

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
RILEVATI
RILEVATO FERROVIARIO DAL KM 12+725,00 AL KM 12+986,22
SISTEMAZIONI IDRAULICHE
Relazione idraulica smaltimento acque**

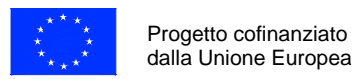
GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo CARMONA Data: Giugno 2021			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 2	E	I 2	R I	R I 1 9 0 4	0 0 1	A	- - - ^D _I - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data

Progettazione:								
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA Il Responsabile (Dot. Ing. Vito Meloni) ALBO PROVINCIALE INGEGNERI VERONA Iscrizione N° 1553 Data: Giugno 2021
A	EMISSIONE	Rocca	06/2021	Guilarte	06/2021	Aiello	06/2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1711EI2RIRI1104001A.DOCX
		Cod. origine:



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 2 di 22

INDICE

1	DESCRIZIONE GENERALE	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3	PARAMETRI DI RIFERIMENTO	3
3.1	Idrologia	3
3.2	Coefficienti di deflusso	4
4	DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA	5
4.1	Descrizione del sistema	5
4.2	Metodologia di verifica dell'interasse tra gli embrici	6
4.3	Metodologia di verifica delle canalette.....	7
4.4	Metodologia di verifica dei fossi di laminazione e dimensionamento delle luci di efflusso.....	8
4.5	Metodologia di verifica delle tubazioni di scarico.....	10
5	VERIFICA DELL'INTERASSE TRA GLI EMBRICI	11
6	VERIFICHE DELLE CANALETTE	12
6.1	Canaletta RI19-CR01-AVBP.....	12
7	VERIFICHE DEI FOSSI DI LAMINAZIONE E DIMENSIONAMENTO DELLE LUCI DI EFFLUSSO	13
7.1	Fosso di laminazione RI19-FL01-AVBD	13
7.2	Fosso di laminazione RI19-FL01-AVBP	17
8	VERIFICA DELLE TUBAZIONI DI SCARICO	21
9	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	22

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 3 di 22	

1 DESCRIZIONE GENERALE

La presente relazione riguarda l'intervento di realizzazione del rilevato ferroviario denominato RI19, facente parte della Linea AV/AC Torino – Venezia - Tratta Verona - Padova - Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza.

L'intervento inizia al km 12+725.00 e termina al km 12+986.22.

Le acque raccolte dall'intero sistema vengono accumulate nei fossi di laminazione e vengono scaricate nei recettori finali, nel rispetto dei limiti imposti dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi utilizzati per la presente progettazione vengono riassunti di seguito:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152, "Norme in materia ambientale"
- D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4, "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale"
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/1974
- Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto DGRV 6 ottobre 2009 n. 2948, "Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici" e in particolare l'Allegato A, "Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione di nuovi strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche".

3 PARAMETRI DI RIFERIMENTO

3.1 Idrologia

La previsione quantitativa delle piogge nell'area di interesse è stata realizzata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica individuante la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l'altezza d'acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

nella quale i termini a ed n sono parametri dipendenti dal tempo di ritorno specificato.

Il tempo di ritorno utilizzato come riferimento è TR = 100 anni, in linea con quanto prescritto nel manuale di progettazione RFI, parte II sezione 3.

Volendo determinare le portate che comportano la crisi del sistema di drenaggio occorre fare riferimento agli eventi pluviometrici di breve durata e forte intensità. Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi pluviometrici vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica (CPP), elaborate a partire dalle registrazioni di altezza di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche.

Per la tratta Verona-Vicenza sono stati ottenuti i seguenti parametri della curva di possibilità pluviometrica:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 4 di 22

scrosci	Tr 100 anni	
	a (mm/ore ⁿ)	n (adim.)
Verona Adige Nord	102.340	0.5950
Buttapietra	86.752	0.6177
Buttapietra/Arcole	94.281	0.6201
Cognola ai Colli	84.477	0.5368
Arcole	101.760	0.6220
Lonigo	99.498	0.5742
Brendola	87.615	0.5115
S.Agostino Vicenza	66.965	0.3891

piogge orarie	Tr 100 anni	
	a (mm/ore ⁿ)	n (adim.)
Verona Adige Nord	78.22	0.170
Buttapietra	81.64	0.129
Buttapietra/Arcole	85.945	0.1302
Cognola ai Colli	78.70	0.183
Arcole	90.07	0.132
Lonigo	85.05	0.115
Brendola	71.79	0.251
S.Agostino Vicenza	69.30	0.230

Nella tratta oggetto della presente Relazione si fa riferimento ai valori della stazione fittizia Buttapietra/Arcole.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato "Relazione idrologica e idraulica attraversamenti secondari" (IN1710EI2RHID0000002).

3.2 Coefficienti di deflusso

La riduzione dell'afflusso (φ) alla rete si considera dovuta principalmente a impermeabilità e ritardo, che variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

Come indicato dalla normativa regionale (Allegato A alla DGR 2948 del 6 ottobre 2009) si utilizza un coefficiente di deflusso $\varphi = 0.9$ per le aree pavimentate, $\varphi = 0.6$ per le scarpate dei rilevati, $\varphi = 0.2$ per le superfici permeabili e $\varphi = 0.1$ per le aree agricole.

Si calcolano quindi le superfici afferenti efficaci come: $A_{eff} = \varphi A$.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 5 di 22

4 DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

4.1 Descrizione del sistema

Le acque meteoriche della piattaforma ferroviaria vengono convogliate lungo il cordolo ai lati della piattaforma e smaltite mediante embrici posizionati sulle scarpate del rilevato, che recapitano in fossi in cls al piede rilevato.

Poiché nel tratto in oggetto sono presenti delle opere di protezione del rilevato, costituite da gabbioni metallici al piede e materassi Reno sulle scarpate, il posizionamento degli embrici è previsto con interasse pari a 15,50 m; in questo modo gli embrici vengono posizionati ogni 5 materassi, lasciando uno spazio di 50 cm tra due materassi consecutivi per l'alloggiamento. In alcuni casi, dove non è stato possibile rispettare questo interasse, gli embrici sono stati posizionati ad una distanza tale da poter essere comunque inseriti tra due materassi.

Nell'intero tratto di rilevato che ricade all'interno di questa WBS sul lato del Binario Dispari e a partire dal km 12+899 anche sul lato del Binario Pari, è presente il cordolo per l'installazione delle barriere antirumore. In questi tratti gli embrici vengono posizionati con interasse alternato 15,50 m – 14,50 m, in corrispondenza dell'interruzione del cordolo.

Al termine di ciascun tratto di fosso è previsto un manufatto di regolazione delle portate, costituito da un pozzetto al cui interno è posizionato un pancone metallico con un foro adeguatamente dimensionato, che permette di scaricare nel recapito finale una portata che rispetti il principio dell'invarianza idraulica, non superando quindi il limite imposto dal Consorzio di Bonifica competente (Consorzio Alta Pianura Veneta) di 5 l/s per ettaro. I fossi in cls hanno quindi la funzione di bacini di laminazione.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Planimetria Idraulica e agli elaborati specifici dei pozzetti di regolazione.

Gli elementi costituenti il sistema ed oggetto di verifica sono quindi:

- Embrici;
- Canalette;
- Fossi di laminazione;
- Manufatti di regolazione delle portate;
- Tubazioni di scarico.

Nei paragrafi che seguono si descrivono le diverse metodologie utilizzate per le verifiche.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 6 di 22

4.2 Metodologia di verifica dell'interasse tra gli embrici

L'allontanamento dell'acqua di piattaforma, per i tratti in rilevato, è realizzato tramite canalette ad embrice, ovvero elementi discontinui posti ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato a quello di una soglia sfiorante; la portata sfiorata Q [m^3/s] può essere definita come:

$$Q = C_q L h \sqrt{2gh}$$

nella quale:

- $C_q = 0,385$ è il coefficiente di deflusso;
- L [m] rappresenta la larghezza dell'embrice;
- h [m] rappresenta l'altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice.

Si è imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 5 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

Il drenaggio della piattaforma ferroviaria in rilevato avviene lungo il cordolo che delimita la piattaforma, che può essere costituito da un semplice cordolo bituminoso oppure dal cordolo su cui vengono montate le barriere antirumore. L'impiuvio che si viene così a creare è costituito da una sezione triangolare la cui altezza è strettamente legata all'altezza del cordolo che la delimita; la massima altezza del velo d'acqua che scorre quindi lungo il cordolo costituisce il limite da rispettare nella scelta dell'interasse tra gli elementi di scarico.

In linea generale viene ritenuta accettabile un'altezza massima del velo d'acqua pari a 6 cm (considerando che il cordolo bituminoso ha normalmente un'altezza di 8 cm), cui corrisponde, con una pendenza trasversale del sub-ballast pari al 3%, un allagamento massimo di 2.00 m.

Nella tabella di calcolo si inseriscono le caratteristiche geometriche della piattaforma, i valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica e le caratteristiche dell'elemento di raccolta (embrice) e si ottengono i valori della portata convogliata lungo il cordolo e della portata sfiorante dall'embrice, da cui si ricava il valore dell'interasse minimo da mantenere.

I valori da considerare sono due:

- l'interasse tra gli scarichi, che è funzione della capacità di portata della cunetta che si crea lungo il cordolo a lato della piattaforma, che a sua volta dipende direttamente dalla pendenza longitudinale del tratto e dalla larghezza della superficie drenata;
- l'interasse tra gli embrici, come funzione della capacità di portata dell'embrice stesso in relazione alle sue dimensioni geometriche.

Gli embrici andranno posizionati ad una distanza inferiore ad entrambi i valori ottenuti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 7 di 22

4.3 Metodologia di verifica delle canalette

La portata affluente è determinata mediante l'espressione del coefficiente udometrico:

$$u = 2520 n' \frac{(\varphi a)^{1/n'}}{W^n} [l/s \cdot ha]$$

dove:

- φ è il coefficiente di deflusso;
- W è il volume specifico d'invaso, dato da $W = W_1' + W_1'' + W_2$
- $W_1' = 0,005$ m, per la parte relativa alla piattaforma ferroviaria con presenza della massicciata (paragrafo 3.7.2.2.6 manuale di progettazione RFI);
- $W_1'' = 0,003$ m, per la parte (velo d'acqua) relativa alla eventuale porzione di bacino scolante esterna alla piattaforma (paragrafo 3.7.2.2.6 manuale di progettazione RFI);
- $W_2 = p \times A_i/L$ m, per la parte relativa alla canaletta, ponendo che la sezione liquida massima sia pari al p% della sezione totale A_i ; L è la larghezza del bacino scolante;
- i parametri a (in metri-ore⁻ⁿ) ed n' della curva di probabilità climatica (per $Tr = 100$ anni) da assumere nella formula di u , sono riportati nel precedente paragrafo 3.1.

Determinato il coefficiente udometrico u , la portata affluente per metro di lunghezza della canaletta è pari a:

$$q = \frac{u}{10000} \cdot L \quad (l/s/m)$$

La verifica della sezione della canaletta viene eseguita applicando la formula di Chézy:

$$Q = A \left[\left(\frac{1}{n} \right) R^{1/6} \right] \sqrt{R * J}$$

dove:

- Q =portata [m³/s]
- A =area liquida [m²]
- n =coefficiente di scabrezza di Manning [m^{1/3}/s] (0,015 per i manufatti in cls)
- R =raggio idraulico [m]
- J =pendenza longitudinale [m/m]

Si ricava quindi il valore dell'altezza idrica che corrisponde alla portata affluente precedentemente stimata e si verifica che il riempimento della sezione di progetto sia inferiore all'80%.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 8 di 22

4.4 Metodologia di verifica dei fossi di laminazione e dimensionamento delle luci di efflusso

I fossi di guardia con funzione di laminazione e/o i bacini di laminazione sono stati dimensionati nell'intento di invasare le acque meteoriche raccolte sulla nuova infrastruttura garantendo lo scarico nei recettori finali nel rispetto dei limiti concessi dalla normativa regionale in relazione al principio dell'invarianza idraulica.

Nella tratta in oggetto lo scarico limite consentito è di 5 l/s/ha. Un manufatto di regolazione delle portate posto a valle dell'invaso garantisce che la portata scaricata non superi il valore imposto.

I fossi di laminazione hanno il compito di ridurre i picchi di portata che si verificano nei sistemi di drenaggio riducendoli a valori compatibili con i recapiti posti a valle. Nel caso specifico dell'opera in progetto l'incremento di portata dovuto alla impermeabilizzazione viene assorbito dal sistema di drenaggio attraverso l'invaso nei fossi o nei bacini di laminazione, le cui dimensioni sono legate quindi non alla sola funzione di convogliare le acque afferenti al recapito stabilito ma anche a quella di invaso dei volumi che eccedono la capacità del recettore finale.

Il dimensionamento del volume da accumulare è stato eseguito mediante il metodo cinematico (Alfonsi e Orsi, 1987):

$$W_m = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^n + \frac{t_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{1-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_u \cdot \theta_w - Q_u \cdot t_c$$

dove:

- S = superficie del bacino scolante;
- φ = coefficiente di afflusso del bacino scolante;
- a,n = parametri della curva di possibilità pluviometrica;
- t_c = tempo di corrivazione del bacino scolante, dal calcolo della rete di drenaggio;
- Q_u = portata massima scaricabile per il principio dell'invarianza idraulica;
- θ_w = durata critica del bacino di laminazione.

La durata critica per la laminazione si determina con metodo iterativo tramite la relazione:

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

Il tempo di corrivazione viene calcolato sommando il tempo di afflusso, convenzionalmente assunto pari a 5 minuti, e il tempo di rete, calcolato sul tratto più lungo con il massimo riempimento. Questa assunzione semplificativa risulta a favore di sicurezza in quanto per riempimenti maggiori la velocità risulta maggiore e di conseguenza risulta minore il tempo di percorrenza: a tempi minori corrisponde una maggiore intensità di pioggia.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 9 di 22

Vengono inoltre simulati diversi eventi di pioggia, con l'applicazione del metodo cinematico, dai quali si ottengono i grafici dell'andamento del volume accumulato e del tirante idrico nel fosso/bacino in funzione della durata della precipitazione. La durata dell'evento critico è quella ricavata dal metodo Alfonsi-Orsi precedentemente descritto, a tale evento corrisponde il massimo volume da invasare.

La portata in uscita dal sistema corrisponde alla massima portata scaricabile ed è assunta costante per semplicità, anche se con un calcolo più raffinato dovrebbe partire da un valore nullo per aumentare al crescere del livello idrico nel serbatoio di accumulo. Dato che si tratta di portate estremamente piccole si è ritenuto di poter tralasciare il calcolo raffinato assegnando un **franco minimo di sicurezza all'interno del fosso/bacino pari a 10 cm.**

I volumi da laminare ottenuti con i due metodi risultano pressoché uguali.

Ai fossi viene data una leggera pendenza longitudinale che facilita il transito della portata verso il punto di scarico e lo svuotamento del fosso stesso.

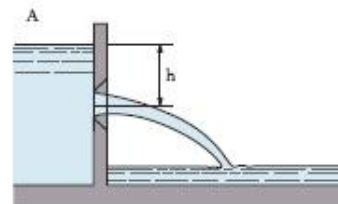
Il rilascio delle acque di piattaforma avverrà in modo controllato attraverso manufatti appositamente progettati che garantiscono la regolazione delle portate laminate in uscita dal sistema.

Il controllo della portata in uscita avviene attraverso una luce opportunamente dimensionata applicando la formula della portata effluente da luce a battente:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

nella quale:

- $\mu = 0,6$ è il coefficiente di contrazione;
- A [m²] rappresenta la sezione del foro = $\pi D^2/4$, con D [m] diametro del foro;
- h [m] rappresenta il carico idraulico sulla luce = $H-D/2$, con H [m] altezza del pelo libero nel manufatto.
- g [m/s²] è l'accelerazione di gravità.



Una volta individuato il bacino afferente si calcola la massima portata scaricabile e con la formula appena descritta si ricava il valore del diametro della luce effluente.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 10 di 22

4.5 Metodologia di verifica delle tubazioni di scarico

L'analisi idraulica delle tubazioni viene eseguita mediante valutazione del deflusso della corrente a pelo libero in condizioni di moto uniforme.

Viene utilizzata la formula di Chézy:

$$Q = A \left[\left(\frac{1}{n} \right) R^{1/6} \right] \sqrt{R * J}$$

dove:

- Q=portata [m³/s]
- A=area liquida [m²]
- n=coefficiente di scabrezza di Manning [m^{-1/3}s] (0,015 per il cls, 0,012 per il PEAD e il PVC)
- R=raggio idraulico [m]
- J=pendenza longitudinale [m/m]

Le tubazioni si ritengono verificate con riempimento massimo pari all'80%.

Inoltre, come indicato nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/1974, la velocità massima della corrente all'interno della tubazione non dovrà di norma superare i 5 m/s.

Per garantire lo smaltimento anche in condizioni eccezionali in cui il pozzetto di regolazione della portata non sia in grado di svolgere correttamente la sua funzione e per semplificare le operazioni di pulizia e manutenzione si è scelto di utilizzare tubazioni di diametro DE400, anche dove sarebbero sufficienti diametri inferiori.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 11 di 22

5 VERIFICA DELL'INTERASSE TRA GLI EMBRICI

Le acque meteoriche della piattaforma ferroviaria vengono allontanate mediante embrici posizionati sulle scarpate del rilevato, come descritto precedentemente.

La larghezza della superficie drenata è quella della semipiattaforma.

La pendenza longitudinale della livelletta ferroviaria nel tratto in esame è pari allo 0.09%; la larghezza della piattaforma drenata è 6.55m.

Con una fascia allagata di larghezza 2.00 m e un'altezza massima del velo d'acqua di 6 cm l'interasse massimo tra gli scarichi risulta pari a 30.9 m, mentre l'interasse tra gli elementi di raccolta risulta pari a 34 m. L'interasse medio di progetto è 15.5 m, l'interasse massimo nella tratta è di 30 m; la verifica è pertanto soddisfatta.

Calcolo deflusso			RI19-RI20-RI21-RI22
Sezioni			km 12+670 - 14+238
Larghezza piattaforma drenata [m]	W		6,55
Pendenza trasversale sub-ballast [%]	i		0,03
Angolo sulla verticale [grad]	q		88,28
Larghezza banchina allagata [m]	b		2,00
Altezza d'acqua massima ammissibile [m]	h		0,060
Pendenza ferroviaria longitudinale [m/m]	p		0,00090
Area di deflusso [m ²]	Ad		0,06
Raggio idraulico banchina [m]	R		0,03
Coefficiente di Strickler sub-ballast [m ^{1/3} /s]	Ks		80,00
Portata longitudinale convogliata dalla banchina [l/s]	Q		13,63
Velocità di deflusso in cunetta [m/s]	v		0,23
Calcolo interassi scarico acque miste			
Coefficienti c.p.p.	a [mm/h ⁿ]	94,28	
50% Buttapietra 50%Arcole	n	0,620	
Durata precipitazione [min]	T _c	5	
Coefficiente di laminazione	e	1,00	
Coefficiente di afflusso	j	1,00	
Intensità precipitazione [mm/h]	i	242	
Coefficiente udometrico [l/s/ha]	u	674	673,7
Portata drenata/m [l/s/m]	Q		0,44
INTERASSE SCARICHI [m]			30,9
Progetto			
INTERASSE ELEMENTI DI RACCOLTA [m]			15,5
Verifica interasse embrici			
Carico idrico [m]	h		0,06
Coeff di contrazione	C _q	0,385	
Larghezza embrice [m]	L	0,6	
Portata sfiorata embrice [l/s]	Q		15,03
Interasse embrici [m]	X _e		34,06

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 12 di 22

6 VERIFICHE DELLE CANALETTE

6.1 Canaletta RI19-CR01-AVBP

Si tratta di un breve tratto di canaletta posizionato al piede del rilevato lato binario pari nel tratto successivo all'interferenza con il tombino IN88. La presenza del tombino infatti impedisce di prolungare il fosso di laminazione per lasciare spazio alla rampa di scavalco dello stradello di servizio. Per evitare che l'interasse tra due embrici successivi nel tratto in corrispondenza di IN88 superi il valore massimo verificato al cap.5 viene quindi inserita una canaletta, che raccoglie le acque relative ai 30 m di piattaforma a cavallo del tombino e le recapita nel pozzetto RI19-MRP01-AVBP.

La canaletta ha dimensioni interne 40x40cm ed è lunga 8 m; il tratto afferente è lungo 30 m. La pendenza longitudinale è pari allo 0.9%.

La canaletta è verificata con un riempimento del 12%.

Calcolo afflussi diretti				
L1=	6,55	(m), bacino drenato piattaforma ferroviaria;		
L2=	2,00	(m), event. contributo oltre la piattaforma;		
L= L1 + L2 =	8,55	(m)		
Area bagnata (b=0,4m h=0,05m) =	0,020	m ²		
W1' =	0,003830409	(m)		
W1'' =	0,000701754	(m)		
W2= A/L =	0,002	(m)		
Risulta quindi W=	0,007	(m)		
Il coefficiente di deflusso medio è	0,83	.		
Con i dati riportati si calcola:				
coefficiente uometrico u =	556,33	(l/s/ha)		
portata affluente per metro di cunetta =	0,476	(l/s/m).		
Poiché la lunghezza del tronco di calcolo è pari a	30	m, si calcola una portata di progetto di	14,3	l/s.
Verifica sezione manufatto				
Largh. fondo	0,40	m		
Altezza totale	0,40	m		
Pendenza sponde H/V	pareti verticali	m/m		
Percentuale riempimento	12	%		
Altezza idrica	0,05	m		
Area bagnata	0,02	m ²		
Raggio Idraulico	0,04	m		
Pendenza longitudinale	0,0090	m/m		
Coefficiente di Manning	0,015	s/m ^{1/3}		
Portata	14,27	l/s		
Velocità	0,73	m/s		
La sezione idraulica, con un riempimento del	12,21	%, risulta verificata		

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 13 di 22	

7 VERIFICHE DEI FOSSI DI LAMINAZIONE E DIMENSIONAMENTO DELLE LUCI DI EFFLUSSO

7.1 Fosso di laminazione RI19-FL01-AVBD

Si tratta del fosso posto al piede del rilevato lato binario dispari dal km 12+800 al km 12+985.

Riceve le acque meteoriche afferenti sulla semipiattaforma del binario dispari e sulla scarpata del rilevato nord nel tratto compreso tra il km 12+800 e il km 12+985.

Presenta una sezione trapezia con sponde a pendenza 1/1, larghezza al fondo pari a 1.50 m, altezza pari a 0.75 m e larghezza in sommità pari a 3.00 m. Ha una pendenza pari allo 0,1% in direzione Verona e una lunghezza pari a 180 m.

Al termine del fosso viene realizzato un manufatto di regolazione della portata uscente (RI19-MRP01-AVBD), costituito da un pozzetto di dimensioni interne 3.60x2.00 m al cui interno si colloca un pancone metallico nel quale è presente un foro di diametro 27mm.

Dal pozzetto parte la tubazione di scarico in PEAD DE400 (RI19-TS01-AVBD) che recapita le acque laminate nel tombino IN88.

Nella prima tabella vengono riportati i dati che caratterizzano il sistema di raccolta e accumulo.

Dati dell'invaso					
tipologia:	fosso di guardia				
dimensioni:					
base minore	1,50	m			
altezza	0,75	m			
pendenza sponde	1	m/m			
franco	0,10	m			
altezza idrica	0,65	m			
base maggiore	2,80	m			
area liquida	1,3975	m ²	Volume effettivo disponibile con fosso in pendenza		
lunghezza fosso	180	m			
pendenza fosso	0,001	m/m	delta fondo	0,18	m
scabrezza (Manning)	0,015	s/m ^{1/3}	altezza idrica monte	0,47	m
perimetro bagnato	3,338	m	base maggiore monte	2,44	m
raggio idraulico	0,419	m	area liquida monte	0,9259	m ²
velocità	1,18	m/s	area liquida media	1,1617	m ²
			volume effettivo	209,11	m ³

Nella seconda tabella si riportano i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica e i dati del bacino afferente.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A

Dati pluviometrici		Stazione fittizia 50%Buttapietra-50%Arcole				
a - coeff curva h=atn per tempi inferiori all'ora						93,9 mm/ore ⁿ
n' - coeff curva h=atn per tempi inferiori all'ora						0,6145 -
a - coeff curva h=atn per piogge orarie						86,2 mm/ore ⁿ
n - coeff curva h=atn per piogge orarie						0,128 -
Dati del bacino						
lunghezza del tratto	185 m		da pk	12800	a pk	12985
pendenza del tratto	0,0009 m/m					185
superficie afferente pavimentata	2044,25 m ²		larghezza sup. aff. pav.	6,55	1,5	3 m
coefficiente di deflusso	0,9 -					(=semipiattaforma AV, stradello e fosso)
superficie afferente non pav.	370 m ²		larghezza sup. rilevato	2		m
coefficiente di deflusso	0,6 -					(=scarpata media nel tratto)
superficie afferente aree agricole	0 m ²		larghezza sup. agricola	0		m
coefficiente di deflusso	0,1 -					(=fascia di campagna esterna)
superficie totale	2414,25 m ²	0,00241 km ²		0,241425		ha
coeff di deflusso ragguagliato	0,85					
tempo di corrivazione Tc	7,54 min	0,126 ore				
Htc - altezza di pioggia caduta nel Tc	26,26 mm					
i(dt) - intensità di pioggia oraria in Tc (ietogramma rettangolare)	208,86 mm/h					
h(dt) - altezza di pioggia in mm relativa al passo di tempo dt - vedi tabella						
Qin - portata affluente	$Q_{in} = \frac{h(dt) \times S \times \varphi}{dt}$					

Si calcola quindi la massima portata scaricabile, dalla quale si ricava la dimensione della luce di efflusso.

Portata massima scaricabile			
Portata specifica scaricabile (consorzio APV)	5 l/s/ha	0,005	m ³ /s/ha
Qout - portata massima in uscita dall'invaso	1,207 l/s	0,001207	m ³ /s

Caratteristiche luce di efflusso			
diametro	0,027 m	27	mm
coeff.	0,6 -		
sezione	0,0005726 m ²		
g	9,806 m/s ²		
carico massimo	0,6365 m	=altezza idrica - diametro/2	
Qmax	0,001214 m ³ /s	1,214	l/s

Risulta una luce di efflusso di diametro 27 mm.

Si procede poi con il calcolo del tempo di corrivazione, della massima portata di pioggia e del volume di laminazione con il metodo Alfonsi-Orsi descritto al paragrafo 4.4 e alla verifica del volume accumulato nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A

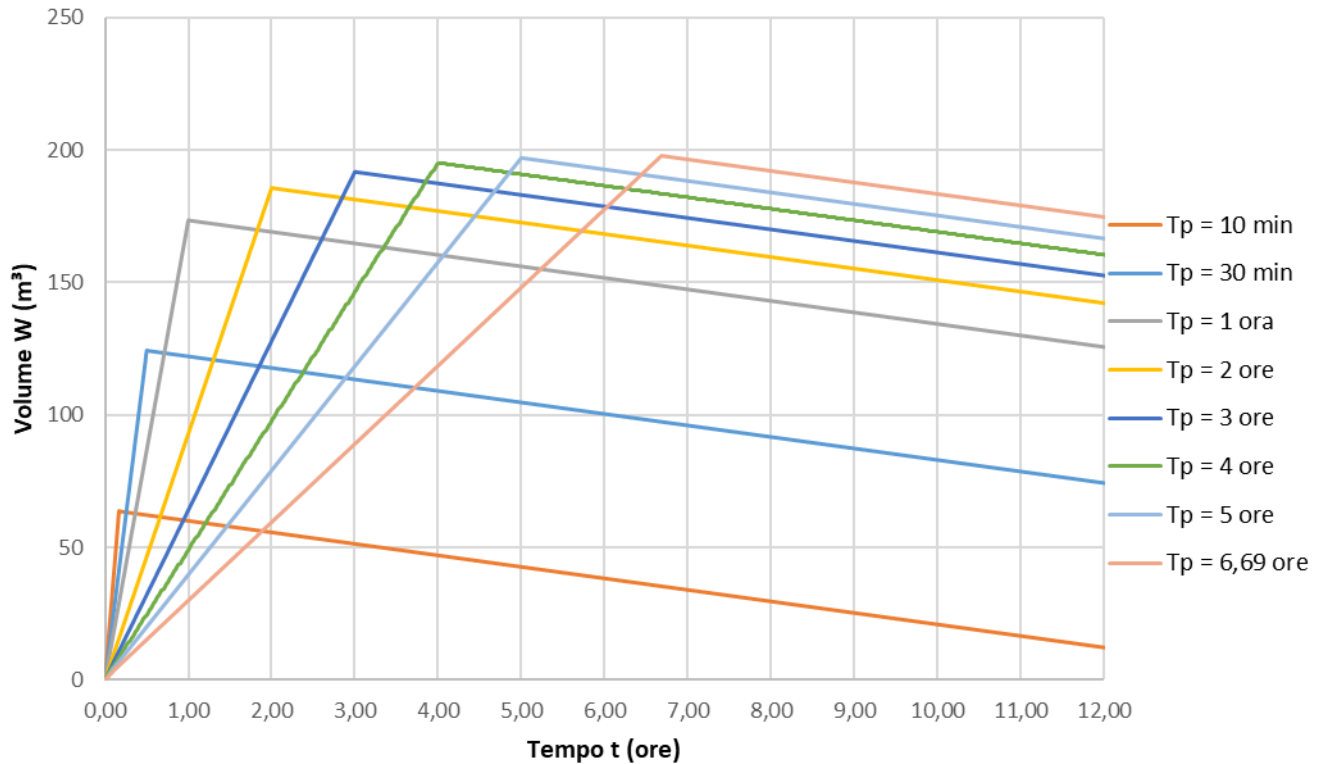
CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE E DELLA PORTATA MASSIMA					
tempo di afflusso (5 min)	0,083	ore	5,00	min	300,0 sec
tempo di rete (=L/v)	0,042	ore	2,54	min	152,6 sec
tempo di corrivazione	0,126	ore	7,54	min	452,6 sec
intensità di pioggia critica	208,86	mm/ora	0,2089	m/ora	
portata massima	0,11962	m³/s	119,62	l/s	
volume massimo	54,14	m³			
portata specifica scaricabile	5,00	l/s/ha			
portata massima scaricabile	0,001207	m³/s	1,207	l/s	
volume scaricabile	0,55	m³			
CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE					
Superficie del bacino scolante	2414,25	m²			
coefficiente di afflusso del bacino scolante	0,85				
a	0,0862	m/ore ⁿ			
n	0,128				
durata critica del bacino di laminazione	6,69	ore			
tempo di corrivazione del bacino scolante	0,126	ore			
portata massima scaricabile per invarianza idraulica	4,346	m³/h			
volume di laminazione	197,132	m³			
	0,000				
VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA					
volume di laminazione	197,13	m³			
volume disponibile	209,11	m³			
delta volume	11,97	m³			

A seguire si riportano i grafici dei volumi accumulati e dei tiranti idrici in funzione della durata dell'evento meteorico e la tabella riepilogativi dei risultati della simulazione con il metodo cinematico.

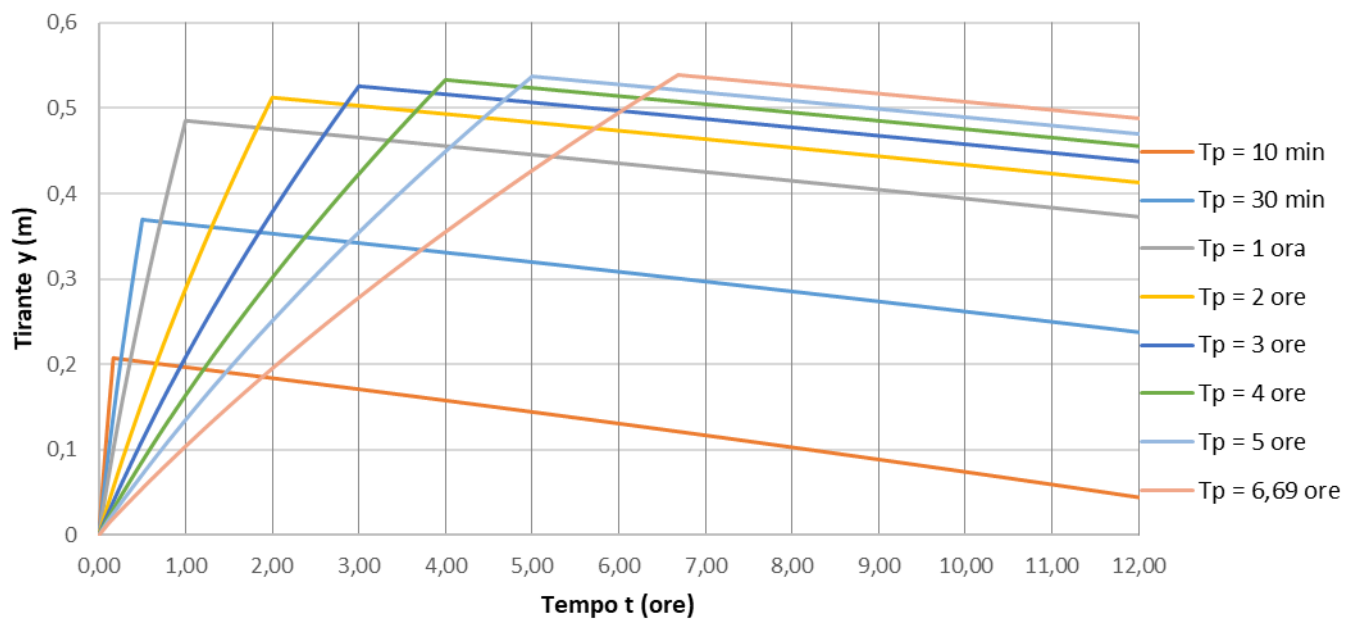
durata 1	durata 2	durata 3	durata 4	durata 5	durata 6	durata 7	durata 8	
10	30	60	120	180	240	300	401	min
0,17	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,69	ore
31,22	61,33	86,20	94,20	99,22	102,94	105,92	109,94	mm
187,35	122,66	86,20	47,10	33,07	25,73	21,18	16,43	mm/h

Risultati simulazione		
Capacità dell'invaso	209,1	m³
Massimo volume da invasare	197,9	m³
Rapporto tra riempimento e capacità dell'invaso	95%	
Tempo di svuotamento	45,3	ore

Andamento del volume accumulato



Andamento del tirante idrico



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 17 di 22

7.2 Fosso di laminazione RI19-FL01-AVBP

Si tratta del fosso posto al piede del rilevato lato binario pari dal km 12+800 al km 12+985.

Riceve le acque meteoriche afferenti sulla semipiattaforma del binario pari e sulla scarpata del rilevato sud nel tratto compreso tra il km 12+800 e il km 12+985.

Presenta una sezione trapezia con sponde a pendenza 1/1, larghezza al fondo pari a 2.25 m, altezza pari a 0.75 m e larghezza in sommità pari a 3.75 m. Ha una pendenza pari allo 0,1% in direzione Verona e una lunghezza di 161 m.

Al termine del fosso viene realizzato un manufatto di regolazione della portata uscente (RI19-MRP01-AVBP), costituito da un pozzetto di dimensioni interne 4.35x2.00 m al cui interno si colloca un pancone metallico nel quale è presente un foro di diametro 29 mm.

Dal pozzetto parte la tubazione di scarico in PEAD DE400 (RI19-TS01-AVBP) che recapita le acque laminate nel tombino IN88.

Nella prima tabella vengono riportati i dati che caratterizzano il sistema di raccolta e accumulo.

Dati dell'invaso		Volume effettivo disponibile con fosso in pendenza			
tipologia:	fosso di guardia	delta fondo	0,161 m		
dimensioni:		altezza idrica monte	0,49 m		
base minore	2,25 m	base maggiore monte	3,228 m		
altezza	0,75 m	area liquida monte	1,3394 m ²		
pendenza sponde	1 m/m	area liquida media	1,6122 m ²		
franco	0,10 m	volume effettivo	259,56 m ³		
altezza idrica	0,65 m				
base maggiore	3,55 m				
area liquida	1,885 m ²				
lunghezza fosso	161 m				
pendenza fosso	0,001 m/m				
scabrezza (Manning)	0,015 s/m ^{1/3}				
perimetro bagnato	4,088 m				
raggio idraulico	0,461 m				
velocità	1,26 m/s				

Nella seconda tabella si riportano i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica e i dati del bacino afferente.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A

Dati pluviometrici		Stazione fittizia 50%Buttapietra-50%Arcole			
a - coeff curva h=atn per tempi inferiori all'ora				93,9	mm/ore ⁿ
n' - coeff curva h=atn per tempi inferiori all'ora				0,6145	-
a - coeff curva h=atn per piogge orarie				86,2	mm/ore ⁿ
n - coeff curva h=atn per piogge orarie				0,128	-
Dati del bacino					
lunghezza del tratto	185 m		da pk 12800	a pk 12985	
pendenza del tratto	0,0009 m/m				185
superficie afferente pavimentata	2460,5 m ²		larghezza sup. aff. pav.	6,55	3 3,75 m
coefficiente di deflusso	0,9 -				(=semipiattaforma AV, stradello e fosso)
superficie afferente non pav.	462,5 m ²		larghezza sup. rilevato	2,5	m
coefficiente di deflusso	0,6 -				(=scarpata media nel tratto)
superficie afferente aree agricole	0 m ²		larghezza sup. agricola	0	m
coefficiente di deflusso	0,1 -				(=fascia di campagna esterna)
superficie totale	2923 m ²	0,00292 km ²		0,2923 ha	
coeff di deflusso ragguagliato	0,85				
tempo di corrivazione Tc	7,13 min	0,119 ore			
Htc - altezza di pioggia caduta nel Tc	25,37 mm				
i(dt) - intensità di pioggia oraria in Tc (ietogramma rettangolare)	213,41 mm/h				
h(dt) - altezza di pioggia in mm relativa al passo di tempo dt - vedi tabella					
Qin - portata affluente	$Q_{in} = \frac{h(dt) \times S \times \varphi}{dt}$				

Si calcola quindi la massima portata scaricabile, dalla quale si ricava la dimensione della luce di efflusso.

Portata massima scaricabile		
Portata specifica scaricabile (consorzio APV)	5 l/s/ha	0,005 m ³ /s/ha
Qout - portata massima in uscita dall'invaso	1,462 l/s	0,001462 m ³ /s

Caratteristiche luce di efflusso		
diametro	0,029 m	29 mm
coeff.	0,6 -	
sezione	0,0006605 m ²	
g	9,806 m/s ²	
carico massimo	0,6355 m	=altezza idrica - diametro/2
Qmax	0,001399 m ³ /s	1,399 l/s

Risulta una luce di efflusso di diametro 29 mm.

Si procede poi con il calcolo del tempo di corrivazione, della massima portata di pioggia e del volume di laminazione con il metodo Alfonsi-Orsi descritto al paragrafo 4.4 e alla verifica del volume accumulato nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
	RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A

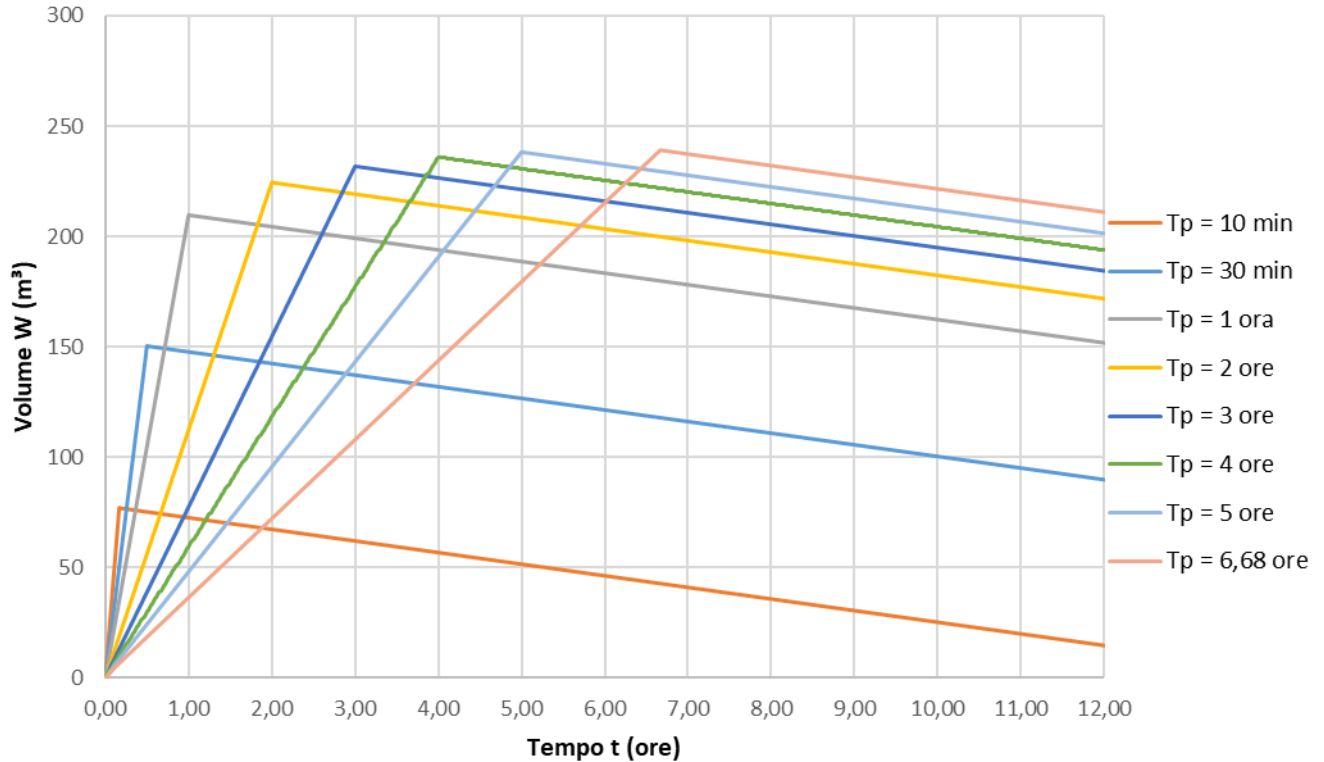
CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE E DELLA PORTATA MASSIMA						
tempo di afflusso (5 min)	0,083	ore	5,00	min	300,0	sec
tempo di rete (=L/v)	0,036	ore	2,13	min	128,0	sec
tempo di corrivazione	0,119	ore	7,13	min	428,0	sec
intensità di pioggia critica	213,41	mm/ora	0,2134	m/ora		
portata massima	0,14772	m³/s	147,72	l/s		
volume massimo	63,22	m³				
portata specifica scaricabile	5,00	l/s/ha				
portata massima scaricabile	0,001462	m³/s	1,462	l/s		
volume scaricabile	0,63	m³				
CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE						
Superficie del bacino scolante	2923	m²				
coefficiente di afflusso del bacino scolante	0,85					
a	0,0862	m/ore ⁿ				
n	0,128					
durata critica del bacino di laminazione	6,68	ore				
tempo di corrivazione del bacino scolante	0,119	ore				
portata massima scaricabile per invarianza idraulica	5,261	m³/h				
volume di laminazione	238,225	m³				
	0,000					
VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA						
volume di laminazione	238,23	m³				
volume disponibile	259,56	m³				
delta volume	21,34	m³				

A seguire si riportano i grafici dei volumi accumulati e dei tiranti idrici in funzione della durata dell'evento meteorico e la tabella riepilogativi dei risultati della simulazione con il metodo cinematico.

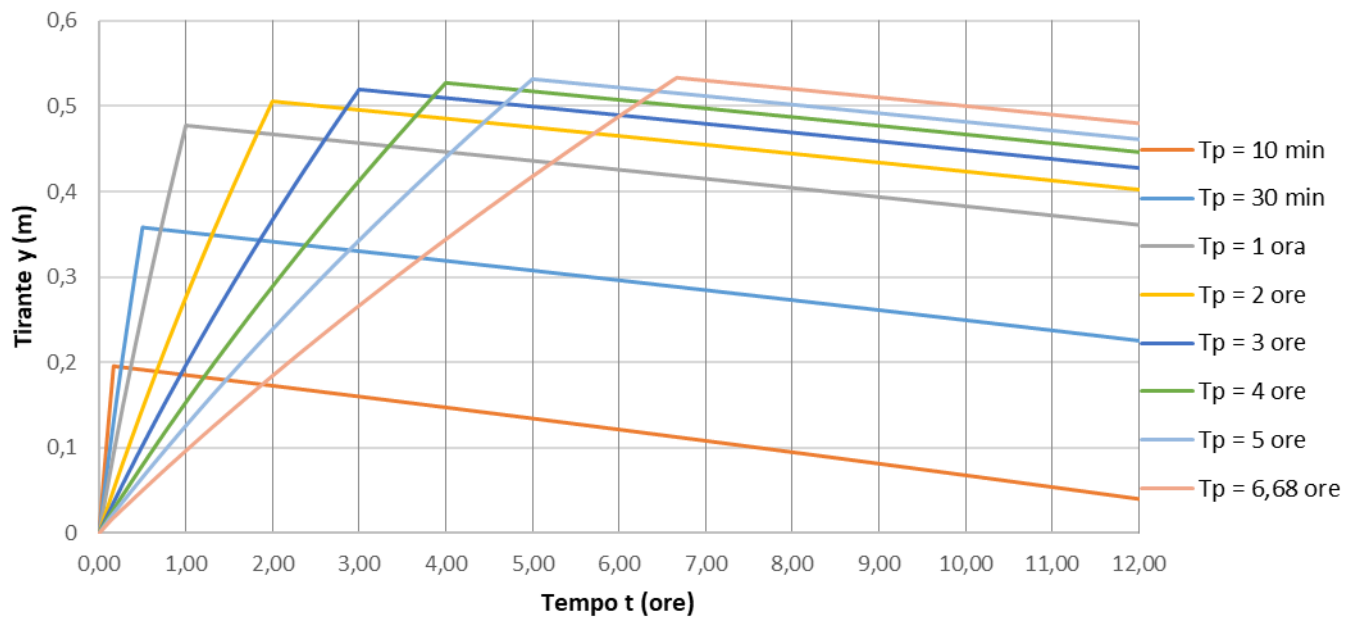
durata 1	durata 2	durata 3	durata 4	durata 5	durata 6	durata 7	durata 8	
10	30	60	120	180	240	300	401	min
0,17	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,68	ore
31,22	61,33	86,20	94,20	99,22	102,94	105,92	109,91	mm
187,35	122,66	86,20	47,10	33,07	25,73	21,18	16,46	mm/h

Risultati simulazione	
Capacità dell'invaso	259,6 m³
Massimo volume da invasare	239,1 m³
Rapporto tra riempimento e capacità dell'invaso	92%
Tempo di svuotamento	47,5 ore

Andamento del volume accumulato



Andamento del tirante idrico



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 21 di 22

8 VERIFICA DELLE TUBAZIONI DI SCARICO

Le tubazioni previste nella tratta in oggetto collegano i manufatti di regolazione delle portate posti a valle dei fossi di laminazione con i recapiti finali in cui viene scaricata la portata laminata.

Come già detto in precedenza le portate scaricate sono molto esigue, poiché rispettano il principio dell'invarianza idraulica con il limite massimo imposto dal Consorzio di Bonifica competente di 5 l/s per ettaro di superficie interessata dall'intervento. Vengono tuttavia utilizzate, anche se sovradimensionate per le piccole portate di esercizio, tubazioni in PEAD SN4 di diametro esterno 400 mm per facilitare le operazioni di pulizia/manutenzione e per permettere il deflusso di una portata maggiore garantendo il deflusso verso lo scarico finale anche in caso di ostruzione della bocca tarata posizionata nel pozzetto di regolazione, evitando allagamenti in corrispondenza del manufatto di laminazione o immediatamente a monte.

Le portate calcolate nel presente tratto di rilevato variano da 1.2 a 1.4 l/s.

Una tubazione di diametro 400 in PEAD SN4 (diametro interno 369 mm) è in grado di far defluire una portata di 50 l/s con una pendenza minima dello 0.1% con un grado di riempimento del 67%.

alfa	h	Area idr.	Rg idr	V	Q			
	m	mq	m	m/s	mc/s			
1,00	0,0226	0,003	0,015	0,15	0,0004	Verifica deflussi in condotta circolare		
1,10	0,0272	0,004	0,018	0,17	0,0006	Dati:		
1,20	0,0323	0,005	0,021	0,19	0,0009	Portata	50,00	l/s
1,30	0,0377	0,006	0,024	0,21	0,0012	Pendenza longitudinale	0,1	%
1,40	0,0434	0,007	0,027	0,23	0,0016	diametro	400	mm
1,50	0,0496	0,009	0,031	0,25	0,0021	n Manning	0,0125	s/m ^{1/3}
1,60	0,0560	0,010	0,035	0,27	0,0028	risultati:		
1,70	0,0628	0,012	0,038	0,29	0,0035	h idrica =	0,27	m
1,80	0,0699	0,014	0,042	0,31	0,0043	R raggio idraulico =	0,11	m
1,90	0,0773	0,016	0,046	0,33	0,0053	V velocità =	0,58	m/s
2,00	0,0849	0,019	0,050	0,35	0,0064	% riempimento =	67	%
2,10	0,0928	0,021	0,054	0,36	0,0077			
2,20	0,1009	0,024	0,058	0,38	0,0090			
2,30	0,1093	0,027	0,062	0,40	0,0106			
2,40	0,1178	0,029	0,066	0,41	0,0122			
2,50	0,1265	0,032	0,070	0,43	0,0140			
2,60	0,1353	0,036	0,074	0,45	0,0159			
2,70	0,1442	0,039	0,078	0,46	0,0179			
2,80	0,1533	0,042	0,081	0,47	0,0200			
2,90	0,1624	0,045	0,085	0,49	0,0221			
3,00	0,1716	0,049	0,088	0,50	0,0244			
3,10	0,1809	0,052	0,091	0,51	0,0267			
3,20	0,1901	0,056	0,094	0,52	0,0291			
3,30	0,1993	0,059	0,097	0,53	0,0314			
3,40	0,2085	0,062	0,099	0,54	0,034			
3,50	0,2176	0,066	0,102	0,55	0,036			
3,60	0,2267	0,069	0,104	0,56	0,039			
3,70	0,2356	0,072	0,106	0,57	0,041			
3,80	0,2444	0,075	0,107	0,57	0,043			
3,90	0,2531	0,078	0,109	0,58	0,045			
4,00	0,2616	0,081	0,110	0,58	0,047			
4,10	0,2699	0,084	0,111	0,58	0,049			
4,20	0,2779	0,087	0,112	0,59	0,051			
4,30	0,2858	0,089	0,112	0,59	0,052			
4,40	0,2934	0,091	0,112	0,59	0,054			
4,50	0,3007	0,093	0,112	0,59	0,055			

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI 19 0 4 001	Rev. A	Foglio 22 di 22	

9 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

IN1710EI2RHID0000002	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI SECONDARI
----------------------	--