

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 Ponte San Pietro

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 3 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Serrau 	Marzo 2020	S. Scafa 	Marzo 2020	M. Berlingieri 	Marzo 2020	

File: NB1R02D26RIFV0300001A

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3.1	PAI - ADB Po.....	6
3.2	PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO.....	8
3.3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	10
4	ANALISI IDROLOGICA	11
4.1	RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI	12
5	STANDARD PROGETTUALI.....	14
5.1	METODO DELL’INVASO.....	14
5.2	DIMENSIONAMENTO IDRAULICO	16
5.3	INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE	16
6	OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO	20
6.1	DRENAGGIO IN SOTTOPASSO	20
6.2	DRENAGGIO DI BANCHINA CON PENSILINA E SENZA PENSILINA	21
7	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA.....	23
7.1	DRENAGGIO BANCHINA E PIATTAFORMA FERROVIARIA	23
7.1.1	<i>Pluviali discendenti.....</i>	23
7.1.2	<i>tubazioni circolari, canalette e fossi in terra</i>	25
7.1.3	<i>Smaltimento delle acque meteoriche.....</i>	26
8	TABULATI DI DIMENSIONAMENTO.....	28
8.1	SIMBOLOGIA UTILIZZATA.....	28
8.2	DRENAGGIO AREA FERROVIARIA	29

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	SL02/NV02, SL03/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 Ponte san Pietro.

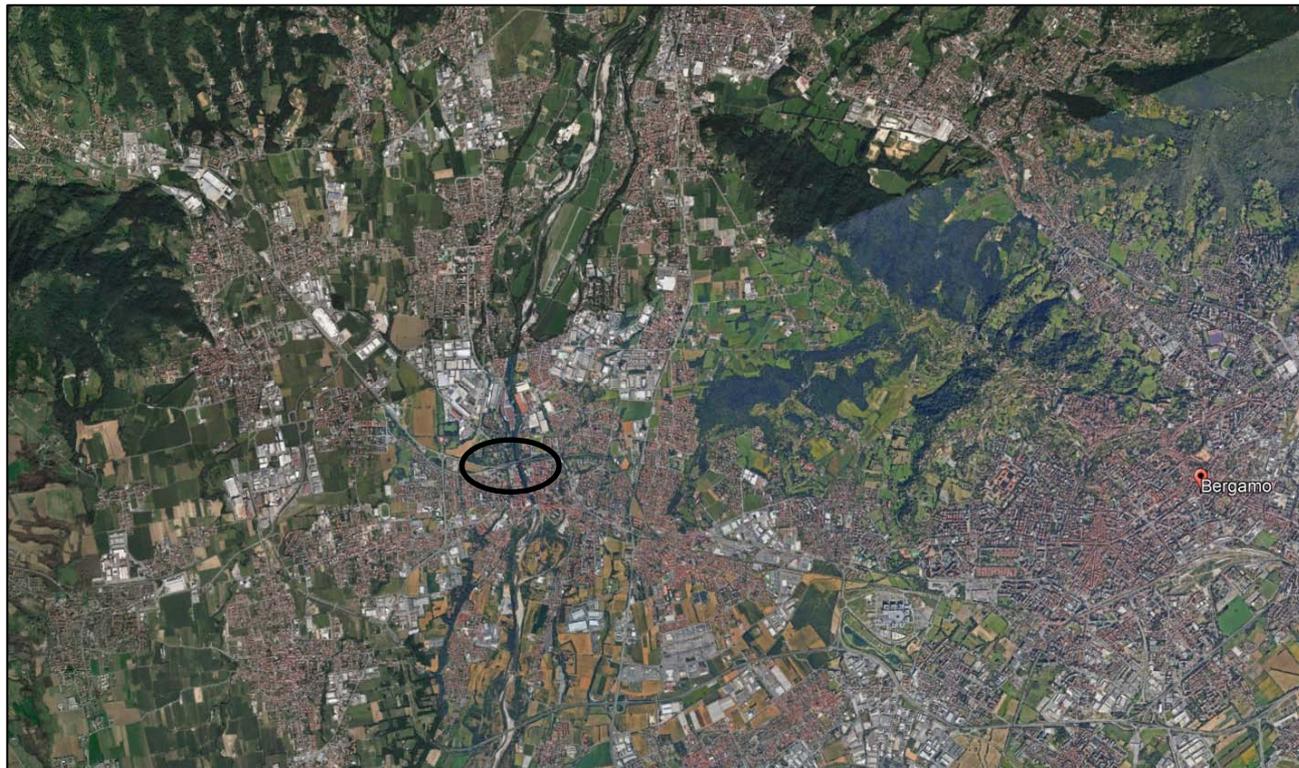


Figura 1.2 Localizzazione della fermata di Ponte San Pietro.

Il sistema di drenaggio previsto per la fermata di Ponte San Pietro 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 che passa lungo via XI Febbraio.

Il PRG di Ponte San Pietro comporta il rifacimento dell'armamento di quattro binari, l'inserimento di un solo nuovo binario (il n° V) per il quale non è previsto l'utilizzo di un sottofondo impermeabile, l'edificazione di una nuova banchina, la messa a norma delle due banchine esistenti, l'edificazione del sottopasso di stazione e delle conseguenti pensiline in banchina.

Per le banchine esistenti attualmente il progetto prevede di inserire una pensilina dotata di pluviali DN100 che convogliano le acque meteoriche al suolo nei pozzetti di ispezione posti a lato delle fondazioni delle pensiline, verso la piattaforma ferroviaria. La raccolta dell'acqua proveniente dalla piattaforma ferroviaria sarà realizzata solo per il V° binario grazie a canalette e fossi in terra posti ai piedi della trincea. Il recapito finale dell'intero sistema di drenaggio è il terreno, infatti tutte le acque raccolte vengono disperse.

Tra i binari III e IV tra le progressive 7+930 e 8+050 km si inserisce una canaletta in cls con fondo forato e bauletto in ghiaia, collegata ad un fosso disperdente.

Non sono previste altre opere di drenaggio, nel rispetto della situazione esistente.

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;

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	7 di 58

- 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.

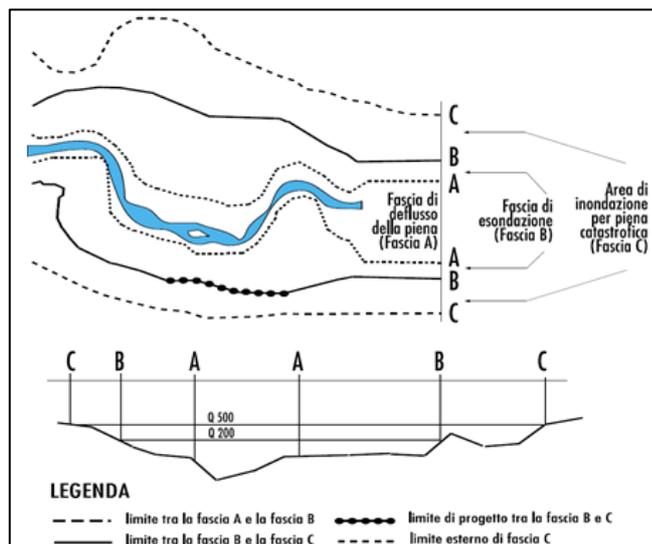


Figura 3.2 Schema per la delimitazione delle fasce fluviali

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.

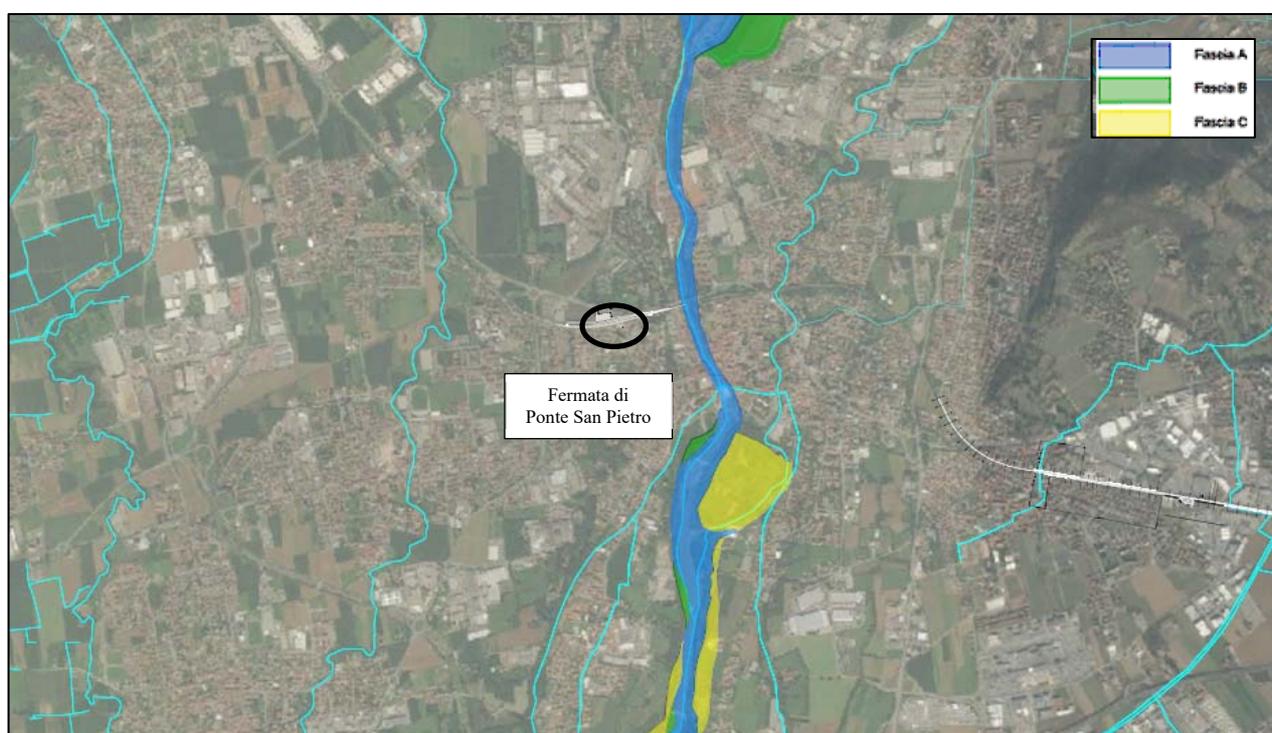


Figura 3.3 Stralcio planimetrico di delimitazione delle fasce fluviali AdBPo

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);

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	9 di 58

- 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 (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca 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).

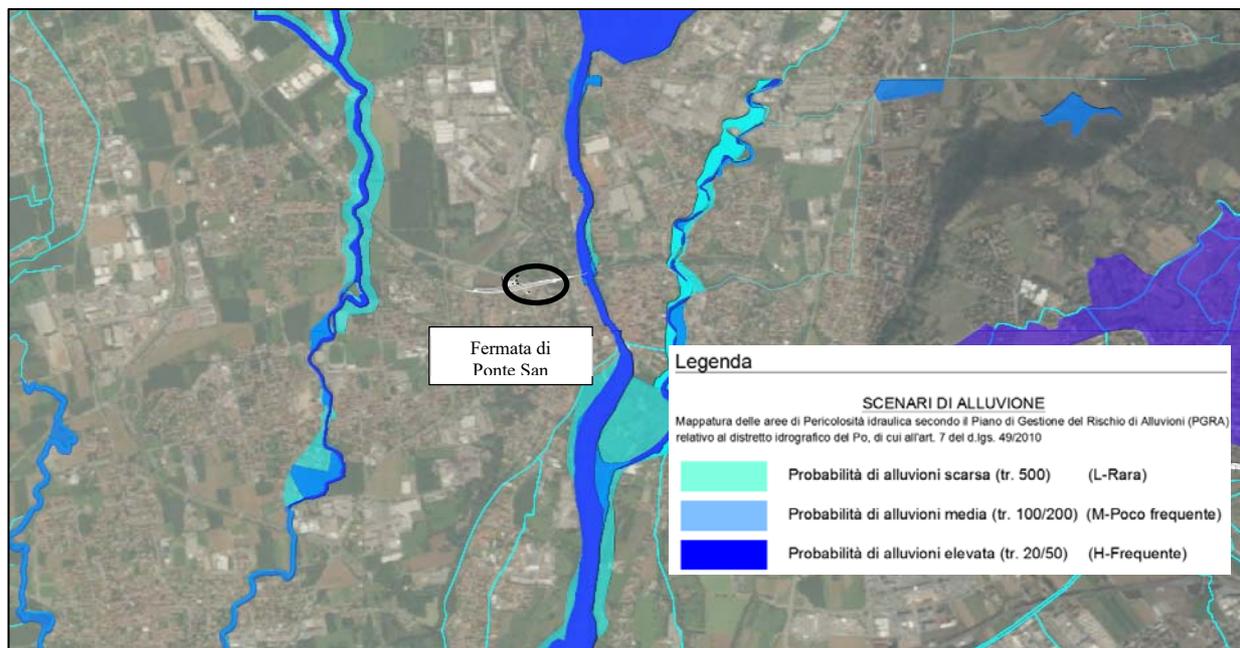


Figura 3.4 Stralcio planimetria PGRA.

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	10 di 58

In base alla tavola di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PGRA del Distretto Padano le opere in progetto (banchine e sottopasso) risultano esterne 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 in essere 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 modifichino 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.

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 (T_r) 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.

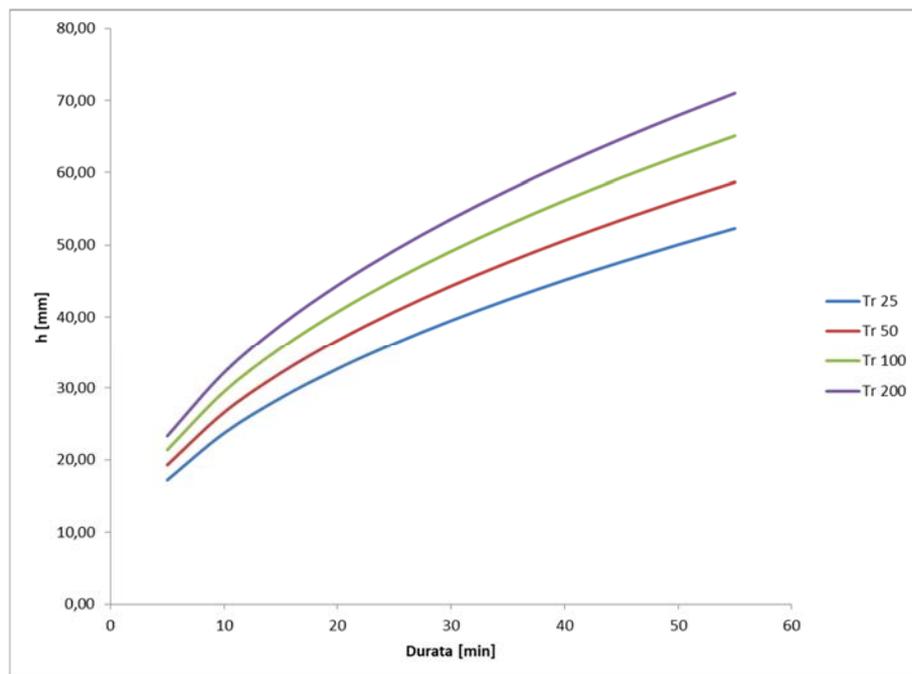


Figura 4.1 Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora

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 dei metodi di Bell, si ottengono i valori di a_{1*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
a1	30.26				30.26			
n	0.464				0.298			
wT	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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO FV 0300 001	REV. 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 " ψ " 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; ψ 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 dt il volume d'acqua affluito sarà $p \cdot dt$, 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 dt è pari a $p \cdot dt$ e quello che defluisce è $q \cdot dt$, la differenza, che indicheremo con dw , 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 ω :

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

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 $l/s \cdot ha$, ψ è il coefficiente di afflusso, w è il volume di acqua invasata riferito all'area del bacino in m^3/m^2 , a [m/oraⁿ] 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 Gaukler-Strickler:

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

ottenendo:

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

dove: Q indica la portata (m^3/s), i la pendenza media (m/m), A la sezione idrica (m^2), R il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m) e K_s il coefficiente di scabrezza di Gaukler-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 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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO FV 0300 001	REV. 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 LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NB1R 02 D 26 RI FV 0300 001 A 18 di 58

Comune	Provincia	Criticità idraulica ⁽¹⁾	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) > 10 ha (> 100.000 mq)	> 0,4 qualsiasi		

Tabella 5.2 Metodologia di calcolo in base alla classe d'intervento ⁽³⁾

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

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

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

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

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	19 di 58

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO FV 0300 001	REV. A

6 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO

Il sistema di drenaggio studiato per la fermata di Ponte S. Pietro si può suddividere in tre tipologie:

- Drenaggio in sottopasso;
- Drenaggio di banchina con pensilina;
- Drenaggio di banchina;

Si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico" NB1R02D26P9FV0200001A per i dettagli.

6.1 DRENAGGIO IN SOTTOPASSO

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.

È stata individuata una rete di fognatura nella quale scaricare le acque provenienti dall'impianto di sollevamento ed è collocata lungo via XI Febbraio, tuttavia non sono note le caratteristiche della rete, per cui in fase esecutiva sarà necessario prendere contatti con l'Ente Gestore per definire il tracciato corretto, dimensioni e quote.

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

WBS	Prog. km	Q [l/s]	H _{geodetica} [m]	Dimensione i.s.	Pozzetto BxL [m]	H _{manometrica} [m]	L _{off} [m]	L _{1-ON} [m]	L _{2-ON} [m]	L _{3-ON} [m]
FV03	Stazione Ponte San Pietro	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.

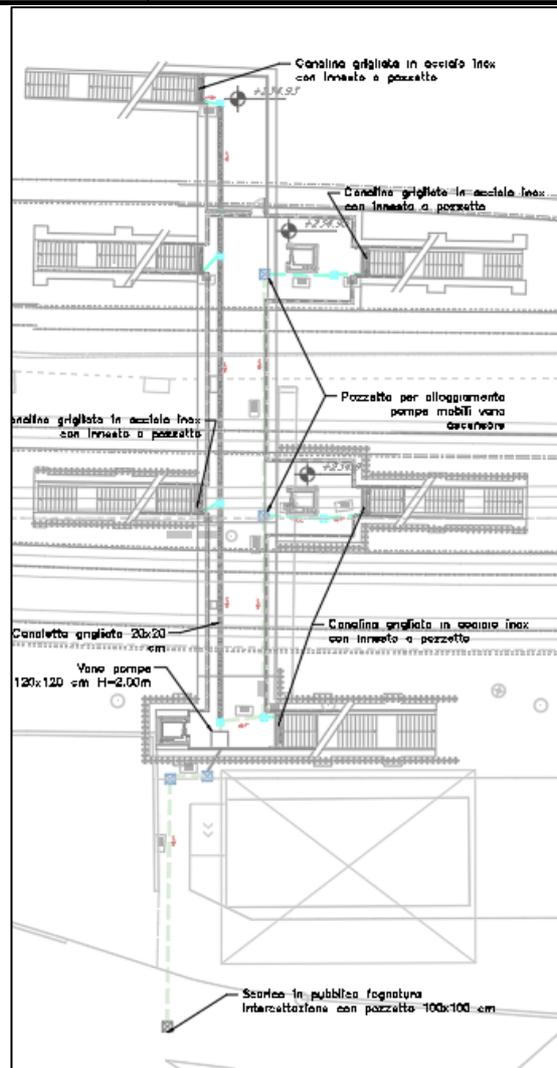


Figura 6.1 Schema idraulico del sottopasso

6.2 DRENAGGIO DI BANCHINA CON PENSILINA E SENZA PENSILINA

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 50x50 cm posti sotto banchina a lato delle fondazioni delle pensiline. Le acque provenienti dalla copertura saranno collettate al pozzetto tramite un pluviale ϕ 100 e a loro volta scaricati nel sedime ferroviario con dei collettori in PVC DN160, posati con pendenza dello 0,5%.

Le acque meteoriche afferenti i binari I, II, III e IV attualmente vengono disperse nel terreno, grazie all'assenza di un sottofondo impermeabile, la configurazione post operam non modifica quindi le condizioni di permeabilità dell'ante operam. Il Binario V, realizzato ex-novo, sarà provvisto di canalette di raccolta 50x50 cm e fossi disperdenti a sezione variabile, con bauletto in ghiaia su fondo di altezza 50cm. Il recapito anche in questo caso è il terreno.

Per garantire un maggior grado di sicurezza idraulica, tra i binari III e IV, alle progressive 7+930 e 8+050 km si inserisce una canaletta disperdente, la cui sezione tipologica è riportata in Figura 6.3. Tale canaletta ha come recapito un fosso disperdente di sezione 80x80 cm collocato ad ovest dell'area in oggetto. A favore di sicurezza, non viene considerato il contributo a dispersione della canaletta.

In Figura 6.2 è rappresentata la schematizzazione della rete di smaltimento idraulico per il tratto di fermata dotato di pensilina.

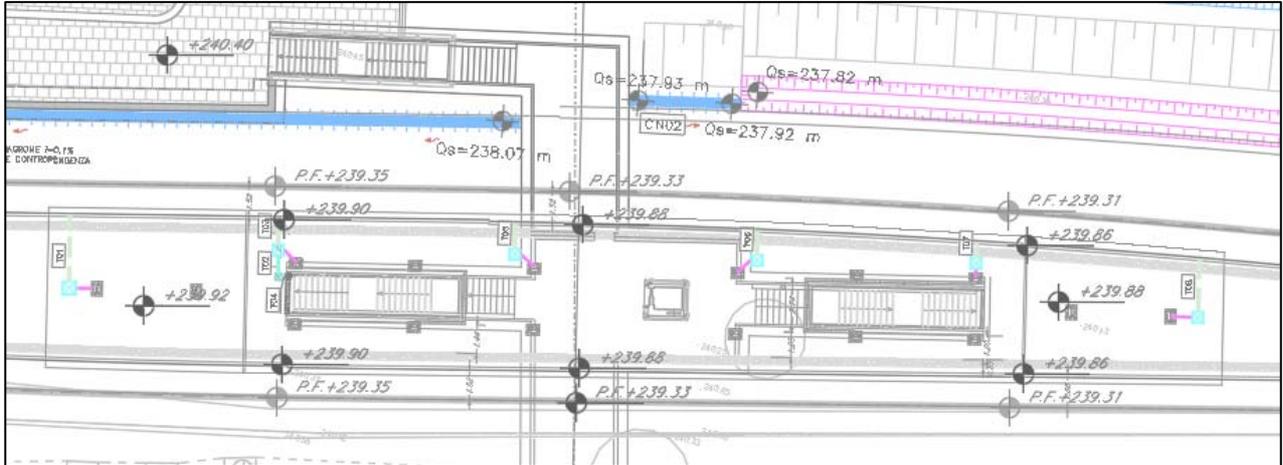


Figura 6.2 Schema idraulico della parte di fermata con banchina coperta

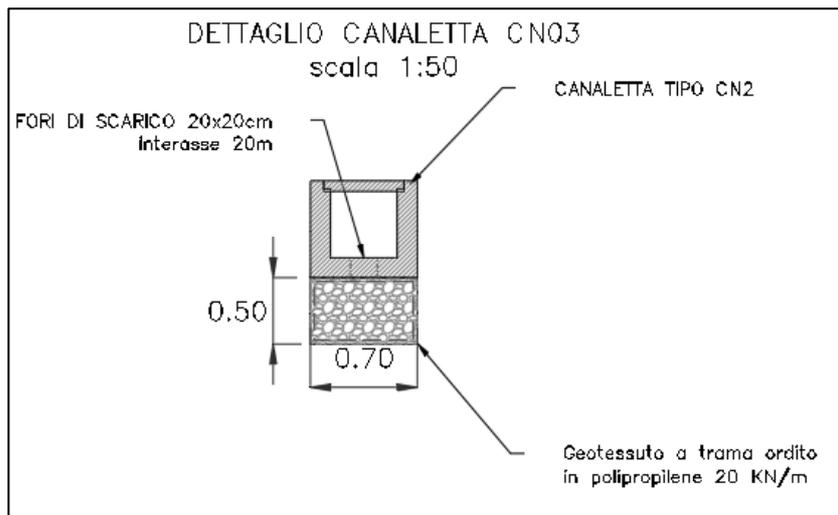


Figura 6.3 Sezione tipo canaletta disperdente

7 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA

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

- pluviali discendenti di diametro ϕ 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 "Planimetria di smaltimento idraulico" 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 $\psi=0.9$.

7.1 DRENAGGIO BANCHINA E PIATTAFORMA FERROVIARIA

Si riportano di seguito i dimensionamenti delle principali opere di drenaggio costituenti la rete di smaltimento idraulico della fermata di Ponte S. Pietro, mentre nel capitolo 8 sono riportati in forma tabellare i risultati del dimensionamento delle tubazioni circolari ottenuti utilizzando il metodo dell'invaso.

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

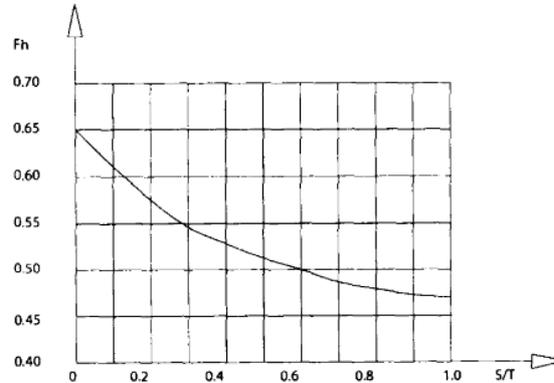


Figura 7.1 Dimensionamento pluviali

La superficie delle coperture in progetto è pari a 364 m² 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 m².

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, nel caso più gravoso, pari a 5,39 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.

BANCHINA NORD-LATO ESTERNO	a_1 (coeff. curva possibilità pluviometrica $Tr=100$ anni)	a_1	30,26	mm/h
	n (coeff. curva possibilità pluviometrica $Tr=100$ anni)	n	0,464	-
	w_t (coeff. curva possibilità pluviometrica $Tr=100$ 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	ψ	1	-
	Area copertura	S	75,50	m ²
	Numero di pluviali	n	1	-
	Area afferente ad un pluviale	S_p	75,50	m ²
	Portata pluviale	Q	5,39	l/s
	Diametro nominale DN	ϕ	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	-
Capacità bocca di efflusso	Q₀	5,41	l/s	

Tabella 7.1 Verifica dei sistemi di scarico delle pensiline di banchina di Ponte San Pietro.7

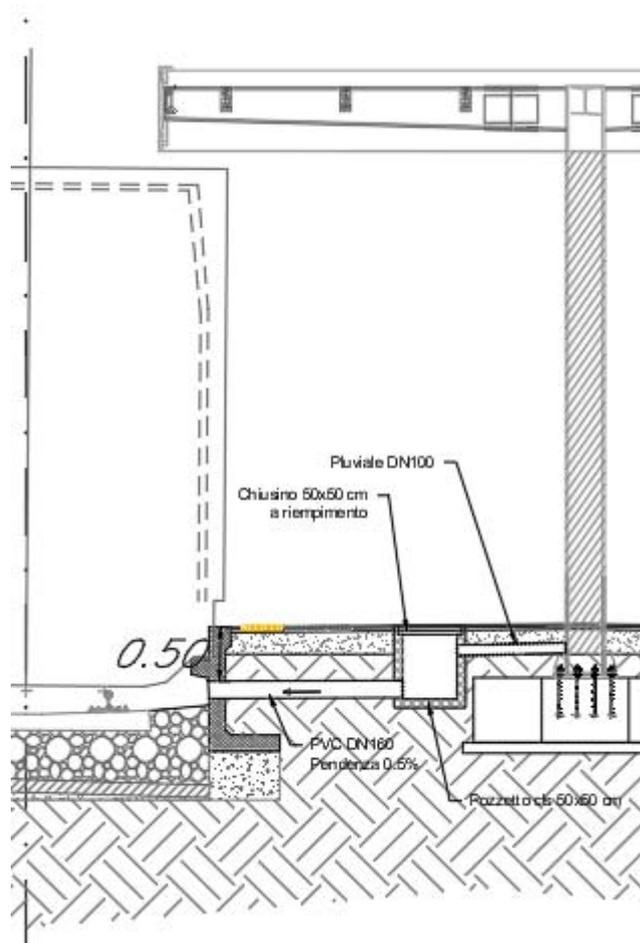


Figura 7.2 - Sezione idraulica della parte di fermata con banchina dotata di pensilina.

7.1.2 TUBAZIONI CIRCOLARI, CANALETTE E FOSSI IN TERRA

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 sarà costituito dagli elementi seguenti:

- collettori in PVC DN 160 con pendenza di progetto pari allo 0,5%, utilizzati per convogliare le acque delle pensiline verso la piattaforma ferroviaria;
- Collettori in PVC DN 100 con pendenza dello 0,5% per il convogliamento di acque dalle griglie poste in testa alle scale;

Per essi non si riportano i tabulati di dimensionamento, dovendo scaricare solo le acque provenienti dai pluviali, ma solo la verifica per la massima portata convogliabile dal bocchettone, ovvero 5,5 l/s:

DIAMETRO [mm]	SCABREZZA [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]	PENDENZA [m/m]	PORTATA [l/s]	VELOCITA' [m/s]	GRADO DI RIEMPIMENTO (%)
160	80	0.005	5.5	0.63	45.2

I collettori risultano verificati.

La verifica sulle dimensioni è stata effettuata con la formula di Chezy assumendo un valore $K = 66 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per le canalette in cls. Il sistema di canalette e fossi, di cui al capitolo 8 è riportata la tabella riassuntiva del dimensionamento, sarà costituito dagli elementi seguenti:

- canalette in cls di dimensioni interne 50x50 cm, a pendenza di fondo dello 0,1% con riempimento in magrone per assegnazione contropendenza;
- canalette in cls di dimensioni interne 50x50 cm, a pendenza di fondo dello 0,1%;
- canalette in cls di dimensioni interne 50x50 cm, a pendenza di fondo dello 0,1% con fondo forato e bauletto in ghiaia;
- fossi in terra 50x50 cm scarpa 1/1, di guardia della trincea ferroviaria e pendenza nulla;
- fossi in terra 50x50 cm scarpa 1/1, di guardia della trincea ferroviaria con bauletto in ghiaia sul fondo di altezza 50cm e pendenza nulla;
- fossi in terra 80x80 cm scarpa 1/1, con bauletto in ghiaia sul fondo di altezza 50cm e pendenza nulla;
- fossi in terra 60x60 cm scarpa 1/1, con bauletto in ghiaia sul fondo di altezza 50cm e pendenza nulla;
- fossi in terra 100x50 cm scarpa 1/1, con bauletto in ghiaia sul fondo di altezza 50 cm e pendenza nulla.

Per i dettagli relativi al posizionamento dei pozzetti e all'intero sistema di raccolta e smaltimento si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico" Codice NB1R02D26P9FV0300001A.

7.1.3 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.

Nel progetto in essere, per quanto concerne la fermata di Ponte San Pietro, per rispettare il principio di invarianza idraulica sono stati previsti dei sistemi di accumulo e dispersione.

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 ψ 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

$$V_{OUT} = k \cdot A_f \cdot i$$

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	27 di 58

in cui k è il coefficiente di permeabilità imposto pari a $1,8 \cdot 10^{-5}$ m/s, dedotto dalle indagini geotecniche effettuate (vedi "Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica", elaborato NB1R00D69RGGE0000001A, e dal "Profilo Geologico", elaborati NB1R00D69FZGE0001001A-NB1R00D69FZGE0001002A-NB1R00D69FZGE0001003A-NB1R00D69FZGE0001004A), A_f indica l'area della superficie filtrante e i è il gradiente idraulico, assunto unitario in caso di falda non interferente.

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.

8 TABULATI DI DIMENSIONAMENTO

8.1 SIMBOLOGIA UTILIZZATA

Per il dimensionamento dei collettori delle reti di drenaggio della fermata di Ponte S. Pietro 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;
- ψ_{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.

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	29 di 58

8.2 DRENAGGIO AREA FERROVIARIA

Canaletta	calcolo superfici			S	L	i	k _s	j	v _{os}	u	Q	Larghezza	Altezza	γ/D	v	t	S'	j _{medio}	V _{0c} ¹ monte	γ	V ₀	V _{0c} collettore	V _{0c} collettore	V _{0c} tot
	S _{ferr}	S _{banch}	S _{est}																					
	ha	ha	ha	ha	m	m/m	m ² s ⁻¹	-	m ³ ha ⁻¹	l s ⁻¹ ha ⁻¹	l s ⁻¹	m	m	%	m s ⁻¹	Pa	ha		m ³		m ³	m ³	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
CN01	0.03905	0.0494	0	0.088	71.00	0.001	66.67	0.87	38.830	247.102	30.455	0.5	0.5	29	0.420	0.944	0.0885	0.868	0	0.145	16.705	11.093	90.000	90.000
CN02	0.00605	0	0	0.006	6.00	0.001	66.67	0.70	50.000	406.440	29.125	0.5	0.5	28	0.416	0.899	0.0061	0.7	0	0.140	7.577	4.690	65.448	65.448
CN03	0.163	0.0176	0	0.1806	125.00	0.001	66.67	0.73	48.051	277.006	50.027	0.5	0.5	39	0.513	1.559	0.1806	0.729	0	0.195	20.183	11.505	63.704	63.704

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	30 di 58

FT01 - DIMENSIONAMENTO SISTEMA A DISPERSIONE TR 100ANNI

DATI DI PROGETTO							
T _{rit} [anni]	a [mm/h]	n [-]	n' (t<1) [-]				
100	67.78	0.298	0.464	(valori massimi su tutta la tratta)			
Simp. [m ²]	ψ _{imp.} [-]	S pavimentazione [m ²]	ψ pavimentazione [-]	ψ _{medio} [-]	S _{afferente} [m ²]	S _{afferente} [ha]	
623.1	1	1745	0.7	0.78	1844.60	0.18	
permeabilità	K [m/s]*	*in caso di k stimato per terreni non saturi moltiplicare per 0,5					
	0.000018						

A- FOSSO DISPERDENTE in terra						
b [m]	H [m]	s (c/H) [-]	B [m]	A _{fosso} [m ²]	Lung [m]	c [m]
1.00	0.50	1.00	2.00	0.75	150.00	1

CASSONETTO rettangolare (eventuale)

b [m]	h [m]	porosità n [-]	A _{cassonetto} [m ²]	Lung [m]
1.00	0.5	0.3	0.15	150.00

VERIFICA

TIPO	V in vaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza
A Fosso trapezio	136.87	0.0118	OK	1.5020

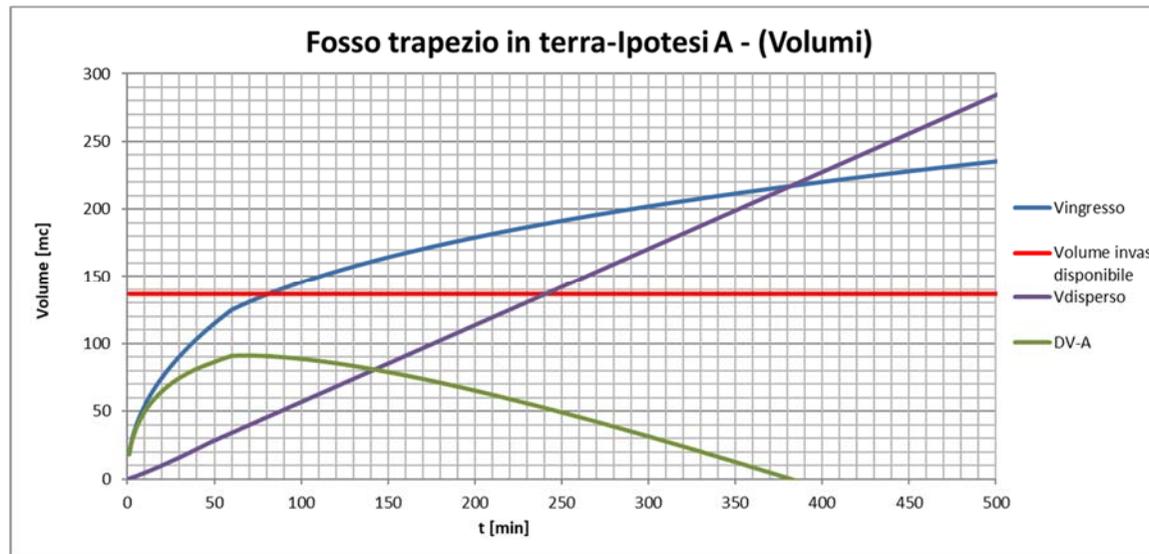
Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	31 di 58

Verifiche tempi svuotamento

(inizia dopo la fine dell'evento piovoso di curata critica)

V max invasato [m3]	Q _{fil, fossa} [m³/s]	t _{svuot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Verifica secondo evento (Regione Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
91.12	0.008980	2.82	1551.76	0.00	136.87	OK	2327.64	0	OK



Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	32 di 58

FT02 - DIMENSIONAMENTO SISTEMA A DISPERSIONE TR 100ANNI

DATI DI PROGETTO

T _{rit} [anni]	a [mm/h]	n [-]	n' (t<1) [-]	(valori massimi su tutta la tratta)		
100	67.78	0.298	0.464			
Simp. [m ²]	ψ _{imp.} [-]	S pavimentazione [m ²]	ψ pavimentazione [-]	ψ _{medio} [-]	S _{affernte} [m ²]	S _{affernte} [ha]
328	1	667.2	0.7	0.80	795.04	0.08
permeabilità	K [m/s]*	*in caso di k stimato per terreni non saturi moltiplicare per 0,5				
	0.0000180					

A- FOSSO DISPERDENTE in terra

b [m]	H [m]	s (c/H) [-]	B [m]	A _{fosso} [m ²]	Lung [m]	c [m]
0.60	0.60	1.00	1.80	0.72	62.00	0.6

CASSONETTO rettangolare (eventuale)

b [m]	h [m]	porosità n [-]	A _{cassonetto} [m ²]	Lung [m]
0.60	0.5	0.3	0.09	62.00

VERIFICA

TIPO	V in vaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza
A Fosso trapezio	51.20	0.0037	OK	1.2473

Relazione di smaltimento idraulico

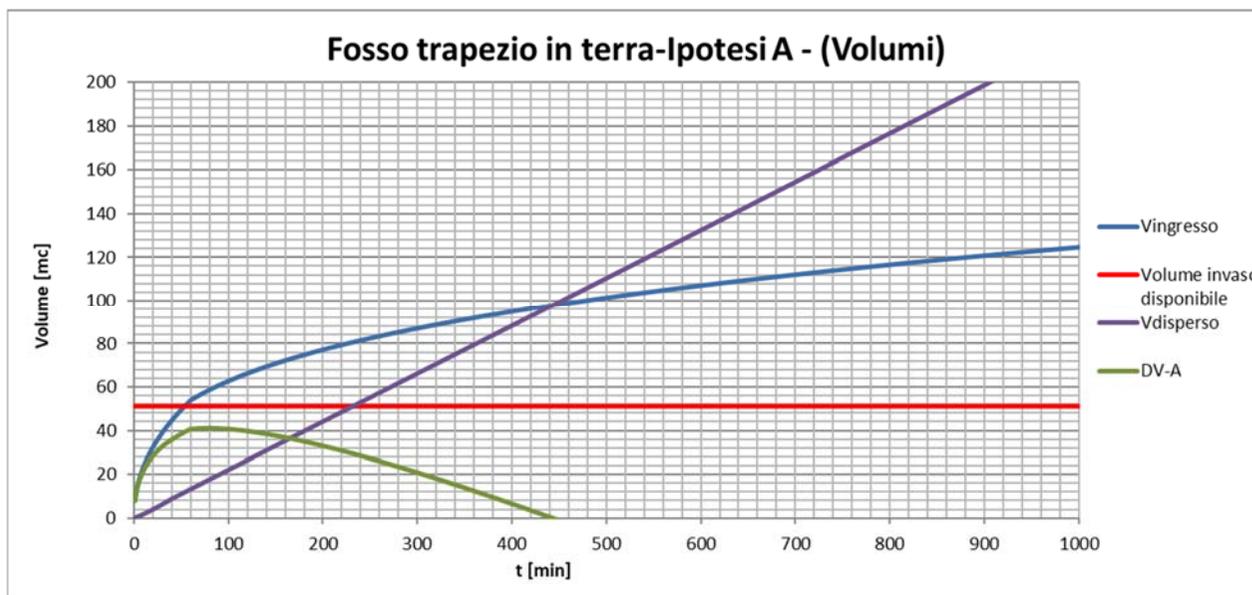
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	33 di 58

Verifiche tempi svuotamento

(inizia dopo la fine dell'evento piovoso di curata critica)

V max invasato [m3]	Q _{fit, fosso} [m ³ /s]	ts _{vuot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Verifica secondo evento (Regione Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
41.05	0.002564	4.45	442.98	0.00	51.20	OK	664.46	0	OK

Fosso trapezoidale in terra-Ipotesi A - (Volumi)



Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	34 di 58

FT03 - DIMENSIONAMENTO SISTEMA A DISPERSIONE TR 100ANNI

DATI DI PROGETTO						
T _{rit} [anni]	a [mm/h]	n [-]	n' (t<1) [-]	(valori massimi su tutta la tratta)		
100	67.78	0.298	0.464			
Simp. [m ²]	ψ _{imp.} [-]	S pavimentazione [m ²]	ψ pavimentazione [-]	ψ _{medio} [-]	S _{affernte} [m ²]	S _{affernte} [ha]
176	1	1630	0.7	0.73	1317.00	0.13
permeabilità	K [m/s]*	*in caso di k stimato per terreni non saturi moltiplicare per 0,5				
	0.0000180					

A- FOSSO DISPERDENTE in terra						
b [m]	H [m]	s (c/H) [-]	B [m]	A _{fosso} [m ²]	Lung [m]	c [m]
0.80	0.80	1.00	2.40	1.28	65.00	0.8

CASSONETTO rettangolare (eventuale)

b [m]	h [m]	porosità n [-]	A _{cassonetto} [m ²]	Lung [m]
0.80	0.5	0.3	0.12	65.00

VERIFICA

TIPO	V in vaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza
A Fosso trapezio	91.53	0.0048	OK	1.2110

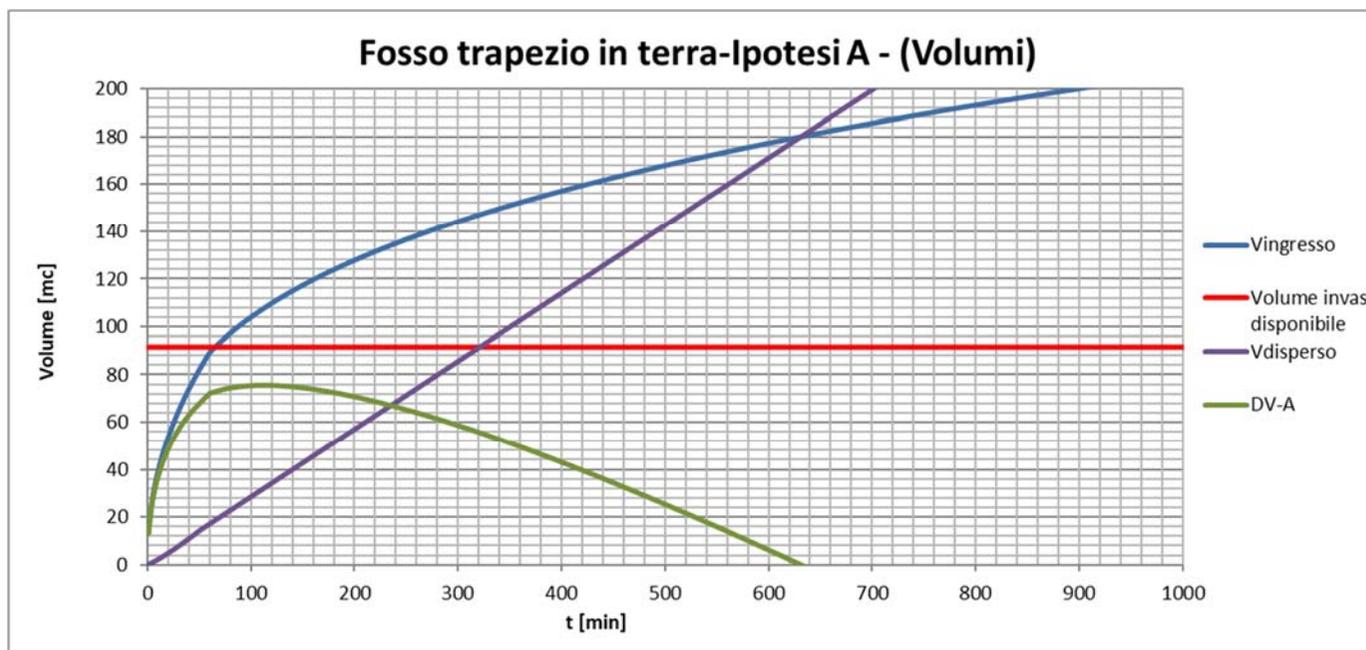
Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	35 di 58

Verifiche tempi svuotamento

(inizia dopo la fine dell'evento piovoso di curata critica)

V max invasato [m3]	Q _{fit, fosso} [m ³ /s]	ts _{vuot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Verifica secondo evento (Regione Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
75.58	0.003583	5.86	619.21	0.00	91.53	OK	928.82	0	OK



Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	36 di 58

FT04 - DIMENSIONAMENTO SISTEMA A DISPERSIONE TR 100ANNI

Si riporta il dimensionamento del fosso FT04 e non del FT05 in quanto questo è il caso più gravoso.

DATI DI PROGETTO									
T _{rit} [anni]	a [mm/h]	n [-]	n' (t<1) [-]						
100	67.78	0.298	0.464	(valori massimi su tutta la tratta)					
Simp. [m ²]	ψ _{imp.} [-]	S pavimentazione [m ²]	ψ pavimentazione [-]	ψ _{medio} [-]	S _{affernte} [m ²]	S _{affernte} [ha]	S _{esterne} [m ²]	ψ _{esterne} [-]	
0	1	0	0.7	0.30	1650.00	0.17	5500	0.30	
permeabilità	K [m/s]*	*in caso di k stimato per terreni non saturi moltiplicare per 0,5							
	0.000018								

A- FOSSO DISPERDENTE in terra						
b [m]	H [m]	s (c/H) [-]	B [m]	A _{fosso} [m ²]	Lung [m]	c [m]
0.50	0.50	1.00	1.50	0.50	150.00	1

CASSONETTO rettangolare (eventuale)				
b [m]	h [m]	porosità n [-]	A _{cassonetto} [m ²]	Lung [m]
0.50	0.5	0.3	0.075	150.00

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0300 001	A	37 di 58

VERIFICA

TIPO	V invaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza
A Fosso trapezio	86.25	0.0104	OK	1.0373

Verifiche tempi svuotamento

(inizia dopo la fine dell'evento piovoso di curata critica)

V max invasato [m ³]	Q _{fil, fosso} [m ³ /s]	ts _{vuot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Verifica secondo evento (Regione Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
83.15	0.007593	3.04	1312.00	0.00	86.25	OK	1968.00	0	OK

