

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

CUP: J14D20000010001

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA**

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

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 A 2 0 D 2 6 R I I D 0 0 0 2 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	V. Reale	Gen. 2022	L. Barni	Gen. 2022	C. Mazzocchi	Gen. 2022	A. Perego Gen. 2022



File: IN1A20D26RIID0002002A.doc

n. Elab.:

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	2 di 43

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	OGGETTO SPECIFICO DELLA RELAZIONE	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	RIFERIMENTI PROGETTUALI	8
4	IDROLOGIA	9
4.1	ANALISI PLUVIOMETRICA	9
4.2	TEMPO DI RITORNO DI PROGETTO	10
4.3	PORTATE DI PROGETTO	10
4.3.1	<i>Il metodo razionale</i>	10
5	SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE	13
5.1	ASPETTI NORMATIVI	13
5.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	14
5.3	ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI PROGETTO	15
5.4	DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE IDRAULICHE	15
5.5	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	16
5.5.1	<i>Canalette rettangolari</i>	16
5.5.2	<i>Collettori di smaltimento</i>	16
5.5.3	<i>Discendenti verticali</i>	17
5.5.4	<i>Fossi, bauletti e vasche disperdenti</i>	17
5.5.5	<i>Stazione di sollevamento</i>	18
5.5.6	<i>Embrici</i>	22
6	RETE DI SMALTIMENTO PIATTAFORMA	23
6.1	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	23
6.2	OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO	23

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	3 di 43

6.2.1	<i>Descrizione del sistema di drenaggio</i>	24
6.2.2	<i>Calcolo delle portate di piena</i>	27
6.3	VERIFICHE IDRAULICHE.....	27
6.3.1	<i>Canalette in cls a pelo libero</i>	27
6.3.2	<i>Canalette in cls interrato</i>	28
6.3.3	<i>Fossi drenanti</i>	29
6.3.4	<i>Bauletti disperdenti</i>	30
6.3.5	<i>Collettori</i>	34
6.3.6	<i>Discendenti</i>	36
6.3.7	<i>Vasche disperdenti</i>	36
6.3.8	<i>Stazione di sollevamento</i>	38
6.3.9	<i>Embrici</i>	41
7	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	43

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	4 di 43

1 PREMESSA

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

Gli interventi consistono principalmente nella realizzazione di:

- tratto di nuova linea AV/AC Milano Venezia;
- interventi puntuali di modifica di tracciato delle linee Milano Venezia storica e Verona-Brennero;
- interventi nell'ambito delle stazioni di Verona Porta Nuova e Verona Porta vescovo;
- nuovo scalo in località Cason;
- traversata;
- modifica del tracciato dei raccordi che da bivio S. Massimo, Quadrante Europa e bivio S. Lucia si dirigono verso Verona Porta Nuova scalo;
- dismissione dello scalo di Verona Porta Nuova.

I limiti degli interventi relativi al tracciato ferroviario sulla direttrice Ovest-Est sono i seguenti:

- Lato Ovest - Km 154+046.48 (BP) linea AV/AC MI-VE ; Km 145+815.25 linea storica MI-VE (BP);
- Lato Est - Km 160+722.99 linea AV/AC MI-VE (BP); Km 151+396.08 linea storica MI-VE (BP).
- Lato Est - Km 161+200.03 linea AV/AC MI-VE (BD); Km 151+881.77 linea storica MI-VE (BP).

Il nuovo scalo sarà collegato alla linea indipendente merci al km 2+910.46 dal binario dispari e al km 2+923.00 dal binario pari in prossimità dei Km 151+474 e 151+487 della linea AV/AC (BP) (km 142+243 e 143+255 attuale linea MI-VE storica). La nuova traversata collegherà il binario pari della linea AV/AC al km 152+666.81 e terminerà sul binario dispari della attuale linea MI-VE storica al km 144+332.69 (BP)

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



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

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. A	FOGLIO 5 di 43
--	------------------	-------------	-------------------	---------------------------	-----------	-------------------

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 canalette, delle tubazioni, dei fossi e dei bauletti drenanti, delle stazioni di sollevamento e delle vasche a dispersione.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	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 VERONA-PADOVA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	7 di 43

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 IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. A	FOGLIO 8 di 43
--	------------------	-------------	-------------------	---------------------------	-----------	-------------------

3 RIFERIMENTI PROGETTUALI

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

- IN1A20D26RHID0001001A - Relazione idrologica
- IN1A20D69SGGE0001001A - Report tecnico: stratigrafie e prove in sito – Ingresso Est
- IN1010D69SGGE0001001A - Report tecnico: stratigrafie e prove in sito – Ingresso Ovest
- IN1A20D26N5ID0002001A - Planimetria di inquadramento aree PAI-PGRA - Tav. 1/4
- IN1A20D26N5ID0002002A - Planimetria di inquadramento aree PAI-PGRA - Tav. 2/4
- IN1A20D26N5ID0002003A - Planimetria di inquadramento aree PAI-PGRA - Tav. 3/4
- IN1A20D26N5ID0002004A - Planimetria di inquadramento aree PAI-PGRA - Tav. 4/4

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	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" (IN1A20D26RHID0001001A).

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:

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, come da prescrizioni manuali RFI);
- 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 maggiore chiarezza, si riassumono di seguito i principali fondamenti teorici del metodo adottato.

4.3.1 Il metodo razionale

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;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	11 di 43

3. 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 (m³/s);
- S superficie delle aree scolanti (m²);
- 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.

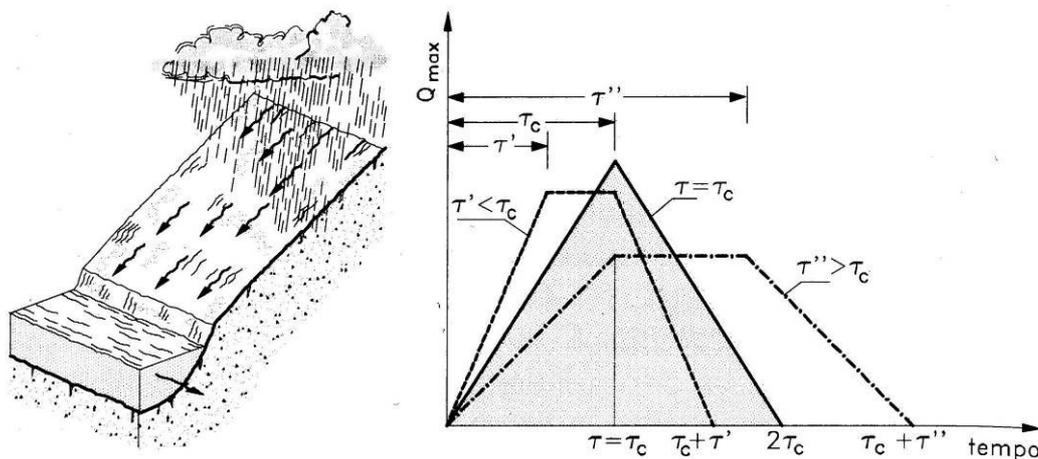


Figura 2: Metodo razionale (o cinematico): idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

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.

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

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. A

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 VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	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 Verona-Padova, all'Ingresso Est.

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 fossi e bauletti disperdenti, e a vasche filtranti, evitando così qualsiasi aggravio sul reticolo idrico superficiale esistente.

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	14 di 43

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, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell’ingresso Est di Verona”, sono stati eseguiti in totale n° 17 sondaggi geognostici; per entrambi gli ingressi sono state eseguite prove di permeabilità e rilievo della quota di falda.

Si riportano di seguito in Tabella 4 i valori di permeabilità misurati nei sondaggi effettuati lungo il tracciato di progetto 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	Permeabilità (m/s)	Falda (m da p.c.)
S08-OVEST	3.06E-05 m/s	- 32.34
S09-OVEST	2.37E-04 m/s	-22.75
S10-OVEST	1.89E-04 m/s	-
S11-OVEST	1.21E-04 m/s	-22.79
S15-OVEST	1.38E-04 m/s	-27.05
S20-OVEST	5.03E-04 m/s	-21.28
S22-OVEST	1.41E-04 m/s	-30.36
S02-EST	1.91E-04 m/s	-19.65
S03-EST	1.86E-04 m/s	-20.74
S04-EST	1.30E-03 m/s	-18.58
S06-EST	5.84E-04 m/s	-
S08-EST	5.80E-04 m/s	-
S09-EST	2.67E-04 m/s	-4.21
S10-EST	4.93E-03 m/s	-7.86
S12-EST	2.74E-04 m/s	-5.84

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 IN1A20D69SGGE0001001A “REPORT TECNICO: STRATIGRAFIE E PROVE IN SITO – INGRESSO EST” del luglio 2021 E IN1010D69SGGE0001001A “REPORT TECNICO: STRATIGRAFIE E PROVE IN SITO – INGRESSO OVEST” del marzo 2021.



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

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, costituite da materiale drenante.
2. distribuito: fossi con fondo dispendente o bauletti drenanti interrati.

Nel caso specifico dello smaltimento delle acque lungo la tratta in adiacenza a via Fedrigoni, si è optato, a causa della carenza di spazi per ubicare le opere, di realizzare una vasca di laminazione chiusa in calcestruzzo, con scarico, tramite apposita stazione di pompaggio e tubazione di mandata in pressione, in Adige.

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;
- Collettori interrati in PVC per il convogliamento delle acque della sede ferroviaria;
- Discendenti verticali in PVC, per convogliare le acque, ove necessario, nelle canalette a cielo aperto poste ai piedi dei muri;

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	16 di 43

- Fossi drenanti e vasche disperdenti a cielo aperto, nelle quali vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche;
- Vasca di laminazione chiusa con sistema di pompaggio e recapito nel Fiume Adige;
- Bauletti disperdenti interati costituiti da materiale grossolano drenante;

5.5 Criteri di dimensionamento

5.5.1 Canalette rettangolari

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.

Per le sezioni aperte (fossi e canalette) in cls si sono assunti un coefficiente di scabrezza $K_S=65 m^{1/3}/s$ 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 [$m^{1/3}/s$];
- R_H è il raggio idraulico [m];
- i è la pendenza longitudinale della tubazione [m/m].

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. A

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 $m^{1/3}/s$ ed un grado di riempimento massimo (y/d) del 70%.

5.5.3 *Discendenti verticali*

La verifica del funzionamento dei discendenti verticali viene effettuata tramite la formula di Wyly Eaton, ovvero:

$$Q_{RWP} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k_b^{-0,167} \cdot d_i^{2,667} \cdot f^{1,667}$$

dove:

- Q_{RWP} è la portata del discendente (l/s);
- k_b è la scabrezza del pluviale (mm), posta uguale a 0,25;
- d_i è il diametro interno del pluviale (mm)
- f è il grado di riempimento, definito come proporzione della sezione trasversale riempita d'acqua (adimensionale), posto pari a 0,33.

5.5.4 *Fossi, bauletti e vasche disperdenti*

Nel caso in esame non sono presenti corsi superficiali dove recapitare le acque meteoriche di piattaforma 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 massimizasse 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.

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	18 di 43

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 (o più) sondaggi più vicini.

La posizione della falda non pregiudica la funzionalità di sistemi a dispersione profondi.

5.5.5 Stazione di sollevamento

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

- 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.

La prevalenza è stata determinata come la somma dei seguenti termini:

$$\Delta H = \Delta H_{\text{geo}} + \Delta H_f + \Delta H_s$$

dove:

- ΔH_{geo} è il dislivello compreso tra la quota minima cui si trova l'acqua da sollevare (nella fattispecie la quota cui si trova la girante della pompa) e la quota massima che deve raggiungere l'acqua;
- ΔH_f sono le perdite di carico, divise in perdite di carico continue e localizzate;
- ΔH_s sono le perdite di carico allo sbocco.

Per le perdite di carico continue si utilizza la formula di Colebrook :

$$\Delta H_{fc} = J \cdot L = (\beta_c \cdot Q^2 \cdot D^{-5}) \cdot L$$

dove:

- L = lunghezza totale della tubazione
- β_c = valore della scabrezza della tubazione secondo Colebrook
- Q = portata sollevata dalla pompa
- D = diametro della tubazione

Le perdite localizzate sono calcolate con la seguente relazione:

$$\Delta H_{fl} = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove:

- K : coefficiente numerico di perdita di carico (si veda tabella seguente)
- v : velocità nella condotta

Installazione	Coefficiente K
Gomito a 90°	0.75
Giunto a T	2.00
Valvola a saracinesca	0.25
Valvola di controllo	0.30

Tabella 5: Perdite di carico localizzate

Le perdite di carico allo sbocco si calcolano con la seguente relazione:

$$\Delta H_s = \frac{v^2}{2g}$$

Per la stima del volume utile dell'impianto occorre considerare che la portata emunta dalle pompe deve essere tale da consentire la gestione dei picchi di portata in afflusso per ridurre al minimo il rischio di allagamento. Il volume utile del pozzo, ovvero il volume tra il livello di avvio e di arresto di una pompa, dipende dalla durata minima possibile del ciclo, T (secondi), dalla portata della pompa, Q (m³/s) e dalla portata del flusso in ingresso, q (m³/s). Per una qualsiasi portata in ingresso il ciclo più breve si verifica quando q = Q/2, cioè la portata in afflusso q risulta esattamente la metà della portata della pompa.

Il numero di avviamenti orari (ovvero il tempo minimo di un ciclo) che sono accettabili per il motore ed il suo sistema di raffreddamento è determinabile tramite la relazione:

$$z = \frac{Q}{V_{\text{utile}} * 4}$$

Per i motori commerciali, anche se z dipende dalla potenza dell'impianto, gli avviamenti orari massimi variano tra gli 8 e i 15 avviamenti/ora; un minor numero di avviamenti orari rispetto al numero massimo fa sì che i circuiti elettrici delle pompe siano meno sottoposti allo stress dovuto alla corrente di spunto. Si ipotizza pertanto, a favore di sicurezza, un valore di 5 avviamenti/ora per l'impianto

Nelle stazioni equipaggiate con più pompe sono possibili due sequenze di attacco-stacco delle pompe, come di seguito descritte.

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.

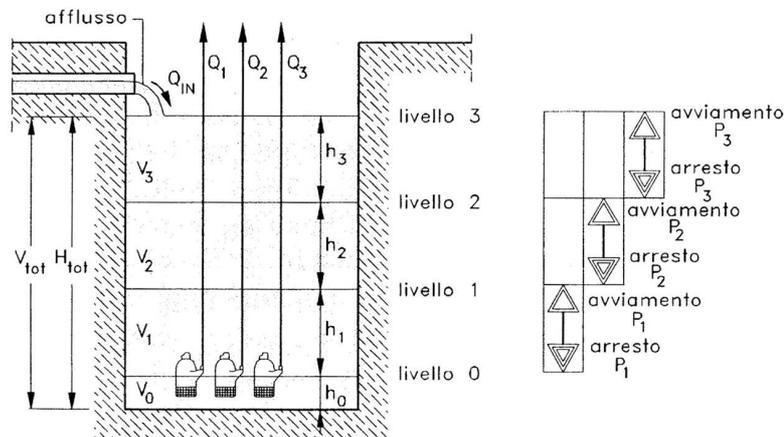


Figura 4: Schematizzazione per attacchi e stacchi delle pompe - Sequenza 1

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.

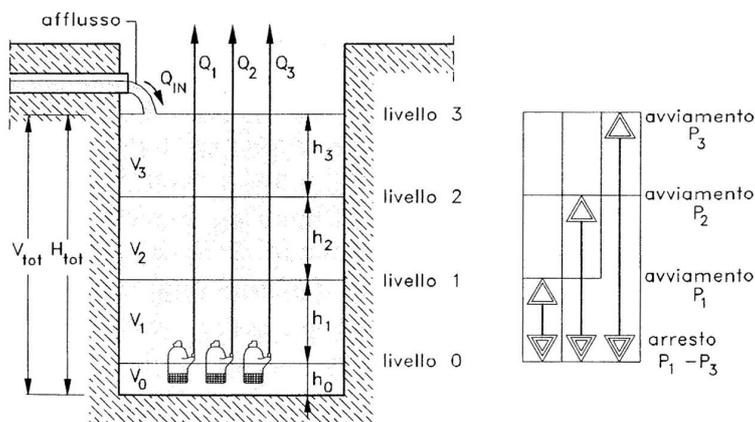


Figura 5: Schematizzazione per attacchi e stacchi delle pompe - Sequenza 2

Nel presente progetto dell'impianto di sollevamento si è scelta la sequenza 2, che consente di assegnare il minor volume alla vasca.

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	21 di 43

Nella figura sottostante sono riportati, in maniera adimensionale, i volumi richiesti con la sequenza 1 e 2 per un numero di pompe uguali variabile da 1 a 5. Nell'asse delle ordinate è riportato il valore del rapporto

$$\sum_{i=1}^k V_i / V_1$$

dove:

$$V_1 = T_{c1} \cdot \frac{Q_1}{4}$$

è il volume d'invaso afferente alla prima pompa che attacca, con T_{c1} e Q_1 pari rispettivamente al tempo di ciclo ed alla portata sollevata dalla stessa pompa. V_i è invece il volume di invaso afferente alla i -esima pompa.

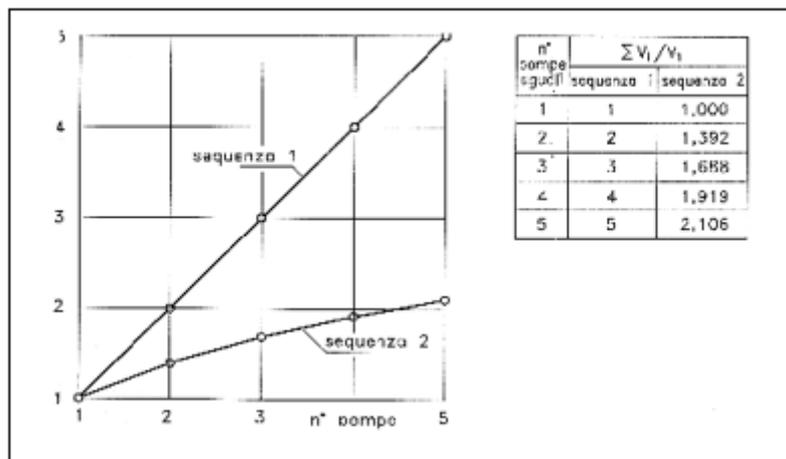


Figura 6: Abaco per l'assegnazione dei volumi utili utilizzando la sequenza di funzionamento 1 o 2 nel caso di pompe tutte uguali (tratto da "Fognature", Da Deppo – Datei, Seconda Edizione)

Una volta definito il numero di pompe che si intendono installare, ed utilizzando l'abaco della figura sottostante, il calcolo del volume da assegnare al locale pompe è pari a:

$$V_{TOT} = \sum_{i=1}^k \frac{V_i}{V_1} \cdot V_1$$

dove il valore di

$$\sum_{i=1}^k V_i / V_1$$

si legge dall'abaco sopra riportato, a seconda della sequenza di funzionamento scelta.

Stabilita la massima portata che affluisce alla vasca di raccolta, e che da questa deve quindi essere allontanata per sollevamento, è da stabilire tra quante pompe sia opportuno dividere la portata stessa. A parità di portata sollevata,

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	22 di 43

fra due possibili impianti, quello con il maggior numero di pompe risulta generalmente più costoso, col vantaggio, però, di avere una mandata più regolare e di poter corrispondere al fabbisogno in maniera più puntuale. Gli impianti devono inoltre essere provvisti di almeno una pompa di riserva con caratteristiche pari alla pompa che solleva la maggiore portata.

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

5.5.6 Embrici

Le acque afferenti alla 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 gli 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.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. A

6 RETE DI SMALTIMENTO PIATTAFORMA

6.1 Inquadramento generale dell'area

Gli interventi consistono principalmente nella realizzazione di:

- tratto di nuova linea AV/AC Milano Venezia;
- interventi puntuali di modifica di tracciato delle linee Milano Venezia storica e Verona-Brennero;
- interventi nell'ambito delle stazioni di Verona Porta Nuova e Verona Porta vescovo;
- nuovo scalo in località Cason;
- traversata;
- modifica del tracciato dei raccordi che da bivio S. Massimo, Quadrante Europa e bivio S. Lucia si dirigono verso Verona Porta Nuova scalo;
- dismissione dello scalo di Verona Porta Nuova.

I limiti degli interventi relativi al tracciato ferroviario sulla direttrice Ovest-Est sono i seguenti:

- Lato Ovest - Km 154+046.48 (BP) linea AV/AC MI-VE ; Km 145+815.25 linea storica MI-VE (BP);
- Lato Est - Km 160+722.99 linea AV/AC MI-VE (BP); Km 151+396.08 linea storica MI-VE (BP).
- Lato Est - Km 161+200.03 linea AV/AC MI-VE (BD); Km 151+881.77 linea storica MI-VE (BP).

Il nuovo scalo sarà collegato alla linea indipendente merci al km 2+910.46 dal binario dispari e al km 2+923.00 dal binario pari in prossimità dei Km 151+474 e 151+487 della linea AV/AC (BP) (km 142+243 e 143+255 attuale linea MI-VE storica).

La nuova traversata collegherà il binario pari della linea AV/AC al km 152+666.81 e terminerà sul binario dispari della attuale linea MI-VE storica al km 144+332.69 (BP)

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 83 m circa s.l.m. in corrispondenza dello scalo Cason, ai 60 m s.l.m. circa delle aree limitrofe alla stazione di Port Nuova, per poi raggiungere quota 56 m s.l.m. in prossimità della stazione di Porta Vescovo.

6.2 Opere di drenaggio idraulico

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

- fossi drenanti, che raccolgono direttamente i deflussi provenienti dalla piattaforma a loro prossima e provvedono al loro smaltimento nel terreno.;
- canali a pelo libero a sezione rettangolare, che raccolgono e convogliano le acque di piattaforma verso le vasche disperdenti, canalette con bauletto disperdente;
- canali a pelo libero a sezione rettangolare aperte sul fondo e con bauletto drenante sottostante;
- collettori trasversali all'asse ferroviario, necessari per convogliare le acque proveniente dai due lati della piattaforma;
- discendenti verticali, necessari per convogliare le acque raccolte dai canali a pelo libero posti in testa ai muri, ai canali posti ai piedi dei muri stessi;
- vasche disperdenti a cielo aperto, nelle quali vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche;

- Vasca di laminazione e stazione di sollevamento presso via Fedrigoni, con la funzione di laminare le acque di piattaforma e recapitarle in Adige.

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 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:

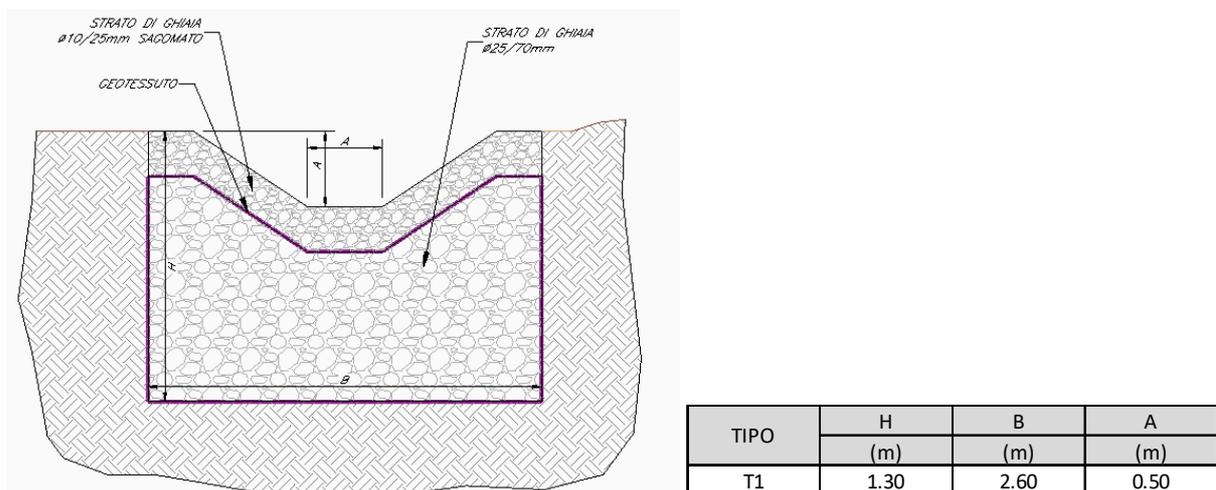


Figura 7: Sezione tipica e tabella dimensionale di un fosso drenante

Tali fossi sono stati posizionati, laddove possibile, a lato della piattaforma ferroviaria al piede dei tratti in rilevato, 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:

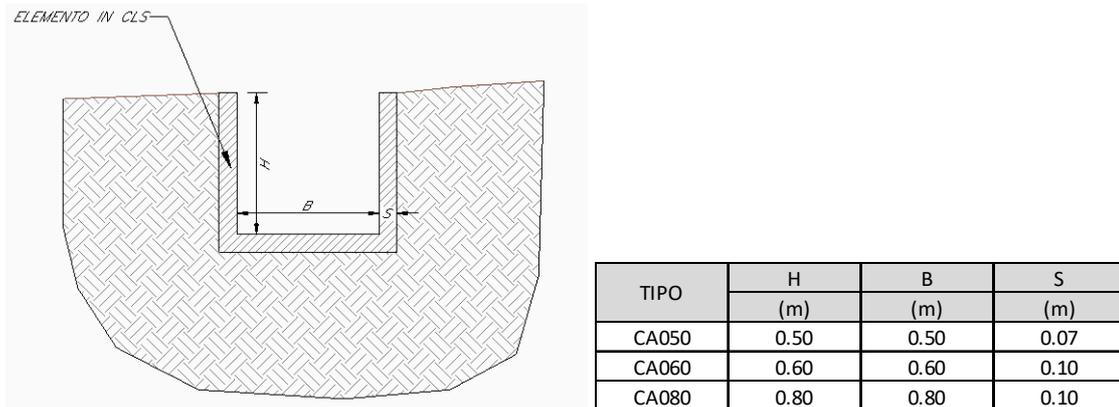


Figura 8: Sezione tipologica e tabella dimensionale dei canali a pelo libero

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

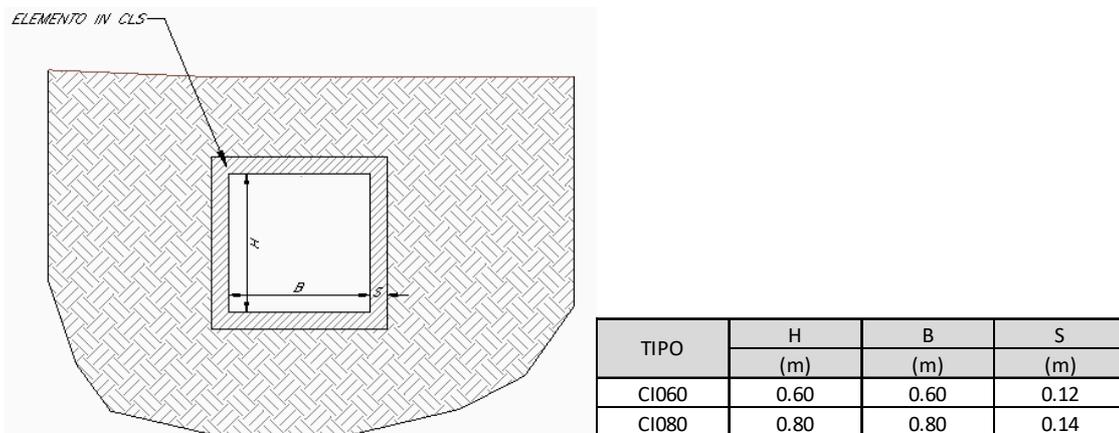


Figura 9: Sezione tipologica e tabella dimensionale dei canali interrati

4. Canali prefabbricati in cls a pelo libero, a sezione quadrata, con bauletto disperdente.

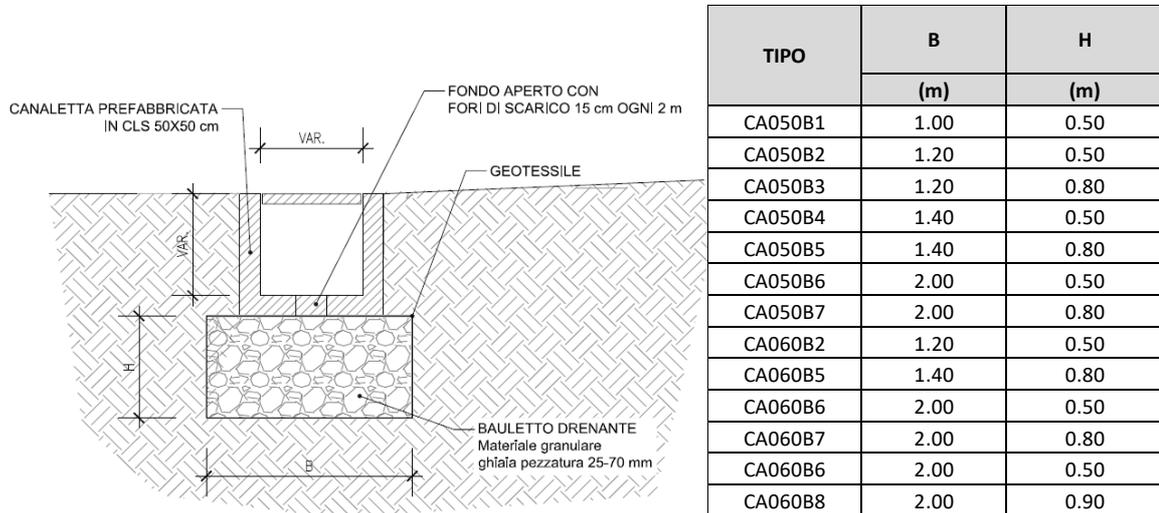


Figura 10: Sezione tipologica e tabella dimensionale dei bauletti disperdenti

5. Collettori trasversali, con bauletto in cls, con dimensioni variabili come da figura seguente

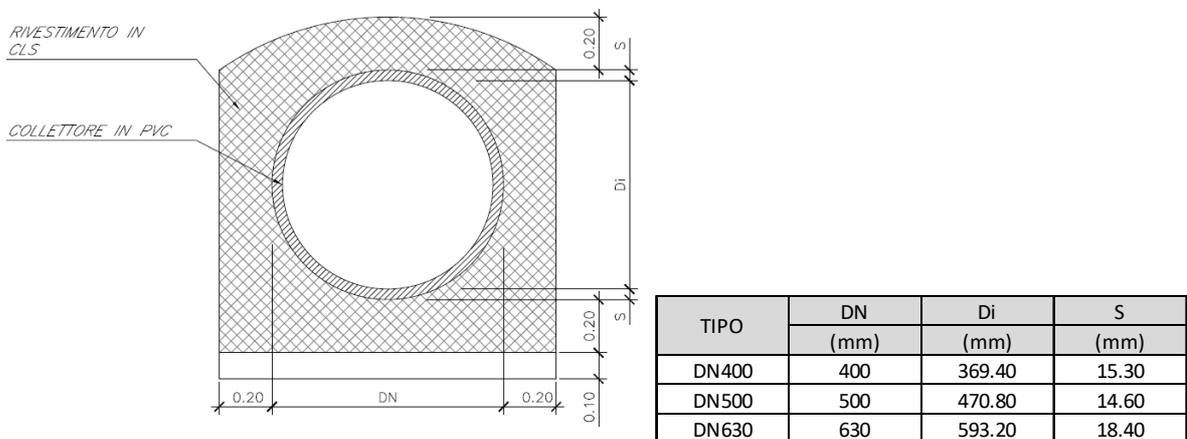


Figura 11: Sezione tipologica e tabella dimensionale dei bauletti disperdenti

6. Discendenti verticali in PVC, DN 200 mm
7. Vasca disperdente a cielo aperto, con superficie 420 m², profondità 0.45 m e sponde con scarpa 1/1.
8. Vasca di laminazione in via Fedrigoni e stazione di pompaggio attrezzata con 1+1 pompe sommerse con portata 7 l/s e potenza 0.75 kW.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. A

In generale, in considerazione degli esigui spazi disponibili per la realizzazione di vasche disperdenti, si è cercato di utilizzare il più possibile sistemi di smaltimento delle acque continui, e quindi fossi drenanti e canalette con bauletti filtranti posti al di sotto delle stesse.

Relativamente agli interventi previsti presso la stazione di Porta Vescovo, si segnala che nelle aree esterne alla linea AV è prevista la posa del ballast direttamente sullo strato di supercompattato, quindi senza la posa di sub-ballast; in questa area non è pertanto prevista la realizzazione della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche. La rete di raccolta è stata sviluppata solo per la superficie di ingombro dei binari della linea AV.

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.

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 Canalette in cls 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 della stazione Porta Nuova, della vicinanza del quadrante Europa e del futuro scalo merci Cason, dell'assenza di punti di recapito delle acque superficiali, è stato possibile sviluppare il sistema di smaltimento delle acque meteoriche con canali a pelo libero solo per modeste superfici, e comunque solo per le zone ove non fosse possibile la realizzazione di manufatti con bauletti disperdenti.

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

- Lato binario in cui è posizionata la canaletta
- Progressiva di inizio e di fine del tratto di canaletta
- ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- Superficie scolante cumulata per il tratto di canaletta (m²)
- Lunghezza del tratto di canaletta (m)
- Pendenza longitudinale (%)
- Tempo di corrivazione (min)
- Portata di progetto (m³/s)
- Tipologia di canaletta (cfr. par. 6.2.1)
- Grado di riempimento del tratto in esame (%)

Linea	Lato binario	Progressiva iniziale	Progressiva finale	ϕ medio	Superficie scolante cumulata	Lunghezza tratto canaletta	Pendenza longitudinale	Tempo di corrivazione	Portata di progetto	Tipo canaletta rettangolare aperta	Grado di riempimento
		(m)	(m)		(m ²)	(m)					
AV/AC - MI-VE	Pari	154,577	154,710	0.95	693.89	133.44	0.74	10.06	0.04	CA050	17%
AV/AC - MI-VE	Pari	155,040	155,128	0.95	488.40	88.00	1.50	8.14	0.03	CA050	19%
AV/AC - MI-VE	Pari	155,200	155,250	0.81	1603.00	50.00	7.86	5.68	0.09	CA050	13%
AV/AC - MI-VE	Pari	155,372	155,250	0.83	1098.00	122.00	5.15	7.49	0.06	CA050	12%
AV/AC - MI-VE	Dispari	157,303	157,603	0.95	1935.00	300.00	0.67	12.42	0.09	CA050	32%
AV/AC - MI-VE	Dispari	157,603	157,734	0.95	831.85	131.00	0.20	12.36	0.04	CA050	27%
AV/AC - MI-VE	Pari	157,273	157,603	0.95	2095.50	330.00	0.65	12.76	0.10	CA050	35%
AV/AC - MI-VE	Pari	157,603	157,734	0.95	831.85	131.00	0.20	14.59	0.04	CA050	27%
AV/AC - MI-VE	Dispari	157,966	158,264	0.88	2331.85	298.00	0.40	13.75	0.10	CA050	41%
AV/AC - MI-VE	Dispari	158,278	158,613	0.87	2668.28	335.00	0.40	14.20	0.11	CA050	44%
AV/AC - MI-VE	Dispari	158,613	158,825	0.84	1827.44	212.00	0.38	12.91	0.08	CA050	34%
AV/AC - MI-VE	Pari	157,966	158,265	0.95	1913.60	299.00	0.46	13.18	0.09	CA050	36%
AV/AC - MI-VE	Pari	158,278	158,613	0.76	3758.70	335.00	2.01	11.34	0.15	CA050	31%
AV/AC - MI-VE	Pari	158,613	158,825	0.69	3339.00	212.00	0.20	15.06	0.11	CA050	56%
AV/AC - MI-VE	Dispari	158,825	159,101	0.95	1766.40	276.00	0.34	13.57	0.08	CA050	38%
AV/AC - MI-VE	Pari	158,825	159,101	0.71	3712.20	276.00	0.31	14.86	0.12	CA050	54%
AV/AC - MI-VE	Dispari	159,101	159,204	0.95	659.20	103.00	0.36	10.62	0.03	CA050	20%
AV/AC - MI-VE	Pari	159,101	159,204	0.88	1570.75	103.00	5.39	7.03	0.09	CA050	16%
AV/AC - MI-VE	Dispari	159,216	159,426	0.95	1344.00	210.00	0.30	12.94	0.06	CA050	33%
AV/AC - MI-VE	Pari	159,216	159,426	0.95	1333.50	210.00	0.30	12.94	0.06	CA050	33%
Raccordo QE-VR PN	Dispari	1,339	1,680	0.95	1546.44	294.00	1.13	11.37	0.08	CA050	24%
Raccordo QE-VR PN	Pari	1,339	1,680	0.95	1546.44	294.00	1.13	11.37	0.08	CA050	27%
Raccordo QE-VR PN	Pari	2,000	2,118	0.95	725.70	118.00	0.04	15.45	0.03	CA050	44%
Bivio S. Lucia - Verona P.N.	Dispari	1,218	1,348	0.85	1053.00	130.00	0.90	9.98	0.05	CA050	19%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	1,384	1,240	0.95	790.68	143.24	0.01	19.33	0.03	CA050	69%

Tabella 6: Principali risultati dimensionamento canalette in cls a pelo libero

6.3.2 Canalette in cls interrante

Il dimensionamento delle canalette in cls interrante è stato eseguito come per le canalette scoperte (cfr. par. 6.3.1). Nella tabella riportata di seguito vengono indicate le seguenti grandezze per ogni elemento idraulico:

- Lato binario in cui è posizionata la canaletta
- Progressiva di inizio e di fine del tratto di canaletta
- ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- Superficie scolante cumulata per il tratto di canaletta (m²)
- Lunghezza del tratto di canaletta (m)
- Pendenza longitudinale (%)
- Tempo di corrivazione (min)
- Portata di progetto (m³/s)
- Tipologia di canaletta (cfr. par. 6.2.1)
- Grado di riempimento del tratto in esame (%)

Linea	Lato binario	Progressiva iniziale	Progressiva finale	ϕ medio	Superficie scolante cumulata	Lunghezza tratto canaletta	Pendenza longitudinale	Tempo di corrivazione	Portata di progetto	Tipo canaletta rettangolare aperta	Grado di riempimento
		(m)	(m)	-	(m ²)	(m)	(%)	(min)	(m ³ /s)	-	(%)
AV/AC - MI-VE	Binario pari	157,603	157,603	0.95	5694.20	143.00	3.80	10.50	0.30	CI060	28%

Tabella 7: Principali risultati dimensionamento canalette in cls interrattate

6.3.3 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.

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

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

- Denominazione fosso
- Tipologia del fosso (codifica variabile in funzione delle dimensioni indicate nel par. 6.2.1)
- Lunghezza del tratto di fosso (m)
- ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- Superficie scolante cumulata per il tratto di fosso (m²)
- Permeabilità del terreno (m/s)
- Tempo di pioggia critica (min)
- Altezza di pioggia critica (mm)
- Tirante idrico nel fosso misurato a partire dal fondo dello strato drenante (m)
- 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 fosso	Lunghezza fosso	ϕ medio	Superficie scolante cumulata	Permeabilità del terreno	Tempo di picco	Altezza di pioggia critica	Tirante idrico nel fosso	Riempimento utile
		(m)	(-)	(m ²)	(m/s)	(minuti)	(mm)	(m)	(%)
1A	T1	305	0.70	4,358	1.86E-04	15	41.73	0.26	26%
1BIS	T1	260	0.83	2,278	1.86E-04	10	33.48	0.12	12%
2A	T1	183	0.86	2,394	1.86E-04	20	48.782	0.33	33%
2BIS	T1	260	0.83	2,279	1.86E-04	10	33.48	0.12	12%
SCALO CASON	T1	873	0.82	7,874	1.82E-04	10	33.48	0.13	13%

Tabella 8: Principali risultati del dimensionamento dei fossi drenanti

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	30 di 43

6.3.4 Bauletti disperdenti

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

Gli schemi tipologici dei bauletti disperdenti impiegati sono mostrati nel par.6.2.1.

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

- Lato binario in cui è posizionato il bauletto
- Progressiva di inizio e di fine del tratto di bauletto
- Tipologia di bauletto (codifica variabile in funzione delle dimensioni indicate nel par. 6.2.1)
- ϕ medio = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- Area sottesa = area scolante afferente a ciascun elemento drenante
- L = lunghezza del tratto di bauletto
- k = permeabilità del terreno
- t_p critico = tempo di pioggia critico
- h_p critica = altezza di pioggia critica
- $h_{bauletto}$ = tirante idrico del bauletto misurato a partire dal fondo dello strato drenante
- % riempimento utile = grado di riempimento del bauletto, ossia rapporto tra il tirante idrico del fosso e l'altezza complessiva dello stesso (H+Y). Nel caso dei bauletti, non è stato considerato un franco di 30 cm, come invece fatto per i fossi, per limitare le profondità di scavo.

Linea	Lato binario	Progressiva iniziale (m)	Progressiva finale (m)	Tipo bauletto	ϕ medio (-)	Superficie scolante cumulata (m ²)	Lunghezza bauletto (m)	Permeabilità del terreno (m/s)	Tempo di picco (minuti)	Altezza di pioggia critica (mm)	Tirante idrico nel bauletto (m)	Riempimento utile (%)
Raccordo QE-VR P.N.	Dispari	1,690	1,946	CA050B2	0,95	3469,00	256,00	5,03E-04	10	33,48	0,29	58%
Raccordo QE-VR P.N.	Pari	1,690	1,823	CA060B7	0,85	3023,60	132,60	5,03E-04	15	41,73	0,60	75%
Raccordo QE-VR P.N.	Dispari	1,995	2,376	CA050B2	0,95	2247,90	381,00	3,45E-04	10	33,48	0,18	36%
Raccordo QE-VR P.N.	Dispari	2,390	2,623	CA050B4	0,95	1374,70	233,00	1,91E-04	20	48,78	0,28	56%
Raccordo QE-VR P.N.	Pari	2,079	2,390	CA050B2	0,95	2650,79	311,00	3,45E-04	10	33,48	0,30	60%
Raccordo QE-VR P.N.	Pari	2,390	2,623	CA050B2	0,95	1442,27	233,00	1,91E-04	30	60,80	0,42	84%
Raccordo QE-VR P.N.	Dispari	2,988	2,813	CA050B2	0,95	1026,00	171,00	7,46E-04	2	13,97	0,08	16%
Raccordo QE-VR P.N.	Dispari	3,055	2,988	CA050B2	0,95	972,00	162,00	7,46E-04	2	13,97	0,08	16%
Raccordo QE-VR P.N.	Pari	2,907	2,813	CA050B2	0,85	748,80	90,00	7,46E-04	3	17,41	0,12	24%
Raccordo QE-VR P.N.	Pari	3,218	2,907	CA050B2	0,85	2595,84	312,00	7,46E-04	3	17,41	0,12	24%
Raccordo QE-VR P.N.	Dispari	3,110	3,492	CA050B2	0,95	2301,55	382,00	7,46E-04	2	13,97	0,08	16%
Raccordo QE-VR P.N.	Pari	3,110	3,492	CA050B2	0,92	2832,53	382,00	7,46E-04	3	17,41	0,11	22%
Raccordo QE-VR P.N.	Dispari	3,492	3,806	CA050B2	0,95	1993,90	314,00	7,46E-04	3	17,41	0,08	16%
Raccordo QE-VR P.N.	Pari	3,492	3,806	CA050B2	0,92	2832,53	314,00	7,46E-04	3	17,41	0,11	22%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Dispari	1,484	1,240	CA050B1	0,95	1688,09	243,24	5,03E-04	5	22,98	0,25	50%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	1,484	1,384	CA050B1	0,95	552,00	100,00	5,03E-04	5	22,98	0,15	30%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Dispari	1,240	1,100	CA050B1	0,95	998,88	140,49	5,03E-04	5	22,98	0,27	54%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	1,240	1,100	CA050B1	0,95	1514,21	140,49	5,03E-04	5	22,98	0,16	32%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Dispari	1,100	1,026	CA050B1	0,80	721,93	74,12	5,03E-04	10	33,48	0,37	74%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	1,100	1,026	CA050B1	0,70	1078,45	74,12	5,03E-04	10	33,48	0,46	92%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Dispari	969	1,100	CA050B1	0,76	1599,72	130,91	5,03E-04	10	33,48	0,36	72%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	969	1,100	CA050B1	0,95	913,75	130,91	5,03E-04	5	22,98	0,26	52%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Dispari	1,484	1,795	CA050B1	0,88	2393,67	311,27	3,45E-04	5	22,98	0,20	40%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	1,484	1,795	CA050B1	0,89	2362,54	311,27	3,45E-04	5	22,98	0,20	40%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Dispari	1,806	2,180	CA050B1	0,88	2877,14	374,14	3,45E-04	5	22,98	0,20	40%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	1,806	2,180	CA050B1	0,89	2839,72	374,14	3,45E-04	5	22,98	0,19	38%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Dispari	2,526	2,180	CA050B1	0,80	2546,78	345,56	3,45E-04	10	33,48	0,13	26%
Raccordo S.Massimo - VR P.N.	Pari	2,526	2,180	CA050B1	0,87	2024,98	345,56	3,45E-04	5	22,98	0,11	22%
Bivio S.Lucia - Verona P.N.	Pari	1,218	1,348	CA050B1	0,89	1872,00	130,00	5,03E-04	10	33,48	0,50	100%

Tabella 10: Principali risultati del dimensionamento dei bauletti disperdenti – LineaQE VR P.N., S.Massimo VR P.N. e S.Lucia VR-P.N.

Linea	Lato binario	Progressiva		Tipo bauletto	ϕ medio (-)	Superficie scolante cumulata (m ²)	Lunghezza bauletto (m)	Permeabilità del terreno (m/s)	Tempo di picco (minuti)	Altezza di pioggia critica (mm)	Tirante idrico nel bauletto (m)	Riempimento utile (%)
		iniziale (m)	finale (m)									
Scalo Cason	Nord	0	137	CA05087	0,90	1072,51	137,15	8,58E-05	70	96,31	0,53	66%
Scalo Cason	Sud	92	137	CA05086	0,86	302,27	45,25	8,58E-05	60	88,58	0,40	80%
Scalo Cason	Nord	137	472	CA05086	0,83	3202,03	334,59	1,41E-04	35	66,10	0,38	76%
Scalo Cason	Sud	137	472	CA05086	0,85	3456,31	334,59	1,41E-04	40	71,08	0,47	94%
Scalo Cason	Nord	472	950	CA05087	0,84	5633,90	478,26	1,41E-04	55	84,49	0,62	78%
Scalo Cason	Sud	472	950	CA05087	0,85	5916,08	478,26	1,41E-04	55	84,49	0,71	89%
Scalo Cason	Nord	950	1,244	CA05086	0,93	2781,42	294,33	1,41E-04	40	71,08	0,47	94%
Scalo Cason	Sud	950	1,244	CA05086	0,94	2707,84	294,33	1,41E-04	35	66,10	0,46	92%
Scalo Cason	Nord	1,244	1,527	CA05086	0,83	2590,54	282,81	1,41E-04	30	60,80	0,35	70%
Scalo Cason	Sud	1,244	1,527	CA05086	0,82	2457,62	282,81	1,41E-04	25	55,07	0,30	60%
Scalo Cason	Canaletta centrale	1,748	1,949	CA05087	0,95	2482,35	201,00	1,82E-04	45	75,77	0,66	83%
Scalo Cason	Canaletta centrale	1,949	2,250	CA06087	0,89	4232,06	301,00	1,82E-04	50	80,23	0,76	95%
Scalo Cason	Canaletta centrale	2,250	2,400	CA05087	0,89	1927,50	150,00	1,38E-04	75	99,99	0,80	100%
Scalo Cason	Nord	2,400	2,569	CA05086	0,87	1368,90	169,00	1,38E-04	25	55,07	0,30	60%
Scalo Cason	Canaletta centrale	2,400	2,569	CA05087	0,90	2112,50	169,00	1,38E-04	70	96,31	0,78	98%
Scalo Cason	Sud	2,400	2,569	CA05085	0,71	1600,43	169,00	1,38E-04	50	80,23	0,59	74%

Tabella 11: Principali risultati del dimensionamento dei bauletti disperdenti – Scalo Cason

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	34 di 43

6.3.5 Collettori

I collettori sono realizzati per consentire il convogliamento delle portate da un lato all'altro dell'impronta ferroviaria. Il dimensionamento dei collettori è stato eseguito in accordo con la metodologia indicata nel par. 5.5.2; per i collettori è stata assunta una pendenza pari allo 0.2%.

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

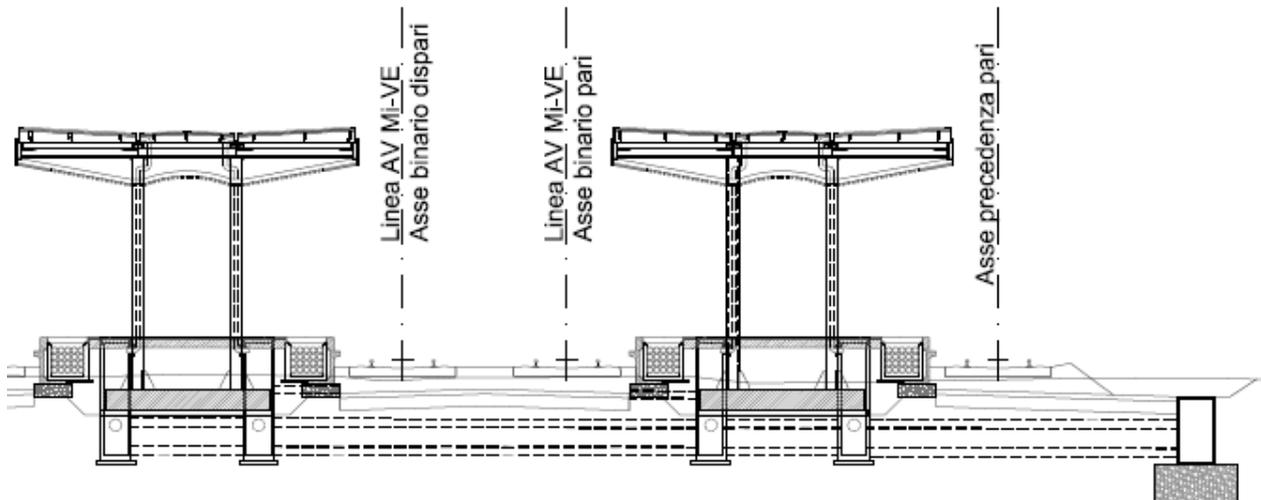
- Progressiva in cui è posizionato il collettore
- ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- Superficie scolante cumulata per il tratto di collettore (m²)
- Pendenza longitudinale del tratto di canaletta afferente al collettore (%)
- Tempo di corrivazione (min)
- Portata di progetto (m³/s)
- Tipologia di collettore (cfr. par. 6.2.1)
- Grado di riempimento del tratto in esame (%).

Linea	Progressiva	ϕ_{medio}	Superficie scolante	Pendenza	Tempo di corrivazione	Portata di progetto	Tipo collettore	Grado di riempimento
	(m)	-	(m ²)	(%)	(min)	(m ³ /s)		(%)
Bivio S. Lucia	1,348	0.89	1746.89	0.90	10.26	0.09	DN500	52%
AV/AC - MI-VE	157,603	0.95	2766.85	0.20	15.31	0.12	DN630	45%
AV/AC - MI-VE	158,264	0.88	2331.85	0.20	15.35	0.09	DN500	55%
AV/AC - MI-VE	158,264	0.91	4245.45	0.20	15.46	0.18	DN630	56%
AV/AC - MI-VE	158,450	0.87	1334.14	0.40	12.02	0.06	DN400	62%
AV/AC - MI-VE	158,609	0.87	1334.14	0.40	12.02	0.06	DN400	62%
AV/AC - MI-VE	158,717	0.84	913.72	0.38	10.94	0.04	DN400	50%
AV/AC - MI-VE	158,820	0.84	913.72	0.38	10.94	0.04	DN400	50%
AV/AC - MI-VE	158,960	0.95	883.20	0.34	11.49	0.04	DN400	52%
AV/AC - MI-VE	159,100	0.95	883.20	0.34	11.49	0.04	DN400	52%
AV/AC - MI-VE	159,206	0.95	659.20	0.36	10.62	0.03	DN400	45%
AV/AC - MI-VE	159,312	0.95	672.00	0.30	10.95	0.03	DN400	45%
AV/AC - MI-VE	159,426	0.95	672.00	0.30	10.95	0.03	DN400	45%

Tabella 12: Principali risultati del dimensionamento dei collettori

Nell'area della stazione di Porta Nuova è previsto un sistema di collettori per la raccolta ed il convogliamento delle portate provenienti dalla piattaforma ferroviaria e dalle pensiline poste a protezione delle banchine, con recapito nel bauletto drenante posato sul lato Sud del tracciato ferroviario.

Il sistema è costituito da collettori DN500 posizionati con interasse 45 m, che raccolgono le acque provenienti dalla piattaforma ferroviaria e dalle pensiline, e da collettori DN200 posti con interasse 15 m per la raccolta delle acque provenienti dalla piattaforma ferroviaria, con recapito nei collettori DN500, come indicato nella figura seguente


Figura 12: Stazione di Porta Nuova - Collettori

Nella tabella riportata di seguito vengono indicate le seguenti grandezze per la verifica dei collettori previsti nella stazione di Porta Nuova:

- ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- Superficie scolante cumulata (m²)
- Lunghezza tratto banchinato (m)
- Tempo di corrivazione (min)
- Portata di progetto (m³/s)
- Interasse di posa dei collettori (m)
- Tipologia di collettore (cfr. par. 6.2.1)
- Portata di verifica per ciascun collettore (m³/s)
- Grado di riempimento del tratto in esame (%).

Φ_{medio}	Superficie scolante	Lunghezza tratto banchina	Tempo corrivazione	Portata progetto	Interasse di progetto	DN	Portata di verifica collettore	Grado di riempimento
-	(m ²)	(m)	(min)	(m ³ /s)	(m)	(mm)	(m ³ /s)	(%)
0.98	12548.10	453.00	8.32	0.74	45	500	0.07	48%
0.95	46.67	453.00	5.00	0.21	15	200	0.01	53%

Tabella 13: Principali risultati del dimensionamento dei collettori nella stazione di Porta Nuova

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	36 di 43

6.3.6 Discendenti

I discendenti sono realizzati per consentire il convogliamento delle portate dalle canalette poste in testa ai muri alle canalette poste al piede degli stessi. Il dimensionamento dei discendenti è stato eseguito in accordo con la metodologia indicata nel par. 5.5.3.

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

- Tratto in cui sono ubicati i discendenti (progressiva iniziale e finale)
- ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio (cfr. valori di Tabella 3)
- Superficie scolante cumulata per il tratto di collettore (m^2)
- Pendenza longitudinale del tratto di canaletta afferente ai discendenti (%)
- Tempo di corrivazione (min)
- Portata di progetto (m^3/s)
- Portata massima smaltita da ciascun discendente, DN200 (cfr. par. 6.2.1)
- Interasse discendenti
- Portata massima smaltita da ciascun discendente (inferiore alla massima teorica)

Linea	Progressiva iniziale	Progressiva finale	ϕ_{medio}	Superficie scolante	Pendenza	Tempo di corrivazione	Portata di progetto	Portata massima discendente DN200	Interasse discendenti	Portata smaltita da ciascun discendente
	(m)	(m)	-	(m^2)	(%)	(min)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(m^3/s)
AV/AC - MI-VE	158,278	158,613	0.80	6426.98	0.40	14.47	0.24	0.07	55.83	0.04
AV/AC - MI-VE	158,613	158,825	0.74	5166.44	0.20	14.77	0.18	0.07	53.00	0.04
AV/AC - MI-VE	158,825	159,101	0.79	5478.60	0.34	14.24	0.21	0.07	55.20	0.04
AV/AC - MI-VE	159,101	159,204	0.90	2229.95	0.36	10.78	0.11	0.07	51.50	0.05
AV/AC - MI-VE	159,351	159,426	0.95	2677.50	0.30	12.94	0.13	0.07	52.50	0.03

Tabella 14: Principali risultati del dimensionamento dei discendenti

6.3.7 Vasche disperdenti

Nell'ambito della sede ferroviaria è prevista n. 1 vasca disperdente a cielo aperto, a servizio dei collettori di smaltimento descritti in precedenza. Al fine di sfruttare al meglio le superfici disponibili, la vasca è stata collocata in area di proprietà di RFI.

Nel dimensionare la vasca disperdente si è tenuto 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 della vasca sopra illustrata. Per ulteriori dettagli ed approfondimenti si rimanda agli elaborati grafici specifici di progetto.

Vasca disperdente n. 1

La vasca disperdente n. 1 sottende una superficie di circa 4,244 m² e ha una dimensione di 420 m², con un'altezza di 0.45 m e quota di imposta a 50.03 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 SD6 EST (5.84E-04 m/s).

Nella tabella seguente 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 10 minuti con un'altezza in vasca di 0.15 m.

Tempo	V pioggia	V dispersione vasca	V accumulo vasca	H vasca
(min)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)
5	88.89	35.04	53.85	0.13
10	129.52	70.08	59.44	0.15
15	161.42	105.12	56.30	0.14
20	188.71	140.16	48.55	0.12
25	213.02	175.20	37.82	0.09
30	235.19	210.24	24.95	0.06
35	255.72	245.28	10.44	0.03

Tabella 15: Principali risultati del dimensionamento della vasca n. 1

Di seguito si riporta il grafico dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

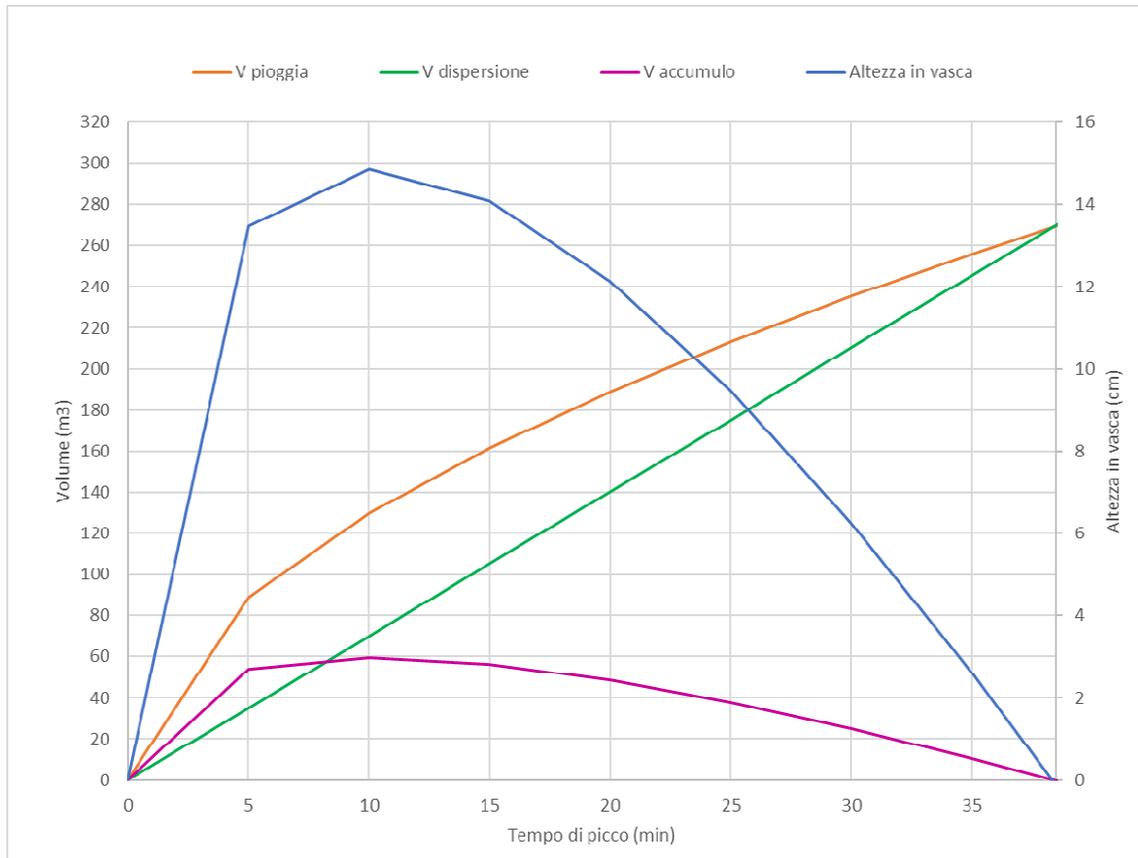


Figura 13: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita - Vasca dispersione n. 1

6.3.8 Stazione di sollevamento

Lungo l'intera sede ferroviaria è prevista un'unica vasca con stazione di sollevamento, ubicata in adiacenza a via Fedrigoni; in essa vengono conferite le acque meteoriche provenienti dalla piattaforma della linea A.V. tra la progressiva 157,273 e la progressiva 157,734, che da qui vengono inviate, tramite collettore in pressione, al fiume Adige.

La vasca è realizzata in calcestruzzo e ha base pari a 800 m² e altezza 1.20 m. Nella tabella seguente 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 50 minuti con un'altezza in vasca di 0.61 m.

Tempo	V pioggia	V in uscita vasca	V accumulo vasca	H vasca
(min)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)
50	506.86	19.47	487.39	0.61
100	524.74	38.95	485.79	0.61
200	543.24	77.89	465.35	0.58
300	554.37	116.84	437.53	0.55
400	562.40	155.79	406.61	0.51
500	568.71	194.73	373.97	0.47
600	573.92	233.68	340.23	0.43
700	578.36	272.63	305.73	0.38
800	582.23	311.58	270.66	0.34
900	585.67	350.52	235.15	0.29
1000	588.76	389.47	199.29	0.25
1100	591.58	428.42	163.16	0.20
1200	594.16	467.36	126.79	0.16
1300	596.54	506.31	90.23	0.11
1400	598.75	545.26	53.50	0.07
1500	600.82	584.20	16.62	0.02

Tabella 16: Principali risultati del dimensionamento della Vasca n. 1

Di seguito si riporta il grafico dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

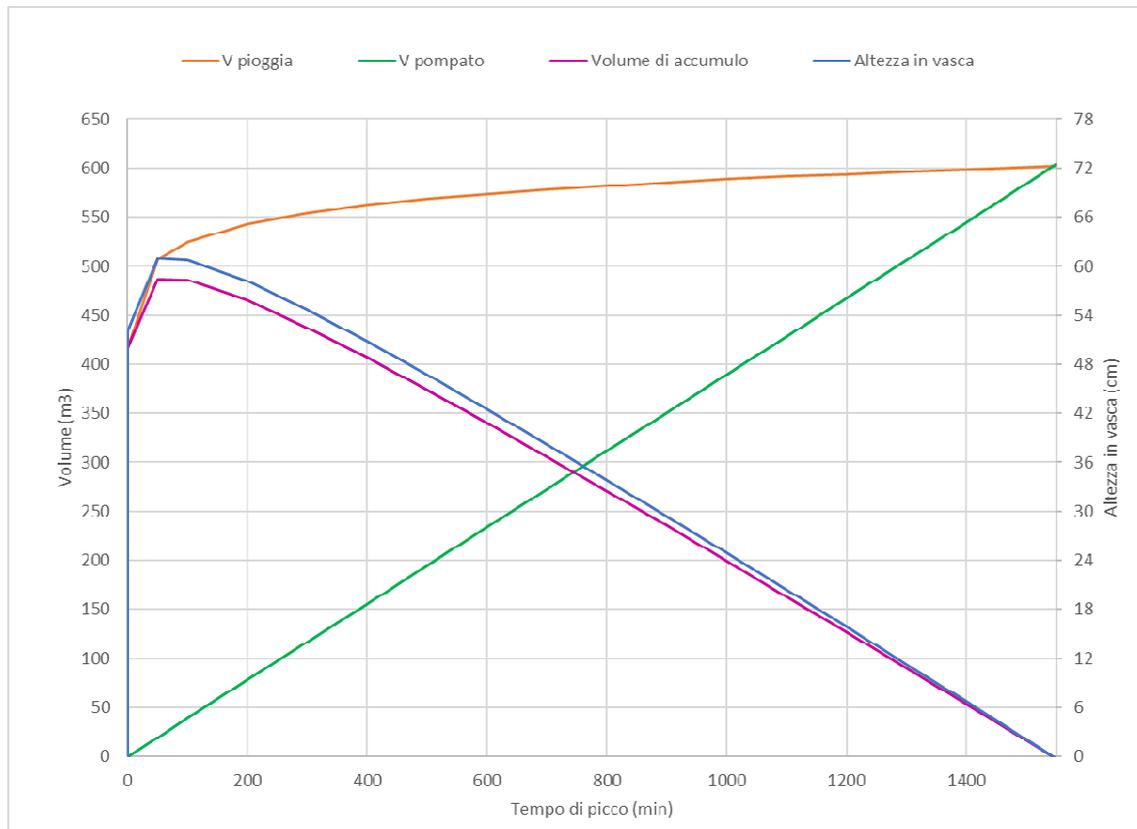


Figura 14: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita - Vasca via Fedrigoni



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

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	40 di 43

Nella stazione di sollevamento in oggetto si è previsto di posizionare n. 1 pompe (+1 con funzione di riserva), con portata 7 l/s e prevalenza 2.10 m. La tubazione di mandata ha diametro DN 125, classe PN16.

Il dislivello geodetico è stato definito considerando che la quota di fondo vasca è pari a 55.5 m l.s.m., e che lo scarico in Adige avvenga al livello di sommità dell'argine, pari indicativamente a 55.5 m s.l.m., per evitare che lo sbocco possa essere sommerso in casi di piena dell'Adige.

Dati impianto			
Dislivello geodetico	Δz	0.00	m
Diametro interno condotta premente	D	0.12	m
Lunghezza condotta premente	L	330	m
Portata singola pompa	Q_p	0.07	m ³ /s
Numero pompe	n	1 (+1)	
Dati cinematici			
Velocità	v	0.60	m/s
Perdite di carico			
Distribuite	ΔH_d	1.99	m
Concentrate	ΔH_c	0.06	m
Sbocco	ΔH_s	0.03	m
Prevalenza	H	2.08	m
Caratteristiche meccaniche			
Numero di avviamenti orari		5	
Caratteristiche elettropompa			
Potenza nominale	P	0.75	kW

Tabella 17: Principali risultati del dimensionamento della stazione di pompaggio presso via Fedrigoni

6.3.9 Embrici

Gli embrici sono collocati di norma lungo i rilevati ferroviari per accompagnare le acque scolanti sul sub-ballast verso il sistema di smaltimento. Di norma, il passo degli embrici è fissato in 10 m.

Si verifica di seguito la capacità di smaltimento degli embrici, tenuto conto della portata defluite 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).

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20	D26RI	ID 00 02 002	A	42 di 43

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 gli embrici risulta idonea a smaltire la portata di progetto.



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

RELAZIONE IDRAULICA DI DRENAGGIO E SMALTIMENTO DELLA SEDE FERROVIARIA	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26RI	DOCUMENTO ID 00 02 002	REV. A	FOGLIO 43 di 43
--	------------------	-------------	-------------------	---------------------------	-----------	--------------------

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 sono state elaborate 4 apposite tavole di progetto (IN1A20D26N5ID0002001A, IN1A20D26N5ID0002002A, IN1A20D26N5ID0002003A e IN1A20D26N5ID0002004A), 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.