti, quando il livello idrico della vasca raggiunge i 160 cm. Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

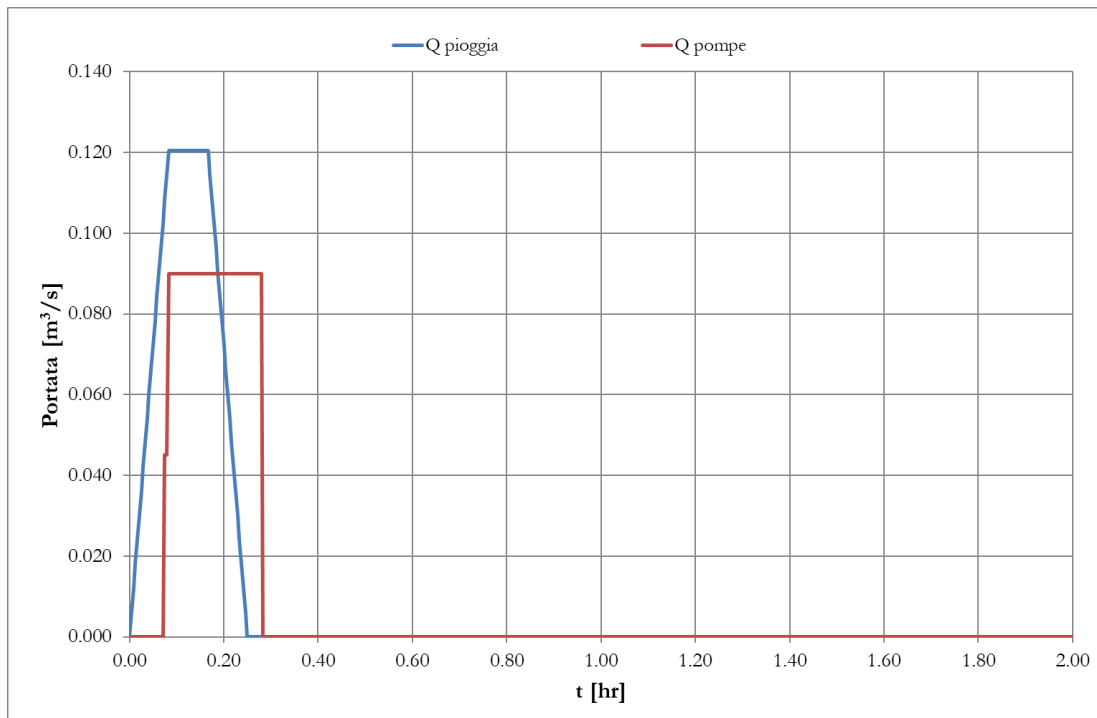


Figura 32: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con $t_p=10\text{min}$

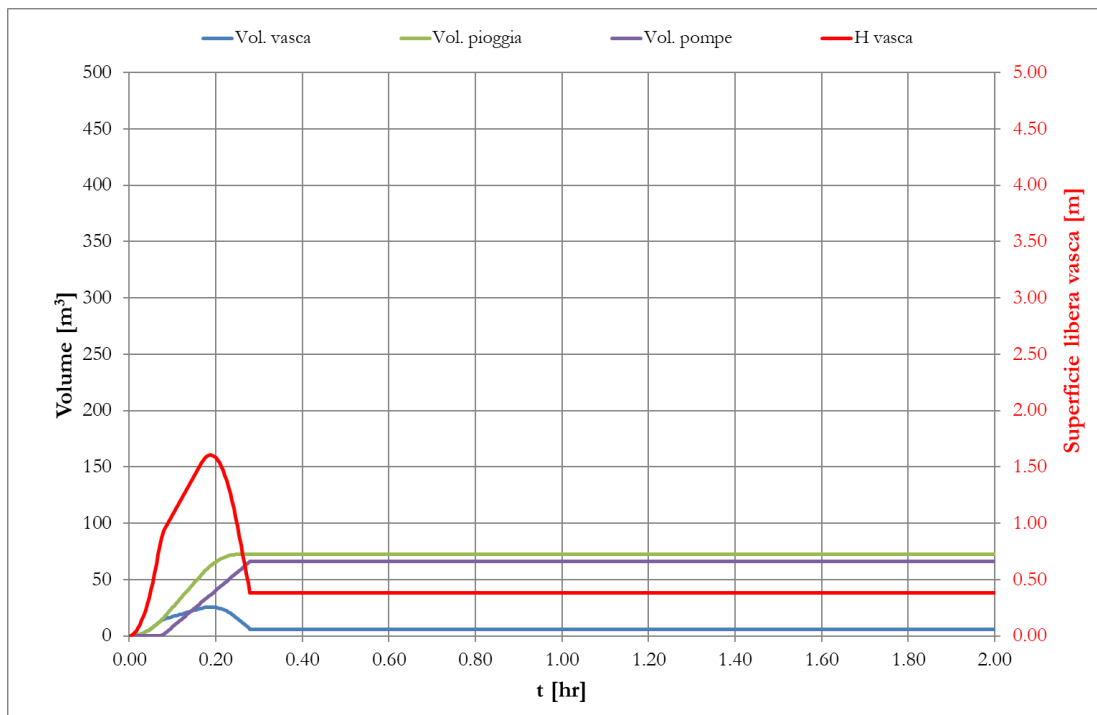


Figura 33: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con $t_p=10\text{min}$

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	52 di 53

6.3.5 Tubi in pressione

Nell'area in esame è presente un'unica tubazione con funzionamento in pressione, ovvero quella di mandata che dalla stazione di sollevamento Ovest porta le acque di deflusso alla relativa vasca disperdente, Le caratteristiche di tale tubazione sono esposte di seguito:

- Tubazione da stazione di sollevamento a vasca disperdente: con una prevalenza delle pompe di 15m viene convogliata una portata di 110.9 l/s.

tubazione	Di [m]	L[m]	scabrezza [mm]	area bagnata [m ²]	f	U [m/s]	Re [x105]	ie [-]
inox DN200	0.215	3	0.1	0.0363	0.0175	2.560	5.504	0.027
pead DN225 PN16	0.184	57	0.1	0.0265	0.0179	3.495	6.432	0.060

6.3.6 Embrici

Le embrici vanno collocate lungo i rilevati ferroviari per accompagnare le acque scolanti sul sub-ballast verso il sistema di smaltimento. Di norma, il passo delle embrici è fissato in 10 m.

Si verifica di seguito la capacità di smaltimento delle embrici, tenuto conto della portata deflunte sulla piattaforma per una lunghezza di 10 m.

Nel caso in esame si stima una portata massima di 10.3 l/s, avendo considerato un evento di pioggia con Tr 100 anni e tempo di pioggia 5 minuti, scolante su una superficie di 147 m² (14.7x10m).

Il calcolo della portata scaricabile dall'embrice viene effettuato attraverso la formula di Belanger, assegnando un valore di tirante idrico pari all'altezza del cordolo in cls (8 cm):

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

- Q = portata sfiorata (m³/s)
- μ coefficiente di deflusso, pari a 0.385
- L = larghezza stramazzo L = 0.50 m
- h = carico idraulico (m)
- g = accelerazione di gravità pari a 9,806 m/s².

In siffatte condizioni la portata massima scaricabile è di 19.3 l/s e quindi la spaziatura di 10 m tra le embrici risulta idonea a smaltire la portata di progetto.

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RI	ID 00 02 001	A	53 di 53

7 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Lo studio della compatibilità idraulica degli interventi in progetto è stato sviluppato confrontando il tracciato di progetto con le carte della pericolosità idraulica. In particolare, per il territorio in esame, sono state utilizzate le seguenti cartografie:

- P.A.I. – Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Adige;
- P.G.R.A. – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni;

Per entrambe le cartografie è stata elaborata un'apposita tavola di progetto (IN1010D26N5ID0002001A e IN1010D26N5ID0002002A), da cui sono state tratte le conclusioni riportate nel presente capitolo.

La sovrapposizione del tracciato ferroviario di progetto e delle relative opere accessorie alle cartografie sopra descritte non evidenzia alcuna criticità, in quanto nessuna area di progetto interseca zone soggette a pericoli idraulici.

Alla luce di tali considerazioni, la configurazione di progetto risulta idraulicamente compatibile con la legislazione vigente in materia di protezione dai rischi idraulici.