

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

ID01 – IDROLOGIA E IDRAULICA

RELAZIONE DI SMALTIMENTO IDRAULICO

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 1 0 2    0 0 3    A

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

File: IN1010D26RIID0102003A

n. Elab.:

| TITOLO ELABORATO | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|------------------|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
|                  | IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 2 di 78 |

## INDICE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | PREMESSA .....                                      | 5  |
| 1.1   | OGGETTO SPECIFICO DELLA RELAZIONE .....             | 5  |
| 2     | RIFERIMENTI NORMATIVI .....                         | 7  |
| 3     | RIFERIMENTI PROGETTUALI .....                       | 9  |
| 4     | IDROLOGIA .....                                     | 10 |
| 4.1   | ANALISI PLUVIOMETRICA .....                         | 10 |
| 4.2   | TEMPO DI RITORNO DI PROGETTO .....                  | 11 |
| 4.3   | PORTATE DI PROGETTO .....                           | 11 |
| 4.3.1 | <i>Il metodo razionale (o cinematico)</i> .....     | 11 |
| 4.3.2 | <i>Metodo dell'invaso lineare</i> .....             | 14 |
| 5     | SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE ..... | 16 |
| 5.1   | ASPETTI NORMATIVI .....                             | 16 |
| 5.2   | CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE .....                | 17 |
| 5.3   | ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI PROGETTO .....         | 19 |
| 5.4   | DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE IDRAULICHE .....   | 19 |
| 5.5   | CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....                    | 19 |
| 5.5.1 | <i>Caditoie a griglia ed a bocca di lupo</i> .....  | 19 |
| 5.5.2 | <i>Canalette rettangolari e trapezoidali</i> .....  | 21 |
| 5.5.3 | <i>Collettori di smaltimento</i> .....              | 21 |
| 5.5.4 | <i>Tubi in pressione</i> .....                      | 22 |
| 5.5.5 | <i>Stazioni di sollevamento</i> .....               | 22 |
| 5.5.6 | <i>Fossi e vasche disperdenti</i> .....             | 25 |
| 6     | VIA CARNIA .....                                    | 26 |
| 6.1   | INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....              | 26 |

| TITOLO ELABORATO | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|------------------|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
|                  | IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 3 di 78 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6.2   | OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO .....                 | 27 |
| 6.2.1 | <i>Descrizione del sistema di drenaggio</i> .....  | 29 |
| 6.2.2 | <i>Calcolo delle portate di piena</i> .....        | 30 |
| 6.3   | VERIFICHE IDRAULICHE.....                          | 30 |
| 6.3.1 | <i>Caditoie a griglia ed a bocca di lupo</i> ..... | 30 |
| 6.3.2 | <i>Collettori di smaltimento</i> .....             | 30 |
| 6.3.3 | <i>Stazioni di sollevamento</i> .....              | 33 |
| 6.3.4 | <i>Tubi in pressione</i> .....                     | 37 |
| 6.3.5 | <i>Fossi e vasche disperdenti</i> .....            | 38 |
| 7     | A22.....   | 43 |
| 7.1   | INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....             | 43 |
| 7.2   | OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO .....                 | 43 |
| 7.2.1 | <i>Descrizione del sistema di drenaggio</i> .....  | 45 |
| 7.2.2 | <i>Calcolo delle portate di piena</i> .....        | 46 |
| 7.3   | VERIFICHE IDRAULICHE.....                          | 46 |
| 7.3.1 | <i>Caditoie a griglia ed a bocca di lupo</i> ..... | 46 |
| 7.3.2 | <i>Collettori di smaltimento</i> .....             | 46 |
| 7.3.3 | <i>Fossi e vasche disperdenti</i> .....            | 49 |
| 7.3.4 | <i>Embrici</i> .....                               | 56 |
| 8     | VIA CASON .....                                    | 57 |
| 8.1   | INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....             | 57 |
| 8.2   | OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO .....                 | 58 |
| 8.2.1 | <i>Descrizione del sistema di drenaggio</i> .....  | 59 |
| 8.2.2 | <i>Calcolo delle portate di piena</i> .....        | 60 |
| 8.3   | VERIFICHE IDRAULICHE.....                          | 60 |
| 8.3.1 | <i>Caditoie a griglia ed a bocca di lupo</i> ..... | 60 |

|                  |          |       |          |              |      |         |
|------------------|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| TITOLO ELABORATO | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|                  | IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 4 di 78 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 8.3.2 | <i>Collettori di smaltimento</i> .....            | 60 |
| 8.3.3 | <i>Stazioni di sollevamento</i> .....             | 63 |
| 8.3.4 | <i>Tubi in pressione</i> .....                    | 65 |
| 8.3.5 | <i>Fossi e vasche disperdenti</i> .....           | 65 |
| 8.3.6 | <i>Embrici</i> .....                              | 70 |
| 9     | VIA FENILON (VIADOTTO).....                       | 71 |
| 9.1   | OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO .....                | 72 |
| 9.1.1 | <i>Descrizione del sistema di drenaggio</i> ..... | 73 |
| 9.1.2 | <i>Calcolo delle portate di piena</i> .....       | 74 |
| 9.2   | VERIFICHE IDRAULICHE.....                         | 74 |
| 9.2.1 | <i>Fossi e vasche disperdenti</i> .....           | 74 |
| 9.2.2 | <i>Embrici</i> .....                              | 78 |
| 10    | COMPATIBILITÀ IDRAULICA .....                     | 78 |

## 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 nuova viabilità stradale in progetto.



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

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 6 di 78 |

Le viabilità interessate dall'intervento sono via Carnia, via Cason, via Fenilon e l'Autostrada A22 Brennero-Modena. In particolare si riportano le caratteristiche tecniche e dimensionali della rete idrica, nonché le relative verifiche idrauliche delle condotte fognarie, delle stazioni di sollevamento e delle vasche a dispersione.

|   |   |          |       |              |           |         |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|---------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |         |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.    |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 7 di 78 |

## 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**

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 8 di 78 |

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”

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 9 di 78 |

### 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

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 10 di 78 |

## 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  $\alpha$  e  $u$  sono i due parametri che "adattano" la funzione alla particolare popolazione studiata.

I parametri  $\alpha$  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 contenute 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) e per le rete di drenaggio dell'A22;
- 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 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:

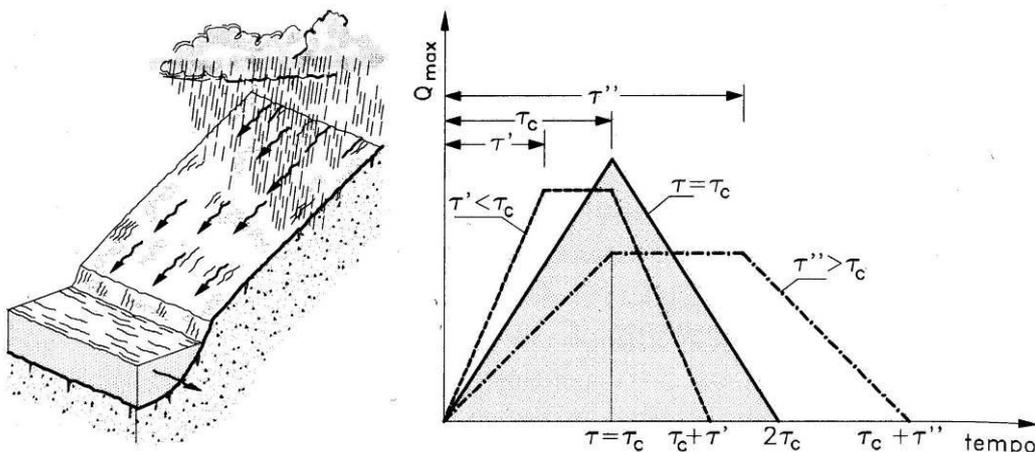
$$Q = \frac{\varphi \cdot h \cdot S}{\tau_c \cdot 3600 \cdot 1000} = \frac{\varphi \cdot i(\tau_c) \cdot S}{3600 \cdot 1000}$$

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;
- $\tau_c$  tempo di corrivazione [ore]
- $i$  intensità di pioggia (mm/h), data dal rapporto tra l'altezza di pioggia  $h$  ed il tempo di corrivazione  $\tau_c$  del bacino scolante;
- $\varphi$  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  $\tau_c$ : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo  $\tau_c$  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.

|  |   |          |       |              |           |          |
|--|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|  | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|  | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 13 di 78 |

Il tempo di corrivazione  $\tau_c$  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  $\tau_c$  si fa riferimento alla somma:

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

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

Il tempo di residenza in rete  $\tau_r$  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];
- $\varphi$     coefficiente di afflusso in fogna o di deflusso [m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup>];
- 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  $\varphi$ , 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 $\varphi$ |
|---|------------------------------------|
| 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.

|  |   |          |       |              |           |          |
|--|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|  | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|  | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 14 di 78 |

#### 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,  $\Phi$  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:

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

con  $k_s$  coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler. Il coefficiente  $\alpha$  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  $\Phi$ , 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  $\Phi$  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: <sup>(1)</sup>

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

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],  $\Phi$  è il coefficiente di deflusso e infine  $if$  è la pendenza media del collettore principale.

<sup>1</sup> 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

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 16 di 78 |

## 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.

## 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” |

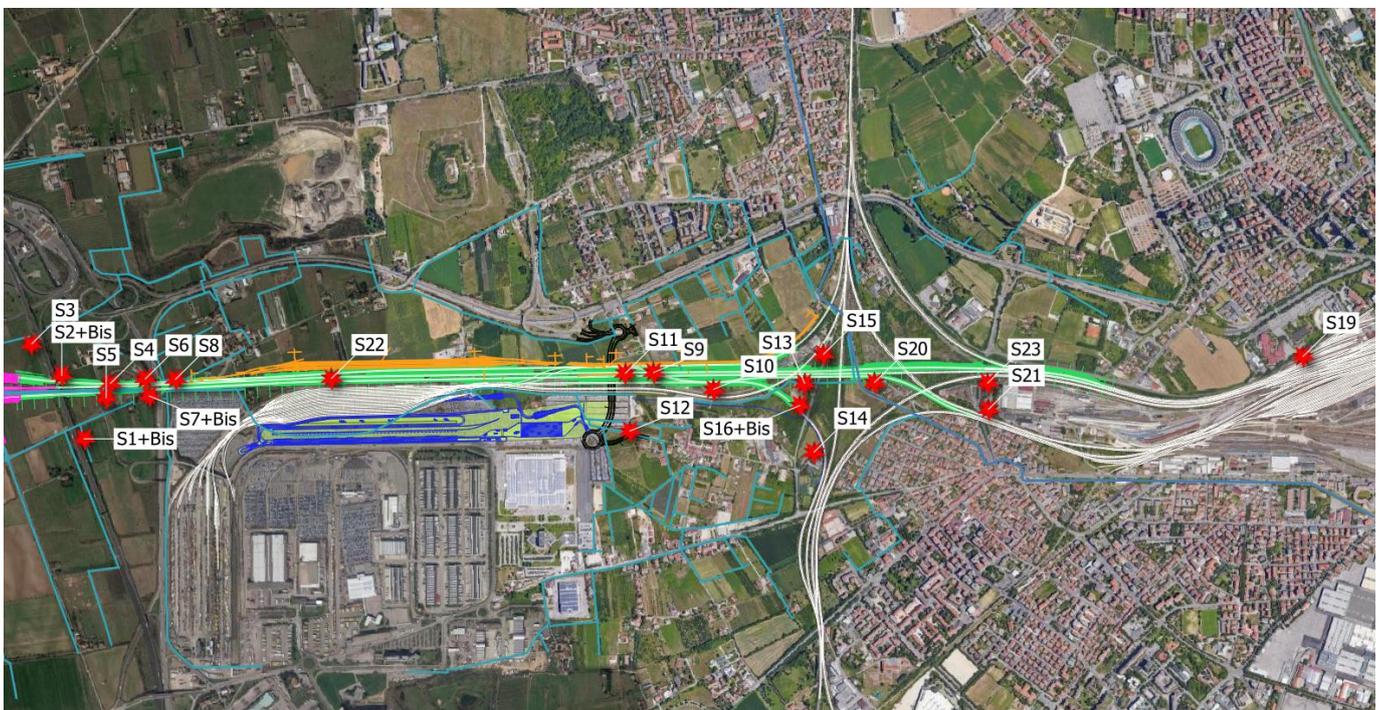
TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 18 di 78 |

|         |    |   |              |         |                           |
|---------|----|---|--------------|---------|---------------------------|
| 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/  | - 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 14: Ubicazione dei sondaggi effettuati nel corso della campagna geognostica Italferr 2020-2021**

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 19 di 78 |

### 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.
2. distribuito: fossi con fondo drenante o bauletti drenanti interrati con tubo di distribuzione fessurato.

### 5.4 Descrizione generale delle opere idrauliche

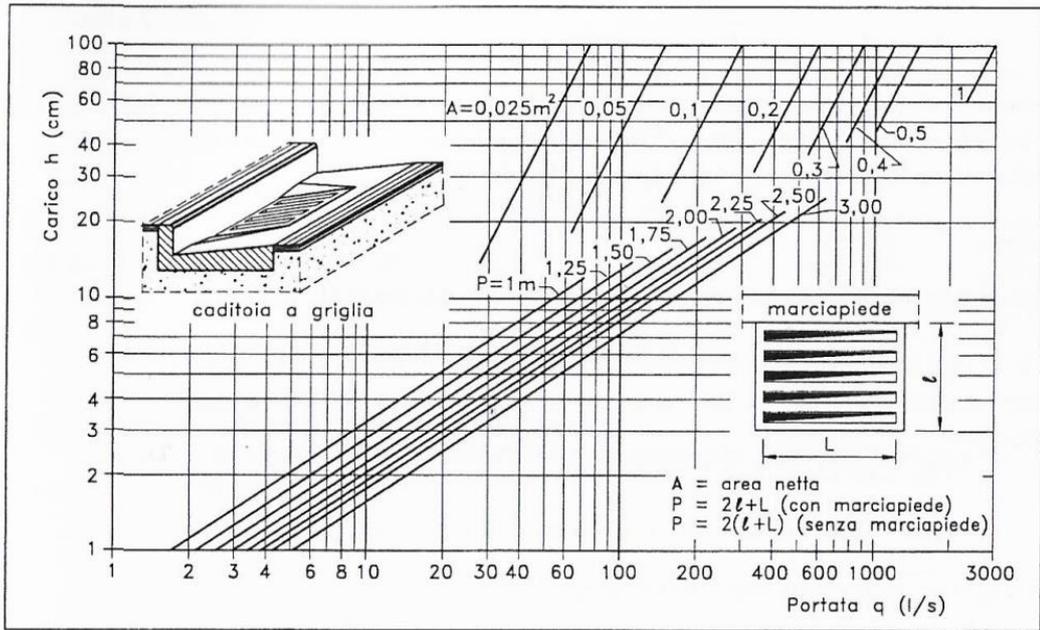
La rete di raccolta e smaltimento delle acque superficiali scolanti sulla piattaforma stradale in progetto è costituita dai seguenti elementi:

- canalette trapezoidali in c.a. e cunette “alla francese” in calcestruzzo per la raccolta ed il convogliamento delle acque della sede stradale;
- caditoie laterali a griglia ed a bocca di lupo, nelle quali vengono recapitate le acque raccolte da canalette o cunette;
- tubazioni interrate in PE per la raccolta delle acque meteoriche provenienti dalla sede stradale;
- fossi, bauletti e vasche disperdenti interrate, nelle quali vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche;
- vasche di sollevamento per la raccolta delle acque meteoriche ed il loro successivo recapito agli elementi disperdenti.

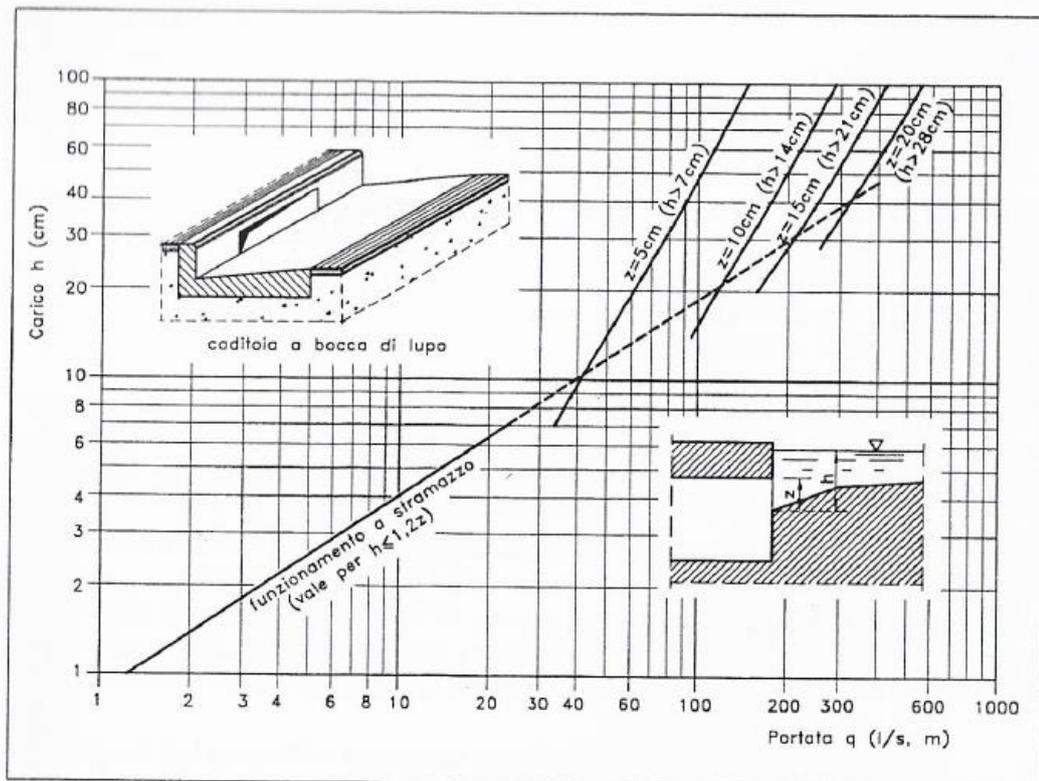
### 5.5 Criteri di dimensionamento

#### 5.5.1 Caditoie a griglia ed a bocca di lupo

Per la definizione degli interassi tra le due tipologie di caditoie laterali (a griglia ed a bocca di lupo) si sono utilizzati gli abachi di letteratura riportati di seguito.



**Figura 3: Abaco per il dimensionamento di una caditoia a griglia**



**Figura 4: Abaco per il dimensionamento di una caditoia a bocca di lupo**

|                  |          |       |          |              |      |          |
|------------------|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| TITOLO ELABORATO | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|                  | IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 21 di 78 |

### 5.5.2 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.

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%.

### 5.5.3 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].

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  $\theta$ ):

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

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

|  |   |          |       |              |           |          |
|--|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|  | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|  | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 22 di 78 |

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%.

#### 5.5.4 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;
- $\sum_i \frac{U_i^2 f_i L_i}{2g D_i}$  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.

#### 5.5.5 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  $V$

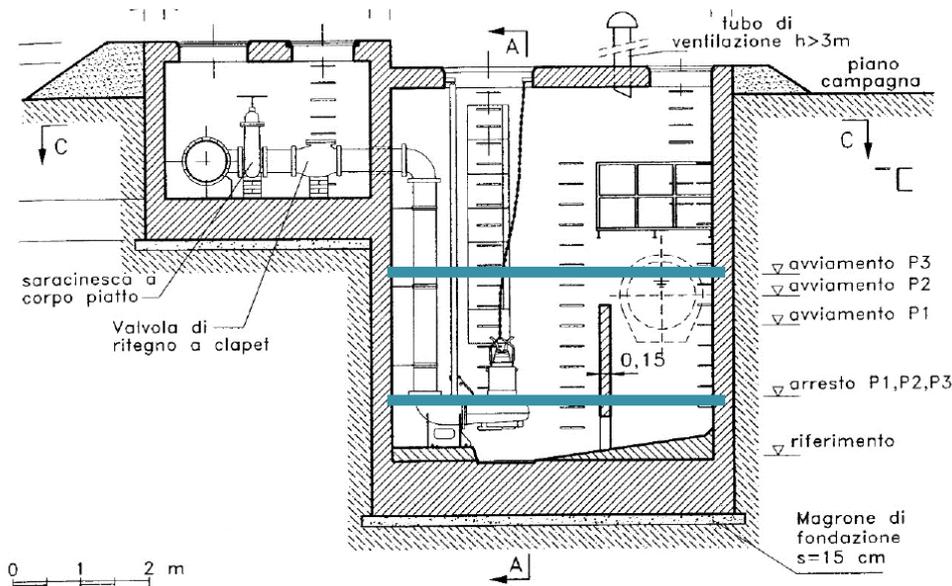
- definizione della geometria della vasca.

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  $h/D < 0.70$ ).

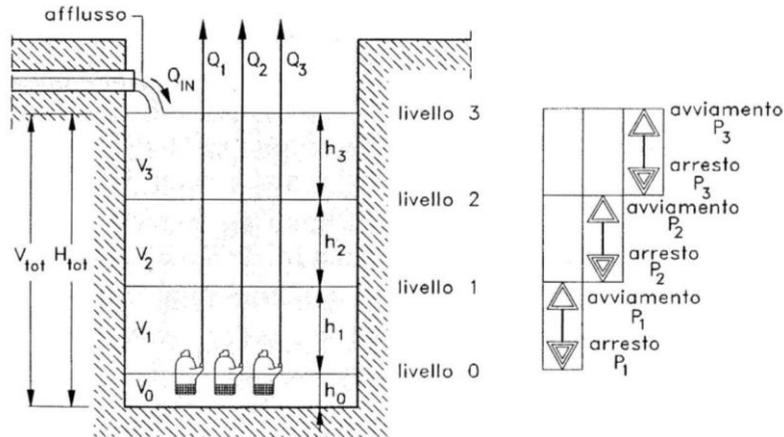


**Figura 5: Rappresentazione di volume morto, utile e di riserva**

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

#### Sequenza 1

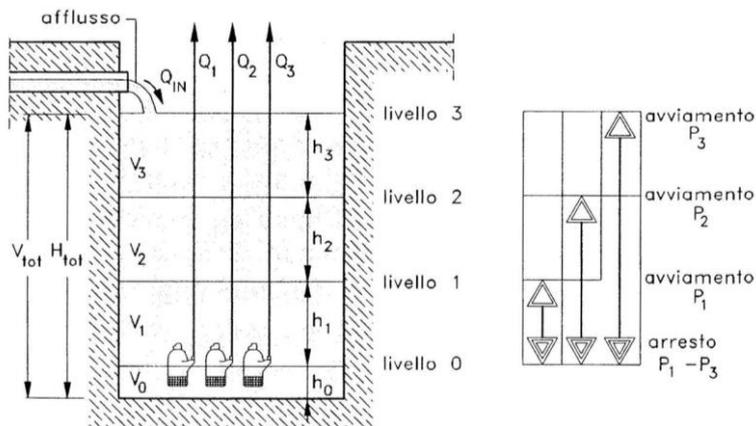
- Le pompe si avviano quando il livello nella vasca supera quello di arresto di quella che opera al livello superiore.
- Le pompe staccano quando il livello nella vasca scende al di sotto del livello di avviamento della pompa a cui compete la porzione di volume utile inferiore.
- Questa sequenza consente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



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

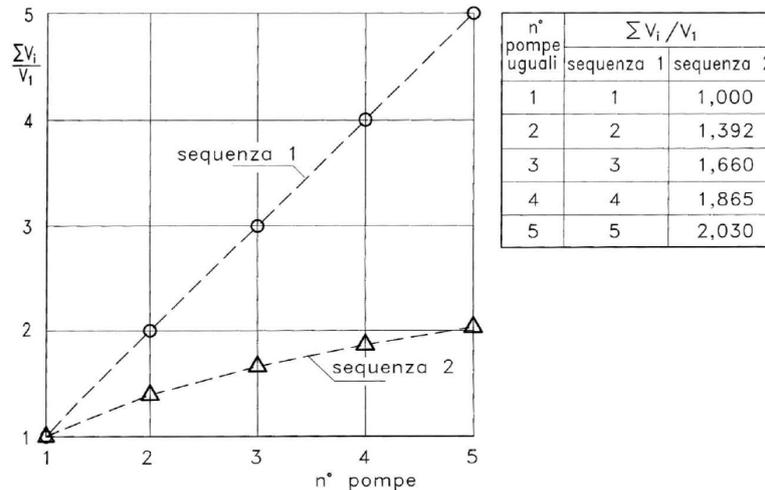
### Sequenza 2

- 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 7: Schematizzazione per attacchi e stacchi delle pompe - Sequenza 2**

Si riporta di seguito in Figura 8 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 8: 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.

### 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.

## 6 VIA CARNIA

### 6.1 Inquadramento generale dell'area

Via Carnia è una strada di quartiere che collega la zona sud-ovest del rione San Massimo con la località Fenilon, situata tra la parte meridionale della città di Verona e il polo intermodale “Quadrante Europa”. La carreggiata è a due corsie, una per senso di marcia, e si sviluppa con andamento NO-SE fino all'intersezione con la prima linea ferroviaria, per poi cambiare denominazione in via Fenilon e continuare con un andamento obbligato dalla presenza dei binari.



**Figura 9: Via Carnia, stato attuale**

Attualmente nella zona interessata dall'intervento è presente un tratto di linea storica a due binari e, a sud di questa, il fascio di binari che raccorda la linea da Bologna con quella per Milano. In questo tratto, via Carnia sottopassa i binari delle linee ferroviarie presenti tramite una serie di manufatti affiancati (ponti a travi incorporate) disposti in maniera tale da seguire l'andamento curvo della strada.

Nell'ambito del presente intervento è stato previsto l'adeguamento della viabilità di via Carnia alla nuova disposizione delle linee ferroviarie di progetto, anche nell'ottica di una crescente importanza strategica del polo logistico “Quadrante Europa”. Per tale motivo, data anche la prossimità allo svincolo “San Massimo” della

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 27 di 78 |

tangenziale, la nuova viabilità è stata prevista a quattro corsie, due per senso di marcia, per agevolare un più rapido ed efficiente accesso all'area.

Il progetto per l'adeguamento di via Carnia prevede la realizzazione di:

- una rotatoria in prossimità dello svincolo della tangenziale (“rotatoria nord”);
- un sottopassaggio costituito da una struttura scatolare in c.a., della lunghezza di circa 180 m;
- una rotatoria in prossimità del limite N-E del “Quadrante Europa” (“rotatoria sud”);
- una bretella di congiungimento tra la rotatoria nord e la rimanente parte di via Carnia;
- una bretella di collegamento tra la rotatoria sud e via Fenilon.

## 6.2 Opere di drenaggio idraulico

Dal punto di vista della sistemazione idraulica, per ciascuna delle opere sopra descritte è stato progettato un apposito sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, i cui principali elementi caratteristici sono di seguito descritti:

- due vasche disperdenti (una per rotatoria) nelle quali vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche;
- due sistemi di raccolta delle acque scolanti lungo le rampe del sottopassaggio, le quali vengono pompate verso le vasche disperdenti sopra descritte;
- un bauletto disperdente per il drenaggio delle acque meteoriche provenienti da via Fenilon;
- caditoie e cunette “alla francese” per la raccolta e il convogliamento delle acque della sede stradale;
- caditoie a bocca di lupo, nelle quali vengono recapitate le acque raccolte dalle cunette situate nella mezzeria tra le carreggiate;
- tubazioni interrato di raccolta delle acque della sede stradale, che trasportano le acque o direttamente nelle vasche disperdenti, o nelle stazioni di sollevamento;

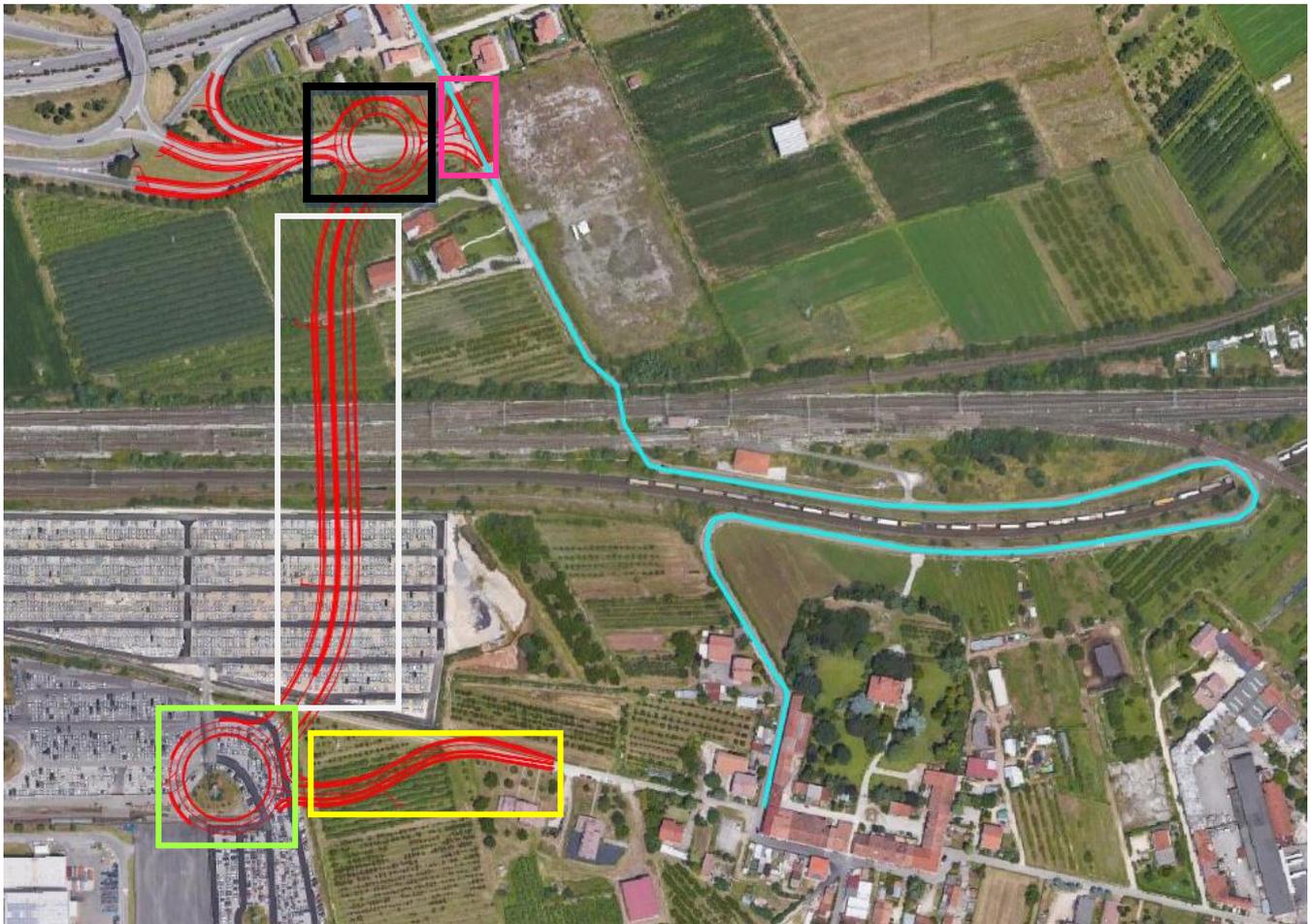
Nel presente documento vengono pertanto illustrati i calcoli svolti per la verifica delle opere di drenaggio connesse alla realizzazione del sottopassaggio.

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 50 anni.

L'area relativa all'intervento di adeguamento di via Carnia è suddivisibile, per una maggior chiarezza descrittiva, nelle seguenti zone, visibili anche in Figura 10:

1. “rotatoria nord”, evidenziata in nero nella figura sottostante. Nell'area a verde situata al centro verrà realizzata la vasca disperdente che servirà a drenare le acque provenienti dalla rotatoria stessa, dalla bretella di collegamento con via Carnia e dalla parte nord del sottopassaggio;
2. sottopassaggio costituito da una struttura scatolare in c.a. della lunghezza di circa 180 m, evidenziato in bianco;

3. “rotatoria sud”, evidenziata in verde nella figura sottostante. Come per la rotatoria nord, nell’area a verde situata al centro verrà realizzata la vasca disperdente che servirà a drenare la acque provenienti dalla rotatoria stessa e dalla parte sud del sottopassaggio;
4. bretella di collegamento tra “rotatoria nord” e la rimanente parte di via Carnia, in magenta;
5. bretella di collegamento tra “rotatoria sud” e via Fenilon, in giallo. In questa zona verrà realizzato il bauletto disperdente citato in precedenza, che drenerà le acque meteoriche della bretella.



**Figura 10: Via Carnia, stato attuale (in ciano) e stato di progetto (in rosso) con indicazione delle zone di intervento**

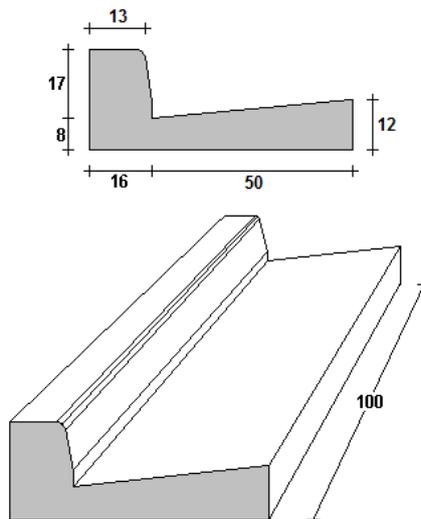
Nel paragrafo successivo vengono descritti i sistemi di drenaggio delle acque della sede stradale che sono stati individuati per l’allontanamento delle acque meteoriche stesse, costituiti da cunette alla francese, caditoie e tubazioni interrato.

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 stradale nei sistemi di smaltimento precedentemente descritti (vasche disperdenti), avviene attraverso diverse tipologie di manufatti idraulici prefabbricati, che vengono di seguito riportati:

1. Cunette “alla francese” per la raccolta delle acque della rampa sud del sottopassaggio. Si prevede l’utilizzo di manufatti prefabbricati di larghezza pari a 66 cm, come quelli riportati nella figura sottostante.



2. Caditoie in ghisa sferoidale D400, dimensioni 0,50x0,50m, da installare lungo la cunetta alla francese con un interasse di circa 25 metri e lungo la rampa nord del sottopassaggio con un interasse di circa 12,5 metri. L’area sottesa da ogni caditoia è variabile tra i 200 e i 350 m<sup>2</sup>.
3. Caditoie a bocca di lupo, da installare in prossimità dell’arrivo della canaletta rettangolare 0,50x0,15 nella canaletta grigliata agli ingressi dello scatolare.
4. Tubi in PVC di diametri variabili, utilizzati per il sistema di smaltimento delle acque raccolte dalle caditoie. Nel caso delle rotatorie nord e sud tali tubi convogliano i deflussi direttamente nelle rispettive vasche disperdenti, situate nell’area a verde nel centro della rotatoria, mentre nel caso del sottopassaggio essi trasferiscono le acque nelle rispettive vasche di sollevamento (una all’ingresso sud e una all’ingresso nord), da cui poi vengono pompate nelle relative vasche disperdenti. Il ricoprimento minimo delle tubazioni è stato posto pari a 60cm nei tratti sotto al marciapiede e alla ciclabile, e ad 80cm sotto strada.
5. Canaletta rettangolare in cls grigliata 0,35x0,31m, posizionata trasversalmente in corrispondenza degli ingressi nord e sud dello scatolare per evitare che anche una minima parte dell’acqua proveniente dalle rampe possa entrare in galleria. Essa sarà posizionata anche lungo la ciclabile in senso trasversale, sia sulle rampe di accesso al sottopasso, sia lungo via Fenilon.
6. Canaletta rettangolare in cls 0,50x0,15m, posizionata tra i sicurvias centrali lungo entrambe le rampe di accesso al sottopasso.
7. Pozzetti d’ispezione prefabbricati in cls vibrato, dimensioni interne variabili tra 0,80x0,80m e 1,20x1,20m, posizionati in corrispondenza delle caditoie e delle bocche di lupo.

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 30 di 78 |

8. Pozzetti di sedimentazione in c.a. gettato in opera, dimensioni interne 2,00x2,00m, posizionati prima delle vasche disperdenti nord e sud con l'obiettivo di impedire l'entrata di sedimenti nelle stesse.
9. Vasche disperdenti in materiale drenante con porosità minima 30% avvolto in geocomposito, area variabile, H=2,00m. La distribuzione delle acque di deflusso all'interno di dette vasche sarà realizzata tramite delle tubazioni fessurate, distinte in una tubazione in PEAD DE500 per la distribuzione longitudinale, e più tubazioni in PEAD DE200 per la distribuzione trasversale. Le due vasche realizzate sono state ricavate nelle inclusioni date dall'area interna alle rotatorie nord e sud; chiaramente la vasca ricavata all'interno della rotatoria nord raccoglierà i deflussi della stessa e quelli provenienti dalla stazione di sollevamento nord, mentre la vasca sud quelli provenienti dalla rotatoria sud e dalla stazione di sollevamento sud.

### 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 1.3 ettari.

## 6.3 Verifiche idrauliche

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici relativi all'Alta Velocità ed alle opere di sede è stato considerato un tempo di ritorno di 50 anni per i sottopassi e di 25 anni per la piattaforma stradale.

### 6.3.1 Caditoie a griglia ed a bocca di lupo

Le caditoie a griglia di dimensioni 50x50 cm sono collocate ad intervalli di circa 20-25 m. La massima superficie scolante afferente ad una caditoia è di 387 mq e, considerando un coefficiente idrometrico di 696 l/(s ha), da origine ad una portata di circa 27 l/s; una griglia addossata al marciapiede con un carico idraulico di 5 cm è in grado di captare una portata di circa 34 l/s.

Le caditoie a bocca di lupo sono inserite nel tratto terminale di ciascuna linea di raccolta delle acque nella sezione terminale delle due rampe di accesso al sottopasso. La posizione frontale rispetto al deflusso idrico ne massimizza la capacità di captazione.

### 6.3.2 Collettori di smaltimento

Per distinguere i vari tratti di tubazioni all'interno dell'intervento di via Carnia, essi sono stati suddivisi e denominati in base alla zona servita. Di seguito sono riportati gli acronimi e la loro spiegazione:

- Tfv = Tratto via Fenilon, riguardante la bretella che si innesta con l'omonima via;
- Trs = Tratto rotatoria sud, riguardante le tubazioni afferenti direttamente alla vasca disperdente nella rotatoria stessa;
- Tnv = Tratto nuova viabilità, riguardante il sottopassaggio. Da Tnv0 a Tnv 14 (e con l'eccezione di Tnv21) tali tratti sono relativi alla parte afferente alla vasca di sollevamento sud (e di conseguenza alla vasca disperdente sud), mentre da Tnv15 a Tnv 20B essi riguardano la vasca di sollevamento nord;

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 31 di 78 |

- Trn = Tratto rotatoria nord, riguardante le tubazioni afferenti direttamente alla vasca disperdente nella rotatoria stessa, tra le quali ci sono anche quelle che raccolgono i deflussi generali dalla bretella di collegamento con via Carnia;

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

- Tratto - denominazione tratto dalla tubazione;
- DN – diametro nominale della tubazione;
- Lungh – lunghezza del tratto di tubazione;
- Quote strada/terreno ( $z_i/z_{fin}$ ) – quote del piano strada o del terreno, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Quote scorrimento – quote di scorrimento della tubazione, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Ricoprimento – ricoprimento della tubazione, dall’estradosso superiore della condotta al terreno/strada;
- if – pendenza longitudinale della tubazione nel tratto;
- Q – portata transitante nella condotta;
- Qamm – portata massima ammessa nella condotta, pari al 70% del riempimento della stessa;
- R – rapporto tra la portata Q e la portata ammissibile Qamm;

| TRATTO | DN (mm) | Lungh (m) | Acum[m2] | Quote strada/terreno |            | Quote scorrimento |            | Ricoprimento |            | if (%) | Q (mc/s) | Qamm (mc/s) | R (%) |
|--------|---------|-----------|----------|----------------------|------------|-------------------|------------|--------------|------------|--------|----------|-------------|-------|
|        |         |           |          | zi (msm)             | zfin (msm) | zi (msm)          | zfin (msm) | zi (msm)     | zfin (msm) |        |          |             |       |
| Tvf1   | 250     | 35.2      | 263.0    | 73                   | 72.83      | 71.95             | 71.75      | 0.8          | 0.83       | 0.57   | 0.015    | 0.029       | 53%   |
| Tvf2   | 250     | 11.2      | 601.0    | 72.83                | 72.24      | 71.75             | 71.18      | 0.83         | 0.81       | 5.09   | 0.042    | 0.086       | 49%   |
| Tvf3   | 250     | 27        | 396.0    | 72.24                | 72.37      | 71.18             | 71         | 0.81         | 1.12       | 0.67   | 0.024    | 0.031       | 76%   |
| Tvf4   | 250     | 3         | 997.0    | 72.27                | 73.78      | 71                | 70.9       | 1.02         | 2.63       | 3.33   | 0.069    | 0.070       | 100%  |
| Trs1   | 200     | 11.5      | 346.0    | 74.75                | 75.3       | 73.75             | 73.58      | 0.8          | 1.52       | 1.48   | 0.024    | 0.024       | 100%  |
| Trs2   | 200     | 24.9      | 346.0    | 75.3                 | 74.7       | 73.58             | 73.05      | 1.52         | 1.45       | 2.13   | 0.023    | 0.029       | 80%   |
| Trs3   | 200     | 11.2      | 320.0    | 74.2                 | 74.7       | 73.2              | 73.05      | 0.8          | 1.45       | 1.34   | 0.022    | 0.023       | 98%   |
| Trs4   | 250     | 19.6      | 666.0    | 74.2                 | 73.8       | 73.05             | 72.28      | 0.9          | 1.27       | 3.93   | 0.046    | 0.076       | 61%   |
| Trs5   | 200     | 11.5      | 237.0    | 73.4                 | 73.8       | 72.4              | 72.28      | 0.8          | 1.32       | 1.04   | 0.016    | 0.020       | 80%   |
| Trs6   | 350     | 23.8      | 903.0    | 73.8                 | 73.6       | 72.28             | 72.15      | 1.17         | 1.1        | 0.55   | 0.054    | 0.066       | 82%   |
| Trs7   | 200     | 11.2      | 104.0    | 73.08                | 73.6       | 72.08             | 72.03      | 0.8          | 1.37       | 0.45   | 0.007    | 0.013       | 51%   |
| Trs8   | 250     | 17.9      | 588.0    | 74.2                 | 73.6       | 72.47             | 72.28      | 1.48         | 1.07       | 1.06   | 0.038    | 0.039       | 97%   |
| Trs9   | 250     | 15.1      | 588.0    | 74.2                 | 74.2       | 72.63             | 72.47      | 1.32         | 1.48       | 1.06   | 0.039    | 0.039       | 99%   |
| Trs10  | 200     | 11.7      | 336.0    | 73.8                 | 74.2       | 72.8              | 72.63      | 0.8          | 1.37       | 1.45   | 0.023    | 0.024       | 99%   |
| Trs11  | 200     | 26.7      | 252.0    | 74.65                | 74.2       | 73.65             | 72.63      | 0.8          | 1.37       | 3.82   | 0.017    | 0.038       | 45%   |
| Trs12  | 200     | 11.2      | 252.0    | 75.25                | 74.65      | 74.25             | 73.65      | 0.8          | 0.8        | 5.36   | 0.018    | 0.046       | 39%   |
| Trs13  | 200     | 18.8      | 155.0    | 73.31                | 73.60      | 72.30             | 72.20      | 0.81         | 1.20       | 0.53   | 0.010    | 0.014       | 66%   |
| Trs14  | 400     | 3         | 1750.0   | 73.60                | 74.00      | 72.03             | 72.00      | 1.17         | 1.60       | 1.00   | 0.122    | 0.129       | 95%   |
| Tnv0   | 200     | 13.8      | 296.0    | 72.20                | 71.85      | 71.20             | 70.85      | 0.80         | 0.80       | 2.54   | 0.021    | 0.031       | 66%   |
| Tnv1   | 200     | 24.2      | 684.0    | 71.85                | 70.40      | 70.85             | 69.40      | 0.80         | 0.80       | 5.99   | 0.048    | 0.048       | 99%   |
| Tnv1B  | 200     | 11.4      | 270.0    | 70.70                | 70.40      | 69.70             | 69.40      | 0.80         | 0.80       | 2.63   | 0.019    | 0.032       | 59%   |
| Tnv2   | 315     | 23.2      | 1597.0   | 70.40                | 68.88      | 69.40             | 67.83      | 0.69         | 0.73       | 6.77   | 0.108    | 0.181       | 60%   |
| Tnv3   | 200     | 11.4      | 232.0    | 69.17                | 68.88      | 68.17             | 67.83      | 0.80         | 0.85       | 2.98   | 0.016    | 0.034       | 48%   |
| Tnv4   | 315     | 23        | 2167.0   | 68.88                | 67.43      | 67.83             | 66.43      | 0.73         | 0.69       | 6.09   | 0.148    | 0.172       | 86%   |
| Tnv5   | 200     | 11.3      | 283.0    | 67.77                | 67.43      | 66.77             | 66.43      | 0.80         | 0.80       | 3.01   | 0.020    | 0.034       | 58%   |
| Tnv6   | 350     | 23.1      | 2735.0   | 67.43                | 66.47      | 66.43             | 65.44      | 0.65         | 0.68       | 4.29   | 0.187    | 0.185       | 100%  |
| Tnv7   | 200     | 11.1      | 276.0    | 66.56                | 66.47      | 65.56             | 65.44      | 0.80         | 0.83       | 1.08   | 0.019    | 0.020       | 93%   |
| Tnv8   | 400     | 15        | 3299.0   | 66.47                | 65.74      | 65.44             | 64.75      | 0.63         | 0.59       | 4.60   | 0.226    | 0.276       | 82%   |
| Tnv9   | 200     | 60.1      | 1654.0   | 64.73                | 65.74      | 63.83             | 63.60      | 0.70         | 1.94       | 0.38   | 0.007    | 0.012       | 54%   |
| Tnv10  | 200     | 21.3      | 922.0    | 64.76                | 64.73      | 63.96             | 63.83      | 0.60         | 0.70       | 0.61   | 0.004    | 0.015       | 28%   |
| Tnv11  | 200     | 60.8      | 1645.0   | 64.73                | 66.14      | 63.86             | 63.58      | 0.67         | 2.36       | 0.46   | 0.007    | 0.013       | 50%   |
| Tnv12  | 200     | 21.3      | 914.0    | 64.76                | 64.73      | 63.96             | 63.86      | 0.60         | 0.67       | 0.47   | 0.004    | 0.013       | 31%   |
| Tnv13A | 315     | 9.7       | 2416.0   | 66.14                | 65.94      | 63.58             | 63.51      | 2.25         | 2.12       | 0.72   | 0.059    | 0.059       | 100%  |
| Tnv13B | 350     | 10.5      | 2614.0   | 65.94                | 65.74      | 63.51             | 63.44      | 2.08         | 1.95       | 0.67   | 0.071    | 0.073       | 98%   |
| Tnv14  | 200     | 72        | 432.0    | 69.75                | 65.80      | 68.70             | 64.75      | 0.85         | 0.85       | 5.49   | 0.023    | 0.046       | 51%   |
| Tnv15A | 200     | 11.2      | 485.0    | 72.32                | 71.54      | 71.32             | 70.54      | 0.80         | 0.80       | 6.96   | 0.034    | 0.052       | 65%   |
| Tnv15B | 200     | 12.1      | 596.0    | 71.54                | 70.76      | 70.54             | 69.76      | 0.80         | 0.80       | 6.45   | 0.041    | 0.050       | 83%   |
| Tnv16A | 250     | 10.1      | 1222.0   | 70.76                | 70.09      | 69.76             | 69.04      | 0.75         | 0.80       | 7.13   | 0.085    | 0.102       | 83%   |
| Tnv16B | 250     | 12.5      | 1334.0   | 70.09                | 69.41      | 69.04             | 68.30      | 0.80         | 0.86       | 5.92   | 0.093    | 0.093       | 100%  |
| Tnv17A | 315     | 11        | 1785.0   | 69.41                | 68.69      | 68.30             | 67.60      | 0.79         | 0.78       | 6.36   | 0.124    | 0.175       | 71%   |
| Tnv17B | 315     | 11        | 1902.0   | 68.69                | 67.96      | 67.60             | 66.90      | 0.78         | 0.74       | 6.36   | 0.132    | 0.175       | 75%   |
| Tnv18  | 200     | 11.3      | 325.0    | 71.16                | 70.76      | 70.16             | 69.76      | 0.80         | 0.80       | 3.54   | 0.023    | 0.037       | 61%   |
| Tnv18B | 200     | 14.4      | 225.0    | 72.70                | 72.32      | 71.70             | 71.32      | 0.80         | 0.80       | 2.64   | 0.016    | 0.032       | 49%   |
| Tnv19  | 200     | 11.2      | 336.0    | 69.59                | 69.41      | 68.59             | 68.41      | 0.80         | 0.80       | 1.61   | 0.023    | 0.025       | 94%   |
| Tnv20A | 400     | 11.1      | 2261.0   | 67.96                | 68.16      | 66.76             | 66.50      | 0.80         | 1.26       | 2.34   | 0.157    | 0.197       | 80%   |
| Tnv20B | 400     | 14.1      | 2606.0   | 68.16                | 73.05      | 66.50             | 66.10      | 1.26         | 6.55       | 2.84   | 0.181    | 0.217       | 84%   |
| Tnv21  | 500     | 2.2       | 7567.0   | 65.94                | 71.50      | 63.44             | 63.39      | 2.00         | 7.61       | 2.27   | 0.328    | 0.346       | 95%   |
| Trn1   | 200     | 11.3      | 260.0    | 72.90                | 73.40      | 71.90             | 71.81      | 0.80         | 1.39       | 0.80   | 0.017    | 0.018       | 99%   |
| Trn2   | 200     | 18.5      | 260.0    | 73.40                | 73.40      | 71.81             | 71.68      | 1.39         | 1.52       | 0.70   | 0.016    | 0.016       | 99%   |
| Trn3   | 250     | 11.5      | 502.0    | 72.90                | 73.40      | 71.85             | 71.68      | 0.80         | 1.47       | 1.48   | 0.035    | 0.046       | 75%   |
| Trn4   | 315     | 18        | 762.0    | 73.40                | 73.40      | 71.68             | 71.60      | 1.41         | 1.49       | 0.44   | 0.046    | 0.046       | 100%  |
| Trn5   | 200     | 12        | 205      | 72.9                 | 73.4       | 71.9              | 71.6       | 0.8          | 1.6        | 2.50   | 0.014    | 0.031       | 46%   |
| Trn5B  | 200     | 19.7      | 108      | 72.9                 | 73.4       | 71.9              | 71.58      | 0.8          | 1.62       | 1.62   | 0.007    | 0.025       | 29%   |
| Trn6   | 350     | 22.1      | 967      | 73.4                 | 73.4       | 71.6              | 71.5       | 1.45         | 1.55       | 0.45   | 0.058    | 0.060       | 96%   |
| Trn7   | 200     | 11        | 224      | 72.9                 | 73.4       | 71.9              | 71.7       | 0.8          | 1.5        | 1.82   | 0.016    | 0.027       | 59%   |
| Trn8   | 350     | 15.2      | 1060     | 73.4                 | 73.4       | 71.62             | 71.52      | 1.43         | 1.53       | 0.66   | 0.068    | 0.073       | 93%   |
| Trn9   | 250     | 12.9      | 541      | 72.9                 | 73.4       | 71.9              | 71.62      | 0.75         | 1.53       | 2.17   | 0.038    | 0.056       | 67%   |
| Trn10  | 200     | 21.1      | 259      | 73.32                | 72.9       | 72.52             | 71.9       | 0.6          | 0.8        | 2.94   | 0.018    | 0.034       | 53%   |
| Trn11  | 250     | 17.5      | 519      | 73.4                 | 73.4       | 71.75             | 71.62      | 1.4          | 1.53       | 0.74   | 0.033    | 0.033       | 100%  |
| Trn12  | 250     | 12.3      | 519      | 72.9                 | 73.4       | 71.85             | 71.75      | 0.8          | 1.4        | 0.81   | 0.035    | 0.034       | 100%  |
| Trn13  | 200     | 15.3      | 283      | 73.3                 | 72.9       | 72.5              | 71.85      | 0.6          | 0.85       | 4.25   | 0.020    | 0.041       | 49%   |
| Trn14  | 400     | 4.5       | 2251     | 73.4                 | 73.4       | 71.5              | 71.43      | 1.5          | 1.57       | 1.56   | 0.157    | 0.161       | 98%   |

Tabella 5: Verifica dei collettori di smaltimento

Per una maggiore completezza si riporta anche l'elenco dei pozzetti d'ispezione, che condividono con i tratti di tubazione le denominazioni relative alla zona di appartenenza (rs, rn, vf, nv):

| POZZETTO | DIMENSIONI INTERNE (cm) | POZZETTO | DIMENSIONI INTERNE (cm) |
|----------|-------------------------|----------|-------------------------|
| Pvf1     | 80x80                   | Pnv10    | 80x80                   |
| Pvf2     | 80x80                   | Pnv11    | 100x100                 |
| Pvf3     | 100x100                 | Pnv12    | 80x80                   |
| Pvf4     | 80x80                   | Pnv13    | 80x80                   |
| Prs1     | 80x80                   | Pnv14    | 80x80                   |
| Prs2     | 80x80                   | Pnv15    | 80x80                   |
| Prs3     | 80x80                   | Pnv16    | 80x80                   |
| Prs4     | 120x120                 | Pnv17    | 80x80                   |
| Prs5     | 80x80                   | Pnv18    | 80x80                   |
| Prs6     | 80x80                   | Pnv19    | 80x80                   |
| Prs7     | 80x80                   | Prn1     | 80x80                   |
| Prs8     | 200x200                 | Prn2     | 80x80                   |
| Pnv1     | 80x80                   | Prn3     | 80x80                   |
| Pnv2     | 80x80                   | Prn4     | 120x120                 |
| Pnv3     | 80x80                   | Prn5     | 80x80                   |
| Pnv4     | 80x80                   | Prn6     | 80x80                   |
| Pnv5     | 80x80                   | Prn7     | 80x80                   |
| Pnv6     | 100x100                 | Prn8     | 80x80                   |
| Pnv7     | 80x80                   | Prn9     | 80x80                   |
| Pnv8     | 80x80                   | Prn10    | 80x80                   |
| Pnv9     | 80x80                   | Prn11    | 200x200                 |

**Tabella 6: Caratteristiche dei pozzetti d'ispezione**

### 6.3.3 Stazioni di sollevamento

Nel tratto in esame sono previste 2 stazioni di sollevamento, una ubicata a Nord e l'altra a Sud dell'area; da qui le acque meteoriche verranno conferite nelle vasche disperdenti interratoe situate nelle rotatorie nord e sud per meglio ottimizzare le aree oggetto di esproprio.

Si riportano di seguito i principali risultati relativi al dimensionamento delle due stazioni di sollevamento previste nel tratto in oggetto. Per ulteriori dettagli ed approfondimenti si rimanda agli elaborati grafici specifici allegati alla presente.

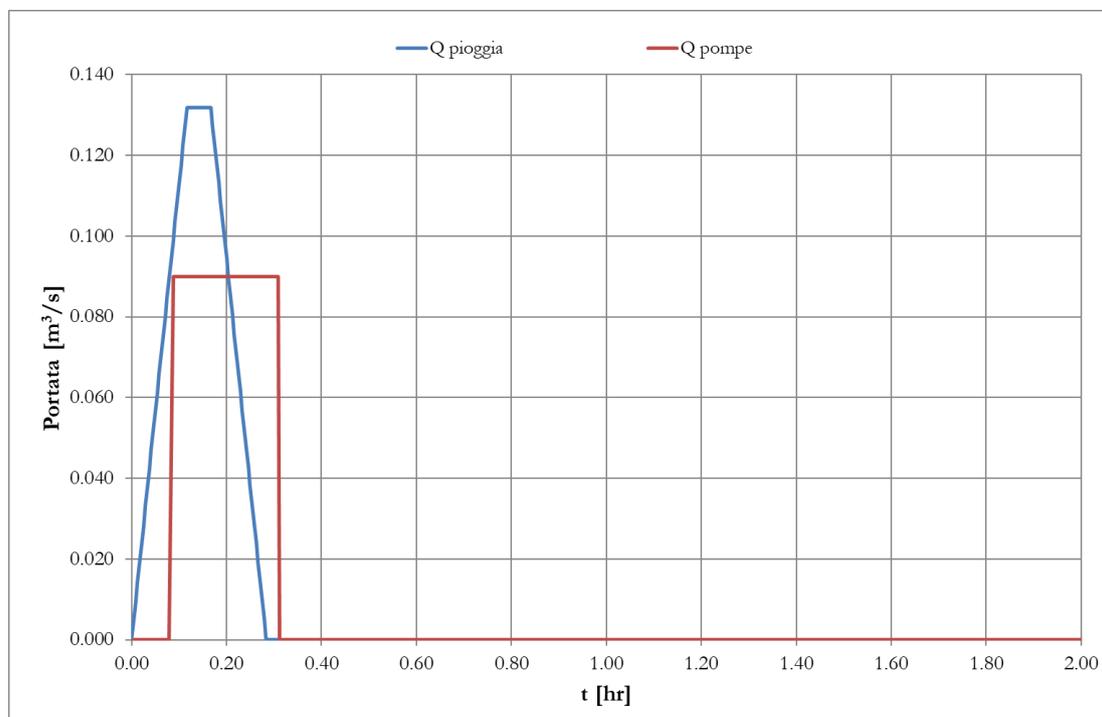
#### Stazione di sollevamento Nord

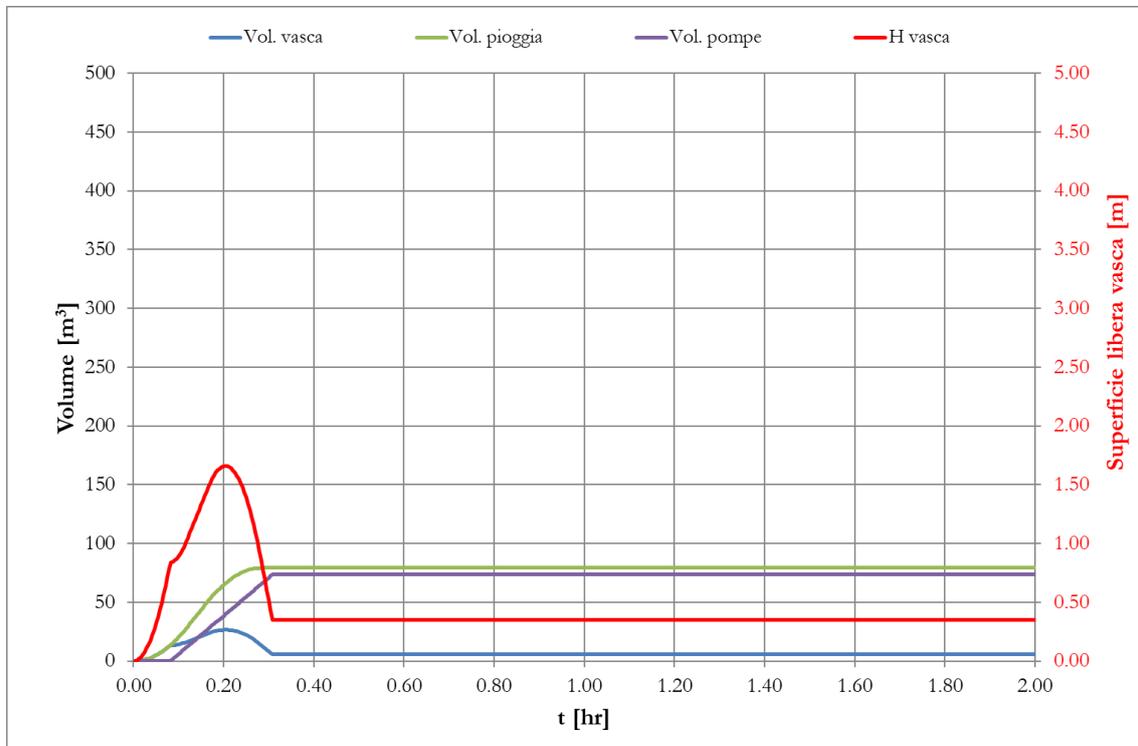
Nella stazione di sollevamento nord, le cui dimensioni interne sono 4,00x4,00m, si è previsto di posizionare n.2 pompe con le medesime caratteristiche (+1 con funzione di riserva): portata di 45 l/s, prevalenza 15.5 m. L'altezza di arresto è stata posta pari a 40cm, mentre gli stacchi delle pompe, in accordo con la sequenza 2 del par. 5.5.5, risultano pari a 72 e 84 cm.

| Tempo | V pioggia | V pompa | V accumulo vasca | H vasca |
|-------|-----------|---------|------------------|---------|
| [h]   | [m3]      | [m3]    | [m3]             | [m]     |
| 0.117 | 65.27     | 59.40   | 24.92            | 1.56    |
| 0.167 | 79.14     | 73.58   | 26.56            | 1.66    |
| 0.25  | 98.51     | 92.47   | 24.27            | 1.52    |
| 0.5   | 143.23    | 137.03  | 13.82            | 0.86    |
| 0.75  | 178.28    | 168.08  | 13.52            | 0.84    |
| 1     | 208.25    | 202.50  | 13.50            | 0.84    |

**Tabella 7: Principali risultati del dimensionamento della vasca di sollevamento Nord**

Come emerge dai risultati in Tabella 7, la situazione più gravosa si verifica con un tempo di pioggia di 10 minuti, quando il livello idrico della vasca raggiunge i 166 cm. Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.


**Figura 11: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=10$ min. Vasca di sollevamento Nord**



**Figura 12: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=10$ min. Vasca di sollevamento Nord**

### Stazione di sollevamento Sud

Nella stazione di sollevamento nord, le cui dimensioni interne sono 5,00x5,00m, si è previsto di posizionare n.3 pompe con le medesime caratteristiche (+1 con funzione di riserva): portata di 45 l/s, prevalenza 18 m. L'altezza di arresto è stata posta pari a 40cm, mentre gli stacchi delle pompe, in accordo con la sequenza 2 del par. 5.5.5, risultano pari a 60, 68 e 74cm.

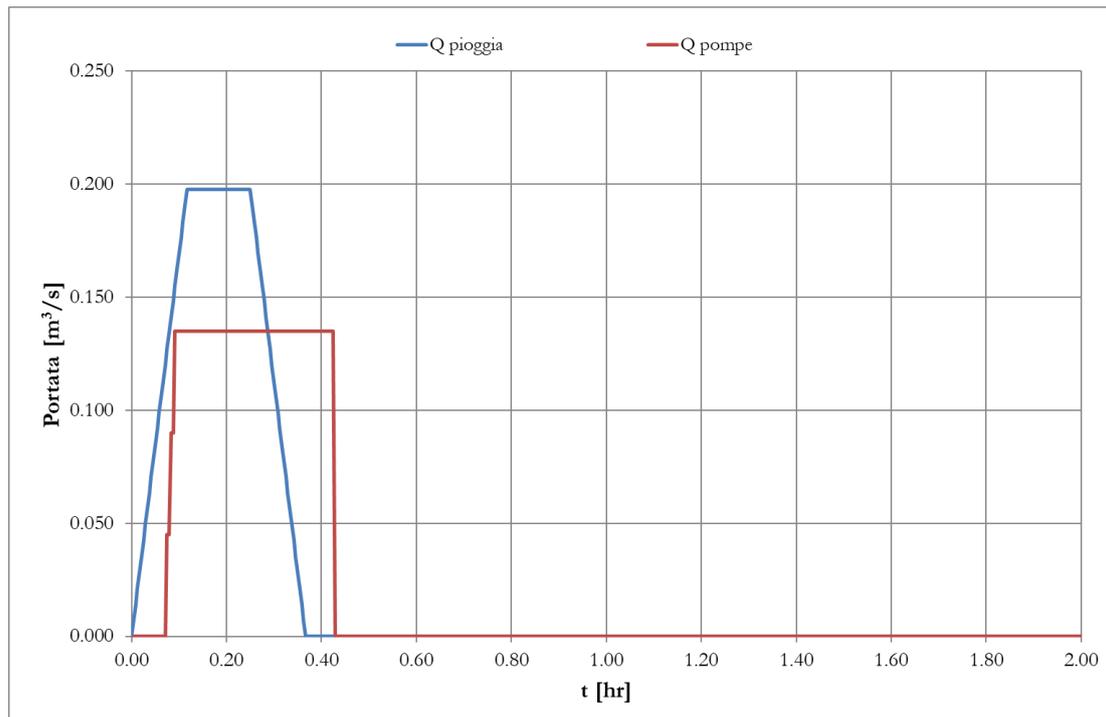
| Tempo | V pioggia | V pompa | V accumulo vasca | H vasca |
|-------|-----------|---------|------------------|---------|
| [hr]  | [m3]      | [m3]    | [m3]             | [m]     |
| 0.117 | 117.91    | 108.00  | 49.85            | 1.99    |
| 0.167 | 142.95    | 133.65  | 55.74            | 2.23    |
| 0.25  | 177.94    | 168.08  | 57.57            | 2.30    |
| 0.5   | 258.72    | 248.40  | 30.87            | 1.23    |
| 0.75  | 322.04    | 312.53  | 18.87            | 0.75    |
| 1     | 376.17    | 366.53  | 18.55            | 0.74    |

**Tabella 8: Principali risultati del dimensionamento della vasca di sollevamento Sud**

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 36 di 78 |

Come emerge dai risultati in Tabella 8, la situazione più gravosa si verifica con un tempo di pioggia di 15 minuti, quando il livello idrico della vasca raggiunge i 230 cm. Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.



**Figura 13: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=15$ min. Vasca di sollevamento Sud**

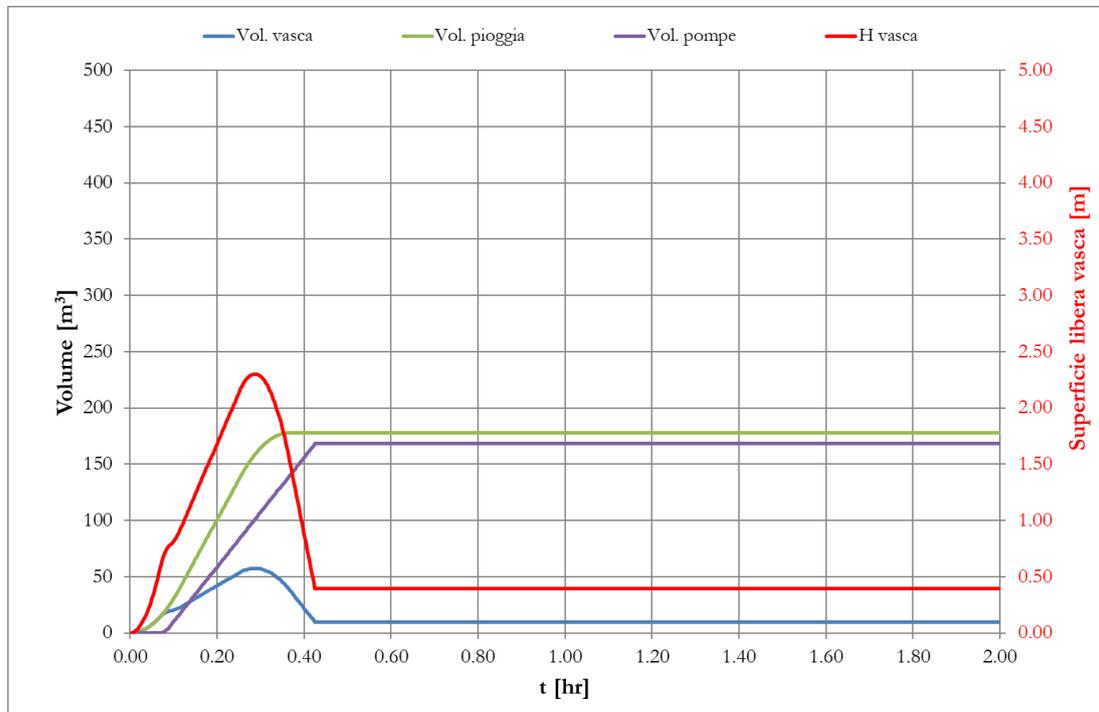


Figura 14: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=15$ min. Vasca di sollevamento Sud

### 6.3.4 Tubi in pressione

Nell'area in esame, le uniche tubazioni in pressione sono quelle di mandata che dalle stazioni di sollevamento portano le acque di deflusso alle relative vasche disperdenti. Le caratteristiche di tali tubazioni sono esposte di seguito:

- Tubazione da stazione di sollevamento nord a vasca disperdente nord: con una prevalenza delle pompe di 15.5m viene convogliata una portata di 97.8 l/s.

| tubazione       | Di [m] | L[m] | scabrezza [mm] | area bagnata [m <sup>2</sup> ] | f      | U [m/s] | Re [x105] | ie [-] |
|-----------------|--------|------|----------------|--------------------------------|--------|---------|-----------|--------|
| inox DN200      | 0.215  | 5    | 0.1            | 0.0363                         | 0.0175 | 2.560   | 5.504     | 0.027  |
| pead DN225 PN16 | 0.184  | 120  | 0.1            | 0.0265                         | 0.0179 | 3.495   | 6.432     | 0.060  |

- Tubazione da stazione di sollevamento sud a vasca disperdente sud: con una prevalenza delle pompe di 18m viene convogliata una portata di 138.5 l/s.

| tubazione       | Di [m] | L[m] | scabrezza [mm] | area bagnata [m <sup>2</sup> ] | f     | U [m/s] | Re [x105] | ie [-] |
|-----------------|--------|------|----------------|--------------------------------|-------|---------|-----------|--------|
| tubo inox DN200 | 0.215  | 6.5  | 0.1            | 0.036                          | 0.019 | 1.271   | 2.732     | 0.007  |
| pead DN280 PN16 | 0.2292 | 165  | 0.1            | 0.041                          | 0.017 | 3.358   | 7.697     | 0.043  |

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 38 di 78 |

### 6.3.5 Fossi e vasche disperdenti

In via Carnia sono previste n.2 vasche disperdenti interrato costituite da materiale drenante, una a servizio della piattaforma stradale a nord del sottopasso e una a sud dello stesso. Al fine di sfruttare al meglio le aree intercluse le due vasche sono state collocate all'interno delle rotatorie in progetto. In via Fenilon si prevede di smaltire le acque meteoriche per mezzo di un bauletto e alcuni fossi di guardia drenanti.

Nel dimensionare i dispositivi drenanti si terrà conto di un valore di condubilità idraulica dimezzato rispetto a quello misurato in campo e di un franco idraulico di 30 cm.

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

#### Vasca disperdente Nord

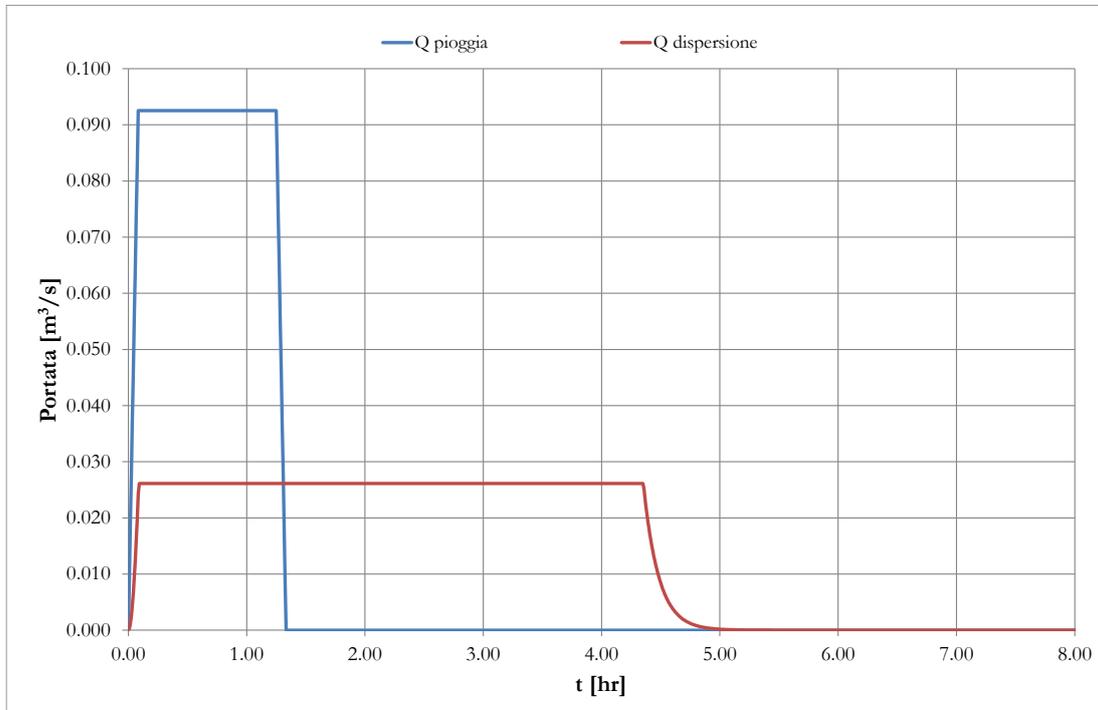
La vasca disperdente nord ha le seguenti dimensioni 24 x 18 x 2.6 m con quota di imposta a 69.25 m s.l.m; il materiale drenante che la compone ha una porosità pari a 0.3, mentre la conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S11 (1.21E-04 m/s).

In Tabella 8 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.

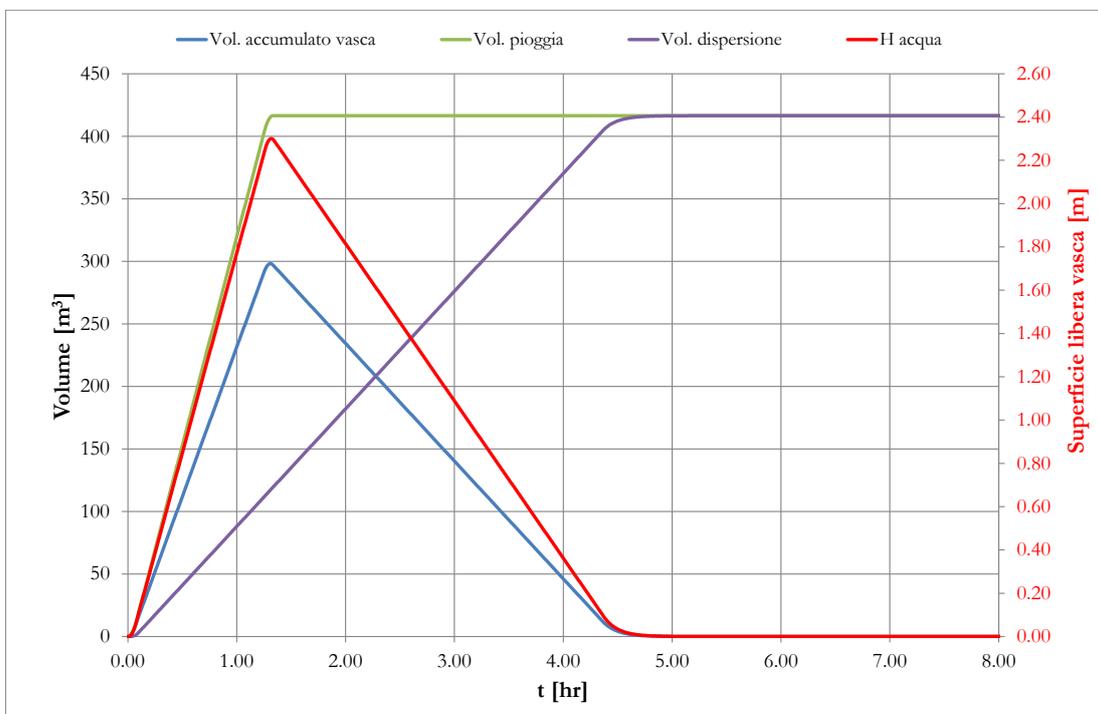
Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo pioggia | V pioggia | V dispersione | V accumulo vasca | H vasca |
|---------------|-----------|---------------|------------------|---------|
| [h]           | [m3]      | [m3]          | [m3]             | [m]     |
| 0.167         | 147.49    | 147.49        | 127.98           | 0.99    |
| 0.25          | 183.59    | 183.59        | 156.64           | 1.21    |
| 0.5           | 266.94    | 266.94        | 217.31           | 1.68    |
| 0.75          | 332.28    | 332.28        | 259.71           | 2.00    |
| 1             | 388.12    | 388.12        | 292.49           | 2.26    |
| 1.25          | 416.44    | 416.44        | 297.86           | 2.30    |
| 1.5           | 421.09    | 421.09        | 279.74           | 2.16    |

**Tabella 9: Principali risultati del dimensionamento della Vasca dispersione nord**



**Figura 15: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1,25$  ore. Vasca dispersione nord**



**Figura 16: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1,25$  ore. Vasca dispersione nord**

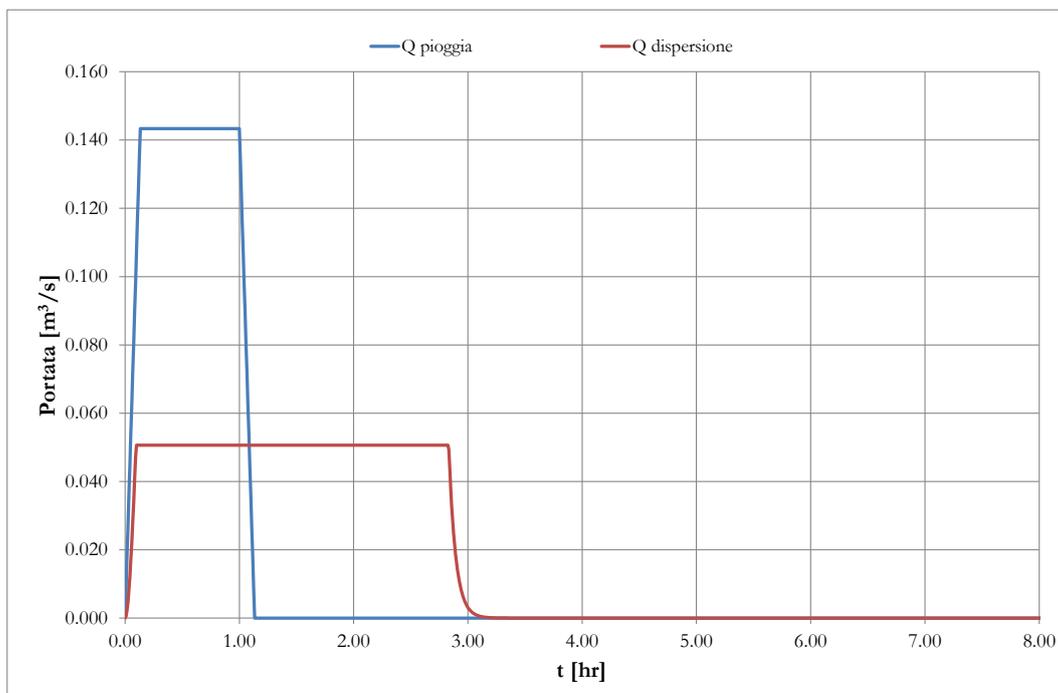
### Vasca disperdente Sud

La vasca disperdente sud ha le seguenti dimensioni 21 x 10 x 2.9 m con quota di imposta a 69.50 m s.l.m; il materiale drenante che la compone ha una porosità pari a 0.3, mentre conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S12 ( $2.4E-04$  m/s).

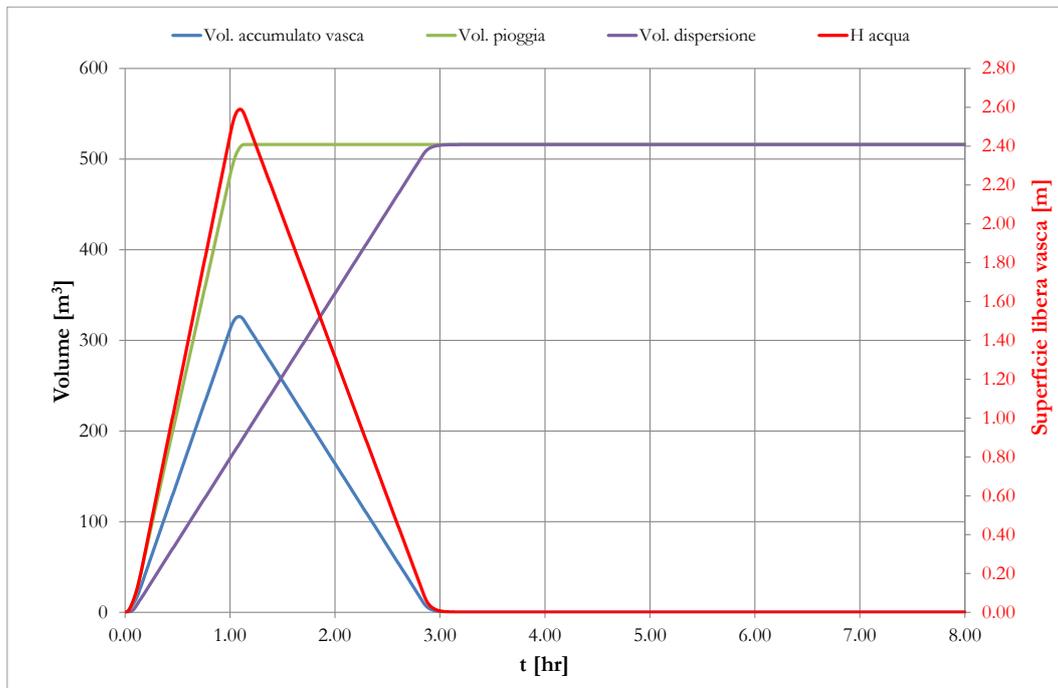
In Tabella 10 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1 ora e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm. i seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo pioggia | V pioggia | V dispersione | V accumulo vasca | H vasca |
|---------------|-----------|---------------|------------------|---------|
| [h]           | [m3]      | [m3]          | [m3]             | [m]     |
| 0.167         | 196.09    | 196.09        | 151.60           | 1.20    |
| 0.25          | 244.09    | 244.09        | 185.65           | 1.47    |
| 0.5           | 354.90    | 354.90        | 253.27           | 2.01    |
| 0.75          | 441.77    | 441.77        | 296.26           | 2.35    |
| 1             | 516.01    | 516.01        | 326.28           | 2.59    |
| 1.25          | 553.65    | 553.65        | 320.11           | 2.54    |
| 1.5           | 559.84    | 559.84        | 282.99           | 2.25    |

**Tabella 10: Principali risultati del dimensionamento della Vasca dispersione sud**



**Figura 17: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Vasca dispersione sud**



**Figura 18: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Vasca dispersione sud**

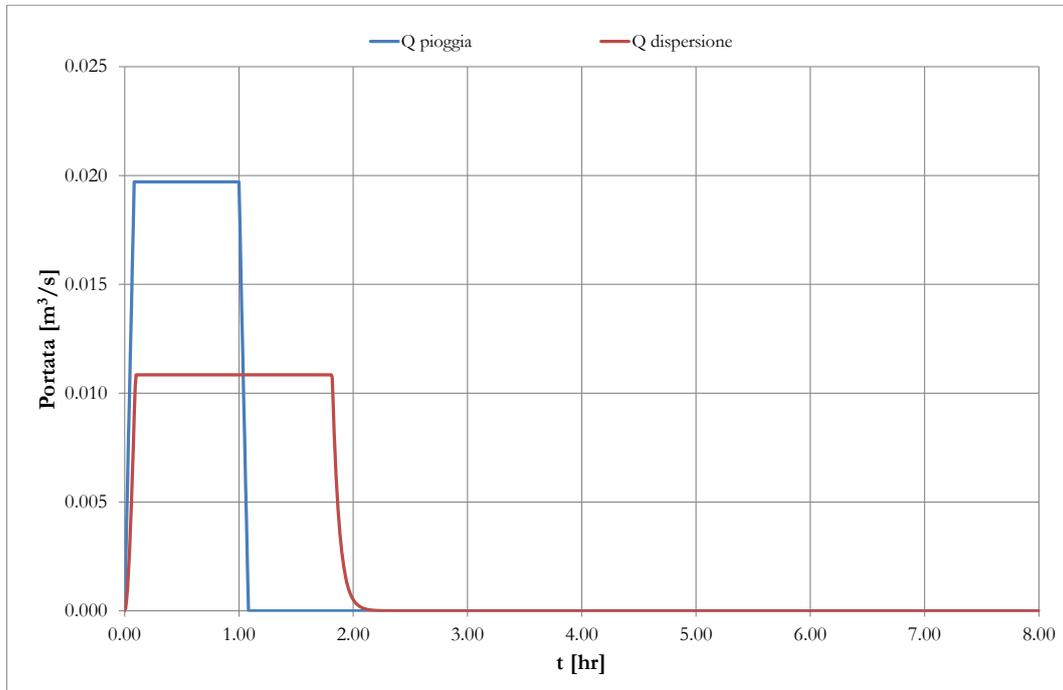
### Bauletto via Fenilon

Il bauletto disperdente di via Fenilon ha le seguenti dimensioni 30 x 3 x 1.5 m con quota di imposta a 69.05 m s.l.m; il materiale drenante che la compone ha una porosità pari a 0.3, mentre conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S12 ( $2.4E-04$  m/s).

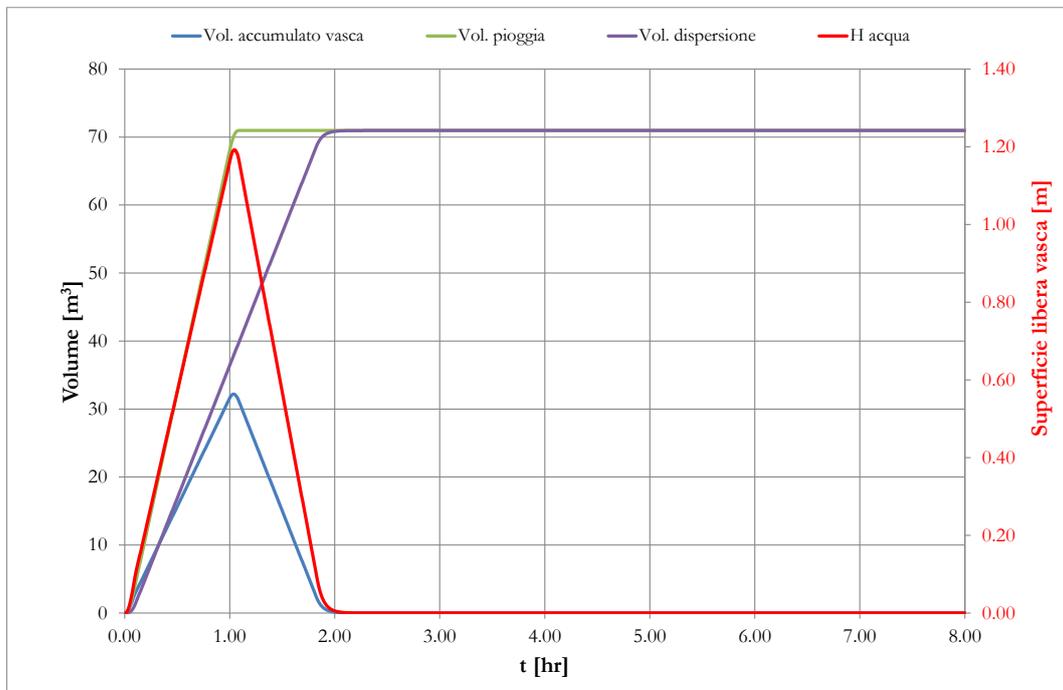
In Tabella 10 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1 ora e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm. i seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo pioggia | V pioggia | V dispersione | V accumulo vasca | H vasca |
|---------------|-----------|---------------|------------------|---------|
| [h]           | [m3]      | [m3]          | [m3]             | [m]     |
| 0.167         | 27.21     | 27.21         | 19.59            | 0.73    |
| 0.25          | 33.80     | 33.80         | 23.18            | 0.86    |
| 0.5           | 48.97     | 48.97         | 29.09            | 1.08    |
| 0.75          | 60.83     | 60.83         | 31.55            | 1.17    |
| 1             | 70.96     | 70.96         | 32.19            | 1.19    |
| 1.25          | 75.54     | 75.54         | 27.42            | 1.02    |
| 1.5           | 76.57     | 76.57         | 19.22            | 0.71    |

**Tabella 11: Principali risultati del dimensionamento del bauletto via Fenilon**



**Figura 19: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Bauletto via Fenilon**



**Figura 20: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Bauletto via Fenilon**

## 7 A22

### 7.1 Inquadramento generale dell'area

L'Autostrada A22 Brennero-Modena transita ad ovest della città di Verona e del polo logistico Quadrante Europa, a poca distanza dalla tangenziale SS 62. Gli interventi in progetto intersecano il corso dell'Autostrada nei pressi del limite ovest del progetto, dove è previsto l'allargamento del viadotto che sovrappassa le linee ferroviarie esistenti.

Nella configurazione attuale, l'Autostrada è costituita da due corsie (più una di emergenza) per senso di marcia, ed è realizzata in rilevato; nella figura seguente è riportato il tratto d'intervento.



**Figura 21: Autostrada A22, stato attuale**

Contestualmente alle opere relative al presente intervento, è in fase di progettazione anche l'allargamento dell'Autostrada da 2 a 3 corsie per senso di marcia, preso in considerazione nell'elaborazione delle soluzioni per l'intervento in oggetto.

### 7.2 Opere di drenaggio idraulico

Dal punto di vista della sistemazione idraulica, per l'opera in esame è stato progettato un apposito sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, i cui principali elementi caratteristici sono di seguito descritti:

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 44 di 78 |

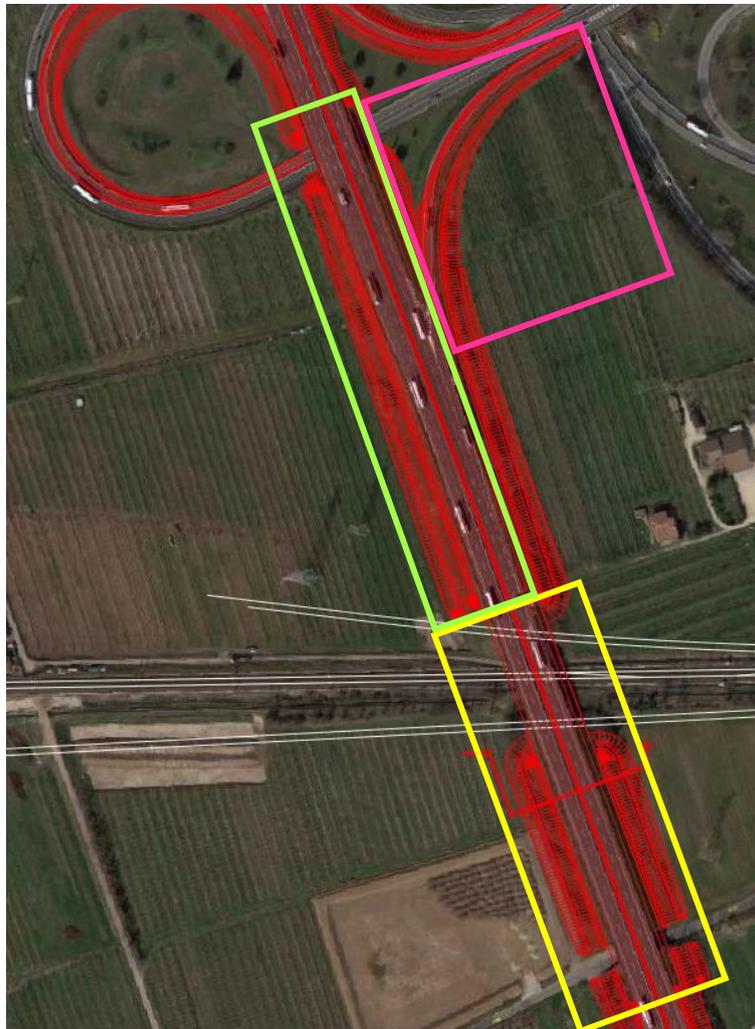
- un sistema di raccolta delle acque scolanti lungo la piattaforma stradale e lungo la rampa MO-VR, costituite da caditoie posate all'esterno della banchina stradale;
- tubazioni interrato di raccolta delle acque della sede stradale, che trasportano le acque nella vasca disperdente;
- fossi drenanti per la dispersione delle acque meteoriche delle sponde del rilevato;
- due vasche disperdenti a cielo aperto nella quale vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche;

Nel presente documento vengono pertanto illustrati i calcoli svolti per la verifica delle opere di drenaggio connesse alla realizzazione della nuova viabilità.

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.

L'area relativa all'intervento di allargamento dell'A22 è suddivisibile, per una maggior chiarezza descrittiva, nelle seguenti zone, visibili anche in:

1. "tratto sud", evidenziato in giallo nella figura sottostante;
2. "tratto nord", evidenziato in verde nella figura sottostante;
3. "rampa MO-VR", evidenziata in magenta nella figura sottostante;



**Figura 22: A22, stato di progetto (in rosso) con indicazione delle zone di intervento. In bianco sono riportati gli assi delle linee ferroviarie di progetto.**

Nel paragrafo successivo vengono descritti i sistemi di drenaggio delle acque della sede stradale che sono stati individuati per l'allontanamento delle acque meteoriche stesse, costituiti da caditoie, tubazioni interrato e fossi drenanti.

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.

### 7.2.1 Descrizione del sistema di drenaggio

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

1. Caditoie in ghisa sferoidale D400, dimensioni 0,60x0,60m, da installare con un interasse di 25 metri se in rilevato, altrimenti 10 metri se su un impalcato. L'area sottesa da ogni caditoia è variabile tra i 160 e i 560 m<sup>2</sup>.
2. Tubi in PVC di diametri variabili, utilizzati per il sistema di smaltimento delle acque raccolte dalle caditoie. Il ricoprimento minimo delle tubazioni è stato posto pari a 80cm nei tratti in affiancamento alla corsia di emergenza (lato rilevato), e a 100cm sotto strada.
3. Pozzetti d'ispezione prefabbricati in cls vibrato, dimensioni interne variabili tra 0,80x0,80m e 1,20x1,20m, posizionati in corrispondenza delle caditoie.
4. Embrici prefabbricati in cls, disposti con lo stesso interasse delle caditoie, di cui rappresentano il troppopieno in caso di ostruzione delle stesse;
5. Vasche disperdenti a cielo aperto, di area variabile, H=1.50 m. Le vasche sono state ricavate in area quanto più possibile intercluse, o comunque difficilmente fruibili per normali operazioni agricole;
6. Fosso drenante, che raccoglierà le acque provenienti dagli embrici prefabbricati di sicurezza e dalle sponde del rilevato.

### 7.2.2 *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 1.94 ettari.

### 7.3 **Verifiche idrauliche**

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici relativi alle opere relative all'Autostrada A22 è stato considerato un tempo di ritorno 100 anni per la piattaforma stradale, come indicato dal Concessionario.

#### 7.3.1 *Caditoie a griglia ed a bocca di lupo*

Le caditoie a griglia di dimensioni 60x60 cm sono collocate, come visto, ad intervalli di 10 o 25 m. La massima superficie scolante afferente ad una caditoia è di 560 mq e, considerando un coefficiente idrometrico di 706 l/(s ha), da origine ad una portata di circa 39,5 l/s; una griglia addossata al marciapiede con un carico idraulico di 5,7 cm è in grado di captare una portata di circa 40 l/s. Tale carico idraulico non comporta allagamenti della sede stradale visto che la caditoia risulta essere ribassata di 5 cm rispetto al piano stradale della banchina.

#### 7.3.2 *Collettori di smaltimento*

Per distinguere i vari tratti di tubazioni all'interno dell'intervento dell'A22, essi sono stati suddivisi e denominati in base alla zona servita. Di seguito sono riportati gli acronimi e la loro spiegazione:

- Ts = Tratto sud, riguardante la parte sud dell'intervento, dal viadotto sulle linee ferroviarie verso sud;
- Tn = Tratto nord, riguardante la parte nord dell'intervento, dal viadotto sulle linee ferroviarie verso nord, comprendente anche la rampa MO-VR;

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 47 di 78 |

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

- Tratto - denominazione tratto dalla tubazione;
- DN – diametro nominale della tubazione;
- Lungh – lunghezza del tratto di tubazione;
- Quote strada/terreno ( $z_i/z_{fin}$ ) – quote del piano strada o del terreno, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Quote scorrimento – quote di scorrimento della tubazione, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Ricoprimento – ricoprimento della tubazione, dall’estradosso superiore della condotta al terreno/strada;
- if – pendenza longitudinale della tubazione nel tratto;
- Q – portata transitante nella condotta;
- $Q_{amm}$  – portata massima ammessa nella condotta, pari al 70% del riempimento della stessa;
- R – rapporto tra la portata Q e la portata ammissibile  $Q_{amm}$ ;

TITOLO ELABORATO

|          |       |          |              |      |          |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 48 di 78 |

| TRATTO | DN (mm) | Lungh (m) | Quote strada/terreno |             | Quote scorrimento |             | Ricoprimento |             | if (%) | Q (mc/s) | Qamm - 70% (mc/s) | R   |
|--------|---------|-----------|----------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|--------|----------|-------------------|-----|
|        |         |           | zi (mshm)            | zfin (mshm) | zi (mshm)         | zfin (mshm) | zi (mshm)    | zfin (mshm) |        |          |                   |     |
| Tn1    | 315     | 8.8       | 90.83                | 90.94       | 89.72             | 89.67       | 0.80         | 0.95        | 0.51   | 0.012    | 0.064             | 18% |
| Tn2    | 315     | 9.1       | 90.94                | 91.05       | 89.67             | 89.63       | 0.95         | 1.11        | 0.44   | 0.023    | 0.059             | 39% |
| Tn3    | 315     | 12        | 91.05                | 91.17       | 89.63             | 89.58       | 1.11         | 1.28        | 0.42   | 0.036    | 0.058             | 62% |
| Tn4    | 315     | 18.9      | 91.17                | 91.44       | 89.58             | 89.49       | 1.28         | 1.64        | 0.48   | 0.056    | 0.062             | 90% |
| Tn5    | 400     | 24.1      | 91.44                | 91.71       | 89.49             | 89.38       | 1.55         | 1.93        | 0.46   | 0.079    | 0.114             | 69% |
| Tn6    | 400     | 26.7      | 91.71                | 92.02       | 89.38             | 89.25       | 1.93         | 2.37        | 0.49   | 0.106    | 0.118             | 90% |
| Tn7    | 315     | 24.1      | 93.53                | 93.43       | 92.42             | 92.32       | 0.80         | 0.80        | 0.41   | 0.026    | 0.057             | 46% |
| Tn8    | 315     | 24.1      | 93.43                | 93.28       | 92.32             | 92.17       | 0.80         | 0.80        | 0.62   | 0.054    | 0.070             | 77% |
| Tn9    | 400     | 24.1      | 93.28                | 93.07       | 92.08             | 91.87       | 0.80         | 0.80        | 0.87   | 0.083    | 0.157             | 53% |
| Tn10   | 400     | 24.1      | 93.07                | 92.81       | 91.87             | 91.61       | 0.80         | 0.80        | 1.08   | 0.113    | 0.175             | 64% |
| Tn11   | 400     | 24.1      | 92.81                | 92.54       | 91.61             | 91.34       | 0.80         | 0.80        | 1.12   | 0.141    | 0.178             | 79% |
| Tn12   | 400     | 24.1      | 92.54                | 92.26       | 91.34             | 91.03       | 0.80         | 0.83        | 1.29   | 0.171    | 0.191             | 90% |
| Tn13   | 500     | 21.5      | 92.26                | 92.02       | 90.96             | 90.72       | 0.80         | 0.80        | 1.12   | 0.200    | 0.323             | 62% |
| Tn14   | 315     | 9.3       | 90.91                | 91.03       | 89.80             | 89.75       | 0.80         | 0.97        | 0.48   | 0.013    | 0.062             | 22% |
| Tn15   | 315     | 9.2       | 91.03                | 91.14       | 89.75             | 89.71       | 0.97         | 1.12        | 0.43   | 0.026    | 0.059             | 45% |
| Tn16   | 315     | 9.6       | 91.14                | 91.25       | 89.71             | 89.67       | 1.12         | 1.27        | 0.42   | 0.038    | 0.058             | 67% |
| Tn17   | 400     | 21.4      | 91.25                | 91.51       | 89.67             | 89.58       | 1.18         | 1.53        | 0.42   | 0.062    | 0.109             | 56% |
| Tn18   | 400     | 24.1      | 91.51                | 91.93       | 89.58             | 89.48       | 1.53         | 2.05        | 0.41   | 0.089    | 0.109             | 82% |
| Tn19   | 500     | 26.7      | 91.93                | 92.4        | 89.48             | 89.37       | 1.95         | 2.53        | 0.41   | 0.117    | 0.196             | 60% |
| Tn20   | 630     | 16.7      | 92.02                | 92.4        | 89.25             | 89.18       | 2.14         | 2.59        | 0.42   | 0.327    | 0.366             | 89% |
| Tn21   | 630     | 15.7      | 92.4                 | 92.02       | 89.18             | 89.04       | 2.59         | 2.35        | 0.89   | 0.479    | 0.534             | 90% |
| Tn22   | 315     | 21.6      | 92.26                | 92.02       | 91.15             | 90.91       | 0.80         | 0.80        | 1.11   | 0.029    | 0.094             | 30% |
| Tn23   | 630     | 13.5      | 92.02                | 91.44       | 89.04             | 88.88       | 2.35         | 1.93        | 1.19   | 0.555    | 0.616             | 90% |
| Tn24   | 315     | 24.2      | 93.67                | 93.55       | 92.56             | 92.44       | 0.80         | 0.80        | 0.50   | 0.028    | 0.063             | 44% |
| Tn25   | 315     | 24.1      | 93.55                | 93.37       | 92.43             | 92.26       | 0.80         | 0.80        | 0.73   | 0.059    | 0.076             | 78% |
| Tn26   | 400     | 24.1      | 93.37                | 93.14       | 92.17             | 91.94       | 0.80         | 0.80        | 0.95   | 0.093    | 0.165             | 57% |
| Tn27   | 400     | 24.1      | 93.14                | 92.84       | 91.94             | 91.64       | 0.80         | 0.80        | 1.24   | 0.130    | 0.188             | 69% |
| Tn28   | 400     | 24.2      | 92.84                | 92.54       | 91.64             | 91.34       | 0.80         | 0.80        | 1.24   | 0.168    | 0.188             | 89% |
| Tn29   | 400     | 35.4      | 92.54                | 91.67       | 91.34             | 90.47       | 0.80         | 0.80        | 2.46   | 0.209    | 0.264             | 79% |
| Tn30   | 400     | 11        | 91.67                | 91.44       | 90.47             | 90.16       | 0.80         | 0.88        | 2.82   | 0.249    | 0.283             | 88% |
| Tn31   | 630     | 11.7      | 91.44                | 90.88       | 88.88             | 88.58       | 1.93         | 1.67        | 2.56   | 0.820    | 0.906             | 90% |
| Tn32   | 630     | 23.2      | 90.88                | 89.81       | 88.58             | 88.00       | 1.67         | 1.18        | 2.50   | 0.808    | 0.895             | 90% |
| Tn33   | 630     | 23        | 89.81                | 88.66       | 88.00             | 87.23       | 1.18         | 0.80        | 3.35   | 0.842    | 1.035             | 81% |
| Tn34   | 630     | 12.5      | 88.66                | 85.3        | 87.23             | 85.42       | 0.80         | -0.75       | 14.48  | 0.866    | 2.153             | 40% |
| Ts1    | 315     | 9.2       | 93.55                | 93.54       | 92.44             | 92.39       | 0.80         | 0.84        | 0.49   | 0.012    | 0.062             | 19% |
| Ts2    | 315     | 9.2       | 93.54                | 93.51       | 92.39             | 92.35       | 0.84         | 0.85        | 0.43   | 0.023    | 0.059             | 40% |
| Ts3    | 315     | 9.2       | 93.51                | 93.48       | 92.35             | 92.31       | 0.85         | 0.86        | 0.43   | 0.035    | 0.059             | 60% |
| Ts4    | 315     | 9.2       | 93.48                | 93.44       | 92.31             | 92.27       | 0.86         | 0.86        | 0.43   | 0.047    | 0.059             | 80% |
| Ts5    | 315     | 9.2       | 93.44                | 93.39       | 92.27             | 92.22       | 0.86         | 0.86        | 0.54   | 0.059    | 0.066             | 90% |
| Ts6    | 315     | 9.2       | 93.39                | 93.33       | 92.22             | 92.14       | 0.86         | 0.87        | 0.87   | 0.074    | 0.083             | 89% |
| Ts7    | 315     | 9.2       | 93.33                | 93.25       | 92.14             | 92.03       | 0.87         | 0.90        | 1.20   | 0.087    | 0.097             | 89% |
| Ts8    | 400     | 9.2       | 93.25                | 93.18       | 92.03             | 91.98       | 0.82         | 0.80        | 0.54   | 0.095    | 0.124             | 77% |
| Ts9    | 400     | 10.3      | 93.18                | 93.09       | 91.98             | 91.89       | 0.80         | 0.80        | 0.87   | 0.109    | 0.157             | 69% |
| Ts10   | 400     | 23.1      | 93.09                | 92.82       | 91.89             | 91.62       | 0.80         | 0.80        | 1.17   | 0.114    | 0.182             | 62% |
| Ts11   | 400     | 24.1      | 92.82                | 92.5        | 91.62             | 91.30       | 0.80         | 0.80        | 1.33   | 0.143    | 0.194             | 74% |
| Ts12   | 400     | 24.1      | 92.5                 | 92.11       | 91.30             | 90.91       | 0.80         | 0.80        | 1.62   | 0.174    | 0.214             | 81% |
| Ts13   | 400     | 24.1      | 92.11                | 91.67       | 90.91             | 90.47       | 0.80         | 0.80        | 1.83   | 0.205    | 0.228             | 90% |
| Ts14   | 315     | 22.1      | 90.77                | 91.15       | 89.66             | 89.56       | 0.80         | 1.28        | 0.43   | 0.024    | 0.058             | 42% |
| Ts15   | 315     | 26.2      | 91.15                | 91.67       | 89.56             | 89.45       | 1.28         | 1.91        | 0.42   | 0.052    | 0.058             | 90% |
| Ts16   | 315     | 22.2      | 90.79                | 91.15       | 89.68             | 89.58       | 0.80         | 1.26        | 0.43   | 0.024    | 0.058             | 42% |
| Ts17   | 315     | 26.2      | 91.15                | 91.67       | 89.58             | 89.46       | 1.26         | 1.90        | 0.46   | 0.052    | 0.060             | 87% |
| Ts18   | 315     | 9.2       | 93.55                | 93.54       | 92.44             | 92.39       | 0.80         | 0.84        | 0.49   | 0.012    | 0.062             | 19% |
| Ts19   | 315     | 9.2       | 93.54                | 93.51       | 92.39             | 92.35       | 0.84         | 0.85        | 0.43   | 0.024    | 0.059             | 40% |
| Ts20   | 315     | 9.2       | 93.51                | 93.48       | 92.35             | 92.31       | 0.85         | 0.86        | 0.43   | 0.036    | 0.059             | 60% |
| Ts21   | 315     | 9.2       | 93.48                | 93.44       | 92.31             | 92.27       | 0.86         | 0.86        | 0.43   | 0.047    | 0.059             | 80% |
| Ts22   | 315     | 9.2       | 93.44                | 93.39       | 92.27             | 92.21       | 0.86         | 0.87        | 0.65   | 0.061    | 0.072             | 84% |
| Ts23   | 315     | 9.2       | 93.39                | 93.33       | 92.21             | 92.13       | 0.87         | 0.89        | 0.87   | 0.074    | 0.083             | 90% |
| Ts24   | 315     | 9.2       | 93.33                | 93.25       | 92.13             | 92.02       | 0.89         | 0.92        | 1.20   | 0.088    | 0.097             | 90% |
| Ts25   | 400     | 9.2       | 93.25                | 93.18       | 92.02             | 91.98       | 0.83         | 0.80        | 0.43   | 0.094    | 0.111             | 85% |
| Ts26   | 400     | 9.2       | 93.18                | 93.09       | 91.98             | 91.89       | 0.80         | 0.80        | 0.98   | 0.113    | 0.167             | 68% |
| Ts27   | 400     | 24.3      | 93.09                | 92.82       | 91.89             | 91.62       | 0.80         | 0.80        | 1.11   | 0.113    | 0.178             | 64% |
| Ts28   | 400     | 24.1      | 92.82                | 92.5        | 91.62             | 91.30       | 0.80         | 0.80        | 1.33   | 0.144    | 0.194             | 74% |
| Ts29   | 400     | 24.1      | 92.5                 | 92.11       | 91.30             | 90.91       | 0.80         | 0.80        | 1.62   | 0.175    | 0.214             | 82% |
| Ts30   | 400     | 24.1      | 92.11                | 91.67       | 90.91             | 90.47       | 0.80         | 0.80        | 1.83   | 0.206    | 0.228             | 90% |
| Ts31   | 500     | 33        | 91.67                | 91.67       | 89.45             | 89.13       | 1.72         | 2.04        | 0.97   | 0.270    | 0.301             | 90% |
| Ts32   | 500     | 21.3      | 91.67                | 80.65       | 89.13             | 76.63       | 2.04         | 3.52        | 58.69  | 0.622    | 2.339             | 27% |

**Tabella 12: Verifica dei collettori di smaltimento**

Per una maggiore completezza si riporta anche l'elenco dei pozzetti d'ispezione, che condividono con i tratti di tubazione le denominazioni relative alla zona di appartenenza:

| POZZETTO | DIMENSIONI INTERNE (cm) | POZZETTO | DIMENSIONI INTERNE (cm) |
|----------|-------------------------|----------|-------------------------|
| Pn1      | 80x80                   | Ps1      | 80x80                   |
| Pn2      | 80x80                   | Ps2      | 80x80                   |
| Pn3      | 80x80                   | Ps3      | 80x80                   |
| Pn4      | 80x80                   | Ps4      | 80x80                   |
| Pn5      | 80x80                   | Ps5      | 80x80                   |
| Pn6      | 80x80                   | Ps6      | 80x80                   |
| Pn7      | 80x80                   | Ps7      | 80x80                   |
| Pn8      | 80x80                   | Ps8      | 80x80                   |
| Pn9      | 80x80                   | Ps9      | 80x80                   |
| Pn10     | 80x80                   | Ps10     | 80x80                   |
| Pn11     | 80x80                   | Ps11     | 80x80                   |
| Pn12     | 80x80                   | Ps12     | 80x80                   |
| Pn13     | 100x100                 | Ps13     | 80x80                   |
| Pn14     | 80x80                   | Ps14     | 80x80                   |
| Pn15     | 80x80                   | Ps15     | 80x80                   |
| Pn16     | 80x80                   | Ps16     | 80x80                   |
| Pn17     | 80x80                   | Ps17     | 80x80                   |
| Pn18     | 80x80                   | Ps18     | 80x80                   |
| Pn19     | 100x100                 | Ps19     | 80x80                   |
| Pn20     | 120x120                 | Ps20     | 80x80                   |
| Pn21     | 120x120                 | Ps21     | 80x80                   |
| Pn22     | 80x80                   | Ps22     | 80x80                   |
| Pn23     | 120x120                 | Ps23     | 80x80                   |
| Pn24     | 80x80                   | Ps24     | 80x80                   |
| Pn25     | 80x80                   | Ps25     | 80x80                   |
| Pn26     | 80x80                   | Ps26     | 80x80                   |
| Pn27     | 80x80                   | Ps27     | 80x80                   |
| Pn28     | 80x80                   | Ps28     | 80x80                   |
| Pn29     | 80x80                   | Ps29     | 80x80                   |
| Pn30     | 80x80                   | Ps30     | 80x80                   |
| Pn31     | 120x120                 | Ps31     | 120x120                 |
| Pn32     | 120x120                 | Ps32     | 120x120                 |
| Pn33     | 120x120                 |          |                         |
| Pn34     | 120x120                 |          |                         |

**Tabella 13: Caratteristiche dei pozzetti d'ispezione**

### 7.3.3 Fossi e vasche disperdenti

Nell'ambito del presente intervento sono previste due distinte vasche disperdenti a cielo aperto, a servizio della piattaforma stradale a nord e a sud del ponte sulle linee ferroviarie di progetto.

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.

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 50 di 78 |

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

### Vasca disperdente Nord – VD9

La vasca disperdente ha una superficie di 3000 m<sup>2</sup>, una profondità massima di 1,50 m e quota di imposta a 83,80 m s.l.m; le sponde, data la profondità, sono state progettate con scarpa 3/2, con l'obiettivo di armonizzare l'opera con il contesto territoriale circostante. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S2bis (5.83E-05 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 ora e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

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

| Tempo pioggia | V pioggia         | V dispersione vasca | V accumulo vasca  | H vasca     |
|---------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------|
| [h]           | [m <sup>3</sup> ] | [m <sup>3</sup> ]   | [m <sup>3</sup> ] | [m]         |
| 0.117         | 611.91            | 606.55              | 572.72            | 0.19        |
| 0.167         | 742.68            | 734.30              | 689.99            | 0.23        |
| 0.25          | 925.59            | 909.97              | 849.45            | 0.28        |
| 0.5           | 1348.58           | 1282.62             | 1199.52           | 0.40        |
| 0.75          | 1680.71           | 1476.45             | 1457.16           | 0.49        |
| 1             | 1964.88           | 1491.67             | 1666.25           | 0.56        |
| <b>1.25</b>   | <b>2121.06</b>    | <b>1487.32</b>      | <b>1748.52</b>    | <b>0.58</b> |
| 1.5           | 2140.48           | 1481.19             | 1695.82           | 0.57        |
| 1.75          | 2157.04           | 1474.95             | 1640.30           | 0.55        |

**Tabella 14: Principali risultati del dimensionamento della Vasca disperdente Nord**

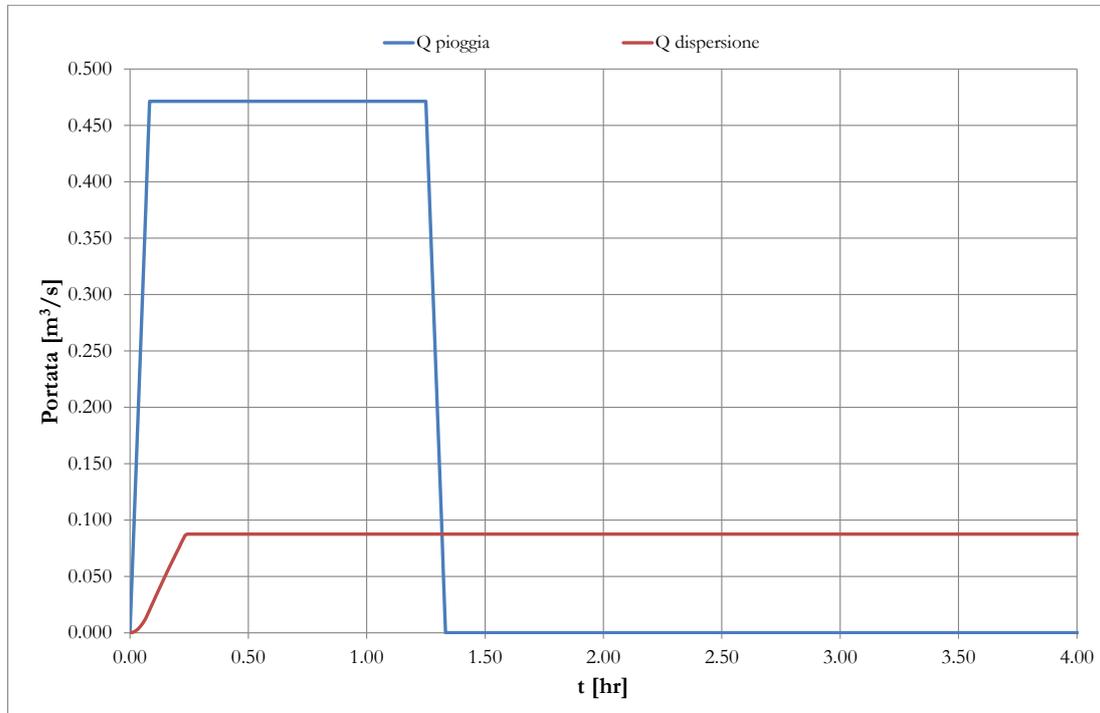


Figura 23: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1,25$  ore. Vasca disperdente Nord

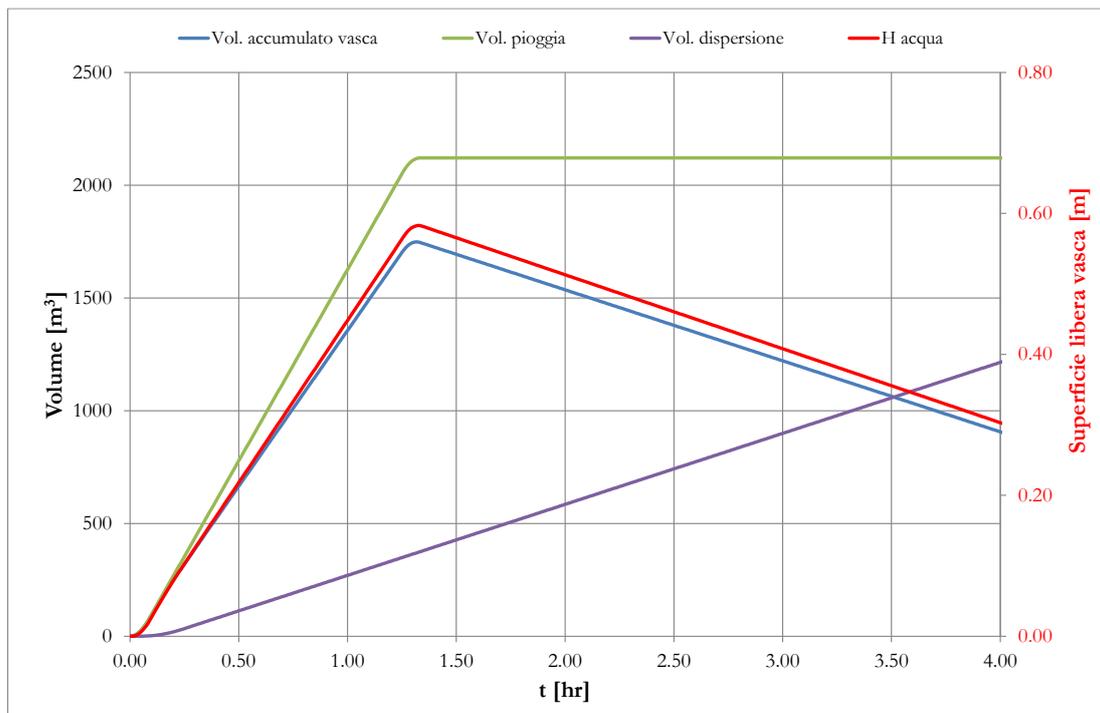


Figura 24: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1,25$  ore. Vasca disperdente Nord

### Vasca disperdente Sud – VD10

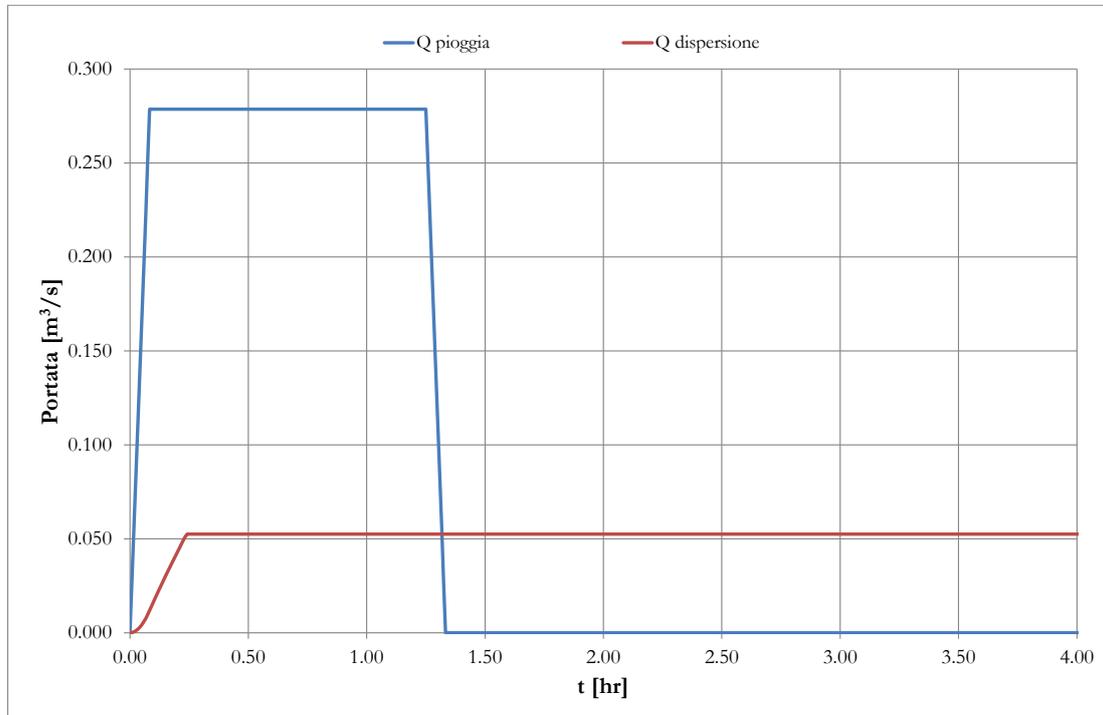
La vasca disperdente ha una superficie di 1800 m<sup>2</sup>, una profondità massima di 1,50 m e quota di imposta a 81,70 m s.l.m; le sponde, data la profondità, sono state progettate con scarpa 3/2, con l'obiettivo di armonizzare l'opera con il contesto territoriale circostante.

In 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 ora e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm.

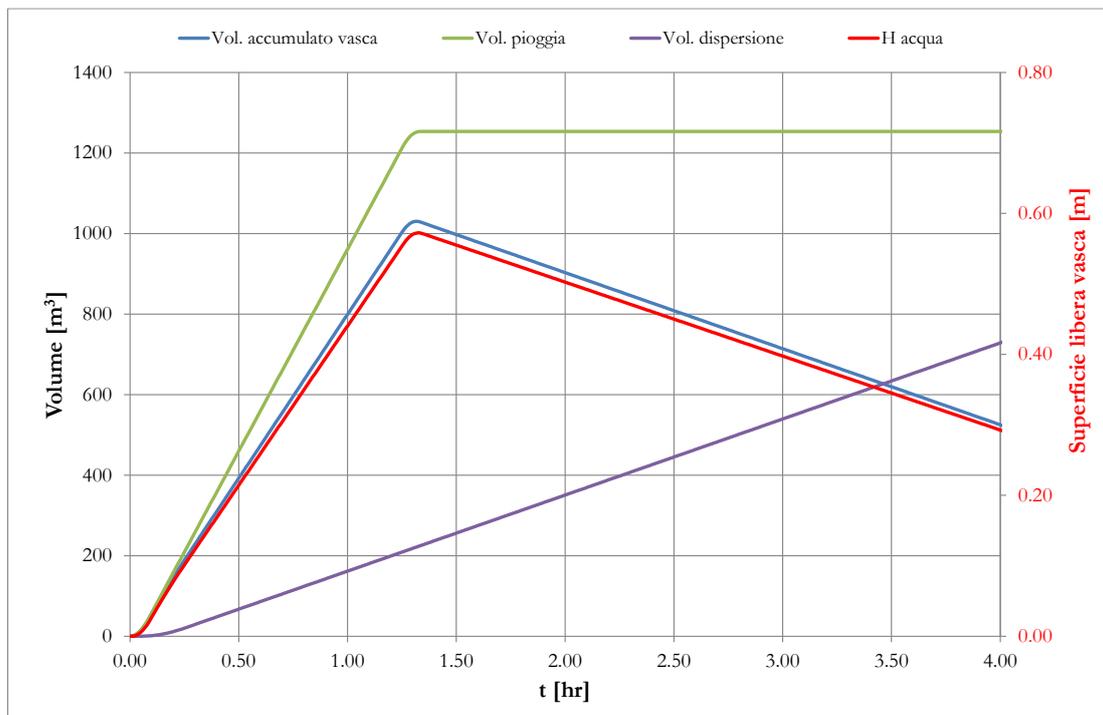
Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo pioggia | V pioggia | V dispersione vasca | V accumulo vasca | H vasca |
|---------------|-----------|---------------------|------------------|---------|
| [h]           | [m3]      | [m3]                | [m3]             | [m]     |
| 0.117         | 361.65    | 358.53              | 338.26           | 0.19    |
| 0.167         | 438.94    | 434.09              | 407.46           | 0.23    |
| 0.25          | 547.04    | 538.09              | 501.51           | 0.28    |
| 0.5           | 797.04    | 760.02              | 707.80           | 0.39    |
| 0.75          | 993.34    | 880.58              | 859.43           | 0.48    |
| 1             | 1161.28   | 894.75              | 982.39           | 0.55    |
| 1.25          | 1253.59   | 892.10              | 1030.39          | 0.57    |
| 1.5           | 1265.07   | 888.36              | 998.65           | 0.55    |
| 1.75          | 1274.86   | 884.55              | 965.27           | 0.54    |

**Tabella 15: Principali risultati del dimensionamento della Vasca disperdente Sud**



**Figura 25: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1.25$  ore. Vasca disperdente Sud**



**Figura 26: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1,25$  ore. Vasca disperdente Sud**

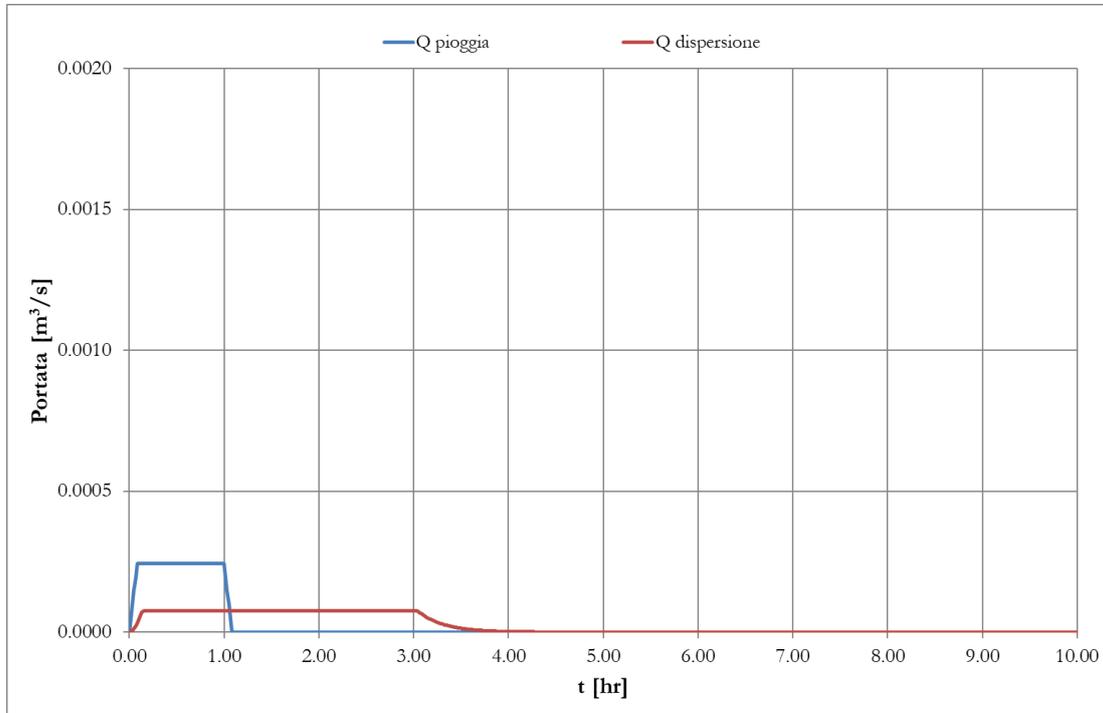
### Fosso drenante

Il fosso drenante progettato per raccogliere i deflussi provenienti dal rilevato autostradale ha una larghezza di 2,60 m e una profondità complessiva di 1,30 m. Il materiale drenante che lo compone ha una porosità pari a 0.3, mentre la conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S2bis (5.83E-05 m/s).

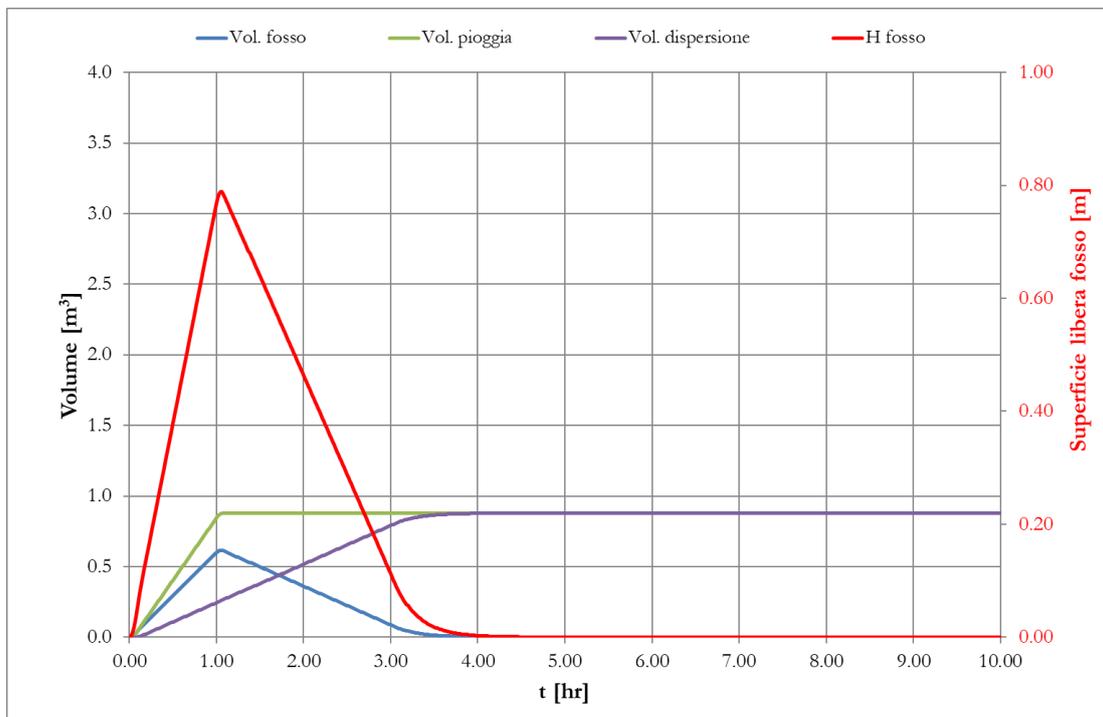
In Tabella 21 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia, riferite al fosso di lunghezza unitaria; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1 ora e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm. Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo    | V pioggia   | H vasca     | V disp      | V vasca     |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| [h]      | [m3]        | [m]         | [m3]        | [m3]        |
| 0.083    | 0.23        | 0.26        | 0.23        | 0.20        |
| 0.16     | 0.33        | 0.36        | 0.33        | 0.28        |
| 0.25     | 0.42        | 0.45        | 0.42        | 0.35        |
| 0.5      | 0.60        | 0.61        | 0.60        | 0.47        |
| 0.75     | 0.75        | 0.71        | 0.75        | 0.55        |
| <b>1</b> | <b>0.88</b> | <b>0.79</b> | <b>0.88</b> | <b>0.61</b> |
| 1.25     | 0.94        | 0.79        | 0.94        | 0.61        |
| 1.5      | 0.95        | 0.72        | 0.95        | 0.56        |
| 1.75     | 0.96        | 0.65        | 0.96        | 0.51        |
| 2        | 0.97        | 0.58        | 0.97        | 0.45        |

**Tabella 16: Principali risultati del dimensionamento del fosso drenante**



**Figura 27: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Fosso drenante**



**Figura 28: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Fosso drenante**



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

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 56 di 78 |

#### **7.3.4 Embrici**

Come accennato in precedenza, nell'ambito dell'intervento di adeguamento dell'Autostrada A22 verranno posate delle embrici prefabbricate lungo i rilevati stradali in corrispondenza delle caditoie; si specifica che tali manufatti hanno funzione esclusivamente di soccorso, nel caso di intasamento delle caditoie, pertanto si prescinde dal dimensionamento delle stesse.

## 8 VIA CASON

### 8.1 Inquadramento generale dell'area

Via Cason è una strada che collega la zona situata a nord-ovest di Quadrante Europa, ovvero la frazione di Casone, con la frazione Caselle. Allo stato attuale, la carreggiata è a due corsie, una per senso di marcia, e si sviluppa con andamento NE-SO; è presente un restringimento di corsia, regolato da impianto semaforico, in corrispondenza del sovrappasso della tangenziale di Verona.



**Figura 29: Via Cason, stato attuale**

Come visibile nell'immagine sopra riportata, via Cason sottopassa le linee ferroviarie all'incirca a metà tra l'intersezione con la tangenziale e quella con l'autostrada A22; il sottopassaggio è costituito da un manufatto in c.a. all'interno del quale è presente anche la pista ciclabile.

Nell'ambito del presente intervento è stato previsto l'adeguamento della viabilità di via Cason alla nuova disposizione delle linee ferroviarie di progetto, andando quindi ad allungare in entrambe le direzioni il manufatto costituente il sottopassaggio, e sostanzialmente spostando verso nord il tratto di viabilità dall'uscita del sottopasso fino a Casone.

Il progetto per l'adeguamento di via Cason prevede inoltre la realizzazione di una strada di collegamento alle utenze abitative ubicate a nord-ovest del sottopassaggio, e la riprofilatura di una seconda strada di collegamento ad un'altra unità abitativa a sud dei binari di progetto.

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 58 di 78 |

## 8.2 Opere di drenaggio idraulico

Dal punto di vista della sistemazione idraulica, per ciascuna delle opere sopra descritte è stato progettato un apposito sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, i cui principali elementi caratteristici sono di seguito descritti:

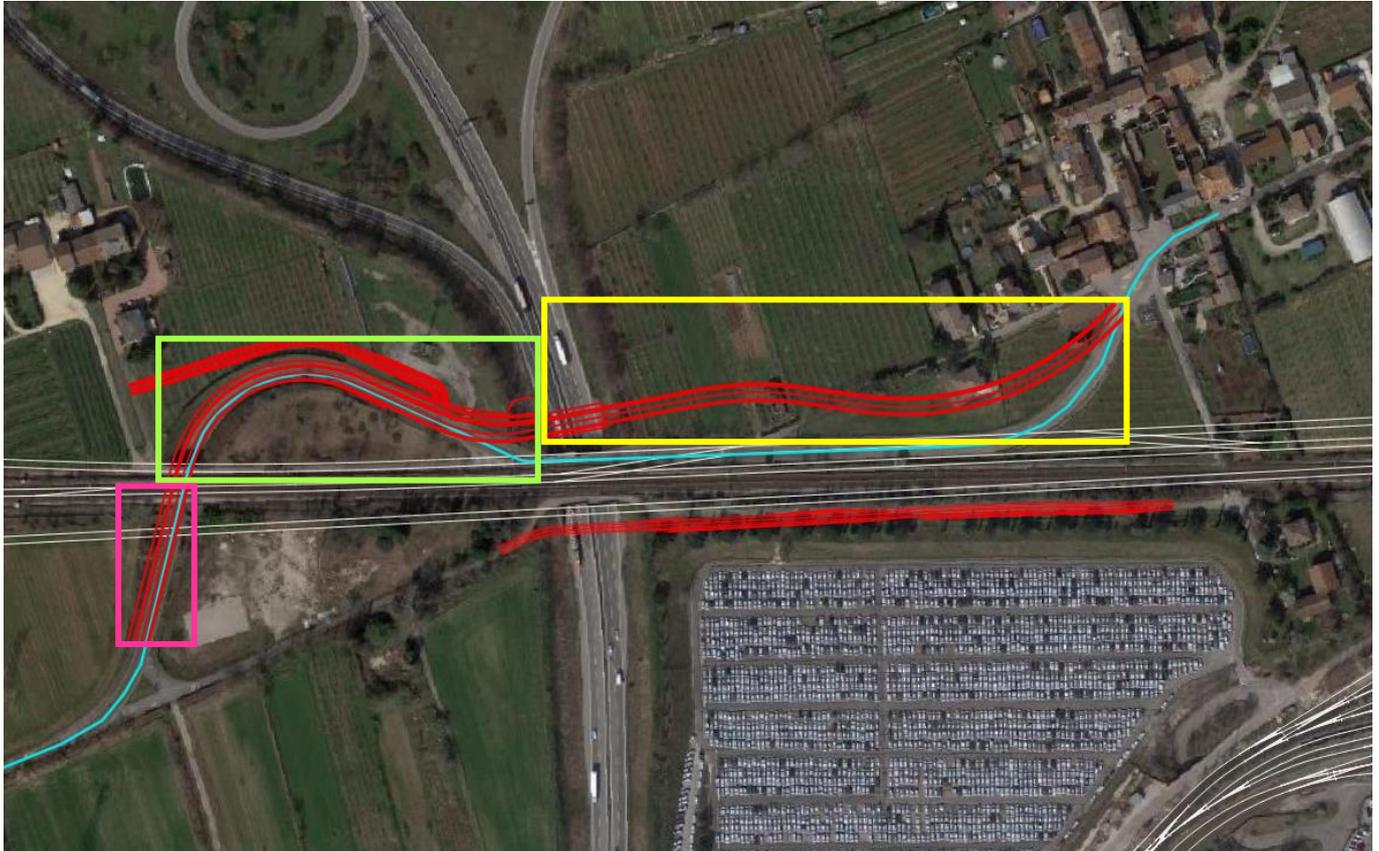
- un sistema di raccolta delle acque scolanti lungo le rampe del sottopassaggio, le quali vengono pompate da una stazione di sollevamento verso la vasca disperdente sopra descritta;
- caditoie per la raccolta delle acque della sede stradale;
- tubazioni interrato di raccolta delle acque della sede stradale, che trasportano le acque o direttamente nella vasca disperdente, o nella stazione di sollevamento;
- una vasca disperdente nella quale vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche relativa al sottopassaggio;
- un fosso drenante per la dispersione delle acque meteoriche del tratto terminale di via Cason;

Nel presente documento vengono pertanto illustrati i calcoli svolti per la verifica delle opere di drenaggio connesse alla realizzazione della nuova viabilità.

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 50 anni.

L'area relativa all'intervento di adeguamento di via Cason è suddivisibile, per una maggior chiarezza descrittiva, nelle seguenti zone, visibili anche in Figura 30:

1. "rampa sud", evidenziata in magenta nella figura sottostante;
2. "rampa nord", evidenziata in verde nella figura sottostante;
3. "via Cason", evidenziata in giallo nella figura sottostante;



**Figura 30: Via Cason, stato attuale (in ciano) e stato di progetto (in rosso) con indicazione delle zone di intervento. In bianco sono riportati gli assi delle linee di progetto.**

Nel paragrafo successivo vengono descritti i sistemi di drenaggio delle acque della sede stradale che sono stati individuati per l'allontanamento delle acque meteoriche stesse, costituiti da caditoie, tubazioni interrato e fossi drenanti.

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.

### 8.2.1 Descrizione del sistema di drenaggio

Il drenaggio delle acque della sede stradale nei sistemi di smaltimento precedentemente descritti (vasca disperdente), avviene attraverso diverse tipologie di manufatti idraulici prefabbricati, che vengono di seguito riportati:

1. Caditoie in ghisa sferoidale D400, dimensioni 0,50x0,50m, da installare con un interasse di 25 metri dove la strada ha pendenza trasversale a schiena d'asino, e con un interasse di 15 metri dove la pendenza trasversale è unica. L'area sottesa da ogni caditoia è variabile tra i 60 e i 180 m<sup>2</sup>.

2. Tubi in PVC di diametri variabili, utilizzati per il sistema di smaltimento delle acque raccolte dalle caditoie. Il ricoprimento minimo delle tubazioni è stato posto pari a 60cm nei tratti sotto al marciapiede e alla ciclabile, e a 100cm sotto strada.
3. Pozzetti d'ispezione prefabbricati in cls vibrato, dimensioni interne variabili tra 0,80x0,80m e 1,00x1,00m, posizionati in corrispondenza delle caditoie.
4. Embrici prefabbricati in cls, disposti ad un interasse di 25 m circa lungo la parte finale di via Cason, che raccolgono le acque provenienti dalla pista ciclabile.
5. Vasca disperdente a cielo aperto, area 900 m<sup>2</sup>, H=0,75 m. La vasca è stata ricavata nell'area interclusa tra la rampa nord e i binari di progetto, e raccoglierà i deflussi provenienti da entrambe le rampe.
6. Fosso drenante, larghezza 2,6 m, che raccoglierà le acque provenienti dagli embrici prefabbricati e dalle tubazioni di raccolta delle acque nella parte finale di via Cason.

### 8.2.2 *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 0.71 ettari.

## 8.3 **Verifiche idrauliche**

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici relativi all'Alta Velocità ed alle opere di sede è stato considerato un tempo di ritorno di 50 anni per i sottopassi e di 25 anni per la piattaforma stradale.

### 8.3.1 *Caditoie a griglia ed a bocca di lupo*

Le caditoie a griglia di dimensioni 50x50 cm sono collocate ad intervalli di 15 o 25 m, in base alla pendenza trasversale della strada. La massima superficie scolante afferente ad una caditoia è di 180 mq e, considerando un coefficiente idrometrico di 462 l/(s ha), da origine ad una portata di circa 7,9 l/s; una griglia addossata al marciapiede con un carico idraulico di 4 cm è in grado di captare una portata di circa 20 l/s.

### 8.3.2 *Collettori di smaltimento*

Per distinguere i vari tratti di tubazioni all'interno dell'intervento di via Cason, essi sono stati suddivisi e denominati in base alla zona servita. Di seguito sono riportati gli acronimi e la loro spiegazione:

- Trs = Tratto rampa sud, riguardante la rampa sud del sottopasso;
- Trn = Tratto rampa nord, riguardante la rampa nord del sottopasso;
- Tvc = Tratto via Cason, riguardante la rimanente parte dell'omonima via, dal sovrappasso sulla tangenziale fino alla fine dell'intervento;

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 61 di 78 |

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

- Tratto - denominazione tratto dalla tubazione;
- DN – diametro nominale della tubazione;
- Lungh – lunghezza del tratto di tubazione;
- Quote strada/terreno (zi/zfin) – quote del piano strada o del terreno, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Quote scorrimento – quote di scorrimento della tubazione, distinte tra punto iniziale e finale del tratto;
- Ricoprimento – ricoprimento della tubazione, dall’estradosso superiore della condotta al terreno/strada;
- if – pendenza longitudinale della tubazione nel tratto;
- Q – portata transitante nella condotta;
- Qamm – portata massima ammessa nella condotta, pari al 70% del riempimento della stessa;
- R– rapporto tra la portata Q e la portata ammissibile Qamm;

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 62 di 78 |

| TRATTO | DN (mm) | Lungh (m) | Quote strada/terreno |             | Quote scorrimento |             | Ricoprimento |             | if (%) | Q (mc/s) | Qamm - 70% (mc/s) | R   |
|--------|---------|-----------|----------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|--------|----------|-------------------|-----|
|        |         |           | zi (mism)            | zfin (mism) | zi (mism)         | zfin (mism) | zi (mism)    | zfin (mism) |        |          |                   |     |
| Trs1   | 315     | 7         | 78.70                | 78.70       | 77.39             | 77.35       | 1.00         | 1.04        | 0.50   | 0.012    | 0.063             | 19% |
| Trs2   | 315     | 24.7      | 78.70                | 76.75       | 77.35             | 75.43       | 1.04         | 1.00        | 7.77   | 0.019    | 0.249             | 8%  |
| Trs3   | 315     | 7         | 76.75                | 76.75       | 75.44             | 75.40       | 1.00         | 1.03        | 0.50   | 0.012    | 0.063             | 19% |
| Trs4   | 315     | 24.7      | 76.75                | 75.80       | 75.40             | 74.48       | 1.03         | 1.00        | 3.72   | 0.038    | 0.172             | 22% |
| Trs5   | 315     | 7         | 75.80                | 75.80       | 74.49             | 74.45       | 1.00         | 1.03        | 0.50   | 0.012    | 0.063             | 19% |
| Trs6   | 315     | 19.3      | 75.80                | 75.53       | 74.45             | 74.22       | 1.03         | 1.00        | 1.19   | 0.053    | 0.097             | 55% |
| Trs7   | 315     | 7         | 75.53                | 75.53       | 74.22             | 74.18       | 1.00         | 1.03        | 0.50   | 0.012    | 0.063             | 20% |
| Trs8   | 315     | 8.4       | 75.53                | 75.57       | 74.18             | 74.11       | 1.03         | 1.14        | 0.83   | 0.076    | 0.081             | 94% |
| Trn1   | 315     | 1.8       | 84.02                | 84.00       | 83.11             | 83.08       | 0.60         | 0.61        | 1.39   | 0.012    | 0.105             | 11% |
| Trn2   | 315     | 13.4      | 84.00                | 83.67       | 83.08             | 82.75       | 0.61         | 0.61        | 2.46   | 0.012    | 0.140             | 8%  |
| Trn3   | 315     | 1.8       | 83.69                | 83.67       | 82.78             | 82.75       | 0.60         | 0.61        | 1.39   | 0.012    | 0.105             | 12% |
| Trn4   | 315     | 13        | 83.67                | 83.40       | 82.75             | 82.49       | 0.61         | 0.60        | 2.00   | 0.029    | 0.126             | 23% |
| Trn5   | 315     | 1.8       | 83.42                | 83.40       | 82.51             | 82.49       | 0.60         | 0.60        | 0.83   | 0.012    | 0.081             | 15% |
| Trn6   | 315     | 14.7      | 83.40                | 83.16       | 82.49             | 82.24       | 0.60         | 0.61        | 1.70   | 0.041    | 0.116             | 35% |
| Trn7   | 315     | 2         | 83.18                | 83.16       | 82.27             | 82.24       | 0.60         | 0.61        | 1.25   | 0.012    | 0.100             | 12% |
| Trn8   | 315     | 2         | 83.14                | 83.16       | 82.23             | 82.21       | 0.60         | 0.64        | 0.75   | 0.006    | 0.077             | 8%  |
| Trn9   | 315     | 47        | 83.16                | 83.50       | 81.85             | 81.60       | 1.00         | 1.59        | 0.52   | 0.047    | 0.064             | 73% |
| Trn10  | 315     | 2.7       | 82.15                | 82.13       | 81.24             | 81.21       | 0.60         | 0.61        | 0.93   | 0.004    | 0.086             | 5%  |
| Trn11  | 315     | 7.7       | 82.13                | 82.13       | 80.82             | 80.78       | 1.00         | 1.03        | 0.45   | 0.012    | 0.060             | 20% |
| Trn12  | 315     | 24.4      | 82.13                | 80.85       | 80.78             | 79.53       | 1.03         | 1.00        | 5.12   | 0.022    | 0.202             | 11% |
| Trn13  | 315     | 7.7       | 81.24                | 80.85       | 79.93             | 79.53       | 1.00         | 1.00        | 5.13   | 0.012    | 0.202             | 6%  |
| Trn14  | 315     | 13.8      | 80.85                | 80.25       | 79.53             | 78.94       | 1.00         | 1.00        | 4.28   | 0.043    | 0.184             | 24% |
| Trn15  | 315     | 13.8      | 80.25                | 79.03       | 78.94             | 77.71       | 1.00         | 1.01        | 8.91   | 0.055    | 0.266             | 21% |
| Trn16  | 315     | 13.8      | 79.03                | 78.25       | 77.71             | 76.94       | 1.01         | 1.00        | 5.58   | 0.066    | 0.211             | 32% |
| Trn17  | 315     | 14        | 78.25                | 77.00       | 76.94             | 75.69       | 1.00         | 1.00        | 8.93   | 0.078    | 0.266             | 29% |
| Trn18  | 315     | 14        | 77.00                | 76.40       | 75.69             | 75.09       | 1.00         | 1.00        | 4.29   | 0.089    | 0.185             | 48% |
| Trn19  | 315     | 13.8      | 76.40                | 75.66       | 75.09             | 74.35       | 1.00         | 1.00        | 5.36   | 0.100    | 0.206             | 48% |
| Trn20  | 315     | 11.1      | 75.66                | 75.57       | 74.35             | 74.17       | 1.00         | 1.08        | 1.62   | 0.112    | 0.114             | 98% |
| Trn21  | 400     | 3.3       | 75.57                | 79.81       | 74.11             | 74.06       | 1.06         | 5.35        | 1.52   | 0.199    | 0.207             | 96% |
| Tvc1   | 315     | 1         | 83.94                | 83.97       | 83.03             | 83.02       | 0.60         | 0.64        | 0.50   | 0.005    | 0.063             | 7%  |
| Tvc2   | 315     | 1.3       | 83.99                | 83.97       | 83.08             | 83.05       | 0.60         | 0.61        | 1.92   | 0.008    | 0.124             | 6%  |
| Tvc3   | 315     | 24.7      | 83.97                | 83.78       | 83.05             | 82.86       | 0.61         | 0.61        | 0.77   | 0.011    | 0.078             | 14% |
| Tvc4   | 315     | 1.8       | 83.80                | 83.78       | 82.89             | 82.86       | 0.60         | 0.61        | 1.39   | 0.008    | 0.105             | 7%  |
| Tvc5   | 315     | 4.8       | 83.78                | 82.12       | 82.86             | 82.00       | 0.61         | -0.19       | 17.92  | 0.020    | 0.377             | 5%  |
| Tvc6   | 315     | 24.8      | 83.99                | 83.80       | 82.68             | 82.49       | 1.00         | 1.00        | 0.75   | 0.009    | 0.077             | 12% |
| Tvc7   | 315     | 5.9       | 83.80                | 82.00       | 82.49             | 81.80       | 1.00         | -0.11       | 11.69  | 0.020    | 0.305             | 7%  |
| Tvc8   | 315     | 6.7       | 83.62                | 81.90       | 82.71             | 82.00       | 0.60         | -0.41       | 10.52  | 0.008    | 0.289             | 3%  |
| Tvc9   | 315     | 5.8       | 83.62                | 81.80       | 82.71             | 81.80       | 0.60         | -0.32       | 15.60  | 0.010    | 0.352             | 3%  |
| Tvc10  | 315     | 6.8       | 83.42                | 81.90       | 82.51             | 82.00       | 0.60         | -0.41       | 7.43   | 0.008    | 0.243             | 3%  |
| Tvc11  | 315     | 5.5       | 83.42                | 81.77       | 82.51             | 81.80       | 0.60         | -0.35       | 12.82  | 0.011    | 0.319             | 3%  |
| Tvc12  | 315     | 5.1       | 83.25                | 81.90       | 82.34             | 81.80       | 0.60         | -0.21       | 10.49  | 0.011    | 0.289             | 4%  |
| Tvc13  | 315     | 5.1       | 83.19                | 81.90       | 82.28             | 81.80       | 0.60         | -0.21       | 9.31   | 0.011    | 0.272             | 4%  |
| Tvc14  | 315     | 4.4       | 83.17                | 82.26       | 82.26             | 81.80       | 0.60         | 0.15        | 10.34  | 0.011    | 0.287             | 4%  |
| Tvc15  | 315     | 5.2       | 83.03                | 81.80       | 82.12             | 81.80       | 0.60         | -0.32       | 6.06   | 0.011    | 0.219             | 5%  |
| Tvc16  | 315     | 5.8       | 82.87                | 81.70       | 81.96             | 81.50       | 0.60         | -0.11       | 7.84   | 0.011    | 0.250             | 4%  |
| Tvc17  | 315     | 5         | 82.76                | 81.85       | 81.85             | 81.50       | 0.60         | 0.03        | 6.90   | 0.011    | 0.234             | 5%  |
| Tvc18  | 315     | 5         | 82.60                | 82.00       | 81.69             | 81.50       | 0.60         | 0.19        | 3.70   | 0.011    | 0.171             | 7%  |
| Tvc19  | 315     | 4.6       | 82.51                | 82.02       | 81.60             | 81.50       | 0.60         | 0.20        | 2.07   | 0.011    | 0.128             | 9%  |
| Tvc20  | 315     | 4.4       | 82.37                | 81.97       | 81.46             | 81.20       | 0.60         | 0.45        | 5.80   | 0.011    | 0.215             | 5%  |
| Tvc21  | 315     | 4.6       | 82.32                | 81.97       | 81.41             | 81.20       | 0.60         | 0.45        | 4.46   | 0.011    | 0.188             | 6%  |
| Tvc22  | 315     | 4.6       | 82.15                | 81.87       | 81.24             | 81.20       | 0.60         | 0.36        | 0.76   | 0.011    | 0.078             | 14% |
| Tvc23  | 315     | 3.8       | 82.04                | 81.80       | 81.13             | 80.80       | 0.60         | 0.69        | 8.55   | 0.011    | 0.261             | 4%  |
| Tvc24  | 315     | 4.2       | 81.92                | 81.85       | 81.01             | 80.80       | 0.60         | 0.73        | 4.88   | 0.011    | 0.197             | 6%  |
| Tvc25  | 315     | 4.2       | 81.85                | 81.80       | 80.94             | 80.80       | 0.60         | 0.69        | 3.21   | 0.011    | 0.160             | 7%  |
| Tvc26  | 315     | 4.3       | 81.75                | 81.70       | 80.84             | 80.80       | 0.60         | 0.59        | 0.81   | 0.008    | 0.080             | 9%  |

**Tabella 17: Verifica dei collettori di smaltimento**

Per una maggiore completezza si riporta anche l'elenco dei pozzetti d'ispezione, che condividono con i tratti di tubazione le denominazioni relative alla zona di appartenenza (rs, rn, vc):

TITOLO ELABORATO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO    | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| IN10     | 10    | D26RI    | ID 01 02 003 | A    | 63 di 78 |

| POZZETTO | DIMENSIONI INTERNE (cm) |
|----------|-------------------------|
| Prs1     | 80x80                   |
| Prs2     | 80x80                   |
| Prs3     | 80x80                   |
| Prs4     | 80x80                   |
| Prn1     | 80x80                   |
| Prn2     | 80x80                   |
| Prn3     | 80x80                   |
| Prn4     | 80x80                   |
| Prn4b    | 80x80                   |
| Prn5     | 80x80                   |
| Prn6     | 80x80                   |
| Prn7     | 80x80                   |
| Prn8     | 80x80                   |
| Prn9     | 80x80                   |
| Prn10    | 80x80                   |
| Prn11    | 80x80                   |
| Prn12    | 80x80                   |
| Prn13    | 80x80                   |
| Prn14    | 100x100                 |
| Pvc1     | 80x80                   |
| Pvc2     | 80x80                   |
| Pvc3     | 80x80                   |

**Tabella 18: Caratteristiche dei pozzetti d'ispezione**

### 8.3.3 Stazioni di sollevamento

Nel tratto in esame è prevista una stazione di sollevamento, ubicata all'uscita nord del sottopassaggio; da qui le acque meteoriche verranno conferite nella vasca disperdente a cielo aperto descritta in precedenza.

Si riportano di seguito i principali risultati relativi al dimensionamento della stazione di sollevamento prevista nel tratto in oggetto. Per ulteriori dettagli ed approfondimenti si rimanda agli elaborati grafici specifici allegati alla presente.

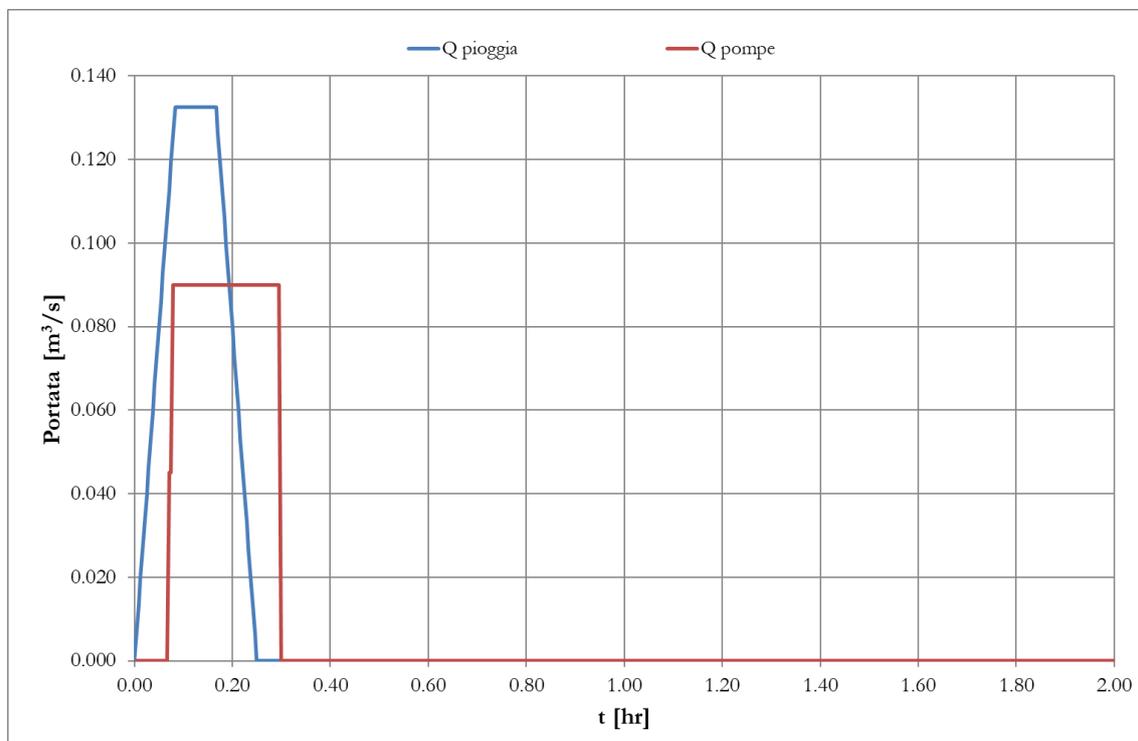
#### Stazione di sollevamento Cason

Nella stazione di sollevamento, 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 16.5 m. L'altezza di arresto è stata posta pari a 40 cm, mentre gli stacchi delle pompe, in accordo con la sequenza 2 del par. 5.5.5, risultano pari a 77 e 89 cm.

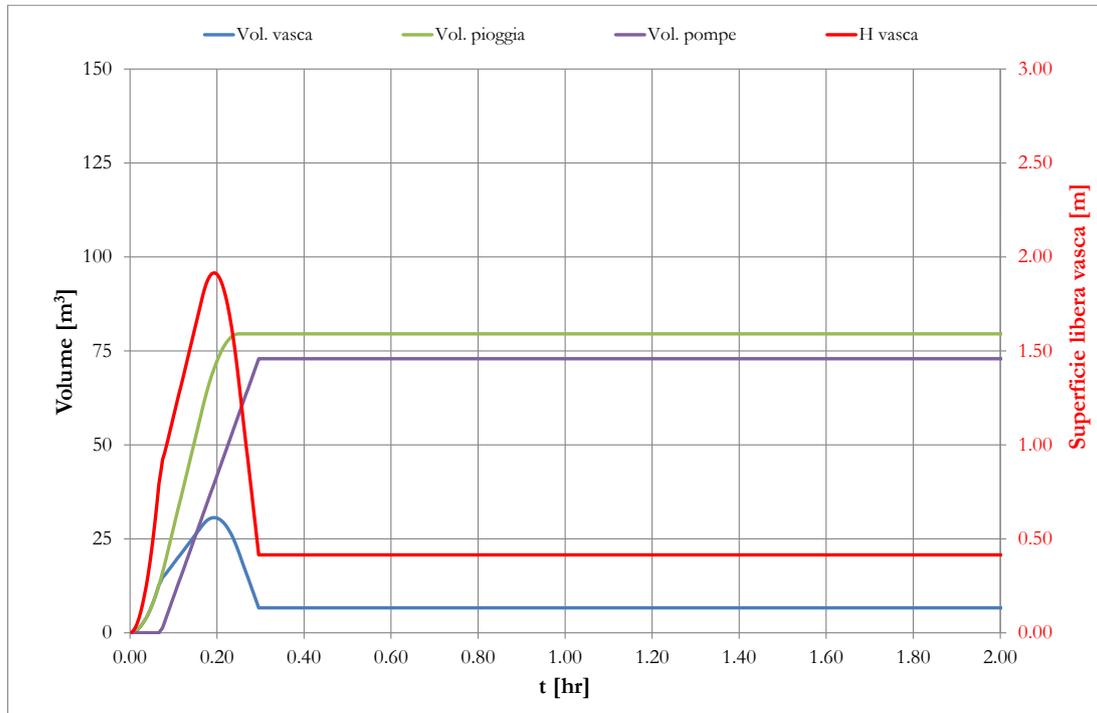
| Tempo pioggia | V pioggia | V pompa | V accumulo vasca | H vasca |
|---------------|-----------|---------|------------------|---------|
| [h]           | [m3]      | [m3]    | [m3]             | [m]     |
| 0.083         | 54.70     | 47.93   | 26.94            | 1.68    |
| 0.167         | 79.53     | 72.90   | 30.64            | 1.91    |
| 0.25          | 99.00     | 91.80   | 27.69            | 1.73    |
| 0.5           | 143.94    | 137.03  | 14.74            | 0.92    |
| 0.75          | 179.17    | 171.45  | 14.54            | 0.91    |
| 1             | 209.28    | 202.50  | 14.42            | 0.90    |

**Tabella 19: Principali risultati del dimensionamento della vasca di sollevamento Cason**

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



**Figura 31: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=10$ min. Vasca di sollevamento Cason**



**Figura 32: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=10$ min. Vasca di sollevamento Cason**

### 8.3.4 Tubi in pressione

Nell'area in esame, le uniche tubazioni in pressione sono quelle di mandata che dalla stazione di sollevamento Cason portano le acque di deflusso alla relativa vasca disperdente. Le caratteristiche di tali tubazioni sono espresse di seguito:

- Tubazione da stazione di sollevamento Cason a vasca disperdente Cason: con una prevalenza delle pompe di 16.5m viene convogliata una portata di 104 l/s.

| tubazione       | Di [m] | L[m] | scabrezza [mm] | area bagnata [m <sup>2</sup> ] | f      | U [m/s] | Re [x105] | ie [-] |
|-----------------|--------|------|----------------|--------------------------------|--------|---------|-----------|--------|
| inox DN200      | 0.215  | 3    | 0.1            | 0.031                          | 0.0176 | 3.313   | 6.626     | 0.049  |
| pead DN200 PN16 | 0.164  | 30   | 0.1            | 0.021                          | 0.0182 | 4.951   | 8.100     | 0.139  |

### 8.3.5 Fossi e vasche disperdenti

In via Cason è prevista una vasca disperdente a cielo aperto, a servizio della piattaforma stradale a nord e a sud del sottopasso. Nel tratto rimanente di via Cason, ossia dal cavalcavia sulla tangenziale fino a Casone, si prevede di smaltire le acque meteoriche per mezzo di fossi drenanti.

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.

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

### Vasca disperdente Cason

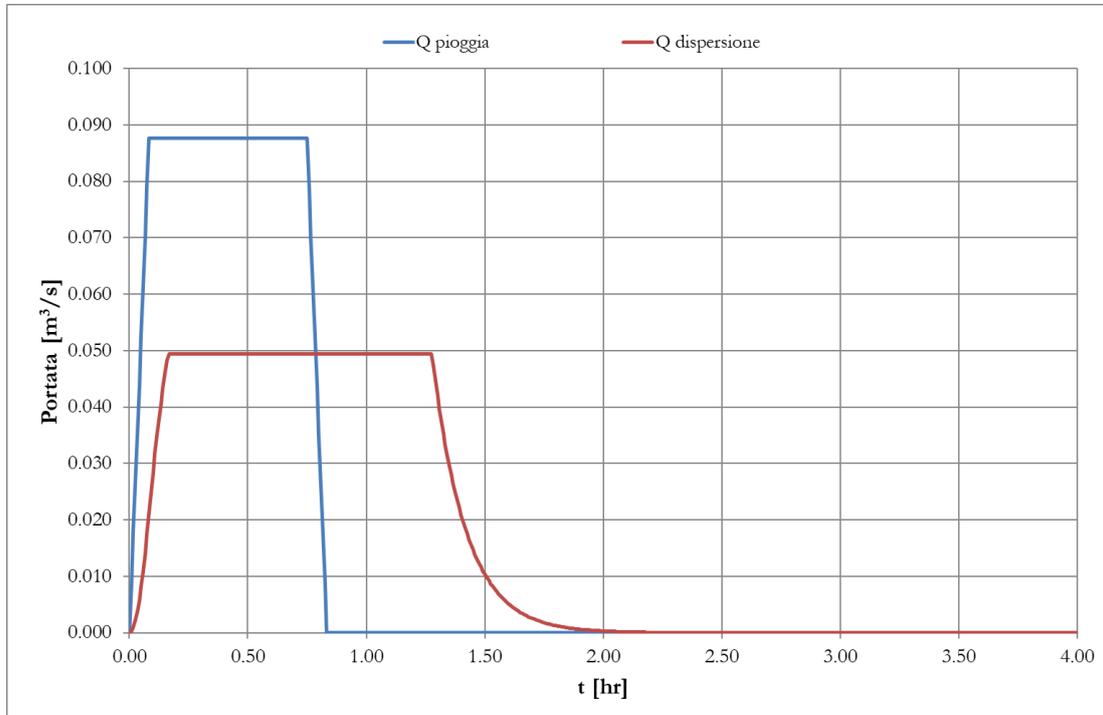
La vasca disperdente ha una superficie di 900 m<sup>2</sup>, una profondità massima di 0,75 m e quota di imposta a 80,85 m s.l.m; le sponde, data l'esigua profondità, sono state progettate con scarpa 1/1.

In Tabella 20 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. La conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso la media dei valori dimezzati della prova Lefranc dei sondaggi S4 (1.26E-04 m/s) e S6 (9.39E-05 m/s).

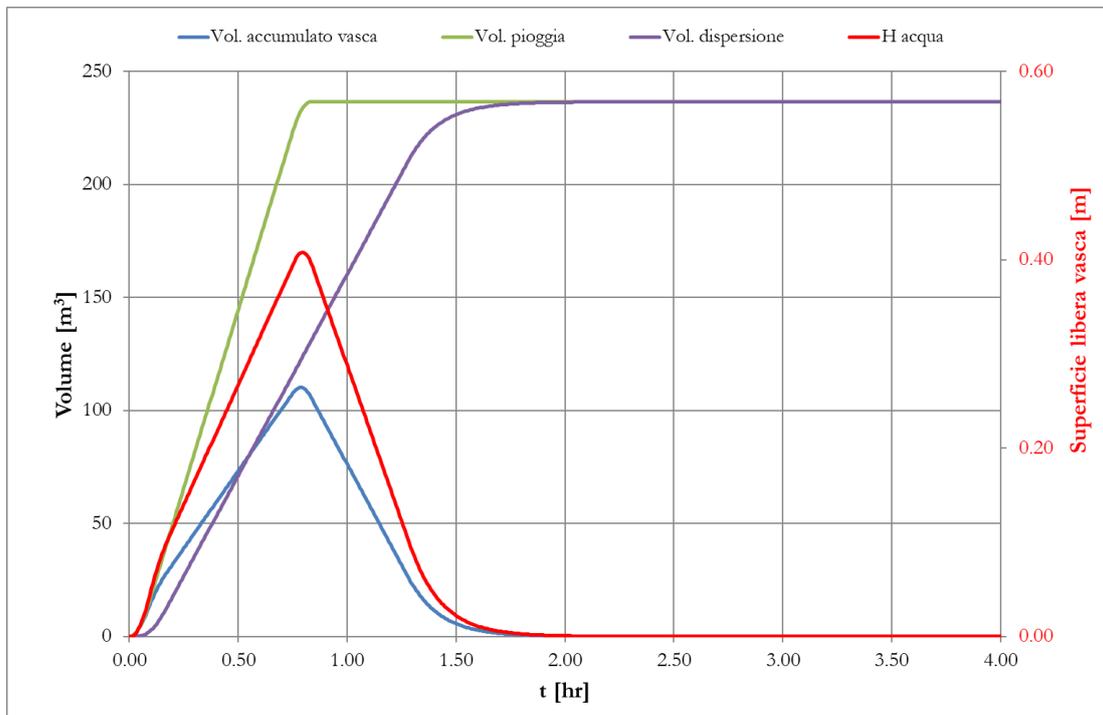
Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo pioggia | V pioggia     | V dispersione vasca | V accumulo vasca | H vasca     |
|---------------|---------------|---------------------|------------------|-------------|
| [h]           | [m3]          | [m3]                | [m3]             | [m]         |
| 0.117         | 86.61         | 86.61               | 63.84            | 0.24        |
| 0.167         | 105.00        | 105.00              | 74.58            | 0.28        |
| 0.25          | 130.70        | 130.70              | 87.02            | 0.32        |
| 0.5           | 190.04        | 190.04              | 105.35           | 0.39        |
| <b>0.75</b>   | <b>236.55</b> | <b>236.55</b>       | <b>110.12</b>    | <b>0.41</b> |
| 1             | 276.31        | 276.31              | 107.80           | 0.40        |

**Tabella 20: Principali risultati del dimensionamento della Vasca dispersione Cason**



**Figura 33: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=0.75$  ore. Vasca dispersione Cason**



**Figura 34: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=0.75$  ore. Vasca dispersione Cason**

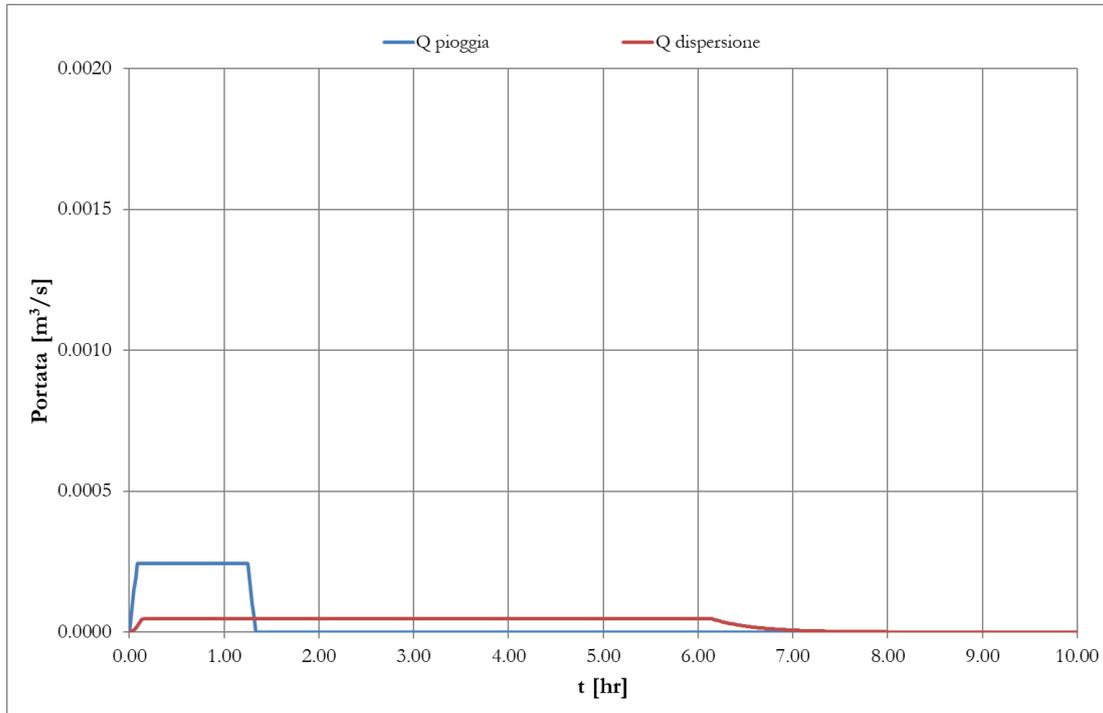
### Fosso drenante Cason

Il fosso drenante progettato nella parte terminale di via Cason ha una larghezza di 2,60 m e una profondità complessiva di 1,80 m. Il materiale drenante che lo compone ha una porosità pari a 0,3, mentre la conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S8 (3.6E-05 m/s).

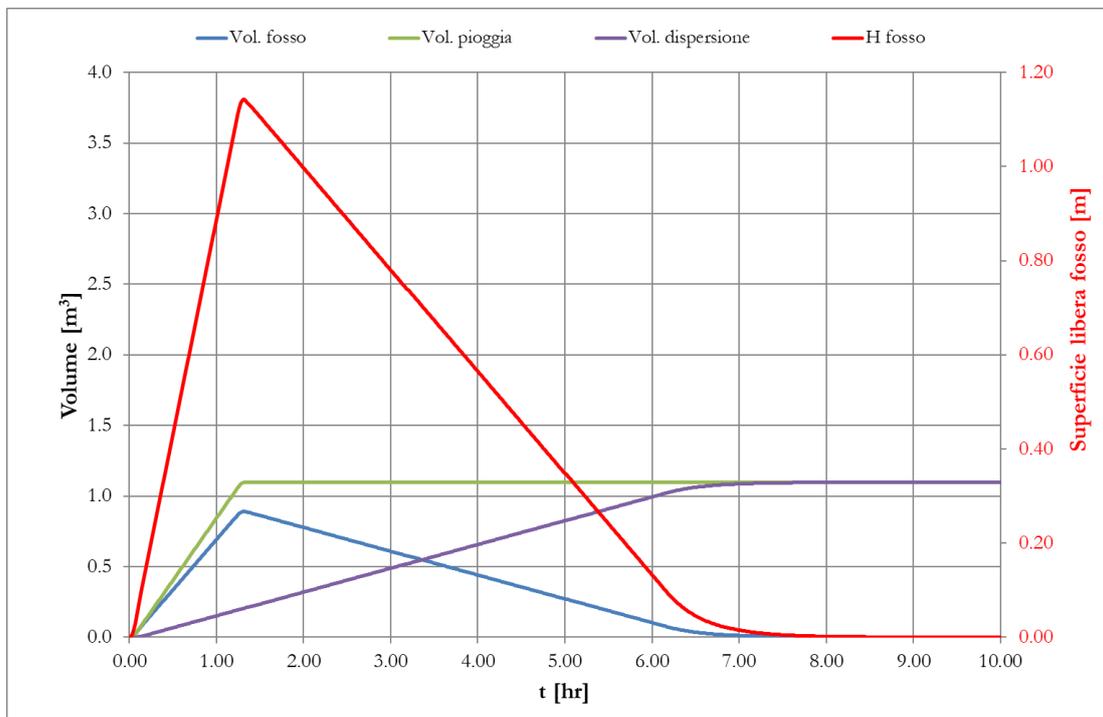
In Tabella 21 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 1.25 h e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm. Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo pioggia | V pioggia   | H vasca     | V disp      | V vasca     |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| [h]           | [m3]        | [m]         | [m3]        | [m3]        |
| 0.083         | 0.27        | 0.32        | 0.27        | 0.25        |
| 0.16          | 0.38        | 0.45        | 0.38        | 0.35        |
| 0.25          | 0.48        | 0.56        | 0.48        | 0.44        |
| 0.5           | 0.70        | 0.79        | 0.70        | 0.62        |
| 0.75          | 0.88        | 0.96        | 0.88        | 0.75        |
| 1             | 1.02        | 1.10        | 1.02        | 0.86        |
| <b>1.25</b>   | <b>1.10</b> | <b>1.14</b> | <b>1.10</b> | <b>0.89</b> |
| 1.5           | 1.11        | 1.11        | 1.11        | 0.86        |
| 1.75          | 1.12        | 1.07        | 1.12        | 0.83        |
| 2             | 1.13        | 1.03        | 1.13        | 0.80        |
| 3             | 1.16        | 0.86        | 1.16        | 0.67        |

**Tabella 21: Principali risultati del dimensionamento del fosso drenante**



**Figura 35: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1.25$  ore. Fosso drenante Cason**



**Figura 36: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1.25$  ore. Fosso drenante Cason**

### 8.3.6 Embrici

La parte terminale di via Cason, ovvero quella ubicata dal ponte sulla tangenziale fino alla frazione di Casone, scarica in fossi drenanti mediante sia tubazioni che embrici. Queste ultime raccolgono le acque provenienti dalla pista ciclabile, con un interasse di circa 25 metri.

Nel caso in esame si stima una portata massima di 4.8 l/s, avendo considerato un evento di pioggia con Tr 25 anni e tempo di pioggia 5 minuti, scolante su una superficie di 68.75 m<sup>2</sup> (25 x 2.75m).

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 (3 cm):

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

dove:

- Q = portata sfiorata (m<sup>3</sup>/s)
- $\mu$  = coefficiente di deflusso, pari a 0.385
- L = larghezza stramazzo L = 0.30 m
- h = carico idraulico (m)
- g = accelerazione di gravità pari a 9,806 m/s<sup>2</sup>.

In siffatte condizioni la portata massima scaricabile è di 16.2 l/s e quindi la spaziatura di 25 m tra le embrici risulta idonea a smaltire la portata di progetto.

## 9 VIA FENILON (VIADOTTO)

Via Fenilon è una strada che collega la zona situata ad est di Quadrante Europa con il quartiere di San Massimo, situato a nord dello snodo ferroviario tra le linee MI-VE, del Brennero e per Bologna. Allo stato attuale, la carreggiata è a due corsie, una per senso di marcia, e si sviluppa con andamento N-S; la viabilità sovrappassa le linee ferroviarie intersecate mediante ponti o strutture scatolari.



**Figura 37: Via Fenilon, stato attuale**

Nell'ambito del presente intervento è stato previsto l'adeguamento della viabilità di via Fenilon alla nuova disposizione delle linee ferroviarie di progetto, e alla nuova realizzazione di una sottostazione elettrica. Gli interventi prevedono la completa demolizione e ricostruzione del ponte sulle linee MI-VE storica e AV, che verrà realizzato spostato verso est rispetto alla posizione attuale.

Il progetto per l'adeguamento di via Fenilon prevede inoltre la realizzazione di una strada di servizio per raggiungere la sottostazione elettrica situata ad ovest del viadotto.

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 72 di 78 |

## 9.1 Opere di drenaggio idraulico

Dal punto di vista della sistemazione idraulica è stato progettato un apposito sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, i cui principali elementi caratteristici sono di seguito descritti:

- una vasca disperdente nella quale vengono collettati i deflussi provenienti dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche;
- un fosso drenante per la dispersione delle acque meteoriche del tratto nord di via Fenilon e sul lato sud della strada di servizio;
- embrici prefabbricati in cls per la raccolta e il trasferimento delle acque di carreggiata lungo il rilevato stradale;
- tubazioni interrato e pluviali per la raccolta delle acque del viadotto;

Nel presente documento vengono pertanto illustrati i calcoli svolti per la verifica delle opere di drenaggio connesse alla realizzazione della nuova viabilità.

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 50 anni.

L'area relativa all'intervento di adeguamento di via Fenilon è suddivisibile, per una maggior chiarezza descrittiva, nelle seguenti zone, visibili anche in xxx:

1. "rampa sud", evidenziata in magenta nella figura sottostante;
2. "rampa nord", evidenziata in verde nella figura sottostante;
3. "viadotto", evidenziata in giallo nella figura sottostante;
4. "strada di servizio", evidenziata in blu nella figura sottostante;

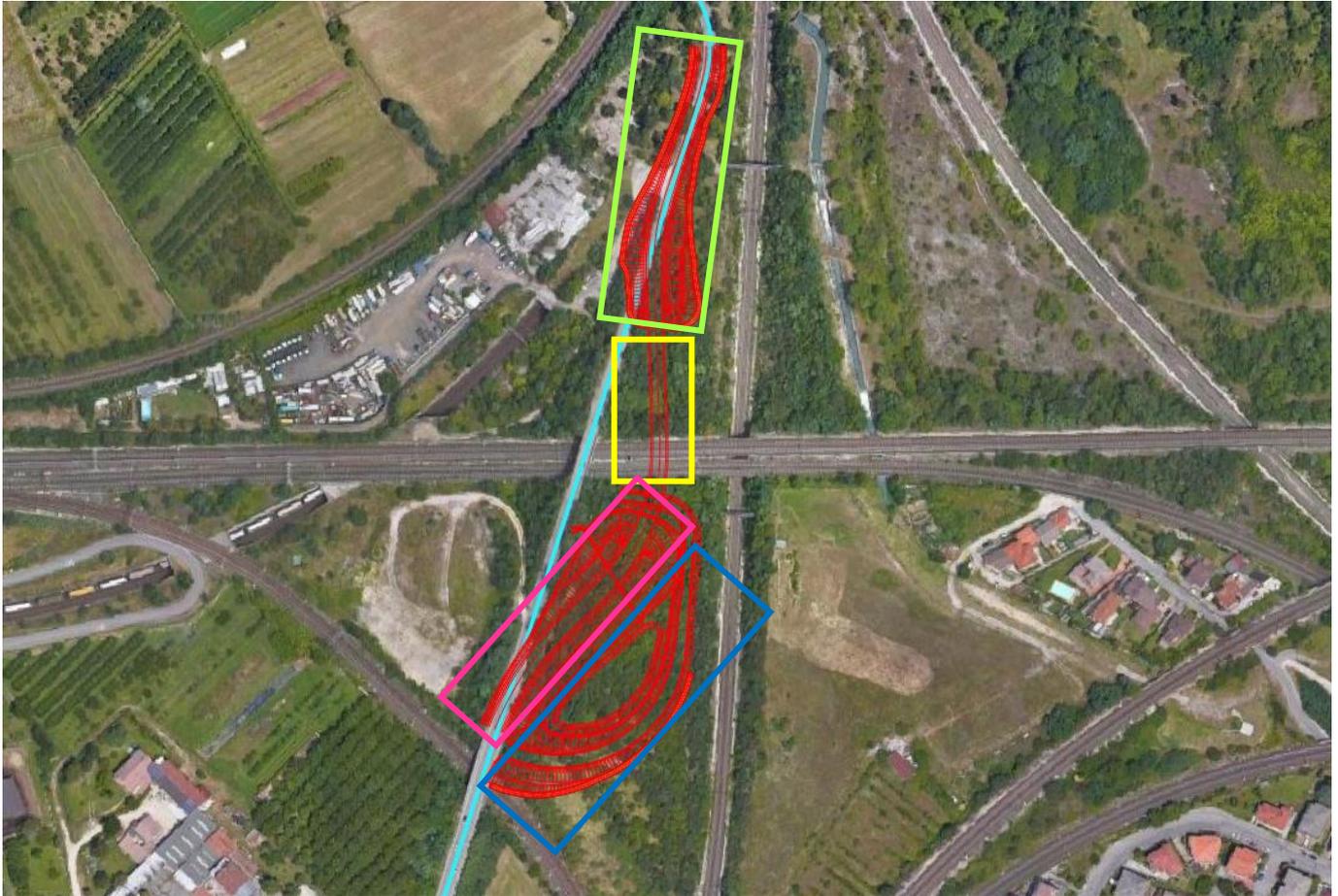


Figura 38: Via Fenilon, stato attuale (in ciano) e stato di progetto (in rosso) con indicazione delle zone di intervento.

### 9.1.1 Descrizione del sistema di drenaggio

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

1. Pluviali DN150 per lo smaltimento delle acque dell'impalcato del viadotto;
2. Tubi in PVC DN315, utilizzati per il sistema di smaltimento delle acque provenienti dai pluviali dell'impalcato. Il ricoprimento minimo delle tubazioni è stato posto pari a 100cm sotto strada.
3. Embrici prefabbricati in cls, disposti lungo il rilevato stradale con interasse di 15 metri;
4. Fossi di guardia prefabbricati per la raccolta delle acque provenienti dagli embrici;
5. Vasca disperdente a cielo aperto, di area pari a 1200 m<sup>2</sup>, H=0.95 m. La vasca è stata ricavata nell'area interclusa tra il rilevato della rampa sud del viadotto e la strada di servizio;

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 74 di 78 |

6. Fosso drenante, che raccoglierà le acque provenienti dagli embrici prefabbricati sia sul lato sud della strada di servizio, sia della rampa nord;

### 9.1.2 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 1.77 ettari.

## 9.2 Verifiche idrauliche

Per la definizione delle portate da utilizzare nelle verifiche degli elementi idraulici relativi all'Alta Velocità ed alle opere di sede è stato considerato un tempo di ritorno di 25 anni per la piattaforma stradale e di 50 anni per le vasche disperdenti.

### 9.2.1 Fossi e vasche disperdenti

In via Fenilon è prevista la realizzazione di una vasca disperdente a cielo aperto a servizio della rampa sud e della strada di servizio, mentre le acque meteoriche provenienti dall'impalcato del viadotto verranno trasportate nella vasca VD5, costruita a servizio della piattaforma ferroviaria. Anche il sistema di smaltimento della rampa nord è a dispersione, verrà infatti realizzato un fosso drenante lungo il perimetro del rilevato per intercettare e smaltire le portate provenienti dalla strada e dalle sponde dello stesso.

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.

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

#### Vasca disperdente

La vasca disperdente ha una superficie di 1200 m<sup>2</sup>, con quota di imposta a 70.60 m s.l.m; la conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della prova Lefranc del sondaggio S10 (2.64E-04 m/s).

In Tabella 22 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.

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

| Tempo pioggia | V pioggia | V dispersione vasca | V accumulo vasca | H vasca |
|---------------|-----------|---------------------|------------------|---------|
| [h]           | [m3]      | [m3]                | [m3]             | [m]     |
| 0.117         | 496.13    | 496.13              | 403.73           | 0.28    |
| 0.167         | 601.50    | 601.50              | 478.71           | 0.33    |
| 0.25          | 748.74    | 748.74              | 573.25           | 0.39    |
| 0.5           | 1088.64   | 1088.64             | 750.99           | 0.51    |
| 0.75          | 1355.11   | 1355.11             | 852.45           | 0.58    |
| 1             | 1582.85   | 1582.85             | 913.91           | 0.63    |
| 1.25          | 1697.92   | 1697.91             | 865.66           | 0.59    |
| 1.5           | 1716.90   | 1716.90             | 725.37           | 0.50    |

Tabella 22: Principali risultati del dimensionamento della Vasca disperdente

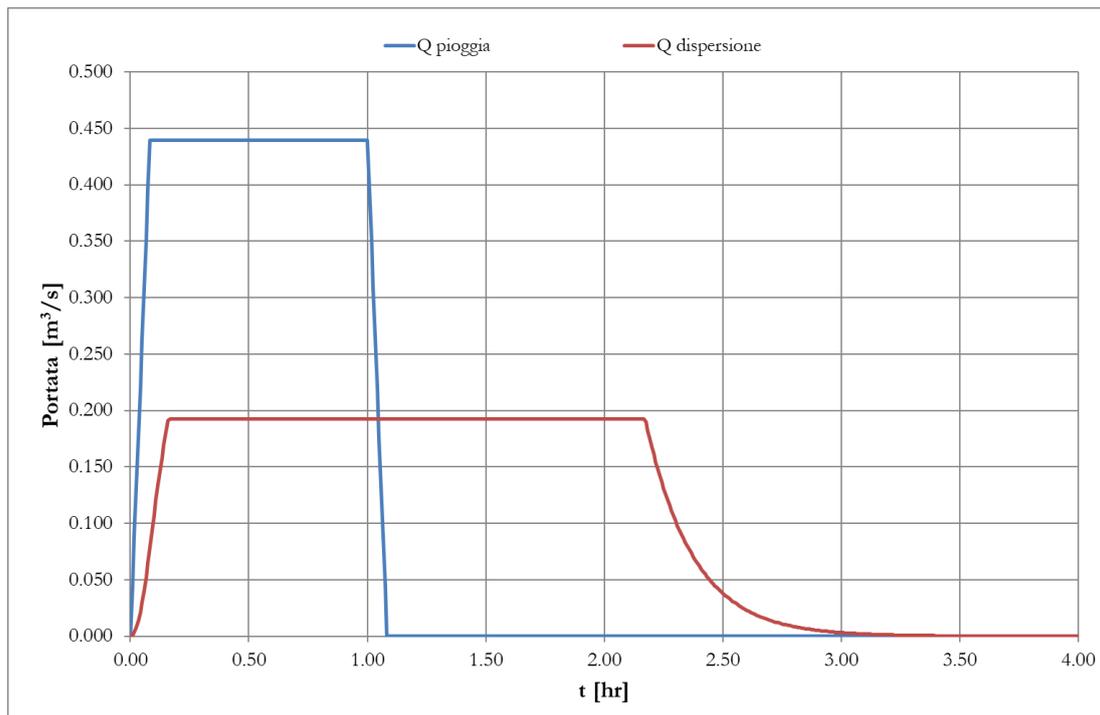
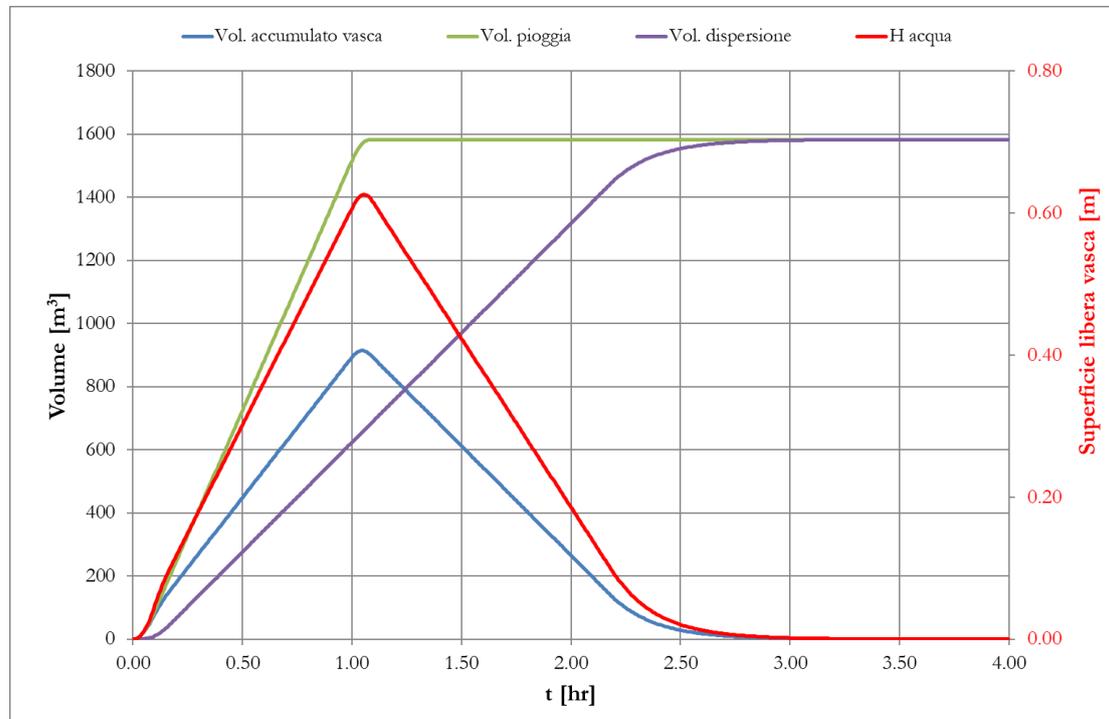


Figura 39: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Vasca disperdente



**Figura 40: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=1$  ora. Vasca disperdente**

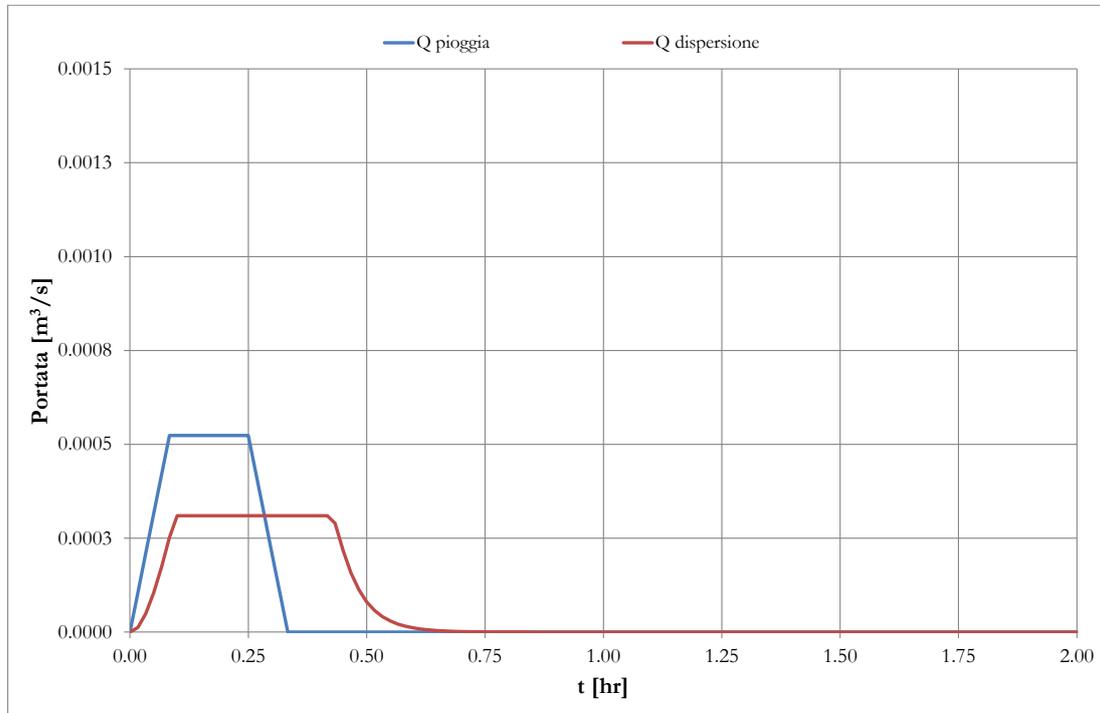
### Fosso drenante

Il fosso drenante progettato per la parte sud della strada di servizio e per la rampa nord ha una larghezza di 2,60 m e una profondità complessiva di 1,30 m. Il materiale drenante che lo compone ha una porosità pari a 0,3, mentre la conducibilità idraulica del mezzo poroso è stata definita attraverso il valore dimezzato della media delle prove Lefranc dei sondaggi S13 ( $3.39E-04$  m/s) e S15 ( $1.38E-04$  m/s).

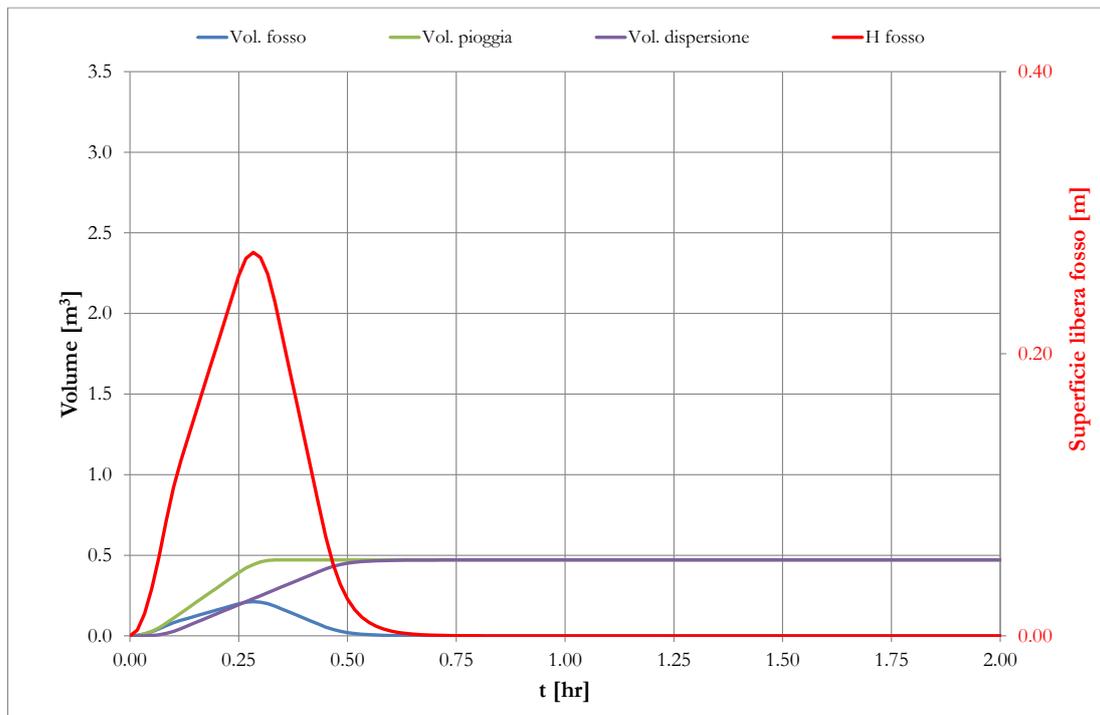
In Tabella 23 vengono mostrati i risultati delle simulazioni al variare del tempo di pioggia; la massima altezza idrica all'interno della vasca si realizza per un tempo di pioggia di 0,25 h e viene rispettata la condizione di un franco idraulico di 30 cm. Di seguito si riportano i grafici delle portate e dei volumi in ingresso e in uscita per il suddetto tempo di pioggia.

| Tempo pioggia [h] | V pioggia [m3] | H vasca [m] | V disp [m3] | V vasca [m3] |
|-------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|
| 0.083             | 0.26           | 0.20        | 0.26        | 0.16         |
| 0.16              | 0.37           | 0.25        | 0.37        | 0.20         |
| <b>0.25</b>       | <b>0.47</b>    | <b>0.27</b> | <b>0.47</b> | <b>0.21</b>  |
| 0.5               | 0.68           | 0.22        | 0.68        | 0.17         |
| 0.75              | 0.85           | 0.11        | 0.85        | 0.09         |
| 1                 | 1.00           | 0.09        | 1.00        | 0.07         |

**Tabella 23: Principali risultati del dimensionamento del fosso drenante**



**Figura 41: Grafico delle portate in ingresso e in uscita con  $t_p=0.25$  ore. Fosso drenante**



**Figura 42: Grafico dei volumi in ingresso e in uscita con  $t_p=0.25$  ore. Fosso drenante**

|   |   |          |       |              |           |          |
|---|---|----------|-------|--------------|-----------|----------|
|  | <b>LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA</b><br><b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA</b><br><b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b> |          |       |              |           |          |
|   | TITOLO ELABORATO  | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA     | DOCUMENTO | REV.     |
|   | IN10  | 10       | D26RI | ID 01 02 003 | A         | 78 di 78 |

### 9.2.2 Embrici

Come visto, la parte sud della strada di servizio e la rampa nord scaricano in fossi drenanti mediante l'utilizzo di embrici prefabbricate, posizionate con un interasse di circa 15 metri.

Nel caso in esame si stima una portata massima di 10.2 l/s, avendo considerato un evento di pioggia con Tr 25 anni e tempo di pioggia 5 minuti, scolante su una superficie di 145 m<sup>2</sup>.

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 (3 cm):

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

dove:

- Q = portata sfiorata (m<sup>3</sup>/s)
- $\mu$  = 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/s<sup>2</sup>.

In siffatte condizioni la portata massima scaricabile è di 16.2 l/s e quindi la spaziatura di 15 m tra le embrici risulta idonea a smaltire la portata di progetto.

## 10 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.