

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO

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

NUOVE VIABILITA'

Viabilità di accesso al Sottovia km 4+241 - via Enrico Fermi (tratta Bergamo-Montello)

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 N V 0 5 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:

n. Elab.:

Sommario

1	PREMESSA.....	3
1.1	DOCUMENTI CORRELATI.....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	VALORI CURVE POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA	6
4	DRENAGGIO DI PIATTAFORMA	7
4.1	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.....	7
4.2	DIMENSIONAMENTO DEI SINGOLI ELEMENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	10
4.2.1	<i>Stima delle portate di piena.....</i>	<i>10</i>
4.2.2	<i>Collettori e canalette.....</i>	<i>11</i>
5	TRATTAMENTO DI PRIMA PIOGGIA	13
6	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	14
7	INVARIANZA IDRAULICA	16
7.1	MANUFATTI DI CONTROLLO.....	17
8	TABULATI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO	20
8.1	DRENAGGIO DI PIATTAFORMA STRADALE	20
8.2	COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	22
8.2.1	<i>Dimensionamento area di laminazione - Tr 50 anni</i>	<i>22</i>
8.2.2	<i>Verifica area di laminazione - Tr 100 anni</i>	<i>23</i>

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione del Progetto Definitivo del corpo stradale ferroviario, planimetrie di tracciato, inquadramento schematico delle opere lungo linea e relative sezioni tipologiche connesso alla realizzazione del raddoppio della ferrovia Ponte San Pietro – Bergamo (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Inquadramento planimetrico.

Scopo della presente relazione è il dimensionamento idraulico dei manufatti atti al collettamento ed allo smaltimento delle acque di drenaggio della viabilità di nuova edificazione denominata NV05 – Viabilità di accesso al Sottovia km 4+241 - via Enrico Fermi (tratta Bergamo-Montello).

La protezione delle viabilità dalle acque meteoriche zenitali e da quelle che nel naturale deflusso superficiale vengono ad interessare il corpo stradale richiede la realizzazione sistematica di manufatti di raccolta e convogliamento verso le canalizzazioni di smaltimento ai lati della viabilità di progetto.

In questa relazione non vengono esposti i criteri che portano alla definizione degli eventi pluviometrici critici considerati per il dimensionamento dei manufatti per la quale si rimanda alla Relazione Idrologica (elaborato NB1R00D26RHID0001001A), ma si tratta solo il dimensionamento idraulico della rete di drenaggio.

La progettazione è stata svolta sulla base del metodo di calcolo scelto per il dimensionamento del sistema di drenaggio e delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI in riferimento alla portata di progetto, le quali recano le seguenti disposizioni:

d) Rete smaltimento acque meteoriche nuova viabilità:

- nuova viabilità $Tr = 25$ anni.
- Impianti di sollevamento $Tr = 25$ anni.

Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO NV 0500 001	REV. A	FOGLIO 4 di 23
------------------------------------	------------------	-------------	---------------------	--------------------------	-----------	-------------------

Il dimensionamento dei dispositivi di invarianza idraulica è stato svolto, secondo il Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8, a Tr 50 anni e la verifica a Tr pari a 100 anni.

1.1 DOCUMENTI CORRELATI

I documenti associati alla presente Relazione sono riportati nella seguente tabella:

IDRAULICA DI SEDE	
Relazione idrologica	NB1R 0 0 D 26 RH ID 0 0 0 1 001 A
Opere tipologiche smaltimento acque - Viabilità	NB1R 0 0 D 26 BZ ID 0 0 0 2 002 A
Opere tipologiche smaltimento acque - Piazzali e fabbricati	NB1R 0 0 D 26 BZ ID 0 0 0 2 003 A
NUOVE VIABILITA'	
Viabilità di accesso al Sottovia km 4+241 - via Enrico Fermi (tratta Bergamo-Montello)	
Relazione tecnica	NB1R 0 2 D 26 RG NV 0 5 0 0 001 A
Planimetria di progetto e tracciamento	NB1R 0 2 D 26 P7 NV 0 5 0 0 001 A
Profilo longitudinale Tav. 1 di 2	NB1R 0 2 D 26 F7 NV 0 5 0 0 001 A
Profilo longitudinale Tav. 2 di 2	NB1R 0 2 D 26 F7 NV 0 5 0 0 002 A
Planimetria di segnaletica e barriere di sicurezza	NB1R 0 2 D 26 P7 NV 0 5 0 0 003 A
Sezioni tipo e dettagli	NB1R 0 2 D 26 WB NV 0 5 0 0 001 A
Sezioni trasversali Tav. 1 di 4	NB1R 0 2 D 26 W9 NV 0 5 0 0 001 A
Sezioni trasversali Tav. 2 di 4	NB1R 0 2 D 26 W9 NV 0 5 0 0 002 A
Sezioni trasversali Tav. 3 di 4	NB1R 0 2 D 26 W9 NV 0 5 0 0 003 A
Sezioni trasversali Tav. 4 di 4	NB1R 0 2 D 26 W9 NV 0 5 0 0 004 A
Relazione di smaltimento idraulico	NB1R 0 2 D 26 RI NV 0 5 0 0 001 A
Planimetria di smaltimento idraulico	NB1R 0 2 D 26 P8 NV 0 5 0 0 001 A

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO Viabilità di accesso al Sottovia km 4+241 - via Enrico Fermi (tratta Bergamo-Montello)					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO NV 0500 001	REV. A

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 VALORI CURVE POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Per la definizione delle portate transitanti nei sistemi di drenaggio si utilizza il metodo cinematico, a partire dalle leggi statistiche di possibilità pluviometrica relative ad un tempo di ritorno pari a 25 anni per la piattaforma stradale, 50 anni per il dimensionamento delle opere di laminazione o infiltrazione, 100 anni per la verifica di sicurezza delle opere di laminazione o infiltrazione già dimensionate a 50 anni (rif. Regolamento Regionale 19 aprile 2019 , n. 8).

I parametri caratteristici delle curve sono ottenuti seguendo l'analisi riportata nella relazione idrologica annessa (NB1R00D26RHID0001001A).

In tale relazione vengono riportate le leggi di possibilità pluviometrica maggiormente rappresentative dell'area in progetto, valide per tempi di pioggia inferiori l'ora per il drenaggio e superiori all'ora per le analisi di invarianza idraulica.

Per l'area oggetto d'intervento, con riferimento a tempi di ritorno di 25, 50 e 100 anni, secondo lo studio di Arpa Lombardia e con l'applicazione del metodi di Bell, si ottengono i seguenti valori per $a_1 \cdot w_T$ ed n e le seguenti leggi di probabilità pluviometrica per precipitazioni di durata superiore all'ora:

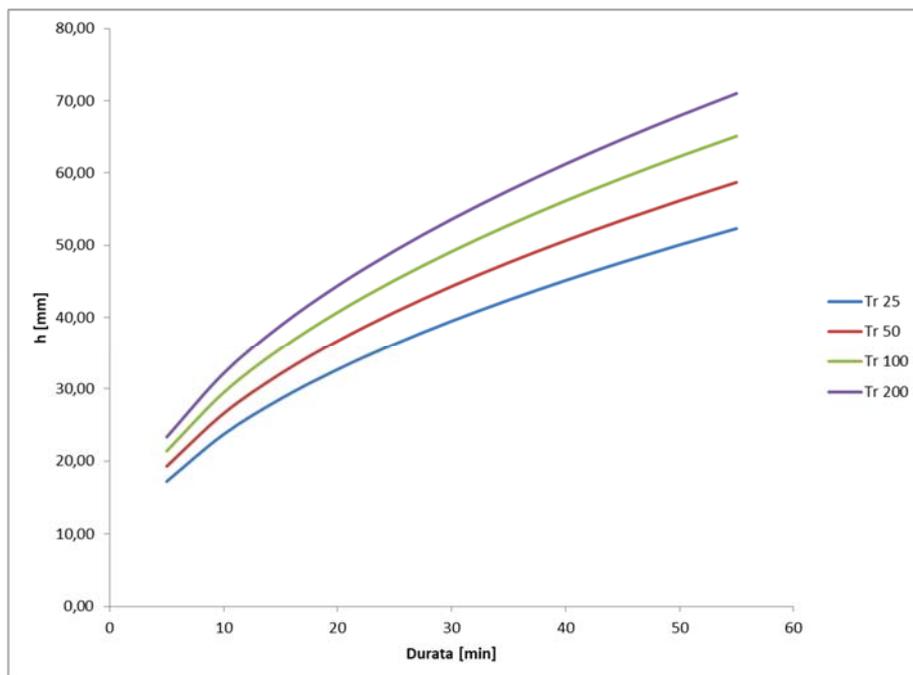


Figura 3.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata inferiore ad un'ora.

Tr [anni]	t ≤ 1 ora				t > 1ora			
	25	50	100	200	25	50	100	200
a1	30.26				30.26			
n	0.464				0.298			
w _T	1.80	2.020	2.240	2.461	1.800	2.020	2.240	2.461

Tabella 1 - Parametri LSPP di progetto viabilità NV05.

4 DRENAGGIO DI PIATTAFORMA

4.1 Descrizione del sistema di drenaggio

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

La viabilità di progetto è riconducibile alle seguenti tipologie:

- Viabilità in sottopasso;
- Viabilità in trincea tra muri.

Viabilità in sottopasso

Le acque meteoriche defluenti dalla sede stradale verranno raccolte ai margini della piattaforma tramite delle canalette in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale secondo la En1563-2004 e classe di carico D400.

Una volta raccolte dal sistema di canalette e di collettori le acque di piattaforma saranno portate all'impianto di sollevamento posto in corrispondenza del punto di minimo del sottopasso, ma comunque al suo esterno.

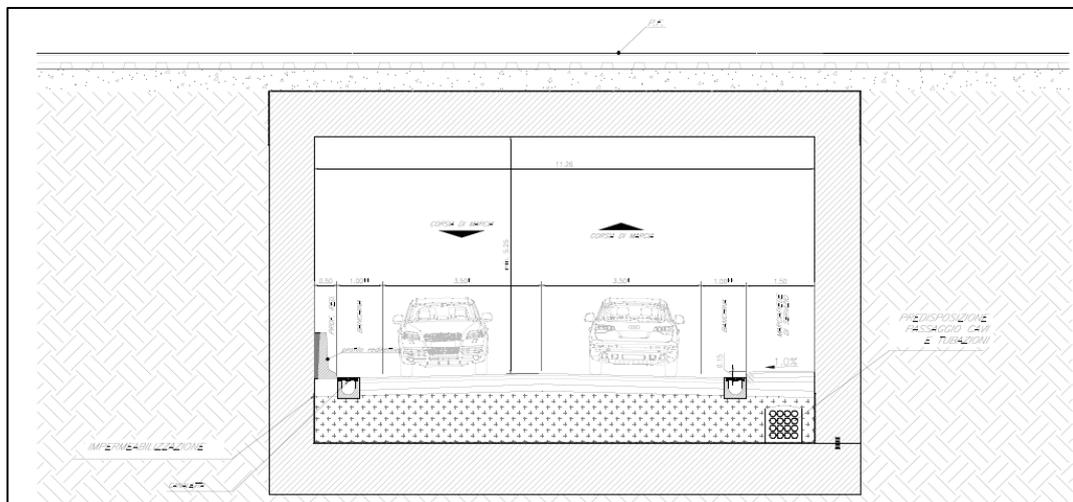


Figura 4.1 – Sezione in sottopasso.

Viabilità in trincea tra muri

Nelle sezioni in trincea tra muri le acque defluenti nella sede stradale vengono raccolte ai margini con delle canalette in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale secondo la En1563-2004 e classe di carico D400.

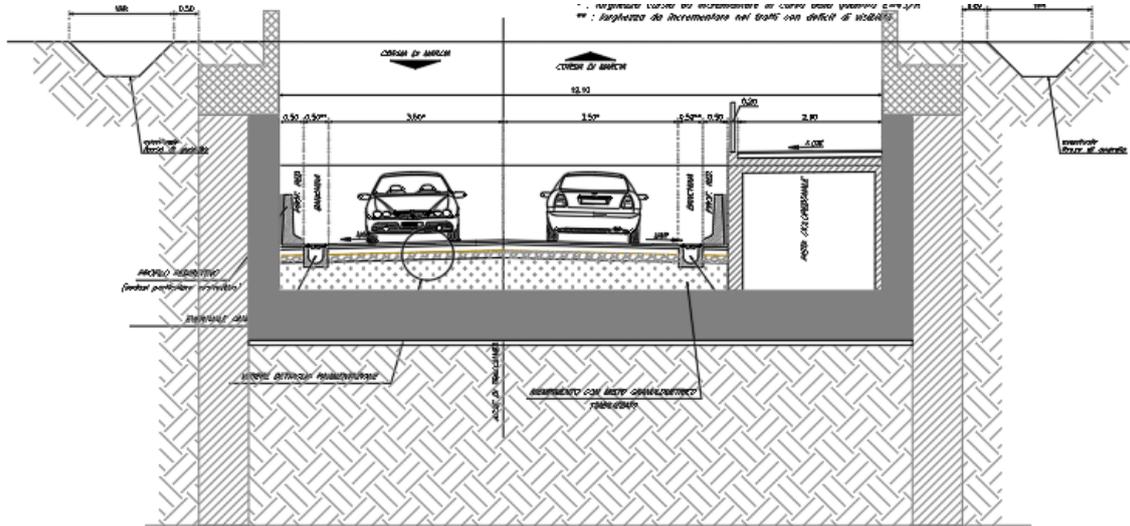


Figura 4.2 – Sezione tipo in trincea tra muri.

Viabilità in trincea con muro di sostegno

Nelle sezioni in trincea con muro di sostegno le acque vengono raccolte ai margini della carreggiata con delle canalette in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale secondo la En1563-2004 e classe di carico D400. Le acque di scarpata della trincea vengono raccolte e disperse grazie ad una trincea di sezione 75x35 cm posata ai piedi della scarpata stessa.

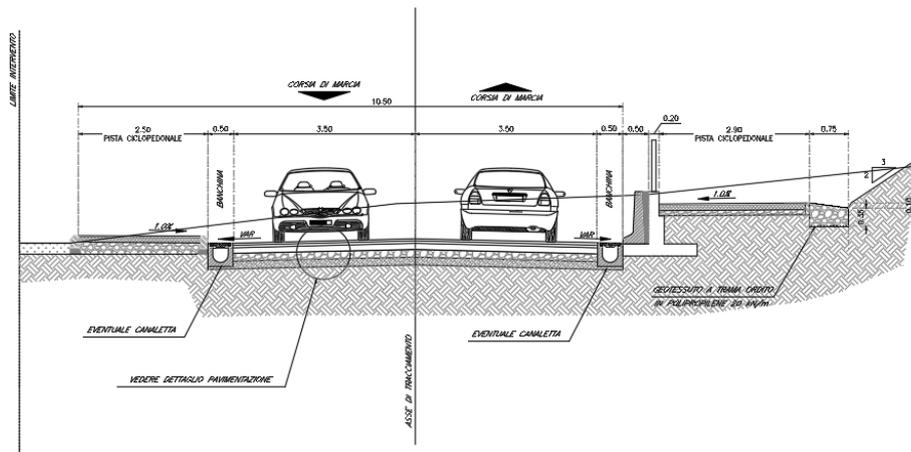


Figura 4.3 – Sezione tipo in trincea con muro di sostegno.

Pista ciclopedonale

La pista ciclopedonale si sviluppa per un breve tratto a sud della ferrovia, le acque che cadono in questa porzione di viabilità vengono raccolte da una canaletta in calcestruzzo con griglia in ghisa sferoidale secondo la En1563-2004 e

classe di carico D400, posata trasversalmente al senso di marcia. Le acque raccolte convergono verso l'impianto di sollevamento per poi essere mandate al recapito finale.

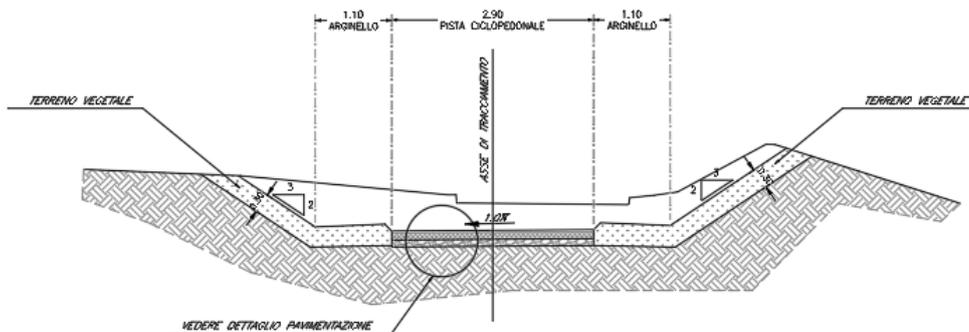


Figura 4.4 - Sezione tipo Pista ciclopedonale.

In Figura 4.5 si riporta uno stralcio della planimetria di drenaggio.

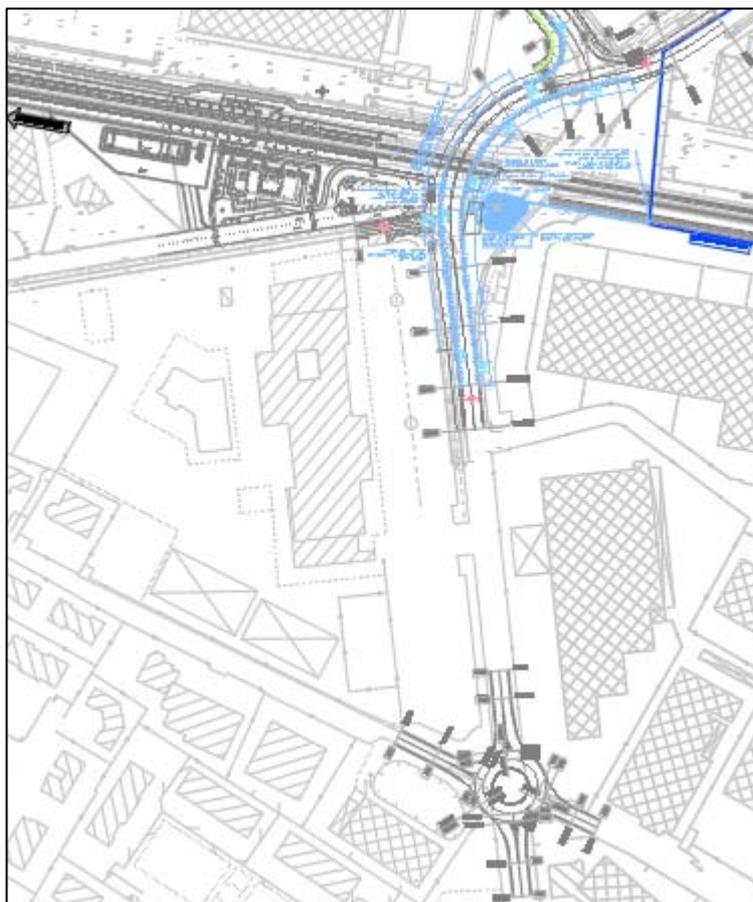


Figura 4.5 - Stralcio planimetrico sistema di drenaggio.

L'intervento richiede anche l'inserimento di una rotatoria che viene prevista su sedime esistente (vedi Figura 4.5). In questo caso, essendo già presente un sistema di drenaggio si prevede solo un adeguamento del drenaggio attuale.

4.2 Dimensionamento dei singoli elementi del sistema di drenaggio

4.2.1 Stima delle portate di piena

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

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

nella quale:

- Q = portata di massima piena [l/s];
- i = intensità di pioggia [mm/h] calcolata per $T_r = 25$ anni in funzione del tempo di corrivazione caratteristico del tratto;
- $\bar{\varphi}$ = coefficiente di deflusso medio.

Per le opere di drenaggio a corredo del corpo stradale sono stati assunti cautelativamente i seguenti coefficienti di deflusso, in linea con quanto indicato nel Manuale di Progettazione e nel Regolamento Regionale 19 aprile, n.8:

Superficie	Coefficiente φ
Piattaforma stradale	1
Piattaforma ferroviaria	0.9
Scarpate rilevato/trincea	0.7
Area esterna a verde	0.3

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

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

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

Tempo di corrivazione

Il tempo minimo di accesso alla rete drenante viene assunto pari a 3 minuti, ad esso si aggiunge il tempo di percorrenza del flusso d'acqua di tutto il tratto a monte della zona considerata, in funzione della lunghezza (L) e della velocità media del flusso d'acqua (v) all'interno dell'opera di smaltimento in esame.

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

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

dove.

T_c = tempo di corrivazione in secondi;

T_a = tempo di accesso posto pari a 180 s (3');

L = lunghezza del tratto in esame e dei tratti a monte in (m);

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

4.2.2 Collettori e canalette

Le canalette (vedi Paragrafo 4.1) e le tubazioni di collettamento hanno funzione di intercettare le acque meteoriche e convogliarle al recapito prescelto, definito da incisioni della rete idrografica naturale o da opere idrauliche in progetto (ponti, viadotti e tombini).

Per la verifica delle opere di drenaggio proposte sono stati calcolati i massimi livelli idrici in funzione delle portate afferenti, avvalendosi della formula di Manning-Strickler, secondo la quale, il flusso di moto uniforme in condizione di deflusso libero avviene correlando i seguenti elementi:

$$V = K_s \cdot R_i^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

V velocità media del flusso in [m/s];

K_s coefficiente di scabrezza [m^{1/3}s⁻¹];

R_i raggio idraulico (rapporto tra luce idraulica (m²) e perimetro bagnato (m));

i pendenza longitudinale del tratto (m/m).

Sono stati assunti coefficienti di scabrezza variabili in funzione del materiale di rivestimento. In particolare, per il calcestruzzo si è assunto 67 m^{1/3}/s in quanto trattasi di elementi prefabbricati, 30 m^{1/3}/s per i fossi inerbiti, 80 m^{1/3}/s per le condotte in PVC ed in acciaio.

Portata e velocità sono poi legate dalla seguente equazione di continuità:

$$Q = V \cdot A$$

dove:

Q = portata in [m³/s];

A = area liquida in [m²].

Per la verifica idraulica delle canalizzazioni si confronterà il massimo afflusso con la capacità di portata valutabile, con approssimazione accettabile, mediante la formula di Gauckler-Strickler sopra esposta.

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

Relazione di smaltimento idraulico

COMMESSA
NB1R

LOTTO
02

CODIFICA
D 26 RI

DOCUMENTO
NV 0500 001

REV.
A

FOGLIO
12 di 23

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a $0,5 \div 0,6$ 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).

5 TRATTAMENTO DI PRIMA PIOGGIA

Le acque di prima pioggia, sono trattate ai sensi del Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n.4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26" e conformemente al D. Lgs n.152/2006.

Si definiscono acque di prima pioggia quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm scaricati in 15 minuti, uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche.

L'impianto di trattamento scelto è del tipo in continuo, a servizio di parcheggi, strade, magazzini e depositi scoperti, per installazione interrata, costituito da:

- pozzetto scolmatore in monoblocco liscio di polietilene con tronchetti di entrata, by-pass per scolmare le acque eccedenti la portata di progetto e di uscita in PVC con guarnizione a tenuta e ispezione con chiusino in polipropilene;
- separatore di sabbie e altri sedimenti pesanti corrugato in monoblocco di polietilene, rispondente alle norme UNI EN 1825-1, dotato di tronchetto in PVC con guarnizione a tenuta in entrata con curva 90° per il rallentamento e la distribuzione del flusso e, in uscita, di tronchetto in PVC con guarnizione a tenuta, con deflettore a T e tubazione sommersa;
- vasca di separazione degli oli e idrocarburi in sospensione ed emulsionati, in monoblocco di polietilene, dimensionata secondo la norma UNI-EN 858-1, dotata di tronchetto in PVC con guarnizione a tenuta in entrata con curva 90° per il rallentamento e la distribuzione del flusso e, in uscita, di un percorso idraulico con presenza di filtro a coalescenza in spugna poliuretana alloggiato all'interno di un cestello in acciaio inox estraibile.

Esso è posto a valle dell'impianto di sollevamento, è quindi dimensionato per trattare la portata di 20.0 l/s. Tale valore soddisfa il limite imposto dalla normativa di 5 mm in 15 minuti di precipitazione, ovvero 16.30 l/s.

	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO Viabilità di accesso al Sottovia km 4+241 - via Enrico Fermi (tratta Bergamo-Montello)					
	Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO NV 0500 001	REV. A

6 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

La viabilità di risoluzione del PL possiede un punto di minimo in corrispondenza della progressiva 0+140.844 km ed è dimensionato per sollevare tutta la portata in arrivo, calcolata in circa 190 l/s. È necessario, al fine di garantire un ulteriore grado di sicurezza, garantire un minimo volume per l'accumulo delle acque in caso di momentaneo spegnimento delle pompe, fissato a 30 minuti.

Le dimensioni trasversali e l'altezza del vano pompe tengono conto delle esigenze strutturali e del tipo di esercizio idraulico che s'intende adottare. Il volume della vasca di pompaggio viene determinato considerando l'uso di tutte le pompe ad esclusione di quella di riserva. Essa viene messa in funzione nel caso in cui una delle altre due rimanenti presenti un'avaria nel funzionamento o in presenza di un evento meteorico eccezionale.

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

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

Ogni pompa ha un tempo minimo necessario ai circuiti interni al fine di non surriscaldarsi, esso si traduce in un numero massimo di avviamenti orari ammissibili. Di norma gli avviamenti variano a 6 a 12, a seconda delle dimensioni della macchina.

Nel caso specifico è stato considerato un tempo di corrivazione di 3 minuti, un evento di T_r 25 anni e la superficie sottesa di 3060 m², con coefficiente di afflusso $\varphi=1$ (cfr. 4.2.1).

Nel caso presente si assumono 8 avvii orari con n°3+1 pompe delle quali una ha funzione di riserva, che corrispondono ad un tempo di ciclo di 450 secondi, sommando i volumi singoli si ottiene un valore pari a 22.5 m³.

Al volume di pompaggio si somma il volume morto, indicato come la minima quantità per tenere la girante delle pompe sommersa, pari a 6 mc.

Il volume di accumulo per 30' di inefficienza delle macchine per T_r 25 anni è definita 122.3 m³, il quale moltiplicato per un coefficiente di sicurezza di 1.3 fornisce un volume di accumulo di 159 m³. Il volume utile della vasca è dato dalla somma del volume di pompaggio, del volume morto e del volume di accumulo.

Lo scarico delle canalette e delle tubazioni in arrivo dal sistema di drenaggio avverrà grazie a dei fori localizzati sul solettone della struttura. L'adeguato posizionamento di chiusini di ispezione garantirà l'adeguata manutenzione della vasca. Si rimanda agli elaborati del Ponte su via Enrico Fermi (VI06) per i dettagli sulla vasca di accumulo.

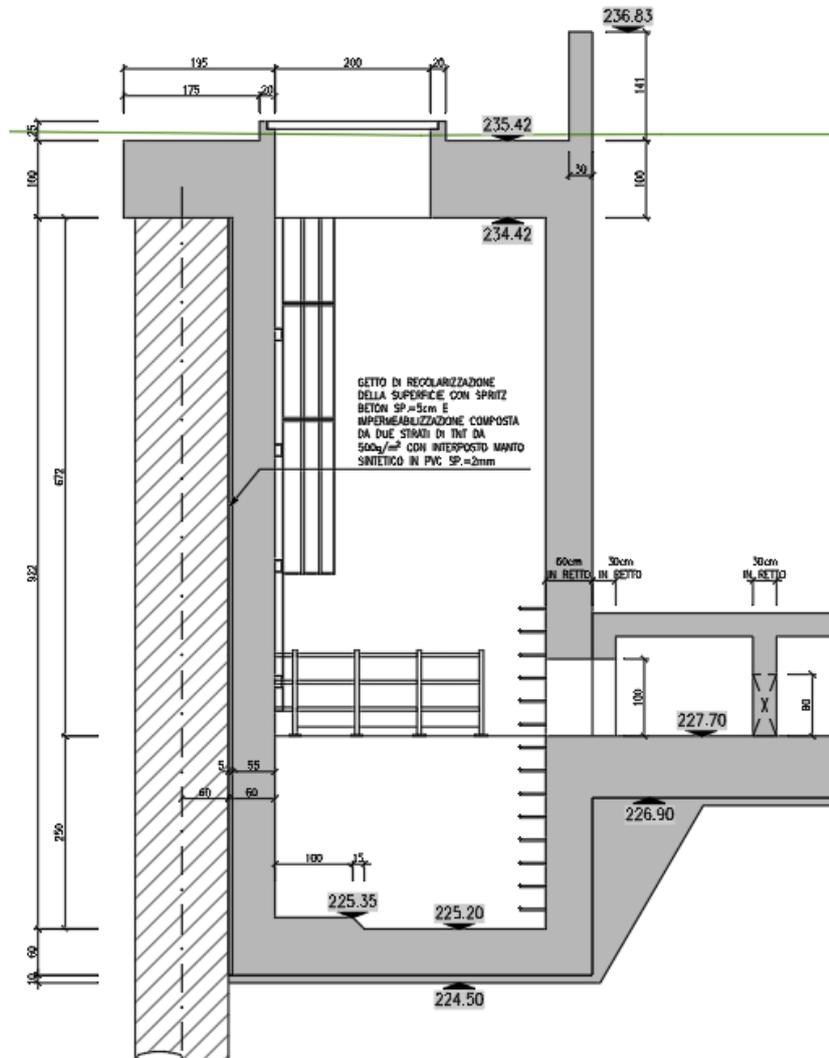


Figura 6.1 - Sezione trasversale vasca di laminazione V106.

Ai fini della definizione dell'impianto sono da calcolare la prevalenza che la pompa deve fornire, che si ottiene considerando la prevalenza geodetica H_g e le perdite di carico H_c :

$$H = H_g + H_c$$

Le perdite di carico si suddividono in distribuite $H_{c,d}$ e concentrate $H_{c,c}$, le prime sono calcolate con la formula di Colebrook-White, mentre le seconde sono date dalla somma dei coefficienti di perdita concentrata moltiplicati alla componente cinetica. La prevalenza totale si attesta su 15.95 m.

7 INVARIANZA IDRAULICA

In Lombardia la normativa vigente in materia di invarianza idraulica è il Regolamento Regionale 19 aprile, 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”.

Il territorio lombardo è diviso in ambiti territoriali di applicazione, in funzione del grado di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua recettori (Allegato C). In base alla classe di intervento e alla superficie interessata dall'intervento, disciplina le modalità di calcolo. Il comune di Montello sul quale insiste la viabilità oggetto d'intervento ricade nell'area omogenea A, che corrisponde ad aree ad alta criticità idraulica, con scarico consentito su corpo idrico recettore di 10 l/s ha di superficie scolante impermeabile.

Nel caso specifico le vasche di laminazione sono inerbite e quindi è possibile considerare il processo di infiltrazione sovrapposto alla laminazione, considerando comunque uno scarico massimo in corpo idrico recettore di 10 l/s ha. L'articolo 11 del sopracitato regolamento tratta anche delle tempistiche di svuotamento delle vasche di laminazione, per tener conto di possibili eventi meteorici ravvicinati il tempo di svuotamento dei volumi calcolati non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume che deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

Nel presente caso si sottolinea che la superficie per la quale è stata effettuata l'invarianza è la sola soggetta a modifica di uso del suolo, stimata a 2100 mq. In altre parole, la viabilità che insiste sul sedime esistente non è stata considerata nella verifica. Oltre al dimensionamento a Tr 50 anni con un riempimento massimo dell'80%, si effettua anche una verifica a Tr 100 anni, eliminando in tal caso la condizione di riempimento all'80%, ma verificando comunque la presenza di un coefficiente di sicurezza superiore al 10%.

L'invarianza idraulica per le rampe di accesso al sottopasso viene garantita da un bacino di laminazione in terra, dimensionato considerando anche la dispersione su sponde e fondo, con una permeabilità di 4×10^{-7} m/s (elaborato NB1R00D69RGGE0001001A), opportunamente sagomato per le portate minori con un fosso in terra 50x50 cm con scarpa 1:1 per contenere le portate minori. Ai fini della sicurezza tale volume non viene considerato nel calcolo dell'invarianza. Il bacino di laminazione scarica 10 l/s ha nello Scaricatore Cascina Lupo, presidiato con un manufatto di regolazione con scarico a luce di fondo e stramazzo di sicurezza.

Il bacino sarà protetto da georete agugliata e rinverdito mediante idrosemina.

	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELLO					
	APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO Viabilità di accesso al Sottovia km 4+241 - via Enrico Fermi (tratta Bergamo-Montello)					
Relazione di smaltimento idraulico	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO NV 0500 001	REV. A	FOGLIO 17 di 23

Si raccomanda la verifica del corretto posizionamento dello Scaricatore, in quanto risulta interrato nel tratto di interesse.

7.1 Manufatti di controllo

Al fine di invasare volume all'interno delle due aree di laminazione, risulta necessario prevedere l'utilizzo di sistemi in grado di regolare le portate in uscita.

A tale scopo, prima del recapito nella rete di drenaggio esistente, individuata nello Scaricatore di Cascina Lupo, verrà inserito un manufatto dotato di una bocca tarata per il controllo delle portate, ovvero un petto sfiorante. Il petto è composto da:

- due muretti gettati in opera, che si innestano sulle sponde del fosso, con sommità sagomata per agevolare lo sfioro delle portate in eccesso;
- un setto centrale fatto con panconelli amovibili e dotato di bocca tarata sul fondo.

Il manufatto contenuto all'interno del pozzetto consiste in un petto in cls con luce a battente. Questo funzionerà a rigurgito una volta che il fosso raggiungerà il riempimento massimo fissato all'80%, ed il tubo che lavora in entrambe le direzioni sarà posato in modo da non superare il 50 % di riempimento massimo.

L'altezza della soglia, rispetto al piano di scorrimento, viene dimensionata appositamente per garantire l'invaso dei volumi necessari alla laminazione, una volta definita la portata in uscita dalla bocca tarata.

Per il dimensionamento di quest'ultima si è considerato lo scarico funzionante come luce a battente, la portata effluente (espressa in m³/s) è data dalla relazione:

$$Q = C_q \cdot A \cdot \sqrt{2 g h_0}$$

dove C_q è il coefficiente di portata, dipendente dalla contrazione che la vena effluente subisce nell'attraversamento della bocca, A (m²) è l'area della luce, h_0 (m) è il carico idraulico sulla bocca d'efflusso.

Il valore del coefficiente di portata C_q dipende dal valore del coefficiente di contrazione (nel caso specifico pari a 0,6), dalle dimensioni della luce (di altezza "a" e larghezza "b"), dal carico idraulico h_0 e dal tirante y_2 di valle (quindi dalle caratteristiche dello stesso efflusso, libero o rigurgitato), e può essere desunto dalla seguente figura.

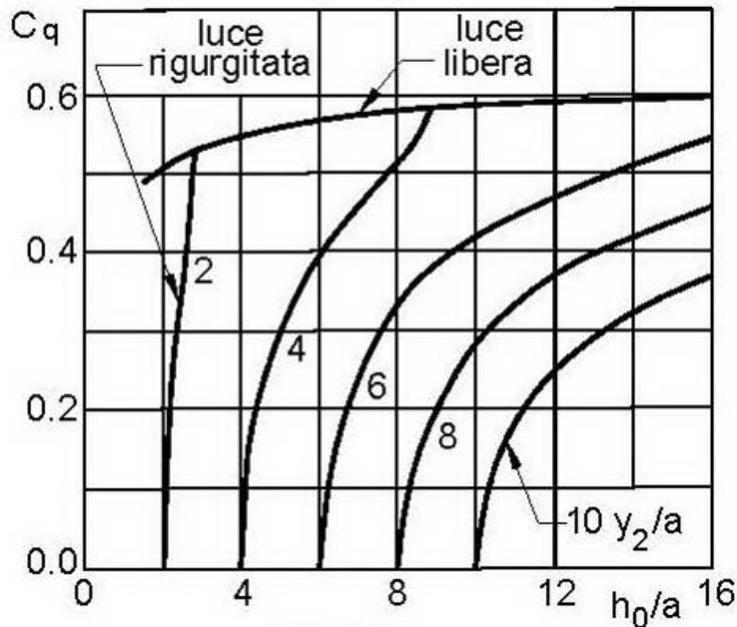


Figura 7.1 - Coefficiente di portata per luce di fondo (Carlo Gregoretti - Idraulica -2008).

Considerando a favore di sicurezza un efflusso a luce libera (nel caso di efflusso rigurgitato, infatti, si otterrebbero luci di dimensioni maggiori) e assumendo un valore di 0,6 per il coefficiente, si può dimensionare l'area della bocca tarata con la relazione:

$$A = \frac{Q}{C_q \cdot \sqrt{2 g h_0}} \quad [m^2]$$

In caso di ostruzione del foro la portata in arrivo attraverserà il manufatto sfiorando la soglia. Per valutare la tracimazione dell'acqua in corrispondenza della soglia di sfioro si calcola l'efflusso a stramazzo con la formula

$$Q = C_l \cdot Lh \cdot \sqrt{2 g h}$$

dove la portata Q (m^3/s), dipende dalla lunghezza L (m) della soglia sfiorante, dal coefficiente di deflusso C_l per gli stramazzi in parete grossa, che si approssima a 0.385, e dall'altezza idrometrica h (m) sulla soglia di sfioro, essendo g (m/s^2) l'accelerazione di gravità.

Considerate le ridotte dimensioni della luce di fondo, per evitare l'intasamento della stessa, è stato previsto il posizionamento di una griglia immediatamente a monte dei panconcelli amovibili. Tuttavia, si ritiene comunque indispensabile programmare un'opportuna attività di manutenzione periodica (ogni sei mesi o in concomitanza di eventi eccezionali) per rimuovere l'eventuale materiale depositato che potrebbe ostruire il foro o la stessa griglia.

Il coefficiente udometrico massimo consentito dal consorzio di bonifica Media Pianura Bergamasca è $u=10$ $l/s \cdot ha$.

Nelle sottostanti tabelle si riportano i valori risultanti.

Luce a battente	u [l/s ha]	S [ha]	Q [l/s]	h ₀ [m]	A [m ²]	Luce di calcolo [m]	Luce di progetto [m]
	10	0.21	2.1	0.86	0.0011	0.033	0.10x0.10

Luce a stramazzo	L [m]	Q [l/s]	h [m]
	1.50	190	0.18

Tabella 2 - Risultati manufatto di regolazione M1-NV05.



RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO-BERGAMO-MONTELO
 APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO
 Viabilità di accesso al Sottovia km 4+241 - via Enrico Fermi (tratta Bergamo-Montello)

Relazione di smaltimento idraulico

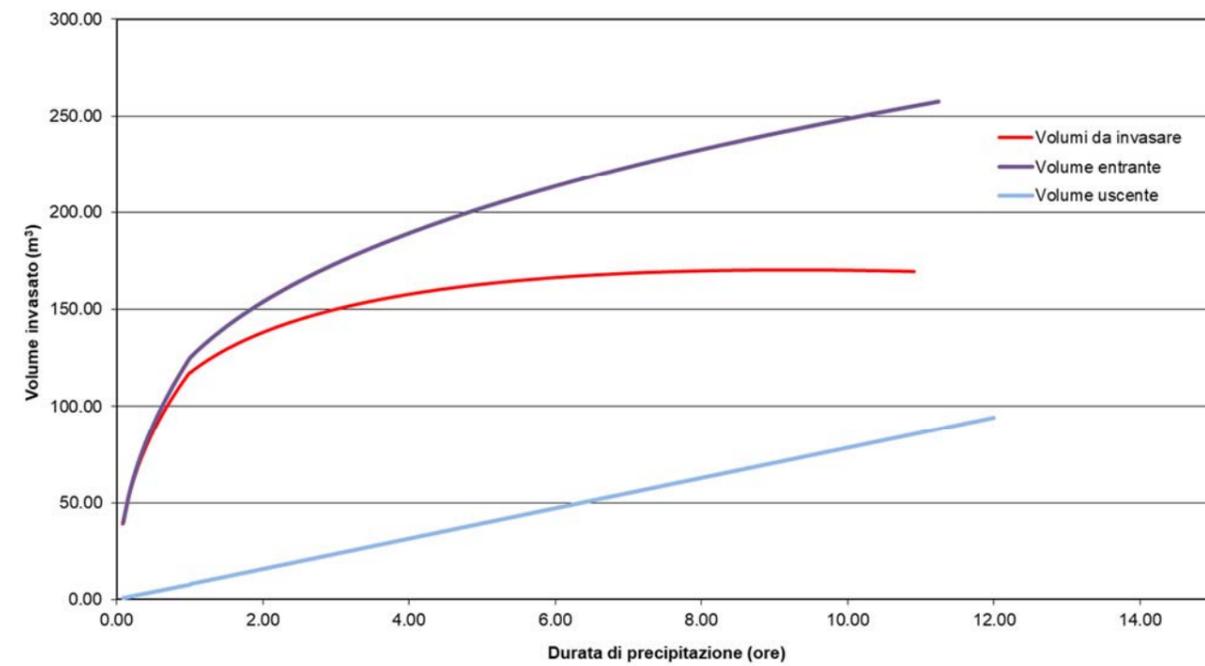
COMMESSA NB1R LOTTO 02 CODIFICA D 26 RI DOCUMENTO NV 0500 001 REV. A FOGLIO 22 di 23

8.2 Compatibilità idraulica

8.2.1 Dimensionamento area di laminazione - Tr 50 anni

												V _{min} 170.44	
Durata di pioggia		Sup. Bacino	Dati dell'equazione pluv.			Coeff. di deflusso	Altezza di pioggia	Volume entrante	Coeff. udometrico	Portata uscente		Volume uscente	Volume da invasare
t _p	t	S	a	n	φ	h	V _e	u	Q _u	Q _u	V _u	V	
(min)	(ore)	(ha)	(mm)			(mm)	(m³)	[l/(s ha)]	(l/s)	(m³/ora)	(m³)	(m³)	
5	0.08	0.2100	61.125	0.464	0.976	19	39.53	10	2.1	7.56	0.63	38.90	
10	0.17	0.21	61.125	0.464	0.976	27	54.53	10	2.1	7.56	1.26	53.27	
15	0.25	0.21	61.125	0.464	0.976	32	65.81	10	2.1	7.56	1.89	63.92	
30	0.50	0.21	61.125	0.464	0.976	44	90.78	10	2.1	7.56	3.78	87.00	
40	0.67	0.21	61.125	0.464	0.976	51	103.7	10	2.1	7.56	5.04	98.70	
50	0.83	0.21	61.125	0.464	0.976	56	115.1	10	2.1	7.56	6.30	108.76	
55	0.92	0.21	61.125	0.464	0.976	59	120.3	10	2.1	7.56	6.93	113.33	
60	1.00	0.2100	61.125	0.298	0.975	61	125.2	10	2.2	7.85	7.85	117.37	
65	1.08	0.21	61.125	0.298	0.975	63	128.2	10	2.2	7.85	8.50	119.74	
240	4.00	0.21	61.125	0.298	0.975	92	189.3	10	2.2	7.85	31.39	157.90	
300	5.00	0.21	61.125	0.298	0.975	99	202.3	10	2.2	7.85	39.24	163.07	
320	5.33	0.21	61.125	0.298	0.975	101	206.2	10	2.2	7.85	41.86	164.38	
330	5.50	0.21	61.125	0.298	0.975	102	208.1	10	2.2	7.85	43.16	164.98	
340	5.67	0.21	61.125	0.298	0.975	103	210	10	2.2	7.85	44.47	165.53	
370	6.17	0.21	61.125	0.298	0.975	105	215.4	10	2.2	7.85	48.40	166.96	
380	6.33	0.21	61.125	0.298	0.975	106	217.1	10	2.2	7.85	49.70	167.38	
390	6.50	0.21	61.125	0.298	0.975	107	218.8	10	2.2	7.85	51.01	167.75	
400	6.67	0.21	61.125	0.298	0.975	108	220.4	10	2.2	7.85	52.32	168.10	
450	7.50	0.21	61.125	0.298	0.975	111	228.3	10	2.2	7.85	58.86	169.44	
460	7.67	0.21	61.125	0.298	0.975	112	229.8	10	2.2	7.85	60.17	169.63	
470	7.83	0.21	61.125	0.298	0.975	113	231.3	10	2.2	7.85	61.48	169.80	
490	8.17	0.21	61.125	0.298	0.975	114	234.2	10	2.2	7.85	64.09	170.08	
495	8.25	0.21	61.125	0.298	0.975	115	234.9	10	2.2	7.85	64.75	170.13	
500	8.33	0.21	61.125	0.298	0.975	115	235.6	10	2.2	7.85	65.40	170.19	
510	8.50	0.21	61.125	0.298	0.975	116	237	10	2.2	7.85	66.71	170.27	
520	8.67	0.21	61.125	0.298	0.975	116	238.4	10	2.2	7.85	68.02	170.34	
530	8.83	0.21	61.125	0.298	0.975	117	239.7	10	2.2	7.85	69.32	170.39	
540	9.00	0.21	61.125	0.298	0.975	118	241.1	10	2.2	7.85	70.63	170.42	
545	9.08	0.21	61.125	0.298	0.975	118	241.7	10	2.2	7.85	71.29	170.43	
550	9.17	0.21	61.125	0.298	0.975	118	242.4	10	2.2	7.85	71.94	170.43	
555	9.25	0.21	61.125	0.298	0.975	119	243	10	2.2	7.85	72.59	170.44	
560	9.33	0.21	61.125	0.298	0.975	119	243.7	10	2.2	7.85	73.25	170.43	
570	9.50	0.21	61.125	0.298	0.975	120	245	10	2.2	7.85	74.56	170.41	
580	9.67	0.21	61.125	0.298	0.975	120	246.2	10	2.2	7.85	75.86	170.38	
585	9.75	0.21	61.125	0.298	0.975	121	246.9	10	2.2	7.85	76.52	170.36	
590	9.83	0.21	61.125	0.298	0.975	121	247.5	10	2.2	7.85	77.17	170.33	
595	9.92	0.21	61.125	0.298	0.975	121	248.1	10	2.2	7.85	77.83	170.30	

DIAGRAMMA DURATA DI PRECIPITAZIONE - VOLUME DA INVASARE

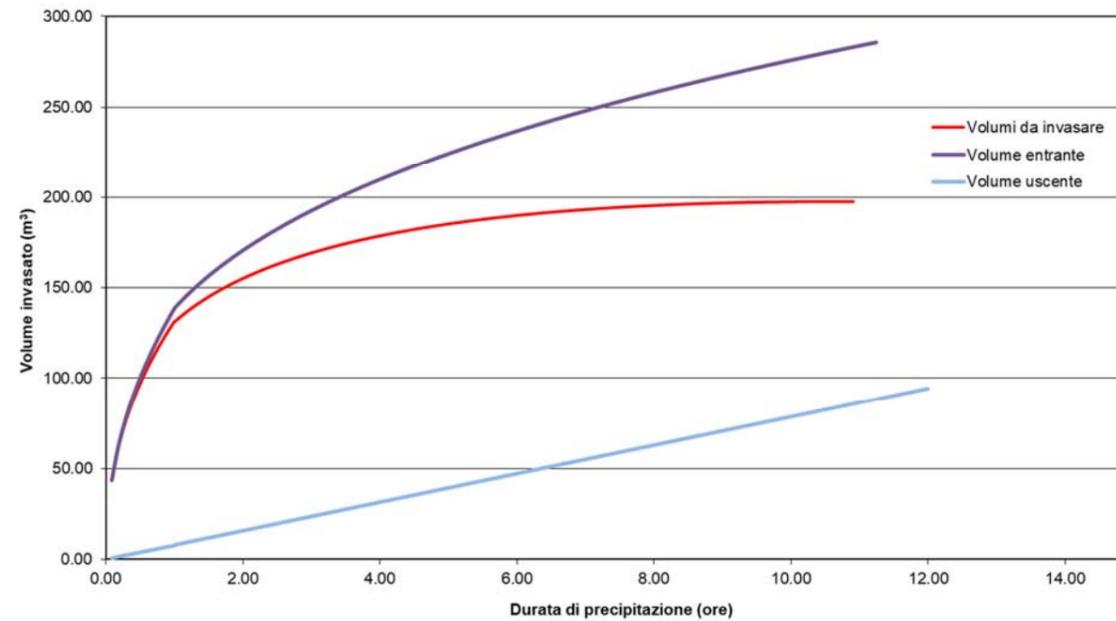


Volume utile 80% 192 mc

8.2.2 Verifica area di laminazione - Tr 100 anni

													V_{min} 197.48
Durata di pioggia		Sup. Bacino	Dati dell'equazione pluv.			Coef. di deflusso	Altezza di pioggia	Volume entrante	Coef. udometrico	Portata uscente	Volume uscente	Volume da invasare	
t _p	t	S	a	n	φ	h	V _e	u	Q _u	Q _u	V _u	V	
(min)	(ore)	(ha)	(mm)			(mm)	(m ³)	[l/(s ha)]	(l/s)	(m ³ /ora)	(m ³)	(m ³)	
5	0.08	0.2100	67.782	0.464	0.976	21	43.84	10	2.1	7.56	0.63	43.21	
10	0.17	0.21	67.782	0.464	0.976	30	60.46	10	2.1	7.56	1.26	59.20	
15	0.25	0.21	67.782	0.464	0.976	36	72.98	10	2.1	7.56	1.89	71.09	
20	0.33	0.21	67.782	0.464	0.976	41	83.4	10	2.1	7.56	2.52	80.88	
25	0.42	0.21	67.782	0.464	0.976	45	92.5	10	2.1	7.56	3.15	89.35	
30	0.50	0.21	67.782	0.464	0.976	49	100.7	10	2.1	7.56	3.78	96.89	
35	0.58	0.21	67.782	0.464	0.976	53	108.1	10	2.1	7.56	4.41	103.72	
40	0.67	0.21	67.782	0.464	0.976	56	115	10	2.1	7.56	5.04	110.00	
45	0.75	0.21	67.782	0.464	0.976	59	121.5	10	2.1	7.56	5.67	115.83	
50	0.83	0.21	67.782	0.464	0.976	62	127.6	10	2.1	7.56	6.30	121.29	
55	0.92	0.21	67.782	0.464	0.976	65	133.4	10	2.1	7.56	6.93	126.43	
60	1.00	0.21	67.782	0.464	0.976	68	138.9	10	2.1	7.56	7.56	131.30	
60	1.00	0.21	67.782	0.298	0.975	68	138.9	10	2.2	7.85	7.85	131.00	
90	1.50	0.21	67.782	0.298	0.975	76	156.7	10	2.2	7.85	11.77	144.92	
120	2.00	0.21	67.782	0.298	0.975	83	170.7	10	2.2	7.85	15.70	155.03	
180	3.00	0.21	67.782	0.298	0.975	94	192.7	10	2.2	7.85	23.54	169.11	
240	4.00	0.21	67.782	0.298	0.975	102	209.9	10	2.2	7.85	31.39	178.51	
300	5.00	0.21	67.782	0.298	0.975	110	224.3	10	2.2	7.85	39.24	185.10	
350	5.83	0.21	67.782	0.298	0.975	115	234.9	10	2.2	7.85	45.78	189.11	
355	5.92	0.21	67.782	0.298	0.975	115	235.9	10	2.2	7.85	46.43	189.45	
360	6.00	0.21	67.782	0.298	0.975	116	236.9	10	2.2	7.85	47.09	189.79	
365	6.08	0.21	67.782	0.298	0.975	116	237.9	10	2.2	7.85	47.74	190.11	
370	6.17	0.21	67.782	0.298	0.975	117	238.8	10	2.2	7.85	48.40	190.42	
375	6.25	0.21	67.782	0.298	0.975	117	239.8	10	2.2	7.85	49.05	190.72	
380	6.33	0.21	67.782	0.298	0.975	118	240.7	10	2.2	7.85	49.70	191.02	
385	6.42	0.21	67.782	0.298	0.975	118	241.7	10	2.2	7.85	50.36	191.30	
390	6.50	0.21	67.782	0.298	0.975	118	242.6	10	2.2	7.85	51.01	191.58	
395	6.58	0.21	67.782	0.298	0.975	119	243.5	10	2.2	7.85	51.67	191.85	
400	6.67	0.21	67.782	0.298	0.975	119	244.4	10	2.2	7.85	52.32	192.11	
460	7.67	0.21	67.782	0.298	0.975	124	254.8	10	2.2	7.85	60.17	194.66	
500	8.33	0.21	67.782	0.298	0.975	128	261.2	10	2.2	7.85	65.40	195.84	
560	9.33	0.21	67.782	0.298	0.975	132	270.2	10	2.2	7.85	73.25	196.97	
590	9.83	0.21	67.782	0.298	0.975	134	274.5	10	2.2	7.85	77.17	197.29	
620	10.33	0.21	67.782	0.298	0.975	136	278.5	10	2.2	7.85	81.10	197.45	
625	10.42	0.21	67.782	0.298	0.975	136	279.2	10	2.2	7.85	81.75	197.46	
630	10.50	0.21	67.782	0.298	0.975	137	279.9	10	2.2	7.85	82.40	197.47	
635	10.58	0.21	67.782	0.298	0.975	137	280.5	10	2.2	7.85	83.06	197.48	
640	10.67	0.21	67.782	0.298	0.975	137	281.2	10	2.2	7.85	83.71	197.48	
645	10.75	0.21	67.782	0.298	0.975	138	281.8	10	2.2	7.85	84.37	197.48	
650	10.83	0.21	67.782	0.298	0.975	138	282.5	10	2.2	7.85	85.02	197.48	
655	10.92	0.21	67.782	0.298	0.975	138	283.1	10	2.2	7.85	85.67	197.47	

DIAGRAMMA DURATA DI PRECIPITAZIONE - VOLUME DA INVASARE



Volume utile 100%	240	mc
-------------------	-----	----