

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  
IN83 - DEVIAZIONE VIABILITA' DAL Km 7+508,32 AL Km 7+807,63  
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	I	N	8	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 	30/07/21	C.Pinti 	30/07/21	P. Luciani 	30/07/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RIIN830X001A
		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 EI2RIIN830X0001	A

## INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3.	ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
4.	SINTESI DEGLI STUDI IDROLOGICI	6
5.	DESCRIZIONE DEI PRESIDI IDRAULICI ADOTTATI PER IL DRENAGGIO E LA LAMINAZIONE	7
6.	PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	9
6.1	PROGETTAZIONE DELL'INTERASSE MINIMO DEGLI EMBRICI E DELLE CUNETTE ALLA FRANCESE	10
6.2	PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO	12
7.	VERIFICA DELLE OPERE MINORI	15
8.	CONCLUSIONI	19
9.	ALLEGATI DI CALCOLO	20
9.1	DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO	20

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001	A

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra la metodologia adottata e i risultati ottenuti per la progettazione del sistema di drenaggio dell'interferenza viaria "IN83 - DEVIAZIONE VIABILITA' DAL Km 7+508,32 AL Km 7+807,63", 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 (embrici, cunette e fossi);
- Capitolo 7 – verifica delle opere minori;
- 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 degli Enti Territoriali Competenti (Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001	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 - IN0D00D11ISIN8300001B);
- Idraulica dei sistemi fognari. Dalla teoria alla pratica (Gisonni C., Hager W.H.).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RIIN830X001 A

### 3. ELABORATI DI RIFERIMENTO

1. IN1712EI2P8IN830X001A – Planimetria idraulica;
2. IN1712EI2BZIN830X001A – Particolari idraulici.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001	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 fittizia 50% Buttapietra-50% Arcole (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
84.95	0.61	77.55	0.13

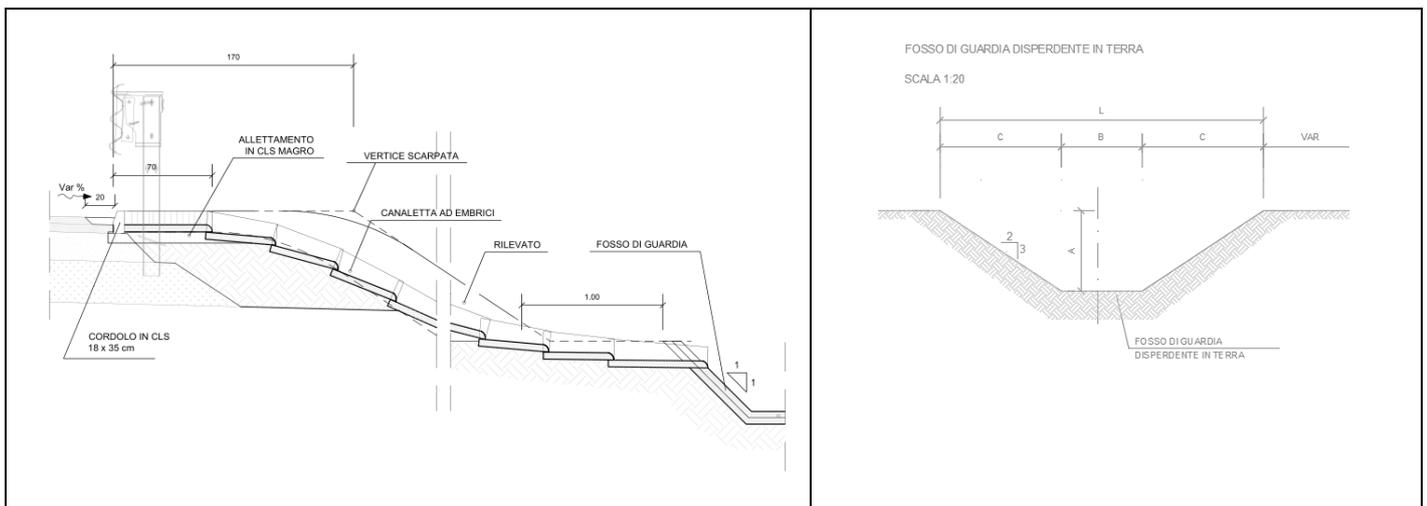
Tabella 4-1 - Parametri delle CPP relativi a un evento con periodicità statistica cinquantennale

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RIIN830X0001</p>	<p>A</p>

## 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 rilevato - lo smaltimento dei volumi meteorici intercettati dalla piattaforma stradale è realizzato a mezzo di embrici che convogliano le portate ai fossi di guardia in terra, sezione trapezoidale posti a presidio del rilevato stradale (base 0.50 m, profondità 0.50 m e pendenza 2/3).



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

Tabella 5-1 – Sistema di drenaggio per porzioni di viabilità in rilevato. In alto a sinistra: embrici; in alto a destra: tipo del fosso di guardia in terra; in basso: tabella delle dimensioni.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



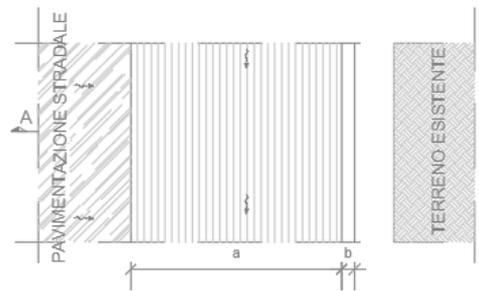
Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2RIIN830X0001	A

2. Viabilità in trincea o in prossimità delle pile dei ponti - lo smaltimento dei volumi meteorici intercettati dalla piattaforma stradale è realizzato a mezzo di cunette alla francese prefabbricate in calcestruzzo di dimensioni 80x37 cm (dimensioni utili 65x10 cm).

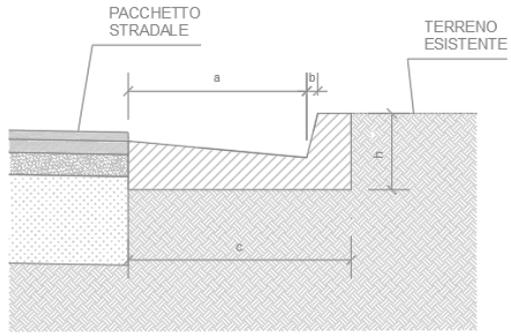
CUNETTA ALLA FRANCESE

SCALA 1:20

PIANTA



SEZIONE A-A



TIPO	B (mm)	H (mm)
80x37	800	370

Tabella 5-2 – Sistema di drenaggio. In alto: cunetta alla francese prefabbricata in calcestruzzo; in basso a sinistra: tabella delle dimensioni della cunetta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RIIN830X0001 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 rilevato vengono intercettati tramite embrici opportunamente disposti secondo un interasse che sarà calcolato nei paragrafi a seguire. I contributi raccolti in questo sistema di drenaggio vengono recapitati tramite fossi di guardia in terra ai ricettori esistenti.

La determinazione del massimo interasse ammissibile per gli embrici è realizzata raffrontando la portata critica generata da un evento di pioggia ( $t_c=10\text{min}$  – formula razionale) con la capacità idraulica della porzione di piattaforma individuata tra cordolo e banchina (deflusso in condizioni di moto uniforme).

La verifica della cunetta alla francese è realizzata raffrontando la portata critica generata da un evento di pioggia ( $t_c=10\text{min}$  – formula razionale) con la capacità idraulica della porzione di piattaforma individuata tra cordolo e banchina (deflusso in condizioni di moto uniforme) e della cunetta.

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 EI2RIIN830X0001 A

## 6.1 PROGETTAZIONE DELL'INTERASSE MINIMO DEGLI EMBRICI E DELLE CUNETTE ALLA FRANCESE

Il dimensionamento dell'interasse di posizionamento è realizzato raffrontando la capacità del manufatto con le portate convogliate nella porzione di piattaforma compresa tra banchina e cordolo, rispetto a un evento meteorico di progetto.

L'analisi è condotta nell'ipotesi che, per i presidi in esame, i fenomeni di natura cinematica prevalgano rispetto alle condizioni di accumulo volumetrico, rendendo di fatto applicabile la formula razionale per la determinazione del picco di piena.

L'evento di progetto è calcolato per un periodo di ritorno pari a 50anni e un tempo di corrivazione del bacino drenato non superiore a 10 minuti.

Alle condizioni indicate, la portata critica risulta:

$$Q(d, TR) = ad^{n-1}L \sum_i^n \varphi_i b_i$$

Con a ed n parametri delle CPP per assegnato periodo di ritorno,  $\varphi_i$  coefficiente di afflusso in rete, L lunghezza dell'interasse massimo tra condotte e  $b_i$  larghezza del bacino drenato.

La capacità di convogliamento per la porzione di piattaforma compresa tra banchina e cordolo è determinata ipotizzando che la massima superficie bagnata generata non ecceda i 100 cm. In tali condizioni, ipotizzando una pendenza media trasversale del 2.5%, il tirante massimo individuato è pari a 2.5cm.

La capacità di convogliamento della cunetta alla francese è determinata ipotizzando che la massima superficie bagnata generata non ecceda gli 65 cm. In tali condizioni, ipotizzando una pendenza media trasversale del 2.5%, il tirante massimo individuato è pari a 10cm.

La massima portata è dunque:

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

Con n coefficiente di scabrezza di Manning ( $n=0.015$  s/m<sup>1/3</sup>), R raggio idraulico,  $\sigma$  sezione bagnata e s pendenza media della viabilità.

I risultati del dimensionamento dell'interasse sono di seguito riportati. Come è possibile osservare, per valori di pendenza media e ingombro di piattaforma variabili la capacità dell'embrice eccede

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RIIN830X0001	A

sempre quella del sistema cordolo + piattaforma. A vantaggio di sicurezza, per l'intervento in esame, si fissa un valore massimo dell'interasse non superiore a 15m per gli embrici.

sl m/m	L m	B m	A m <sup>2</sup>	b m	Qc m <sup>3</sup> /s	h m	σ m <sup>2</sup>	v m/s	Qd m <sup>3</sup> /s	Qg m <sup>3</sup> /s	Ld m
0.002	15.70	5.00	78.52	1.00	0.003	0.03	0.01	0.26	0.003	0.08425	15
0.005	24.83	5.00	124.15	1.00	0.005	0.03	0.01	0.41	0.005	0.08425	20
0.01	35.11	5.00	175.57	1.00	0.007	0.03	0.01	0.58	0.007	0.08425	20
0.015	43.01	5.00	215.03	1.00	0.009	0.03	0.01	0.72	0.009	0.08425	20
0.02	49.66	5.00	248.30	1.00	0.010	0.03	0.01	0.83	0.010	0.08425	20
0.025	55.52	5.00	277.61	1.00	0.012	0.03	0.01	0.92	0.012	0.08425	20
0.03	60.82	5.00	304.10	1.00	0.013	0.03	0.01	1.01	0.013	0.08425	20

sl m/m	L m	B m	A m <sup>2</sup>	b m	Qc m <sup>3</sup> /s	h m	σ m <sup>2</sup>	v m/s	Qd m <sup>3</sup> /s	Qg m <sup>3</sup> /s	Ld m
0.002	7.85	10.00	78.52	1.00	0.003	0.03	0.01	0.26	0.003	0.08425	7
0.005	12.41	10.00	124.15	1.00	0.005	0.03	0.01	0.41	0.005	0.08425	12
0.01	17.56	10.00	175.57	1.00	0.007	0.03	0.01	0.58	0.007	0.08425	17
0.015	21.50	10.00	215.03	1.00	0.009	0.03	0.01	0.72	0.009	0.08425	20
0.02	24.83	10.00	248.30	1.00	0.010	0.03	0.01	0.83	0.010	0.08425	20
0.025	27.76	10.00	277.61	1.00	0.012	0.03	0.01	0.92	0.012	0.08425	20
0.03	30.41	10.00	304.10	1.00	0.013	0.03	0.01	1.01	0.013	0.08425	20

I risultati della verifica della cunetta alla francese sono di seguito riportati. Come è possibile osservare dalla tabella riportata di seguito, la verifica della cunetta alla francese di dimensioni 80x37 cm è verificata.

SEZ3-SEZ6										
sl m/m	L m	B m	A m <sup>2</sup>	b m	Qd m <sup>3</sup> /s	h m	σ m <sup>2</sup>	v m/s	Qc m <sup>3</sup> /s	
0.062	32.00	2.25	72.00	0.65	0.0026	0.10	0.0325	3.63	0.1180	

Tabella 6 1 – Verifica cunetta alla francese – sl pendenza longitudinale; L: lunghezza viabilità; B: larghezza piattaforma; A: superficie drenata; b: larghezza cunetta; Qd: portata di progetto drenata; h: massimo tirante idraulico; σ: sezione bagnata; V: velocità massima di deflusso; Qc: portata critica.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001	A

## 6.2 PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

Il presente paragrafo illustra sinteticamente la procedura adottata per il dimensionamento della rete 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 EI2RIIN830X0001	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 20 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 EI2RIIN830X0001	A

Ricavato il coefficiente uometrico, 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:  $n=0.015 \text{ s/m}^{1/3}$ ; Terra:  $n=0.030 \text{ s/m}^{1/3}$ ), 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 "aperti" (Fossi):
  - Franco idraulico minimo > 5cm
  - Velocità di deflusso – [0.1 – 5] m/s.

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

- La rete è costituita da fossi di guardia prefabbricati in calcestruzzo di altezza pari a 500mm e base di 500mm;
- Il grado di riempimento dei fossi è ovunque inferiore al 50% della sezione utile;
- La velocità di deflusso è compresa tra 0.11 e 1.51 m/s.

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001	A

## 7. VERIFICA DELLE OPERE MINORI

Il presente paragrafo illustra la procedura adottata per il dimensionamento idraulico delle opere necessarie a garantire la continuità idraulica del fosso di guardia B e del canale esistente, rappresentate da due condotte in calcestruzzo di dimensioni DN 630 e DN 1500. Il primo manufatto è soggetto a una portata calcolata con metodo dell'invaso pari a 5l/s mentre il secondo è soggetto a una portata pari a 18.30l/s (dato base).

Il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento, a sezione chiusa, dipende in generale da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma e la geometria dell'imbocco;
- la scabrezza.

Le verifiche necessarie per garantire la compatibilità idraulica dei tombini sono di diverso tipo a seconda che si consideri di determinarne il funzionamento all'imbocco (inlet control), il funzionamento all'interno della canna per le quali possono ritenersi cautelative le condizioni di moto uniforme e il possibile effetto di rigurgito da valle (outlet control).

La sola verifica di moto uniforme, rappresentativa delle condizioni di deflusso nella canna per tombini idraulicamente lunghi, non garantisce in generale dal possibile funzionamento in pressione che può generarsi in corrispondenza dell'imbocco, a causa della modifica della geometria della sezione e della necessaria variazione di pendenza all'interno dell'opera realizzata.

Al fine di determinare in modo cautelativo la capacità idraulica della sezione di progetto dell'opera, si è verificata la capacità della sezione d'imbocco, considerando che in corrispondenza dello stesso possano verificarsi condizioni di passaggio attraverso lo stato critico (transizione da corrente lenta a corrente veloce). In tale condizioni, appare comunque adeguatamente cautelativo fare riferimento alle quote del carico idraulico totale a monte dell'opera stessa, includendo le perdite di carico che possono verificarsi in corrispondenza dell'imbocco stesso.

Per quanto riguarda le determinazioni delle caratteristiche del deflusso in corrispondenza dell'imbocco si è ipotizzato il passaggio attraverso le condizioni critiche, caratterizzate per la sezione generica dall'equazione

$$\left. \frac{dE}{dh} \right|_{cr} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g \Omega^3} \frac{d\Omega}{dh} = 0$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001 A

- $Q$  portata di progetto ( $m^3/s$ );
- $g$  costante di gravità ( $m/s^2$ );
- $\Omega$  area della sezione bagnata ( $m^2$ );
- $\alpha$  coefficiente di Coriolis.

l'equazione precedente può essere risolta numericamente per le sezioni circolari, mentre per quelle rettangolari ci si avvale della formula esplicita:

$$h_{cr} = \left( \frac{\alpha Q^2}{g b^2} \right)^{1/3}$$

Affinché il passaggio avvenga in condizioni critiche, l'energia che ci si deve attendere a monte dell'imbocco deve essere pari all'energia minima per l'attraversamento della sezione chiusa con la portata assegnata (e dunque l'energia in condizioni critiche), data da:

$$E_{cr} = h_{cr} + \frac{\alpha Q^2}{2g\Omega_{cr}^2}$$

Nel caso specifico di corrente critica si ha che l'energia specifica  $E_{cr}$  è pari a 1.5 l'altezza  $h_{cr}$ .

Il funzionamento a superficie libera è garantito nel caso in cui l'energia a monte dell'opera non superi 1,5 volte l'altezza del tombino.

Le condizioni di moto uniforme sono utili alla determinazione dei tiranti e delle velocità che sono da attendersi nel caso la canna dell'opera abbia sufficiente lunghezza da permettere l'instaurarsi di un regime di condizioni uniformi. Tali verifiche sono state utilizzate per determinare in modo congiunto dimensioni trasversali e pendenze longitudinali dell'opera di modo da contenere le velocità all'interno del tombino. Tali velocità sono state limitate a 5 m/s in considerazione della resistenza e durabilità dei materiali e all'azione abrasiva dell'acqua e del materiale trasportato in sospensione e sul fondo.

Le verifiche sono state effettuate considerando la formula di Chezy:

$$Q = K \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (m^3/s)$$

nella quale:

- $A$  è l'area della sezione bagnata ( $m^2$ );
- $R$  è il raggio idraulico (m);
- $i$  la pendenza di progetto (m/m);

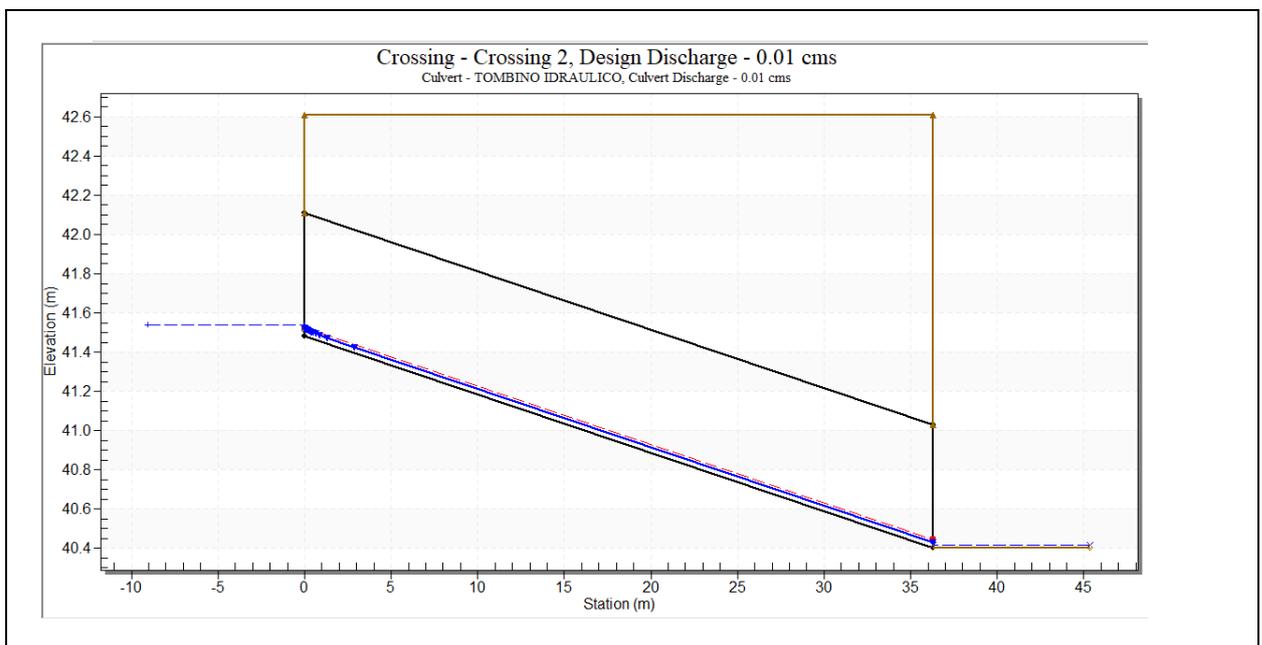
GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001	A

- K il coefficiente di scabrezza, per il quale è stato utilizzata l'espressione alla Manning;
- $K = R^{1/6}/n$ , per la quale è stato utilizzato il valore di  $0,020 \text{ sm}^{-1/3}$ .

La soluzione in forma implicita dell'equazione di Chezy fornisce i valori di tirante e velocità una volta assegnate per tentativo la geometria della sezione e la pendenza longitudinale dell'opera.

Le verifiche allo sbocco, infine, sono necessarie per determinare quei casi di possibile funzionamento rigurgitato dei tombini, con conseguente insufficienza di capacità determinata dalle condizioni di valle. Tale verifica è motivata in tutti quei casi in cui l'inalveazione posta a valle dell'opera di attraversamento, a causa della difformità della geometria della sezione o della pendenza longitudinale rispetto alla sezione dell'opera stessa, possa rappresentare una effettiva riduzione dei franchi o un incremento del rapporto di riempimento.

Per le opere oggetto di studio le analisi sono state condotte con l'ausilio del software Open Source HY-8 che permette di vagliare il comportamento relativo al deflusso dell'opera. Di seguito si rappresentano i risultati.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RIIN830X0001</p>	<p>A</p>

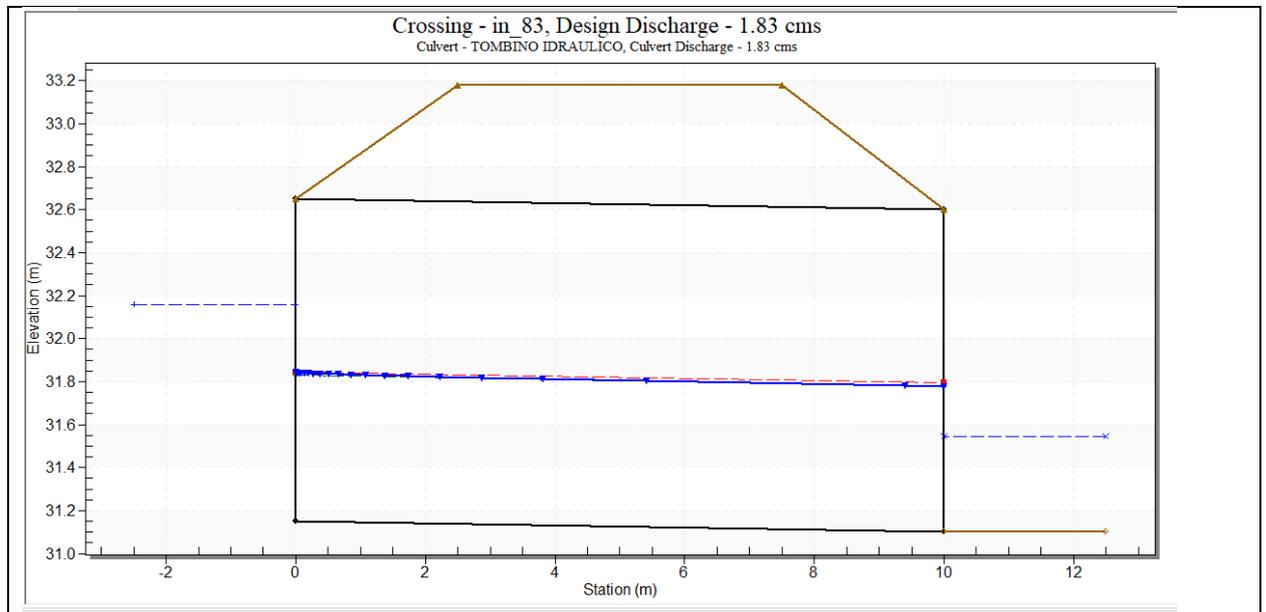


Figura 2 – Profilo di rigurgito dei tombini circolari DN 630 e DN 1500 necessari per la continuità idraulica del canale esistente e del fosso B

Le verifiche permettono di osservare che:

1. Il riempimento del manufatto si mantiene sempre inferiore al 50% della sezione disponibile;
2. La velocità di deflusso è ovunque inferiore al valore soglia di 5m/s.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RIIN830X0001	A

## 8. CONCLUSIONI

La presente relazione ha illustrato la progettazione del sistema di smaltimento idraulico dell'interferenza viaria "IN83 - DEVIAZIONE VIABILITA' DAL Km 7+508,32 AL Km 7+807,63", 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 sistema di drenaggio è prevalentemente costituito da embrici e cunette alla francese che raccolgono i volumi meteorici della viabilità in rilevato/trincea e recapitano i volumi di acqua all'interno di fossi di guardia in terra di progetto (base 0.5m profondità 0.5m e pendenza 2/3). I contributi raccolti in questo sistema di drenaggio vengono recapitati tramite i fossi ai ricettori esistenti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RIIN830X0001	A

## 9. ALLEGATI DI CALCOLO

### 9.1 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO

	Dati plano-altimetrici			Metodo dell'invaso italiano - dati di bacino												Fosso			Analisi in moto uniforme - Capacità del fosso							
	ID	L m	s m/m	W <sub>ci-1</sub> m <sup>3</sup>	w <sub>0</sub> m <sup>3</sup> /ha	B	Apavtot m <sup>2</sup>	φ <sub>pav</sub>	Ascp m <sup>2</sup>	φ <sub>sc</sub> P	B (SCARP)	Ab m <sup>2</sup>	φ <sub>b</sub>	A m <sup>2</sup>	φ	TIPOLOGIA	a m	H m	h m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	n s/m <sup>1/3</sup>	V m/s	Q mc/s	
FOSSO A	S 1 S 3	40.00	0.003	0.00	15.00	2.25	90.00	0.90	40.00	0.40	1.00	0.00	0.40	130.00	0.75	0.50	0.50	0.50	0.0378	0.02	0.58	0.03	0.030	0.19	0.004	
	S 3 S 6	40.00	0.135	0.78	15.00	0.00	90.00	0.90	40.00	0.40	0.00	0.00	0.40	130.00	0.75	0.50	0.50	0.50	0.0100	0.01	0.52	0.01	0.030	0.57	0.003	
	S 6 S 9	70.00	0.100	0.98	15.00	0.00	90.00	0.90	250.00	0.40	3.00	27.00	0.40	367.00	0.52	0.50	0.50	0.50	0.0200	0.01	0.54	0.02	0.030	0.76	0.008	
FOSSO B	S 1 S 3	40.00	0.003	0.00	15.00	2.25	90.00	0.90	40.00	0.40	1.00	0.00	0.40	130.00	0.75	0.50	0.50	0.50	0.0399	0.02	0.59	0.04	0.030	0.20	0.004	
	S 3 S 6	40.00	0.003	0.83	15.00	0.00	90.00	0.90	112.00	0.40	1.80	0.00	0.40	202.00	0.62	0.50	0.50	0.50	0.0358	0.02	0.58	0.03	0.030	0.19	0.003	
	S 6 S 9	60.00	0.160	1.57	15.00	5.50	420.00	0.90	472.00	0.40	6.00	72.00	0.40	964.00	0.62	0.50	0.50	0.50	0.0420	0.02	0.59	0.04	0.030	1.51	0.033	
FOSSO C	S 14 S 13	28.00	0.003	0.00	15.00	5.50	154.00	0.90	28.00	0.40	1.00	0.00	0.40	182.00	0.82	0.50	0.50	0.50	0.0594	0.03	0.63	0.05	0.030	0.25	0.008	
	S 13 S 12	20.00	0.003	0.87	15.00	5.50	264.00	0.90	48.00	0.40	1.00	0.00	0.40	312.00	0.82	0.50	0.50	0.50	0.0798	0.04	0.67	0.06	0.030	0.30	0.013	
	S 12 S 11	20.00	0.003	1.73	15.00	5.50	374.00	0.90	68.00	0.40	1.00	0.00	0.40	442.00	0.82	0.50	0.50	0.50	0.0958	0.05	0.71	0.07	0.030	0.33	0.017	
	S 11 S 10	20.00	0.003	2.77	15.00	5.50	484.00	0.90	88.00	0.40	1.00	0.00	0.40	572.00	0.82	0.50	0.50	0.50	0.1089	0.06	0.74	0.08	0.030	0.35	0.021	
	S 14 S 15	12.00	0.003	0.00	15.00	2.25	27.00	0.90	12.00	0.40	1.00	0.00	0.40	39.00	0.75	0.50	0.50	0.50	0.0183	0.01	0.54	0.02	0.030	0.12	0.001	
FOSSO E	S 18 S 20	50.20	0.003	0.00	15.00	2.25	112.95	0.90	60.24	0.40	1.20	0.00	0.40	173.19	0.73	0.50	0.50	0.50	0.0453	0.02	0.60	0.04	0.030	0.22	0.005	
	S 20 S 22	40.00	0.003	1.18	15.00	5.50	332.95	0.90	100.24	0.40	1.00	0.00	0.40	433.19	0.78	0.50	0.50	0.50	0.0864	0.05	0.69	0.07	0.030	0.31	0.014	
	S 22 S 24	40.00	0.003	3.04	15.00	5.50	552.95	0.90	140.24	0.40	1.00	0.00	0.40	693.19	0.80	0.50	0.50	0.50	0.1134	0.06	0.75	0.08	0.030	0.35	0.022	
	S 24 S 26	23.00	0.003	5.54	15.00	2.25	604.70	0.90	163.24	0.40	1.00	0.00	0.40	767.94	0.79	0.50	0.50	0.50	0.1150	0.06	0.75	0.08	0.030	0.36	0.023	
FOSSO F	S 23 S 24	20.00	0.003	7.00	15.00	2.25	45.00	0.90	183.24	0.40	1.00	0.00	0.40	228.24	0.50	0.50	0.50	0.50	0.0222	0.01	0.55	0.02	0.030	0.14	0.002	
	S 24 S 26	25.10	0.003	7.22	15.00	2.25	101.48	0.90	208.34	0.40	1.00	0.00	0.40	309.82	0.56	0.50	0.50	0.50	0.0275	0.01	0.56	0.03	0.030	0.16	0.002	

Tabella 9-1.1 - Determinazione portata critica - ID identificativo fosso; L lunghezza; s pendenza longitudinale; W<sub>ci-1</sub> volume accumulato all'interno della rete di a monte del tratto indagato; w<sub>0</sub> volume specifico dei piccoli invasi; Apav/φ<sub>pav</sub>: superficie e coefficiente di afflusso della pavimentazione stradale; Ascp/φ<sub>sc</sub> superficie e coefficiente di afflusso della scarpata stradale; Ab/φ<sub>b</sub> superficie e coefficiente di afflusso del bacino esterno; A superficie equivalente; φ coefficiente di afflusso medio; TIPOLOGIA fosso; a base fosso; H altezza fosso; 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 del fosso per assegnato tirante.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RIIN830X0001	A

	Metodo dell'invaso italiano - verifica								
	$Wc_i$ $m^3$	$w$ $m^3/m^2$	$a$ $mm/h$ $n$	$a$ $m/h^n$	$n$	$u$ $l/s/ha$	$Q$ $mc/s$	$G$ $\%$	$V$ $m/s$
FOSSO A	0.98	0.0075	84.95	0.08495	0.610	327.63	0.004	<b>8%</b>	0.19
	1.18	0.0091	84.95	0.08495	0.610	290.65	0.004	<b>2%</b>	0.57
	2.25	0.0061	84.95	0.08495	0.610	208.48	0.008	<b>4%</b>	0.76
FOSSO B	1.02	0.0079	84.95	0.08495	0.610	318.37	0.004	<b>8%</b>	0.20
	1.87	0.0093	84.95	0.08495	0.610	213.27	0.004	<b>7%</b>	0.19
	4.32	0.0045	84.95	0.08495	0.610	334.79	0.032	<b>8%</b>	1.51
FOSSO C	1.15	0.0063	84.95	0.08495	0.610	430.49	0.008	<b>12%</b>	0.25
	2.20	0.0070	84.95	0.08495	0.610	401.13	0.013	<b>16%</b>	0.30
	3.43	0.0078	84.95	0.08495	0.610	376.88	0.017	<b>19%</b>	0.33
	4.82	0.0084	84.95	0.08495	0.610	357.63	0.020	<b>22%</b>	0.35
	0.17	0.0044	84.95	0.08495	0.610	464.35	0.002	<b>4%</b>	0.12
	0.36	0.0061	84.95	0.08495	0.610	283.27	0.002	<b>3%</b>	0.11
	0.56	0.0071	84.95	0.08495	0.610	218.71	0.002	<b>3%</b>	0.12
FOSSO E	1.44	0.0083	84.95	0.08495	0.610	293.34	0.005	<b>9%</b>	0.22
	3.69	0.0085	84.95	0.08495	0.610	327.98	0.014	<b>17%</b>	0.31
	6.58	0.0095	84.95	0.08495	0.610	315.61	0.022	<b>23%</b>	0.35
	8.15	0.0106	84.95	0.08495	0.610	290.80	0.022	<b>23%</b>	0.36
FOSSO F	7.57	0.0332	84.95	0.08495	0.610	65.51	0.001	<b>4%</b>	0.14
	8.04	0.0260	84.95	0.08495	0.610	93.68	0.003	<b>6%</b>	0.16

Tabella 9-1.2 – Verifica della rete di drenaggio - ID: identificativo collettore/canaletta/fosso;  $Wc_i$  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.