

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

DEPOSITI DEFINITIVI IN VAL RIGA

DEPOSITI DEFINITIVI IN VAL RIGA - A - VORDERRIGGER Relazione idraulica

SCALA:

-

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

IBL1 10 D 11 RI RI0320 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione definitiva per CdS	E. Lombardo	05.03.2013	P. Tascione	06.03.2013	C. Mazzocchi	07.03.2013	F. Sacchi	07.03.2013

ITALFERR S.p.A.
 U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA
 Dott. Ing. FRANCESCO SACCHI
 Ufficio degli Istituti di Progettazione
 Roma

Stampato dal Service

File: IBL110D11RIRI0320001A.doc

di plottaggio ITALFERR S.p.A.

n. Elab.:

ALBA s.r.l.

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTAZIONE, NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	5
2.2	NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI, LINEE GUIDA E MANUALI	6
3	IDROLOGIA.....	7
3.1	CALCOLO DELLE LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	7
4	DIMENSIONAMENTO DELLE CANALETTE.....	8
4.1	PORTATA AL COLMO.....	8
4.2	DIMENSIONAMENTO DELLA SEZIONE	12
4.3	RISULTATI	13
4.3.1	<i>Dimensionamento della sezione semicircolare prefabbricata in CLS.....</i>	<i>13</i>
4.3.2	<i>Canaletta trapezoidale in pietrame costituente il fosso di guardia perimetrale</i>	<i>16</i>
4.3.3	<i>Canaletta trapezoidale in pietrame costituente il sistema di drenaggio definitivo</i>	<i>19</i>
5	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI REGIMAZIONE IDRAULICA	24
5.1	SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI OPERE DI DRENAGGIO.....	24
5.2	CANALETTE IN PIETRAMA	25
5.2.1	<i>Caratteristiche.....</i>	<i>25</i>
5.2.2	<i>Descrizione delle lavorazioni.....</i>	<i>25</i>
5.3	CANALETTE SEMICIRCOLARI IN CLS PREFABBRICATO	25
5.3.1	<i>Caratteristiche.....</i>	<i>25</i>
5.3.2	<i>Descrizione delle lavorazioni.....</i>	<i>26</i>
5.4	POZZETTI.....	26
5.4.1	<i>Caratteristiche.....</i>	<i>26</i>

5.4.2	<i>Descrizione delle lavorazioni</i>	26
5.5	TRINCEA DISPERDENTE.....	26
5.5.1	<i>Caratteristiche</i>	26
5.5.2	<i>Descrizione delle lavorazioni</i>	27
5.6	TRINCEA DRENANTE.....	27
5.6.1	<i>Caratteristiche</i>	27
5.6.2	<i>Descrizione delle lavorazioni</i>	27
5.7	TUBAZIONI MICRO FESSURATE PER DRENAGGIO PROFONDO.....	28
5.7.1	<i>Caratteristiche</i>	28
5.7.2	<i>Descrizione delle lavorazioni</i>	28

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	Relazione idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IBL1	10	D 11 RI	RI 03 20 001	A	4 di 28

1 PREMESSA

Il progetto in esame riguarda l'asse ferroviario Monaco – Verona, accesso sud alla galleria di base del Brennero ed in particolare il quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, Lotto 1: Fortezza – Ponte Gardena.

Nell'ambito di tale progetto si prevede anche la sistemazione dei depositi comunemente indicati come depositi in Val Riga. Tali depositi sono: deposito di Forch, deposito A (Vorderrigger), deposito B (Plaikner) e deposito C (Plattner). Tali depositi verranno sfruttati nella prima fase del progetto per cavare il materiale utile alle lavorazioni; in seconda battuta il progetto prevede il ripristino e la sistemazione di tali aree mediante un rinterro per recuperare la quota topografica. Sia in fase provvisoria di scavo sia in fase definitiva, il progetto prevede delle sistemazioni idrauliche per la regimazione delle acque meteoriche.

In accordo a quanto previsto in normativa (Doc. rif [12]), le acque di origine meteorica dilavanti la superficie dei depositi è da ritenersi pulita e quindi recapitabile direttamente nel fiume Isarco o nel sottosuolo senza bisogno di alcun trattamento preventivo. Nel sistema di drenaggio sono escluse le acque del cantiere che saranno oggetto del progetto della cantierizzazione (con gli opportuni trattamenti richiesti).

In particolare la presente relazione idraulica riguarda le sistemazioni idrauliche in fase di scavo e in fase definitiva di progetto per l'area A (Vorderrigger) dei depositi di Val Riga.

Lungo il perimetro esterno dell'area sono previsti degli interventi definitivi sin dalla fase di scavo:

- a valle dell'area è previsto un fosso di guardia esterno di convogliamento delle acque bianche. Lungo tale fosso sono presenti pozzetti di recapito e collegamento. Tale fosso, che raccoglierà in fase definitiva le acque meteoriche che competono alla porzione di copertura afferente a tale bordo dell'area, è strutturato in modo tale da convogliare le acque bianche in un pozzo di recapito finale dal quale partirà un canale per lo scarico delle acque verso il fiume Isarco.
- a monte dell'area di intervento è prevista una trincea disperdente per la regimazione e scarico delle acque provenienti dai bacini naturali esterni all'area e della porzione di copertura afferente a tale bordo dell'area e che non possono essere scaricate a valle a gravità.

Per la fase di scavo, lungo le banche e lungo le scarpate, sono previste delle canalette semicircolari in CLS prefabbricate per la regimazione delle acque meteoriche. Tali canalette confluiranno in pozzetti di raccordo opportunamente dimensionati. È inoltre prevista a fondo scavo, una serie di trincee drenanti.

Nella configurazione finale della sistemazione del deposito A, il sistema di drenaggio delle acque meteoriche, oltre agli elementi definitivi realizzati già nella fase precedente, è rappresentato da una serie di canalette in pietrame a cielo aperto gettate in opera che confluiranno in pozzetti di recapito e che permetteranno la regimazione delle acque meteoriche sulla copertura. Sono inoltre previsti embrici per il convogliamento delle acque di ruscellamento superficiali sul corpo del rinterro.

In fase definitiva di progetto, è inoltre prevista una serie di tubazioni microfessurate da installare all'interno del corpo del riempimento, mediamente ad una quota corrispondente al piano campagna originale dell'area, per garantire un efficace drenaggio della porzione in elevazione.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	Relazione idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IBL1	10	D 11 RI	RI 03 20 001	A	5 di 28

2 DOCUMENTAZIONE, NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Nella stesura della relazione si è fatto riferimento a quanto elencato di seguito.

2.1 Documentazione di riferimento

- [1]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Depositi In Val di Riga – Generale - Relazione tecnico-descrittiva - IBL110D11RORI0300001A;
- [2]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Depositi In Val di Riga - Generale - Sezioni tipo - IBL110D11WZRI0300003A;
- [3]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Depositi In Val di Riga - Generale - Dettagli costruttivi idraulici - IBL110D11BZRI0300001A;
- [4]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Progetto depositi definitivi in Val Riga - Depositi definitivi in Val di Riga – A –Vorderrigger - Planimetria di progetto - IBL110D11P7RI3200001A
- [5]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Progetto depositi definitivi in Val Riga - Depositi definitivi in Val di Riga – A –Vorderrigger - Pianta scavi - IBL110D11P7RI3200002A;
- [6]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Progetto depositi definitivi in Val Riga - Depositi definitivi in Val di Riga – A –Vorderrigger - Sezioni trasversali ante e post intervento - IBL110D11W7RI3200001A;
- [7]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Progetto depositi definitivi in Val Riga - Depositi definitivi in Val di Riga – A –Vorderrigger - Planimetria idraulica di progetto - IBL110D11P7RI3200003A;
- [8]. Tratta Verona-Fortezza - Lotto 1 -Progetto Definitivo per appalto - Progetto depositi definitivi in Val Riga - Depositi definitivi in Val di Riga – A –Vorderrigger - Planimetria idraulica di scavo - IBL110D11P7RI3200004A.
- [9]. Dati pluviometrici forniti da Italferr (File B.410.xls trasmesso con mail SGI ref. 94211 del 5/02/2013)



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	RI 03 20 001	A	6 di 28

2.2 Normative, raccomandazioni, linee guida e manuali

- [10]. Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30;
- [11]. “Linee guida per la progettazione di reti fognarie - Specifica Tecnica”; Italfer, Luglio 2011 – (Doc. G09009961);
- [12]. Decreto del Presidente della Provincia, 21 gennaio 2008, n. 6 - "Regolamento di esecuzione alla legge provinciale del 18 giugno 2002, n. 8 recante «Disposizioni sulle acque» in materia di tutela delle acque" (CAPO IV ACQUE METEORICHE E DI LAVAGGIO DI AREE ESTERNE (art. 37 - art. 47)) – Provincia autonoma di Bolzano – Alto Adige;
- [13]. Manuale di progettazione ferroviaria.

3 IDROLOGIA

Al fine di captare e convogliare le acque di precipitazione meteorica corrivanti sulle scarpate in fase di scavo e sulla copertura in fase definitiva di progetto dell'area A dei depositi di Val Riga, è stato dimensionato un circuito di canalette:

- per il fosso di guardia, le canalette previste sono trapezoidali rivestite in pietrame;
- per la fase di scavo, le canalette previste sono semicircolari in CLS;
- per la configurazione finale, le canalette previste sono trapezoidali rivestite in pietrame.

Si riporta di seguito la procedura di calcolo per il dimensionamento.

3.1 Calcolo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica traducono il legame esistente tra altezza - o intensità - delle precipitazioni verificatesi in una data stazione pluviometrica, durata e probabilità di accadimento. L'espressione analitica delle curve di possibilità pluviometrica è

$$h = ad^n$$

in cui h rappresenta l'altezza di pioggia in millimetri, d è la corrispondente durata in ore ed (a; n) sono i parametri che caratterizzano la curva. L'individuazione di tali parametri richiede l'applicazione di metodologie statistiche relative agli eventi estremi.

Nel caso in esame, si è fatto riferimento In accordo a quanto riportato ai metodi indicati dalla D.G.R. 1860 del 18/12/2006. A tale scopo, i parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica utilizzati in riferimento al tempo di ritorno ed al tempo di corrivazione della rete di progetto sono riportati in Tabella 1 in accordo a quanto riportato nel doc. rif. [9].

Tabella 1: Parametri a ed n per la stima dell'altezza di pioggia in funzione del Tempo di ritorno

TEMPO DI RITORNO	Tempo di corrivazione			
	>1ora		<1ora	
anni	a	n	a	n
20	26.4	0.37	26.4	0.37
30	28.4	0.37	28.4	0.37

Per il dimensionamento delle reti acque bianche si è considerato cautelativamente un tempo di ritorno pari a 30 anni, in accordo a quanto riportato nel manuale di progettazione ferroviaria (Doc. Rif. [13]).

4 DIMENSIONAMENTO DELLE CANALETTE

Le tipologie di canalette in progetto per il drenaggio superficiale per il deposito A dei depositi di Val Riga per la di scavo e per la configurazione finale di progetto sono:

- Canaletta in CLS semicircolare con pendenza massima pari a 0.5%;
- Canaletta in CLS semicircolare lungo la linea di massima pendenza della scapata principale.
- Canaletta trapezoidale in pietrame con pendenza massima pari a 0.5%;
- Canaletta trapezoidale in pietrame prevista lungo la linea di massima pendenza della scapata principale.

La distribuzione planimetrica dell'intervento è indicata nelle planimetrie [7] e [8] rispettivamente per la configurazione finale e "di scavo" mentre si rimanda all'elaborato [3] per i dettagli costruttivi.

4.1 Portata al colmo

La portata al colmo Q_c , valutata con il metodo della corrivazione, è definita come la portata che attraversa la sezione di chiusura con un determinato tempo di corrivazione τ_c assegnato:

$$Q_p = 278 \cdot \frac{\phi \cdot S \cdot h}{\tau_c}$$

dove:

Q_p [m³/s] = portata al colmo;

A [km²] = area del bacino;

ϕ [-] = il coefficiente di deflusso;

h [mm] = pioggia netta.

τ_c [h] = tempo di corrivazione.

L'altezza di pioggia netta è stata calcolata tramite la formula

$$h = a \cdot \tau_c^n$$

dove per quanto riguarda a ed n si rimanda al punto 3.1.

Per il calcolo si rimanda al punto 4.3.

Il tempo di corrvazione τ_c del Bacino di riferimento è stato valutato come media aritmetica tra i valori ottenuti dai seguenti approcci. Tali approcci sono tutti validi per il caso in esame (bacino con superficie minore di 10km^2):

Viparelli

$$\tau_c = \frac{L}{V}$$

Dove

L [m] = percorso idraulicamente più lungo;

V [m/s]= velocità della particella nel suddetto percorso assunta pari a 1.5m/s.

Per il calcolo si rimanda al punto 4.3.

Giandotti modificata

$$\tau_c = \frac{\frac{1}{Md} \sqrt{A + 1.5L}}{0.8 \sqrt{H_m}}$$

Dove:

A [km^2] = area del bacino;

L [km] = lunghezza dell'asta principale;

H_{avg} [m] = dislivello medio nel bacino di interesse rispetto alla sezione di chiusura.

Per il caso in esame si è assunto cautelativamente $M=0.250$ (terreno coperti con erbe rade) e $d=0.960$ (terreni poco permeabili).

Per il calcolo si rimanda al punto 4.3.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	Relazione idraulica	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO RI 03 20 001	REV. A

Kirpich

$$\tau_c = 0.000325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

Dove:

- L [m] = lunghezza dell'asta principale;
- i_a [m/m] = pendenza dell'asta principale [m/m].

Per il calcolo si rimanda al punto 4.3.

Per il sito di interesse, la valutazione della portata al colmo è stata condotta assumendo le seguenti ipotesi:

- Per il dimensionamento del sistema di drenaggio relativo alla configurazione di scavo si è fatto riferimento all'area massima afferente alla canaletta semicircolare in progetto (Figura 1). Tale area ha dimensioni pari a 755 mq.
- Per il dimensionamento del sistema di canalette trapezoidali relativo al fosso di guardia perimetrale si è fatto riferimento al sotto-bacino 1 di cui in Figura 2. A tale sottobacino corrisponde da una superficie pari a 10'237mq.
- Per il dimensionamento del sistema di canalette trapezoidali relativo alla configurazione finale di progetto data la topografia del sito in esame, sono stati individuati tre sottobacini di cui in Figura 2. Per il calcolo della portata al picco Q_p da assumere nel dimensionamento della canaletta trapezoidale si è fatto riferimento al sotto-bacino 2 che date le caratteristiche geometriche (area e pendenza) è dimensionante. A tale sottobacino corrisponde da una superficie pari a 35'600mq.
- data la tipologia del sito (superficie a verde), il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0.3, in accordo a quanto riportato nelle linee guida ITALFER (Doc. Rif. [11]).
- Il tempo di ritorno assunto nei calcolo per la stima dell'intensità di pioggia i_e , e, quindi, della portata al picco Q_p , è pari a 30anni, in accordo a quanto riportato nel manuale di progettazione ferroviaria (Doc. Rif. [13]).

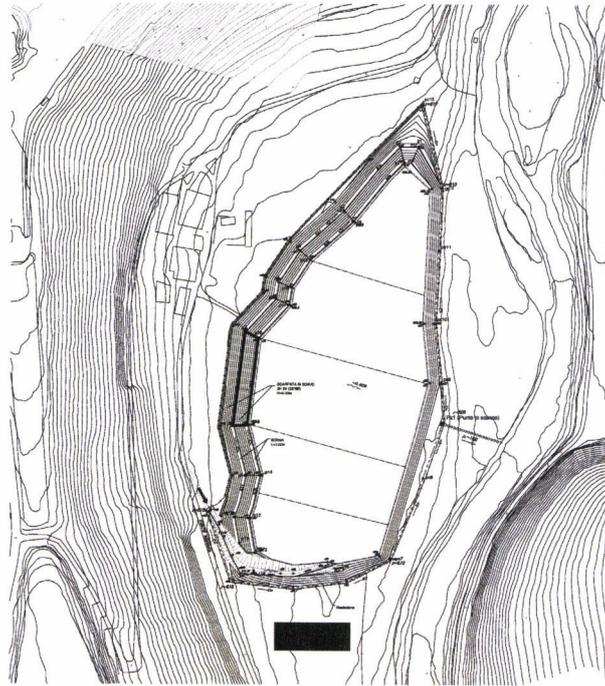


Figura 1: Individuazione sottobacini – configurazione di scavo

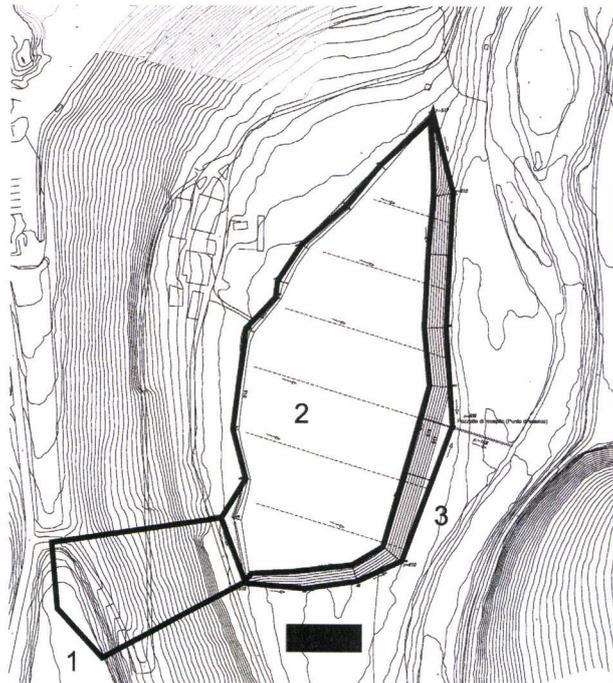


Figura 2: Individuazione sottobacini – configurazione finale di progetto

4.2 Dimensionamento della sezione

Le dimensioni della canaletta necessarie per il deflusso della portata di picco di cui al punto 4.1, sono state calcolate in base alla formula di Chezy:

$$Q_d = V_d \cdot A = A \cdot \chi \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

Q_d [m³/s] = portata d'esercizio;

V_d [m/s] = velocità d'esercizio;

A [m²] = sezione utile di passaggio (area bagnata);

R [m] = raggio idraulico (area bagnata/perimetro bagnato);

i [-] = pendenza;

χ [-] = coefficiente di Chezy.

Il coefficiente χ è ricavato dalla seguente espressione (Gaukler-Strickler):

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

dove:

n [m^{-1/6}] = coefficiente di scabrezza di Manning.

La sezione A utile di passaggio della canaletta è stata definita a ritroso dalla formula di Chezy, essendo nota la pendenza del canale i ed imponendo una portata d'esercizio Q_d pari alla portata Q_p di picco di cui al punto 4.1.

Per il progetto delle canalette oggetto di questa relazione, la valutazione della portata d'esercizio è stata condotta assumendo le seguenti ipotesi:

- Il coefficiente di Manning utilizzato nei calcoli è pari a 0.020 per la canaletta in pietrame e 0.016 per la canaletta in CLS;
- La velocità massima relativa alle portate di acque meteoriche nelle tubazioni non dovrà di norma superare i 5 m/s, in accordo a quanto riportato nelle linee guida ITALFER (Doc. Rif. [11]).

- L'altezza d'acqua calcolata tramite la formula di Chezy h_0 è stata imposta minore/uguale al 70% dell'altezza totale del canale, per le canalette trapezoidali, e minore/uguale al 70% del raggio interno del canale, per le canalette semicircolari.

4.3 Risultati

4.3.1 Dimensionamento della sezione semicircolare prefabbricata in CLS

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.1 per quanto concerne il calcolo della portata di picco e in accordo le ipotesi progettuali assunte per il deposito A, nella Tabella 4 è riportato il valore di portata massima calcolato per il dimensionamento delle canalette semicircolari previste lungo le banche e lungo le linee di massima pendenza nella configurazione provvisoria di scavo.

Tabella 2: Canaletta trapezoidale: portata di picco calcolata con il metodo della corrivazione

BACINO	Area mq	L m	H m	θ h	i mm/h	Q m ³ /h	Q m ³ /s	Q l/s
	755	10	4	0.03	267.15	60.5	0.017	17
Viparelli	$T_c = L/V = 6.6666667 \text{ s} =$ L= 10 m V= 1.5 m/s						0.0019	h
Giandotti Modificata	$T_c = (1/(Md) \cdot A^{1/2} + 1.5L) / (0.8 \cdot (Hm)^{1/2}) =$ M= 0.25 d= 0.96						0.0809	h
Kirpich	$T_c = 0.000325 \cdot ((L/ia^{0.5})^{0.77} =$ ia= DH / DL = 0.40 m/m						0.0027	h

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per la canaletta semicircolare prefabbricata in CLS nei due casi limite:

- pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 0.5%;
- pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 67%.

Ipotesi a): pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 0.5%

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2 e in Tabella 2, per quanto concerne il dimensionamento della sezione di deflusso e le ipotesi progettuali assunte per il sito del deposito A, in Figura 7 è riportato l'andamento della portata di esercizio e della velocità in funzione dell'altezza d'acqua utile di passaggio h_0 per un fissato valore di diametro interno.

Per un diametro interno pari a 0.4 m, per il deflusso della portata di picco di cui in Tabella 3, l'altezza utile h_0 necessaria è pari a 0.104 m.

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2, la velocità calcolata V_d , corrispondente all' h_0 valutato, è pari a 0.68 m/s inferiore al limite di 5 m/s per rimanere in condizioni di moto laminare.

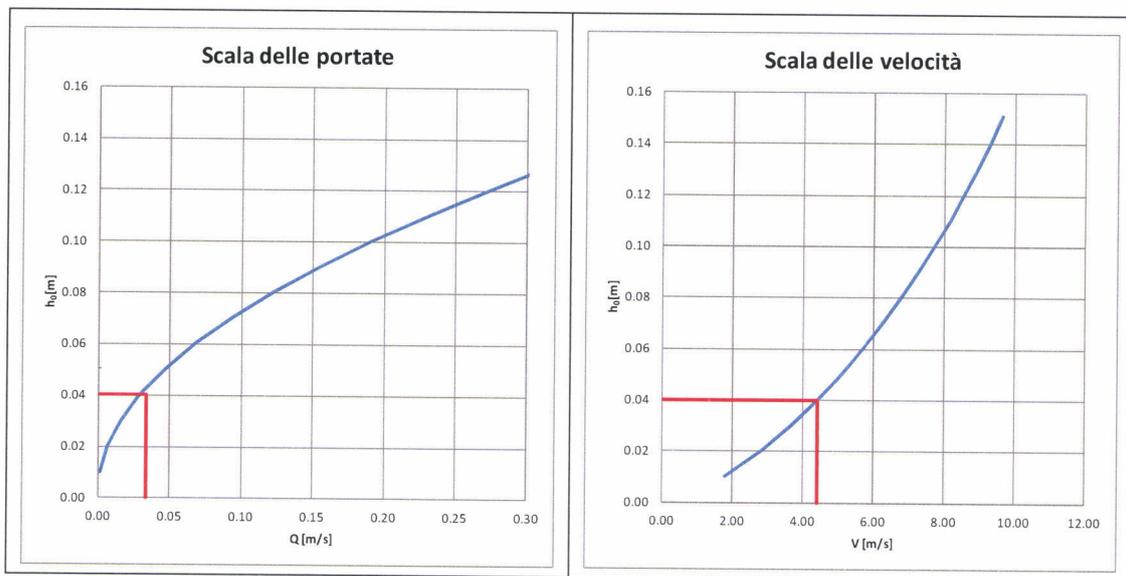


Figura 3: Canaletta semicircolari prefabbricate in CLS – Pendenza 0.5% - Scala delle portate e scala delle velocità

Ipotesi b): pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 67%

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2 e in Tabella 2, per quanto concerne il dimensionamento della sezione di deflusso e le ipotesi progettuali assunte per il sito del deposito A, in Figura 8 è riportato l'andamento della portata di esercizio e della velocità in funzione dell'altezza d'acqua utile di passaggio h_0 per un fissato valore di diametro interno.

Per un diametro interno pari a 0.4 m, per il deflusso della portata di picco di cui in Tabella 3, l'altezza utile h_0 necessaria è pari a 0.04 m.

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2, la velocità calcolata V_d , corrispondente all' h_0 valutato, è pari a 4.44 m/s di poco inferiore al limite di 5 m/s per rimanere in condizioni di moto laminare.

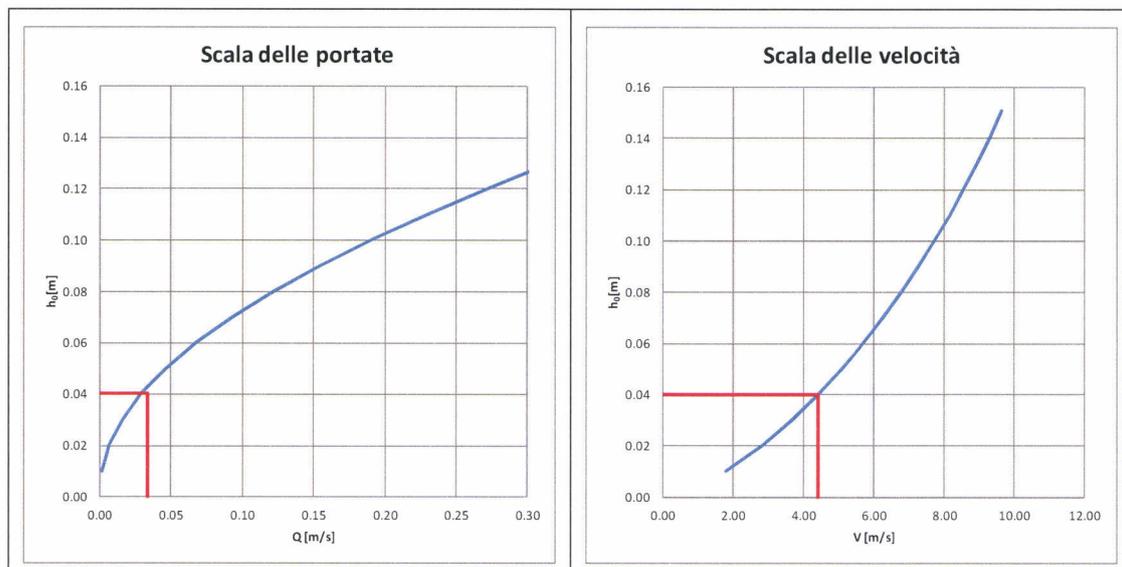


Figura 4: Canaletta semicircolari prefabbricate in CLS – Pendenza 67% - Scala delle portate e scala delle velocità

Con riferimento ai risultati sopra presentati, la canaletta semicircolare da adottare nella configurazione di scavo del deposito A di Val Riga, ha dimensioni pari a:

$$D_{\text{int}} = 40 \text{ cm.}$$

Per i due casi limite di pendenza analizzati (pendenza pari a 0.5% e pari a 67%) risultano verificate la condizioni di cui al punto 4.2:

$$h_0 < 70\% R_{\text{int}};$$

$$V_p < 5 \text{ m/s.}$$

In particolare:

- a. pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 0.5%:

$$h_0 < 70\% R_{\text{int}} \quad 0.104 \text{ m} < (70\% \times 0.2 \text{ m}) = 0.14 \text{ m};$$

$$V_p < 5 \text{ m/s} \quad 0.68 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s.}$$

- b. pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 67%:

$$h_0 < 70\% R_{\text{int}} \quad 0.04 \text{ m} < (70\% \times 0.2 \text{ m}) = 0.14 \text{ m};$$

$$V_p < 5 \text{ m/s} \quad 4.4 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s.}$$

Cautelativamente, data la forte pendenza delle scarpate e il poco margine di sicurezza, si prescrive di scalettare le canalette previste lungo la linea di massima pendenza in modo tale da raggiungere una pendenza limite pari al 20% per in tratti omogenei di canaletta.

4.3.2 Canaletta trapezoidale in pietrame costituente il fosso di guardia perimetrale

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.1 per quanto concerne il calcolo della portata di picco e in accordo le ipotesi progettuali assunte per il deposito A, nella Tabella 3 è riportato il valore di portata massima calcolato per il dimensionamento delle canalette costituenti il fosso di guardia perimetrale per la regimazione delle acque meteoriche.

Tabella 3: Canaletta perimetrale trapezoidale: portata di picco calcolata con il metodo della corrivazione

BACINO	Area mq	L m	H m	θ h	i mm/h	Q m ³ /h	Q m ³ /s	Q l/s
	10237	143	71	0.05	195.57	600.6	0.167	167
Viparelli	$T_c = L/V = 95.333333 \text{ s} =$ L= 143 m V= 1.5 m/s						0.03	h
Giandotti Modificata	$T_c = (1/(Md) \cdot A^{1/2} + 1.5L) / (0.8 \cdot (Hm)^{1/2}) =$ M= 0.25 d= 0.96						0.09	h
Kirpich	$T_c = 0.000325 \cdot ((L/i\alpha^{0.5})^{0.77}) =$ $i\alpha = DH / DL = 0.50 \text{ m/m}$						0.02	h

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per la canaletta trapezoidale in pietrame prevista lungo il perimetro dell'area sin dalla fase di scavo.

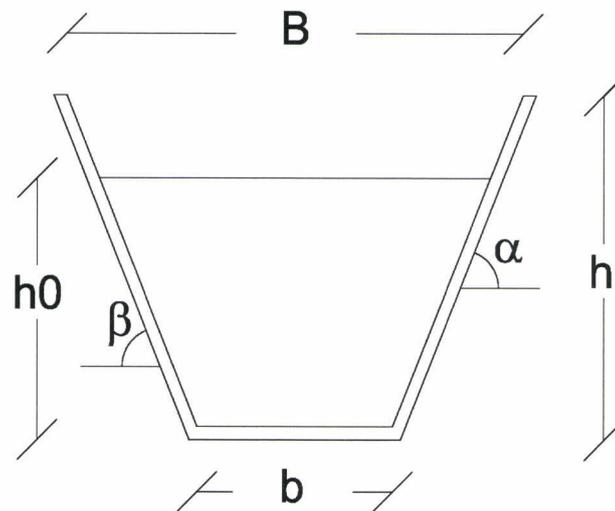


Figura 5: Canaletta in pietrame – geometria

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2 e in Tabella 3, per quanto concerne il dimensionamento della sezione di deflusso e le ipotesi progettuali assunte per il deposito A, in Figura 6 è riportato l'andamento della portata di esercizio e della velocità in funzione dell'altezza d'acqua utile di passaggio h_0 , per una fissata larghezza della base inferiore b e della pendenza delle pareti del canale (α e β) (vedi Figura 5).

Per una fissata pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 0.5% e per una fissata larghezza della base inferiore b pari a 0.8 m e per una pendenza delle pareti del canale (α e β) pari a 60° (vedi Figura 5), l'altezza utile h_0 necessaria per il deflusso della portata di picco di cui in Tabella 3 è pari a 0.26 m.

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2, la velocità calcolata V_d , corrispondente all' h_0 valutato, è pari a 0.93 m/s è inferiore al limite di 5m/s.

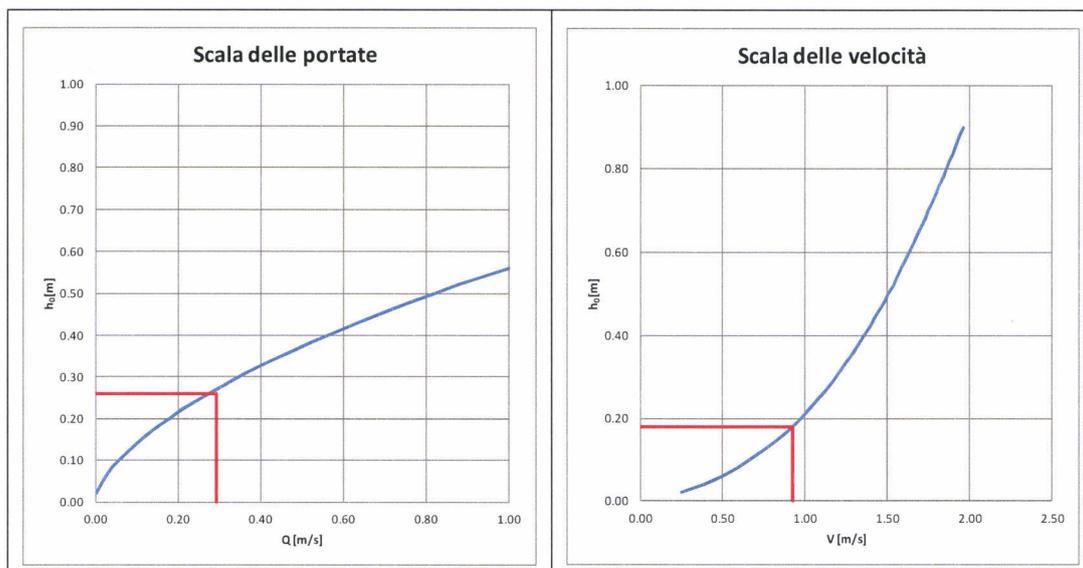


Figura 6: Canaletta in pietrame – Pendenza 0.5% - Scala delle portate e scala delle velocità

Con riferimento ai risultati sopra presentati, la canaletta trapezoidale in pietrame da adottare lungo il fosso di guardia perimetrale del deposito A di Val Riga, ha dimensioni pari a:

$$b = 80 \text{ cm};$$

$$h = 50 \text{ cm};$$

$$\alpha = \beta = 60^\circ.$$

La pendenza del tratto di canaletta fissato è pari a 0.5%.

Data la pendenza del tratto omogeneo di caletta e le dimensioni della sezione, risultano verificate la condizioni di cui al punto 4.2:

$$h_0 < 70\% h \quad 0.24 \text{ m} < (70\% \times 0.5 \text{ m}) = 0.35 \text{ m}$$

$$V_p < 5 \text{ m/s} \quad 0.93 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s}.$$

4.3.3 Canaletta trapezoidale in pietrame costituente il sistema di drenaggio definitivo

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.1 per quanto concerne il calcolo della portata di picco e in accordo le ipotesi progettuali assunte per il deposito A, nella Tabella 4 è riportato il valore di portata massima calcolato per il dimensionamento delle canalette trapezoidali previste lungo le banche e lungo le linee di massima pendenza nella configurazione finale dell'area.

Tabella 4: Canaletta trapezoidale: portata di picco calcolata con il metodo della corrivazione

BACINO	Area mq	L m	H m	θ h	i mm/h	Q m ³ /h	Q m ³ /s	Q l/s
	35600	160	1	0.48	45.36	484.5	0.135	135
Viparelli	$T_c = L/V = 106.66667 \text{ s} =$ L= 160 m V= 1.5 m/s						0.03	h
Giandotti Modificata	$T_c = (1/(Md) * A^{1/2} + 1.5L) / (0.8 * (Hm)^{1/2}) =$ M= 0.25 d= 0.96						1.28	h
Kirpich	$T_c = 0.000325 * ((L/ia^{0.5})^{0.77} =$ ia= DH / DL = 0.01 m/m						0.11	h

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per la canaletta trapezoidale in pietrame nei due casi limite:

- c. pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 0.5%;
- d. pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 50%.

Ipotesi a): pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 0.5%

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2 e in Tabella 4, per quanto concerne il dimensionamento della sezione di deflusso e le ipotesi progettuali assunte per il sito del deposito A, in Figura 7 è riportato l'andamento della portata di esercizio e della velocità in funzione dell'altezza d'acqua utile di passaggio h_0 per una fissata larghezza della base inferiore b e della pendenza delle pareti del canale (α e β) (vedi Figura 5).

Per una fissata larghezza della base inferiore b pari a 0.5 m e per una pendenza delle pareti del canale (α e β) pari a 60° (vedi Figura 5), l'altezza utile h_0 necessaria per il deflusso della portata di picco di cui in Tabella 3 è pari a 0.22 m.

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2, la velocità calcolata V_d , corrispondente all' h_0 valutato, è pari a 0.94 m/s inferiore al limite di 5 m/s per rimanere in condizioni di moto laminare.

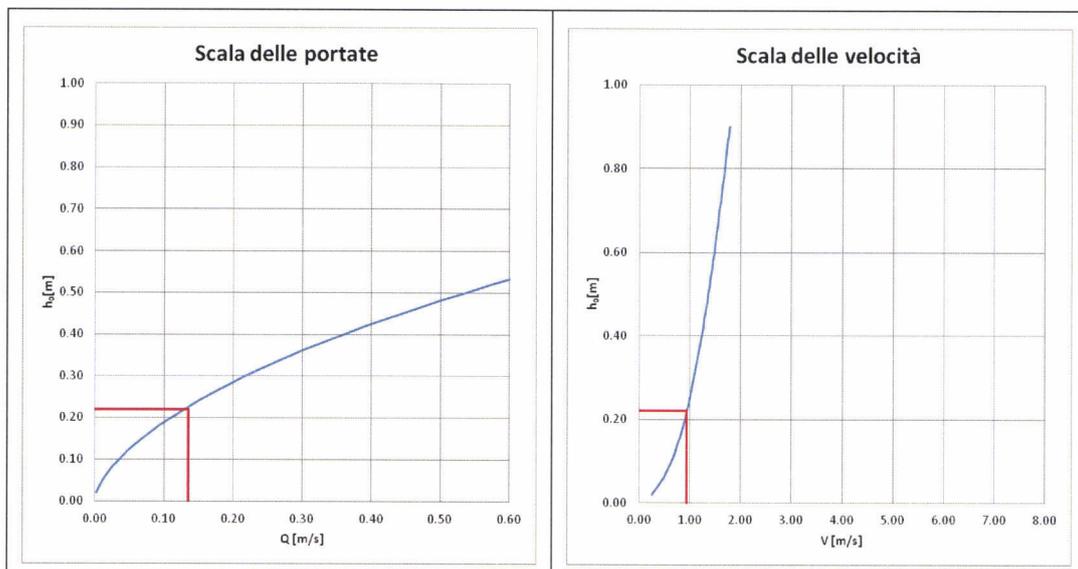


Figura 7: Canaletta in pietrame – Pendenza 0.5% - Scala delle portate e scala delle velocità

Ipotesi b): pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 50%

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2 e in Tabella 4, per quanto concerne il dimensionamento della sezione di deflusso e le ipotesi progettuali assunte per il sito del deposito A, in Figura 8 è riportato l'andamento della portata di esercizio e della velocità in funzione dell'altezza d'acqua utile di passaggio h_0 per una fissata larghezza della base inferiore b e della pendenza delle pareti del canale (α e β) (vedi Figura 5).

Per una fissata larghezza della base inferiore b pari a 0.5 m e per una pendenza delle pareti del canale (α e β) pari a 60° (vedi Figura 5), l'altezza utile h_0 necessaria per il deflusso della portata di picco di cui in Tabella 3 è pari a 0.04 m.

Con riferimento a quanto riportato al punto 4.2, la velocità calcolata V_d , corrispondente all' h_0 valutato, è pari a 3.81 m/s inferiore al limite di 5 m/s per rimanere in condizioni di moto laminare.

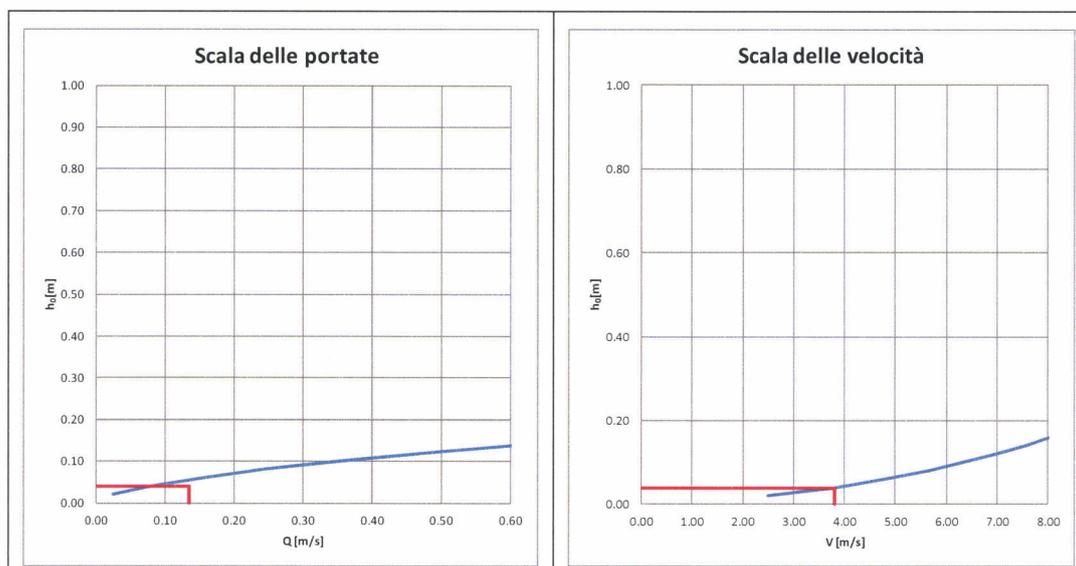


Figura 8: Canaletta in pietrame – Pendenza 50% - Scala delle portate e scala delle velocità

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	RI 03 20 001	A	23 di 28

Con riferimento ai risultati sopra presentati, la canaletta da adottare nella configurazione finale del deposito A di Val Riga, ha dimensioni pari a:

$$b = 50 \text{ cm};$$

$$h = 50 \text{ cm};$$

$$\alpha = \beta = 60^\circ.$$

Per i due casi limite di pendenza analizzati (pendenza pari a 0.5% e pari a 67%) risultano verificate la condizioni di cui al punto 4.2:

$$h_0 < 70\% h$$

$$V_p < 5 \text{ m/s}.$$

In particolare:

c. pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 0.5%:

$$h_0 < 70\% h \quad 0.22 \text{ m} < (70\% \times 0.5 \text{ m}) = 0.35 \text{ m};$$

$$V_p < 5 \text{ m/s} \quad 0.94 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s}.$$

d. pendenza del tratto omogeneo di canaletta pari a 50%:

$$h_0 < 70\% h \quad 0.04 \text{ m} < (70\% \times 0.5 \text{ m}) = 0.35 \text{ m};$$

$$V_p < 5 \text{ m/s} \quad 3.81 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s}.$$

5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI REGIMAZIONE IDRAULICA

5.1 Scelta della tipologia di opere di drenaggio

Lo scopo delle opere di drenaggio in progetto è fondamentalmente quello di intercettare l'acqua e di convogliarla a gravità in direzione del vicino fiume Isarco che costituisce una zona di recapito naturale. La necessità di convogliare l'acqua di ruscellamento naturale nasce dalla necessità di ridurre i disagi dovuti alle precipitazioni intense che con il loro scorrimento provocano danni di carattere superficiale e di erosione del terreno. I drenaggi superficiali in progetto sono costituiti da canalette a sezione trapezoidale/semicircolare e sono destinate a raccogliere le acque meteoriche che altrimenti scorrerebbero liberamente sulla superficie di terreno favorendo fenomeni di erosione o alimentando ulteriormente la falda idrica sotterranea.

In accordo a quanto previsto in normativa (Doc. rif [12]), le acque di origine meteorica dilavanti la superficie dei depositi è da ritenersi pulita e quindi recapitabile direttamente nel fiume Isarco o nel sottosuolo senza bisogno di alcun trattamento preventivo. Nel sistema di drenaggio sono escluse le acque del cantiere che saranno oggetto del progetto della cantierizzazione (con gli opportuni trattamenti richiesti).

In questo ambito, si è scelto di adottare due tipologie di canalette a seconda delle fasi di progetto: in fase di scavo, data la natura temporanea dell'intervento, si è scelta una canaletta prefabbricata in CLS mentre per le canalette definitive si è preferito una canaletta trapezoidale in pietrame.

In fase di scavo, in presenza quindi delle canalette semicircolari prefabbricate, ove necessario, ossia nei tratti di raccordo a forte pendenza, si prevede di realizzare delle scalettature per ridurre la velocità media di scorrimento dell'acqua nella canaletta al fine di soddisfare i requisiti di progetto in termini di limitazione della velocità media di scorrimento dell'acqua.

In corrispondenza degli accessi carrabili previsti in fase di scavo, si è provveduto ad inserire una canaletta gettata in opera in CLS dotata di coperchio, anch'esso in calcestruzzo, posizionato in continuità con la trincea drenante, che permette il passaggio della sede stradale leggermente in rilevato. Le caratteristiche geometriche di tale manufatto sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]).

Dove si ha il cambio di pendenza delle canalette e nei punti di confluenza tra più rami di canalette, si è previsto l'inserimento di un pozzetto prefabbricato in CLS. Le caratteristiche geometriche di tale manufatto sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]).

La distribuzione planimetrica degli interventi è indicata nella planimetria idraulica di progetto e di scavo (Doc. rif.[7] e [8]).

Lungo il perimetro esterno, a monte dell'area di intervento, per la regimazione delle acque provenienti dai bacini naturali esterni all'area e per quella porzione di acque meteoriche sul riempimento che non possono per questioni di pendenze essere scaricate a valle, è prevista una trincea disperdente. Le caratteristiche geometriche di tale manufatto sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]).

Inoltre, per garantire un efficace drenaggio delle aree sul fondo in fase di scavo e del cumulo in elevazione a riempimento avvenuto, sono previsti i seguenti tipi di intervento:

- in fase di scavo sono previste, lungo il perimetro e secondo un reticolo sull'area al fondo dello scavo, delle trincee riempita di materiale arido, sul cui fondo è posizionato un tubo in HDPE $\phi 300$. Le caratteristiche geometriche di tale intervento sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]);
- nella configurazione finale di progetto è prevista una serie di tubazioni microfessurate in HDPE $\phi 200$ da installare all'interno del corpo del riempimento, mediamente ad una quota corrispondente al piano campagna originale dell'area, per garantire un efficace drenaggio della porzione in elevazione.

5.2 Canalette in pietrame

5.2.1 Caratteristiche

La canaletta in pietrame è caratterizzata da un basso impatto ambientale; spesso tra i sassi che rivestono il fondo possono svilupparsi delle specie vegetali erbacee che tendono a mascherare la canaletta stessa. Questo tipo di canale ha come vantaggio una certa elasticità, che ragionevolmente ben si adatterà ai cedimenti attesi sul corpo del riempimento e che potranno anche essere di diversa entità a seconda delle zone. La presenza dei massi inoltre permette una certa resistenza all'erosione causata dal passaggio dell'acqua. Si tratta in generale di canalette che necessitano di limitati interventi di manutenzione e si dimostrano estremamente durevoli.

Le caratteristiche geometriche di tale manufatto sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]). La distribuzione planimetrica degli interventi è indicata nella planimetria idraulica di progetto (Doc. rif.[7] e [8]).

5.2.2 Descrizione delle lavorazioni

Per la realizzazione di questo tipo di opera di drenaggio si prevede di scavare una trincea in terra di forma trapezia poi rivestita da un getto in calcestruzzo magro (con $R_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$) in cui vengono annegati le pietre e i massi. Lo scavo deve essere fatto in modo tale che la sezione finita abbia le dimensioni utili di cui al punto 4.3.

Laddove siano previste le scalettature lo scavo della trincea ed in particolare del fondo della canaletta dovrà essere eseguito in modo da realizzare le gradonature richieste con le dimensioni indicate nella tavola di progetto dedicata alle sistemazioni idrauliche.

5.3 Canalette semicircolari in CLS prefabbricato

5.3.1 Caratteristiche

La canaletta semicircolare in calcestruzzo prefabbricato è costituita da elementi prefabbricati, di lunghezza tipicamente pari ad 1m che vengono accoppiati per mezzo di giunti a bicchiere previsti già nell'elemento prefabbricato. Sono canalette che ovviamente non si inseriscono in modo armonico nel contesto naturale circostante ma sono estremamente semplici da mettere in opera e poco costose. Proprio per questi motivi sono state scelte come canalette per i drenaggi superficiali durante le fasi di scavo.

Le caratteristiche geometriche di tale manufatto sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]). La distribuzione planimetrica degli interventi è indicata nella planimetria idraulica di scavo (Doc. rif. [8]).

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	Relazione idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IBL1	10	D 11 RI	RI 03 20 001	A	26 di 28

5.3.2 Descrizione delle lavorazioni

Per la realizzazione di questo tipo di opera di drenaggio si prevede di scavare una trincea in terra di forma semicircolare, eventualmente rivestita da un getto in calcestruzzo magro (con $R_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$), in cui vengono alloggiati gli elementi prefabbricati.

Laddove siano previste le scalettature sarà necessario il getto in calcestruzzo magro (con $R_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$) che, seguendo lo scavo della trincea dovrà essere eseguito in modo da realizzare le gradonature richieste con le dimensioni indicate nella tavola di progetto dedicata alle sistemazioni idrauliche.

5.4 Pozzetti

5.4.1 Caratteristiche

Nei punti in cui confluiscono due o più rami di canalette si provvederà ad inserire dei pozzetti prefabbricati realizzati in conglomerato cementizio vibrato ($R_{ck} \geq 300 \text{ kg/cm}^2$) convenientemente armati con acciaio FeB44k controllato in stabilimento. I pozzetti saranno completati da un grigliato metallico che permetterà al pozzetto di essere ispezionato e mantenuto.

Le caratteristiche geometriche di tale manufatto sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]). La distribuzione planimetrica degli interventi è indicata nella planimetria idraulica di progetto e di scavo (Doc. rif.[7] e [8]).

5.4.2 Descrizione delle lavorazioni

Per la messa in opera dei pozzetti prefabbricati si prevede di scavare uno scavo, sul fondo del quale, opportunamente compattato e preparato con uno strato in calcestruzzo magro, verrà posizionato il pozzetto. Successivamente si procederà al riempimento laterale con materiale di riporto opportunamente compattato e, alle diverse quote previste in progetto, alla realizzazione delle canalette che confluiscono nel pozzetto, fino al completo riempimento fino a piano campagna.

5.5 Trincea disperdente

5.5.1 Caratteristiche

Lungo i bordi esterni del riempimento, laddove non è stato possibile per ragioni di pendenze realizzare la raccolta e recapito delle acque meteoriche a gravità verso il fiume Isarco, si è prevista una trincea disperdente.

La trincea disperdente, o trincea d'infiltrazione, è costituita da uno scavo riempito con ghiaia, granulato di lava oppure con elementi prefabbricati in materiali plastici. L'acqua meteorica è immagazzinata nella trincea e s'infiltra lentamente nel sottosuolo. All'interno della trincea si prevede di posare anche un tubo micro fessurato in HDPE



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	RI 03 20 001	A	27 di 28

D400mm (tubo di dispersione) per aumentare la capacità d'accumulo e per garantire una più regolare distribuzione delle acque meteoriche lungo lo sviluppo della trincea.

Questi sistemi vengono realizzati quando mancano le superfici per realizzare i fossi d'infiltrazione oppure quando il suolo non è sufficientemente permeabile o, come in questo caso, per l'immissione delle acque meteoriche in eccesso derivanti dalle scarpate del reimpimento definitivo.

Le caratteristiche geometriche di tale intervento sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]). La distribuzione planimetrica degli interventi è indicata nella planimetria idraulica di progetto e di scavo (Doc. rif.[7] e [8]).

5.5.2 *Descrizione delle lavorazioni*

La realizzazione della trincea d'infiltrazione verrà realizzata eseguendo uno scavo a sezione obbligata nel terreno naturale, secondo le dimensioni definite negli elaborati di progetto. Per garantire l'esecuzione delle lavorazioni in sicurezza lo scavo, essendo di profondità superiore a 1.5m sarà opportunamente sostenuto e, possibilmente, verrà seguito per conchi di lunghezza limitata.

Una volta eseguito lo scavo e messo in sicurezza si provvederà a posizionare un geotessuto di separazione sul fondo e sulle pareti. Successivamente si procederà al riempimento della trincea con materiale grossolano (ghiaia e ciottoli), posizionando il tubo in HDPE D400 mm a circa 15-20 cm dal fondo e completando poi il riempimento fino a piano campagna.

5.6 **Trincea drenante**

5.6.1 *Caratteristiche*

Alla base dello scavo, lungo il perimetro e con un reticolo sull'area di base, si prevede di realizzare delle trincee drenanti per la regimazione delle acque meteoriche al fine di garantire un efficace drenaggio dell'area al fondo.

Le trincee saranno riempite di materiale arido e sul fondo sarà posizionato un tubo micro fessurato in HDPE ϕ 300.

Le caratteristiche geometriche di tale intervento sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]). La distribuzione planimetrica degli interventi è indicata nella planimetria idraulica di scavo (Doc. rif. [8]).

5.6.2 *Descrizione delle lavorazioni*

La realizzazione della trincea drenante verrà realizzata eseguendo uno scavo a sezione obbligata nel terreno naturale, secondo le dimensioni definite negli elaborati di progetto.

Una volta eseguito lo scavo si provvederà al riempimento della trincea con materiale grossolano (ghiaia e ciottoli), posizionando il tubo in HDPE ϕ 300 mm a circa 10 cm dal fondo e completando poi il riempimento fino a piano campagna.

5.7 Tubazioni micro fessurate per drenaggio profondo

5.7.1 *Caratteristiche*

Per assicurare il drenaggio della porzione in elevazione del riempimento si prevede di installare, mediamente a quote assimilabili a quelle del piano campagna originario, delle tubazioni micro fessurate in HDPE $\phi 200\text{mm}$.

Tali tubazioni saranno posizionate secondo una pendenza minima del 4-5% e scaricheranno, fuoriuscendo dal corpo del rilevato come dei micro dreni, direttamente nelle canalette di guardia rivestite in pietrame posizionate lungo il perimetro esterno dell'area.

Le caratteristiche geometriche di tale intervento sono riportate nella tavola di progetto (Doc. rif. [3]). La distribuzione planimetrica degli interventi è indicata nella planimetria idraulica di scavo (Doc. rif. [7]).

5.7.2 *Descrizione delle lavorazioni*

La posa in opera delle tubazioni per il drenaggio profondo verrà eseguita posando i tubi micro fessurati sul terreno, dopo aver preparato il fondo con uno strato di materiale granulare, secondo lo schema definito negli elaborati di progetto.

Una volta posata la tubazione si provvederà a ricoprirla con materiale grossolano al fine di proteggerla prima della posa del successivo strato di riempimento del rilevato.