

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO

**COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE – PRG E ACC DEL P.M.
CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI**

SL03 Nuovo sottopasso al km 10+311

Relazione idraulica smaltimento acque

SCALA:

-

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

I Z 0 9 0 0 D 2 6 R I S L 0 3 0 0 0 0 1 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|----------------------|----------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|-----------------------------|
| A | Emissione definitiva | F.Serrau | Settembre 2019 | M.Ventura | Settembre 2019 | S. Lo Presti | Settembre 2019 | F. Sacchi Settembre 2019 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
Doct. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Udine
n. 23172 Sp. A.

File: IZ0900D26RISL0300001A

n. Elab.:

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 2 di 38 |

INDICE

| | | |
|---|--|----|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | RIFERIMENTI NORMATIVI | 4 |
| 3 | INQUADRAMENTO GENERALE DELL' AREA | 6 |
| 4 | ANALISI PLUVIOMETRICA..... | 9 |
| 5 | DRENAGGIO DI PIATTAFORMA..... | 16 |
| 6 | STIMA DELLE PORTATE DI PIENA | 18 |
| 7 | TABULATI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO..... | 28 |

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 3 di 38 |

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le opere idrauliche di drenaggio previste nella progettazione definitiva del PRG e ACC del nuovo PM di Carnacco e delle opere sostitutive dei P.L. interferenti con il nuovo PM.

Il presente studio descrive il sistema di drenaggio delle acque meteoriche ricadenti sulla viabilità SL03, analizzando in dettaglio le opere di presidio idraulico per l'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale di progetto. Il progetto analizza le interferenze con le opere esistenti e le opere di futura realizzazione studiandone la perfetta compatibilità.

Si riportano, inoltre, le analisi degli aspetti legati alla verifica di "Compatibilità Idraulica" rispetto ai disposti normativi di pianificazione e assetto del territorio della Autorità di Bacino Alpi Orientali.

Gli elaborati idraulici prodotti nell'ambito del presente studio sono riportati in Tabella 1.1:

| SL00 Generale Sottopassi | |
|---------------------------------|--|
| Varie | Particolari e dettagli opere di smaltimento idraulico sottopassi 1/2 |
| varie | Particolari e dettagli opere di smaltimento idraulico sottopassi 2/2 |

| SL03 Nuovo sottopasso al km 10+291 | |
|---|---|
| | Relazione idraulica smaltimento acque |
| 1:500 | Planimetria con rete di smaltimento idraulica |

Tabella 1.1: Elaborati prodotti nell'ambito del presente studio.

Lo studio idrologico è finalizzato alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, che verranno assunte nelle successive verifiche idrauliche. La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme tecniche delle costruzioni.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 4 di 38 |

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018);
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato;
- PAI - 1. Relazione Generale
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni;
- PRTA – Piano Regionale di Tutela delle Acque
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Alpi Orientali (P.G.R.A. 04/03/2016);
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee;
- Decreto del Presidente della Regione 27 marzo 2018, n.083/Pres. - Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, letterak) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque).-PAIR – Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Regionali
- PAI – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 5 di 38 |

- Piano Regolatore Generale Comunale (Variante n.49) – Approvato con Deliberazione consiliare del 6 ottobre 2016, n.30.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|-------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 6 di 38 |

3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

3.1 Inquadramento normativo idraulico

Le opere in progetto ricadono all'interno del bacino idrografico della "Laguna Marano Grado" ricadente all'interno del bacino idrografico Alpi Orientali, pertanto le competenze in materia di pianificazione idraulica sono demandate all'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali e al PAI in vigore.

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 8 distretti idrografici (Figura 3-1) in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 3-1 - Suddivisione territoriale in distretti

Gli interventi in progetto ricadono nell'area di giurisdizione del Distretto idrografico Alpi Orientali
Figura 3-2.



Figura 3-2 – Distretto idrografico Padano

L'analisi idraulica dovrà considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento che per la zona in esame sono:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

3.2 Rischio idraulico

Per la valutazione della pericolosità idraulica cui è soggetta l'area d'intervento sono stati consultati gli studi idraulici disponibili sul rischio idraulico del territorio ed in particolare il Piano Regolatore Generale Comunale (Variante n.49).

In

Figura 3-3 è rappresentata la mappa del Piano Regolatore, nella quale è presente anche la mappatura delle zone di pericolosità idraulica individuate dal progetto di piano stralcio per l'assetto idrogeologico

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D.26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

dei bacini di interesse regionale (P.A.I.R. aggiornamento Ottobre 2014).

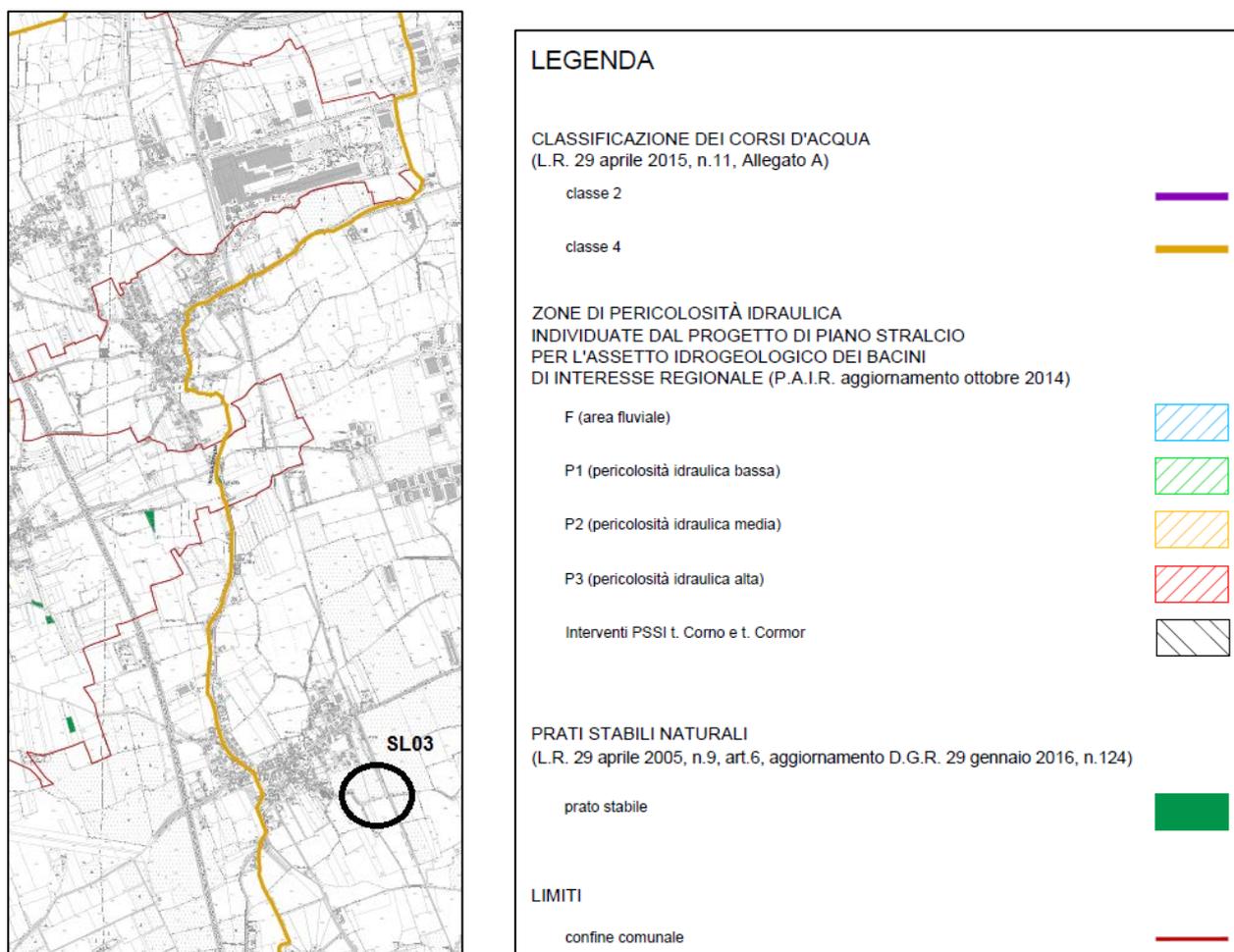


Figura 3-3 – Localizzazione sottopasso SL03 all'interno del Piano Regolatore generale Comunale.

Come illustrato in

Figura 3-3, la zona in cui verrà inserito il sottopasso e la viabilità superficiale annessa, è situata in un'area in cui non si evidenziano particolari criticità idrauliche, pertanto non sarà necessario adottare speciali misure di salvaguardia idraulica dell'opera.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

4 ANALISI PLUVIOMETRICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili per il dimensionamento dei diversi manufatti idraulici in particolare per la valutazione dei tiranti idrici.

Il software Rainmap FVG permette la determinazione delle Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica che hanno il compito di esprimere il legame esistente tra l'altezza della pioggia h e la sua durata d , per un assegnato tempo di ritorno T . I dati analizzati sono stati ricavati da serie storiche di 130 stazioni pluviometriche e coprono un intervallo di tempo dal 1920 al 2013. Usualmente tale legame si trova espresso nella formulazione: $hd(T) = a * dn$.

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica permettono quindi di ottenere uno studio statistico delle piogge intense in un punto o in un'area della superficie terrestre. Nella formulazione i parametri a ed n sono in funzione del tempo di ritorno T . Il parametro a rappresenta l'altezza della precipitazione di durata unitaria e tempo di ritorno T ; tale valore risulta essere crescente rispetto a T . Il parametro n invece assume oscillazioni molto più limitate.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti inserendo le coordinate geografiche del progetto in esame:

| Parametri LSPP | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| n | 0,31 | | | | | | |
| | Tempo di ritorno (Anni) | | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 |
| a | 33,1 | 44,5 | 52,7 | 61,0 | 72,6 | 81,9 | 91,8 |

| Precipitazioni (mm) | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Durata (Hr) | Tempo di ritorno (Anni) | | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 |
| 1 | 33,1 | 44,5 | 52,7 | 61,0 | 72,6 | 81,9 | 91,8 |
| 2 | 41,0 | 55,0 | 65,1 | 75,4 | 89,7 | 101,2 | 113,5 |
| 3 | 46,3 | 62,2 | 73,6 | 85,3 | 101,5 | 114,6 | 128,4 |
| 4 | 50,6 | 67,9 | 80,4 | 93,1 | 110,9 | 125,1 | 140,2 |
| 5 | 54,2 | 72,7 | 86,1 | 99,7 | 118,7 | 133,9 | 150,1 |
| 6 | 57,3 | 76,9 | 91,0 | 105,4 | 125,5 | 141,6 | 158,7 |
| 7 | 60,0 | 80,6 | 95,4 | 110,5 | 131,5 | 148,4 | 166,3 |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

| | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8 | 62,5 | 84,0 | 99,4 | 115,1 | 137,0 | 154,6 | 173,3 |
| 9 | 64,8 | 87,0 | 103,0 | 119,3 | 142,0 | 160,3 | 179,6 |
| 10 | 66,9 | 89,9 | 106,4 | 123,2 | 146,7 | 165,5 | 185,5 |
| 11 | 68,9 | 92,5 | 109,5 | 126,9 | 151,0 | 170,4 | 191,0 |
| 12 | 70,8 | 95,0 | 112,5 | 130,3 | 155,1 | 175,0 | 196,1 |
| 13 | 72,5 | 97,4 | 115,2 | 133,5 | 158,9 | 179,3 | 201,0 |
| 14 | 74,2 | 99,6 | 117,9 | 136,6 | 162,5 | 183,4 | 205,6 |
| 15 | 75,8 | 101,7 | 120,4 | 139,5 | 166,0 | 187,3 | 209,9 |
| 16 | 77,3 | 103,8 | 122,8 | 142,2 | 169,3 | 191,1 | 214,1 |
| 17 | 78,7 | 105,7 | 125,1 | 144,9 | 172,5 | 194,6 | 218,1 |
| 18 | 80,1 | 107,6 | 127,3 | 147,5 | 175,5 | 198,1 | 222,0 |
| 19 | 81,4 | 109,4 | 129,4 | 149,9 | 178,4 | 201,4 | 225,7 |
| 20 | 82,7 | 111,1 | 131,5 | 152,3 | 181,3 | 204,6 | 229,2 |
| 21 | 84,0 | 112,8 | 133,4 | 154,6 | 184,0 | 207,6 | 232,7 |
| 22 | 85,2 | 114,4 | 135,3 | 156,8 | 186,6 | 210,6 | 236,0 |
| 23 | 86,3 | 115,9 | 137,2 | 158,9 | 189,2 | 213,5 | 239,2 |
| 24 | 87,5 | 117,4 | 139,0 | 161,0 | 191,6 | 216,3 | 242,3 |

Il Manuale di Progettazione ferroviaria di RFI definisce i tempi di ritorno da utilizzare per il dimensionamento delle opere idrauliche in funzione dell'importanza strategica del manufatto. Per le opere idrauliche relative alla piattaforma ferroviaria il tempo di ritorno con cui dimensionare è di 100 anni mentre per alcuni manufatti il tempo di ritorno di riferimento è 25 anni. Bisogna quindi ricavare anche i parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno pari a 25 anni, questo può essere effettuato attraverso l'interpolazione dei parametri precedentemente definiti.

I parametri di riferimento per i tempi di ritorno di 25 anni, ottenuti dalle interpolazioni, sono:

| Tr= 25 anni | |
|-------------|-------|
| a [mm/h] | n [-] |
| 64.0 | 0.31 |

Di seguito si riporta la curva di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno, calcolata per piogge di durata maggiori di 1h con l'aggiunta della curva interpolata per TR25 anni.

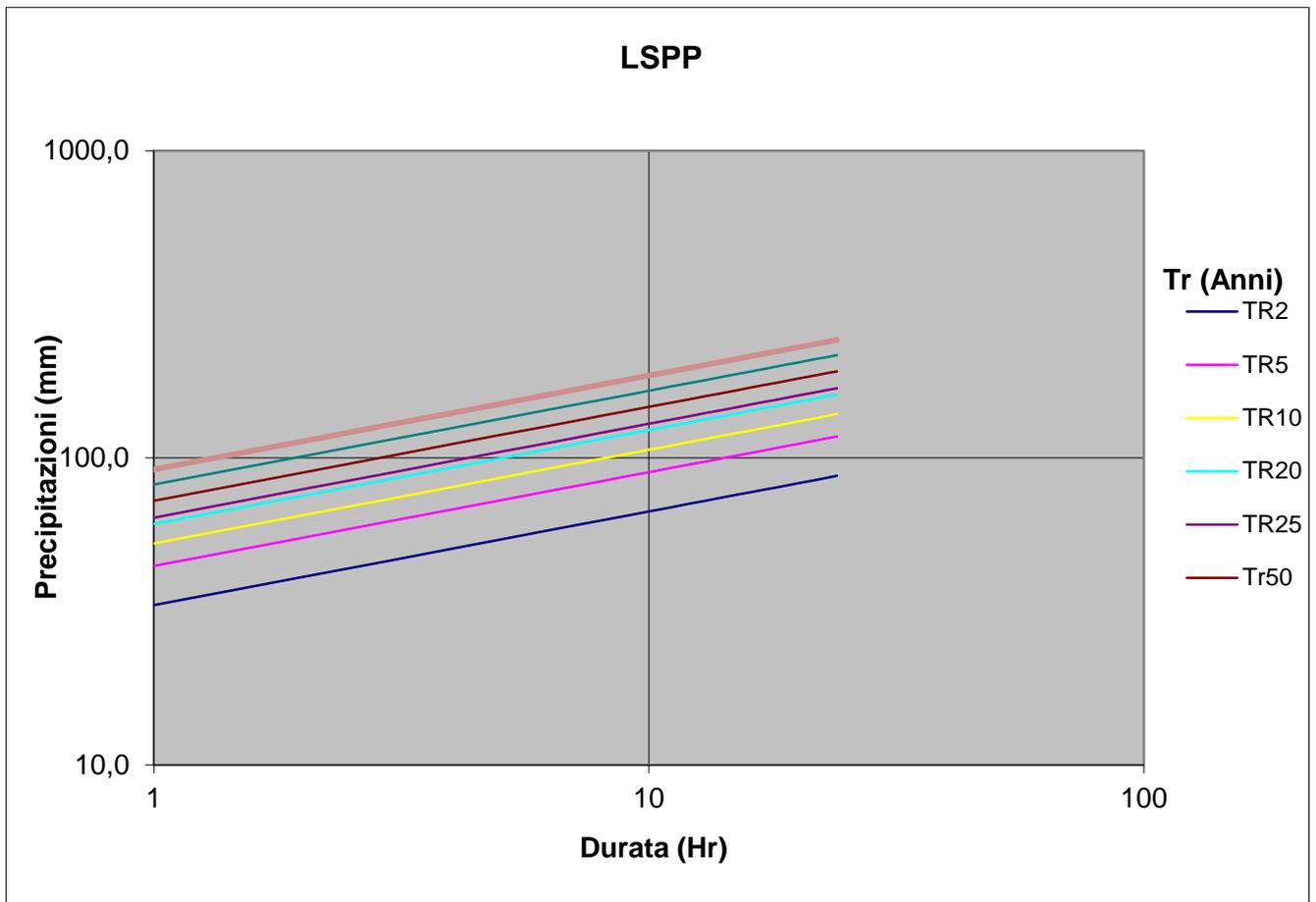


Figura 4-1- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora

In bacini imbriferi di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa.

Nel caso oggetto della presente relazione il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica a tempi inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell.

Bell ("Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) ha osservato che i rapporti r_T tra le altezze di durata t molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano.

Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

| | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| t [min] | 5 | 10 | 15 | 30 |
| $r_{\delta} = h_{\delta} / h_{60}$ | 0.29 | 0.45 | 0.57 | 0.79 |

Tabella 4.1 - Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un ora – U.S. Water Bureau

Questi rapporti variano di molto poco negli Stati Uniti ed i loro valori sono indipendenti dal periodo di ritorno.

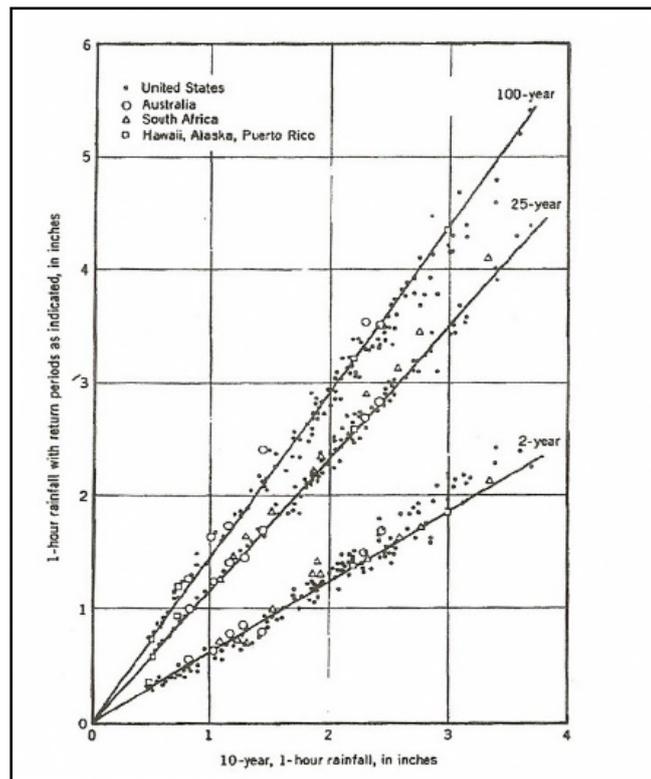


Figura 4-2- Relazione altezza-frequenza per 2, 25, 100 anni

Bell, come sopra accennato, sulla scorta di osservazioni provenienti da oltre 150 stazioni con oltre 40 anni di osservazione, ha dimostrato che tale correlazione si può estendere fino a valori di durata sino alle due ore, come risulta dalla Figura 4.3, ha riscontrato la costanza dei rapporti tra tempi di pioggia

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

breve e tempo di pioggia della durata pari ad un'ora, anche in Australia, Africa, Hawaii, Alaska e Porto Rico.

In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per $5 \leq t \leq 120$ minuti dove:

- P_T^t indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo t riferita al periodo di ritorno T ;

- h_T^{60} è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno T ;

- t è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia h_t relativa all'evento di durata t , passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n '.

Le curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni e durata inferiore ad un ora, riferite al progetto in essere, sono riportate di seguito, con tempo t espresso in minuti.

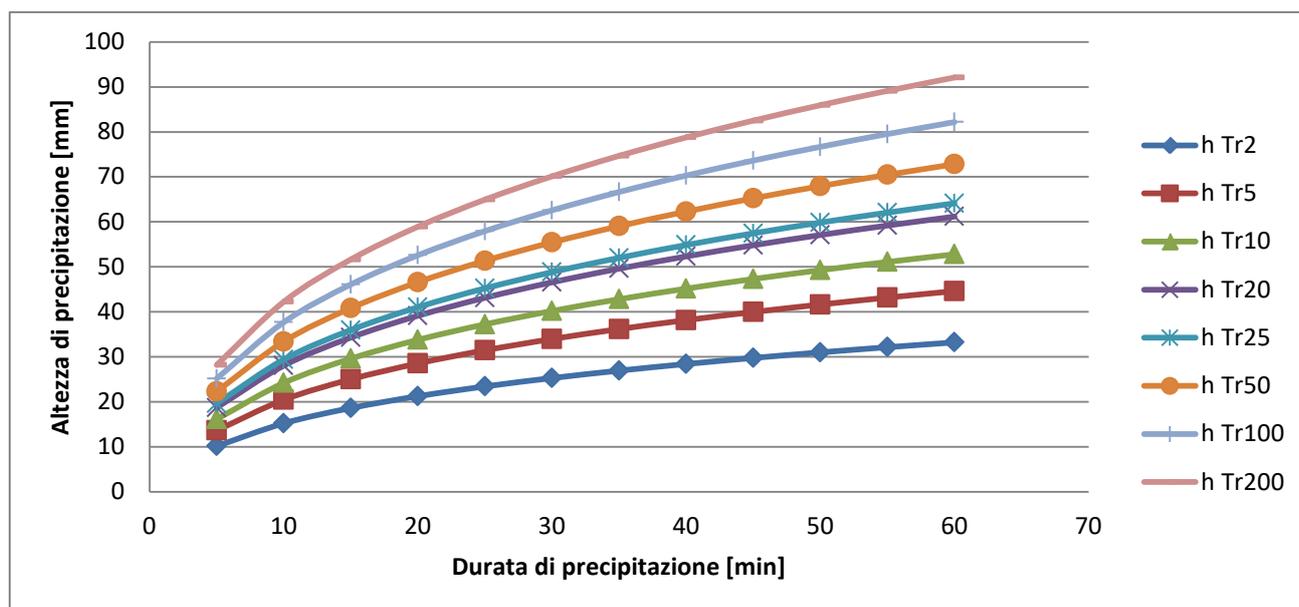


Figura 4-3- Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 14 di 38 |

Date le dimensioni dell'area da servire e le lunghezze dei singoli tratti a vantaggio di sicurezza, le curve di pioggia utilizzate fanno riferimento a piogge con durate minori di un'ora perché maggiormente rispondenti al reale funzionamento del sistema.

Nell'ambito dello studio idrologico vengono stimati i parametri della legge di possibilità pluviometrica per i differenti tempi di ritorno al fine di calcolare, mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi, le portate di progetto che interessano i manufatti idraulici.

I tempi di ritorno (Tr) prescritti dal Manuale di Progettazione ferroviaria variano infatti a seconda del tipo di manufatto idraulico:

- Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..):

| | Tr [anni] |
|---------------------|-----------|
| Linea ferroviaria | 100 |
| Deviazione stradali | 25 |

- Fossi di guardia, trincea drenante:

| | Tr [anni] |
|---------------------|-----------|
| Linea ferroviaria | 100 |
| Deviazione stradali | 25 |

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alla piattaforma ferroviaria (tempo di ritorno pari a 100 anni) la legge di pioggia è:

- $h = 81.9 \cdot \tau^{0.31}$, per le durate di pioggia t maggiori di un'ora;
- $h = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 81.9$, per le durate di pioggia t minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' , tale relazione si può semplicemente esprimere come: $h = 81.9 \cdot \tau^{0.464}$.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 15 di 38 |

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio non direttamente connesse alla piattaforma ferroviaria (tempo di ritorno pari a 25 anni), la legge di pioggia è:

- $h = 64 \cdot t^{0.31}$, per le durate di pioggia t maggiori di un'ora;
- $h = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 64.0$, per le durate di pioggia t minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' , tale relazione si può semplicemente esprimere come $h = 64 \cdot t^{0.464}$.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 16 di 38 |

5 DRENAGGIO DI PIATTAFORMA

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad esso afferenti ed il trasferimento di tali deflussi fino al recapito.

La viabilità di progetto è riconducibile alle seguenti tipologie:

- Viabilità in sottopasso;
- Viabilità in rilevato;
- Viabilità in trincea.

I rilievi topografici e i sopralluoghi eseguiti preliminarmente alla realizzazione dei sottopassi ferroviari, hanno evidenziato la carenza di recapito naturali sui far affluire le acque meteoriche raccolte dalla rampe dei medesimi sottovia. Le indagini eseguite preliminarmente sui terreni oggetto di intervento evidenziano la presenza di una estesa matrice ghiaiosa, interessante tutti e tre i siti dei sottopassaggi ferroviari.

Viabilità in sottopasso

Alla luce delle condizioni su esposte, per lo smaltimento delle acque meteoriche raccolte dalle rampe dei sottopassaggi, si è ritenuto opportuno adottare una soluzione che prevedesse:

- Realizzazione di canalette in cls dotate di griglia in ghisa sferoidale classe D400, posate lungo la banchina che scaricheranno nella condotta principale attraverso tubazioni DN200 – DN250 baulettate (canalette larghezza utile idraulica 200 mm e altezza utile 205 mm);
- La costruzione di una fognatura primaria in grado di captare le acque provenienti dalla piattaforma stradale e dalla pista ciclabile, collocata sul sedime stradale (tubazione in PVC da DN 315 a DN400);
- l'utilizzo della buona permeabilità del terreno per la dispersione nel sottosuolo della principale aliquota di portata, mediante la realizzazione di pozzi perdenti in cls (pozzi disperdenti in cls diametro 1.50 m e altezza utile 3.00 m);

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 17 di 38 |

- predisposizione di una stazione di sollevamento, completa di elettropompe, per lo smaltimento delle portate in arrivo;

Viabilità in rilevato

Lo schema di raccolta e smaltimento delle acque defluenti dalla sede stradale prevede la raccolta ai margini della piattaforma sulla banchina; a determinati intervalli l'elemento marginale sarà interrotto e tramite l'utilizzo di embrici in CA le acque saranno convogliate all'interno dei fossi di guardia disperdenti che si trovano ai piedi del rilevato. I fossi di guardia saranno in terra aventi larghezza del fondo minima pari a 0.5 m o 0.6 m e scarpa pari a 1:1; l'altezza minima sarà rispettivamente di 0.5m o 0.6 m. Al di sotto del fondo è prevista la realizzazione di un cassonetto drenante avente larghezza pari alla larghezza del fondo fosso e profondità di 0.5 m; verrà realizzato in ghiaia (pezzatura 25-71 mm contenuto da geotessuto drenante) e verrà dimensionato in modo da disperdere l'intera portata in arrivo.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 18 di 38 |

6 STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

Il dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di raccolta e smaltimento delle acque è differente per ciascuna opera, la procedura può essere riepilogata con i seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica (Analisi idrologica);
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica (Metodo di trasformazione afflussi/deflussi);
- Dimensionamento e verifica degli elementi di raccolta delle acque.

6.1 Metodo di trasformazione afflussi deflussi

Le portate afferenti ai drenaggi di piattaforma sono state valutate con il metodo Razionale, che tiene conto dei fattori morfologici, pluviometrici e del tempo di corrivazione del bacino (T_c), tramite la formula: nella quale:

$$Q = i \cdot S \cdot \bar{\varphi}$$

Q = portata di massima piena [l/s]

i = intensità di pioggia [mm/h] calcolata per $T_r = 25$ anni in funzione del tempo di corrivazione caratteristico del tratto;

Per le opere di drenaggio a corredo del corpo stradale sono stati assunti cautelativamente i seguenti coefficienti di deflusso:

| Superficie | Coefficiente |
|----------------------|--------------|
| Piattaforma stradale | 1 |
| Scarpate | 0.6 |
| Area esterna verde | 0.4 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 19 di 38 |

Il coefficiente di deflusso medio è stato definito con media pesata sulle aree coinvolte nel calcolo, secondo la seguente relazione:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_i \varphi_i \cdot S_i}{S_{tot}}$$

Usufruendo di un rilievo topografico è stato possibile definire le aree sottese ai vari punti di chiusura, quantificate le relative aree e calcolati i valori delle portate massime.

Negli elaborati specifici (Planimetria con rete di smaltimento idraulica in scala 1 : 500) sono indicate le tipologie idrauliche con la loro ubicazione e dimensione.

Tempo di corrivazione

Il tempo minimo di accesso alle rete drenante viene assunto pari a 5 minuti (0.083 ore), ad esso si aggiunge il tempo di percorrenza del flusso d'acqua di tutto il tratto a monte della zona considerata, in funzione della lunghezza (L) e della velocità media del flusso d'acqua (v) all'interno dell'opera di smaltimento in esame.

Il tempo totale di corrivazione è stato stimato mediante la seguente formulazione:

$$T_c = t_a + t_r = t_a + \frac{L}{v}$$

dove.

T_c = tempo di corrivazione in secondi;

T_a = tempo di accesso posto pari a 300 s (5');

L = lunghezza del tratto in esame in (m);

v = velocità (m/s) di percorrenza all'interno dell'elemento di smaltimento preso in esame.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 20 di 38 |

6.2 Dimensionamento idraulico collettori e canalette

Definiti i parametri pluviometrici, il metodo di trasformazione afflussi/deflussi si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli specchi in progetto, viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (6.1)$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V \quad (6.2)$$

dove K , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gauckler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6} \quad (6.3)$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2} \quad (6.4)$$

dove:

- Q , portata (m^3/s)
- i , pendenza media del fosso (m/m);
- A , sezione idrica (m^2);
- K_s , il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, pari a $80 \text{ mm}^{1/3} \cdot s^{-1}$ per le tubazioni in materiale plastico, pari a $67 \text{ mm}^{1/3} \cdot s^{-1}$ per le canalette in cls;
- R , raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 21 di 38 |

In base alle relazioni di cui sopra, è possibile verificare le differenti opere idrauliche, tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a 0,5 m/s, ove possibile, al fine di evitare fenomeni di sedimentazione sul fondo che necessiti di una manutenzione più frequente dell'ordinaria;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento non deve superare il 70% e si impone un franco idraulico per gli elementi idraulici sulla sponda pari a 0.05m (5cm).

6.3 Dimensionamento idraulico embrici

Le acque di piattaforma vengono convogliate, attraverso la pendenza trasversale attribuita alla piattaforma stradale, ai margini della carreggiata, dove trovano collocazione le opere di intercettazione, raccolta e scarico.

Per definire gli interassi massimi degli embrici nella sezione ferroviaria in rilevato, si è seguita la seguente metodologia:

l'interasse degli embrici è stato determinato verificando che l'acqua che si accumula lungo il ciglio stradale non debordi la larghezza di allagamento, assunta pari ad 1 m per il tratto a schiena d'asino. La variabile che influenza il transito e l'evacuazione delle acque dalla banchina, e di conseguenza l'interasse degli embrici e degli eventuali pozzetti associati a ciascuno di essi, è principalmente la pendenza longitudinale dell'asse stradale in quanto tutte le altre caratteristiche geometriche rimangono identiche.

- Le ipotesi poste a base del calcolo dell'interasse degli embrici dell'asse principale sono le seguenti:
- la superficie contribuente è costituita dalla piattaforma stradale;
- banchina asfaltata ($K_s=50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) che funge da cunetta di sezione triangolare;
- la pendenza trasversale della piattaforma stradale è 2.5%;

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 22 di 38 |

- embrici con larghezza di sfioro pari a 32 cm.

Con i dati sopra esposti è stata calcolata la lunghezza massima di sufficienza della banchina asfaltata in funzione della pendenza longitudinale dell'asse stradale ed è stata confrontata con la lunghezza di nastro asfaltato che genera la portata massima smaltibile da ciascun embrice.

La portata di deflusso è stata dapprima stimata applicando le medesime modalità già esplicate precedentemente.

Per determinare la portata che gli embrici le singole opere di intercettazione sono in grado di intercettare, è necessario determinare l'altezza della corrente in cunetta. Partendo dalla relazione di Gauckler-Strickler, per cunette che presentano la sponda esterna praticamente verticale, nell'ipotesi che il raggio idraulico si confonda con il tirante, la relazione base di Strickler può essere modificata ed invertita per determinare il tirante:

$$y = \left\{ \frac{S_c}{0.375 \cdot S_L^{0.50} K_s} \cdot Q_d \right\}^{3/8}$$

S_c , pendenza trasversale della cunetta posta pari alla pendenza trasversale della strada (0.025);

S_L , pendenza longitudinale della cunetta pari alla pendenza media longitudinale del piano stradale;

K_s , coefficiente di scabrezza.

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato, con una approssimazione sufficiente al caso, a quello di una larga soglia sfiorante.

Per quanto riguarda la capacità di evacuazione degli embrici può essere stimata ipotizzando un funzionamento a soglia sfiorante di larghezza L e altezza d'acqua y secondo la relazione:

$$Q = c_q \cdot L \cdot y \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y}$$

dove g è l'accelerazione di gravità e il coefficiente c_q assume il valore 0.385 tipico dello stramazzo tipo Belanger.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

Si riporta di seguito la tabella ed il grafico risultante dal dimensionamento degli embrici:

| Tipologia | Pendenza trasversale | Larghezza corsia di marcia [m] | Larghezza banchina [m] | Larghezza totale [m] |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------|
| Schiena d'asino | 2.50% | 2.75 | 0.8 | 3.55 |

Si riporta di seguito l'abaco riguardante l'interasse degli embrici in funzione della pendenza longitudinale della strada, nel caso di drenaggio a schiena d'asino.

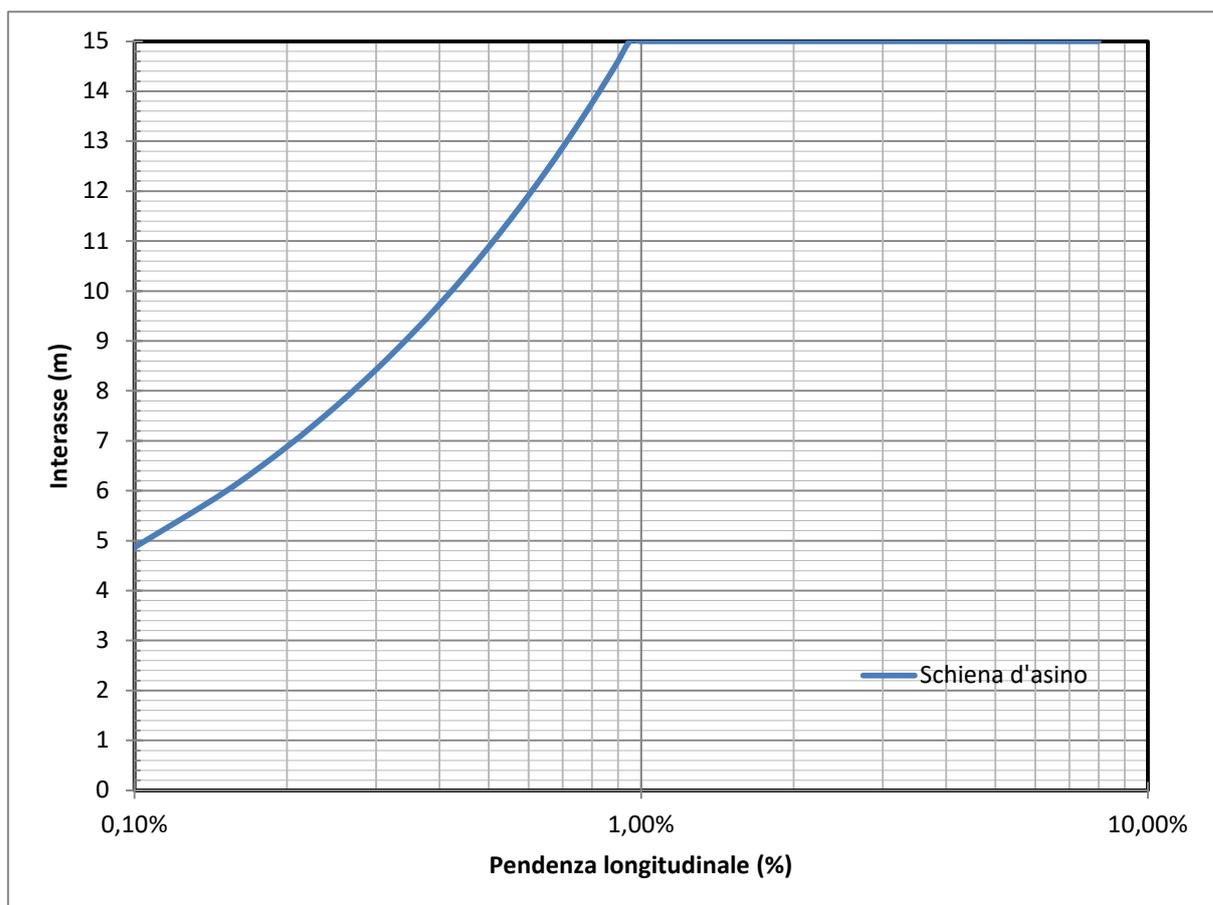
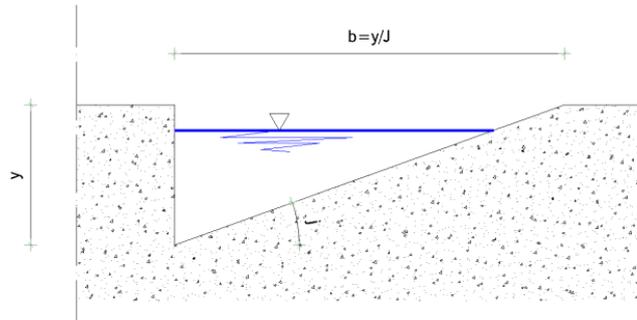


Figura 6-1- Grafico pendenza longitudinale-interasse embrici nel tratto di viabilità a schiena d'asino.

Tra gli interassi riportati nella figura sopra viene identificato come interasse di riferimento 10 m.



Con questi dati, nell'ipotesi di moto uniforme, la portata transitabile secondo la formulazione di Gauckler-Strickler riportata qui sopra si riduce ad un'equazione a due variabili, in cui la portata è funzione della pendenza longitudinale della cunetta.

Si riporta in seguito il grafico dell'andamento della portata Q in funzione della pendenza longitudinale i .

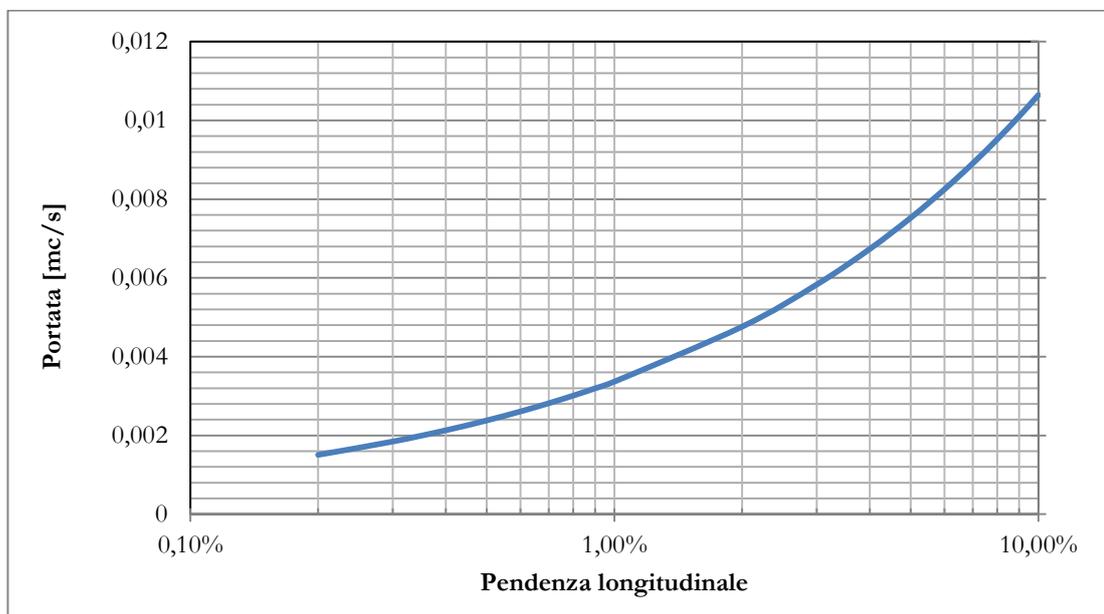


Figura 6-2- Grafico pendenza longitudinale-portata cunetta.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

6.5 Verifica pozzi drenanti

Nel sottopasso SL03 vengono inseriti 4 pozzi drenanti di diametro pari a 150 cm e profondità 300 cm (2 sulla rampa est e 2 sulla rampa ovest).

La permeabilità utilizzata nella verifica risulta pari a $1.25 \text{ E}^{-5} \text{ m/s}$.

Tale risultato viene determinato sulla base delle prove di permeabilità Lefranc a carico variabile eseguite sia nei fori di sondaggio realizzati nel 2015 (S1 e S3), sia nel sondaggio eseguito a supporto (BH1).

In tabella seguente vengono indicati i valori ottenuti in base alle permeabilità risultanti dalle varie prove (IZ0900D69RGGE0001001A).

Tabella 6.1: Valori di permeabilità ottenuti dalle prove Lefranc.

| | profondità | k [m/s] | profondità | k [m/s] |
|-------|------------|-------------|------------|-------------|
| BH1 | 1-2 m | 1,43E-05 | 3-4 m | 1,72E-04 |
| S1 | 4,5-5 | 3,39E-05 | 4,5-5 | 3,39E-05 |
| S3 | 4,5-5 | 2,70E-05 | 4,5-5 | 2,70E-05 |
| media | | 2,50667E-05 | | 7,77333E-05 |
| *0,5 | | 1,25333E-05 | | 3,88667E-05 |

I pozzi laminano parte della portata afferente alla camera di pompaggio, permettendo, nei casi di precipitazioni più ridotte, l'infiltrazione diretta nel sottosuolo con un conseguente risparmio energetico e funzionale delle opere elettromeccaniche. del sottopasso.

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula (a favore di sicurezza non si considera il contributo di infiltrazione dovuto al fondo del pozzo):

$$Q_f = K/2 \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

$K/2$ [m/s] = valore della permeabilità ridotto del 50% (Sieker, 1984) per tener conto delle condizioni insature del terreno.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione assunta pari all'area di un anello di larghezza $z/2$ attorno alla base del pozzo.

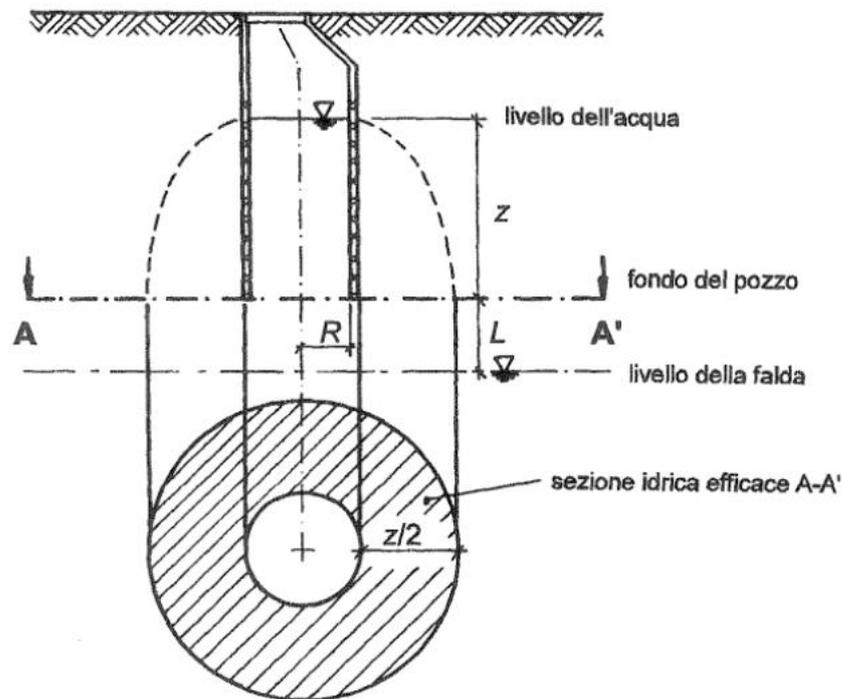


Figura 6.3: Schema di dispersione del pozzo perdente.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 28 di 38 |

7 TABULATI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

7.1 Dimensionamento impianto di sollevamento sottopasso

Per evidenti motivi l'evacuazione delle acque meteoriche dalle canalette grigliate e dalla rete collettiva principale del sottopasso ciclopedonale sarà realizzata con sollevamento meccanico.

Le dimensioni trasversali e l'altezza del vano pompe tengono conto delle esigenze strutturali e del tipo di esercizio idraulico che s'intende adottare. Il volume della vasca di pompaggio viene determinato considerando l'uso di solamente due pompe delle tre presenti nella camera. La terza pompa viene messa in funzione nel caso in cui una delle altre due rimanenti presenti un'avaria nel funzionamento o in presenza di un evento meteorico eccezionale.

Il calcolo dei volumi d'esercizio e la scelta delle pompe seguono alcune utili schematizzazioni delle infinite combinazioni possibili di afflusso, accumulo e scarico, variabili istantaneamente per tutta la durata dell'evento meteorico.

Ammettendo la distribuzione uniforme e costante della pioggia di durata t si potrà assumere che, raggiunto e superato il tempo di corrivazione t_c , tutto il bacino tributario partecipi alla portata Q fino al termine della precipitazione, oltre il quale avviene il graduale esaurimento nell'intervallo temporale t_c .

Con riferimento alla Figura 7-1, ammettendo un valore costante della portata evacuata Q_p si possono determinare i volumi da accumulare nella vasca di pompaggio in funzione della durata della precipitazione e del tempo di corrivazione t_c ; si calcolano infatti per ciascuna durata di pioggia le differenze fra i volumi di afflusso V_a e di pompaggio V_p secondo la relazione:

$$V_i = (Q_i - Q_p) \cdot \left(t_i - t_c \cdot \frac{Q_p}{Q_i} \right)$$

fra le quali si individua il massimo volume d'accumulo richiesto.

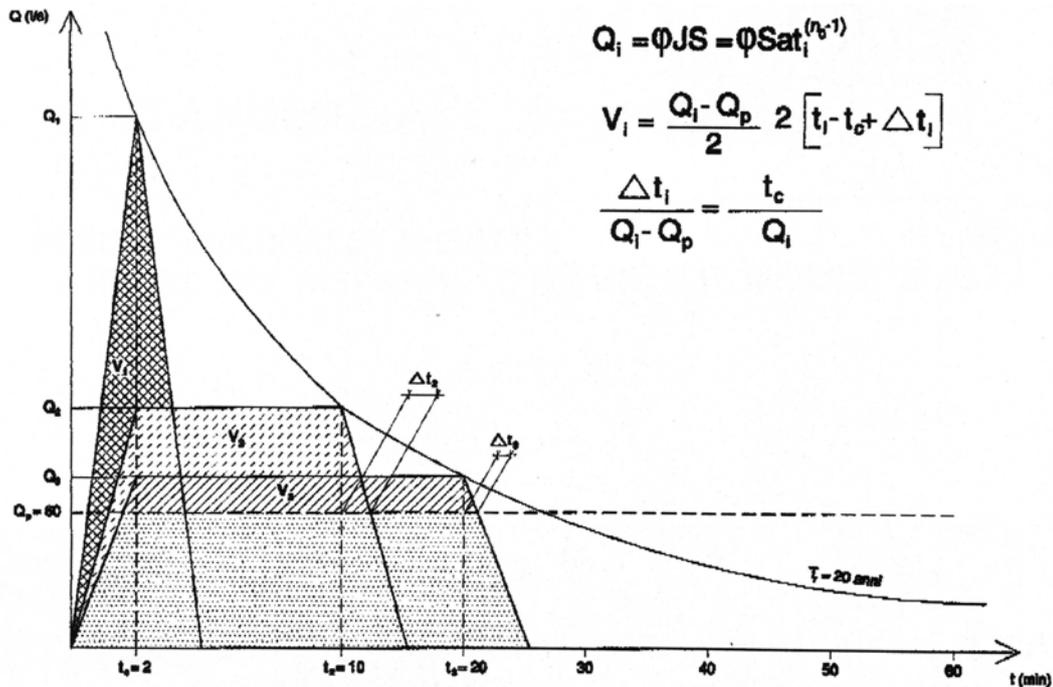


Figura 7-1- Volumi di afflusso e di pompaggio.

Considerando un'area scolante pari a 1497 m², un coefficiente di deflusso pari ad 1 e un tempo di corrivazione pari a 5 minuti, si dimensiona il volume di pompaggio richiesto per il vano pompe.

Tabella 7.1: Dimensionamento del vano a servizio delle pompe con Tr=25 anni

| Durata t (min) | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| J (mm/ora) | 396,2 | 242,4 | 167,2 | 134,6 | 115,3 | 102,3 | 92,8 |
| Qmax (l/s) | 164,8 | 100,8 | 69,5 | 56,0 | 48,0 | 42,5 | 38,6 |
| Vol pompaggio (m ³) | 5,9 | 11,0 | 12,6 | 10,9 | 7,6 | 3,1 | -2,1 |

Nell'esercizio ordinario, affidato a due pompe da 20 l/s ciascuna, il volume utile richiesto per la vasca di pompaggio è dell'ordine di 16.4 m³.

| | | | | | | |
|---|---|------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A | FOGLIO 30 di 38 |

7.2 Smaltimento delle portate uscenti dai sottopassi

Considerata la buona permeabilità del terreno, le acque drenate dalle superfici all'impianto di sollevamento del sottopasso verranno convogliate in bacini di accumulo dotati di un letto filtrante, che sarà realizzato con ghiaia di adeguata pezzatura in grado di favorire la filtrazione d'acqua nel sottosuolo.

La dispersione nel terreno delle portate convogliate in un canale disperdente può essere espressa in forma adimensionale nel seguente modo:

$$\frac{q}{k \cdot H} = \frac{b}{H} + C \quad (7.1)$$

essendo:

- q la portata dispersa;
- k il coefficiente di permeabilità;
- H il tirante d'acqua;
- B la larghezza dello specchio liquido;
- C un coefficiente funzione della pendenza della scarpata e del rapporto b/H che misura il contributo della formazione della portata dovuta all'infiltrazione sulle sponde

La distribuzione dei valori di C (ottenuti numericamente da V. V. Vedernikov, 1934), al variare della pendenza della scarpata, si presta ad essere interpolata da una relazione monomia del tipo:

$$C = a \cdot \left(\frac{b}{H}\right)^m \quad (7.2)$$

in cui a ed m sono due parametri variabili in funzione della pendenza della scarpata:

Tabella 7.2: Valori di a e m dell'equazione (7.2).

| Scarpa n | a | m | b/H |
|----------|-------|-------|-------|
| 1/1 | 1,584 | 0,375 | 2 |

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

| | | | |
|-----|-------|-------|---|
| 3/2 | 1,332 | 0,380 | 3 |
| 2/1 | 1,009 | 0,448 | 4 |

L'ultima colonna della Tabella 7.2 riporta il valore limite inferiore di b/H dell'esplorazione numerica di *Vedernikov*.

Con riferimento alle opere di progetto, nello studio dell'area d'invaso a dispersione a servizio dell'impianto di sollevamento del nuovo sottopasso, è stata considerata una superficie scolante nell'invaso pari a 1500 m^2 con un coefficiente di deflusso medio di 1.

Il bacino a dispersione consiste in una depressione verde con morfologia concorde al paesaggio agrario circostante, imponendo una superficie del fondo disperdente pari a 200 m^2 e una profondità pari a 1 m e scarpa pari a 3:2. Il valore del coefficiente di permeabilità considerato nella verifica è di $1.25 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

L'analisi dell'infiltrazione è stata realizzata ipotizzando uno ietogramma di progetto rettangolare (con intensità di pioggia costante per l'intera durata dell'evento meteorico) in grado di generare un'onda di piena di forma triangolare o trapezoidale, in funzione del rapporto tra tempo di pioggia e tempo di corrivazione (T_p/T_c). A favore di sicurezza, il tempo di corrivazione è stato imposto pari a 5 minuti.

Sono stati considerati eventi meteorici di diverse durate, con frequenza di ritorno pari a 25 anni allo scopo di individuare l'evento critico per il sistema considerato. Il tirante idrico ottenuto all'interno del bacino, il cui andamento nel tempo è riportato in Figura 7.2, è compatibile con la configurazione geometrica del sistema ipotizzata. In particolare, il tirante d'acqua più gravoso è pari a 43 cm e si realizza con $t_p = 4 \text{ ore}$.

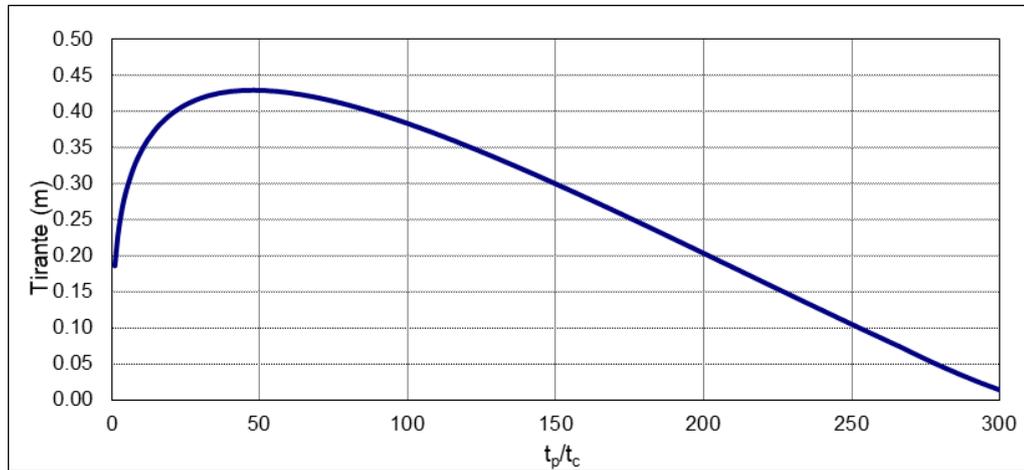


Figura 7.2: Andamento nel tempo del livello idrometrico nel bacino a dispersione.

Come tutti i sistemi filtranti, sarà necessario prevedere una manutenzione costante, consistente nella rimozione dei depositi superficiali e in un periodico rifacimento del fondo filtrante in ghiaia.

7.3 Dimensionamento idraulico fosso disperdente

A lato strada sono previste trincee drenanti costituite da fossi in terra trapezoidale con fondo drenante composto da un pacchetto profondo 0.50 m per tutta la larghezza della base, avvolto in geotessuto drenante e formato da materiale arido con una porosità media del 30-40%.

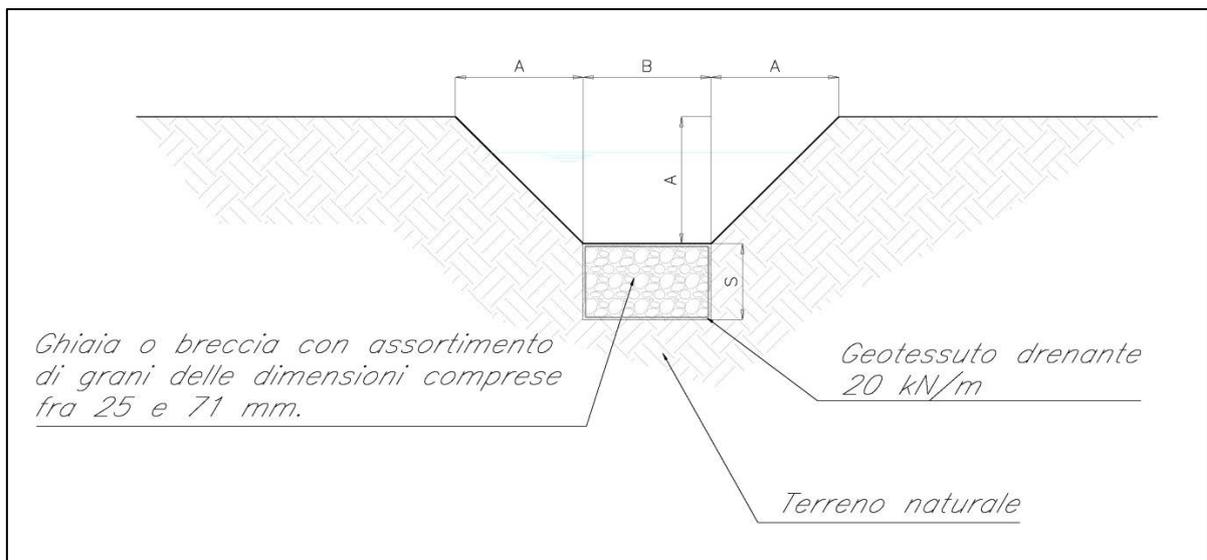


Figura 7.3: Fosso disperdente con cassonetto drenante.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

Si riportano di seguito le verifiche parametriche delle trincee drenanti per metro lineare di viabilità nelle condizioni più gravose; per tutte le trincee si è fatto riferimento ad una permeabilità $k = 1.25 \cdot 10^{-5}$ m/s (metà del valore medio misurato dai sondaggi).

Come si può evincere dalle tabelle parametriche sottostanti, le geometrie individuate per il fosso di guardia sono in grado di smaltire tutta la portata influente con adeguato franco di sicurezza e tempi di svuotamento minori di 48 h.

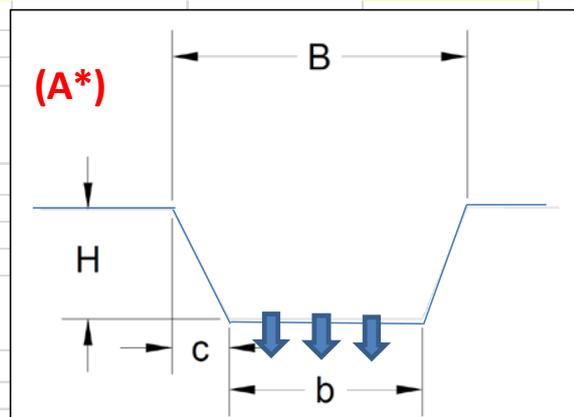
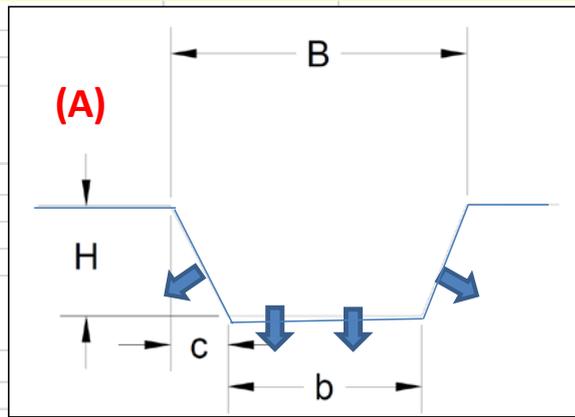
| | | | | | | |
|--|-------------|---|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| T_{rit} [anni] | a [mm/h] | n [-] | $n' (t < 1)$ [-] | | | |
| 25 | 64,00 | 0,310 | 0,464 | (valori massimi su tutta la tratta) | | |
| S_{bacino_tot} [m ²] | | | | ψ_{medio} [-] | $S_{afferente}$ [m ²] | $S_{afferente}$ [ha] |
| 6,35 | | | | 0,89 | 5,65 | 0,00 |
| permeabilità | K [m/s]* | *in caso di k stimato per terreni non saturi moltiplicare per 0,5 | | | | |
| | 0,0000125 | | | | | |

RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE

| | | | | | |
|----------|---------|----------|-----------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IZ09 | 00 D 26 | RI | SL0300001 | A | 34 di 38 |

A- FOSSO DISPERDENTE in terra

| FOSSO TRAPEZIO | | | | | | |
|----------------|-------|-------------|-------|--------------------------------------|----------|-------|
| b [m] | H [m] | s (c/H) [-] | B [m] | A _{fosso} [m ²] | Lung [m] | c [m] |
| 0,50 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | 0,50 | 1,00 | 0,5 |



CASSONETTO rettangolare (eventuale)

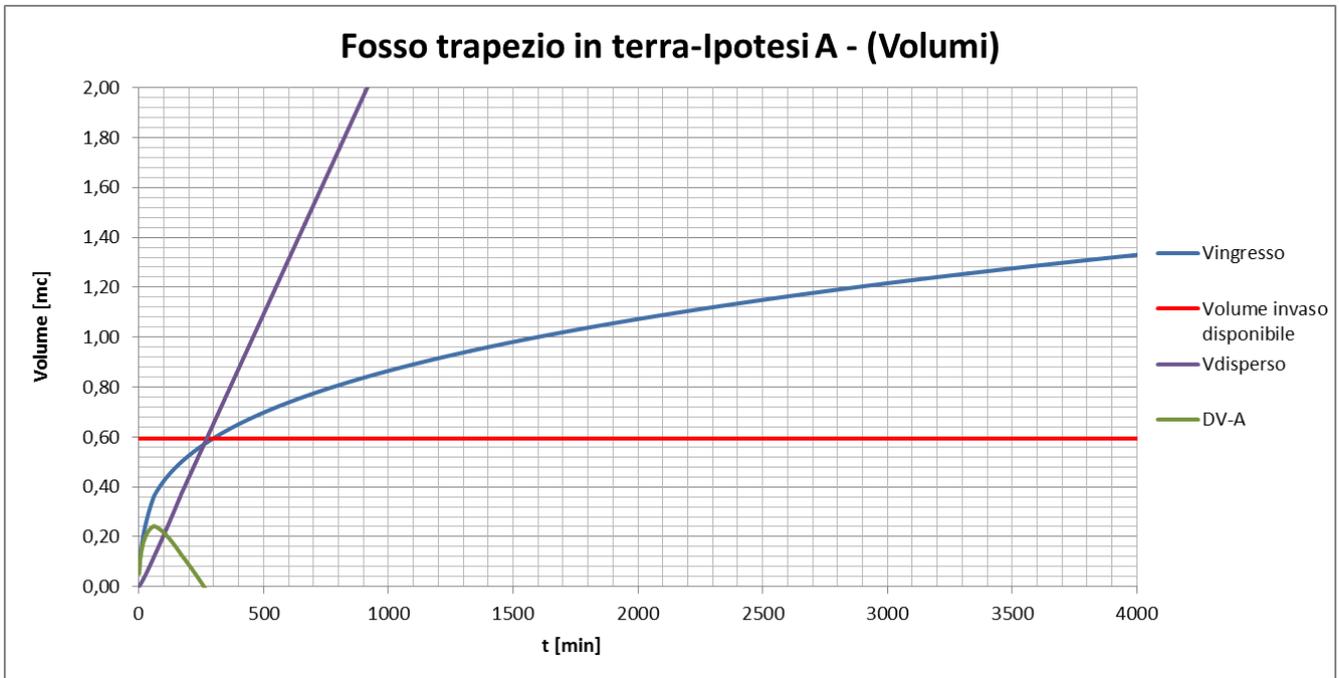
| b [m] | h [m] | porosità n [-] | A _{cassonetto} [m ²] | Lung [m] |
|-------|-------|----------------|---|----------|
| 0,50 | 0,5 | 0,3 | 0,075 | 1,00 |

| | |
|------------------|---------|
| velo idrico 3 mm | 0,01905 |
|------------------|---------|

VERIFICA

| TIPO | V invaso [m ³] | Q filtrazione max [m ³ /s] | VERIFICA | Coeff. Sicurezza ¹ |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------|-------------------------------|
| A Fosso trapezio | 0,59 | 0,0000 | OK | 2,4435 |

¹consigliabile un coeff. di sicurezza minimo di 1,3,



| Verifiche tempi svuotamento | | | (inizia dopo la fine dell'evento piovoso di curata criti | | |
|-----------------------------|--|------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| V max invasato [m3] | $Q_{\text{filt, fosso}}$ [m ³ /s] | t_{svuot} [h] | Volume disperso a 48h | Acqua in vasca a 48h | Volume disponibile a 48h |
| 0,24 | 0,000024 | 2,82 | 4,13 | 0,00 | 0,59 |

7.4 Dimensionamento pozzo drenante

La portata infiltrata da ciascun pozzo, sulla base delle considerazioni precedentemente riportate, risulta pari a 0,18 l/s.

Ogni singolo pozzo garantisce l'assenza di contributi in arrivo alla vasca di sollevamento fino ad eventi meteorici con magnitudo che raggiunge il 16% dell'evento di dimensionamento quindi, considerando precipitazioni su base oraria, con una intensità di pioggia di 11 mm/ora in luogo dei 64 di dimensionamento (Tr 25 anni).

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

7.5 Dimensionamento idraulico delle canalette nel sottopasso

I risultati riguardanti le canalette del sottopasso sono riportati di seguito:

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | y | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] | Franco [m] |
|------------|------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|-------|--------|------------------|----------------------|----------|---------|------------|
| C1 | C2 | 4,00 | 15,00 | 15,00 | 1,00 | 15,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03539 | 2,12 | 1064,998198 | 0,001597 | 0,067355 | 0,023717 | 0,072 | 0,0144 | 0,329118 | 1,642816 | 0,54068 | 0,03539 | 0,19 |
| C2 | C3 | 7,00 | 25,00 | 40,00 | 1,00 | 25,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03635 | 2,18 | 1049,809648 | 0,002625 | 0,067355 | 0,038965 | 0,098 | 0,0196 | 0,392414 | 1,642816 | 0,644663 | 0,03635 | 0,19 |
| C3 | C4 | 15,00 | 55,00 | 70,00 | 1,00 | 55,00 | 1,00 | 0,06900 | 0,03880 | 2,33 | 1013,795984 | 0,005576 | 0,119285 | 0,046744 | 0,111 | 0,0222 | 0,420322 | 2,909391 | 1,222881 | 0,03880 | 0,18 |
| C4 | C5 | 32,00 | 117,00 | 187,00 | 1,00 | 117,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,03867 | 2,32 | 1015,501897 | 0,011881 | 0,128442 | 0,092504 | 0,174 | 0,0348 | 0,531276 | 3,132726 | 1,664343 | 0,03867 | 0,17 |
| C5 | C6 | 29,00 | 107,00 | 294,00 | 1,00 | 107,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,03832 | 2,30 | 1020,545444 | 0,01092 | 0,128442 | 0,085018 | 0,164 | 0,0328 | 0,515836 | 3,132726 | 1,615972 | 0,03832 | 0,17 |
| C7 | C15 | 9,00 | 32,00 | 326,00 | 1,00 | 32,00 | 1,00 | 0,01000 | 0,03796 | 2,28 | 1025,703741 | 0,003282 | 0,045411 | 0,072279 | 0,147 | 0,0294 | 0,487906 | 1,107586 | 0,540398 | 0,03796 | 0,18 |

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | y | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] | Franco [m] |
|------------|------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|-------|--------|------------------|----------------------|---------|---------|------------|
| C8 | C9 | 4,00 | 15,00 | 15,00 | 1,00 | 15,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03539 | 2,12 | 1064,998198 | 0,001597 | 0,067355 | 0,023717 | 0,072 | 0,0144 | 0,329118 | 1,642816 | 0,54068 | 0,03539 | 0,19 |
| C9 | C10 | 9,00 | 32,00 | 47,00 | 1,00 | 32,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03897 | 2,34 | 1011,3087 | 0,003236 | 0,067355 | 0,048046 | 0,113 | 0,0226 | 0,42443 | 1,642816 | 0,69726 | 0,03897 | 0,18 |
| C10 | C11 | 11,00 | 41,00 | 88,00 | 1,00 | 41,00 | 1,00 | 0,06100 | 0,04190 | 2,51 | 972,7558552 | 0,003988 | 0,112157 | 0,03556 | 0,093 | 0,0186 | 0,381077 | 2,735536 | 1,04245 | 0,04190 | 0,19 |
| C11 | C12 | 27,00 | 99,00 | 187,00 | 1,00 | 99,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,04685 | 2,81 | 916,3356704 | 0,009072 | 0,128442 | 0,070629 | 0,145 | 0,029 | 0,484469 | 3,132726 | 1,51771 | 0,04685 | 0,18 |

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | y | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] | Franco [m] |
|------------|------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|-------|--------|------------------|----------------------|----------|---------|------------|
| C13 | C14 | 15,00 | 55,00 | 55,00 | 1,00 | 55,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,03655 | 2,19 | 1046,789505 | 0,005757 | 0,128442 | 0,044825 | 0,108 | 0,0216 | 0,41407 | 3,132726 | 1,29717 | 0,03655 | 0,18 |
| C14 | C15 | 15,00 | 55,00 | 110,00 | 1,00 | 55,00 | 1,00 | 0,01000 | 0,04313 | 2,59 | 957,8204503 | 0,005268 | 0,045411 | 0,116007 | 0,202 | 0,0404 | 0,571133 | 1,107586 | 0,632579 | 0,04313 | 0,16 |

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE-PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI | | | | | |
| | RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE | COMMESSA IZ09 | LOTTO 00 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO SL0300001 | REV. A |

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | y | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] | Franco [m] |
|------------|------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|-------|--------|------------------|----------------------|----------|---------|------------|
| C16 | C17 | 4,00 | 15,00 | 15,00 | 1,00 | 15,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03539 | 2,12 | 1064,998198 | 0,001597 | 0,067355 | 0,023717 | 0,072 | 0,0144 | 0,329118 | 1,642816 | 0,54068 | 0,03539 | 0,19 |
| C17 | C18 | 7,00 | 25,00 | 40,00 | 1,00 | 25,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03844 | 2,31 | 1018,819349 | 0,002547 | 0,067355 | 0,037815 | 0,096 | 0,0192 | 0,387922 | 1,642816 | 0,637284 | 0,03844 | 0,19 |
| C18 | C19 | 15,00 | 56,00 | 96,00 | 1,00 | 56,00 | 1,00 | 0,06900 | 0,04188 | 2,51 | 973,0566987 | 0,005449 | 0,119285 | 0,045681 | 0,109 | 0,0218 | 0,416166 | 2,909391 | 1,210791 | 0,04188 | 0,18 |
| C19 | C20 | 32,00 | 117,00 | 213,00 | 1,00 | 117,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,04743 | 2,85 | 910,2486386 | 0,01065 | 0,128442 | 0,082916 | 0,161 | 0,0322 | 0,511066 | 3,132726 | 1,60103 | 0,04743 | 0,17 |
| C20 | C21 | 29,00 | 109,00 | 322,00 | 1,00 | 109,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,05268 | 3,16 | 860,4291011 | 0,009379 | 0,128442 | 0,073019 | 0,148 | 0,0296 | 0,489612 | 3,132726 | 1,53382 | 0,05268 | 0,18 |
| C22 | C30 | 8,00 | 31,00 | 353,00 | 1,00 | 31,00 | 1,00 | 0,01000 | 0,05712 | 3,43 | 823,961083 | 0,002554 | 0,045411 | 0,056248 | 0,125 | 0,025 | 0,44814 | 1,107586 | 0,50123 | 0,05712 | 0,18 |

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | y | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] | Franco [m] |
|------------|------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|-------|--------|------------------|----------------------|----------|---------|------------|
| C23 | C24 | 4,00 | 15,00 | 15,00 | 1,00 | 15,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03539 | 2,12 | 1064,998198 | 0,001597 | 0,067355 | 0,023717 | 0,072 | 0,0144 | 0,329118 | 1,642816 | 0,54068 | 0,03539 | 0,19 |
| C24 | C25 | 9,00 | 32,00 | 47,00 | 1,00 | 32,00 | 1,00 | 0,02200 | 0,03897 | 2,34 | 1011,3087 | 0,003236 | 0,067355 | 0,048046 | 0,113 | 0,0226 | 0,42443 | 1,642816 | 0,69726 | 0,03897 | 0,18 |
| C25 | C26 | 11,00 | 40,00 | 87,00 | 1,00 | 40,00 | 1,00 | 0,06100 | 0,04194 | 2,52 | 972,3069744 | 0,003889 | 0,112157 | 0,034677 | 0,091 | 0,0182 | 0,376441 | 2,735536 | 1,029768 | 0,04194 | 0,19 |
| C26 | C27 | 36,00 | 99,00 | 186,00 | 1,00 | 99,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,04858 | 2,91 | 898,6881214 | 0,008897 | 0,128442 | 0,069269 | 0,143 | 0,0286 | 0,480999 | 3,132726 | 1,506838 | 0,04858 | 0,18 |
| C27 | C28 | 18,00 | 131,00 | 317,00 | 1,00 | 131,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,05163 | 3,10 | 869,8473599 | 0,011395 | 0,128442 | 0,088717 | 0,169 | 0,0338 | 0,523642 | 3,132726 | 1,640428 | 0,05163 | 0,17 |
| C28 | C29 | 24,00 | 123,00 | 440,00 | 1,00 | 123,00 | 1,00 | 0,08000 | 0,05584 | 3,35 | 833,9956996 | 0,010258 | 0,128442 | 0,079866 | 0,157 | 0,0314 | 0,504604 | 3,132726 | 1,580785 | 0,05584 | 0,17 |
| C29 | C30 | 15,00 | 55,00 | 495,00 | 1,00 | 55,00 | 1,00 | 0,01000 | 0,06288 | 3,77 | 782,5662101 | 0,004304 | 0,045411 | 0,094781 | 0,176 | 0,0352 | 0,534283 | 1,107586 | 0,591765 | 0,06288 | 0,17 |

7.6 Dimensionamento idraulico del collettore (rampa ovest e rampa est) nel sottopasso

RAMPA OVEST

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | DIA[mm] | Internal diameter [mm] | Internal diameter [m] | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] |
|------------|------------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|------------------------|-----------------------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|------|------------------|----------------------|----------|---------|
| T1 | T2 | 11 | 30,00 | 30,00 | 1,00 | 30,00 | 1,00 | 0,02200 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,03695 | 2,22 | 1040,692247 | 0,003122 | 0,148638 | 0,021005 | 0,10 | 0,401157 | 2,108414 | 0,845805 | 0,03695 |
| T2 | T3 | 15 | 50,00 | 80,00 | 1,00 | 80,00 | 1,00 | 0,06900 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,03957 | 2,37 | 1003,179233 | 0,008025 | 0,263234 | 0,030488 | 0,11 | 0,426042 | 3,733955 | 1,590823 | 0,03957 |
| T3 | T4 | 71 | 561,00 | 641,00 | 1,00 | 641,00 | 1,00 | 0,08000 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,04577 | 2,75 | 927,7920782 | 0,059471 | 0,283441 | 0,209819 | 0,31 | 0,790156 | 4,020588 | 3,176891 | 0,04577 |
| T4 | T5 | 6 | 36,00 | 677,00 | 1,00 | 677,00 | 1,00 | 0,06000 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,04635 | 2,78 | 921,5883836 | 0,062394 | 0,245467 | 0,254174 | 0,34 | 0,830244 | 3,481930 | 2,890854 | 0,04635 |
| T5 | T6l | 8 | 80,00 | 757,00 | 1,00 | 757,00 | 1,00 | 0,01000 | 400 | 380,40 | 0,3804 | 0,04708 | 2,82 | 894,7895509 | 0,069182 | 0,1894296 | 0,365213 | 0,41 | 0,913154 | 1,666775 | 1,522022 | 0,04708 |

RAMPA EST

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | DIA[mm] | Internal diameter [mm] | Internal diameter [m] | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] |
|------------|------------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|------------------------|-----------------------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|------|------------------|----------------------|----------|---------|
| T7 | T8 | 13 | 30,00 | 30,00 | 1,00 | 30,00 | 1,00 | 0,02200 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,03790 | 2,27 | 1026,593161 | 0,00308 | 0,148638 | 0,02072 | 0,09 | 0,375193 | 2,108414 | 0,791063 | 0,03790 |
| T8 | T9 | 11 | 64,00 | 94,00 | 1,00 | 94,00 | 1,00 | 0,06100 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,03974 | 2,38 | 1000,835289 | 0,009408 | 0,247504 | 0,038011 | 0,13 | 0,473014 | 3,510827 | 1,660669 | 0,03974 |
| T9 | T10 | 61 | 401,00 | 495,00 | 1,00 | 495,00 | 1,00 | 0,08000 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,04550 | 2,73 | 930,8194956 | 0,046075 | 0,283441 | 0,162557 | 0,27 | 0,731973 | 4,020588 | 2,942961 | 0,04550 |
| T10 | T6r | 6 | 177,00 | 672,00 | 1,00 | 672,00 | 1,00 | 0,03500 | 315 | 299,60 | 0,2996 | 0,04620 | 2,77 | 923,1956237 | 0,062038 | 0,1874787 | 0,330910 | 0,39 | 0,890908 | 2,659368 | 2,369253 | 0,04620 |

La tubazione di attraversamento DN200 viene verificata al fine di comprendere la massima portata scaricabile dal medesimo tubo, il quale attraversa la sede stradale in vicinanza di un pozzo, una volta raggiunta la massima portata scaricabile oppure durante i cambi di pendenza della livelletta stradale del sottopasso.

| nodo monte | nodo valle | L[m] | Area piattaforma | somma aree piattaforma a monte | coeff. Di afflusso piattaforma | S[m ²] | coeff. Di afflusso | slope | DIA[mm] | Internal diameter [mm] | Internal diameter [m] | tc[h] | tc[min] | u[l/s,ha] | Q[m ³ /s] | Q ₀ [m ³ /s] | Q/Q ₀ | Y/D | v/v ₀ | v ₀ [m/s] | v[m/s] | Δtc[h] |
|------------|-------------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|------------------------|-----------------------|---------|---------|-------------|----------------------|------------------------------------|------------------|------|------------------|----------------------|----------|---------|
| TUBO | TRASVERSALE | 3,35 | 140,00 | 140,00 | 1,00 | 140,00 | 1,00 | 0,01000 | 200 | 190,20 | 0,1902 | 0,03422 | 2,05 | 1084,343446 | 0,015181 | 0,029833 | 0,508855 | 0,50 | 1 | 1,050003 | 1,050003 | 0,03422 |