

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA      Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
PARTE GENERALE  
SL23 - SOTTOPASSO CICLOPEDONALE VIA BUGGIA AL km 14+848.87  
GENERALE  
Relazione idraulica e smaltimento acque meteoriche**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo CARMONA Data: Giugno 2021			

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    Progr.    REV.    FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	I	S	L	2	3	0	X	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	Coding 	30/09/21	C.Pinti 	30/09/21	P. Luciani 	30/09/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RISL230X001A
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE È VIETATA

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
3.	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	6
4.	SINTESI DEGLI STUDI IDROLOGICI .....	7
5.	DESCRIZIONE DEI PRESIDI IDRAULICI ADOTTATI PER IL DRENAGGIO E LA LAMINAZIONE .....	8
6.	PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO .....	10
6.1	PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO .....	11
7.	PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI LAMINAZIONE .....	14
7.1	SISTEMA DI LAMINAZIONE – VASCA DI LAMINAZIONE E IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	15
7.1.1	Metodo delle sole piogge .....	15
7.1.2	Metodo cinematico .....	16
7.1.3	Impianto di sollevamento .....	17
7.1.4	Risultati della progettazione .....	18
7.2	SISTEMA DI LAMINAZIONE – FOSSO+CONDOTTA LIMITATRICE DI PORTATA .....	19
8.	CONCLUSIONI .....	21
9.	ALLEGATI DI CALCOLO .....	22
9.1	DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO	22
9.2	VASCA DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE	24
9.3	CALCOLO FOSSO + CONDOTTA LIMITATRICE DI PORTATA	26
7.3.1	Fosso di Guardia .....	26

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra la metodologia adottata e i risultati ottenuti per la progettazione del sistema di drenaggio del sottovia "SL23 - SOTTOPASSO CICLOPEDONALE VIA BUGGIA AL km 14+848.87" parte integrante dell'intervento Infrastrutture Ferroviarie Strategiche definite dalla Legge Obiettivo N.443/01 – Linea AV/AC Torino – Venezia, tratta Verona-Padova Lotto Funzionale Verona – Bivio Vicenza.

Il documento, redatto in ragione dei pregressi studi idrologici e idraulici realizzati nell'ambito della progettazione ferroviaria, si articola nei capitoli che seguono:

- Capitolo 2 – riferimenti normativi, bibliografici e documenti di istruttoria Italferr;
- Capitolo 3 – elaborati grafici di riferimento;
- Capitolo 4 – sintesi degli studi idrologici e definizione delle Curve di Possibilità Pluviometrica;
- Capitolo 5 – descrizione dei presidi idraulici adottati per l'intervento in esame;
- Capitolo 6 – progettazione della rete di drenaggio (canalette e fossi);
- Capitolo 7 – progettazione dei sistemi di laminazione;
- Capitolo 8 – conclusioni;
- Capitolo 9 – allegati di calcolo.

In ottemperanza alle prescrizioni presenti all'interno del Manuale di Progettazione Italferr, il dimensionamento dei presidi idraulici è realizzato per un periodo di ritorno non inferiore a 50 anni. Il sistema di drenaggio, inoltre, risponde alle indicazioni riportate nel Decreto Regionale 2948 del 6 ottobre 2009 (Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici), ovvero alle prescrizioni fornite dagli Enti Territoriali Competenti (Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta). Infine, come è possibile osservare dallo stralcio planimetrico rappresentato in figura, l'intervento in esame ricade esternamente alle aree a rischio idraulico individuate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni relativo alla Regione Veneto.

GENERAL CONTRACTOR 
---

ALTA SORVEGLIANZA 			
Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2RISL230X0001	A

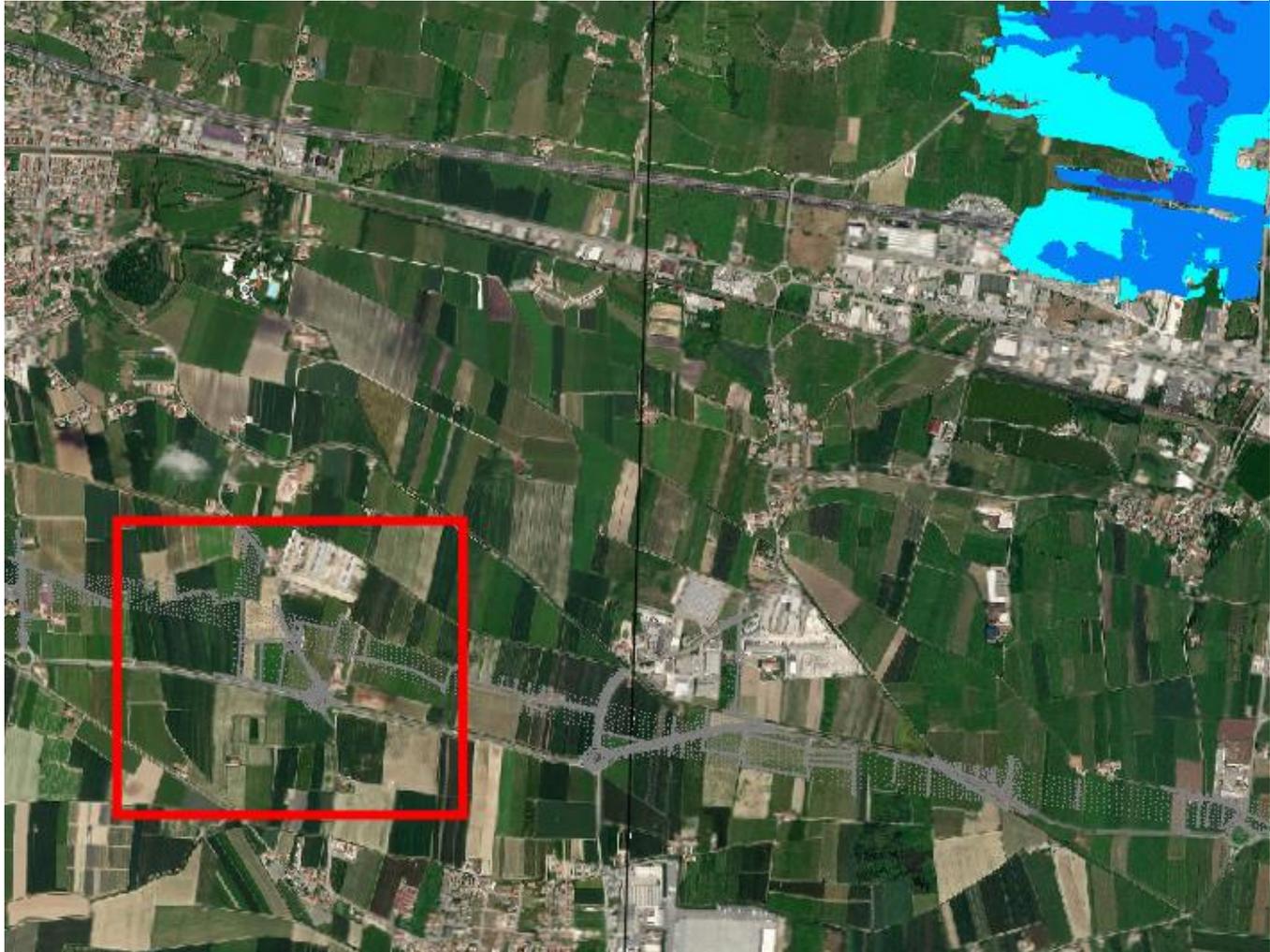


Figura 1: Stralcio planimetrico del P.G.R.A. e del sito di intervento (quadrato rosso).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito sono riportati i principali riferimenti normativi e bibliografici per la progettazione:

- Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Veneto (PAI);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA);
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC2018);
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.;
- Regio Decreto del 25/07/1904 n.523;
- Manuale di Progettazione RFI;
- Piano di tutela delle acque art 121, Decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152, "Norme in materia ambientale" – Norme tecniche di attuazione – Allegato A3 alla Delibera del Consiglio Regionale n. 107 del 5/11/2009 e successive modifiche e integrazioni Aggiornamento a LUGLIO 2018;
- Rapporto di verifica alla Progettazione (Italferr, 2020.08.08 - IN0D00D11ISSL2300001C);
- Idraulica dei sistemi fognari. Dalla teoria alla pratica (Gisonni C., Hager W.H.).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RISL230X0001	A

### 3. ELABORATI DI RIFERIMENTO

1. IN1711E12P8SL230X001A – Planimetria idraulico, profilo longitudinale idraulico e particolari idraulici.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

#### 4. SINTESI DEGLI STUDI IDROLOGICI

Congruentemente alle indicazioni presenti all'interno del Progetto Esecutivo ("Relazione Idrologica e Idraulica Attraversamenti Secondari" - IN1710EI2RHID0000002B), contenente lo studio idrologico redatto tenendo conto delle prescrizioni fornite da parte del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (2016), derivanti dal quadro prescrittivo a seguito dell'approvazione del Progetto Definitivo e specificate nell'allegato 1 della Delibera Cipe con Delibera n.84 del 22.12.2017 e derivanti dalle istruttorie ITF relative al Progetto Definitivo (2018-2019).

La tabella che segue riporta i parametri di riferimento per le CPP relativi alla stazione Colognola ai colli (si rimanda al documento citato sopra per approfondimenti).

$$h(t) = at^n \quad (\text{formulazione a due parametri})$$

2 PARAMETRI (d<60min)		2 PARAMETRI (d>60min)	
a mm/h <sup>n</sup>	n	a mm/h <sup>n</sup>	n
76.50	0.533	71.1	0.185

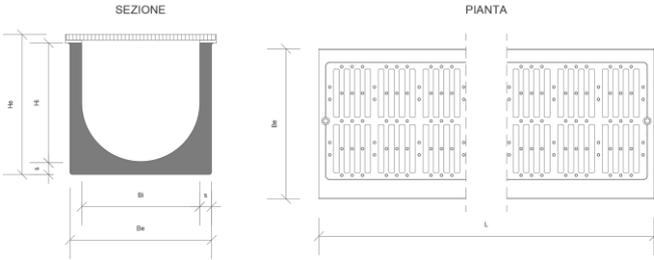
Tabella 4-1 - Parametri delle CPP relativi a un evento con periodicità statistica cinquantennale

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 5. DESCRIZIONE DEI PRESIDI IDRAULICI ADOTTATI PER IL DRENAGGIO E LA LAMINAZIONE

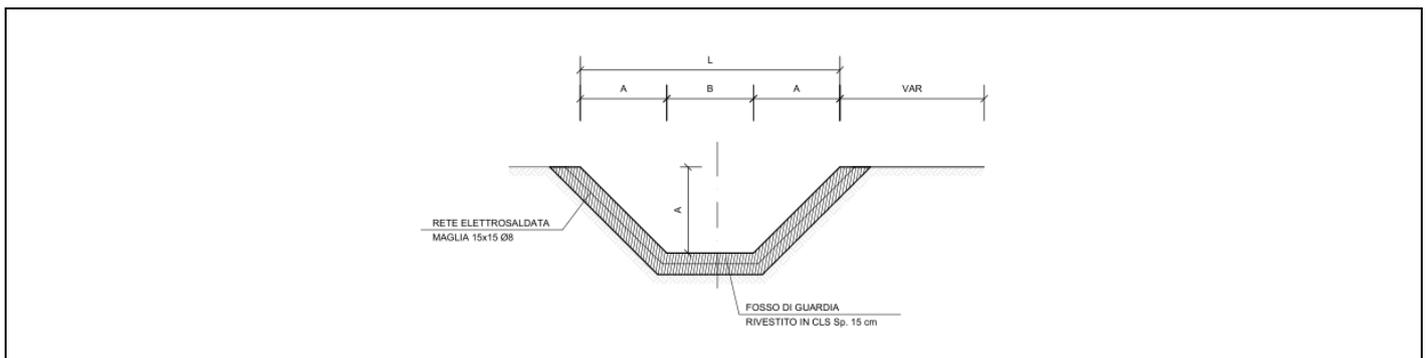
Il presente capitolo offre una descrizione dei presidi idraulici adottati per il drenaggio della piattaforma stradale e per la laminazione delle portate. Come è possibile osservare dalle figure che seguono, il sistema di drenaggio e laminazione per la viabilità in esame è caratterizzato da:

1. Viabilità in sottopasso - lo smaltimento dei volumi meteorici intercettati dalla piattaforma è realizzato a mezzo di un sistema costituito da caditoie grigliate carrabili in ghisa sferoidale (classe di resistenza B125 – 30x30/VAR cm).

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>B (mm)</th> <th>H (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RETT 50x40</td> <td>300</td> <td>300/var</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO	B (mm)	H (mm)	RETT 50x40	300	300/var
TIPO	B (mm)	H (mm)					
RETT 50x40	300	300/var					
<p>Tabella 5-1 – Sistema di drenaggio. In alto a sinistra: canaletta grigliata prefabbricata in calcestruzzo; in alto a destra: tabella delle dimensioni della canaletta.</p>							

2. Sistema di laminazione costituito da una vasca di laminazione e rilancio mediante sistema di sollevamento.
3. Ripristino fossi di guardia esistenti – al fine di garantire il sistema di smaltimento acque esistente anche dopo l'intervento, sono stati ripristinati i fossi di guardia presenti.

La tipologia di fosso di guardia adottato è prefabbricato in calcestruzzo – base 0.5m, profondità 0.5m e pendenza 1/1.

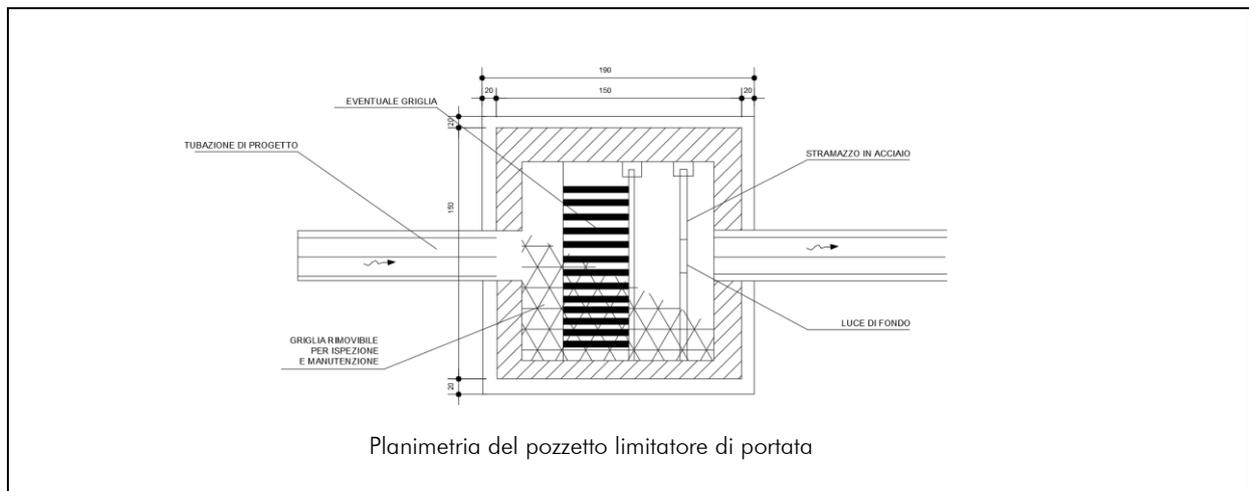


GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

ID/TIPOLOGIA	B (mm)	H (mm)
FOSSO 50X50	500	500

Tabella 5-2 – Sistema d drenaggio per porzioni di viabilità in rilevato. In alto: embrice; a sinistra: tipologico del fosso di guardia disperdente in terra; a destra: tipologico del fosso di guardia prefabbricato in calcestruzzo; in basso: tabella delle dimensioni.

4. Sistema di laminazione costituito da fossi di guardia prefabbricati in calcestruzzo (sezione trapezoidale – dimensioni variabili) con condotta limitatrice di portata il cui diametro è fissato in ragione del massimo flusso da convogliare al ricettore idraulico.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 6. PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Il presente capitolo ha come obiettivo la progettazione del sistema di raccolta e convogliamento delle portate a mezzo di rete di drenaggio. Come già anticipato nel paragrafo descrittivo dei presidi idraulici, i volumi meteorici della viabilità in sottopasso vengono intercettati dalle canalette grigliate carrabili, distribuite trasversalmente alla piattaforma, e quindi convogliati nella vasca di laminazione posizionata nella zona di minimo della livelletta stradale. Il volume accumulato in vasca viene fatto scaricare nel fosso di guardia prefabbricato in calcestruzzo posto in prossimità del vano pompe mediante impianto di sollevamento costituito da un pompa (più una di riserva).

I contributi raccolti vengono smaltiti tramite laminazione mediante fosso per la compensazione volumetrica e condotta limitatrice di portata per il contenimento dell'idrogramma entro il massimo valore ammesso fissato pari a 5l/s/ha.

I paragrafi che seguono riportano la progettazione delle canalette, della vasca di laminazione e del dimensionamento dei fossi.

La progettazione del sistema di drenaggio è ottenuta, in ottemperanza alle indicazioni presenti all'interno del "Manuale di Progettazione Italferr", per applicazione del Metodo dell'Invaso Lineare. Ove i fossi di guardia assolvano, ai fini della compatibilità idraulica dell'intervento (Invarianza Idraulica), al compito di fornire il volume minimo alla laminazione a condizioni di portata di efflusso controllata, il dimensionamento è realizzato facendo uso dell'equazione globale di continuità (fosso+condotta limitatrice di portata), nell'ipotesi di vagliare il comportamento compensativo volumetrico del manufatto.

Tutte le verifiche sono state condotte nell'ipotesi di evento di progetto con periodicità statistica media cinquantennale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 6.1 PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

Il presente paragrafo illustra sinteticamente la procedura adottata per il dimensionamento della rete di canalette a drenaggio della viabilità di progetto per applicazione del modello dell'Invaso Lineare.

La metodologia indicata assimila il deflusso caratterizzante il sistema di drenaggio a quello di un serbatoio a funzionamento autonomo (riempimento/svuotamento generato dalle caratteristiche idrologiche del bacino in assenza di effetti indotti dalla rete a valle del punto di indagine) e sincrono (riempimento/svuotamento contemporaneo). In tali condizioni, la distribuzione temporale dei volumi all'interno del serbatoio può esprimersi a mezzo dell'equazione di continuità:

$$(p - q)dt = dw$$

Con  $p$  e  $q$  portata entrante e uscente dal serbatoio nell'unità di tempo  $dt$  e  $dw$  volume infinitesimo accumulato. L'equazione è risolta nell'ipotesi di proporzionale linearità tra volume totale accumulato a monte della sezione di chiusura, portata convogliata e area sottesa.

$$\frac{W}{\omega} = cost$$

$$\frac{Q}{\omega} = cost$$

Questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde all'ipotesi di moto uniforme e caratterizza il comportamento autonomo e sincrono delle reti complesse.

Applicando le condizioni appena introdotte risulta:

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

L'integrazione dell'equazione di continuità consente di definire la relazione tra la portata e il tempo di riempimento di un canale, permettendo dunque la stima del deflusso massimo all'interno del condotto al tempo di riempimento  $t_r$ .

Applicando la condizione  $t = t_r$  è possibile determinare l'espressione analitica del coefficiente udometrico:

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

Con:

- $u$  - coefficiente udometrico, rappresenta la portata per unità di superficie del bacino (l/s/ha);
- $\varphi$  - il coefficiente di deflusso medio pesato rispetto alla superficie (bacino naturale: 0.4; scarpata di progetto: 0.6; piattaforma: 0.9);
- $a, n$  - coefficienti della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora;
- $k$  - coefficiente che assume il valore "2168 n" [Sistemi di Fognatura, Manuale di Progettazione, CSU Editore, Hoepli; Appunti di Costruzioni Idrauliche, Girolamo Ippolito, Liguori Editore];
- $w$  - volume specifico di invaso totale, pari al rapporto tra il volume di invaso a monte della sezione di chiusura indagata e superficie drenata, è valutato secondo la seguente espressione:

$$w = \frac{W}{A} = \frac{w_0 A + W_{c-1} + W_c}{A}$$

- $A$  rappresenta la superficie del bacino sotteso;
- $w_0$  rappresenta il volume specifico dei piccoli invasi, compreso tra 15-20m<sup>3</sup>/ha (Artina e Martinelli, 1997) - bacini e reti di collettamento caratterizzati da modesta pendenza (0.1-0.3%) e valori di coefficiente di afflusso superiori uguali a 0.5. Per la presente progettazione il valore è stato fissato a 15 m<sup>3</sup>/ha;
- $W_{c-1}$  rappresenta il volume accumulato all'interno della rete di collettori a monte del tratto indagato.

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

Ricavato il coefficiente udometrico, la portata critica come

$$Q = Au$$

Il valore viene raffrontato alla massima capacità della sezione del presidio idraulico (condizioni di deflusso in moto uniforme) a mezzo della relazione di Strickler-Manning:

$$Q_c = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sigma \sqrt{s}$$

Con n coefficiente di scabrezza di Manning (PVC/PeAD:  $n=0.011 \text{ s/m}^{1/3}$ ; Calcestruzzo:  $n=0.015 \text{ s/m}^{1/3}$ ), R raggio idraulico,  $\sigma$  sezione bagnata e s pendenza media del presidio.

Le verifiche della rete di drenaggio sono realizzate in ragione delle prescrizioni che seguono:

1. Presidi "chiusi" (Canalette):
  - Altezza utile  $\leq 500\text{mm}$  – Massimo riempimento  $< 50\%$ ;
  - Altezza utile  $> 500\text{mm}$  – Massimo riempimento  $< 67\%$ ;
  - Velocità di deflusso –  $[0.20 - 5] \text{ m/s}$ .

Tutte le verifiche del sistema di drenaggio sono riportate all'interno degli allegati di calcolo. Come è possibile osservare:

- La rete risulta costituita da canalette grigliate prefabbricate in calcestruzzo di altezza interna pari a 200mm, con pendenza media variabile congruente alle fondazioni del manufatto (0.3-6.8%);
- Il grado di riempimento delle canalette è ovunque inferiore al 50% della sezione utile;
- La velocità di deflusso è compresa tra 0.37 e 1.45m/s.

La verifica del sistema interrato di drenaggio può dunque ritenersi soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 7. PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI LAMINAZIONE

Il presente capitolo ha come obiettivo la progettazione dei sistemi adottati per la laminazione delle portate convogliate dalla rete di drenaggio. Come già anticipato, l'intervento in esame si inserisce all'interno di un contesto normativo che prevede il rispetto delle condizioni di invarianza idraulica.

I processi di trasformazione del territorio caratterizzati da impermeabilizzazione delle superfici di scorrimento e canalizzazione dei deflussi comportano un incremento dei volumi di piena e un'accelerazione del deflusso ai ricettori idraulici. In tali condizioni, in fase di urbanizzazione dei bacini, appare necessaria l'adozione di opportuni presidi di laminazione degli idrogrammi e rilascio controllato a corpo idraulico ricettore. Ove i presidi adottati permettano il contenimento dei volumi e colmi di piena alle condizioni antecedenti gli interventi in esame, è possibile considerare soddisfatte le condizioni di invarianza idraulica delle trasformazioni del suolo (Pistocchi, 2001).

Nella presente progettazione le condizioni di invarianza idraulica sono ottenute a mezzo di fossi e condotta limitatrice di portata. I volumi intercettati dal sistema di drenaggio vengono indirizzati all'interno dei fossi di accumulo disposti a piede rilevato e il controllo di deflusso al ricettore realizzato mediante condotta limitatrice di portata.

La progettazione è realizzata in ottemperanza alle prescrizioni del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta che fissa il massimo coefficiente udometrico di portata agricola a 5l/s/ha di superficie drenata ("Valore prescritto dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta nella riunione presso la sede dell'Ente stesso in data 14/11/2014" – Relazione Progetto Definitivo: IN0D00DI2RHID0002002E).

La vasca di raccolta e l'impianto di sollevamento sono opportunamente dimensionati al fine di garantire il massimo efflusso ammesso al ricettore finale.

Le verifiche dell'impianto di sollevamento, infine, sono condotte nell'ipotesi che la massima portata convogliabile in mandata risulti pari a 3l/s. La mandata scarica nel fosso di guardia prefabbricato in calcestruzzo il quale è opportunamente dimensionato secondo l'ipotesi di invarianza idraulica.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 7.1 SISTEMA DI LAMINAZIONE – VASCA DI LAMINAZIONE E IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

Il presente capitolo ha come obiettivo la progettazione della vasca di laminazione e dell'impianto di sollevamento adottato ai fini dello smaltimento dei volumi meteorici convogliati dal sistema di drenaggio. A tal fine le analisi sono state condotte raffrontando i risultati ottenuti mediante *Metodo delle Sole Piogge* e *Metodo Cinematico*. In entrambi i casi:

- L'evento di progetto è caratterizzato da un periodo di ritorno pari a 50 anni;
- Il tempo di corrivazione è fissato a 15 minuti;
- La massima portata in efflusso è fissata a 3l/s;

I paragrafi che seguono espongono le metodologie di calcolo adottate per la determinazione del volume e per il dimensionamento dell'impianto di sollevamento.

### 7.1.1 Metodo delle sole piogge

Il presente paragrafo illustra la procedura relativa al Metodo delle Sole Piogge per la determinazione del volume da invasare  $W_i$ . Per assegnato istante temporale  $\theta$ , è volume di accumulo è determinato dalla differenza tra volume entrante  $W_e$  e volume uscente  $W_u$ :

$$W_i = W_e - W_u$$

Il volume entrante  $W_e$  è determinato dall'afflusso meteorico  $h$  (altezza di precipitazione) su di una superficie  $S$ , caratterizzata da un coefficiente di deflusso  $\phi$ , in un certo tempo di pioggia  $\theta$ :

$$W_e = \phi S h(\theta) = \phi S a \theta^n$$

mentre il volume uscente  $W_u$ , nell'ipotesi di portata uscente  $Q_u$  costante, è dato da:

$$W_u = Q_u \theta$$

Pertanto, il volume da invasare nel caso di un evento meteorico di durata  $\theta$  risulta:

$$W_i = \phi S a \theta^n - Q_u \theta$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo si ricavano la durata dell'evento critico  $\theta_w$  ed il volume massimo di laminazione  $W_{max}$ .

$$\theta_w = \left( \frac{Q_u}{\phi S a n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

$$W_{\max} = \varphi Sa \left( \frac{Q_u}{\varphi Sa n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \left( \frac{Q_u}{\varphi Sa n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Dove a ed n sono i parametri delle Curve di Possibilità Pluviometrica.

### 7.1.2 Metodo cinematico

Analogamente a quanto realizzato al paragrafo precedente, il massimo valore del volume accumulato, nell'ipotesi di applicazione del Metodo Cinematico è definito come segue:

$$W_{\max} = S\varphi a \theta_w^n + \frac{t_c Q_u^2 \theta_w^{1-n}}{S\varphi a} - Q_u (\theta_w + t_c)$$

$$n S\varphi a \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n) t_c Q_u^2 \theta_w^{-n}}{S\varphi a} - Q_u = 0$$

Con  $\theta_w$  durata critica per la massimizzazione del volume e  $t_c$  tempo di corrivazione. La tabella che segue riporta i risultati del dimensionamento.

$\theta_w$ min	$t_c$ min	Q l/s	S Ha	V m <sup>3</sup>
24.15	15	0.006	0.01	2.87

Tabella 7-1 – Dimensionamento mediante Metodo Cinematico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

### 7.1.3 Impianto di sollevamento

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche realizzate per l'impianto di sollevamento il cui dimensionamento è realizzato mediante calcolo del carico idraulico del sistema secondo la relazione:

$$H = H_g + jL + \frac{v^2}{2g} \sum k_i [m]$$

con

- J: perdita di carico per unità di lunghezza
- L: lunghezza della condotta [m]
- V: velocità nella condotta [m/s]
- Ki: coefficiente delle perdite localizzate
- g: accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]

Le perdite continue, correlate alla cadente piezometrica della condotta di mandata, possono essere calcolate mediante formula di Hazen-Williams:

$$jL = \frac{10.675Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}} L$$

con

- Q: portata [m<sup>3</sup>/s];
- C: coefficiente di scabrezza, che dipende dal materiale della condotta di mandata, assunto pari a 100.
- D: diametro della condotta [m].

Le perdite localizzate dipendono invece dalla componente cinematica del flusso e dal parametro k rappresentativo della variazione locale plano-altimetrica della rete.

Tipo di manufatto	k
Giunto a T	2.00
Valvola a saracinesca	0.25
Valvola di controllo	1.50
Gomito a 90°	0.75
Curva a 45°	0.20
Imbocco	0.50
Sbocco	1.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

La potenza nominale delle pompe sarà data dalla relazione:

$$W_U = \frac{\rho g Q H}{\mu}$$

con

- $\rho$ : densità dell'acqua [kg/m<sup>3</sup>]
- Q: portata sollevata [m<sup>3</sup>/s]
- H: prevalenza [m]
- $\mu$ : rendimento (60%)
- g: accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]

La tabella che segue riporta i parametri utilizzati per la verifica. Come già anticipato, le verifiche dell'impianto di sollevamento sono realizzate nell'ipotesi di portata in efflusso paria 3l/s.

$\Delta H_g$ m	D mm	Q l/s	C	L m	K
5.10	100	3.0	100	6.0	0.010

Tabella 7-2 – Parametri per la determinazione della potenza dell'impianto di sollevamento.  $\Delta H_g$ : altezza geodetica; D: diametro della condotta di mandata; Q: portata della condotta di mandata; C: coefficiente di scabrezza; L: lunghezza della condotta di mandata; K: parametro perdite localizzate.

#### 7.1.4 Risultati della progettazione

Come è possibile osservare dai risultati riportati all'interno degli Allegati di calcolo:

1. Metodo delle sole piogge: volume massimo pari a 2.49m<sup>3</sup> alla durata critica dell'evento di 15minuti;
2. Metodo Cinematico: volume massimo pari a 2.87 m<sup>3</sup> alla durata critica dell'evento di 24.15minuti;
3. Le dimensioni della vasca di accumulo sono pari a 130x200x160cm, per un volume complessivo di 4.16 m<sup>3</sup> a fronte del massimo valore richiesto di 2.87 m<sup>3</sup> (vedi punto 2);
4. Con una portata di emungimento pari 3l/s, la durata di svuotamento della vasca è pari a 60 minuti.
5. La massima potenza necessaria all'impianto di sollevamento (1+1 pompa di riserva) è pari a 0.3kW (rendimento idraulico pari al 60%).

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

## 7.2 SISTEMA DI LAMINAZIONE – FOSSO+CONDOTTA LIMITATRICE DI PORTATA

Il presente capitolo ha come obiettivo la progettazione del volume di compensazione minimo necessario ai fini dell'invarianza idraulica, da ottenersi a mezzo di fosso di guardia, e il dimensionamento del diametro da associare al manufatto limitatore di portata. La trattazione che segue è realizzata nell'ipotesi che i volumi meteorici in ingresso al sistema possano essere determinati in solo riferimento alle CPP, trascurando completamente i processi di trasformazione afflussi-deflussi, con unica eccezione delle perdite idrologiche (coefficiente di afflusso).

$$V_e(d, TR) = \frac{ad}{(b + d)^c} S\varphi$$

Con a, b, c parametri della curva di possibilità pluviometrica, S e  $\varphi$  superficie e coefficiente di afflusso del bacino drenato.

Il comportamento a deflusso di una condotta limitatrice può esprimersi come segue (Idraulica dei sistemi fognari. Dalla teoria alla pratica - Gisonni C., Hager W.H.):

Imbocco Sotto Battente  $q_d = 0.71(Y_0 - 0.64)^{0.5}$

Moto in pressione  $q_d = 0.94 \left( \frac{Y_0 - 0.90}{1 + 9R_d} \right)^{0.5}$

Con  $q_d$  portata specifica,  $Y_0$  carico idraulico specifico di imbocco (rapporto tra tirante idraulico e diametro della condotta) e  $R_d$  rappresenta un parametro che tiene conto della tipologia di condotta secondo la relazione:

$$R_d = \frac{gL_d n^2}{D^{\frac{4}{3}}}$$

Con  $L_d$ ,  $D$  ed  $n$  lunghezza, diametro e scabrezza della condotta. Il funzionamento del sistema è regolato in riferimento al valore  $R_d^*$ :

$$R_d^* = \frac{1}{9} \left( 1.75 \frac{Y_0 - 0.90}{Y_0 - 0.64} - 1 \right)$$

Se:

1.  $R_d < R_d^*$  (condotta breve) – prevalenza di funzionamento con imbocco a battente.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001 A

2.  $R_d > R_{d^*}$  – prevalenza di funzionamento con moto in pressione.

Il dimensionamento del sistema (volume di invaso e diametro della condotta limitatrice di portata) è dunque realizzato per applicazione dell'equazione di continuità:

$$V_e(d, TR) - q_a(h, D) \left( \sqrt{gD^5} \right) = V_a$$

Risolviendo la relazione per istanti temporali è possibile dunque determinare:

1. Il massimo deflusso attraverso la condotta limitatrice, verificando che il valore risulti inferiore alla soglia massima fissata ai fini della compatibilità idraulica;
2. Il massimo volume accumulato all'interno dei fossi di guardia, verificando che i livelli progressivamente raggiunti possano considerarsi compatibili con il manufatto utilizzato.

La trattazione dei risultati relativi alle verifiche del sistema di drenaggio e i tabulati di progettazione sono riportati all'interno del Capitolo 9/Allegati di Calcolo rispettivamente.

Come è possibile osservare:

1. Fosso di guardia: la condotta limitatrice presenta un diametro di 10 mm e garantisce un massimo riempimento del fosso pari a 30 cm, corrispondente a un volume complessivo laminato di 10.70 m<sup>3</sup>. In ragione dei risultati ottenuti, il fosso di guardia in calcestruzzo è progettato con le dimensioni che seguono: 50x50cm – pendenza lato obliquo: 1/1 – capacità: 63.00m<sup>3</sup>);

Il fosso ha come recapito il fosso esistente (Qf= +23.65 m msl) e scarica i volumi di acqua raccolti mediante manufatto limitatore di portata e valvola anti-rigurgito Clapet.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RISL230X0001 A

## 8. CONCLUSIONI

La presente relazione ha illustrato la progettazione del sistema di smaltimento idraulico dell'interferenza viaria del sottovia "SL23 - SOTTOPASSO CICLOPEDONALE VIA BUGGIA AL km 14+848.87", parte integrante dell'intervento Infrastrutture Ferroviarie Strategiche definite dalla Legge Obiettivo N.443/01 – Linea AV/AC Torino – Venezia, tratta Verona-Padova Lotto Funzionale Verona – Bivio Vicenza.

Una parte della progettazione è concentrata sulla realizzazione di un sistema di drenaggio costituito da canalette che raccolgono i volumi meteorici della viabilità in sottopasso e recapitano i volumi di acqua all'interno della vasca di laminazione munita di impianto di sollevamento. Il sistema scarica nel fosso di guardia prefabbricato in calcestruzzo (base 0.5m altezza 0.5m e pendenza 1/1) il quale recapita i volumi di acqua raccolti nel fosso di guardia esistente attraverso una condotta limitatrice di portata per il contenimento dell'idrogramma entro il massimo valore ammesso fissato pari a 5l/s/ha.

## 9. ALLEGATI DI CALCOLO

### 9.1 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO

	Dati plano-altimetrici			Metodo dell'invaso italiano - dati di bacino										Canaletta			Analisi in moto uniforme - Capacità della canaletta							
	ID	L m	s m/m	W <sub>c-1</sub> m <sup>3</sup>	w <sub>0</sub> m <sup>3</sup> /ha	A <sub>pav</sub> m <sup>2</sup>	φ <sub>pav</sub>	A <sub>scp</sub> m <sup>2</sup>	φ <sub>scp</sub>	A <sub>b</sub> m <sup>2</sup>	φ <sub>b</sub>	A m <sup>2</sup>	φ	TIPOLOGIA	B_EST mm	B_INT mm	h m	alpha rd	A m <sup>2</sup>	P m	R m	n s/m <sup>1/3</sup>	V m/s	Q mc/s
CANALETTA A	A 0 - A 1	11.00	0.046	0	15.00	29.70	0.90	0.00	0.60	0.00	0.40	29.70	0.90	RETT	300	200	0.020	-	0.004	0.24	0.02	0.015	0.96	0.0038
	A 1 - A 2	11.00	0.066	0.04	15.00	59.40	0.90	0.00	0.60	0.00	0.40	59.40	0.90	RETT	300	200	0.026	-	0.005	0.25	0.02	0.015	1.33	0.0071
	A 2 - A 3	11.00	0.068	0.10	15.00	59.40	0.90	0.00	0.60	0.00	0.40	59.40	0.90	RETT	300	200	0.023	-	0.005	0.25	0.02	0.015	1.25	0.0057
	A 3 - A 4	25.05	0.003	0.15	15.00	59.40	0.90	0.00	0.60	0.00	0.40	59.40	0.90	RETT	300	200	0.044	-	0.009	0.29	0.03	0.015	0.37	0.0033
CANALETTA B	A 7 - A 6	11.00	0.028	0.00	15.00	29.70	0.90	0.00	0.60	0.00	0.40	29.70	0.90	RETT	300	200	0.022	-	0.004	0.24	0.02	0.015	0.80	0.0036
	A 6 - A 4	19.65	0.068	0.05	15.00	82.76	0.90	0.00	0.60	0.00	0.40	82.76	0.90	RETT	300	200	0.030	-	0.006	0.26	0.02	0.015	1.45	0.0088

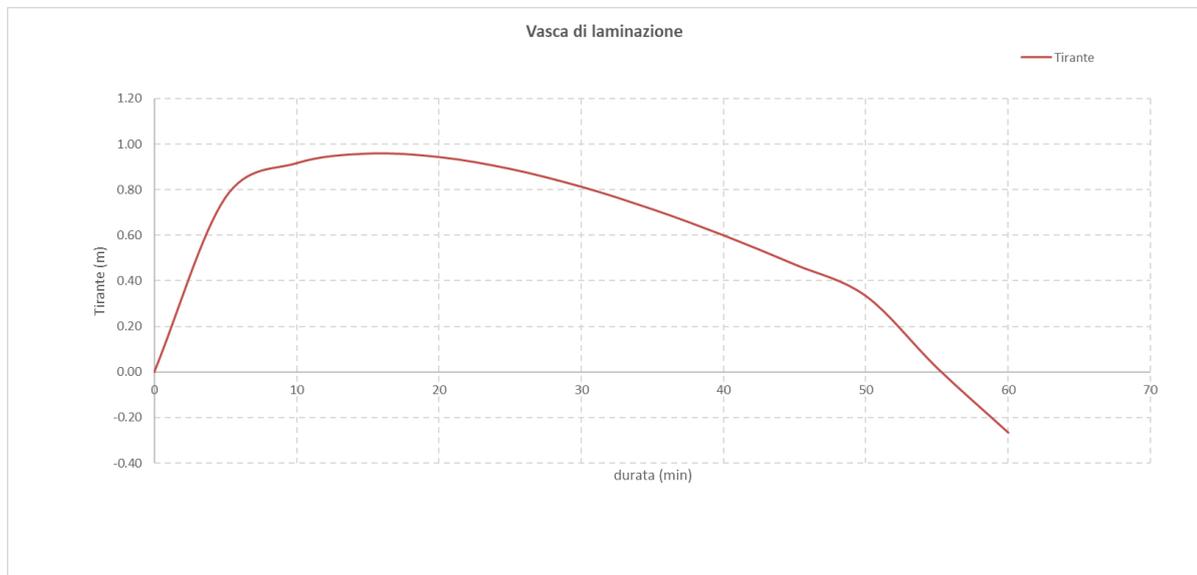
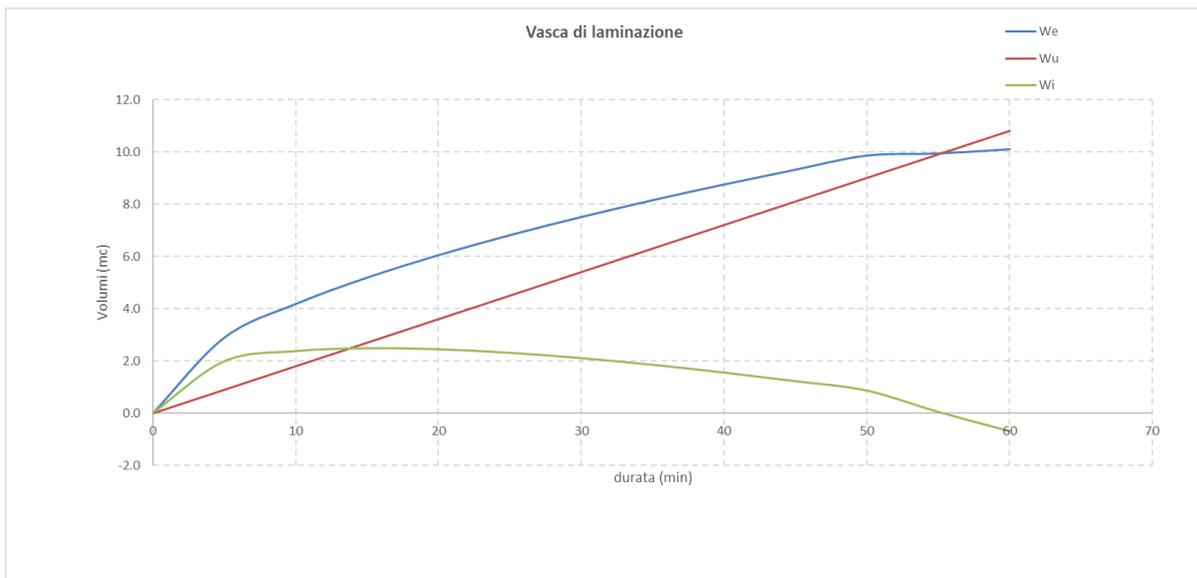
Tabella 9-1.1 - Determinazione portata critica - ID identificativo canaletta; L lunghezza canaletta; s pendenza longitudinale canaletta; W<sub>c-1</sub> volume accumulato all'interno della rete delle canalette a monte del tratto indagato; w<sub>0</sub> volume specifico dei piccoli invasi; A<sub>pav</sub>/φ<sub>pav</sub>: superficie e coefficiente di afflusso della pavimentazione stradale; A<sub>scp</sub>/φ<sub>scp</sub> superficie e coefficiente di afflusso della scarpata stradale; A<sub>b</sub>/φ<sub>b</sub> superficie e coefficiente di afflusso del bacino esterno; A superficie equivalente; φ coefficiente di afflusso medio; TIPOLOGIA canaletta; B\_EST base esterna; B\_INT base interna; h tirante idraulico; alpha angolo al centro per assegnato tirante; A area bagnata; P perimetro bagnato; R raggio idraulico; n coefficiente di scabrezza di Manning; V velocità di deflusso; Q capacità della condotta per assegnato tirante.

	Metodo dell'Invaso italiano - verifica									
	ID	W <sub>ci</sub> m <sup>3</sup>	w m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	a mm/h <sup>n</sup>	a m/h <sup>n</sup>	n	u l/s/ha	Q mc/s	G %	V m/s
<b>CANALETTA A</b>	A 0 - A 1	0.09	0.00297	76.50	0.0765	0.533	1248.97	0.0037	9.9	0.96
	A 1 - A 2	0.19	0.00322	76.50	0.0765	0.533	1165.36	0.0069	13.2	1.33
	A 2 - A 3	0.24	0.00406	76.50	0.0765	0.533	949.38	0.0056	11.4	1.25
	A 3 - A 4	0.46	0.00781	76.50	0.0765	0.533	535.53	0.0032	22.2	0.37
<b>CANALETTA B</b>	A 7 - A 6	0.09	0.00317	76.50	0.0765	0.533	1181.88	0.0035	11.2	0.80
	A 6 - A 4	0.29	0.00354	76.50	0.0765	0.533	1071.15	0.0089	15.2	1.45

Tabella 9-1.2 – Verifica della rete di drenaggio - ID: identificativo collettore/canaletta/fosso; W<sub>ci</sub> volume di invaso a monte della sezione di chiusura indagata; w volume specifico di invaso totale; a, n coefficienti della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora; u coefficiente udometrico; Q capacità del collettore/canaletta/fosso per assegnato tirante; G grado di riempimento; V velocità di deflusso.

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RISL230X0001	A

## 9.2 VASCA DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

<b>d</b> <b>m</b>	<b>We</b> <b>m<sup>3</sup></b>	<b>Wu</b> <b>m<sup>3</sup></b>	<b>Wi</b> <b>m<sup>3</sup></b>	<b>h</b> <b>m</b>
0	0.0	0.0	0.00	0.00
5	2.9	0.9	1.99	0.77
10	4.2	1.8	2.38	0.92
15	5.2	2.7	2.49	0.96
20	6.1	3.6	2.46	0.94
25	6.8	4.5	2.32	0.89
30	7.5	5.4	2.12	0.81
35	8.2	6.3	1.86	0.72
40	8.8	7.2	1.56	0.60
45	9.3	8.1	1.23	0.47
50	9.9	9.0	0.87	0.33
55	9.9	9.9	0.05	0.02
60	10.1	10.8	-0.69	-0.27

Verifica volumetrica della vasca (metodo delle sole piogge). In alto: andamento del volume accumulato e andamento del tirante idraulico in vasca. We: volume entrante; Wu: volume uscente; Wi: volume accumulato; in basso: tabella di verifica

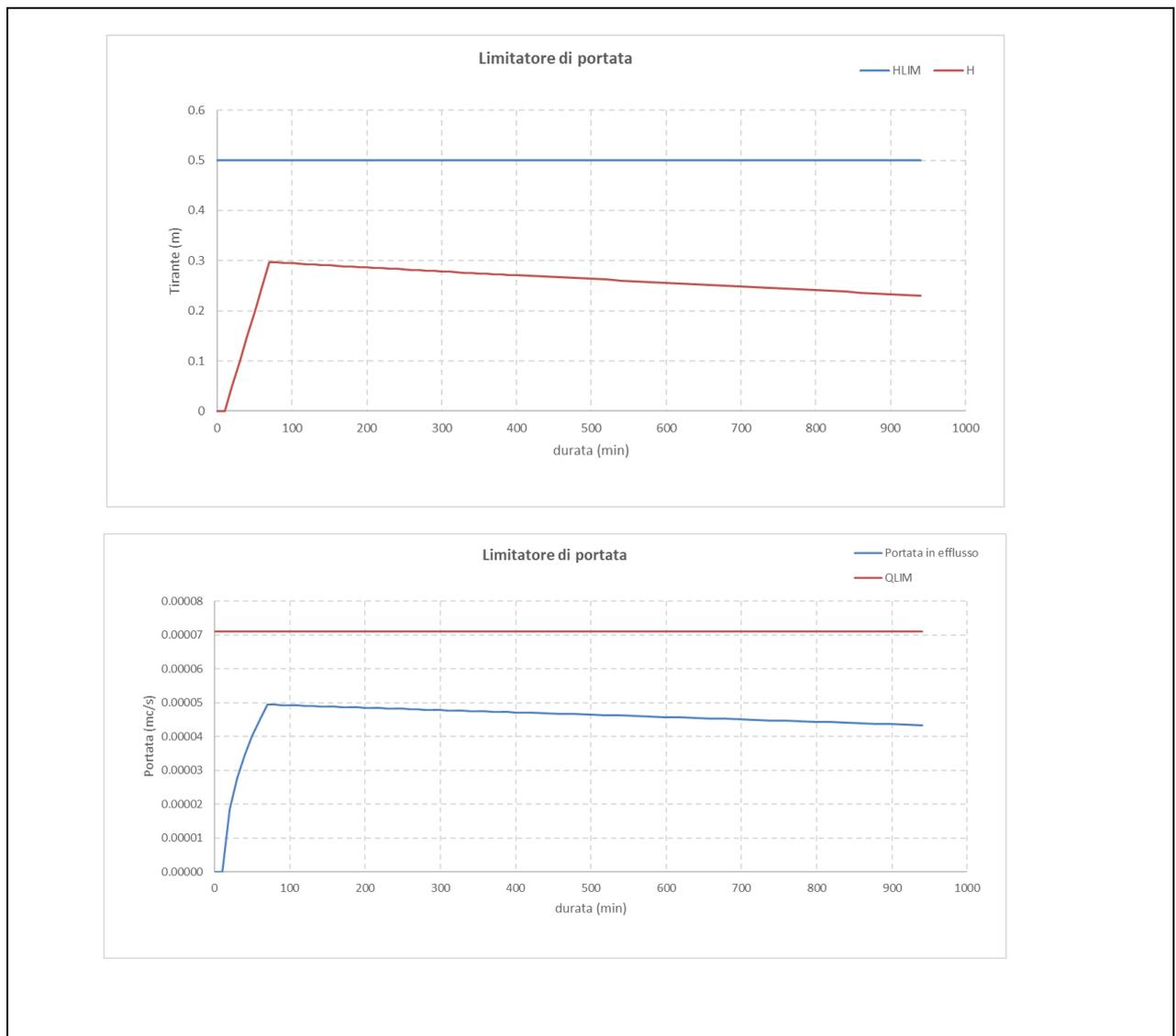
GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RISL230X0001	A

### 9.3 CALCOLO FOSSO + CONDOTTA LIMITATRICE DI PORTATA

#### 9.3.1 Fosso di Guardia

Dati di progetto	Dati geometrici del fosso					Dati della condotta limitatrice di portata				
Q m <sup>3</sup> /s	L m	b m	H m	B m	Bm m	D m	n s/m <sup>1/3</sup>	Ld m	Rd	s
0.003	36.00	0.5	0.5	1.5	1	0.01	0.015	1	1.025	0.003

Tabella 9. 3.1 - Dati di progetto. Q: portata di efflusso sistema di laminazione; L: lunghezza longitudinale fosso; b: base minore fosso; H: altezza fosso; B: base maggiore fosso; Bm: base media fosso; D, n, Ld: diametro, scabrezza e lunghezza condotta limitatrice di portata; Rd: un parametro che tiene conto della tipologia di condotta; s: pendenza longitudinale della condotta.



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2RISL230X0001
				A

d m	Ve m <sup>3</sup>	h <sub>i</sub> m	Y0	Y0-0.64	Y0-0.9	Rd*	Funzionamento	qd	Qu m <sup>3</sup> /s	Vu m <sup>3</sup>	Vi m <sup>3</sup>	h <sub>i+1</sub> m
0	0.00	0.00	0.00	-0.6	-0.9	0.162	UNIFORME	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
10	1.80	0.00	0.00	-0.6	-0.9	0.162	UNIFORME	0.000	0.00000	0.00	1.80	0.05
20	3.60	0.05	5.00	4.4	4.1	0.072	TRANSIZIONE	0.595	0.00002	0.01	3.59	0.10
30	5.40	0.10	9.97	9.3	9.1	0.078	TRANSIZIONE	0.885	0.00003	0.03	5.37	0.15
40	7.20	0.15	14.92	14.3	14.0	0.080	TRANSIZIONE	1.101	0.00003	0.05	7.15	0.20
50	9.00	0.20	19.87	19.2	19.0	0.081	TRANSIZIONE	1.280	0.00004	0.07	8.93	0.25
60	10.80	0.25	24.80	24.2	23.9	0.081	TRANSIZIONE	1.437	0.00005	0.10	10.70	0.30
70	10.80	0.30	29.72	29.1	28.8	0.082	TRANSIZIONE	1.579	0.00005	0.13	10.67	0.30
80	10.80	0.30	29.64	29.0	28.7	0.082	TRANSIZIONE	1.576	0.00005	0.16	10.64	0.30
90	10.80	0.30	29.56	28.9	28.7	0.082	TRANSIZIONE	1.574	0.00005	0.19	10.61	0.29
100	10.80	0.29	29.48	28.8	28.6	0.082	TRANSIZIONE	1.572	0.00005	0.22	10.58	0.29
110	10.80	0.29	29.39	28.8	28.5	0.082	TRANSIZIONE	1.570	0.00005	0.25	10.55	0.29
120	10.80	0.29	29.31	28.7	28.4	0.082	TRANSIZIONE	1.567	0.00005	0.28	10.52	0.29
130	10.80	0.29	29.23	28.6	28.3	0.082	TRANSIZIONE	1.565	0.00005	0.31	10.49	0.29
140	10.80	0.29	29.15	28.5	28.2	0.082	TRANSIZIONE	1.563	0.00005	0.34	10.46	0.29
150	10.80	0.29	29.07	28.4	28.2	0.082	TRANSIZIONE	1.560	0.00005	0.37	10.43	0.29
160	10.80	0.29	28.99	28.3	28.1	0.082	TRANSIZIONE	1.558	0.00005	0.39	10.41	0.29
170	10.80	0.29	28.90	28.3	28.0	0.082	TRANSIZIONE	1.556	0.00005	0.42	10.38	0.29
180	10.80	0.29	28.82	28.2	27.9	0.082	TRANSIZIONE	1.554	0.00005	0.45	10.35	0.29
190	10.80	0.29	28.74	28.1	27.8	0.082	TRANSIZIONE	1.551	0.00005	0.48	10.32	0.29
200	10.80	0.29	28.66	28.0	27.8	0.082	TRANSIZIONE	1.549	0.00005	0.51	10.29	0.29
210	10.80	0.29	28.58	27.9	27.7	0.082	TRANSIZIONE	1.547	0.00005	0.54	10.26	0.28
220	10.80	0.28	28.50	27.9	27.6	0.082	TRANSIZIONE	1.545	0.00005	0.57	10.23	0.28
230	10.80	0.28	28.42	27.8	27.5	0.082	TRANSIZIONE	1.542	0.00005	0.60	10.20	0.28
240	10.80	0.28	28.34	27.7	27.4	0.082	TRANSIZIONE	1.540	0.00005	0.63	10.17	0.28
250	10.80	0.28	28.26	27.6	27.4	0.082	TRANSIZIONE	1.538	0.00005	0.66	10.14	0.28
260	10.80	0.28	28.18	27.5	27.3	0.081	TRANSIZIONE	1.536	0.00005	0.68	10.12	0.28
270	10.80	0.28	28.10	27.5	27.2	0.081	TRANSIZIONE	1.533	0.00005	0.71	10.09	0.28
280	10.80	0.28	28.02	27.4	27.1	0.081	TRANSIZIONE	1.531	0.00005	0.74	10.06	0.28
290	10.80	0.28	27.94	27.3	27.0	0.081	TRANSIZIONE	1.529	0.00005	0.77	10.03	0.28
300	10.80	0.28	27.86	27.2	27.0	0.081	TRANSIZIONE	1.527	0.00005	0.80	10.00	0.28

Tabella 9. 3.2 - Tabella di calcolo. d: durata; Ve: volume entrante; h<sub>i</sub>: tirante idraulico all'istante iesimo; Y0: altezza a-dimensionalizzata; Rd\*: parametro di soglia relativo al funzionamento della condotta limitatrice; qd: portata a-dimensionalizzata; Qu: portata in uscita; Vu: volume in uscita; Vi: volume accumulato; h<sub>i+1</sub>: tirante idraulico all'istante iesimo+1.