

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 Bergamo Ospedale

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 1 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: NB1R02D26RIFV0100001A

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
3.1	PAI - ADB Po.....	7
3.2	PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO.....	9
3.3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	11
4	ANALISI IDROLOGICA	12
4.1	RELAZIONE INTENSITÀ – DURATA DELLE PRECIPITAZIONI – PIOGGE BREVI	13
5	STANDARD PROGETTUALI	15
5.1	METODO DELL’INVASO.....	15
5.2	DIMENSIONAMENTO IDRAULICO	17
6	OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO	18
6.1	DRENAGGIO IN SOTTOPASSO	18
6.2	DRENAGGIO DI BANCHINA CON PENSILINA	19
6.3	DRENAGGIO DI BANCHINA	21
6.4	DRENAGGIO DEL FABBRICATO	22
7	SISTEMA DI RACCOLTA BANCHINA E PIATTAFORMA FERROVIARIA	25
7.1	DRENAGGIO BANCHINA E PIATTAFORMA FERROVIARIA	25
7.1.1	<i>Pluviali discendenti</i>	25
7.1.2	<i>tubazioni circolari</i>	27
7.1.3	<i>Smaltimento delle acque meteoriche</i>	27
8	DRENAGGIO FABBRICATO VIAGGIATORI	36
8.1	PLUVIALI DISCENDENTI E RETE INTERNA AL PIAZZALE	36
8.1.1	<i>Smaltimento delle acque meteoriche</i>	37
8.2	SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE NERE	38
8.2.1	<i>Fossa imhoff</i>	39
8.2.2	<i>Sub-irrigazione per trattamento finale delle acque chiarificate</i>	39
9	TABULATI DI DIMENSIONAMENTO	42

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0100 001	A	3 di 48

9.1 DRENAGGIO AREA FERROVIARIA42

9.2 DRENAGGIO FABBRICATO VIAGGIATORI45

	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 0100 001	REV. A

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 Bergamo Ospedale e del fabbricato viaggiatori (FV01).

La fermata di Bergamo Ospedale allo stato attuale presenta la banchina di sud edificata, quindi dal punto di vista idraulico ivi non vengono previste opere di smaltimento.



Figura 1.2 - Localizzazione della fermata di Bergamo Ospedale.

Il sistema di drenaggio previsto per la fermata di Bergamo Ospedale sarà costituito da una rete di raccolta e smaltimento delle acque provenienti dalla piattaforma ferroviaria, dalla banchina e dal sottopasso. Le lavorazioni sono esclusivamente legate alla nuova banchina; la banchina esistente infatti non viene modificata rispetto alle condizioni di funzionamento.

Il sistema di drenaggio interno al sottopasso recapita le acque nel vano pompe il quale le solleva verso un pozzetto a tenuta stagna posto all'esterno della stazione.

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 tra le fondazioni delle pensiline e le polifore. 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. Nella parte di banchina in cui non è presente la pensilina le acque vengono raccolte tramite dei collettori circolari che scaricano in parte nel fosso posto a nord della fermata (DFR09) e in parte in scolarie in C.A. con la funzione di laminazione della portata nel rispetto del principio di invarianza idraulica. È prevista un'ulteriore area di laminazione in cui recapitano le acque di una parte della fermata in progetto e della superficie esterna che recapita nel fosso DFR09.

Il recapito finale dell'intero sistema di drenaggio è individuato dal fosso di gronda esistente posto a sud della fermata di Bergamo Ospedale, il quale recapita nel reticolo consortile, nel completo rispetto del principio di invarianza idraulica.

Il fabbricato viaggiatori posto a sud della fermata contiene due servizi igienici, il cui scarico è garantito da una vasca Imhoff e da una trincea di sub-irrigazione.

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.



Tabella 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.

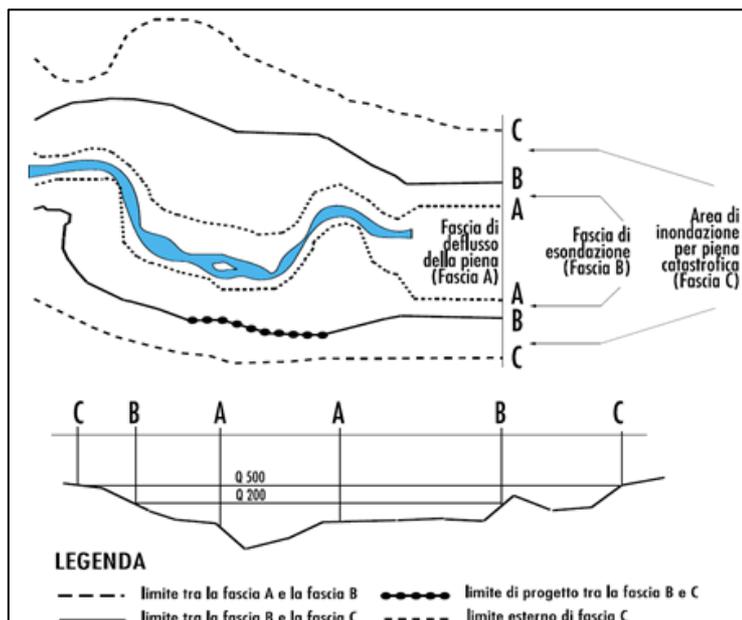


Figura 3.2 - Schema per la delimitazione delle fasce fluviali.

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.

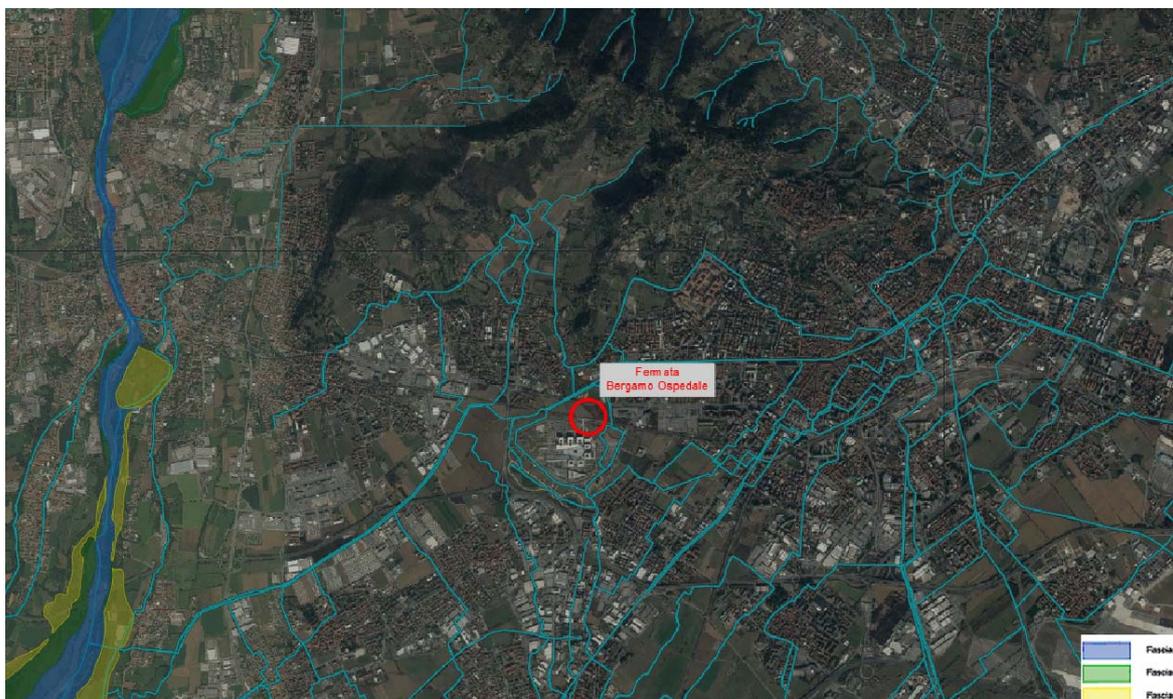


Figura 3.3 - Stralcio planimetrico di delimitazione delle fasce fluviali AdBPO.

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);

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0100 001	A	10 di 48

- 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).

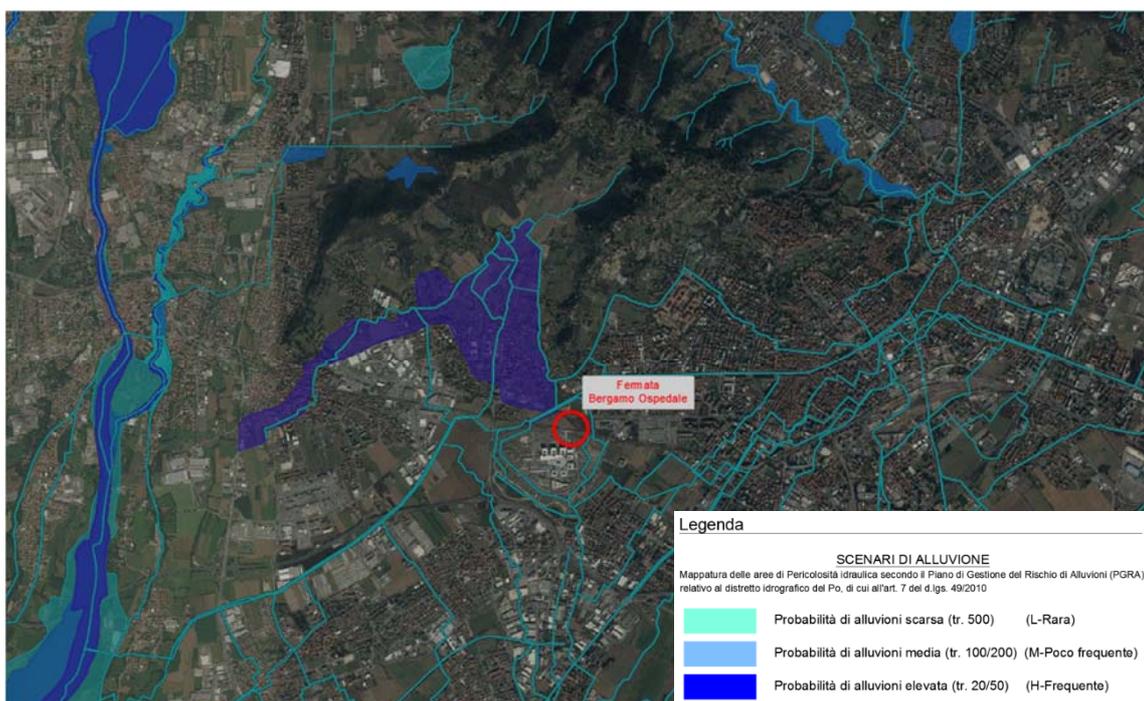


Figura 3.4 - Stralcio planimetria PGRA.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p>					
<p>Relazione di smaltimento idraulico</p>	<p>COMMESSA NB1R</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D 26 RI</p>	<p>DOCUMENTO FV 0100 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 11 di 48</p>

In base alla tavola di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PGRA del Distretto Padano il fabbricato in progetto e la banchina lato nord risultano esterni alle aree di esondazione attualmente in vigore.

3.3 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

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 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.

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.

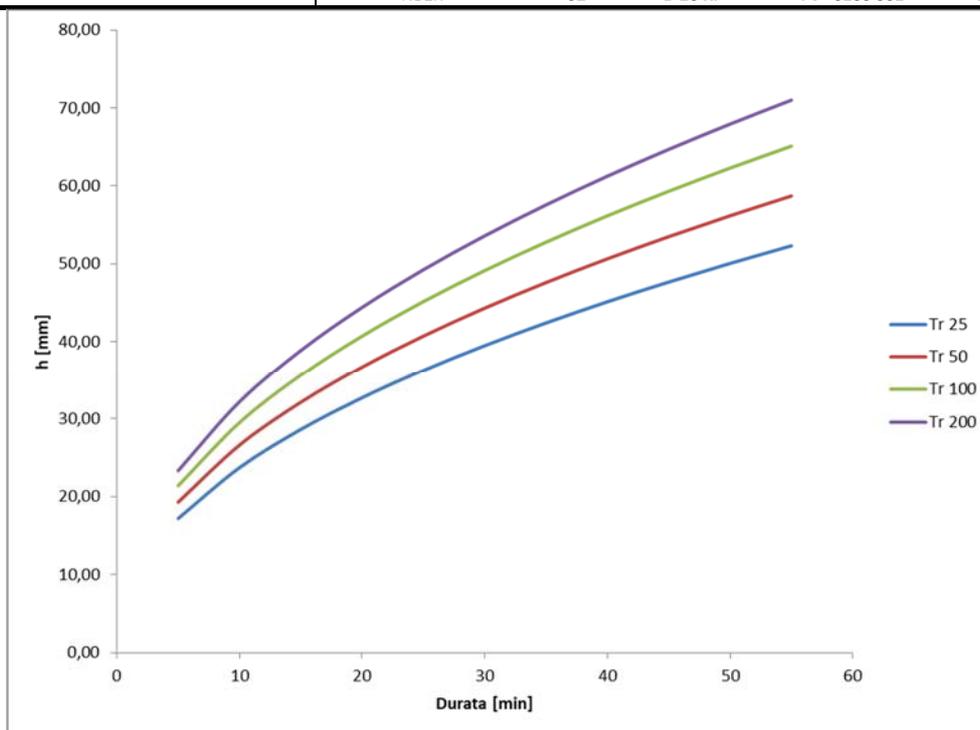


Figura 4.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora.

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
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-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 0100 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*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*dt e quello che defluisce è q*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/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 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.

 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 0100 001	REV. A

6 OPERE DI DRENAGGIO IDRAULICO

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

- Drenaggio in sottopasso;
- Drenaggio di banchina con pensilina;
- Drenaggio di banchina;
- Drenaggio del fabbricato.

Le lavorazioni sono esclusivamente legate alla nuova banchina; la banchina esistente non viene modificata rispetto alle condizioni attuali di conseguenze si è ritenuto necessario intervenire sul sistema di smaltimento preesistente. Si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico" NB1R02D26P9FV0100001A per i dettagli.

6.1 DRENAGGIO IN SOTTOPASSO

In corrispondenza della progressiva 3+020.60 km è collocato il sottopasso di stazione, servito da due rampe di scale e due ascensori collocati in corrispondenza delle banchine ferroviarie.

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 è stato previsto un pozzetto 60x60 cm, con profondità 60 cm, atto all'alloggiamento di una pompa mobile a servizio del vano ascensore nord. 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.

Non è stata individuata una rete di fognatura nera nella quale scaricare le acque provenienti dall'impianto di sollevamento, per cui si è scelto di recapitare le acque in un pozzetto a tenuta stagna di diametro pari a 2.00 m e altezza di 2.00 m. Per esso si raccomanda una manutenzione regolare ed efficace.

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]
FV01	2+955	10.00	6.00	1+1 di riserva	1.20x1.20	17.50	0.45	0.95	1.45	1.55

Tabella 6.1 - Dati impianto di sollevamento.

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

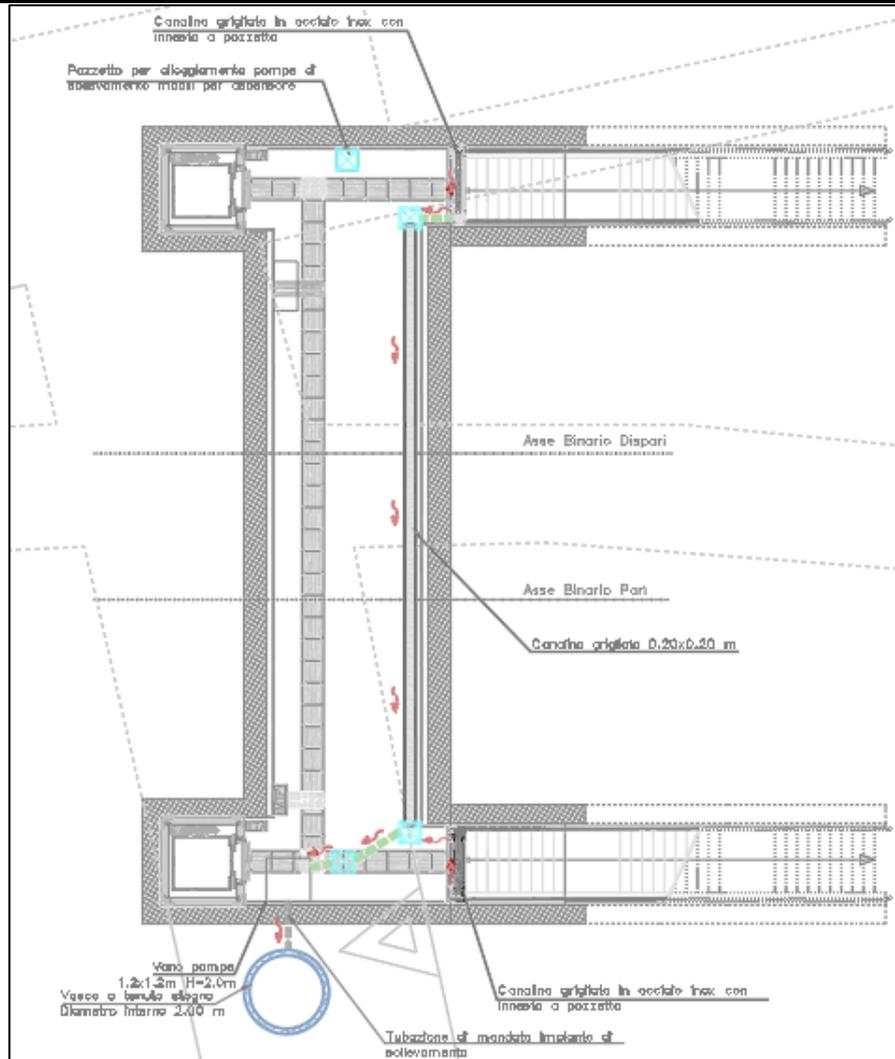


Figura 6.1 - Schema idraulico del sottopasso.

6.2 DRENAGGIO DI BANCHINA CON PENSILINA

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 tra le fondazioni delle pensiline e le polifore. Le acque della piattaforma ferroviaria recapitano al loro interno tramite dei collettori DN 160 posti ad interasse di circa 6 m, mentre le acque provenienti dalla copertura saranno collettate al pozzetto tramite un pluviale ϕ 100.

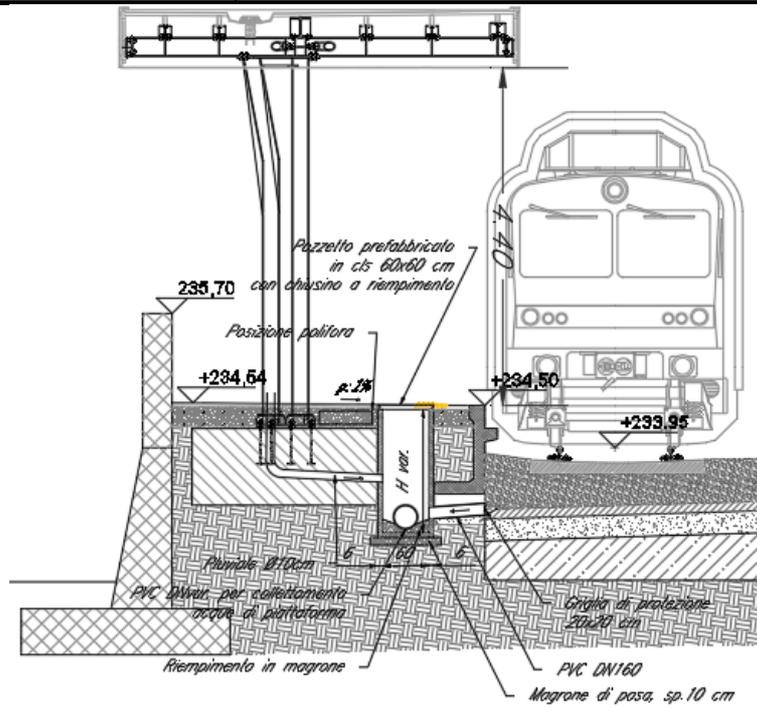


Figura 6.2 – Sezione trasversale banchina con pensilina.

I pozzetti sono connessi tra loro tramite collettori DN 315 in modo tale da recapitare le acque nel fosso posto a nord della fermata (DFR09). Lo scarico in quest'ultimo avviene tramite ulteriori tubazioni DN 315 con interasse pari a 18 m.

Le acque raccolte dal fosso vengono successivamente convogliate nel tombino IN58 e di conseguenza scaricate nell'area di laminazione posta a sud della fermata, qui invasate e rilasciate secondo normativa. Il sistema è progettato per consentire lo sfioro delle acque derivanti dai bacini esterni, grazie ad una soglia di sfioro.

Il solo tratto di banchina ad ovest del sottopasso e coperto dalla pensilina scarica le acque in uno degli scatolari collocati sotto banchina e dimensionati per rispettare il principio di invarianza idraulica; la portata così raccolta raggiunge il recapito finale rappresentato dal fosso esistente posto a sud della fermata.

In Figura 6.3 è rappresentata la schematizzazione della rete di smaltimento idraulico per il tratto di fermata dotato di pensilina.

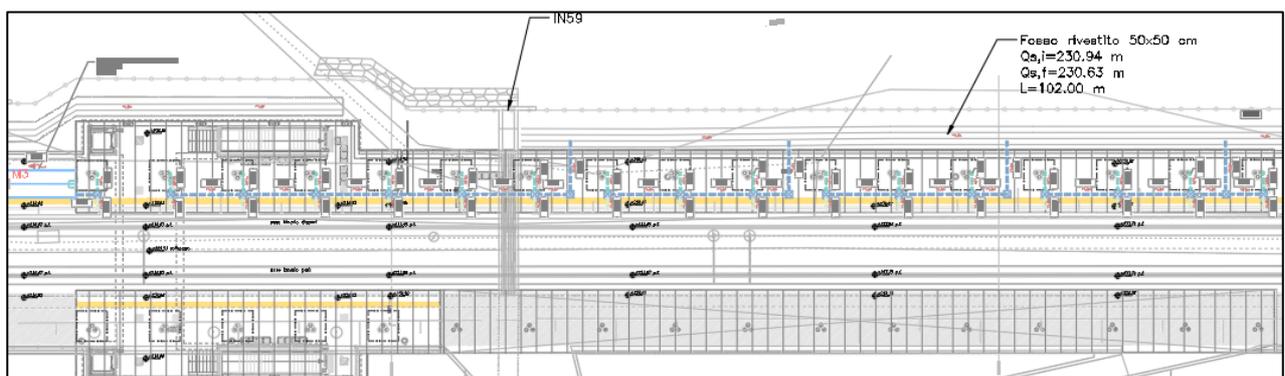


Figura 6.3 - Schema idraulico della parte di fermata con banchina dotata di pensilina.

6.3 DRENAGGIO DI BANCHINA

Il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria e della banchina, per quanto concerne la parte non protetta da pensilina, viene realizzato con collettori DN 315 che convogliano le acque in scatolari in C.A. al termine dei quali sono presenti dei pozzetti con setto trascinabile e bocca tarata adatti per lo scarico controllato, in funzione del principio di invarianza idraulica, nei tombini di progetto.

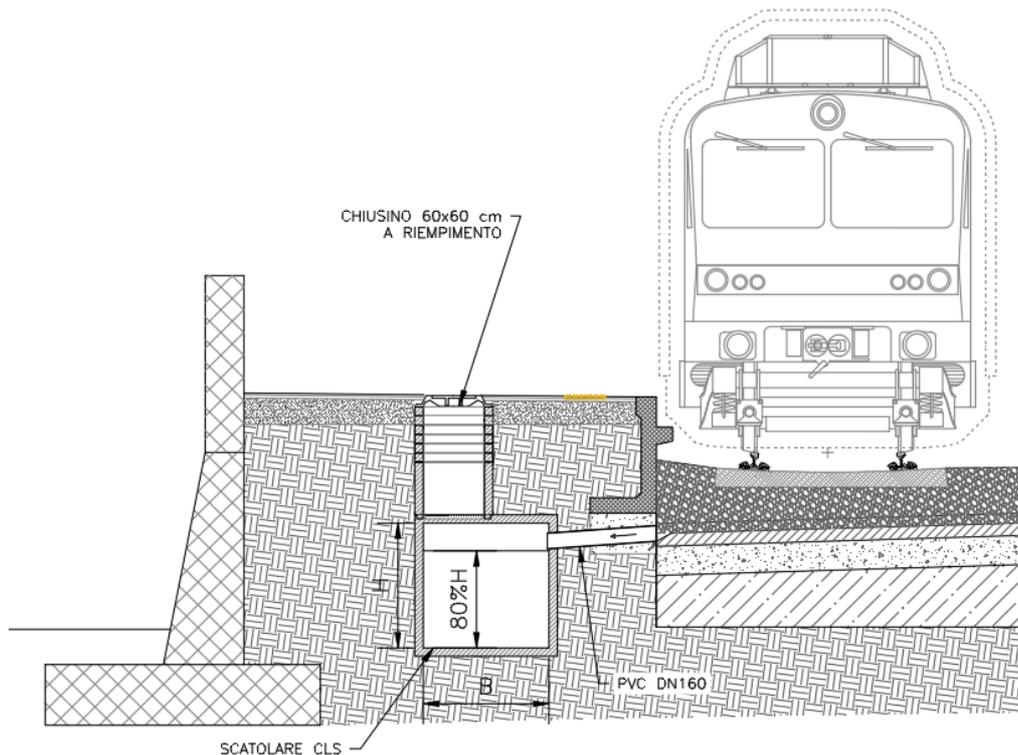


Figura 6.4 – Sezione trasversale banchina.

Il tratto di banchina e piattaforma di lunghezza pari a circa 40 m, posto immediatamente ad est della pensilina recapita, invece, le acque nel fosso di progetto DFR09 tramite due collettori in PVC DN 350 e DN 400. Tale fosso convoglia la portata nel tombino IN58 e successivamente nell'area di laminazione posta a sud della ferrovia per poi giungere al recapito finale. Per l'intero tratto di banchina scoperta è previsto un interasse tra i collettori circolari pari a circa 17 m.

Nelle successive figure è rappresentata la schematizzazione della rete di smaltimento idraulico per il tratto di fermata con banchina scoperta.

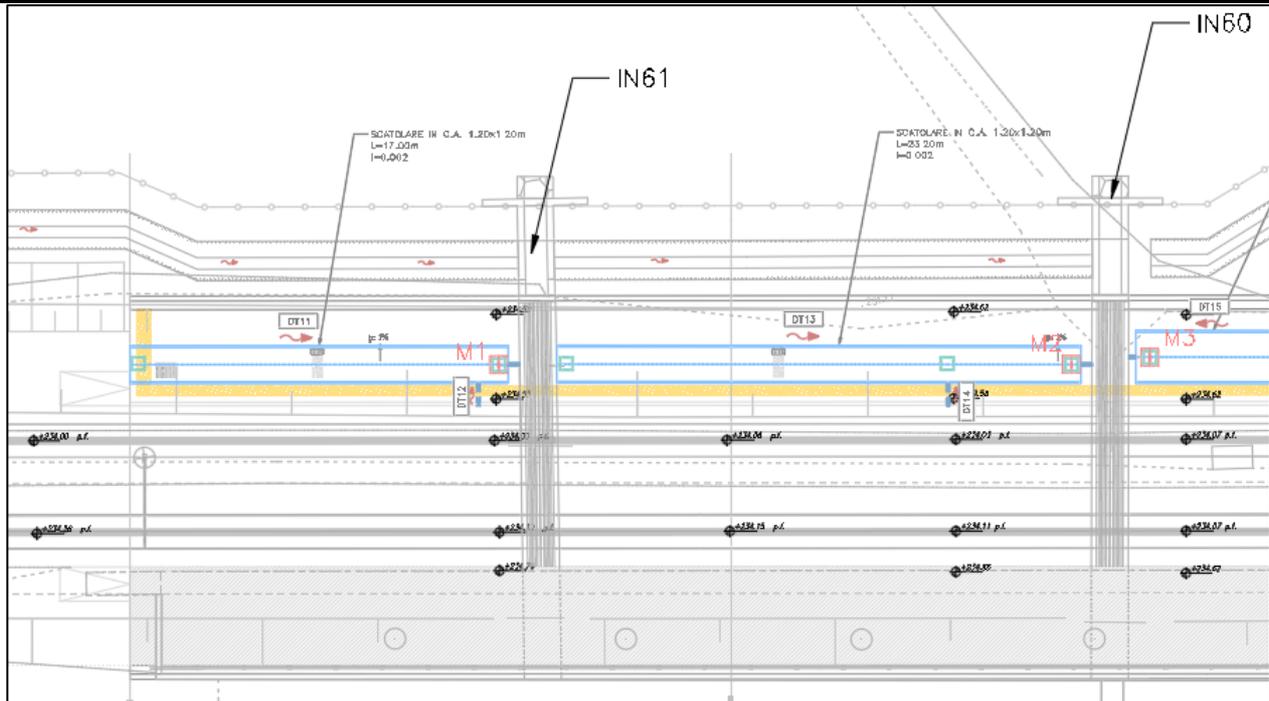


Figura 6.5 - Schema idraulico della parte di fermata con banchina scoperta (zona ad ovest della pensilina).

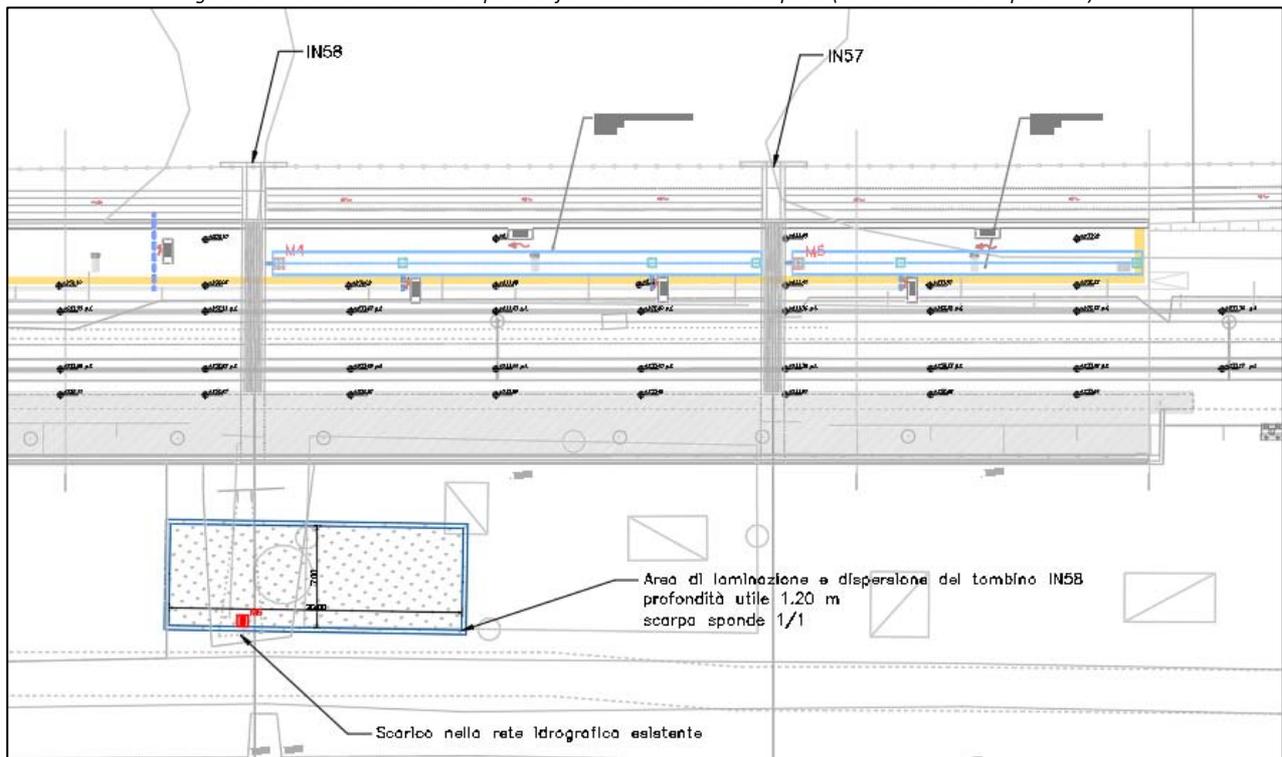


Figura 6.6 - Schema idraulico della parte di fermata con banchina scoperta (zona ad est della pensilina).

6.4 DRENAGGIO DEL FABBRICATO

Il sistema di drenaggio previsto per il nuovo fabbricato tecnologico FV01 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 una vasca a dispersione e laminazione.

Le aree circostanti il fabbricato hanno quota assoluta pari a 232.20 m compatibile con la quota del piazzale in progetto, assunta pari a 232.22m. Per prevenire eventuali afflussi di acque piovane dall'esterno, che possano danneggiare la funzionalità del fabbricato, sono state previste n°3 caditoie dislocate nel piazzale e una canaletta grigliata antistante l'ingresso principale. Il piazzale è inoltre provvisto di pendenza verso l'esterno dell'area, per favorire l'allontanamento dell'acqua dal fabbricato.

Per le superfici scoperte del piazzale sarà prevista una pavimentazione che favorisce l'infiltrazione delle acque nel terreno a mezzo di masselli autobloccanti.

Nella seguente figura è rappresentata la schematizzazione della rete idraulica considerata nel calcolo, si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico" Codice NB1R02D26P9FV0100001A per i dettagli.

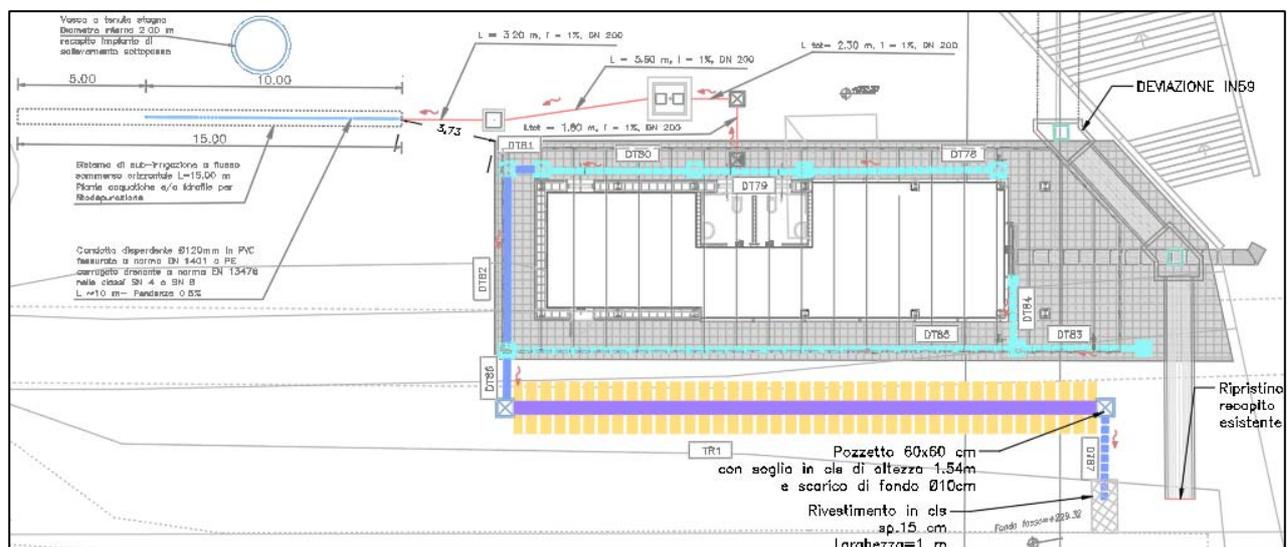


Figura 6.7 - Schema idraulico fabbricato FV01.

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 cm 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 provvisti di caditoie grigliate carrabili e pozzetti 60x60 cm di imbocco/sbocco trincea drenante;
- Trincea drenante e di laminazione 2.0x2.0 m con collettore DN500 microforato di distribuzione;
- Canaletta dimensione 10x10 cm con griglia carrabile in ghisa sferoidale classe C250 e 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 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 ridurre le superfici impermeabili attuali, aumentare la dispersione delle acque nel terreno, ripristinare quanto possibile l'attuale sistema a dispersione delle acque.

Il recapito finale della rete di raccolta delle opere in progetto è il fosso di gronda esistente collocato a sud della linea ferroviaria, il quale si collega ad un fosso di gronda esistente, recapitante nel Colatore di Dalcio. A monte dello scarico, le acque vengono laminate e disperse in una trincea disperdente, formata da un bauletto in ghiaia 2.00x2.00 m, con collettore forato DN500. La trincea sarà opportunamente rivestita in geotessuto.

Per dettagli architettonici/strutturali si rimanda agli elaborati specialistici.

 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 0100 001	REV. A

7 SISTEMA DI RACCOLTA BANCHINA E PIATTAFORMA FERROVIARIA

La rete di smaltimento della fermata di Bergamo Ospedale, 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 carrabile;
- chiusino in ghisa sferoidale classe D400, dimensione interna 60x60 cm con raggiunti quota in CLS su scatolare;
- tubazioni circolari in PVC di diametro pari a 160/315/400 mm;
- scatolari in C.A. di dimensione 1,20x1,20 m con setto tracimabile e bocca tarata;
- scatolari in C.A. di dimensione 1,80x1,20 m con setto tracimabile e bocca tarata;
- area di laminazione in terra di dimensione 20,00x7,00x1,50 m con setto tracimabile e scarico di fondo.

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 $\psi=0.9$, infine, per le aree esterne che scaricano nel fosso DFR si assume $\psi=0.4$.

Si riportano di seguito i dimensionamenti delle principali opere di drenaggio costituenti la rete di smaltimento idraulico della fermata di Bergamo Ospedale, 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

7.1.1 PLUVIALI DISCENDENTI

Le pensiline ferroviarie sono dotate di grondaia che grazie a dei pluviali Φ 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)

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0100 001	A	26 di 48

$$h = W * F_h \text{ (mm)}$$

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

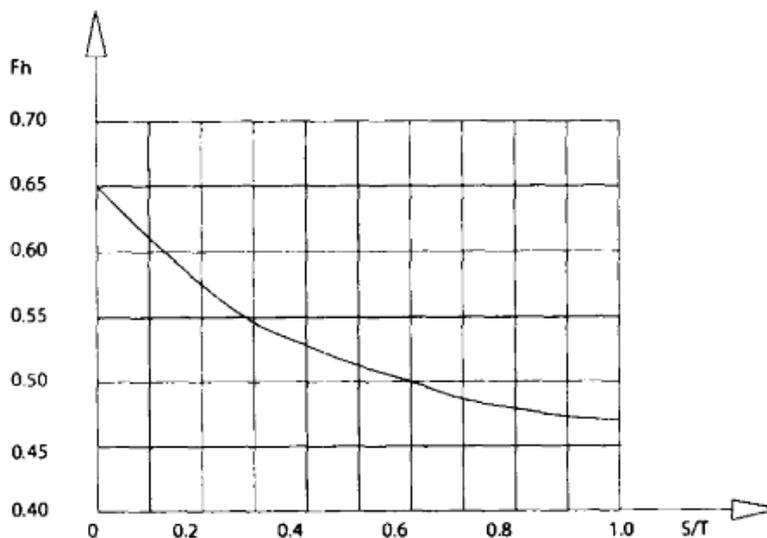


Figura 7.1 - Dimensionamento pluviali.

La superficie totale delle coperture in progetto è pari a 575 m². I pluviali sono disposti in corrispondenza dei plinti di fondazione della pensilina, quindi si trovano ad un interasse di 6 m. L'area afferente ad un pluviale, nel caso più gravoso, risulta essere di circa 50 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 intesi 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 3,57 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 ϕ 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 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	575,00	m ²
Numero di pluviali	n	17	-
Area afferente ad un pluviale	S _p	50,00	m ²
Portata pluviale	Q	3,57	l/s
Diametro nominale DN	φ	0,10	m

 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 0100 001	REV. A
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 Bergamo Ospedale.

7.1.2 TUBAZIONI CIRCOLARI

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 0.4%, sono disposti paralleli alla linea ferroviaria lungo il tratto di banchina 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 7% , utilizzati per lo scarico delle acque provenienti dal tratto di banchina con pensilina nel fosso DFR09 posto a nord della linea ferroviaria. In corrispondenza del pozzetto a monte del collettore è presente un salto di fondo pari 0,40m;
- collettori in PVC DN 315 con pendenza di progetto pari allo 0,4% , utilizzati per lo scarico delle acque provenienti dal tratto di banchina scoperta e dalla piattaforma ferroviaria negli scatolari di progetto predisposti per rispettare il principio di invarianza idraulica;
- collettori DN400 e DN 350 con pendenza di progetto fissata pari allo 0.1%, utilizzati per lo scarico delle acque di piattaforma e della banchina nel fosso DFR09, trattasi rispettivamente dei collettori DT71 e DT72. In questo caso il processo di laminazione è affidato alla vasca posta a sud della fermata dimensionata.

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 NB1R02D26P9FV0100001A.

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.

In particolare, per la parte di superficie scolante impermeabile deve essere garantito, al corpo ricettore, un coefficiente udometrico massimo pari a $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$, mentre per il bacino scolante posto a monte del tombino di progetto IN58 è previsto un coefficiente udometrico massimo pari a $u_{lim}=319,38 \text{ l/s/ha}$.

Nel progetto in essere, per quanto concerne la fermata di Bergamo Ospedale, per rispettare il principio di invarianza idraulica sono previsti cinque scolarari in C.A. che saranno posizionati sotto banchina nei tratti scoperti ed un'area di laminazione che sarà posta nell'area esterna a sud della stazione. Per i dettagli relativi al posizionamento degli elementi dimensionati si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico" Codice NB1R02D26P9FV0100001A.

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

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

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.

7.1.3.1 Scotolare in C.A. DT11

La superficie afferente allo scotolare DT11 derivante dalla piattaforma e dalla banchina ferroviaria è pari a $S=184 \text{ m}^2$ a cui è attribuito un coefficiente di deflusso $\Psi=0,95$. L'elemento è dimensionato in funzione del coefficiente udometrico limite ammissibile pari a $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$.

Il volume massimo da invasare risulta essere $16,92 \text{ m}^3$ di conseguenza lo scotolare in C.A. da posizionare sotto banchina assume le dimensioni riportate in Tabella 7.2, verrà disposto con una pendenza pari allo 0,2% e sarà dotato di setto tracimabile con bocca tarata per lo scarico delle acque nel tombino IN 61. Il dimensionamento del setto tracimabile è riportato in Tabella 7.3 in cui: C_q è il coefficiente di efflusso per uno stramazzo in parete grossa, B è la larghezza della soglia, Q è la portata, p è il petto dello sfioratore, h è il carico sopra la soglia ed H è l'altezza assegnata al manufatto di laminazione.

La quota di scorrimento a monte dello scotolare sarà pari a 232,30 m s.l.m., mentre a valle sarà pari a 232,26 m s.l.m, quindi quest'ultima risulta compatibile con la quota di scarico del tombino di recapito.

Volume richiesto [m ³]	Volume scotolare [m ³]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]
16,92	24,48	17,00	1,20	1,20

Tabella 7.2 Dimensioni della scotolare DT11

C_q [-]	0,385
B [m]	0,6
Q [m ³ /s]	0,0275
p [m]	0,96
h [m]	0,09
$H-(h+p)$ [m]	0,15

Tabella 7.3 Dimensionamento setto tracimabile scotolare DT11

Nella Figura 7.2 - Dimensionamento scotolare DT11 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 (V_{in}), in uscita (V_{out}), la loro differenza (V richiesto) ed il volume assegnato allo scotolare (V DT11).

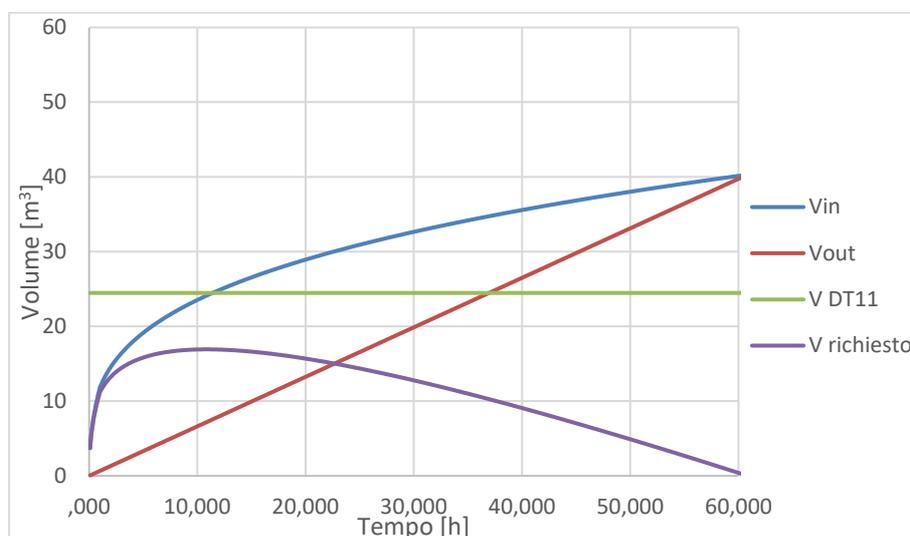


Figura 7.2 - Dimensionamento scotolare DT11.

7.1.3.2 Scatolare in C.A. DT13

La superficie afferente allo scatolare DT13 derivante dalla piattaforma e dalla banchina ferroviaria è pari a $S=257 \text{ m}^2$ a cui è attribuito un coefficiente di deflusso $\Psi=0,95$. L'elemento è dimensionato in funzione del coefficiente udometrico limite ammissibile pari a $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$.

Il volume massimo da invasare risulta essere $23,64 \text{ m}^3$ di conseguenza lo scatolare in C.A. da posizionare sotto banchina assume le dimensioni riportate in Tabella 7.4 Dimensioni della scatolare DT13, verrà disposto con una pendenza pari allo 0,2% e sarà dotato di setto trascinabile con bocca tarata per lo scarico delle acque nel tombino IN 60. Il dimensionamento del setto trascinabile, riportato in Tabella 7.5 - Dimensionamento setto trascinabile scatolare DT13, riporta: Cq coefficiente di efflusso per uno stramazzone in parete grossa, B larghezza della soglia, Q portata, p petto dello sfioratore, h carico sopra la soglia ed H altezza assegnata al manufatto di laminazione.

La quota di scorrimento a monte dello scatolare sarà pari a 232,23 m s.l.m., mentre a valle sarà pari a 232,18 m s.l.m, quindi quest'ultima risulta compatibile con la quota di scarico del tombino di recapito.

Volume richiesto [m ³]	Volume scatolare [m ³]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]
23,64	33,41	23,20	1,20	1,20

Tabella 7.4 Dimensioni della scatolare DT13

Cq [-]	0,385
B [m]	0,6
Q [m ³ /s]	0,0388
p [m]	0,96
h [m]	0,11
H-(h+p) [m]	0,13

Tabella 7.5 - Dimensionamento setto trascinabile scatolare DT13.

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 allo scatolare (V DT13).

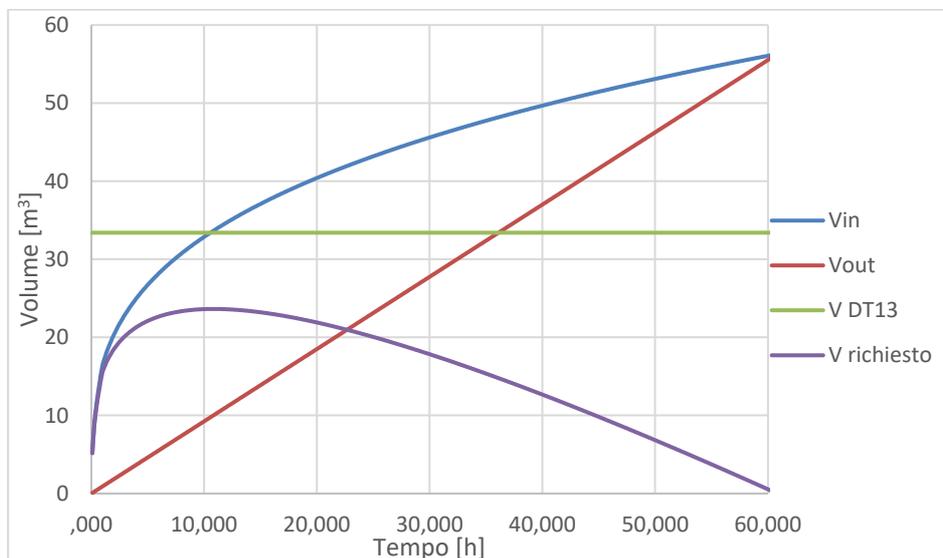


Figura 7.3 - Dimensionamento scatolare DT13.

7.1.3.3 Scotolare in C.A. DT15

La superficie afferente allo scotolare DT15 derivante dalla piattaforma e dalla banchina ferroviaria è pari a $S=122 \text{ m}^2$ a cui è attribuito un coefficiente di deflusso $\Psi=0,95$. L'elemento è dimensionato in funzione del coefficiente udometrico limite ammissibile pari a $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$.

Il volume massimo da invasare risulta essere $11,18 \text{ m}^3$ di conseguenza lo scotolare in C.A. da posizionare sotto banchina assume le dimensioni riportate in Tabella 7.6, verrà disposto con una pendenza pari allo 0,2% e sarà dotato di setto tracimabile con bocca tarata per lo scarico delle acque nel tombino IN 60. Il dimensionamento del setto tracimabile è riportato in Tabella 7.7 in cui: C_q è il coefficiente di efflusso per uno stramazzo in parete grossa, B è la larghezza della soglia, Q è la portata, p è il petto dello sfioratore, h è il carico sopra la soglia ed H è l'altezza assegnata al manufatto di laminazione.

La quota di scorrimento a monte dello scotolare sarà pari a 231,50 m s.l.m., mentre a valle sarà pari a 231,48 m s.l.m, quindi quest'ultima risulta compatibile con la quota di scarico del tombino di recapito.

Volume richiesto [m ³]	Volume scotolare [m ³]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]
11,18	15,12	7,00	1,80	1,20

Tabella 7.6 - Dimensioni della scotolare DT15.

C_q [-]	0,385
B [m]	0,6
Q [m ³ /s]	0,0184
p [m]	0,96
h [m]	0,07
$H-(h+p)$ [m]	0,17

Tabella 7.7 - Dimensionamento setto tracimabile scotolare DT15.

Nella Figura 7.4 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 (V_{in}), in uscita (V_{out}), la loro differenza (V richiesto) ed il volume assegnato allo scotolare (V DT15).

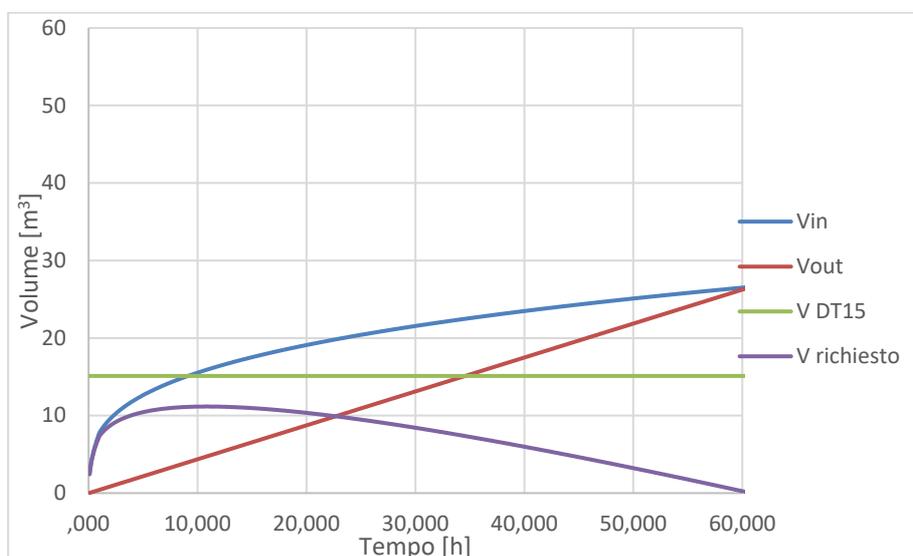


Figura 7.4 - Dimensionamento scotolare DT15.

7.1.3.4 Scotolare in C.A. DT75

La superficie afferente allo scotolare DT75 derivante dalla piattaforma e dalla banchina ferroviaria è pari a $S=366 \text{ m}^2$ a cui è attribuito un coefficiente di deflusso $\Psi=0,95$. L'elemento è dimensionato in funzione del coefficiente udometrico limite ammissibile pari a $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$.

Il volume massimo da invasare risulta essere $33,66 \text{ m}^3$ di conseguenza lo scotolare in C.A. da posizionare sotto banchina assume le dimensioni riportate in Tabella 7.8, verrà disposto con una pendenza pari allo 0,2% e sarà dotato di setto tracimabile con bocca tarata per lo scarico delle acque nel tombino IN 58. Il dimensionamento del setto tracimabile è riportato in Tabella 7.9 in cui: C_q è il coefficiente di efflusso per uno stramazzo in parete grossa, B è la larghezza della soglia, Q è la portata, p è il petto dello sfioratore, h è il carico sopra la soglia ed H è l'altezza assegnata al manufatto di laminazione.

La quota di scorrimento a monte dello scotolare sarà pari a 231,59 m s.l.m., mentre a valle sarà pari a 231,52 m s.l.m, quindi quest'ultima risulta compatibile con la quota di scarico del tombino di recapito.

Volume richiesto [m ³]	Volume scotolare [m ³]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]
33,66	48,96	34,00	1,20	1,20

Tabella 7.8 Dimensioni della scotolare DT75

C_q [-]	0,385
B [m]	0,6
Q [m ³ /s]	0,0533
p [m]	0,96
h [m]	0,14
$H-(h+p)$ [m]	0,10

Tabella 7.9 - Dimensionamento setto tracimabile scotolare DT75.

Nella Figura 7.5 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 (V_{in}), in uscita (V_{out}), la loro differenza (V richiesto) ed il volume assegnato allo scotolare (V DT75).

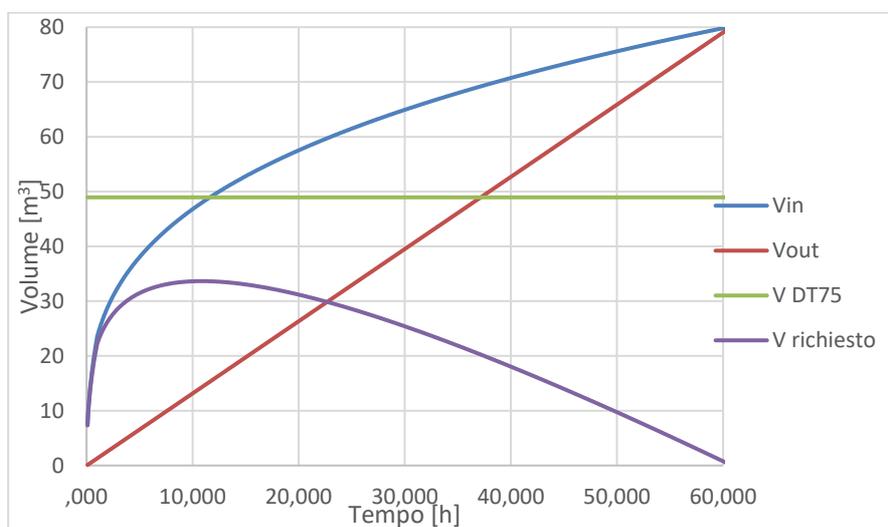


Figura 7.5 - Dimensionamento scotolare DT75.

7.1.3.5 Scatolare in C.A. DT77

La superficie afferente allo scatolare DT77 derivante dalla piattaforma e dalla banchina ferroviaria è pari a $S=270 \text{ m}^2$ a cui è attribuito un coefficiente di deflusso $\Psi=0,95$. L'elemento è dimensionato in funzione del coefficiente udometrico limite ammissibile pari a $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$.

Il volume massimo da invasare risulta essere $24,83 \text{ m}^3$ di conseguenza lo scatolare in C.A. da posizionare sotto banchina assume le dimensioni riportate in Tabella 7.10 - Dimensioni della scatolare DT77, verrà disposto con una pendenza pari allo 0,2% e sarà dotato di setto trascinabile con bocca tarata per lo scarico delle acque nel tombino IN 57. Il dimensionamento del setto trascinabile è riportato in Tabella 7.11 in cui: C_q è il coefficiente di efflusso per uno stramazzo in parete grossa, B è la larghezza della soglia, Q è la portata, p è il petto dello sfioratore, h è il carico sopra la soglia ed H è l'altezza assegnata al manufatto di laminazione.

La quota di scorrimento a monte dello scatolare sarà pari a 231,37 m s.l.m., mentre a valle sarà pari a 231,32 m s.l.m, quindi quest'ultima risulta compatibile con la quota di scarico del tombino di recapito.

Volume richiesto [m ³]	Volume scatolare [m ³]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]
24,83	34,56	24,00	1,20	1,20

Tabella 7.10 - Dimensioni della scatolare DT77.

C_q [-]	0,385
B [m]	0,6
Q [m ³ /s]	0,0407
p [m]	0,96
h [m]	0,12
$H-(h+p)$ [m]	0,12

Tabella 7.11 - Dimensionamento setto trascinabile scatolare DT77.

Nella Figura 7.6 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 (V_{in}), in uscita (V_{out}), la loro differenza (V richiesto) ed il volume assegnato allo scatolare (V DT77).

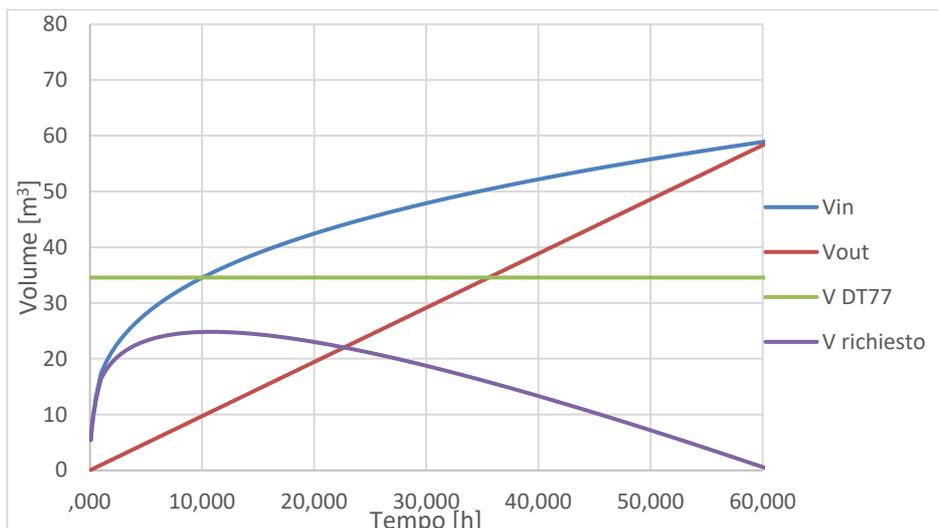


Figura 7.6 - Dimensionamento scatolare DT77.

7.1.3.6 Area di laminazione e dispersione

Le acque della fermata ferroviaria e le aree esterne afferenti al tombino IN58 devono anch'esse rispettare il principio di invarianza idraulica, pertanto verrà predisposta l'area di laminazione posta a sud della fermata.

La superficie derivante dalla piattaforma e dalla banchina ferroviaria è pari a $S=1375 \text{ m}^2$ ed assume un coefficiente di deflusso $\Psi=0,96$, mentre la superficie esterna alla fermata è pari a $S=1978 \text{ m}^2$ ed assume un coefficiente di deflusso $\Psi=0,40$.

In sistema di laminazione prevede l'inserimento di due manufatti in uscita dalla vasca:

- uno scarico di fondo dimensionato in funzione del coefficiente udometrico limite ammissibile pari a $u_{lim}=10 \text{ l/s/ha}$;
- un setto tracimabile dimensionato in funzione del coefficiente udometrico limite ammissibile pari a $u_{lim}=319,38 \text{ l/s/ha}$.

Il volume massimo da invasare risulta essere $127,74 \text{ m}^3$ di conseguenza in Tabella 7.12 sono riportate le dimensioni della vasca di laminazione.

In Tabella 7.13 e in Tabella 7.14 sono invece riportati rispettivamente il dimensionamento dello scarico di fondo e del setto tracimabile, in cui: C_q è il coefficiente di efflusso per uno stramazzo in parete grossa ($C_q=0.385$) e dello scarico di fondo ($C_q=0.61$), B è la larghezza della soglia sfiorante, Q è la portata, p è il petto dello sfioratore, h è il carico sopra la soglia ed H è l'altezza assegnata al manufatto di laminazione, h' è il carico rispetto al baricentro della sezione di efflusso, A è l'area della luce di fondo e D il diametro.

Dalla Tabella 7.13 si evince che la sezione di efflusso è molto modesta, pertanto si assume una luce libera pari a $D=0,10 \text{ m}$.

Volume richiesto [m ³]	Volume scatolare [m ³]	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza [m]
127,74	210	20,00	7,00	1,50

Tabella 7.12 - Dimensioni dell'area di laminazione.

C_q [-]	0,61
S [ha]	0,1375
U [l/s/ha]	10
Ψ [-]	0,96
h' [m]	1,09
A [m ²]	0,0005
D [m]	0,02

Tabella 7.13 - Dimensionamento scarico di fondo per l'area di laminazione.

C_q [-]	0,385
B [m]	0,6
Q [m ³ /s]	0,0407
p [m]	0,96
h [m]	0,12
$H-(h+p)$ [m]	0,12

Tabella 7.14 - Dimensionamento setto tracimabile per l'area di laminazione.

Nella Figura 7.7 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 (V_{in}), in uscita (V_{out}), la loro differenza (V richiesto) ed il volume assegnato alla vasca di laminazione (V).

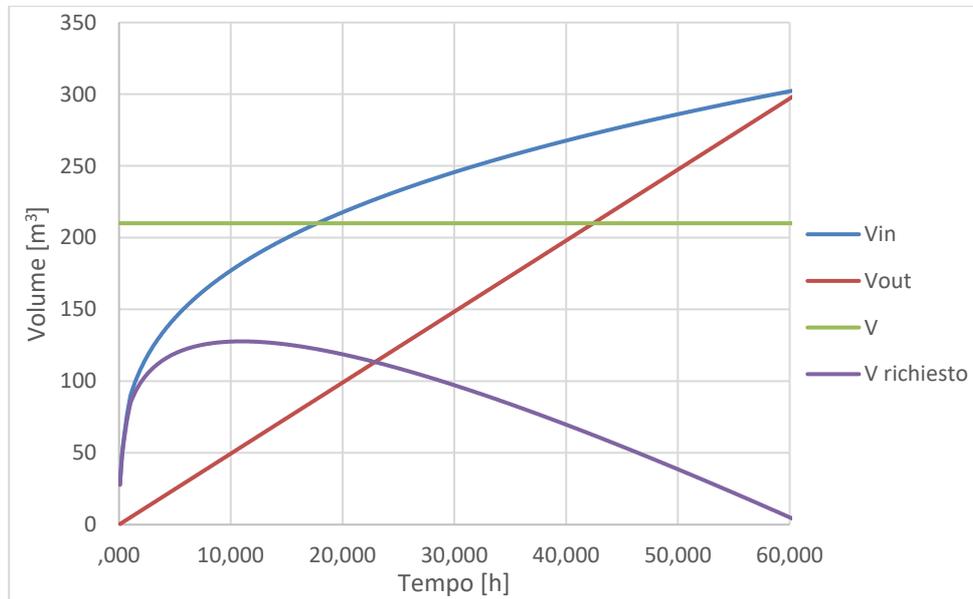


Figura 7.7 - Dimensionamento area di laminazione.

8 DRENAGGIO FABBRICATO VIAGGIATORI

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 7.1

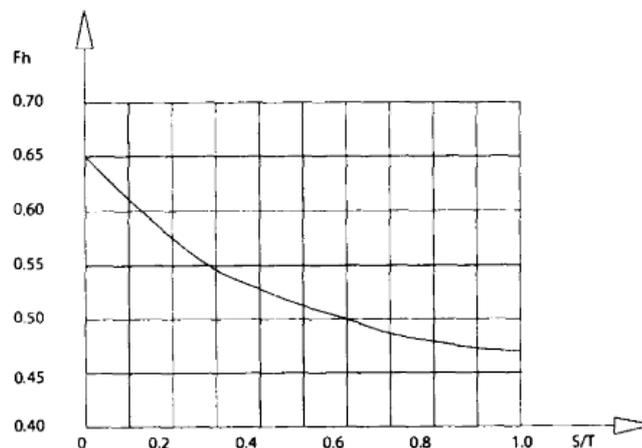


Figura 8.1 - Dimensionamento pluviali.

La superficie afferente totale in progetto è pari a 188 m^2 . I pluviali sono n°4 disposti in corrispondenza dei pilastri. L'area massima afferente ad un pluviale risulta essere di circa 47.00 m^2 .

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 $231,6 \text{ mm/h}$ e un valore di portata convogliata dai pluviali pari a $2,69 \text{ l/s}$ mentre la capacità della bocca di efflusso risulta essere pari a $2,85$

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_1 (coeff. curva possibilità pluviometrica $Tr=25$ anni)	a_1	30,26	mm/h
n (coeff. curva possibilità pluviometrica $Tr=25$ anni)	n	0,464	-
w_t (coeff. curva possibilità pluviometrica $Tr=25$ anni)	w_t	1,800	
Tempo di corrivazione	T_c	5	min
Intensità di pioggia critica	I_c	206,34	mm/h
Coefficiente di deflusso	ψ	1	-
Area copertura	S	188,00	m^2
Numero di pluviali	n	4	-
Area massima afferente ad un pluviale	S_p	47,00	m^2
Portata pluviale	Q	2,69	l/s
Diametro nominale DN	ϕ	0,10	m
Altezza dell'acqua	w	0,16	m
Coeff. di carico alla bocca	F_h	0,47	-
Carico alla bocca di efflusso	h	0,07	m
Coeff. di scarico	K_0	0,50	-
Capacità bocca di efflusso	Q₀	2,85	l/s

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

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

Tubazioni

I collettori in PVC usati hanno diametro variabile con pendenze minima di progetto fissate pari allo 0.4%, la canaletta in cls grigliate hanno dimensioni interne 10x10 cm con pendenza minima 0.5% inserita a mero scopo precauzionale.

Nel progetto in essere la quota assoluta del piano campagna è 232,20 m, più bassa di 2 cm rispetto alla quota del fabbricato, non sono state considerate quindi nei calcoli tali acque.

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 7 è riportata la tabella riassuntiva del dimensionamento dei collettori.

Per i dettagli relativi al posizionamento dei pozzetti e all'intero sistema di raccolta e smaltimento si rimanda all'elaborato "Planimetria di smaltimento idraulico" NB1R02D26P9FV0100001A.

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.

 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 0100 001	REV. A

Il sistema di laminazione rispecchia quanto già esposto al precedente capitolo 7.1.3, con l'aggiunta della quota parte di dispersione nel terreno, considerando un coefficiente di permeabilità compreso tra i valori $2,46 \times 10^{-6}$ m/s (sondaggio PNBGF1010) e $1,5 \times 10^{-6}$ m/s (sondaggio L1-S10), si sceglie in via precauzionale una permeabilità di 1×10^{-6} m/s. Si omettono le premesse teoriche relative al metodo di dimensionamento e si riportano i risultati al capitolo 9.2 a Tr 50anni e la verifica di sicurezza a Tr100 anni.

A valle della trincea è inserito un manufatto di regolazione che consente lo scarico di 10 l/s ha ed è dotato di sfioro di troppopieno, ad un'altezza pari a 1.54 m da fondo trincea.

Cq [-]	0,385
B [m]	0,600
Q [m ³ /s]	0,0074
p [m]	1,540
h [m]	0,037
H-(h+p) [m]	0,922

Tabella 8.2 - Dimensionamento setto trascinabile TR1.

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 BOD₅. È un concetto convenzionale basato su un apporto medio di un utente tipo pari a 60 g/BOD₅ 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 8.3 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 8.3 - Determinazione degli abitanti equivalenti in funzione del tipo di utenza.

 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 0100 001	REV. A

La portata media nera viene stimata secondo la relazione seguente:

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

in cui:

φ , 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:

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

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

Nell'edificio FV01 il dimensionamento farà riferimento a 5 a.e. Il collettore in uscita dal FV è un DN200 con pendenza 1% e lunghezza 2,30 m.

8.2.1 FOSSA IMHOFF

Le vasche di tipo Imhoff, devono essere costruite a regola d'arte, sia per proteggere il terreno circostante e l'eventuale falda, in quanto sono anch'esse completamente interrato, sia per permettere un idoneo attraversamento del liquame nel primo scomparto, permettere un'idonea raccolta del fango nel secondo scomparto sottostante e l'uscita continua, come l'entrata, del liquame chiarificato. Il liquame grezzo entra con continuità, mentre quello chiarificato esce.

La vasca è costituita da un manufatto prefabbricato in calcestruzzo dotato di due accessi per le operazioni di gestione, spurgo e manutenzione di dimensioni 0.40x0.40m.

8.2.2 SUB-IRRIGAZIONE PER TRATTAMENTO FINALE DELLE ACQUE CHIARIFICATE

La dispersione negli strati superficiali del terreno (sub-irrigazione a flusso orizzontale sommerso) dei reflui civili è un particolare sistema di trattamento e smaltimento dei liquami che può essere adottato qualora non siano disponibili corpi recettori superficiali o nel caso in cui il contenuto di inquinanti risulti incompatibile con le caratteristiche del corpo idrico nel quale è previsto lo scarico dei liquami chiarificati.

Tale metodologia consiste nell'immissione del liquame stesso, tramite apposite tubazioni, direttamente sotto la superficie del terreno ove viene assorbito e gradualmente assimilato e degradato biologicamente in condizioni aerobiche da particolari specie vegetali. Il liquame chiarificato, proveniente dalla fossa Imhoff mediante condotta a tenuta, perviene in un pozzetto, anch'esso a tenuta, dotato di sifone di cacciata che serve a garantire una distribuzione uniforme del liquame lungo tutta la condotta disperdente e consente un certo intervallo tra una immissione di liquame e l'altra nella rete di sub-irrigazione, in modo tale da agevolare l'ossigenazione e l'assorbimento del terreno. Il fango verrà asportato dalla vasca Imhoff con periodicità almeno trimestrale ad opera di ditte autorizzate allo smaltimento.

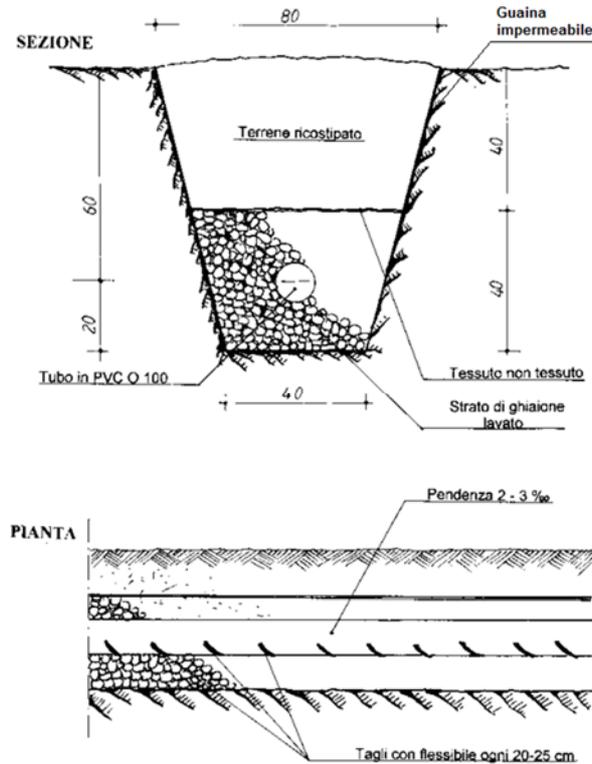


Figura 8.2 - Schema di funzionamento sub-irrigazione.

La condotta disperdente è realizzata in elementi tubolari continui in P.V.C. pesante, del diametro di 125 mm e con fessure, praticate inferiormente e perpendicolarmente all'asse del tubo, distanziate 20 - 40 cm e larghe da 1 a 2 cm. La condotta disperdente avrà una pendenza compresa fra lo 0.2% e 0.5%.

Essa dovrà essere posta in trincea di adeguata profondità, non inferiore a 60 cm e non superiore a 80 cm, con larghezza alla base di almeno 40 cm. Il fondo della trincea per almeno 30 cm è occupato da un letto di pietrisco di tipo lavato della pezzatura 40/70. La condotta disperdente viene collocata al centro del letto di pietrisco. La parte superiore della massa ghiaiosa prima di essere coperta con il terreno di scavo, dovrà essere protetta con uno strato di materiale adeguato che impedisca l'intasamento del terreno sovrastante ma, allo stesso tempo, garantisca l'aerazione del sistema drenante, attraverso il cosiddetto "tessuto non tessuto". Lo sviluppo della condotta disperdente, in funzione della natura del terreno, si assume pari a 2-4 m per AE.

In progetto è prevista che la posa della tubazione della sub-irrigazione avverrà in una trincea con riempimento in pietrisco. La tubazione ha uno sviluppo di 10 m e la trincea in totale ha una lunghezza di circa 15 m.

Lungo l'asse della condotta disperdente saranno messe a dimora piante acquatiche e idrofile ad elevato apparato fogliare che consentono il rapido smaltimento del liquido chiarificato per evapotraspirazione.

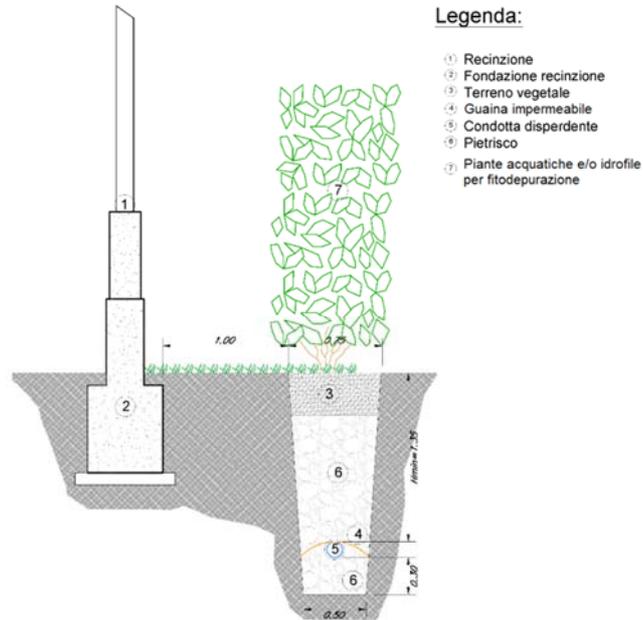


Figura 8.3 - Trincea di recapito.

9 TABULATI DI DIMENSIONAMENTO

9.1 DRENAGGIO AREA FERROVIARIA

Per il dimensionamento dei collettori delle reti di drenaggio della fermata Bergamo Ospedale 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_{0monte} , 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 0100 001	A	43 di 48

Collettore	S _{banc}	S _{ferr}	S _{tot}	L	i	K _s	ψ _{medio}	W _{0c}	u	Q	DN	h	GR	v	S'	V _{0monte}	W _{0t}	W _{0l}	H monte	H valle
	ha	ha	ha	m	m/m	m ^{1/3} s ⁻¹	-	m ³ ha ⁻¹	l s ⁻¹ ha ⁻¹	l s ⁻¹	mm	m	%	m s ⁻¹	ha	m ³	m ³	m ³	m s.l.m.	m s.l.m.
DT 12	0,009	0,009	0,018	1,00	0,004	80,00	0,95	40,34	1507,31	27,50	315	0,14	47	0,863	0,018	0,00	0,77	0,032	232,44	232,44
DT 14	0,012	0,013	0,026	1,00	0,004	80,00	0,95	40,32	1515,35	38,80	315	0,17	57	0,934	0,026	0,00	1,07	0,041	232,37	232,37
DT 18	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1081,56	1,80	160	0,02	14	1,213	0,002	0,00	0,09	0,002	233,23	233,16
DT 16	0,006	0,006	0,012	1,50	0,004	80,00	0,95	39,42	1514,60	18,40	315	0,11	37	0,791	0,012	0,00	0,51	0,035	233,23	233,16
DT 20	0,000	0,003	0,003	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1085,07	3,40	160	0,03	19	1,449	0,003	0,00	0,16	0,002	233,20	233,13
DT 21	0,005	0,003	0,008	6,00	0,004	80,00	0,96	38,11	1274,36	9,90	315	0,08	27	0,657	0,008	0,00	0,39	0,090	232,81	232,78
DT 23	0,000	0,003	0,003	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1085,07	3,40	160	0,03	19	1,449	0,003	0,00	0,16	0,002	233,18	233,11
DT 24	0,005	0,003	0,008	6,00	0,004	80,00	0,96	38,10	1064,02	16,40	315	0,10	35	0,759	0,015	0,30	0,89	0,129	232,78	232,76
DT 26	0,000	0,003	0,003	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1085,07	3,40	160	0,03	19	1,449	0,003	0,00	0,16	0,002	233,16	233,09
DT 27	0,004	0,003	0,007	6,00	0,004	80,00	0,96	39,42	921,82	20,30	315	0,12	39	0,785	0,022	0,59	1,44	0,150	232,76	232,74
DT 29	0,000	0,003	0,003	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1084,79	3,40	160	0,03	19	1,427	0,003	0,00	0,16	0,002	233,13	233,06
DT 30	0,003	0,003	0,006	6,00	0,004	80,00	0,96	40,16	824,16	23,20	315	0,12	42	0,816	0,028	0,85	2,03	0,165	232,74	232,72
DT 32	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	233,11	233,04
DT 33	0,003	0,003	0,006	6,00	0,004	80,00	0,95	40,16	754,83	25,90	315	0,13	45	0,857	0,034	1,09	2,66	0,181	232,72	232,69
DT 35	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	233,09	233,02
DT 36	0,003	0,002	0,005	2,35	0,004	80,00	0,95	38,65	734,66	29,10	315	0,14	48	0,887	0,040	1,34	3,14	0,077	232,69	232,69
DT 37	0,000	0,000	0,000	4,15	0,070	80,00	0,95	0,00	721,43	28,50	315	0,07	22	2,378	0,040	1,54	3,19	0,047	232,29	231,99
DT 39	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	233,07	233,00
DT 40	0,003	0,002	0,005	6,00	0,004	80,00	0,96	38,65	1221,03	6,50	315	0,07	22	0,576	0,005	0,00	0,27	0,068	232,67	232,65
DT 42	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	233,05	232,98
DT 43	0,003	0,002	0,005	6,00	0,004	80,00	0,96	38,65	1014,60	10,80	315	0,08	28	0,682	0,011	0,21	0,64	0,095	232,65	232,62
DT 45	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	233,02	232,95
DT 46	0,003	0,002	0,005	2,35	0,004	80,00	0,96	38,65	958,37	15,30	315	0,10	34	0,738	0,016	0,41	1,01	0,049	232,62	232,61
DT 47	0,000	0,000	0,000	4,15	0,070	80,00	0,96	0,00	926,94	14,80	315	0,05	16	2,073	0,016	0,62	1,04	0,030	232,21	231,92

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0100 001	A	44 di 48

DT	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	233,00	232,93
DT 49	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	233,00	232,93
DT 50	0,003	0,002	0,005	6,00	0,004	80,00	0,96	38,65	1221,03	6,50	315	0,07	22	0,576	0,005	0,00	0,27	0,068	232,60	232,58
DT 52	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	232,98	232,91
DT 53	0,003	0,002	0,005	6,00	0,004	80,00	0,96	38,65	1014,60	10,80	315	0,08	28	0,682	0,011	0,21	0,64	0,095	232,58	232,56
DT 55	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	232,95	232,88
DT 56	0,003	0,002	0,005	2,35	0,004	80,00	0,96	38,65	958,37	15,30	315	0,10	34	0,738	0,016	0,41	1,01	0,049	232,56	232,55
DT 57	0,000	0,000	0,000	4,15	0,070	80,00	0,96	0,00	926,94	14,80	315	0,05	16	2,073	0,016	0,62	1,04	0,030	232,15	231,86
DT 59	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,90	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	232,93	232,86
DT 60	0,003	0,002	0,005	6,00	0,004	80,00	0,96	38,65	1221,03	6,50	315	0,07	22	0,576	0,005	0,00	0,27	0,068	232,54	232,51
DT 62	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,900	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	232,91	232,84
DT 63	0,003	0,002	0,005	6,00	0,004	80,00	0,957	38,65	1014,60	10,80	315	0,08	28	0,682	0,011	0,21	0,64	0,095	232,51	232,49
DT 65	0,000	0,002	0,002	1,00	0,070	80,00	0,900	50,00	1083,81	2,50	160	0,02	16	1,355	0,002	0,00	0,12	0,002	232,89	232,82
DT 66	0,003	0,002	0,005	2,35	0,004	80,00	0,957	38,65	958,37	15,30	315	0,10	34	0,738	0,016	0,41	1,01	0,049	232,49	232,48
DT 70	0,000	0,002	0,002	1,00	0,004	80,00	0,900	50,00	1049,63	2,40	160	0,05	33	0,471	0,002	0,00	0,12	0,005	232,87	232,86
DT 68	0,000	0,000	0,000	3,10	0,004	80,00	0,957	0,00	1177,43	6,30	315	0,07	22	0,556	0,005	0,21	0,28	0,035	232,47	232,46
DT 67	0,000	0,000	0,000	4,15	0,070	80,00	0,957	0,00	669,22	21,40	315	0,06	19	2,337	0,032	1,14	2,76	0,038	232,06	231,77
DT 71	0,013	0,012	0,025	5,50	0,001	80,00	0,950	39,96	1180,61	29,60	400	0,19	50	0,531	0,025	0,00	1,31	0,306	232,76	0,00
DT 72	0,009	0,008	0,017	5,50	0,001	80,00	0,954	39,28	1173,21	19,40	315	0,17	57	0,476	0,017	0,00	0,87	0,224	232,70	0,00
DT 73	0,010	0,009	0,018	1,00	0,004	80,00	0,952	39,57	1551,62	28,40	315	0,14	48	0,867	0,018	0,00	0,76	0,033	232,52	232,39
DT 74	0,010	0,005	0,014	1,00	0,004	80,00	0,968	36,38	1750,14	24,80	315	0,13	44	0,848	0,014	0,00	0,55	0,029	0,00	232,52
DT 76	0,013	0,013	0,027	1,00	0,004	80,00	0,950	40,00	1533,88	40,70	315	0,17	59	0,959	0,027	0,00	1,10	0,042	232,40	232,39

Tabella 9.1 Dimensionamento dei collettori della banchina e della piattaforma ferroviaria

9.2 DRENAGGIO FABBRICATO VIAGGIATORI

DIMENSIONAMENTO COLLETTORI

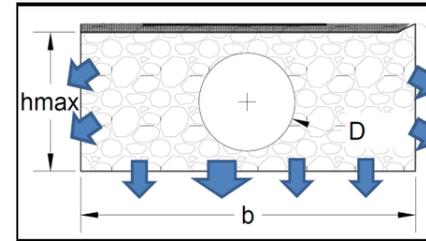
Collettore	S _{imp} ha	S _{semiper m} ha	S _{perm} ha	L m	i m/m	k _s m ² s ⁻¹	w _{0c} m ³ ha ⁻¹	u l s ⁻¹ ha ⁻¹	Q l s ⁻¹	DN mm	GR %	v m s ⁻¹	S' ha	ψ _{medio}	V _{0monte} m ³	h	V _{0c} collettore m ³	w _{0t} m ³ ha ⁻¹	H	
																			monte m s.l.m.	valle m s.l.m.
DT78	0.0047	0.0000	0.0000	7.00	0.004	80	30	1031.2	4.85	200	49.00	0.56	0.0047	1.00	0	0.0738	0.0608	12.927	231.42	231.39
DT79	0.0047	0.0000	0.0000	3.70	0.004	80	30	903.7	8.49	200	48.00	0.64	0.0094	1.00	0.141	0.0903	0.0488	18.123	231.39	231.38
DT80	0.0047	0.0000	0.0000	5.40	0.004	80	30	786.7	11.09	200	56.00	0.69	0.0141	1.00	0.282	0.1054	0.0866	24.262	231.38	231.36
DT81	0.0047	0.0000	0.0000	0.80	0.004	80	30	773.0	14.53	250	46.00	0.74	0.0188	1.00	0.423	0.1083	0.0156	25.094	231.11	231.10
DT82	0.0000	0.0000	0.0000	6.50	0.004	80	30	683.5	12.85	250	43.00	0.72	0.0188	1.00	0.564	0.1012	0.1163	31.281	231.10	231.08
DT83	0.0000	0.0000	0.0017	4.40	0.008	80	30	610.0	2.07	200	26.00	0.56	0.0017	0.70	0	0.0392	0.0162	4.7626	231.22	231.18
DT84	0.0000	0.0000	0.0000	2.20	0.004	80	30	0.000	0.00	200	0.00	0.00	0.0000	0.00	0	0.0000	0.0000	0.0000	231.22	231.21
DT85	0.0000	0.0000	0.0021	19.30	0.008	80	30	405.3	1.54	200	22.00	0.53	0.0038	0.70	0.051	0.0331	0.0561	19.520	231.18	231.03
DT86	0.0000	0.0000	0.0010	1.60	0.004	80	30	318.6	7.52	250	32.00	0.63	0.0236	0.94	1.242	0.0753	0.0192	51.615	230.98	230.97
DT87	0.0000	0.0000	0.0000	3.20	0.004	80	30	313.0	7.39	250	32.00	0.62	0.0236	0.94	1.272	0.0753	0.0384	53.243	230.00	229.99

DIMENSIONAMENTO TRINCEA PER INVARIANZA IDRAULICA – TR 50 ANNI

T _{rit} [anni]	a [mm/h]	n [-]	n' (t<1) [-]
50	61.13	0.298	0.464
S _{bacino_tot} [m ²]	ψ _{medio} [-]	S _{affidente} [m ²]	S _{affidente} [ha]
236	0.938	221.37	0.02214
permeabilità	K [m/s]		
	0.0000010		
INVARIANZA			
u [l/s/ha]	v [m ³ /min]		
10	0.01260792		

B-TRINCEA DRENANTE rettangolare con tubo fessurato orizzontale

TRINCEA			
b [m]	H _{max} [m]	A _{fosso} [m ²]	Lung [m]
2.00	2.00	4.00	24.00
TUBO distr.			
D'interno [m]	N. tubi [-]	A _{tubo} [m ²]	altezza tubo scarico [m] B**
0.50	1.00	0.20	0.50
Trincea con tubo			
A _{trincea netta} [m ²]	porosità n [-]	A _{netta} *30% [m ²]	% vuoti media intera sez.
3.80	0.3	1.14	0.33



VERIFICA TRINCEA PER INVARIANZA IDRAULICA – TR 50 ANNI

TIPO		V invaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza
B**	Tr. Drenante con laminazione (invarianza)	33.31	0.0002	OK	1.9142

VERIFICA LIVELLO ACQUA A 48 ORE E 72 ORE (COME DA NORMATIVA INVARIANZA REGIONE LOMBARDIA)

V max invasato [m ³]	Q _{filt,fosso} [m ³ /s]	t _{svuot} [h]	Volume disperso a 48h	Acqua in vasca a 48h	Volume disponibile a 48h	Ver. secondo evento (Reg. Lombardia)	Volume disperso a 72h	Acqua in vasca a 72h	Ver. svuotamento totale dopo 72h (Reg. Lombardia)
17.40	0.0001	67.13	12.44	4.96	28.35	OK	18.66	0	OK

VOLUME IN INGRESSO

t [min]	t [h]	h [mm]	i [mm/h]	i [m/s]	Q _{affidente} [m ³ /s]	V _{ingresso} [m ³]
1	0.02	9.14	548.67	0.00015	0.032	1.92
2	0.03	12.61	378.40	0.00011	0.022	2.65
3	0.05	15.22	304.49	0.00008	0.018	3.20
4	0.07	17.40	260.98	0.00007	0.015	3.66

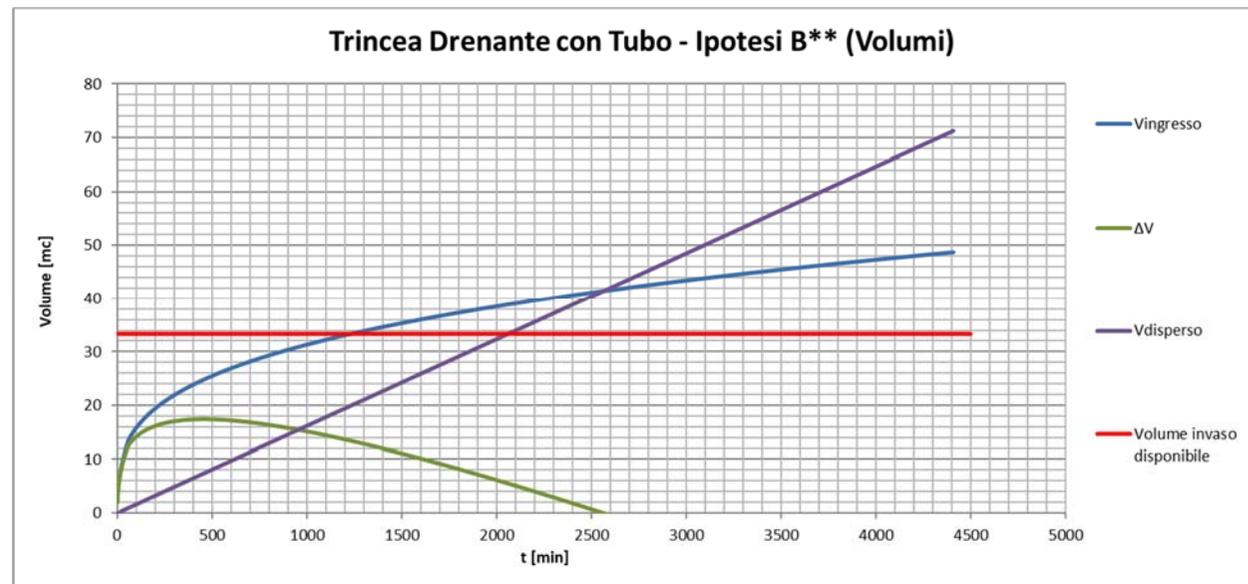
VOLUMI TRINCEA

Vdisp (B)**	ΔV TrinceaDr. (B) [m ³ **]	t critica(B)** [min]
0.00	1.92	0
0.01	2.64	0
0.01	3.19	0
0.01	3.64	0

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26 RI	FV 0100 001	A	47 di 48

5	0.08	19.30	231.56	0.00006	0.014	4.05	0.01	4.04	0
6	0.10	21.00	210.00	0.00006	0.012	4.41	0.02	4.40	0
9	0.15	25.35	168.98	0.00005	0.010	5.33	0.03	5.30	0
10	0.17	26.62	159.70	0.00004	0.009	5.59	0.03	5.56	0
253	4.22	93.87	22.26	0.00001	0.001	19.72	3.92	15.81	0
254	4.23	93.98	22.20	0.00001	0.001	19.75	3.93	15.81	0
256	4.27	94.20	22.08	0.00001	0.001	19.79	3.96	15.83	0
437	7.28	110.48	15.17	0.00000	0.001	23.22	6.77	16.45	0
445	7.42	111.08	14.98	0.00000	0.001	23.34	6.89	16.45	0
446	7.43	111.15	14.95	0.00000	0.001	23.36	6.91	16.45	0
447	7.45	111.23	14.93	0.00000	0.001	23.37	6.92	16.45	0
449	7.48	111.37	14.88	0.00000	0.001	23.40	6.95	16.45	0
450	7.50	111.45	14.86	0.00000	0.001	23.42	6.97	16.45	0
451	7.52	111.52	14.84	0.00000	0.001	23.43	6.99	16.45	451



VERIFICA TRINCEA PER INVARIANZA IDRAULICA – TR 100 ANNI

TIPO	V invaso [m ³]	Q filtrazione max [m ³ /s]	VERIFICA	Coeff. Sicurezza
B** Tr. Drenante con laminazione (invarianza)	33.31	0.0002	OK	1.6520

