

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO - BERGAMO - MONTELLO**

**APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO**

**OPERE D'ARTE**

Fermata di Curno

Relazione di smaltimento idraulico

SCALA:

-

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

N B 1 R 0 2 D 2 6 R I F V 0 2 0 0 0 0 1 A

| Rev. | Descrizione         | Redatto       | Data       | Verificato   | Data       | Approvato          | Data       | Autorizzato Data |
|------|---------------------|---------------|------------|--------------|------------|--------------------|------------|------------------|
| A    | Emissione esecutiva | F. Serrau<br> | Marzo 2020 | S. Scafa<br> | Marzo 2020 | M. Berlingieri<br> | Marzo 2020 |                  |
|      |                     |               |            |              |            |                    |            |                  |
|      |                     |               |            |              |            |                    |            |                  |
|      |                     |               |            |              |            |                    |            |                  |

File: NB1R02D26RIFV0200001A

n. Elab.:

**INDICE**

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUZIONE .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>                                    | <b>7</b>  |
| 3.1      | PAI - ADB Po.....  | 7         |
| 3.2      | PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO .....                                  | 9         |
| 3.3      | COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....   | 11        |
| <b>4</b> | <b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>   | <b>12</b> |
| 4.1      | RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI.....      | 13        |
| <b>5</b> | <b>STANDARD PROGETTUALI.....</b>   | <b>15</b> |
| 5.1      | METODO DELL’INVASO.....  | 15        |
| 5.2      | DIMENSIONAMENTO IDRAULICO .....  | 17        |
| 5.3      | INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE .....                | 17        |
| <b>6</b> | <b>OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO.....</b>                                   | <b>21</b> |
| 6.1      | DRENAGGIO IN SOTTOPASSO .....  | 21        |
| 6.2      | DRENAGGIO DI BANCHINA CON PENSILINA E SENZA PENSILINA.....                 | 22        |
| 6.3      | DRENAGGIO DEL FABBRICATO E DELLE AREE ESTERNE .....                        | 24        |
| 6.3.1    | <i>Drenaggio del piazzale e fabbricato - dispersione .....</i>             | <i>25</i> |
| 6.3.2    | <i>Drenaggio del piazzale e fabbricato - vasca di laminazione .....</i>    | <i>25</i> |
| 6.3.3    | <i>Drenaggio dell’area esterna (Parcheggio).....</i>                       | <i>26</i> |
| <b>7</b> | <b>DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI RACCOLTA FERMATA.....</b>                    | <b>29</b> |
| 7.1      | DRENAGGIO BANCHINA E PIATTAFORMA FERROVIARIA .....                         | 29        |
| 7.1.1    | <i>Pluviali discendenti.....</i>   | <i>29</i> |
| 7.1.2    | <i>Sistema di convogliamento acque.....</i>                                | <i>31</i> |
| 7.1.3    | <i>Sistema di smaltimento delle acque meteoriche.....</i>                  | <i>31</i> |
| <b>8</b> | <b>DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI SMALTIMENTO FABBRICATO VIAGGIATORI .....</b> | <b>36</b> |
| 8.1      | PLUVIALI DISCENDENTI E RETE INTERNA AL PIAZZALE .....                      | 36        |
| 8.1.1    | <i>Smaltimento delle acque meteoriche.....</i>                             | <i>38</i> |
| 8.2      | SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE NERE .....                              | 38        |

**Relazione di smaltimento idraulico**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO  |
|----------|-------|----------|-------------|------|---------|
| NB1R     | 02    | D 26 RI  | FV 0200 001 | A    | 3 di 50 |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>9</b>   | <b>TABULATI DI DIMENSIONAMENTO.....</b>      | <b>40</b> |
| <b>9.1</b> | <b>SIMBOLOGIA UTILIZZATA.....</b>            | <b>40</b> |
| <b>9.2</b> | <b>DRENAGGIO AREA FERROVIARIA.....</b>       | <b>41</b> |
| <b>9.3</b> | <b>DRENAGGIO AREA PARCHEGGIO.....</b>        | <b>45</b> |
| <b>9.4</b> | <b>DRENAGGIO FABBRICATO VIAGGIATORI.....</b> | <b>48</b> |

## 1 INTRODUZIONE

Nel 2018, su incarico di RFI, Italferr ha redatto il progetto di fattibilità tecnico economico del raddoppio della linea ferroviaria Ponte S. Pietro-Bergamo-Montello, suddiviso in due lotti funzionali:

- Lotto 1 da Bergamo (km 0+000 LS) alla stazione di Ponte S. Pietro, con il raddoppio da Bergamo a Curno e sistemazione del PRG di Ponte S. Pietro;
- Lotto 2 da Bergamo (km 0+000 Ponte S. Pietro LS coincidente con km 21+880 LS Treviglio) a Montello (km 33+100 LS).

Per entrambi i lotti era previsto il raddoppio in presenza di esercizio.

A valle della consegna (estate 2018), nell'ottica di contenere i costi di realizzazione e di velocizzarne i tempi, si è aperto un tavolo tecnico tra il Ministero, la Regione Lombardia e i vertici aziendali di Gruppo FSI e nel dicembre del 2018 RFI ha richiesto ad Italferr di revisionare il progetto del solo Lotto 1 (incluso il PRG di Ponte S. Pietro) sotto l'ipotesi di realizzare il raddoppio in assenza di esercizio e di ricomprendere nello stesso lotto 1, la soppressione di tutti i PL inclusi nel Lotto 2.

Il progetto definitivo in oggetto considera la realizzazione del raddoppio in assenza di esercizio e ridistribuisce i lotti in:

|  |                          |
|--|--------------------------|
| APPALTO 1: APPARATO CENTRALE COMPUTERIZZATO DI BERGAMO SU FERRO ATTUALE    | FA01, FA02               |
| APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | WBS rimanenti            |
| APPALTO 8: OPERE SOSTITUTIVE PER SOPPRESSIONE PL TRA BERGAMO E MONTELLO    | SLO2/NV02,<br>SLO3/NV03. |

Nella Figura 1.1 è segnata la zona oggetto intervento per il progetto in essere.



Figura 1.1 - Individuazione dell'area d'intervento.

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere il sistema di drenaggio ed il relativo dimensionamento a servizio della fermata di Curno e del Fabbricato viaggiatori annesso (FV02).

La fermata di Curno è una nuova fermata.



*Figura 1.2 - Localizzazione della fermata di Curno.*

Il sistema di drenaggio previsto per la fermata di Curno sarà costituito da una rete di raccolta e smaltimento delle acque provenienti dalla piattaforma ferroviaria, dalla banchina e dal sottopasso.

Il sistema di drenaggio interno al sottopasso recapita le acque nel vano pompe il quale le solleva verso la rete di fognatura mista che passa lungo via Gaetano Donizetti.

La banchina della fermata è in parte protetta da una pensilina dotata di pluviali che convogliano le acque meteoriche al suolo nei pozzetti di ispezione posti a lato delle fondazioni delle pensiline. In questo tratto la raccolta dell'acqua proveniente dalla piattaforma ferroviaria sarà realizzata per mezzo di collettori circolari che scaricano anch'essi nei medesimi pozzetti. La funzione di laminazione della portata nel rispetto del principio di invarianza idraulica sarà affidata ad una vasca di sollevamento collocata a nord della linea ferroviaria, nell'area interclusa con la viabilità NV05-Viabilità di accesso al Sottovia km 4+274 - via Enrico Fermi. Il recapito finale dell'intero sistema di drenaggio è individuato nella rete fognaria mista, localizzata sotto la viabilità di accesso all'area commerciale Esselunga.

Il fabbricato viaggiatori posto a sud della fermata contiene due servizi igienici, il cui recapito è garantito dalla rete fognaria mista lungo via Gaetano Donizetti; mentre il sistema di drenaggio delle acque bianche previsto per l'area adibita al FV02 e alle aree di parcheggio e del piazzale, è costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque pluviali della copertura e di tutte le superfici il cui recapito finale sarà costituito da un'area verde di dispersione e da una vasca di laminazione in ca.



## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale;
- 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;
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Alpi Orientali (P.G.R.A. 03/03/2016).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 6 novembre 2003, n. 367. Dlgs 152/1999 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- Dpr 24 maggio 1988, n. 236. Qualità delle acque destinate al consumo umano.

Il progetto in essere considera inoltre:

- "Linee Generali di Assetto Idraulico e idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dell'Adda Sottolacuale" dell'Autorità di bacino del Fiume Po.
- UNI EN 12056-3 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo".
- Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8 Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 'Legge per il governo del territorio').

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

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 appartengono al bacino idrografico "Adda sublacuale" ricadente nell'area di giurisdizione del Distretto idrografico Padano.

Le competenze in materia di pianificazione idraulica per gli interventi che ricadono nel Distretto idrografico Padano sono demandate all'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po con il PGRA in vigore.

L'analisi idraulica deve considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento della zona in esame. Gli strumenti legislativi sono:

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

#### 3.1 PAI - ADB Po

I vincoli d'uso del territorio e le direttive in materia di progettazione di opere idrauliche, sono contenute nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dalla stessa Autorità di Bacino e approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001.

Il "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" rappresenta l'atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante di due strumenti di pianificazione precedentemente approvati, ovvero:

- il "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione", realizzato a seguito della piena del novembre 1994;

- il "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali" (PSFF), relativo alla rete idrografica principale del sottobacino del Po sotteso alla confluenza del Tanaro (territorio della Regione Piemonte e Valle d'Aosta) e, per la restante parte del bacino, all'asta del Po e agli affluenti emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati.

Il "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali" (PSFF) è stato approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 24 luglio 1998. Esso contiene la definizione e la delimitazione cartografica delle fasce fluviali dei corsi d'acqua principali piemontesi, del fiume Po e dei corsi d'acqua emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati a monte della confluenza in Po.

Il PAI estende la delimitazione delle fasce fluviali ai rimanenti corsi d'acqua principali del bacino, per i quali assume la normativa relativa alla regolamentazione degli usi del suolo e degli interventi nei territori fluviali delimitati già approvata nell'ambito del PSFF.

Sulla base del PAI, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo, costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto della seguente articolazione in fasce:

- Fascia di deflusso della piena (**Fascia A**), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (**Fascia B**), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.
- Area di inondazione per piena catastrofica (**Fascia C**), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Uno schema esplicativo della definizione delle fasce fluviali è riportato in Figura 3.2.

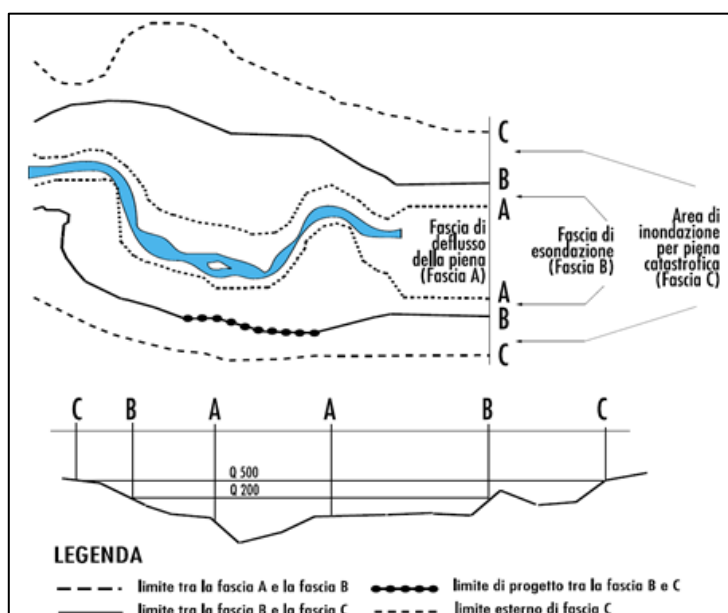


Figura 3.2 - Schema per la delimitazione delle fasce fluviali.



Le fasce fluviali sono state delimitate in funzione dei principali elementi dell'alveo che ne determinano la connotazione fisica: caratteristiche geomorfologiche, dinamica evolutiva, opere idrauliche, caratteristiche naturali e ambientali.

L'individuazione delle fasce rappresenta l'assetto di progetto di ciascuno dei corsi d'acqua, determinando i caratteri idraulici dell'alveo in condizioni di piena e le modalità di uso della regione fluviale dalle stesse perimetrata.

In base alla tavola di delimitazione delle fasce fluviali allegata al PAI, di cui in Figura 3.3 si riporta lo stralcio planimetrico delle aree interessate, l'intervento in progetto risulta esterno ai limiti definiti dalle fasce fluviali.

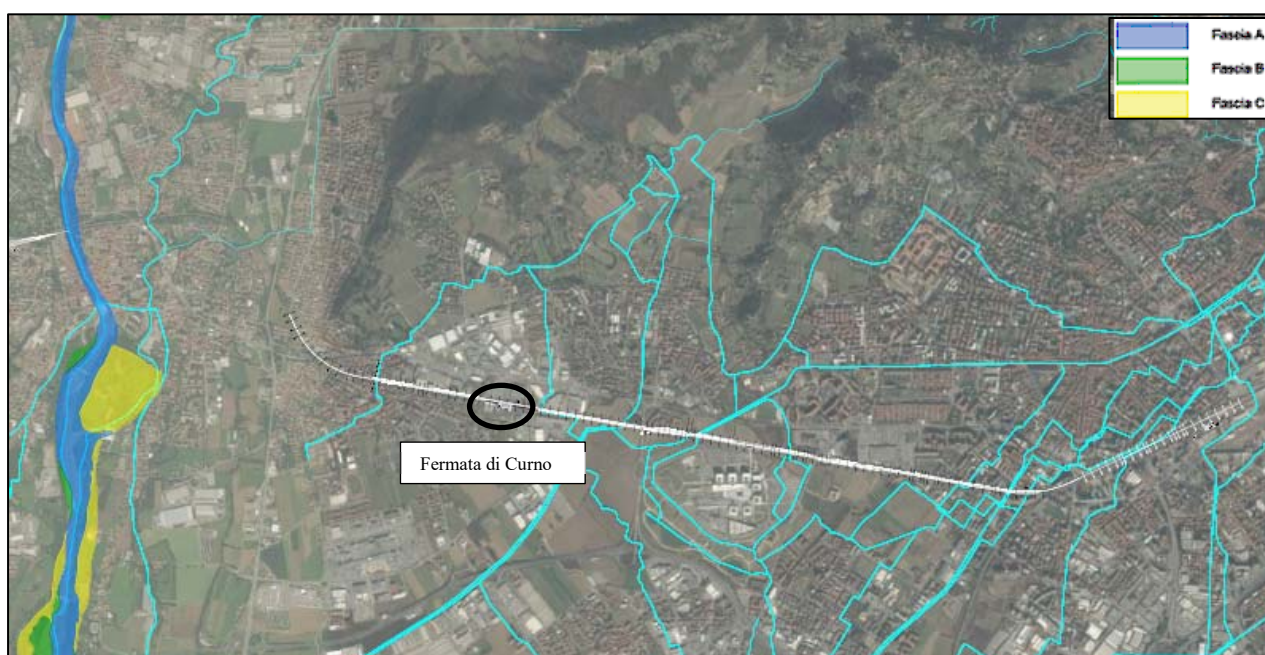


Figura 3.3 - Stralcio planimetrico di delimitazione delle fasce fluviali AdbPo.

### 3.2 PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D.Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti, della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. In particolare, il PGRA dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

La rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

- Reticolo principale (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura (RSP);

- Aree costiere marine (ACM);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari di evento riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento.

Gli scenari di inondazione sono:

| Direttiva Alluvioni   |   | Pericolosità | Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni) |  |                |                            |             |
|---|---|--------------|---|--|----------------|----------------------------|-------------|
| Scenario  | TR (anni)   |              | RP  | RSCM<br>(legenda PAI)                    | RSP            | ACL                        | ACM         |
| Elevata probabilità di alluvioni (H = high)                           | 20-50 (frequente)   | P3 elevata   | 10-20   | Ee, Ca<br>RME per conoide ed esondazione | Fino a 50 anni | 15 anni                    | 10 anni     |
| Media probabilità di alluvioni (M = medium)                           | 100-200 (poco frequente)                                  | P2 media     | 100-200   | Eb, Cp                                   | 50-200 anni    | 100 anni                   | 100 anni    |
| Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low) | Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro) | P1 bassa     | 500   | Em, Cn                                   |                | Massimo storico registrato | >> 100 anni |

Tabella 3.1 - Scenari di inondazione PGRA.

Le condizioni di pericolosità dell'area d'interesse sono riportate nella Figura 3.4, rappresentante un estratto della carta della pericolosità da alluvione dedotta dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

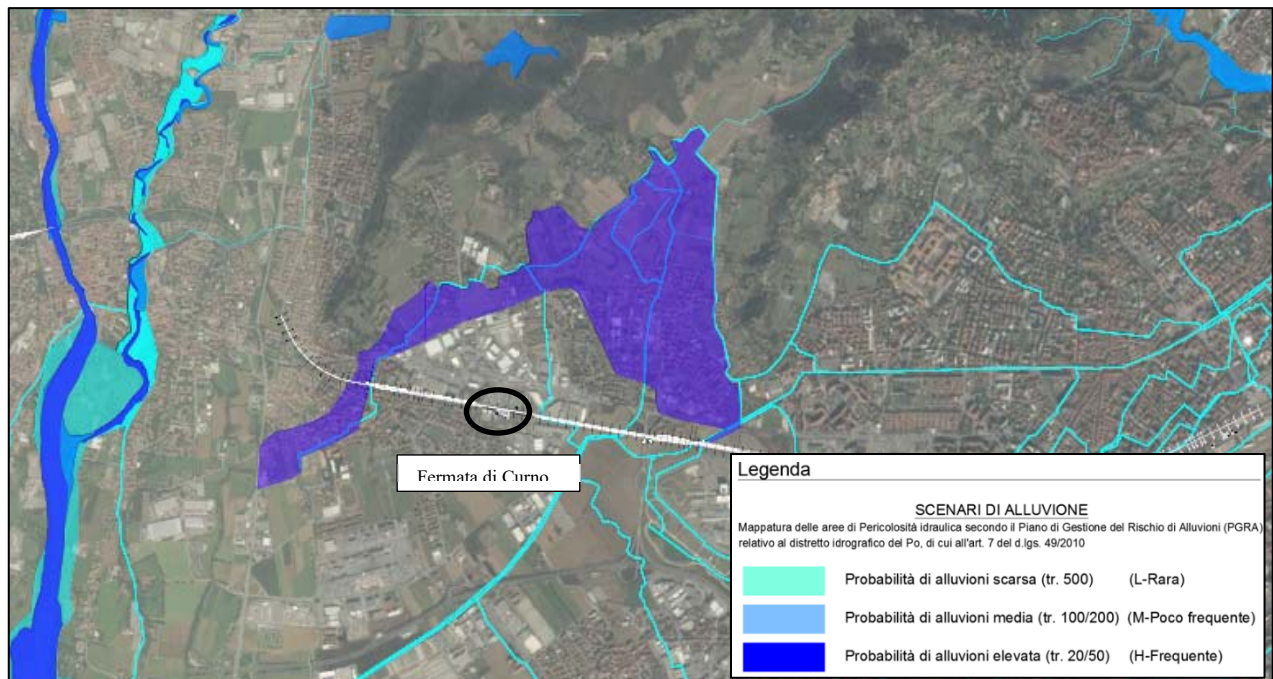



Figura 3.4 – Stralcio Planimetrico aree di esondazione PGRA.

|   |   |                     |                             |                                  |                   |                            |
|---|---|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------|
|  <p><b>ITALFERR</b><br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p><b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO</b><br/><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</b></p> |                     |                             |                                  |                   |                            |
| <p><b>Relazione di smaltimento idraulico</b></p>  | <p>COMMESSA<br/>NB1R</p>  | <p>LOTTO<br/>02</p> | <p>CODIFICA<br/>D 26 RI</p> | <p>DOCUMENTO<br/>FV 0200 001</p> | <p>REV.<br/>A</p> | <p>FOGLIO<br/>11 di 50</p> |

In base alla tavola di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PGRA del Distretto Padano le opere in progetto (banchine, Fabbricato viaggiatori, sottopasso e parcheggio) risultano esterni alle aree di esondazione attualmente in vigore.

### 3.3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto non ricade nelle fasce fluviali ai sensi del PAI e nelle aree di esondazione delimitate dal PGRA.

L'intervento, inoltre, è un intervento di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Po.


#### **Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico**

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.
3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.

Le opere in progetto sono opere di interesse pubblico che non comportano una riduzione della capacità di invaso e soprattutto sono opere non delocalizzabili.

A valle delle indicazioni da normativa si può affermare che gli interventi in oggetto non costituiscono significativo ostacolo al deflusso, non pregiudicano la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area, assicurano il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e la sicurezza delle opere di difesa esistenti e non producono effetti né in termini di modifica di deflussi idrici, né in termini di squilibrio degli attuali bilanci della risorsa idrica (prelievi e scarichi), risultando interventi idraulicamente compatibili.



|  |   |                  |             |                     |                          |           |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>   | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

#### 4 ANALISI IDROLOGICA

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.

Per il progetto in essere esistono differenti analisi validate e autorevoli, nella relazione idrologica sono state confrontate le curve di possibilità climatiche ottenute a partire dai dati disponibili dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e le medesime ottenute utilizzando i dati derivanti da Arpa Lombardia. È emerso che le curve orarie fornite dal Progetto STRADA (Arpa Lombardia) sono le più gravose, per tale motivo sono state scelte come base progettuale.

Il contesto in cui ARPA Lombardia ha svolto le attività progettuali di aggiornamento della descrizione statistica delle precipitazioni intense è quello della presenza di una base di dati strumentali già consolidata, costituita dalle osservazioni delle piogge massime annue di fissata durata di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore per 105 stazioni meccaniche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, già utilizzate per lo sviluppo di un'attività di caratterizzazione statistica del territorio regionale mediante un modello scala-invariante secondo la distribuzione probabilistica GEV (Generalized Extreme Value), che ha prodotto la parametrizzazione delle LSPP su 69 punti strumentati e da questi su tutto il territorio regionale tramite tecniche di estrapolazione geostatistica; questo servizio è attualmente operativo e accessibile su piattaforma web-gis sul sito web istituzionale di ARPA (<http://idro.arpalombardia.it>). Per una conoscenza più dettagliata dei dati utilizzati si rimanda alla relazione idrologica del progetto in essere.

Le leggi di probabilità pluviometrica sono state determinate sulla base dei dati disponibili sul sito web del servizio idrografico dell'ARPA Lombardia il quale fornisce i parametri necessari per il calcolo dell'altezza di pioggia con riferimento ad una precipitazione di durata maggiore o uguale all'ora e per un assegnato tempo di ritorno. Il calcolo viene eseguito tramite la relazione seguente:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^r$$

in cui  $w_T$  è il fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno calcolato con la seguente espressione:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

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:

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

#### 4.1 RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI

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 per tempi di pioggia inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell (si rimanda alla relazione idrologica per lo studio completo) che ha proposto, in relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, la seguente relazione:

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

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 25, 50, 100 e 200 anni e durata inferiore ad un'ora, riferite al progetto in essere, sono riportate in Figura 4.1, con tempo  $t$  espresso in minuti.

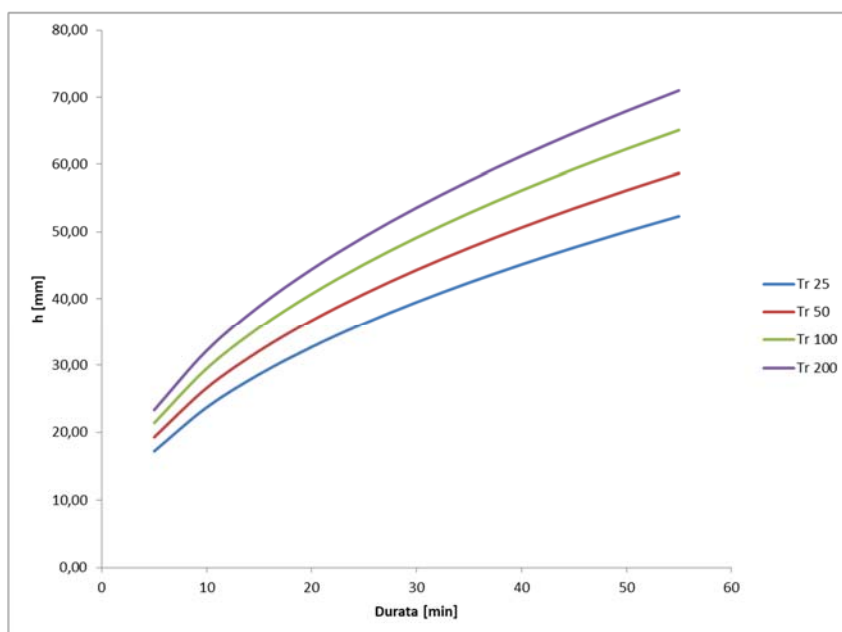


Figura 4.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora.


Per l'area oggetto d'intervento, con riferimento a tempi di ritorno di 25, 50, 100 e 200 anni, secondo lo studio di Arpa Lombardia e con l'applicazione del metodo di Bell, si ottengono i valori di  $a_1 \cdot w_T$  ed  $n$  riportati in Tabella 4.1.

|           | t ≤ 1 ora |       |        |        | t > 1ora |       |        |        |
|-----------|-----------|-------|--------|--------|----------|-------|--------|--------|
|           | Tr 25     | Tr 50 | Tr 100 | Tr 200 | Tr 25    | Tr 50 | Tr 100 | Tr 200 |
| <b>a1</b> | 30.26     |       |        |        | 30.26    |       |        |        |
| <b>n</b>  | 0.464     |       |        |        | 0.298    |       |        |        |
| <b>wT</b> | 1.800     | 2.020 | 2.240  | 2.461  | 1.800    | 2.020 | 2.240  | 2.461  |

Tabella 4.1 - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica.

Per lo studio completo si rimanda alla relazione idrologica NB1R00D26RHID0001001A.



|  |  |                  |             |                     |                          |           |
|--|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>  | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

## 5 STANDARD PROGETTUALI

Il progetto in essere necessita di varie opere idrauliche da dimensionare e verificare adeguatamente, la procedura da seguire può essere riepilogata con i seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica (Analisi idrologica);
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica (Metodo dell'invaso);
- Dimensionamento e verifica degli elementi di raccolta delle acque.

### 5.1 METODO DELL'INVASO

Si riprende nel presente paragrafo qualche considerazione riguardante il metodo dell'invaso utilizzato per la determinazione delle portate di progetto per il sistema di raccolta e smaltimento delle acque.

Il metodo tiene conto della diminuzione di portata per il velo (sottilissimo) che rimane sul terreno e per il volume immagazzinato in rete. L'acqua piovana proveniente dall'atmosfera viene in parte assorbita dal terreno, una porzione evapora ed il resto defluisce; la porzione che evapora è molto piccola e quindi trascurabile. Indicando con " $\psi$ " l'aliquota che defluisce sul terreno, bisogna tenere conto che tale valore dipenderà dalla natura del terreno, dalla durata dell'evento di pioggia, dal grado di umidità dell'atmosfera e dalla stagione;  $\psi$  prende il nome di coefficiente di afflusso e moltiplicato per l'area del bacino (A) e per l'intensità di pioggia (I) fornisce una stima della portata che affluisce nel bacino nell'unità di tempo:

$$p = \psi I A$$

Nel tempo  $d_t$  il volume d'acqua affluito sarà  $p \cdot d_t$ , mentre nell'istante  $t$  nella rete di drenaggio defluirà una portata  $q$ , inizialmente nulla e man mano crescente.

Se il volume che affluisce nel tempo  $d_t$  è pari a  $p \cdot d_t$  e quello che defluisce è  $q \cdot d_t$ , la differenza, che indicheremo con  $d_w$ , rappresenterà il volume d'acqua che si invasa nel tempo.

Pertanto, l'equazione di continuità in forma differenziale sarà:

$$p dt = q dt + dw$$

Considerando che la portata  $q$  può essere considerata costante, le variabili da determinare sono  $q(t)$ ,  $w(t)$ , e  $t$ , per cui l'equazione non sarebbe integrabile se non fissando  $q$  o  $w$ .

Tuttavia, valutando che il valore massimo di portata verrà raggiunto alla fine dell'evento di pioggia di durata  $t$ , il problema di progetto si riduce ad individuare, tramite processo iterativo, la durata di pioggia che massimizzi la portata, tenuto conto che al diminuire di questa aumenta l'intensità di pioggia.

Tale problema è stato risolto, nell'ipotesi di intensità di pioggia (I) costante e di rete di drenaggio inizialmente vuota ( $q = 0$  per  $t = 0$ ), considerando:

- una relazione lineare tra il volume  $w$  immagazzinato nella rete a monte e l'area della sezione idrica  $\omega$ :

$$w/\omega = W/\omega = cost$$

questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde all'ipotesi di moto uniforme, mentre nel caso di reti, si basa su due ulteriori ipotesi: che i vari elementi si riempiano contemporaneamente senza che mai il deflusso affluente sia ostacolato (funzionamento autonomo) e che il grado di riempimento di ogni elemento sia coincidente con quello degli altri (funzionamento sincrono);

- una relazione lineare tra la portata defluente e l'area della sezione a monte:

$$q/\omega = Q/\Omega = cost$$

Tale relazione corrisponde all'ipotesi di velocità costante in condotta, ipotesi abbastanza prossima alla realtà nella fascia dei tiranti idrici che in genere si considerano.

Con queste ipotesi semplificative si ottiene:

$$\frac{dw}{W} = \frac{dq}{Q}$$

l'equazione di continuità diviene quindi:

$$(p - q)dt = \frac{W}{Q} dq$$

ovvero:

$$p - q = \frac{dW}{dt}$$

L'integrazione dell'equazione di continuità consente di ottenere una relazione tra la portata e il tempo di riempimento di un canale, ovvero consente la stima dell'intervallo temporale tra un valore nullo di portata ed un valore massimo. Definendo  $T$  il tempo necessario per passare da  $q=0$  a  $q=q_{max}$ , e  $t_r$  il tempo di riempimento, un canale risulterà adeguato se  $T \leq t_r$ , viceversa se  $T > t_r$  il canale sarà insufficiente.

Il corretto dimensionamento del canale di drenaggio delle acque piovane si ottiene ponendo  $T = t_r$ , ovvero nel caso in cui la durata dell'evento piovoso eguagli il tempo di riempimento del canale. In quest'ottica nasce il metodo dell'invaso non come metodo di verifica, ma come strumento progettazione, imponendo la relazione  $T = t_r$  si ottiene l'espressione analitica del coefficiente udometrico:

$$u = \frac{k (\psi a)^{1/n}}{w^{1/(n-1)}}$$

Il coefficiente udometrico rappresenta la portata per unità di superficie del bacino, ed è espresso in  $l/s \cdot ha$ ,  $\psi$  è il coefficiente di afflusso,  $w$  è il volume di acqua invasata riferito all'area del bacino in  $m^3/m^2$ ,  $a$  [ $m/ora^n$ ] ed  $n$  sono i coefficienti della curva di possibilità climatica,  $k$  un coefficiente che assume il valore di  $2168 \cdot n$  [Sistemi di Fognatura, Manuale di Progettazione, CSU Editore, Hoepli; Appunti di Costruzioni idrauliche, Girolamo Ippolito, Liguori Editore].

L'espressione del coefficiente udometrico utilizzata nel nostro studio è:

$$u = \frac{2168 n (\psi a)^{1/n}}{w^{1/(n-1)}}$$

Il coefficiente di afflusso è assunto pari a  $\psi=1$  per le coperture e la banchina mentre pari a  $\psi=0.9$  per la piattaforma ferroviaria.

Il volume  $w$  rappresenta il volume specifico di invaso totale pari al rapporto tra il volume di invaso totale  $W_{tot}$  e la superficie drenata  $S$ :

$$w = \frac{W_{tot}}{S}$$

in cui il volume d'invaso totale è definito come segue:

$$W_{tot} = w_{0c} + \sum_i w_i + w_l$$

dove:

$w_{0c}$ , volume dei piccoli invasi e del velo idrico superficiale (si è assunto  $w_{0c} = 30 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  per le banchine mentre  $w_{0c} = 50 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  per la piattaforma ferroviaria);

$w_i$ , volume invasato nel collettore i-esimo;

$w_l$ , volume invasato nel collettore in progetto.

## 5.2 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

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

$$V = k * \sqrt{R * i}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

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

$$K = K_s R^{1/6}$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2}$$


dove: Q indica la portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), i la pendenza media (m/m), A la sezione idrica ( $\text{m}^2$ ), R il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m) e  $K_s$  il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, assunto pari a  $K_s=80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per le tubazioni in PVC e  $K_s=67 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per gli elementi in calcestruzzo.

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  $0,5 \div 0,6 \text{ m/s}$ , al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- la velocità massima non deve essere maggiore di  $5 \text{ m/s}$ , al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento, per le opere idrauliche connesse alla piattaforma ferroviaria, deve essere non superiore al 70% per elementi chiusi per evitare che la condotta possa andare in pressione; il grado di riempimento per le opere idrauliche deve essere non superiore al 50% per le condotte con DN minore di 500 mm.

## 5.3 INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE

Il regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11

|  |   |                  |             |                     |                          |           |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>   | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

marzo 2005, n. 12", aggiornato con modifiche e integrazioni n.7/2018 e n.8/2019, tratta il tema dell'invarianza idraulica e idrologica all'interno della regione Lombardia.

In tale regolamento si specifica che le misure di compensazione per la salvaguardia dell'invarianza idraulica devono essere applicate anche per:

*e.3) la realizzazione di infrastrutture e di impianti, anche per pubblici servizi, che comporti la trasformazione in via permanente di suolo ineditato;*

All'articolo 4.3 inoltre viene precisato quanto segue:

*L'infiltrazione rappresenta, se la situazione idrogeologica locale lo consente (v. art. 5.2.2), un'utile e opportuna modalità di smaltimento delle acque pluviali. Peraltro, poiché nella generalità dei casi la capacità di infiltrazione dei suoli è inferiore, talora in modo significativo, rispetto all'intensità delle piogge più intense, il contenimento delle portate allo scarico richiede necessariamente la trattenuta temporanea delle acque pluviali in eccesso rispetto all'infiltrazione in invasi di laminazione.*

*La vasta possibilità di configurare tali invasi con differenti tipologie consente di individuare soluzioni tecnicamente fattibili e di costo percentualmente contenuto, rispetto al costo complessivo dell'intervento, qualora tali capacità di invaso siano attentamente previste in fase di progetto (vedi art. 9).*

Le modifiche di impermeabilità del suolo considerano lo stato di permeabilità originaria del sito, e non alla condizione urbanistica preesistente all'urbanizzazione. In particolare, il regolamento riporta:

*Lo smaltimento dei volumi invasati, nel rispetto dei valori limite ammissibili di portata più oltre indicati (art. 6.2), deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità:*

- 1. mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità (es. innaffiamento giardini, acque grigie, lavaggio pavimentazioni e auto, ecc.);*
- 2. mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio. L'infiltrazione induce così alla riduzione degli effetti dell'impermeabilizzazione anche in termini di rispetto del principio di invarianza idrologica;*
- 3. scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale o reticolo di bonifica, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2) e assoggettati al controllo dell'Autorità idraulica competente;*
- 4. scarico in fognatura, con i limiti di portata più oltre indicati (art. 6.2).*

Nella tabella 7.1 si riportano i limiti di portata scaricabili nei ricettori finali nelle zone di progetto, secondo l'articolo 6.2.

**Relazione di smaltimento idraulico**

COMMESSA NB1R LOTTO 02 CODIFICA D 26 RI DOCUMENTO FV 0200 001 REV. A FOGLIO 19 di 50

| Comune                 | Provincia | Criticità idraulica <sup>(1)</sup> | Coefficiente di pericolosità | Portata scaricabile [l/s ha imp] |
|------------------------|-----------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Albano sant'Alessandro | BG        | A                                  | 1                            | 10                               |
| Bergamo                | BG        | A                                  | 1                            | 10                               |
| Curno                  | BG        | A                                  | 1                            | 10                               |
| Mozzo                  | BG        | A                                  | 1                            | 10                               |
| Ponte San Pietro       | BG        | A                                  | 1                            | 10                               |
| Seriate                | BG        | B                                  | -                            | 20                               |

Tabella 5.1 Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei recettori (2)

In base all'entità dell'impermeabilizzazione e agli ambiti territoriali si definiscono le modalità di calcolo da applicare all'intervento, si veda come riferimento la tabella a seguire.

| CLASSE DI INTERVENTO                        | SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO                                  | COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE | MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)     |                                      |
|---|---|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
|   |   |                                      | Aree A, B  | Aree C                               |
| 0 Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi | ≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)  | qualsiasi                            | Requisiti minimi articolo 12 comma 1                     |                                      |
| 1 Impermeabilizzazione potenziale bassa     | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)                         | ≤ 0,4                                | Requisiti minimi articolo 12 comma 2                     |                                      |
| 2 Impermeabilizzazione potenziale media     | da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)                            | > 0,4                                | Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G) | Requisiti minimi articolo 12 comma 2 |
|   | da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)                            | qualsiasi                            |  |                                      |
| 3 Impermeabilizzazione potenziale alta      | da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)                           | ≤ 0,4                                | Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)    |                                      |
|   | da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)<br>> 10 ha (> 100.000 mq) | > 0,4<br>qualsiasi                   |  |                                      |

Tabella 5.2 Metodologia di calcolo in base alla classe d'intervento <sup>(3)</sup>

Nella redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, inoltre, devono essere rispettati i tempi di ritorno di riferimento, il Regolamento definisce quanto segue:

*(..omissis..) Le misure strutturali locali di contenimento e controllo delle acque meteoriche interne alle singole aree scolanti sono calcolate in modo da rispettare i valori limite di emissione sopra richiamati, assumendo quali tempi di ritorno i valori di seguito riportati:*

*T = 50 anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.*

*T = 100 anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate e dei provvedimenti protettivi da realizzarsi eventualmente in luogo del franco;*

*T = 100 anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati (barriere e paratoie fisse o rimovibili*

<sup>(1)</sup>Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e ss.mm.ii., Art. 7, comma 3

<sup>(2)</sup>Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e ss.mm.ii., Art. 8, comma 1

<sup>(3)</sup>Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e ss.mm.ii., Art. 9, comma 1, Tabella 1

*a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, ecc.).*

Nel caso in esame, essendo le opere di drenaggio ferroviario da dimensionare con Tr pari a 100 anni, l'invarianza idraulica verrà analizzata con tale periodo di ritorno, comunque a favore di sicurezza.


Per quanto riguarda i tempi di svuotamento, è stato verificato che una volta terminato l'evento di pioggia, il sistema abbia a disposizione dopo 48 un volume tale da poter invasare un secondo evento con tempo di ritorno 100 anni.

La verifica del tempo di svuotamento è stata effettuata attraverso il calcolo indicato al paragrafo 7.6 delle linee guida della Regione Lombardia, risolvendo l'equazione:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + q_{inf}}$$

$W_{lam}$  è stato stimato valutando il volume massimo raggiunto nella vasca, corrispondente cioè ad un evento di durata critica. Il valore  $Q_u$  è stato considerato costante pari al valore massimo ammissibile, mentre il valore di  $q_{inf}$  è stato valutato con il prodotto tra la permeabilità  $k$  e la superficie drenante del sistema (lati + fondo) considerando l'altezza raggiunta nel dispositivo alla fine dell'evento. In queste ipotesi è stato verificato che dopo 48 sia disponibile nel sistema un volume sufficiente ad accogliere un altro evento di progetto e che dopo 72 ore la vasca sia vuota. Nel caso in cui lunghi tratti siano in corrispondenza di terreni con permeabilità più bassa di quella utilizzata nel calcolo e non si rendesse disponibile tutto il volume richiesto per accogliere un secondo evento, la sicurezza del sistema sarebbe comunque garantita dallo sfioro di emergenza descritto in precedenza.



|  |  |                  |             |                     |                          |           |
|--|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>  | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

## 6 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO

Il sistema di drenaggio studiato per la fermata di Curno si può suddividere in quattro tipologie:

- Drenaggio in sottopasso;
- Drenaggio di banchina con pensilina;
- Drenaggio di banchina;
- Drenaggio del fabbricato e delle aree esterne.

Si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico - Fermata" NB1R02D26P9FV0200001A per i dettagli relativi alle prime tre tipologie, mentre l'elaborato NB1R02D26PAFV0200002A è relativo al drenaggio del fabbricato viaggiatori e delle aree esterne.

### 6.1 DRENAGGIO IN SOTTOPASSO

In corrispondenza della progressiva 4+319 è collocato il sottopasso di stazione, servito da due rampe di scale, due ascensori collocati in corrispondenza delle banchine ferroviarie e un terzo ascensore interno al fabbricato viaggiatori.

La stima della quantità d'acqua da allontanare non può essere correlata direttamente all'entità della precipitazione perché gli accessi alle banchine ferroviarie sono coperti. La dotazione dell'impianto è tuttavia prevista per evacuare quanto raggiunge il corridoio pedonale per afflussi meteorici sottovento, gocciolamento portato dall'utenza o da scioglimento nevoso, fenomeni di filtrazione, capillarità, condensa su murature e rivestimenti, cause accidentali, acque di lavaggio.

In corrispondenza del vano ascensore nord e del vano centrale è stato previsto un pozzetto 60x60 cm, con profondità 60 cm, atto all'alloggiamento di una pompa mobile a servizio dei singoli vani ascensore. L'impianto principale è collocato in corrispondenza del vano ascensore sud e ha dimensioni interne 120x120 cm, con altezza interna pari a 2.00 m.

Le acque in oggetto sono acque nere, spesso saponate, quindi si è ritenuto necessario lo scarico all'interno della rete di fognatura mista DN500 collocata lungo via Gaetano Donizetti.

Nella Tabella 6.1 si riportano i dati di riferimento dell'impianto di sollevamento principale, in essa la colonna L<sub>3-ON</sub> rappresenta il livello di allarme. La riporta lo schema idraulico del sottopasso.

| WBS  | Prog. km | Q [l/s] | H <sub>geodetica</sub> [m] | Dimensione i.s. | Pozzetto<br>BxL [m] | H <sub>manometrica</sub> [m] | L <sub>off</sub> [m] | L <sub>1-ON</sub> [m] | L <sub>2-ON</sub> [m] | L <sub>3-ON</sub> [m] |
|------|----------|---------|----------------------------|-----------------|---------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| FV02 | 4+319    | 10.00   | 8.00                       | 1+1 di riserva  | 1.20x1.20           | 30.00                        | 0.45                 | 0.95                  | 1.45                  | 1.55                  |

Tabella 6.1 - Dati impianto di sollevamento sottopasso.

Per il dimensionamento del sistema di sollevamento si rimanda agli elaborati specialistici.

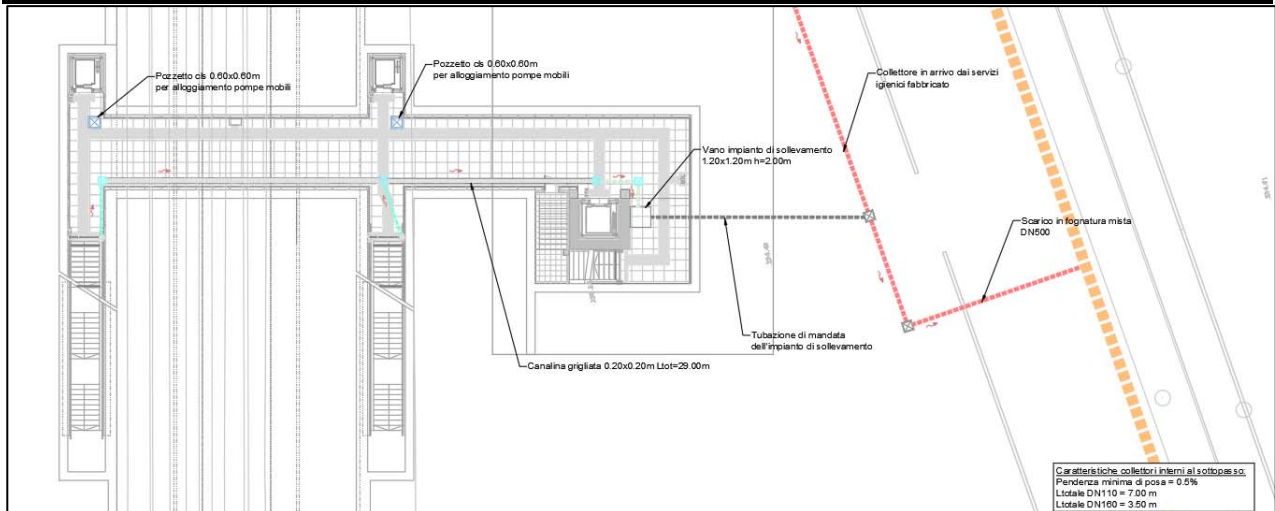


Figura 6.1 - Schema idraulico del sottopasso.

## 6.2 DRENAGGIO DI BANCHINA CON PENSILINA E SENZA PENSILINA

L'intervento lungo linea che prevede l'aggiunta di un binario, comporta in questa zona che il punto di massimo del subballast sia spostato verso il binario esistente, per cui le superfici afferenti ai collettori della banchina nord e sud risultano differenti. Questo si traduce in un diametro diverso dei collettori longitudinali di raccolta.

Il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria e della banchina, per quanto concerne la parte protetta da pensilina, viene realizzato con dei pozzetti di dimensione interna 60x60 cm posti sotto banchina a lato delle fondazioni delle pensiline. Le acque della piattaforma ferroviaria recapitano al loro interno tramite dei collettori DN 160 posti ad interasse di 10m, mentre le acque provenienti dalla copertura saranno collettate al pozzetto tramite un pluviale  $\phi$  100.

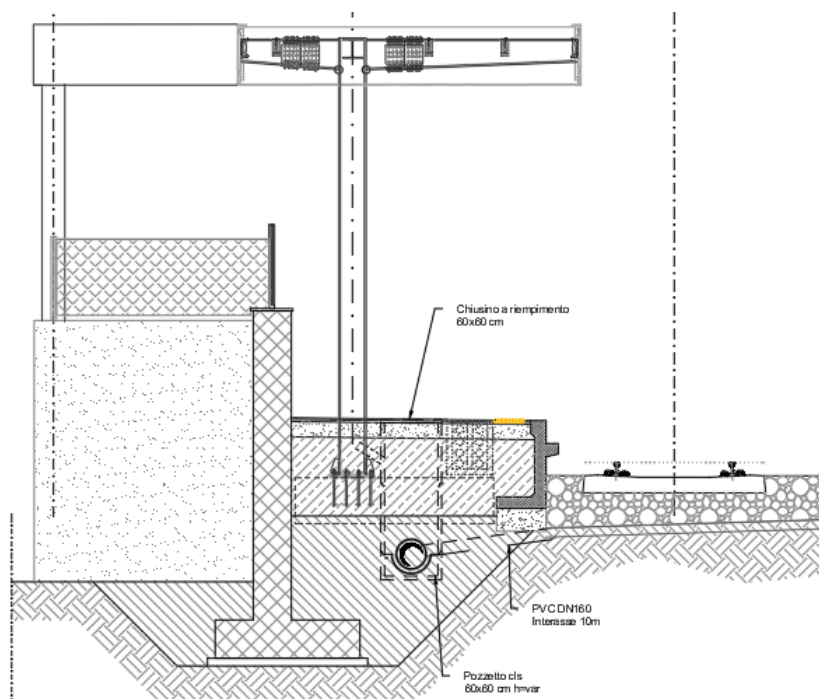


Figura 6.2 - Sezione idraulica della parte di fermata con banchina dotata di pensilina.

I pozzetti sono connessi tra loro tramite collettori DN 250-315 in modo tale da recapitare le acque alla vasca di laminazione, attraverso due attraversamenti sotto i binari effettuali con collettori in PVC provvisti di bauletto in ca e ad una linea di collettori esterna alla stazione. Nella figura seguente è rappresentata la schematizzazione della rete di smaltimento idraulico per il tratto di fermata dotato di pensilina.



Figura 6.3 - Schema idraulico della parte di fermata con banchina coperta.

Lo scarico dalla vasca di sollevamento avviene per sollevamento verso la fognatura mista posta al di sotto della viabilità di collegamento all'area Esselunga dove è presente un DN600, nel pieno rispetto del principio di invarianza idraulica.

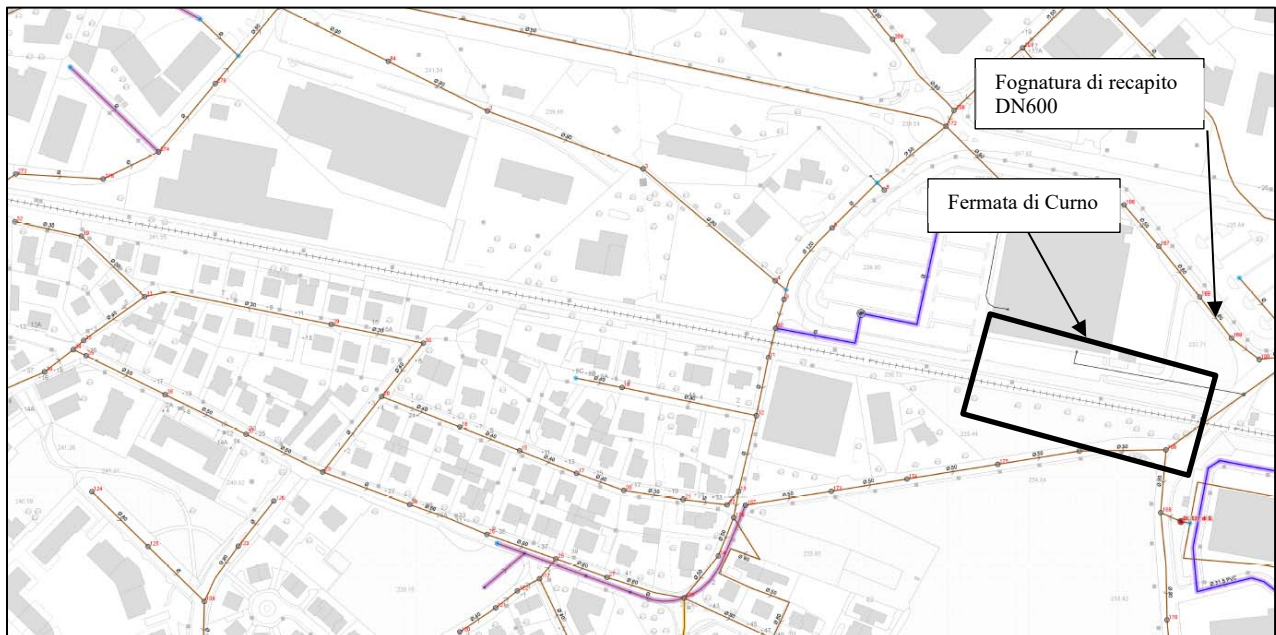


Figura 6.4 - Individuazione recapito impianto di sollevamento di fermata.

Il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria e della banchina, per quanto concerne la parte non protetta da pensilina, viene realizzato con collettori DN 250, DN315 e DN400 posati longitudinalmente alla banchina stessa. Le acque della piattaforma ferroviaria vengono captate tramite dei collettori DN 160 posti ad interasse variabile da 18 a 20 m, che grazie ai pozzetti in cls 60x60 cm, recapitano i deflussi all'interno dei collettori di raccolta.

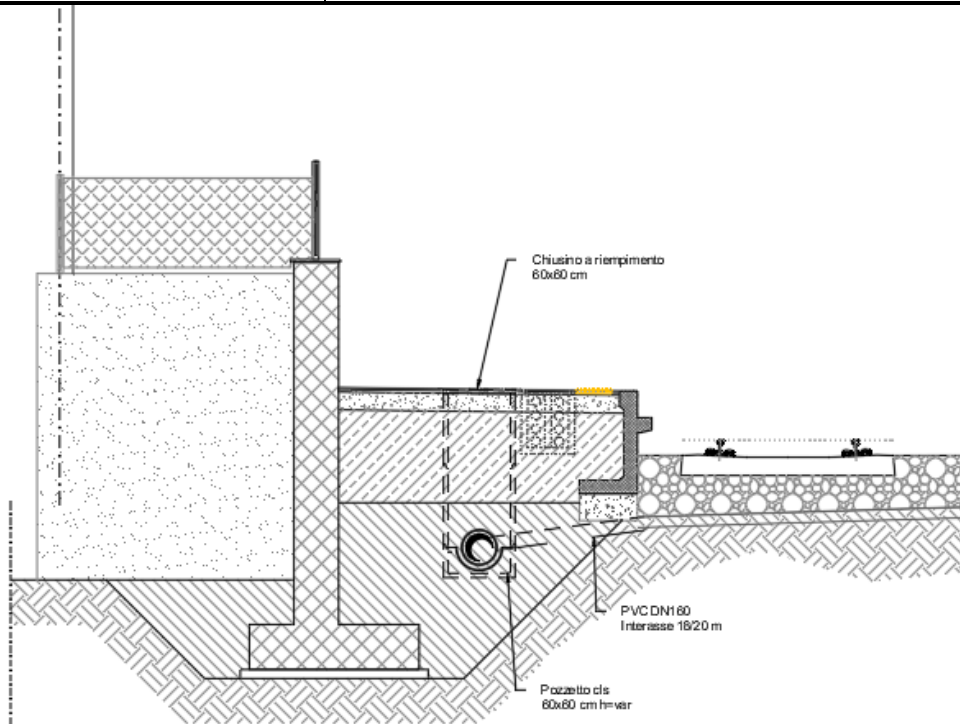


Figura 6.5 – Sezione trasversale banchina.

### 6.3 DRENAGGIO DEL FABBRICATO E DELLE AREE ESTERNE

Il sistema di drenaggio previsto per l'area adibita al nuovo fabbricato tecnologico FV02 e per le aree di parcheggio e del piazzale, è costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque pluviali della copertura e di tutte le superfici il cui recapito finale sarà costituito da un'area verde di dispersione, da una vasca di laminazione in ca posta sotto gli stalli e da una vasca a dispersione posta nell'area del parcheggio.

Nella seguente figura è rappresentata la schematizzazione della rete idraulica considerata nel calcolo, si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico – Fabbricato viaggiatori" (codice NB1R02D26PAFV0200002A) per i dettagli.



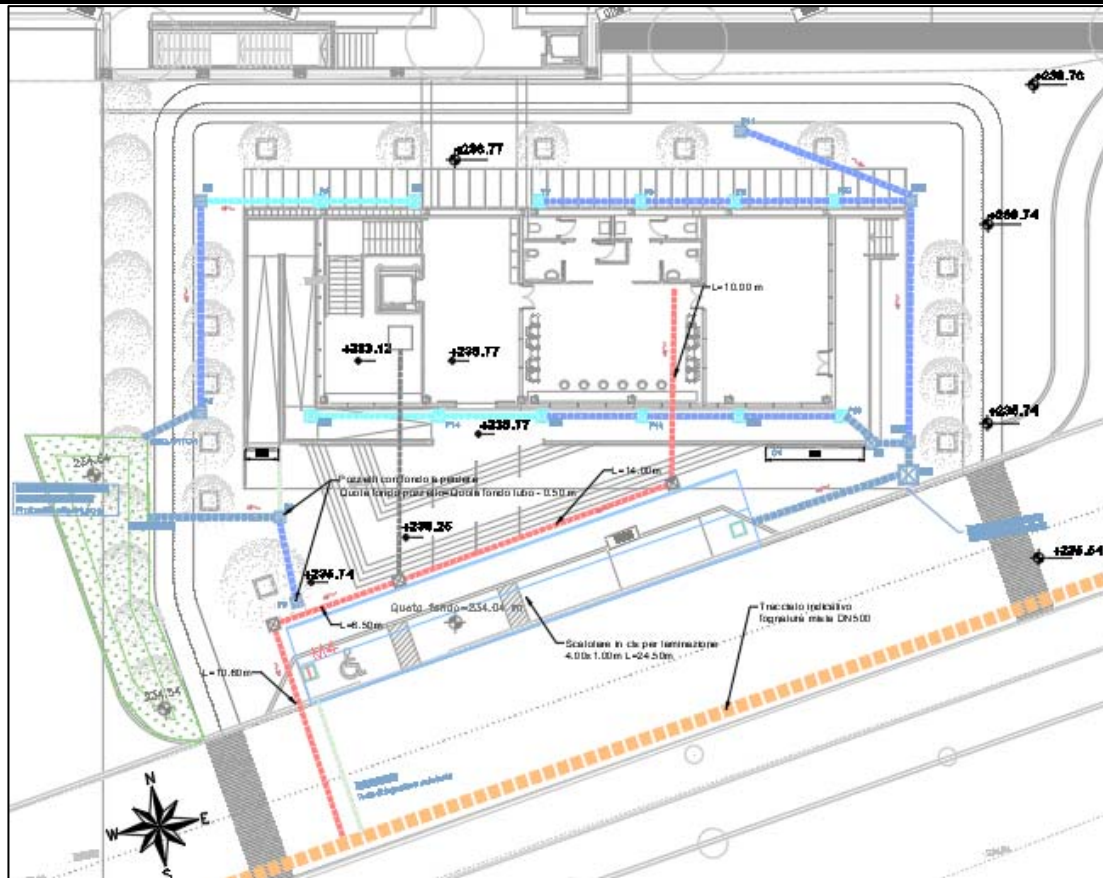


Figura 6.6 - Estratto planimetrico drenaggio.

### 6.3.1 Drenaggio del piazzale e fabbricato - dispersione

Le aree circostanti il fabbricato hanno quota variabile, dovuta alle pendenze del piazzale in masselli autobloccanti.

Per le superfici scoperte del piazzale sarà prevista una pavimentazione che favorisce l'infiltrazione delle acque nel terreno a mezzo di masselli autobloccanti; per cautela, sono stati aggiunti dei pozzetti grigliati che consentono la raccolta delle acque superficiali di scolo e garantiscono l'allontanamento delle acque in eccesso dalla superficie del piazzale.

### 6.3.2 Drenaggio del piazzale e fabbricato - vasca di laminazione

Il sistema di raccolta delle acque del fabbricato prevede la captazione e l'invio delle acque della copertura, attraverso le grondaie, all'interno dei pluviali presenti sul lato nord del fabbricato.

In corrispondenza dei pluviali  $\phi 10$  cm, è presente un pozzetto in cls 50x50 che raccoglie le acque e le invia, attraverso un collettore nel recapito finale.

La rete di smaltimento è quindi costituita da:

- Discendenti di diametro 10 cm;
- Pozzetti dimensione 50x50 cm;
- Pozzetti 60x60 cm con caditoie grigliate;
- Canaletta dimensione 20x20.5 cm con griglia carrabile in ghisa sferoidale classe C250;

- Tubazioni circolari in PVC di diametro variabile.

Data la disposizione del fabbricato all'esterno dell'area di piattaforma dei binari di corsa il dimensionamento dell'intera rete è effettuato considerando un tempo di ritorno di 25 anni. La superficie della copertura completamente impermeabile ( $\psi=1$ ) e dei piazzali e stalli auto parzialmente permeabile ( $\psi=0.7$ ) ha dimensioni limitate impone, quindi, l'utilizzo di curve con tempi di pioggia minori di un'ora.

Le aree scoperte del piazzale sono realizzate in masselli autobloccanti per aumentare la dispersione delle acque nel terreno e ripristinare quanto possibile l'attuale sistema a dispersione delle acque.

Il recapito finale, delle acque della copertura e di tutte le superfici impermeabili, è costituito dalla fognatura mista DN500 posta lungo via Gaetano Donizetti:

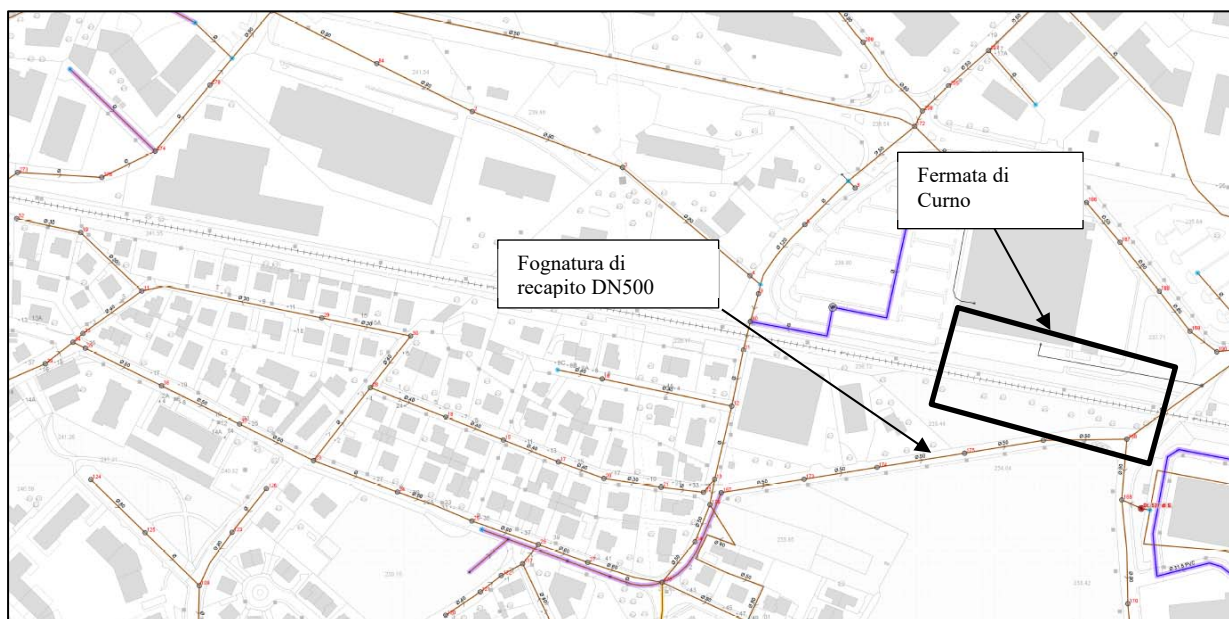


Figura 6.7 - Individuazione recapito area fabbricato-piazzale.

### 6.3.3 Drenaggio dell'area esterna (Parcheggio)

L'area individuata per la sosta degli autoveicoli è composta da una viabilità di collegamento in asfalto e da stalli auto in masselli autobloccanti. Il sistema di raccolta dei deflussi meteorici è composto da pozzetti in cls con caditoie in ghisa sferoidale 50x50 cm, collegate da tubazioni in PVC SN8 di diametro variabile. Il parcheggio insiste su una porzione di viabilità esistente, per questo motivo il sistema di raccolta è stato suddiviso tra area esistente ed area da laminare, ai sensi della normativa vigente in tema di invarianza idraulica. La rete su sedime esistente recapita direttamente in fognatura, mentre la zona di nuova edificazione viene raccolta ed inviata ad un sistema laminazione e completa di dispersione delle portate. Un troppopieno in ogni vasca garantirà la funzionalità in caso di intasamento.

Nella seguente figura è rappresentata la schematizzazione della rete idraulica considerata nel calcolo, si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico – Fabbricato viaggiatori" (codice NB1R02D26PAFV0200002A) per i dettagli.



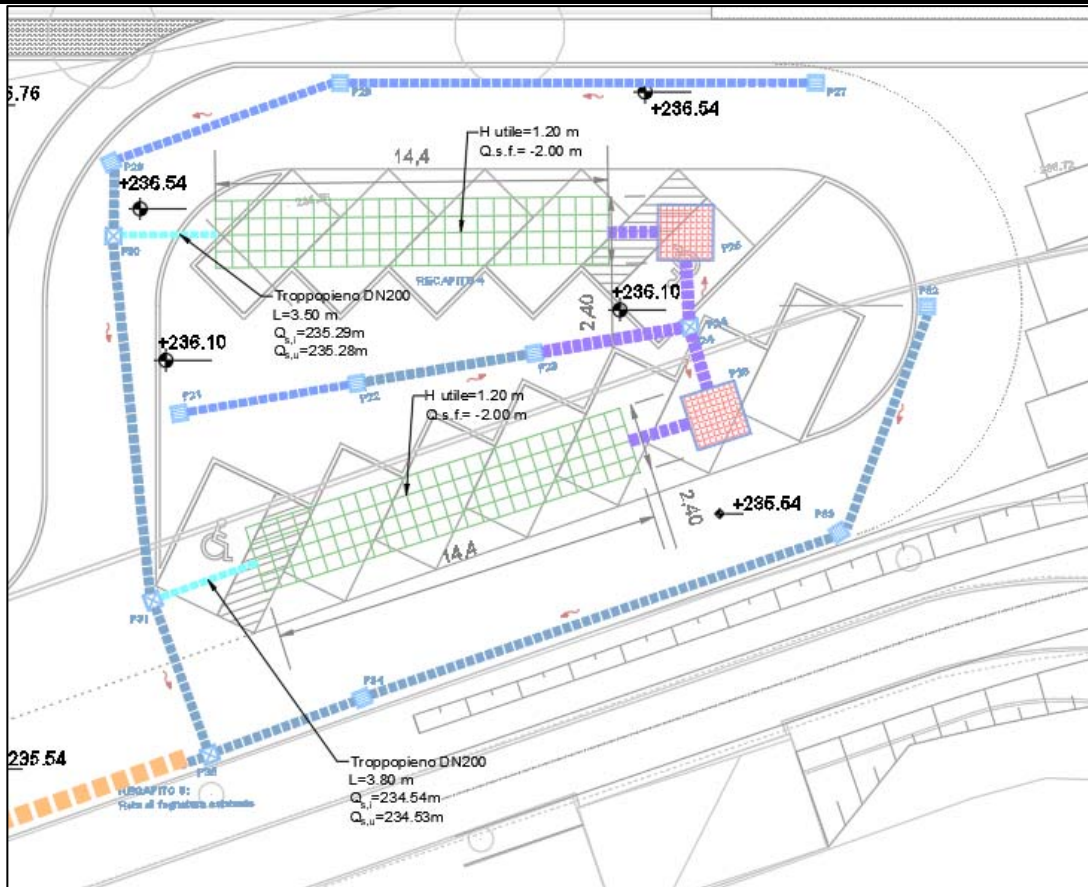
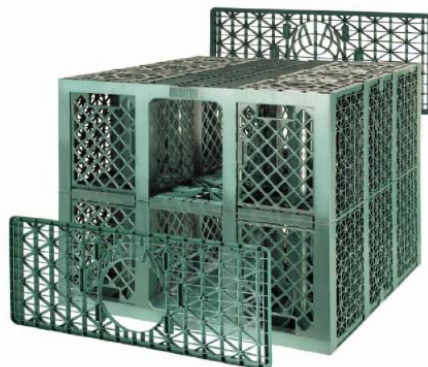


Figura 6.8 - Sistema di drenaggio.

Il sistema di infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo realizzato con moduli parallelepipedi in materiale plastico con volume di ritegno pari al 95% del volume totale. I moduli sono componibili per realizzare la vasca delle volute dimensioni; sono inoltre carrabili per ricoprimenti minimi di 80 cm e vengono avvolti esternamente con geotessile per evitare il trasferimento del materiale all'interno della trincea. Il rinterro viene effettuato con materiale di elevate capacità drenanti ben costipato (ghiaia, ghiaietto).

Questi moduli hanno una doppia funzione, disperdono e contemporaneamente laminano le portate in arrivo.

Prima dell'immissione nel sottosuolo le acque subiranno un trattamento di dissabbiatura e grigliatura in apposito pozzetto di dimensioni 2.0x2.0 m e altezza 1.20 m per depurare le acque meteoriche da materiale fine trasportato.



La Figura 6.9 riporta uno schema tipo del sistema.

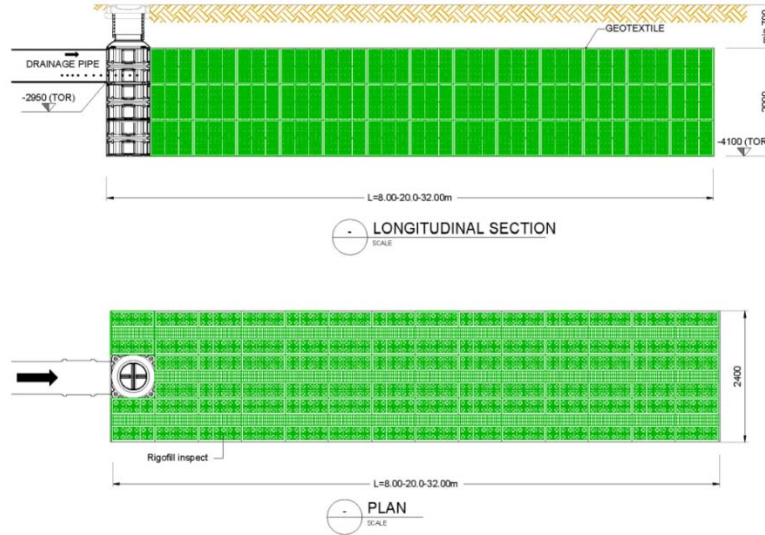



Figura 6.9 - Sistema di dispersione.

|  |  |                  |             |                     |                          |           |
|--|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>  | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

## 7 DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI RACCOLTA FERMATA

La rete di smaltimento della fermata di Curno, per quanto concerne la parte di banchina e piattaforma ferroviaria, è quindi costituita da:

- pluviali discendenti di diametro  $\phi$  100;
- pozzetti dimensione interna 60x60 cm provvisti di chiusino;
- chiusino in ghisa sferoidale classe D400, dimensione interna 60x60 cm con raggiungi quota in CLS su scatolare;
- tubazioni circolari in PVC di diametro pari a 160/250/315/400 mm;
- vasca di laminazione con impianto di sollevamento.

Si rimanda all'elaborato NB1R02D26P9FV0100001A per i dettagli.

Il dimensionamento dell'intera rete è effettuato considerando un tempo di ritorno di 100 anni, le superfici della copertura e della banchina sono completamente impermeabili per cui si assume un coefficiente di deflusso pari a  $\psi=1$ , mentre per la piattaforma ferroviaria si assume un coefficiente di deflusso pari a  $\psi=0.9$ .

Si riportano di seguito i dimensionamenti delle principali opere di drenaggio costituenti la rete di smaltimento idraulico della fermata di Curno, mentre nel capitolo 9 sono riportati in forma tabellare i risultati del dimensionamento delle tubazioni circolari ottenuti utilizzando il metodo dell'invaso.

### 7.1 DRENAGGIO BANCHINA E PIATTAFORMA FERROVIARIA

Si riportano di seguito il dimensionamento degli elementi idraulici costituenti il sistema di smaltimento della rete di drenaggio delle banchine e della piattaforma ferroviaria.

#### 7.1.1 Pluviali discendenti

Le pensiline ferroviarie sono dotate di grondaia che grazie a dei pluviali  $\Phi$ 100 mm convogliano le acque meteoriche al suolo nei pozzetti di ispezione posti tra le fondazioni e le polifore.

Per il calcolo dei canali di gronda e dei pluviali si fa riferimento alla norma UNI EN 12056 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici -Impianti per acque reflue progettazione e calcolo".

Si calcola quindi la capacità della bocca di efflusso secondo la seguente relazione:

$$Q_0 = \frac{K_0 D^2 h^{0.5}}{15\ 000}$$

dove:

$Q_0$ , capacità (l/s)

D, diametro efficace bocca di efflusso (mm)

$K_0$ , coefficiente di scarico (1 per scarico libero, 0.5 in presenza di filtri)

h, carico alla bocca di efflusso (mm)

$h = W * F_h$  (mm)

W, altezza dell'acqua,

$F_h$ , coefficiente di carico alla bocca (pari a 0.47 se  $S/T = 1$ ), dipende dal rapporto  $S/T$  del canale di gronda e si calcola mediante il grafico riportato in Figura 7.1

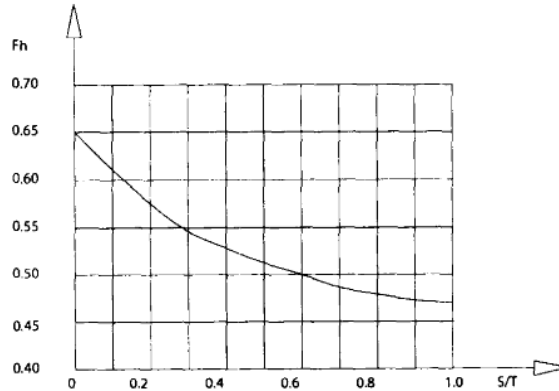


Figura 7.1 - Dimensionamento pluviali.


La superficie delle coperture in progetto è pari a 364 m<sup>2</sup> per ogni lato della fermata. I pluviali sono disposti in corrispondenza dei plinti di fondazione della pensilina, quindi si trovano ad un interasse di 9.5 m. L'area afferente ad un pluviale, nel caso più gravoso, risulta essere di circa 45.00 m<sup>2</sup>.

Per la valutazione della piovosità sono stati considerati i valori di  $a$  e  $n$  della curva di possibilità pluviometrica ottenuta per eventi brevi ma intensi con tempo di ritorno pari a 100 anni. Il tempo di corrivazione è stato assunto pari a 5 minuti.

E' stato ricavato un valore di intensità di precipitazione pari a 256,78 mm/h e un valore di portata convogliata dai pluviali pari a 3,21 l/s mentre la capacità della bocca di efflusso risulta essere pari a 5,41 l/s. Dalle formulazioni precedenti si può quindi effettuare la verifica riportata in Tabella 7.1 da cui si evince che assumendo un diametro del pluviale  $\phi 100$  si rispetta il grado di riempimento imposto dalla normativa UNI EN 12056, inoltre la bocca di efflusso risulta sufficiente per convogliare le portate generate dalla copertura.

|   |                      |             |                |
|---|----------------------|-------------|----------------|
| $a_1$ (coeff. curva possibilità pluviometrica $T_r=100$ anni) | $a_1$                | 30,26       | mm/h           |
| $n$ (coeff. curva possibilità pluviometrica $T_r=100$ anni)   | $n$                  | 0,464       | -              |
| $w_t$ (coeff. curva possibilità pluviometrica $T_r=100$ anni) | $w_t$                | 2,24        |                |
| Tempo di corrivazione   | $T_c$                | 5           | min            |
| Intensità di pioggia critica                                  | $I_c$                | 256,78      | mm/h           |
| Coefficiente di deflusso                                      | $\psi$               | 1           | -              |
| Area copertura  | $S$                  | 364         | m <sup>2</sup> |
| Numero di pluviali  | $n$                  | 6           | -              |
| Area afferente ad un pluviale                                 | $S_p$                | 45,00       | m <sup>2</sup> |
| <b>Portata pluviale</b>                                       | <b>Q</b>             | <b>3,21</b> | <b>l/s</b>     |
| Diametro nominale DN  | $\phi$               | 0,10        | m              |
| Altezza dell'acqua  | $w$                  | 0,14        | m              |
| Coeff. di carico alla bocca                                   | $F_h$                | 0,47        | -              |
| Carico alla bocca di efflusso                                 | $h$                  | 0,07        | m              |
| Coeff. di scarico   | $K_0$                | 1           | -              |
| <b>Capacità bocca di efflusso</b>                             | <b>Q<sub>0</sub></b> | <b>5,41</b> | <b>l/s</b>     |

Tabella 7.1 - Verifica dei sistemi di scarico delle pensiline di banchina di Curno.

|  |   |                  |             |                     |                          |           |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>   | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

### 7.1.2 Sistema di convogliamento acque

Il sistema di drenaggio dimensionato secondo la logica riportata al capitolo 6 prevede l'utilizzo di tubazioni in PVC a diametro e pendenza variabile. La verifica del diametro D delle tubazioni è stata effettuata con la formula di Chezy assumendo un valore  $K = 80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ .

Il sistema di collettori, di cui al capitolo 9 è riportata la tabella riassuntiva del dimensionamento, sarà costituito dagli elementi seguenti:

- collettori in PVC DN 160 con pendenza di progetto pari al 7%, utilizzati per convogliare le acque della piattaforma ferrovia nei pozzetti di ispezione posti sotto banchina, disposti trasversalmente alla linea ferroviaria lungo il tratto coperto dalla pensilina;
- collettori in PVC DN 315 con pendenza di progetto pari allo 0,87%, sono disposti paralleli alla linea ferroviaria lungo il tratto di banchina non coperto dalla pensilina; avendo assunto la stessa pendenza della linea ferroviaria la quota di scorrimento si attesta, in corrispondenza di ogni pozzetto di ispezione, alla quota -1,705 m rispetto al piano banchina;
- collettori in PVC DN 315 con pendenza di progetto pari allo 0,87%, sono disposti paralleli alla linea ferroviaria lungo il tratto di banchina coperto dalla pensilina: avendo assunto la stessa pendenza della linea ferroviaria la quota del cielo si attesta, in corrispondenza di ogni pozzetto di ispezione, alla quota -1.56 m rispetto al piano banchina, ad una distanza tra estradosso fondazioni ed estradosso collettore di 20 cm;
- collettori in PVC DN 315/400 con pendenza di progetto pari allo 0,4%-0.5% , utilizzati per lo scarico delle acque provenienti dal tratto di banchina scoperta e dalla piattaforma ferroviaria negli scolarari di progetto predisposti per rispettare il principio di invarianza idraulica;

Per i dettagli relativi al posizionamento dei pozzetti e all'intero sistema di raccolta e smaltimento si rimanda all'elaborato NB1R02D26P9FV0200001A.

### 7.1.3 Sistema di smaltimento delle acque meteoriche

Nel rispetto del Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8 Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 è necessario dimensionare volumi adatti alla laminazione della portata meteorica derivante dalla fermata in progetto.

In particolare, per la parte di superficie scolante impermeabile deve essere garantito, al corpo ricettore che sia esso fognatura o corpo idrico superficiale, un coefficiente udometrico massimo pari a  $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$ .

Nel progetto in essere, per quanto concerne la fermata di Curno, per rispettare il principio di invarianza idraulica è stata prevista una vasca in ca, per l'alloggiamento di pompe idrauliche, per scaricare la portata limite imposta all'interno della fognatura mista posta al di sotto della viabilità di collegamento all'area Esselunga dove è presente un DN600.



Figura 7.2 - Individuazione recapito impianto di sollevamento di fermata.

#### 7.1.3.1 Vasca di laminazione

Il calcolo del volume da assegnare alla vasca di laminazione  $V$ , necessario per laminare la portata in arrivo dalla fermata ferroviaria è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie  $S$ , al variare del tempo di pioggia  $t_p$  (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$V = V_{IN} - V_{OUT}$$

con:

- $V_{IN}$ , volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata  $t$  si può esprimere

$$V_{IN} = S \psi h(t) = S \psi a t^n$$

dove  $\psi$  è il coefficiente di deflusso e  $S$  la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso,  $t$  indica la durata di pioggia e  $n$  è un parametro della curva di possibilità pluviometrica.

- $V_{OUT}$ , volume di pioggia in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo si può esprimere

$$V_{OUT} = S u_{lim} t$$

in cui  $u_{lim}$  indica la portata specifica limite ammissibile allo scarico.

Il volume di laminazione è definito, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione:

$$\Delta V = V_{IN} - V_{OUT}$$

La durata di pioggia  $t_{cr}$  che massimizza il volume invasato  $V_{max}$  si ottiene derivando l'espressione precedente:



$$t_{cr} = \left( \frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left( \frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left( \frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Per la precipitazione di progetto si farà riferimento ad evento con tempo di ritorno di 100 anni da cui si ottengono i parametri pluviometrici riportati al capitolo 4 - Tabella 4.1.

In particolare, è da riferire che l'approccio adottato in accordo alle relazioni analizzate conduce a valutazioni del volume di laminazione V in favore di sicurezza, non tenendo conto degli effetti di laminazione nella rete di drenaggio.

La superficie derivante dalla piattaforma e dalla banchina ferroviaria è pari a S=3931 m<sup>2</sup> ed assume un coefficiente di deflusso Ψ=0,96.

Il volume massimo da invasare risulta essere 364,35 m<sup>3</sup>, applicando un coefficiente di sicurezza del 30% si ottiene un volume di 473,60 m<sup>3</sup>.

In caso di avaria del sistema, il volume a disposizione si annullerebbe ad un tempo di circa 8 ore.

In Tabella 7.2 sono riportate le dimensioni della vasca di laminazione.

| Volume richiesto [m <sup>3</sup> ] | Volume scatolare [m <sup>3</sup> ] | Lunghezza [m] | Larghezza [m] | Altezza utile[m] |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------|------------------|
| 473,60                             | 475,00                             | 15,00         | 10,01         | 3,50             |

Tabella 7.2 - Dimensioni dell'area di laminazione.

Nella Figura 7.3 è riportato l'andamento del volume teorico accumulato nella vasca al variare del tempo di pioggia per un evento con tempo di ritorno di 100 anni; in particolare vengono rappresentati i volumi: in ingresso (Vin), in uscita (Vout), la loro differenza (V richiesto) ed il volume assegnato alla vasca di laminazione (V).

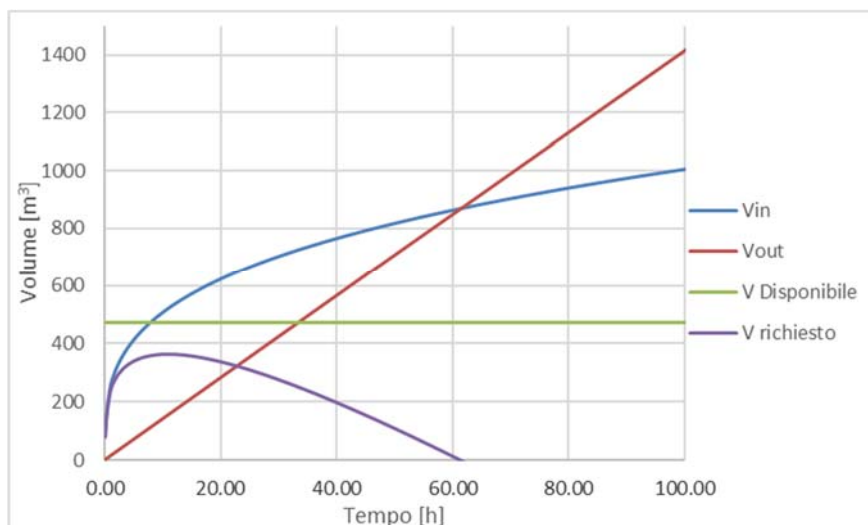



Figura 7.3 - Dimensionamento vasca di laminazione.

### 7.1.3.2 Impianto di sollevamento

All'interno della vasca di laminazione sarà previsto un impianto di sollevamento di portata complessiva pari a 4 l/s, calcolata in funzione dello scarico massimo consentito in fognatura e pari a 10 l/s ha,

|  |   |                  |             |                     |                          |           |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>   | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

costituito da due elettropompe sommergibili, di cui una in servizio e una di riserva. L'impianto sarà caratterizzato da livelli minimi necessari alle esigenze tecniche di funzionamento delle pompe e livelli operativi che derivano dai desiderati livelli d'acqua da voler garantire all'interno delle vasche.

I livelli previsti saranno pertanto i seguenti:


- **Livello di arresto (denominato livello LOFF):** rappresenta l'altezza minima delle acque che deve essere raggiunta per garantire l'adescamento ed il corretto funzionamento della pompa. Tale altezza è pari a 0.27 m dal fondo della vasca di accumulo e corrisponde anche al livello di arresto delle pompe. L'individuazione di tale altezza è stata effettuata al fine di consentire alle pompe di rimanere sempre sommerse nel liquido così da poter disperdere calore dal motore elettrico (e quindi raffreddarsi in modo corretto) e di mantenere, sopra la carcassa della girante, quell'altezza liquida minima che permetta alla pompa di non cavitare e di non risentire dei vortici in superficie.
- **Livello di attivazione della pompa 1 (denominato livello L1):** tale livello rappresenta la soglia di attivazione della prima pompa prevista in funzione (al fine di una economicità di funzionamento ed affidabilità del sistema tutto l'impianto di sollevamento sarà gestito secondo una logica ciclica di attivazioni come spiegato più avanti). Tale livello è funzionale alla definizione del volume utile richiesto per il corretto esercizio delle elettropompe, il quale a sua volta è funzione della portata nominale smaltibile dalla pompa  $Q_p$  (mc/h), del numero di avviamenti ora  $z_p$  supportabile dal motore elettrico e, avendo assunto un funzionamento con rotazione ciclica logica, del numero  $n_p$  delle pompe installate.
- I livelli di avviamento della seconda pompa di emergenza (normalmente in riserva) saranno programmati in modo da garantire un funzionamento ottimale del sistema e in modo da non superare il livello massimo, legato alla quota di ingresso del collettore principale.

Le tubazioni in pressione saranno realizzate in acciaio zincato mentre la pompa sarà realizzata in ghisa.

L'impianto di sollevamento sarà gestito mediante un quadro di comando e controllo, con annesso PLC. Gli elementi costitutivi dell'impianto saranno:

- due pompe di sollevamento sommergibili specificamente progettate per il sollevamento di acque meteoriche;
- un trasduttore piezometrico per la misura dei vari livelli di attivazione delle pompe;
- un interruttore a galleggiante per il livello di arresto;
- un interruttore a galleggiante per il livello di allarme;
- comando di avviamento in emergenza con selettore in posizione manuale;
- selettore a quadro automatico/0/manuale per attivazione del ciclo di sollevamento della pompa 1;
- selettore a quadro automatico/0/manuale per attivazione del ciclo di sollevamento della pompa 2;
- PLC con tastiera per il pannello operatore di visualizzazione allarme e misure.

I due interruttori a galleggiante saranno collegati agli ingressi digitali del PLC per consentire l'alimentazione e la gestione delle pompe nelle condizioni di funzionamento in emergenza. La gestione dei livelli di accumulo nella vasca sarà implementata mediante la sonda piezometrica, con segnale analogico variabile tra 4 e 20 mA, connessa con il PLC per la configurazione delle soglie d'intervento per la marcia e l'arresto delle pompe. Per evitare errori di rilevazione causati da moti turbolenti all'interno della vasca, la sonda sarà installata all'interno di una "camera di calma" realizzata

|  |   |                  |             |                     |                          |           |
|--|---|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>   | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

con tubazioni in PVC. L'impianto di sollevamento progettato prevede l'installazione di due pompe, di cui una con funzione di riserva, con la seguente impostazione delle soglie:

- livello Loff: Arresto pompe;
- livello L1: Avviamento pompa 1;
- livello L2: Avviamento pompa 2;
- livello L3: Allarme.

È stato previsto un gruppo di sollevamento costituito da una elettropompa più una di riserva al fine di consentire migliori economie di gestione dell'impianto: dal momento che, infatti, nella maggior parte dei casi la portata da smaltire sarà sensibilmente inferiore a quello di dimensionamento, con la soluzione adottata viene ridotto il numero totale di avviamenti/annui delle pompe. Il PLC sarà programmato con una logica di funzionamento di tipo ciclico e, pertanto, ad ogni avviamento successivo il sistema di comando e controllo provvederà a ruotare l'ordine di marcia delle pompe. In caso di disfunzionamento di un'elettropompa, il PLC provvederà in automatico all'avviamento della pompa successiva e, mediante l'invio di un sms e/o segnale di allarme mediante collegamenti diretti basati su protocolli di comunicazione non proprietari, provvederà a segnalare il guasto alle squadre di emergenza. L'impianto di sollevamento è progettato per funzionare con una pompa attivata dimensionata per smaltire una portata massima pari a 4 l/s. Pertanto, il livello della vasca non dovrebbe mai pervenire a quota L2 e, qualora l'evento dovesse manifestarsi, il PLC comanderà l'avvio anche della pompa di riserva. Al raggiungimento della soglia L3 il PLC, mediante il quadro di allarme, invierà una segnalazione.

Nel PLC sarà anche prevista una funzione di antigrippaggio tale da consentire, con frequenza impostabile, un'attivazione temporanea delle pompe per alcuni secondi. Tale logica permetterà, nei periodi estivi di afflusso esiguo o inesistente, di limitare gli intervalli di inattività con possibili blocchi della girante.

Il quadro di comando e controllo sarà provvisto di sistema di telegestione mediante protocollo aperto non proprietario tipo Modbus e gestirà i seguenti allarmi/controlli:

- Disfunzione centralina gestione pompe (un ingresso per ogni pompa) – invio segnalazione;
- Mancanza Energia Elettrica - invio segnalazione;
- Intervento interruttore generale – invio segnalazione;
- Intervento protezione termica avvolgimenti Pompa 1 – invio segnalazione;
- Intervento protezione termica avvolgimenti Pompa 2 – invio segnalazione;
- Intervento sonda di rilevamento acqua nella camera olio Pompa 1 – invio segnalazione;
- Intervento sonda di rilevamento acqua nella camera olio Pompa 2 – invio segnalazione;
- Interruttore pompa 1 in posizione automatica/manuale – Pompa 1 in ciclo di sollevamento automatico;
- Interruttore pompa 2 in posizione automatica/manuale – Pompa 2 in ciclo di sollevamento automatico;
- Raggiungimento livello di emergenza L3 – invio segnalazione;
- Misura Livelli vasca mediante sensori piezometrici;
- Esclusione/reset degli allarmi.

## 8 DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI SMALTIMENTO FABBRICATO VIAGGIATORI

Il sistema di drenaggio previsto per l'area adibita al nuovo fabbricato tecnologico FV02 e per le aree di parcheggio e del piazzale, è costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque pluviali della copertura e di tutte le superfici il cui recapito finale sarà costituito da un'area verde di dispersione, da una vasca di laminazione in ca posta sotto gli stalli e da una vasca a dispersione posta nell'area del parcheggio.

Nella seguente figura è rappresentata la schematizzazione della rete idraulica considerata nel calcolo, si rimanda all'elaborato NB1R02D26PAFV0200002A per i dettagli.

### 8.1 PLUVIALI DISCENDENTI E RETE INTERNA AL PIAZZALE

La copertura del fabbricato è dotata di una scossalina che scarica puntualmente a terra grazie a dei pluviali alloggiati all'interno dei pilastri ed aventi diametro  $\Phi 100$  mm.

Per il calcolo dei canali di gronda e dei pluviali si fa riferimento alla norma UNI EN 12056 "Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici -Impianti per acque reflue progettazione e calcolo".

Si calcola quindi la capacità della bocca di efflusso secondo la seguente relazione:

$$Q_0 = \frac{K_0 D h^{1.5}}{7500}$$

dove:

$Q_0$ , capacità (l/s)

D, diametro efficace bocca di efflusso (mm)

$K_0$ , coefficiente di scarico (1 per scarico libero, 0.5 in presenza di filtri)

h, carico alla bocca di efflusso (mm)

$h = W * F_h$  (mm)

W, altezza dell'acqua,

$F_h$ , coefficiente di carico alla bocca (pari a 0.47 se  $S/T = 1$ ), dipende dal rapporto S/T del canale di gronda e si calcola mediante il grafico riportato in Figura 8.1.

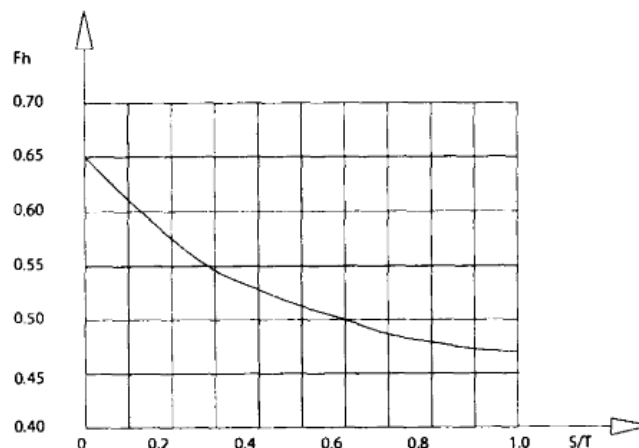


Figura 8.1 - Dimensionamento pluviali.

**Relazione di smaltimento idraulico**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|-------------|------|----------|
| NB1R     | 02    | D 26 RI  | FV 0200 001 | A    | 37 di 50 |

La superficie afferente totale in progetto è pari a 493 m<sup>2</sup>. I pluviali sono n°12 disposti in corrispondenza dei pilastri, suddivisi in n°6 lato nord e n°6 lato sud. L'area massima afferente ad un pluviale risulta essere di circa 41.08 m<sup>2</sup>.

Per la valutazione della piovosità sono stati considerati i valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica ottenuta per eventi brevi ma intesi con tempo di ritorno pari a 25 anni. Il tempo di corrivazione è stato assunto pari a 5 minuti.

E' stato ricavato un valore di intensità di precipitazione pari a 206,34 mm/h e un valore di portata convogliata dai pluviali pari a 2,35 l/s mentre la capacità della bocca di efflusso risulta essere pari a 2,70 l/s. Dalle formulazioni precedenti si può quindi effettuare la verifica riportata in Tabella 8.1 da cui si evince che assumendo un diametro del pluviale  $\phi 100$  si rispetta il grado di riempimento imposto dalla normativa UNI EN 12056, inoltre la bocca di efflusso risulta sufficiente per convogliare le portate generate dalla copertura.

|  |                      |             |                |
|--|----------------------|-------------|----------------|
| a <sub>1</sub> (coeff. curva possibilità pluviometrica Tr=25 anni) | a <sub>1</sub>       | 30,26       | mm/h           |
| n (coeff. curva possibilità pluviometrica Tr=25 anni)              | n                    | 0,464       | -              |
| w <sub>t</sub> (coeff. curva possibilità pluviometrica Tr=25 anni) | w <sub>t</sub>       | 1,800       |                |
| Tempo di corrivazione  | T <sub>c</sub>       | 5           | min            |
| Intensità di pioggia critica                                       | I <sub>c</sub>       | 206,34      | mm/h           |
| Coefficiente di deflusso   | $\psi$               | 1           | -              |
| Area copertura   | S                    | 493,00      | m <sup>2</sup> |
| Numero di pluviali   | n                    | 12          | -              |
| Area massima afferente ad un pluviale                              | S <sub>p</sub>       | 41,08       | m <sup>2</sup> |
| <b>Portata pluviale</b>  | <b>Q</b>             | <b>2,35</b> | <b>l/s</b>     |
| Diametro nominale DN   | $\phi$               | 0,10        | m              |
| Altezza dell'acqua   | w                    | 0,14        | m              |
| Coeff. di carico alla bocca  | F <sub>h</sub>       | 0,47        | -              |
| Carico alla bocca di efflusso                                      | h                    | 0,07        | m              |
| Coeff. di scarico  | K <sub>0</sub>       | 0,50        | -              |
| <b>Capacità bocca di efflusso</b>                                  | <b>Q<sub>0</sub></b> | <b>2,70</b> | <b>l/s</b>     |


Tabella 8.1 - Verifica dei sistemi di scarico del Fabbricato viaggiatori Curno.

La raccolta dell'acqua proveniente dai pluviali sarà realizzata per mezzo di pozzetti in cls prefabbricati 50x50 cm disposti ai piedi dei pilastri.

### Tubazioni

I collettori in PVC usati hanno diametro variabile con pendenze minima di progetto fissate pari allo 0.3%, le canalette in cls grigliate, poste ai piedi della rampa di accesso e fronte fabbricato, hanno dimensioni interne 20x20.5 cm con pendenza minima 0.5%.

Nel progetto in essere la quota assoluta del piazzale è variabile per consentire l'accesso da piano strada, il quale si trova a 235,54 m, invece la zona nord del piazzale, in prossimità delle banchine ferroviarie è a quota 236,77 m.

|  |  |                  |             |                     |                          |           |
|--|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|  | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>  | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

La verifica del diametro D delle tubazioni è stata effettuata con la formula di Chezy con  $K = 80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ; per la verifica delle canalette in cls è stato utilizzato un  $K = 66 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ . Il dimensionamento rispetta i limiti sulle velocità indicate da normativa.

Nel capitolo 9 è riportata la tabella riassuntiva del dimensionamento dei collettori.

### **8.1.1 Smaltimento delle acque meteoriche**

Lo smaltimento delle acque raccolte dal sistema fabbricato e piazzale viene stoccato e parzialmente disperso nel terreno, per poi essere scaricato, entro i limiti di legge, del reticolo idrico superficiale.

Il sistema di laminazione rispecchia quanto già esposto al precedente capitolo 7.1.3.1, con portata uscente dovuta alla sola dispersione nel terreno, considerando un coefficiente di permeabilità pari a  $7,5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ , dedotto dal “Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica”, elaborato NB1R00D69RGGE0000001A, e dal “Profilo Geologico”, elaborati NB1R00D69FZGE0001001A- NB1R00D69FZGE0001002A- NB1R00D69FZGE0001003A- NB1R00D69FZGE0001004A.

Si omettono le premesse teoriche relative al metodo di dimensionamento e si riportano i risultati al capitolo a Tr50anni e la verifica di sicurezza a Tr100 anni.

## **8.2 SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE NERE**

Il fabbricato viaggiatori necessita di adeguati impianti sanitari e quindi di un sistema di raccolta e allontanamento delle acque reflue.

Il dimensionamento è stato effettuato studiando la composizione degli ambienti e sulla base di riferimenti normativi e valori di letteratura con cui sono stati stimati gli abitanti equivalenti.

Il concetto di Abitante Equivalente (AE) è utile per esprimere il carico di una particolare utenza dell’impianto di depurazione, in termini omogenei e confrontabili con le utenze civili. L’equivalenza si può riferire al carico idraulico, o al carico in solidi sospesi o, nel caso più frequente, al carico organico espresso come BOD<sub>5</sub>. È un concetto convenzionale basato su un apporto medio di un utente tipo pari a 60 g/BOD<sub>5</sub> per abitante (D.Lvo 152/2006) ma estremamente utile in quanto permette di confrontare facilmente il carico di varie utenze anche molto eterogenee tra loro, esprimendo ciascuna utenza con il suo carico di “abitanti equivalenti”.

Il numero di abitanti equivalenti è definito utilizzando la Tabella 8.2 conforme a quanto prescritto da D.Lgs 152/06.

| Tipo di utenza                            | Abitanti equivalenti                           |
|---|--|
| Abitazioni                                | 1 a.e. ogni persona                            |
| Alberghi, agriturismi, villaggi turistici | 1 a.e. ogni persona + 1 a.e. ogni 3 addetti    |
| Campeggi                                  | 1 a.e. ogni 2 persone + 1 a.e. ogni 3 addetti  |
| Ristoranti                                | 1 a.e. ogni 3 coperti + 1 a.e. ogni 3 addetti  |
| Bar                                       | 1 a.e. ogni 10 clienti + 1 a.e. ogni 3 addetti |
| Cinema, teatri, sale convegni             | 1 a.e. ogni 10 posti + 1 a.e. ogni 3 addetti   |
| Scuole                                    | 1 a.e. ogni 6 alunni                           |
| Uffici, negozi, attività commerciali      | 1 a.e. ogni 3 impiegati                        |
| Fabbriche, laboratori                     | 1 a.e. ogni 2 lavoratori                       |

Tabella 8.2 - Determinazione degli abitanti equivalenti in funzione del tipo di utenza.

La portata media nera viene stimata secondo la relazione seguente:

$$Q_n = \varphi \cdot D \cdot N_{ab} / 86400$$

in cui:

$\varphi$ , coefficiente di afflusso (apporto pro-capite in fognatura derivante dall'uso dell'acqua distribuita dall'acquedotto; usualmente pari a 0.8);

D, dotazione idrica espressa in l/ab\*g (d è pari a 250 l/ad\*g);

N, numero di abitante equivalente.

La portata nera di punta è data, invece, dalla relazione:


$$Q_n = (P_g \cdot P_o \cdot \varphi \cdot D \cdot N_{ab}) / 86400$$

in cui  $P_g$  e  $P_o$  sono rispettivamente il coefficiente di punta giornaliero e orario, posti abitualmente pari a 1.5.

Nell'edificio FV02 il dimensionamento farà riferimento a 5 a.e.

La portata in questione è 0.30 l/s, si sceglie di utilizzare un collettore di scarico PVC DN200, per evitare possibili intasamenti, la pendenza minima di posa si attesta sullo 0.5%. Lo scarico della rete nera, dopo l'innesto con la rete proveniente dal sottopasso di stazione, mantiene le medesime caratteristiche dimensionali e di posa, e scarica nella fognatura mista DN500 posta lungo via Gaetano Donizetti.



|   |  |                  |             |                     |                          |           |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|--------------------------|-----------|
|  | <b>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO</b><br><b>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA</b><br><b>DA CURNO A BERGAMO</b> |                  |             |                     |                          |           |
|   | <b>Relazione di smaltimento idraulico</b>  | COMMESSA<br>NB1R | LOTTO<br>02 | CODIFICA<br>D 26 RI | DOCUMENTO<br>FV 0200 001 | REV.<br>A |

## 9 TABULATI DI DIMENSIONAMENTO

### 9.1 SIMBOLOGIA UTILIZZATA

Per il dimensionamento dei collettori delle reti di drenaggio della fermata Curno è stato utilizzato il metodo dell'invaso, le tabelle riassuntive del procedimento riportano i seguenti parametri:

- $S_{ferr}$ , superficie afferente della piattaforma ferroviaria;
- $S_{banc}$ , superficie afferente della banchina;
- $S_{tot}$ , superficie totale afferente;
- $L$ , lunghezza del collettore;
- $i$ , pendenza del collettore
- $K_s$ , coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler;
- $\Psi_{medio}$ , coefficiente di deflusso medio pesato;
- $w_{0c}$ , volume dei piccoli invasi e del velo idrico superficiale;
- $u$ , coefficiente udometrico;
- $Q$ , portata;
- $DN$ , dimensione del diametro nominale del collettore;
- $h$ , livello idrico;
- $GR$ , grado di riempimento raggiunto;
- $v$ , velocità;
- $S'$ , superficie totale comprensiva dei tratti di monte;
- $v_{0\ monte}$ , volume invasato nei tratti di monte;
- $w_{0t}$ , volume invasato totale;
- $W_{0l}$ , volume invasato nel collettore di progetto;
- $H_{monte}$ , quota di scorrimento in corrispondenza del nodo di monte;
- $H_{valle}$ , quota di scorrimento in corrispondenza del nodo di valle.

## 9.2 DRENAGGIO AREA FERROVIARIA

| ramo  | calcolo superfici |                  |                  | S     | L     | i            | k <sub>s</sub> | j    | v <sub>0s</sub> | u      | Q     | DN  | GR    | v    | t    | S'    | j <sub>medio</sub> | V <sub>0c</sub> monte | y     | V <sub>0</sub> | V <sub>0c</sub> collettore | V <sub>0c</sub> collettore | V <sub>0c</sub> tot | Quote di scorrimento |        |    |
|-------|-------------------|------------------|------------------|-------|-------|--------------|----------------|------|-----------------|--------|-------|-----|-------|------|------|-------|--------------------|-----------------------|-------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------|----|
|       | S <sub>ferr</sub> | S <sub>pav</sub> | S <sub>imp</sub> |       |       |              |                |      |                 |        |       |     |       |      |      |       |                    |                       |       |                |                            |                            |                     | ha                   | ha     | ha |
| DT 01 | 0.007             | 0.000            | 0.005            | 0.013 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 42              | 1464.4 | 18.74 | 160 | 47.00 | 2.28 | 38.2 | 0.013 | 0.942              | 0.000                 | 0.071 | 0.545          | 0.013                      | 1.029                      | 1.029               | 238.28               | 238.17 |    |
| DT 02 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | <b>0.009</b> | 80             | 0.00 | 0               | 968.3  | 12.39 | 250 | 34.00 | 0.95 | 4.9  | 0.013 | 0.942              | 0.532                 | 0.080 | 0.780          | 0.235                      | 18.357                     | 19.386              | 237.93               | 237.78 |    |
| DT 03 | 0.010             | 0.000            | 0.008            | 0.018 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 42              | 1470.7 | 26.39 | 160 | 57.00 | 2.52 | 48.7 | 0.018 | 0.942              | 0.000                 | 0.086 | 0.762          | 0.017                      | 0.935                      | 0.935               | 238.12               | 238.01 |    |
| DT 04 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | <b>0.009</b> | 80             | 0.00 | 0               | 770.9  | 23.70 | 250 | 49.00 | 1.12 | 7.9  | 0.031 | 0.942              | 1.278                 | 0.115 | 2.284          | 0.382                      | 12.418                     | 32.739              | 237.78               | 237.62 |    |
| DT 05 | 0.010             | 0.000            | 0.008            | 0.018 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 42              | 1471.4 | 26.45 | 160 | 57.00 | 2.52 | 48.7 | 0.018 | 0.942              | 0.000                 | 0.086 | 0.763          | 0.017                      | 0.934                      | 0.934               | 237.96               | 237.85 |    |
| DT 06 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | <b>0.009</b> | 80             | 0.00 | 0               | 659.3  | 32.12 | 315 | 41.00 | 1.20 | 7.9  | 0.049 | 0.942              | 2.025                 | 0.122 | 4.145          | 0.480                      | 9.855                      | 43.527              | 237.55               | 237.40 |    |
| DT 07 | 0.010             | 0.000            | 0.008            | 0.018 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 42              | 1473.2 | 26.51 | 160 | 57.00 | 2.53 | 48.7 | 0.018 | 0.942              | 0.000                 | 0.086 | 0.764          | 0.017                      | 0.933                      | 0.933               | 237.81               | 237.69 |    |
| DT 08 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | <b>0.009</b> | 80             | 0.00 | 0               | 585.0  | 39.02 | 315 | 46.00 | 1.26 | 9.2  | 0.067 | 0.942              | 2.772                 | 0.136 | 6.296          | 0.559                      | 8.373                      | 52.833              | 237.40               | 237.24 |    |
| DT 09 | 0.010             | 0.000            | 0.008            | 0.018 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 41              | 1474.2 | 26.57 | 160 | 57.00 | 2.53 | 48.7 | 0.018 | 0.943              | 0.000                 | 0.086 | 0.765          | 0.017                      | 0.931                      | 0.931               | 237.65               | 237.54 |    |
| DT 10 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | <b>0.009</b> | 80             | 0.00 | 0               | 531.0  | 45.00 | 315 | 50.00 | 1.30 | 10.2 | 0.085 | 0.942              | 3.519                 | 0.148 | 8.697          | 0.622                      | 7.339                      | 61.103              | 237.24               | 237.08 |    |
| DT 11 | 0.010             | 0.000            | 0.008            | 0.018 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 41              | 1474.2 | 26.57 | 160 | 57.00 | 2.53 | 48.7 | 0.018 | 0.943              | 0.000                 | 0.086 | 0.765          | 0.017                      | 0.931                      | 0.931               | 237.49               | 237.38 |    |
| DT 12 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | <b>0.009</b> | 80             | 0.00 | 0               | 489.8  | 50.34 | 315 | 53.00 | 1.35 | 11.0 | 0.103 | 0.942              | 4.267                 | 0.157 | 11.311         | 0.669                      | 6.514                      | 68.548              | 237.08               | 236.92 |    |
| DT 13 | 0.010             | 0.000            | 0.008            | 0.018 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 41              | 1476.6 | 26.71 | 160 | 58.00 | 2.49 | 49.8 | 0.018 | 0.943              | 0.000                 | 0.087 | 0.767          | 0.017                      | 0.948                      | 0.948               | 237.33               | 237.22 |    |
| DT 14 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | <b>0.009</b> | 80             | 0.00 | 0               | 456.9  | 55.21 | 315 | 56.00 | 1.39 | 11.8 | 0.121 | 0.942              | 5.017                 | 0.166 | 14.132         | 0.717                      | 5.930                      | 75.425              | 236.92               | 236.76 |    |
| DT 15 | 0.010             | 0.000            | 0.008            | 0.018 | 1.60  | <b>0.070</b> | 80             | 0.94 | 41              | 1479.0 | 26.86 | 160 | 58.00 | 2.51 | 49.8 | 0.018 | 0.943              | 0.000                 | 0.087 | 0.769          | 0.017                      | 0.944                      | 0.944               | 237.17               | 237.06 |    |

**Relazione di smaltimento idraulico**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
NB1R 02 D 26 RI FV 0200 001 A 42 di 50

| ramo  | calcolo superfici |                  |                  | S     | L     | i     | k <sub>s</sub>                 | j    | v <sub>0s</sub>                 | u                                  | Q                 | DN  | GR    | v                 | t    | S'    | j <sub>medio</sub> | V <sub>0c</sub> <sup>1</sup> monte | y     | V <sub>0</sub> | V <sub>0c</sub> collettore | V <sub>0c</sub> collettore      | V <sub>0c</sub> tot             | Quote di scorrimento |        |
|-------|-------------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|--------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----|-------|-------------------|------|-------|--------------------|------------------------------------|-------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------|
|       | S <sub>ferr</sub> | S <sub>pav</sub> | S <sub>imp</sub> |       |       |       |                                |      |                                 |                                    |                   |     |       |                   |      |       |                    |                                    |       |                |                            |                                 |                                 | monte                | valle  |
|       | ha                | ha               | ha               | ha    | m     | m/m   | m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | -    | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> | mm  | %     | m s <sup>-1</sup> | Pa   | ha    |                    | m <sup>3</sup>                     | m     | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>             | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m                    | m      |
| DT 16 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 18.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 429.3                              | 59.67             | 400 | 41.00 | 1.39              | 10.0 | 0.139 | 0.942              | 5.769                              | 0.154 | 17.158         | 0.774                      | 5.568                           | 81.938                          | 236.58               | 236.42 |
| DT 18 | 0.010             | 0.000            | 0.000            | 0.010 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1082.2                             | 11.11             | 160 | 35.00 | 2.00              | 25.8 | 0.010 | 0.9                | 0.000                              | 0.053 | 0.522          | 0.009                      | 0.866                           | 0.866                           | 237.02               | 236.91 |
| DT 19 | 0.000             | 0.000            | 0.008            | 0.008 | 9.40  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 415.3                              | 65.23             | 400 | 43.00 | 1.42              | 10.7 | 0.157 | 0.943              | 6.282                              | 0.162 | 19.950         | 0.431                      | 2.741                           | 85.545                          | 236.42               | 236.34 |
| DT 21 | 0.006             | 0.000            | 0.000            | 0.006 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1078.7                             | 5.95              | 160 | 25.00 | 1.71              | 16.2 | 0.006 | 0.9                | 0.000                              | 0.038 | 0.281          | 0.006                      | 1.010                           | 1.010                           | 236.93               | 236.82 |
| DT 22 | 0.000             | 0.000            | 0.004            | 0.004 | 6.70  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 404.9                              | 67.53             | 400 | 43.00 | 1.47              | 10.7 | 0.167 | 0.943              | 6.791                              | 0.162 | 21.660         | 0.307                      | 1.840                           | 88.395                          | 236.34               | 236.28 |
| DT 24 | 0.008             | 0.000            | 0.000            | 0.008 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1079.9                             | 8.10              | 160 | 30.00 | 1.80              | 20.9 | 0.008 | 0.9                | 0.000                              | 0.045 | 0.382          | 0.007                      | 0.959                           | 0.959                           | 236.73               | 236.62 |
| DT 25 | 0.000             | 0.000            | 0.009            | 0.009 | 9.40  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1241.9                             | 20.94             | 315 | 33.00 | 1.10              | 5.9  | 0.017 | 0.956              | 0.375                              | 0.098 | 0.851          | 0.187                      | 11.086                          | 12.044                          | 236.30               | 236.21 |
| DT 27 | 0.006             | 0.000            | 0.000            | 0.006 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1078.7                             | 5.95              | 160 | 25.00 | 1.71              | 16.2 | 0.006 | 0.9                | 0.000                              | 0.038 | 0.281          | 0.006                      | 1.010                           | 1.010                           | 236.81               | 236.70 |
| DT 28 | 0.000             | 0.000            | 0.005            | 0.005 | 6.70  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1047.8                             | 28.50             | 315 | 38.00 | 1.18              | 7.1  | 0.027 | 0.952              | 0.932                              | 0.113 | 1.580          | 0.161                      | 5.934                           | 18.989                          | 236.21               | 236.15 |
| DT 29 | 0.002             | 0.000            | 0.007            | 0.009 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.97 | 35                              | 1880.3                             | 16.59             | 160 | 43.00 | 2.27              | 34.0 | 0.009 | 0.974              | 0.000                              | 0.065 | 0.322          | 0.012                      | 1.328                           | 1.328                           | 238.26               | 238.15 |
| DT 30 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 1054.4                             | 9.30              | 250 | 29.00 | 0.89              | 3.9  | 0.009 | 0.974              | 0.311                              | 0.068 | 0.532          | 0.210                      | 23.747                          | 25.075                          | 237.92               | 237.74 |
| DT 31 | 0.003             | 0.000            | 0.009            | 0.012 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.97 | 35                              | 1887.1                             | 22.87             | 160 | 52.00 | 2.44              | 43.5 | 0.012 | 0.974              | 0.000                              | 0.078 | 0.441          | 0.015                      | 1.236                           | 1.236                           | 238.09               | 237.98 |
| DT 32 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 794.4                              | 16.64             | 250 | 40.00 | 1.02              | 6.1  | 0.021 | 0.974              | 0.737                              | 0.094 | 1.613          | 0.325                      | 15.525                          | 41.836                          | 237.74               | 237.57 |
| DT 33 | 0.003             | 0.000            | 0.009            | 0.012 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.97 | 35                              | 1885.4                             | 22.87             | 160 | 52.00 | 2.44              | 43.5 | 0.012 | 0.974              | 0.000                              | 0.078 | 0.442          | 0.015                      | 1.235                           | 1.235                           | 237.91               | 237.80 |
| DT 34 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 660.1                              | 21.83             | 250 | 47.00 | 1.09              | 7.5  | 0.033 | 0.974              | 1.164                              | 0.111 | 2.991          | 0.402                      | 12.155                          | 55.225                          | 237.57               | 237.39 |
| DT 35 | 0.003             | 0.000            | 0.009            | 0.012 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.97 | 35                              | 1886.1                             | 22.87             | 160 | 52.00 | 2.44              | 43.5 | 0.012 | 0.974              | 0.000                              | 0.078 | 0.442          | 0.015                      | 1.235                           | 1.235                           | 237.74               | 237.63 |
| DT 36 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 577.1                              | 26.09             | 315 | 36.00 | 1.16              | 6.6  | 0.045 | 0.974              | 1.591                              | 0.107 | 4.591          | 0.448                      | 9.909                           | 66.369                          | 237.33               | 237.15 |

**Relazione di smaltimento idraulico**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
NB1R 02 D 26 RI FV 0200 001 A 43 di 50

| ramo  | calcolo superfici |                  |                  | S     | L     | i     | k <sub>s</sub>                 | j    | v <sub>0s</sub>                 | u                                  | Q                 | DN  | GR    | v                 | t    | S'    | j <sub>medio</sub> | V <sub>0c</sub> <sup>1</sup> monte | y     | V <sub>0</sub> | V <sub>0c</sub> collettore | V <sub>0c</sub> collettore      | V <sub>0c</sub> tot             | Quote di scorrimento |        |
|-------|-------------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|--------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----|-------|-------------------|------|-------|--------------------|------------------------------------|-------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------|
|       | S <sub>ferr</sub> | S <sub>pav</sub> | S <sub>imp</sub> |       |       |       |                                |      |                                 |                                    |                   |     |       |                   |      |       |                    |                                    |       |                |                            |                                 |                                 | monte                | valle  |
|       | ha                | ha               | ha               | ha    | m     | m/m   | m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | -    | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> | mm  | %     | m s <sup>-1</sup> | Pa   | ha    |                    | m <sup>3</sup>                     | m     | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>             | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m                    | m      |
| DT 37 | 0.003             | 0.000            | 0.009            | 0.012 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.97 | 35                              | 1886.1                             | 22.87             | 160 | 52.00 | 2.44              | 43.5 | 0.012 | 0.974              | 0.000                              | 0.078 | 0.442          | 0.015                      | 1.235                           | 1.235                           | 237.56               | 237.45 |
| DT 38 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 518.1                              | 29.70             | 315 | 39.00 | 1.19              | 7.4  | 0.057 | 0.974              | 2.018                              | 0.116 | 6.392          | 0.499                      | 8.705                           | 76.309                          | 237.15               | 236.98 |
| DT 39 | 0.003             | 0.000            | 0.009            | 0.012 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.97 | 35                              | 1886.1                             | 22.87             | 160 | 52.00 | 2.44              | 43.5 | 0.012 | 0.974              | 0.000                              | 0.078 | 0.442          | 0.015                      | 1.235                           | 1.235                           | 237.39               | 237.27 |
| DT 40 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 474.1                              | 32.92             | 315 | 41.00 | 1.23              | 7.9  | 0.069 | 0.974              | 2.445                              | 0.122 | 8.363          | 0.533                      | 7.681                           | 85.226                          | 236.98               | 236.80 |
| DT 41 | 0.003             | 0.000            | 0.008            | 0.011 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.97 | 35                              | 1862.2                             | 21.37             | 160 | 50.00 | 2.40              | 41.4 | 0.011 | 0.973              | 0.000                              | 0.075 | 0.422          | 0.014                      | 1.242                           | 1.242                           | 237.21               | 237.10 |
| DT 42 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 438.7                              | 35.50             | 315 | 43.00 | 1.25              | 8.4  | 0.081 | 0.974              | 2.852                              | 0.128 | 10.418         | 0.568                      | 7.021                           | 93.488                          | 236.80               | 236.62 |
| DT 43 | 0.002             | 0.000            | 0.000            | 0.002 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1068.7                             | 1.64              | 160 | 13.00 | 1.20              | 6.3  | 0.002 | 0.9                | 0.000                              | 0.020 | 0.079          | 0.002                      | 1.422                           | 1.422                           | 237.04               | 236.92 |
| DT 45 | 0.000             | 0.000            | 0.002            | 0.002 | 9.30  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 420.0                              | 35.30             | 315 | 43.00 | 1.24              | 8.4  | 0.084 | 0.973              | 2.929                              | 0.128 | 11.217         | 0.264                      | 3.144                           | 98.055                          | 236.52               | 236.44 |
| DT 46 | 0.002             | 0.000            | 0.000            | 0.002 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1068.7                             | 1.64              | 160 | 13.00 | 1.20              | 6.3  | 0.002 | 0.9                | 0.000                              | 0.020 | 0.079          | 0.002                      | 1.422                           | 1.422                           | 236.95               | 236.84 |
| DT 48 | 0.000             | 0.000            | 0.004            | 0.004 | 9.30  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 404.5                              | 36.35             | 315 | 44.00 | 1.24              | 8.7  | 0.090 | 0.973              | 3.053                              | 0.131 | 12.395         | 0.272                      | 3.030                           | 102.507                         | 236.44               | 236.36 |
| DT 49 | 0.003             | 0.000            | 0.000            | 0.003 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1073.1                             | 3.27              | 160 | 19.00 | 1.39              | 10.9 | 0.003 | 0.9                | 0.000                              | 0.029 | 0.156          | 0.004                      | 1.237                           | 1.237                           | 236.87               | 236.76 |
| DT 51 | 0.000             | 0.000            | 0.007            | 0.007 | 9.40  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1287.5                             | 13.15             | 315 | 26.00 | 0.92              | 4.2  | 0.010 | 0.97               | 0.152                              | 0.077 | 0.514          | 0.134                      | 13.139                          | 14.376                          | 236.33               | 236.24 |
| DT 53 | 0.000             | 0.000            | 0.004            | 0.004 | 9.40  | 0.005 | 80                             | 1.00 | 30                              | 353.0                              | 36.84             | 315 | 52.00 | 1.01              | 6.1  | 0.104 | 0.974              | 3.549                              | 0.154 | 16.217         | 0.341                      | 3.270                           | 120.153                         | 236.24               | 236.20 |
| DT 54 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 5.50  | 0.005 | 80                             | 0.00 | 0                               | 180.8                              | 53.94             | 400 | 45.00 | 1.11              | 6.5  | 0.298 | 0.954              | 11.671                             | 0.169 | 79.685         | 0.267                      | 0.896                           | 228.433                         | 236.15               | 236.13 |
| DT 55 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 13.20 | 0.005 | 80                             | 0.00 | 0                               | 179.2                              | 53.46             | 400 | 45.00 | 1.13              | 6.5  | 0.298 | 0.954              | 11.671                             | 0.169 | 80.308         | 0.642                      | 2.151                           | 230.584                         | 236.16               | 236.09 |
| DT 56 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 13.20 | 0.005 | 80                             | 0.00 | 0                               | 177.6                              | 52.98             | 400 | 44.00 | 1.12              | 6.3  | 0.298 | 0.954              | 11.671                             | 0.166 | 80.931         | 0.623                      | 2.089                           | 232.673                         | 236.11               | 236.04 |
| DT 57 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 2.40  | 0.005 | 80                             | 0.00 | 0                               | 177.3                              | 52.90             | 400 | 44.00 | 1.12              | 6.3  | 0.298 | 0.954              | 11.671                             | 0.166 | 81.044         | 0.113                      | 0.380                           | 233.052                         | 236.13               | 236.11 |
| DT 58 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.005 | 80                             | 0.00 | 0                               | 175.0                              | 52.20             | 400 | 44.00 | 1.11              | 6.3  | 0.298 | 0.954              | 11.671                             | 0.166 | 81.989         | 0.944                      | 3.165                           | 236.217                         | 236.09               | 235.99 |
| DT 59 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.005 | 80                             | 0.00 | 0                               | 172.7                              | 51.51             | 400 | 44.00 | 1.09              | 6.3  | 0.298 | 0.954              | 11.671                             | 0.166 | 82.933         | 0.944                      | 3.165                           | 239.381                         | 236.04               | 235.94 |

**Relazione di smaltimento idraulico**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
NB1R 02 D 26 RI FV 0200 001 A 44 di 50

| ramo  | calcolo superfici |                  |                  | S     | L     | i     | k <sub>s</sub>                 | j    | v <sub>0s</sub>                 | u                                  | Q                 | GR  | y/D   | v                 | t    | S'    | j <sub>medio</sub> | V <sub>0c</sub> <sup>1</sup> monte | y     | V <sub>0</sub> | V <sub>0c</sub> collettore | V <sub>0c</sub> collettore      | V <sub>0c</sub> tot             | Quote di scorrimento |        |
|-------|-------------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|--------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----|-------|-------------------|------|-------|--------------------|------------------------------------|-------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------|
|       | S <sub>ferr</sub> | S <sub>pav</sub> | S <sub>imp</sub> |       |       |       |                                |      |                                 |                                    |                   |     |       |                   |      |       |                    |                                    |       |                |                            |                                 |                                 | monte                | valle  |
|       | ha                | ha               | ha               | ha    | m     | m/m   | m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | -    | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> | mm  | %     | m s <sup>-1</sup> | Pa   | ha    |                    | m <sup>3</sup>                     | m     | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>             | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m                    | m      |
| DT 61 | 0.008             | 0.000            | 0.000            | 0.008 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1081.2                             | 8.97              | 160 | 31.00 | 1.91              | 21.8 | 0.008 | 0.9                | 0.000                              | 0.047 | 0.423          | 0.008                      | 0.907                           | 0.907                           | 236.59               | 236.47 |
| DT 62 | 0.000             | 0.000            | 0.007            | 0.007 | 9.40  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1181.5                             | 18.59             | 315 | 31.00 | 1.07              | 5.4  | 0.016 | 0.947              | 0.415                              | 0.092 | 0.816          | 0.171                      | 10.896                          | 11.803                          | 236.17               | 236.09 |
| DT 64 | 0.006             | 0.000            | 0.000            | 0.006 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1078.9                             | 6.00              | 160 | 25.00 | 1.72              | 16.2 | 0.006 | 0.9                | 0.000                              | 0.038 | 0.284          | 0.006                      | 1.002                           | 1.002                           | 236.50               | 236.39 |
| DT 65 | 0.000             | 0.000            | 0.004            | 0.004 | 18.00 | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 869.5                              | 22.04             | 315 | 33.00 | 1.11              | 5.9  | 0.025 | 0.945              | 0.916                              | 0.098 | 1.708          | 0.358                      | 14.118                          | 26.923                          | 236.09               | 235.93 |
| DT 66 | 0.009             | 0.000            | 0.007            | 0.016 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.94 | 41                              | 1494.7                             | 24.21             | 160 | 54.00 | 2.47              | 45.6 | 0.016 | 0.944              | 0.000                              | 0.081 | 0.682          | 0.016                      | 0.969                           | 0.969                           | 236.34               | 236.23 |
| DT 67 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 12.10 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 756.8                              | 31.45             | 315 | 40.00 | 1.22              | 7.6  | 0.042 | 0.945              | 1.704                              | 0.119 | 3.155          | 0.312                      | 7.515                           | 35.408                          | 235.93               | 235.83 |
| DT 68 | 0.003             | 0.000            | 0.000            | 0.003 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1071.9                             | 2.90              | 160 | 18.00 | 1.33              | 10.1 | 0.003 | 0.9                | 0.000                              | 0.027 | 0.139          | 0.003                      | 1.289                           | 1.289                           | 236.59               | 236.47 |
| DT 70 | 0.000             | 0.000            | 0.011            | 0.011 | 9.40  | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1404.9                             | 19.17             | 250 | 43.00 | 1.07              | 6.7  | 0.014 | 0.98               | 0.135                              | 0.101 | 0.649          | 0.168                      | 12.326                          | 13.615                          | 236.24               | 236.16 |
| DT 71 | 0.002             | 0.000            | 0.000            | 0.002 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.90 | 50                              | 1068.4                             | 1.62              | 160 | 13.00 | 1.19              | 6.3  | 0.002 | 0.9                | 0.000                              | 0.020 | 0.078          | 0.002                      | 1.436                           | 1.436                           | 236.50               | 236.39 |
| DT 73 | 0.000             | 0.000            | 0.004            | 0.004 | 20.00 | 0.009 | 80                             | 1.00 | 30                              | 932.7                              | 17.88             | 250 | 42.00 | 1.03              | 6.5  | 0.019 | 0.978              | 0.539                              | 0.099 | 1.295          | 0.347                      | 18.096                          | 33.147                          | 236.16               | 235.98 |
| DT 74 | 0.006             | 0.000            | 0.008            | 0.014 | 1.60  | 0.070 | 80                             | 0.96 | 39                              | 1626.6                             | 21.96             | 160 | 51.00 | 2.40              | 42.4 | 0.014 | 0.956              | 0.000                              | 0.077 | 0.540          | 0.015                      | 1.082                           | 1.082                           | 236.33               | 236.22 |
| DT 75 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 10.00 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 781.5                              | 25.53             | 315 | 36.00 | 1.14              | 6.6  | 0.033 | 0.969              | 1.185                              | 0.107 | 2.527          | 0.224                      | 6.854                           | 41.083                          | 235.92               | 235.83 |
| DT 76 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 10.30 | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 711.7                              | 23.25             | 315 | 34.00 | 1.12              | 6.1  | 0.033 | 0.969              | 1.185                              | 0.101 | 2.740          | 0.213                      | 6.531                           | 47.614                          | 235.78               | 235.68 |
| DT 77 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 2.15  | 0.009 | 80                             | 0.00 | 0                               | 447.0                              | 33.18             | 315 | 42.00 | 1.20              | 8.1  | 0.074 | 0.955              | 2.888                              | 0.125 | 9.074          | 0.059                      | 0.798                           | 83.819                          | 235.68               | 235.67 |
| DT 78 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.005 | 80                             | 0.00 | 0                               | 126.7                              | 47.20             | 400 | 42.00 | 1.10              | 5.9  | 0.373 | 0.955              | 14.560                             | 0.158 | 135.458        | 0.888                      | 2.383                           | 325.584                         | 235.67               | 235.57 |
| DT 79 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.004 | 80                             | 0.00 | 0                               | 125.7                              | 46.82             | 400 | 44.00 | 0.99              | 5.0  | 0.373 | 0.955              | 14.560                             | 0.166 | 136.402        | 0.944                      | 2.534                           | 328.118                         | 235.57               | 235.49 |
| DT 80 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 20.00 | 0.004 | 80                             | 0.00 | 0                               | 124.7                              | 46.45             | 400 | 44.00 | 0.98              | 5.0  | 0.373 | 0.955              | 14.560                             | 0.166 | 137.346        | 0.944                      | 2.534                           | 330.652                         | 235.49               | 235.41 |
| DT 81 | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 3.50  | 0.004 | 80                             | 0.00 | 0                               | 124.5                              | 46.38             | 400 | 44.00 | 0.98              | 5.0  | 0.373 | 0.955              | 14.560                             | 0.166 | 137.511        | 0.165                      | 0.443                           | 331.096                         | 235.41               | 235.39 |

**Relazione di smaltimento idraulico**

|          |       |          |             |      |          |
|----------|-------|----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
| NB1R     | 02    | D 26 RI  | FV 0200 001 | A    | 45 di 50 |

**9.3 DRENAGGIO AREA PARCHEGGIO**

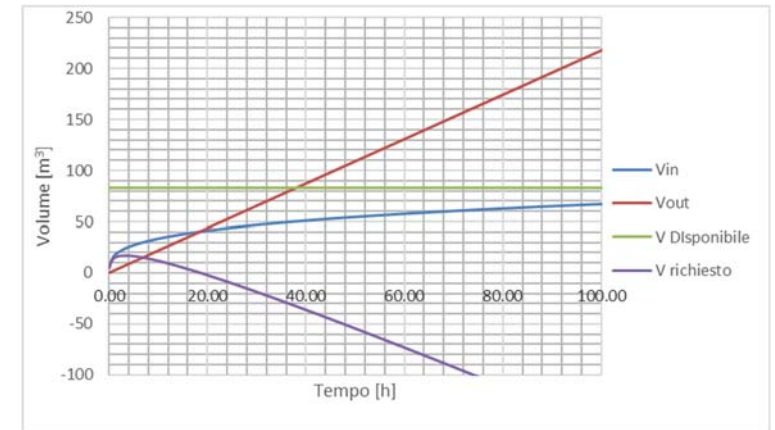
| LINEA                | calcolo superfici |                  |                  | S     | L     | i            | k <sub>s</sub>                 | j    | v <sub>0s</sub>                 | u                                  | Q                 | DN  | GR    | v                 | t   | S'    | j <sub>medio</sub> | V <sub>0c</sub> <sup>1</sup> monte | y      | V <sub>0</sub> | V <sub>0c</sub> collettore | V <sub>0c</sub> collettore      | V <sub>0c</sub> tot             | Quote di scorrimento |        |  |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------|-------|-------|--------------|--------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----|-------|-------------------|-----|-------|--------------------|------------------------------------|--------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------|--|
|                      | S <sub>ferr</sub> | S <sub>pav</sub> | S <sub>imp</sub> |       |       |              |                                |      |                                 |                                    |                   |     |       |                   |     |       |                    |                                    |        |                |                            |                                 |                                 | monte                | valle  |  |
|                      | ha                | ha               | ha               | ha    | m     | m/m          | m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | -    | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> | mm  | %     | m s <sup>-1</sup> | Pa  | ha    |                    | m <sup>3</sup>                     | m      | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>             | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m                    | m      |  |
| <b>P21 - P22</b>     | 0.000             | 0.003            | 0.007            | 0.010 | 6.00  | <b>0.004</b> | 80                             | 0.91 | 30                              | 1159.8                             | 11.04             | 250 | 40.00 | 0.68              | 2.8 | 0.010 | 0.91               | 0.000                              | 0.0942 | 0.383          | 0.098                      | 10.251                          | 10.251                          | 235.46               | 235.44 |  |
| <b>P22 - P23</b>     | 0.000             | 0.004            | 0.009            | 0.013 | 6.00  | <b>0.004</b> | 80                             | 0.91 | 30                              | 955.4                              | 21.42             | 315 | 41.00 | 0.80              | 3.6 | 0.022 | 0.91               | 0.285                              | 0.1216 | 1.062          | 0.160                      | 7.138                           | 17.389                          | 235.38               | 235.35 |  |
| <b>P23 - P24</b>     | 0.000             | 0.009            | 0.017            | 0.026 | 5.20  | <b>0.004</b> | 80                             | 0.90 | 30                              | 846.0                              | 40.55             | 400 | 41.00 | 0.94              | 4.6 | 0.048 | 0.90               | 0.673                              | 0.1544 | 2.495          | 0.224                      | 4.666                           | 22.055                          | 235.27               | 235.25 |  |
| <b>P24 - P25/P26</b> | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 2.20  | <b>0.004</b> | 80                             | 0.00 | 0                               | 811.5                              | 38.89             | 400 | 40.00 | 0.93              | 4.4 | 0.048 | 0.90               | 1.438                              | 0.1506 | 2.586          | 0.092                      | 1.910                           | 23.964                          | 235.25               | 235.24 |  |
|                      |                   |                  |                  |       |       |              |                                |      |                                 |                                    |                   |     |       |                   |     |       |                    |                                    |        |                |                            |                                 |                                 |                      |        |  |
| <b>P27 - P28</b>     | 0.000             | 0.000            | 0.009            | 0.009 | 16.90 | <b>0.004</b> | 80                             | 1.00 | 30                              | 986.6                              | 9.29              | 250 | 36.00 | 0.66              | 2.4 | 0.009 | 1.00               | 0.000                              | 0.0847 | 0.521          | 0.238                      | 25.307                          | 25.307                          | 235.90               | 235.84 |  |
| <b>P28 - P29</b>     | 0.000             | 0.000            | 0.008            | 0.008 | 8.30  | <b>0.004</b> | 80                             | 1.00 | 30                              | 825.0                              | 14.04             | 250 | 45.00 | 0.74              | 3.2 | 0.017 | 1.00               | 0.283                              | 0.1059 | 1.099          | 0.158                      | 9.266                           | 34.573                          | 235.84               | 235.80 |  |
| <b>P29 - P30</b>     | 0.000             | 0.000            | 0.006            | 0.006 | 2.20  | <b>0.004</b> | 80                             | 1.00 | 30                              | 793.4                              | 18.26             | 315 | 37.00 | 0.79              | 3.1 | 0.023 | 1.00               | 0.510                              | 0.1097 | 1.537          | 0.051                      | 2.222                           | 36.795                          | 235.74               | 235.73 |  |
| <b>P30 - P31</b>     | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 12.90 | <b>0.004</b> | 80                             | 0.00 | 0                               | 659.3                              | 15.17             | 315 | 34.00 | 0.73              | 2.8 | 0.023 | 1.00               | 0.690                              | 0.1008 | 1.804          | 0.267                      | 11.613                          | 48.407                          | 235.73               | 235.68 |  |
| <b>P30 - P31</b>     | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 12.90 | <b>0.030</b> | 80                             | 0.00 | 0                               | 609.5                              | 14.02             | 315 | 20.00 | 1.43              | 9.9 | 0.023 | 1.00               | 0.690                              | 0.0593 | 1.931          | 0.127                      | 5.515                           | 53.922                          | 235.02               | 234.63 |  |
| <b>P31 - REC6</b>    | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 5.45  | <b>0.030</b> | 80                             | 0.00 | 0                               | 591.8                              | 13.62             | 315 | 19.00 | 1.49              | 9.2 | 0.023 | 1.00               | 0.690                              | 0.0564 | 1.981          | 0.050                      | 2.165                           | 56.087                          | 234.63               | 234.46 |  |
|                      |                   |                  |                  |       |       |              |                                |      |                                 |                                    |                   |     |       |                   |     |       |                    |                                    |        |                |                            |                                 |                                 |                      |        |  |
| <b>P32 - P33</b>     | 0.000             | 0.005            | 0.013            | 0.018 | 7.80  | <b>0.004</b> | 80                             | 0.92 | 30                              | 512.3                              | 21.02             | 315 | 40.00 | 0.81              | 3.5 | 0.041 | 0.96               | 0.690                              | 0.1186 | 3.733          | 0.201                      | 4.907                           | 60.994                          | 234.44               | 234.41 |  |
| <b>P33 - P34</b>     | 0.000             | 0.001            | 0.008            | 0.010 | 18.00 | <b>0.004</b> | 80                             | 0.96 | 30                              | 454.6                              | 22.99             | 315 | 42.00 | 0.83              | 3.7 | 0.051 | 0.96               | 1.231                              | 0.1246 | 5.096          | 0.496                      | 9.804                           | 70.798                          | 234.41               | 234.34 |  |
| <b>P34 - P35</b>     | 0.000             | 0.000            | 0.017            | 0.017 | 5.40  | <b>0.004</b> | 80                             | 1.00 | 30                              | 450.1                              | 30.53             | 315 | 50.00 | 0.88              | 4.7 | 0.068 | 0.97               | 1.517                              | 0.1483 | 7.023          | 0.187                      | 2.751                           | 73.548                          | 234.34               | 234.32 |  |
| <b>P35 - REC6</b>    | 0.000             | 0.000            | 0.000            | 0.000 | 0.80  | <b>0.004</b> | 80                             | 0.00 | 0                               | 276.7                              | 25.13             | 315 | 45.00 | 0.83              | 4.1 | 0.091 | 0.98               | 2.725                              | 0.1335 | 14.524         | 0.024                      | 0.266                           | 129.901                         | 234.32               | 234.32 |  |



**DIMENSIONAMENTO SISTEMA A DISPERSIONE TR 50ANNI**

Il dimensionamento è relativo ad entrambe le vasche, esse misurano 14.40x1.40 m cadauna, hanno un'altezza utile di 1.20 m e sono dotate ciascuna di un troppo pieno PVC DN200, posto ad un'altezza pari all'80% della vasca stessa.

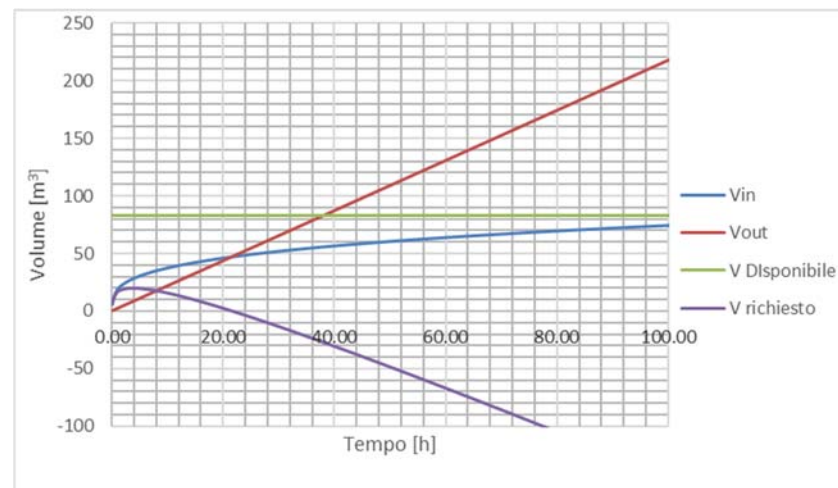
| Durata di pioggia |       | Sup. Bacino | Dati dell'equazione pluv. |       | Coeff. di deflusso | Altezza di pioggia | Volume entrante | Portata uscente |                       | Volume uscente | Volume da invasare |
|-------------------|-------|-------------|---------------------------|-------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------------|--------------------|
| $t_p$             | t     |             | a                         | n     |                    |                    |                 | $Q_u$           | $Q_u$                 |                |                    |
| (min)             | (ore) | (ha)        | (mm)                      |       | f                  | h                  | $V_e$           | (l/s)           | (m <sup>3</sup> /ora) | $V_u$          | V                  |
| 5                 | 0.08  | 0.0352      | 61.13                     | 0.464 | 0.79               | 19                 | 5.368           | 0.6             | 2.18                  | 0.18           | 5.19               |
| 30                | 0.50  | 0.0352      | 61.125                    | 0.464 | 0.79               | 44                 | 12.33           | 0.6             | 2.18                  | 1.09           | 11.24              |
| 60                | 1.00  | 0.0352      | 61.13                     | 0.298 | 0.79               | 61                 | 17.01           | 0.6             | 2.18                  | 2.18           | 14.83              |
| 115               | 1.92  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 74                 | 20.64           | 0.6             | 2.18                  | 4.17           | 16.47              |
| 120               | 2.00  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 75                 | 20.91           | 0.6             | 2.18                  | 4.35           | 16.55              |
| 125               | 2.08  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 76                 | 21.16           | 0.6             | 2.18                  | 4.54           | 16.63              |
| 130               | 2.17  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 77                 | 21.41           | 0.6             | 2.18                  | 4.72           | 16.69              |
| 135               | 2.25  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 78                 | 21.65           | 0.6             | 2.18                  | 4.90           | 16.75              |
| 140               | 2.33  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 79                 | 21.89           | 0.6             | 2.18                  | 5.08           | 16.81              |
| 145               | 2.42  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 80                 | 22.12           | 0.6             | 2.18                  | 5.26           | 16.86              |
| 150               | 2.50  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 80                 | 22.34           | 0.6             | 2.18                  | 5.44           | 16.90              |
| 155               | 2.58  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 81                 | 22.56           | 0.6             | 2.18                  | 5.62           | 16.94              |
| 160               | 2.67  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 82                 | 22.78           | 0.6             | 2.18                  | 5.81           | 16.97              |
| 170               | 2.83  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 83                 | 23.19           | 0.6             | 2.18                  | 6.17           | 17.02              |
| 175               | 2.92  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 84                 | 23.39           | 0.6             | 2.18                  | 6.35           | 17.04              |
| 180               | 3.00  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 85                 | 23.59           | 0.6             | 2.18                  | 6.53           | 17.06              |
| 190               | 3.17  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 86                 | 23.97           | 0.6             | 2.18                  | 6.89           | 17.08              |
| 195               | 3.25  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 87                 | 24.16           | 0.6             | 2.18                  | 7.08           | 17.09              |
| 200               | 3.33  | 0.0352      | 61.125                    | 0.298 | 0.79               | 88                 | 24.34           | 0.6             | 2.18                  | 7.26           | 17.09              |



Il tempo di vuotamento del sistema è di 7.84 ore.

**VERIFICA SISTEMA A DISPERSIONE TR 100ANNI**

| Durata di pioggia |       | Sup. Bacino | Dati dell'equazione pluv. |       | Coeff. di deflusso | Altezza di pioggia | Volume entrante | Portata uscente | Volume uscente | Volume da invasare |       |
|-------------------|-------|-------------|---------------------------|-------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|-------|
| $t_p$             | t     |             | a                         | n     |                    |                    |                 |                 |                |                    |       |
| (min)             | (ore) | (ha)        | (mm)                      |       | f                  | h                  | $V_e$           | $Q_u$           | $Q_u$          | $V_u$              | V     |
| 5                 | 0.08  | 0.0352      | 67.78                     | 0.464 | 0.79               | 21                 | 5.953           | 0.6             | 2.18           | 0.18               | 5.77  |
| 30                | 0.50  | 0.0352      | 67.782                    | 0.464 | 0.79               | 49                 | 13.67           | 0.6             | 2.18           | 1.09               | 12.58 |
| 60                | 1.00  | 0.0352      | 67.78                     | 0.298 | 0.79               | 68                 | 18.86           | 0.6             | 2.18           | 2.18               | 16.68 |
| 115               | 1.92  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 82                 | 22.89           | 0.6             | 2.18           | 4.17               | 18.72 |
| 120               | 2.00  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 83                 | 23.18           | 0.6             | 2.18           | 4.35               | 18.83 |
| 125               | 2.08  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 84                 | 23.47           | 0.6             | 2.18           | 4.54               | 18.93 |
| 130               | 2.17  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 85                 | 23.74           | 0.6             | 2.18           | 4.72               | 19.03 |
| 135               | 2.25  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 86                 | 24.01           | 0.6             | 2.18           | 4.90               | 19.11 |
| 145               | 2.42  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 88                 | 24.53           | 0.6             | 2.18           | 5.26               | 19.27 |
| 150               | 2.50  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 89                 | 24.78           | 0.6             | 2.18           | 5.44               | 19.33 |
| 160               | 2.67  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 91                 | 25.26           | 0.6             | 2.18           | 5.81               | 19.45 |
| 165               | 2.75  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 92                 | 25.49           | 0.6             | 2.18           | 5.99               | 19.50 |
| 175               | 2.92  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 93                 | 25.94           | 0.6             | 2.18           | 6.35               | 19.59 |
| 180               | 3.00  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 94                 | 26.16           | 0.6             | 2.18           | 6.53               | 19.63 |
| 185               | 3.08  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 95                 | 26.38           | 0.6             | 2.18           | 6.71               | 19.66 |
| 190               | 3.17  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 96                 | 26.59           | 0.6             | 2.18           | 6.89               | 19.69 |
| 195               | 3.25  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 96                 | 26.79           | 0.6             | 2.18           | 7.08               | 19.72 |
| 200               | 3.33  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 97                 | 27              | 0.6             | 2.18           | 7.26               | 19.74 |
| 205               | 3.42  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 98                 | 27.19           | 0.6             | 2.18           | 7.44               | 19.76 |
| 210               | 3.50  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 98                 | 27.39           | 0.6             | 2.18           | 7.62               | 19.77 |
| 215               | 3.58  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 99                 | 27.58           | 0.6             | 2.18           | 7.80               | 19.78 |
| 220               | 3.67  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 100                | 27.77           | 0.6             | 2.18           | 7.98               | 19.79 |
| 225               | 3.75  | 0.0352      | 67.782                    | 0.298 | 0.79               | 101                | 27.96           | 0.6             | 2.18           | 8.16               | 19.80 |



**9.4 DRENAGGIO FABBRICATO VIAGGIATORI**

| COLLETTORI PIAZZALE<br>FV | calcolo superfici |                  |                  | S      | L     | i     | k <sub>s</sub>                 | j    | v <sub>0s</sub>                 | u                                  | Q                 | DN  | GR    | v                 | t    | S'     | j <sub>medio</sub> | V <sub>0c</sub> ' <sub>monte</sub> | γ      | V <sub>0</sub> | V <sub>0c</sub> collettore | V <sub>0c</sub> collettore      | V <sub>0c</sub> tot             | Quote di scorrimento |        |
|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|-------|-------|--------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----|-------|-------------------|------|--------|--------------------|------------------------------------|--------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------|
|                           | S <sub>ferr</sub> | S <sub>pav</sub> | S <sub>imp</sub> |        |       |       |                                |      |                                 |                                    |                   |     |       |                   |      |        |                    |                                    |        |                |                            |                                 |                                 | monte                | valle  |
|                           | ha                | ha               | ha               | ha     | m     | m/m   | m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | -    | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> | l s <sup>-1</sup> | mm  | %     | m s <sup>-1</sup> | Pa   | ha     |                    | m <sup>3</sup>                     | m      | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>             | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | m                    | m      |
| P1 - P2                   | 0.0000            | 0.0000           | 0.0041           | 0.0041 | 4.30  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1409.5                             | 5.74              | 200 | 38.00 | 0.59              | 2.1  | 0.0041 | 1                  | 0                                  | 0.0715 | 0.1638         | 0.0417                     | 10.250                          | 10.2501                         | 236.07               | 236.05 |
| P2 - P3                   | 0.0000            | 0.0000           | 0.0046           | 0.0046 | 5.60  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1107.9                             | 9.64              | 200 | 51.00 | 0.68              | 3.0  | 0.0087 | 1                  | 0.1221                             | 0.096  | 0.43           | 0.0799                     | 9.183                           | 19.4332                         | 236.05               | 236.03 |
| P3 - P4                   | 0.0000            | 0.0146           | 0.0046           | 0.0192 | 10.30 | 0.050 | 80                             | 0.85 | 30                              | 798.2                              | 22.26             | 250 | 29.00 | 2.13              | 22.2 | 0.0279 | 0.895              | 0.2609                             | 0.0683 | 1.4867         | 0.1079                     | 3.869                           | 23.3017                         | 235.98               | 235.47 |
| P4 - REC. 1               | 0.0000            | 0.0082           | 0.0022           | 0.0104 | 2.90  | 0.004 | 80                             | 0.84 | 30                              | 732.1                              | 28.02             | 315 | 47.00 | 0.88              | 4.3  | 0.0383 | 0.881              | 0.8368                             | 0.1394 | 2.1329         | 0.0925                     | 2.417                           | 25.7191                         | 235.40               | 235.39 |
| P5 - P6                   | 0.0000            | 0.0092           | 0.0032           | 0.0124 | 6.20  | 0.004 | 80                             | 0.85 | 30                              | 1044.4                             | 12.93             | 250 | 43.00 | 0.72              | 3.0  | 0.0124 | 0.851              | 0                                  | 0.1012 | 0.4824         | 0.1109                     | 8.961                           | 8.96145                         | 235.50               | 235.48 |
| P6 - REC.2                | 0.0000            | 0.0074           | 0.0030           | 0.0104 | 6.50  | 0.004 | 80                             | 0.86 | 30                              | 866.8                              | 19.77             | 315 | 39.00 | 0.79              | 3.4  | 0.0228 | 0.854              | 0.3714                             | 0.1157 | 1.0509         | 0.1622                     | 7.109                           | 16.0704                         | 235.41               | 235.38 |
| P7 - P8                   | 0.0000            | 0.0000           | 0.0040           | 0.0040 | 4.70  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1368.8                             | 5.51              | 250 | 28.00 | 0.55              | 1.7  | 0.004  | 1                  | 0                                  | 0.0659 | 0.1675         | 0.0469                     | 11.657                          | 11.6573                         | 236.07               | 236.05 |
| P8 - P9                   | 0.0000            | 0.0000           | 0.0038           | 0.0038 | 4.30  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1130.4                             | 8.79              | 250 | 35.00 | 0.65              | 2.3  | 0.0078 | 1                  | 0.1207                             | 0.0824 | 0.3824         | 0.0584                     | 7.505                           | 19.1621                         | 236.05               | 236.04 |
| P9 - P10                  | 0.0000            | 0.0000           | 0.0038           | 0.0038 | 4.50  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 982.6                              | 11.33             | 250 | 40.00 | 0.70              | 2.8  | 0.0115 | 1                  | 0.2333                             | 0.0942 | 0.6402         | 0.0732                     | 6.342                           | 25.5042                         | 236.04               | 236.02 |
| P10 - P12                 | 0.0000            | 0.0000           | 0.0044           | 0.0044 | 3.40  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 903.5                              | 14.37             | 250 | 46.00 | 0.74              | 3.3  | 0.0159 | 1                  | 0.3460                             | 0.1083 | 0.949          | 0.0665                     | 4.180                           | 29.6838                         | 236.02               | 236.00 |
| P11 - P12                 | 0.0000            | 0.0137           | 0.0050           | 0.0186 | 9.10  | 0.004 | 80                             | 0.85 | 30                              | 978.5                              | 18.24             | 250 | 53.00 | 0.78              | 4.0  | 0.0186 | 0.853              | 0                                  | 0.1248 | 0.7723         | 0.2131                     | 11.436                          | 11.4359                         | 236.02               | 235.98 |
| P12 - P19                 | 0.0000            | 0.0087           | 0.0007           | 0.0094 | 11.80 | 0.060 | 80                             | 0.81 | 30                              | 558.5                              | 24.53             | 250 | 30.00 | 2.23              | 28.0 | 0.0439 | 0.898              | 1.0362                             | 0.0706 | 3.2538         | 0.1296                     | 2.950                           | 44.0693                         | 235.68               | 234.98 |
| P13 - P14                 | 0.0000            | 0.0000           | 0.0046           | 0.0046 | 6.00  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1318.8                             | 6.10              | 200 | 40.00 | 0.59              | 2.2  | 0.0046 | 1                  | 0                                  | 0.0753 | 0.2012         | 0.0623                     | 13.469                          | 13.4691                         | 236.07               | 236.05 |
| P14 - P15                 | 0.0000            | 0.0000           | 0.0041           | 0.0041 | 4.80  | 0.004 | 80                             | 1.00 | 30                              | 1086.2                             | 9.45              | 200 | 51.00 | 0.66              | 3.0  | 0.0087 | 1                  | 0.1389                             | 0.096  | 0.4466         | 0.0685                     | 7.871                           | 21.3404                         | 236.05               | 236.03 |
| P15 - P16                 | 0.0000            | 0.0000           | 0.0040           | 0.0040 | 4.60  | 0.003 | 80                             | 1.00 | 30                              | 938.4                              | 11.94             | 250 | 45.00 | 0.63              | 2.4  | 0.0127 | 1                  | 0.2609                             | 0.1059 | 0.7404         | 0.0874                     | 6.869                           | 28.2096                         | 235.98               | 235.96 |
| P16 - P17                 | 0.0000            | 0.0000           | 0.0038           | 0.0038 | 4.40  | 0.003 | 80                             | 1.00 | 30                              | 842.3                              | 13.88             | 250 | 49.00 | 0.65              | 2.7  | 0.0165 | 1                  | 0.3816                             | 0.1153 | 1.0524         | 0.0933                     | 5.663                           | 33.8729                         | 235.96               | 235.95 |

**Relazione di smaltimento idraulico**

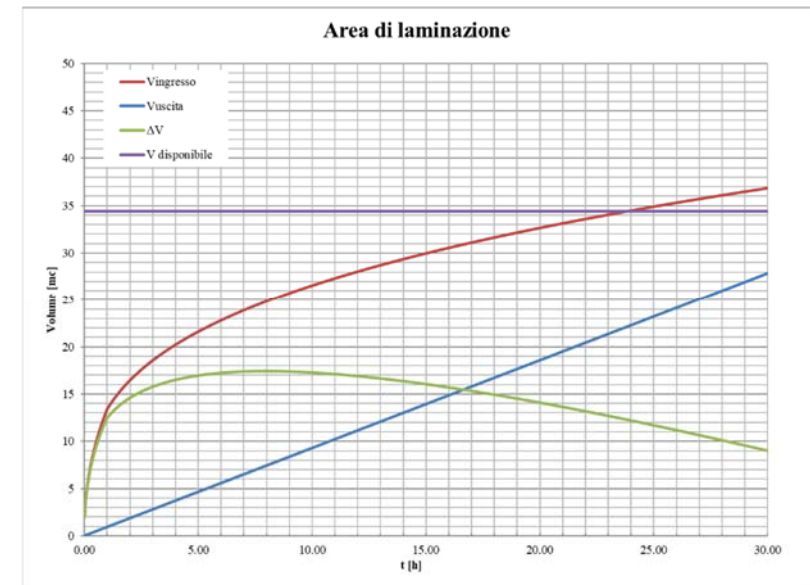
COMMESSA NB1R LOTTO 02 CODIFICA D 26 RI DOCUMENTO FV 0200 001 REV. A FOGLIO 49 di 50

|                 |        |        |        |        |      |       |    |      |    |       |       |     |       |      |     |        |       |        |        |        |        |       |         |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|------|-------|----|------|----|-------|-------|-----|-------|------|-----|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|
| P17 - P18       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0038 | 0.0038 | 4.70 | 0.003 | 80 | 1.00 | 30 | 767.5 | 15.53 | 250 | 52.00 | 0.68 | 2.9 | 0.0202 | 1     | 0.4943 | 0.1224 | 1.3998 | 0.1075 | 5.312 | 39.1852 | 235.95 | 235.94 |
| P18 - C2        | 0.0000 | 0.0000 | 0.0044 | 0.0044 | 1.70 | 0.004 | 80 | 1.00 | 30 | 747.3 | 18.38 | 315 | 37.00 | 0.79 | 3.1 | 0.0246 | 1     | 0.6070 | 0.1097 | 1.7414 | 0.0395 | 1.606 | 40.7913 | 234.93 | 234.93 |
| C2 - P19        | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.40 | 0.004 | 80 | 0.00 | 0  | 584.8 | 18.73 | 315 | 38.00 | 0.78 | 3.2 | 0.032  | 0.963 | 0.9606 | 0.1127 | 2.6111 | 0.0337 | 1.053 | 51.5453 | 234.91 | 234.91 |
| P19 - P20       | 0.0000 | 0.0084 | 0.0022 | 0.0106 | 0.95 | 0.004 | 80 | 0.84 | 30 | 316.4 | 27.37 | 315 | 47.00 | 0.86 | 4.3 | 0.0865 | 0.915 | 2.2785 | 0.1394 | 10.897 | 0.0303 | 0.350 | 95.965  | 234.91 | 234.90 |
| P20 - SCATOLARE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 7.90 | 0.004 | 80 | 0.00 | 0  | 308.3 | 26.67 | 315 | 46.00 | 0.86 | 4.2 | 0.0865 | 0.915 | 2.5952 | 0.1364 | 11.142 | 0.2451 | 2.834 | 98.7988 | 234.90 | 234.87 |

**Dimensionamento area verde a dispersione – tr 50 anni**

La vasca di laminazione che si dimensiona qui misura 4.00x1.00 m ed ha una lunghezza di 24.50m, è dotata di un setto di regolazione allo scarico, che consente il passaggio di 10 l/s ha e ha una soglia sfiorante alta 80 cm, ovvero l'80% dell'altezza dello scatolare stesso.

| t [min] | t [h] | h [m]  | i [m/h] | V <sub>ingresso</sub> [m <sup>3</sup> ] | V <sub>uscita</sub> [m <sup>3</sup> ] | ΔV [m <sup>3</sup> ] |
|---------|-------|--------|---------|---|---------------------------------------|----------------------|
| 1       | 0.02  | 0.0091 | 0.5487  | 2.00                                    | 0.02                                  | 1.99                 |
| 10      | 0.17  | 0.0266 | 0.1597  | 5.82                                    | 0.15                                  | 5.67                 |
| 30      | 0.50  | 0.0443 | 0.0886  | 9.70                                    | 0.46                                  | 9.23                 |
| 60      | 1.00  | 0.0611 | 0.0611  | 13.37                                   | 0.93                                  | 12.45                |
| 80      | 1.33  | 0.0666 | 0.0499  | 14.57                                   | 1.24                                  | 13.33                |
| 90      | 1.50  | 0.0690 | 0.0460  | 15.09                                   | 1.39                                  | 13.70                |
| 110     | 1.83  | 0.0732 | 0.0399  | 16.02                                   | 1.70                                  | 14.32                |
| 150     | 2.50  | 0.0803 | 0.0321  | 17.57                                   | 2.32                                  | 15.25                |
| 170     | 2.83  | 0.0834 | 0.0294  | 18.24                                   | 2.63                                  | 15.61                |
| 220     | 3.67  | 0.0900 | 0.0246  | 19.70                                   | 3.41                                  | 16.29                |
| 270     | 4.50  | 0.0957 | 0.0213  | 20.94                                   | 4.18                                  | 16.76                |
| 300     | 5.00  | 0.0988 | 0.0198  | 21.61                                   | 4.64                                  | 16.96                |
| 370     | 6.17  | 0.1051 | 0.0170  | 23.00                                   | 5.73                                  | 17.28                |
| 400     | 6.67  | 0.1076 | 0.0161  | 23.54                                   | 6.19                                  | 17.35                |
| 478     | 7.97  | 0.1135 | 0.0142  | 24.83                                   | 7.40                                  | 17.43                |



**Relazione di smaltimento idraulico**

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO   | REV. | FOGLIO   |
|----------|-------|----------|-------------|------|----------|
| NB1R     | 02    | D 26 RI  | FV 0200 001 | A    | 50 di 50 |

Il tempo di vuotamento del sistema è 18.80 ore.

Verifica area verde a dispersione – tr 100 anni

| t<br>[min] | t<br>[h] | h<br>[m] | i<br>[m/h] | V <sub>ingresso</sub><br>[m <sup>3</sup> ] | V <sub>uscita</sub><br>[m <sup>3</sup> ] | ΔV<br>[m <sup>3</sup> ] |
|------------|----------|----------|------------|--|--|-------------------------|
| 1          | 0.02     | 0.0101   | 0.6084     | 2.22                                       | 0.02                                     | 2.20                    |
| 10         | 0.17     | 0.0295   | 0.1771     | 6.46                                       | 0.15                                     | 6.30                    |
| 30         | 0.50     | 0.0491   | 0.0983     | 10.75                                      | 0.46                                     | 10.29                   |
| 50         | 0.83     | 0.0623   | 0.0747     | 13.63                                      | 0.77                                     | 12.85                   |
| 60         | 1.00     | 0.0678   | 0.0678     | 14.83                                      | 0.93                                     | 13.90                   |
| 80         | 1.33     | 0.0738   | 0.0554     | 16.16                                      | 1.24                                     | 14.92                   |
| 90         | 1.50     | 0.0765   | 0.0510     | 16.74                                      | 1.39                                     | 15.34                   |
| 110        | 1.83     | 0.0812   | 0.0443     | 17.77                                      | 1.70                                     | 16.06                   |
| 120        | 2.00     | 0.0833   | 0.0417     | 18.23                                      | 1.86                                     | 16.38                   |
| 240        | 4.00     | 0.1025   | 0.0256     | 22.42                                      | 3.72                                     | 18.70                   |
| 250        | 4.17     | 0.1037   | 0.0249     | 22.69                                      | 3.87                                     | 18.82                   |
| 270        | 4.50     | 0.1061   | 0.0236     | 23.22                                      | 4.18                                     | 19.04                   |
| 280        | 4.67     | 0.1073   | 0.0230     | 23.47                                      | 4.33                                     | 19.14                   |
| 300        | 5.00     | 0.1095   | 0.0219     | 23.96                                      | 4.64                                     | 19.31                   |
| 310        | 5.17     | 0.1106   | 0.0214     | 24.19                                      | 4.80                                     | 19.39                   |
| 330        | 5.50     | 0.1127   | 0.0205     | 24.65                                      | 5.11                                     | 19.54                   |
| 340        | 5.67     | 0.1137   | 0.0201     | 24.87                                      | 5.26                                     | 19.61                   |
| 360        | 6.00     | 0.1156   | 0.0193     | 25.30                                      | 5.57                                     | 19.72                   |
| 554        | 9.23     | 0.1315   | 0.0142     | 28.76                                      | 8.58                                     | 20.19                   |

