

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIO CALABRIA E COSENZA - SIBARI

### S.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

### BRETELLA DI SIBARI

### IDROLOGIA E IDRAULICA

### RELAZIONE IDRAULICA DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA

SCALA:

-

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

RC2V 00 R 14 RI ID0002 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Polli	Marzo 2023	S.Cignarella <i>G. Cignarella</i>	Marzo 2023	I.D'Amore <i>I.D'Amore</i>	Marzo 2023	G. Ingresso Marzo 2023
								ITALFERR S.p.A. COORDINAMENTO DI SISTEMA Dott. Ing. GIULIANA INGROSSO Ordine degli Ingegneri di ROMA N. 20502

File: RC2V00R14RIID0002002A.doc

n. Elab.:

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ELABORATI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>SINTESI DELL'ANALISI IDROLOGICA .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMA DI DRENAGGIO .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>SISTEMA DI DRENAGGIO – VERIFICA DEI FOSSI DI GUARDIA.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1.1</b>	<b>METODO DELL'INVASO.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1.1</b>	<b>VERIFICA MEDIANTE METODO VOLUMETRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1.1.1</b>	<b>FOSSI A-B-D-E.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1.1.2</b>	<b>FOSSO C.....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>ALLEGATO DI CALCOLO.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>METODO DELL'INVASO.....</b>	<b>28</b>

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 INQUADRAMENTO DELLA FERROVIA DI PROGETTO.....	5
FIGURA 2 STRALCIO DELLA PLANIMETRIA IDRAULICA .....	7
FIGURA 3 SISTEMA DI DRENAGGIO – SEZIONE IN RILEVATO.....	8
FIGURA 4 SISTEMA DI DRENAGGIO – SEZIONE IN VIADOTTO.....	8
FIGURA 5 FOSSI A-B-D-E E SISTEMAZIONE IDRAULICA.....	14
FIGURA 7 FOSSO A – DALL’ALTO VERSO IL BASSO: 1) RAFFRONTO TRA PORTATA ENTRANTE Q <sub>E</sub> E PORTATA USCENTE Q <sub>U</sub> ; 2) RAFFRONTO TRA VOLUME ENTRANTE W <sub>E</sub> , VOLUME USCENTE W <sub>U</sub> E VOLUME ACCUMULATO W <sub>I</sub> ; 3) TIRANTE IDRAULICO INTERNO AL FOSSO; 4) GRADO DI RIEMPIMENTO DEL FOSSO. ....	16
FIGURA 8 FOSSO B – DALL’ALTO VERSO IL BASSO: 1) RAFFRONTO TRA PORTATA ENTRANTE Q <sub>E</sub> E PORTATA USCENTE Q <sub>U</sub> ; 2) RAFFRONTO TRA VOLUME ENTRANTE W <sub>E</sub> , VOLUME USCENTE W <sub>U</sub> E VOLUME ACCUMULATO W <sub>I</sub> ; 3) TIRANTE IDRAULICO INTERNO AL FOSSO; 4) GRADO DI RIEMPIMENTO DEL FOSSO. ....	18
FIGURA 9 FOSSO D – DALL’ALTO VERSO IL BASSO: 1) RAFFRONTO TRA PORTATA ENTRANTE Q <sub>E</sub> E PORTATA USCENTE Q <sub>U</sub> ; 2) RAFFRONTO TRA VOLUME ENTRANTE W <sub>E</sub> , VOLUME USCENTE W <sub>U</sub> E VOLUME ACCUMULATO W <sub>I</sub> ; 3) TIRANTE IDRAULICO INTERNO AL FOSSO; 4) GRADO DI RIEMPIMENTO DEL FOSSO. ....	20
FIGURA 10 FOSSO E – DALL’ALTO VERSO IL BASSO: 1) RAFFRONTO TRA PORTATA ENTRANTE Q <sub>E</sub> E PORTATA USCENTE Q <sub>U</sub> ; 2) RAFFRONTO TRA VOLUME ENTRANTE W <sub>E</sub> , VOLUME USCENTE W <sub>U</sub> E VOLUME ACCUMULATO W <sub>I</sub> ; 3) TIRANTE IDRAULICO INTERNO AL FOSSO; 4) GRADO DI RIEMPIMENTO DEL FOSSO. ....	22
FIGURA 11 FOSSO C. ....	23
FIGURA 12 - BACINO IDROGRAFICO FOSSO C.....	24
FIGURA 12 FOSSO C – DALL’ALTO VERSO IL BASSO: 1) RAFFRONTO TRA PORTATA ENTRANTE Q <sub>E</sub> E PORTATA USCENTE Q <sub>U</sub> ; 2) RAFFRONTO TRA VOLUME ENTRANTE W <sub>E</sub> , VOLUME USCENTE W <sub>U</sub> E VOLUME ACCUMULATO W <sub>I</sub> ; 3) TIRANTE IDRAULICO INTERNO AL FOSSO; 4) GRADO DI RIEMPIMENTO DEL FOSSO. ....	26

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del PFTE per il Collegamento diretto tra le linee Metaponto–Reggio Calabria e Cosenza–Sibari: Bretella di Sibari e ha ad oggetto il predimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma e la definizione dei punti di recapito.

La stazione di Sibari costituisce il punto di confluenza delle linee Sibari – Crotona – Catanzaro Lido (cosiddetta linea jonica) e Sibari – Cosenza – Paola. Attualmente non esiste un collegamento diretto fra le linee afferenti a Sibari, pertanto il passaggio da una linea all'altra prevede un'inversione del senso di marcia sui binari di ricevimento della stazione, con conseguente aumento dei tempi di percorrenza.

Il progetto prevede la realizzazione un binario esterno che colleghi direttamente le due linee diramate consentendo di creare le condizioni per un nuovo modello di servizio in grado di collegare i versanti jonico e tirrenico della Calabria senza soluzione di continuità. Lo sviluppo complessivo dell'intervento risulta essere pari a circa 1 km, con innesto sulla L.S. Reggio Calabria - Metaponto al km c.a. 123+345 e innesto sulla LS Sibari – Cosenza alla km c.a. 1+230 circa. I primi 285m di tracciato si sviluppano in rilevato con altezza massima pari a circa 6 m dal p.c., proseguendo con l'avanzamento delle progressive il tracciato si sviluppa in viadotto con una lunghezza pari a circa 330m (con campata centrale a trave reticolare a via inferiore che consente lo scavalco della SS106, della nuova viabilità in fase di realizzazione nel progetto di soppressione PL e del canale interposto tra le due arterie stradali), nei restanti 386m circa il tracciato si sviluppa in rilevato a meno di un ponte a travi incorporate che consente lo scavalco di un canale (IN01) posto al km 0+730 circa per poi ricollegarsi sulla LS Sibari-Cosenza.

Coerentemente con la fase progettuale di PFTE, la presente relazione illustra le prime valutazioni per il dimensionamento del sistema di drenaggio a servizio della nuova ferrovia di progetto, la definizione dei punti di recapito delle acque e le valutazioni in merito alla invarianza idraulica degli organi ricettori locali.



Figura 1 Inquadramento della ferrovia di progetto

## 2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Relazione idrologica	RC2V00R14RIID0001001A
Planimetria smaltimento acque di piattaforma	RC2V00R14P7ID0002002A

## 3 SINTESI DELL'ANALISI IDROLOGICA

Il presente capitolo riporta i risultati ottenuti dall'analisi idrologica del sito in esame in termini di curve di possibilità pluviometrica (parametri della funzione monomia).

Tabella 1 Parametri della relazione monomia della curva di possibilità pluviometrica

a	n
mm/h <sup>n</sup>	
55.19	0.50

Per la trattazione estesa inerente alla caratterizzazione idrologica del sito si rimanda alla relazione dedicata.

## 4 SISTEMA DI DRENAGGIO

Il presente Capitolo illustra in via preliminare la tipologia di presidi idraulici che si intende adottare per il drenaggio della piattaforma ferroviaria. L'immagine che segue riporta lo schematico di funzionamento del sistema di smaltimento.

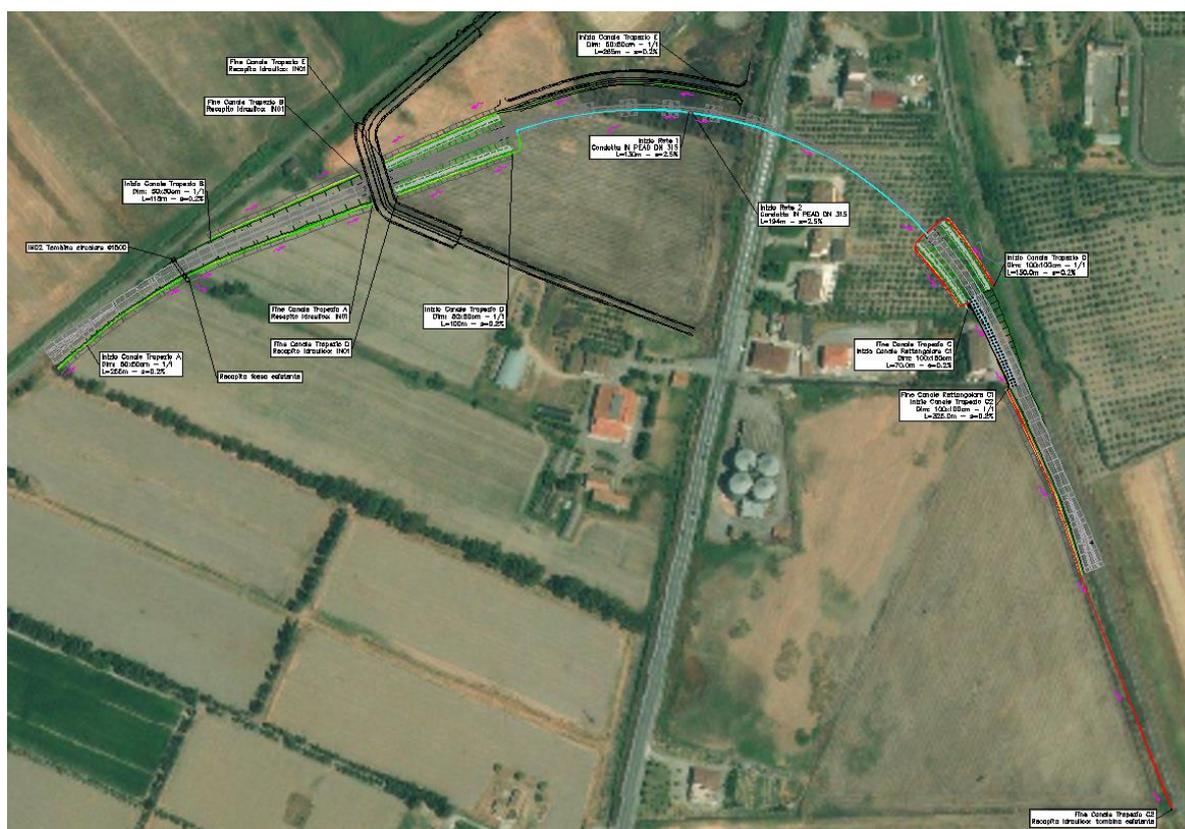


Figura 2 Stralcio della planimetria idraulica

L'intervento si sviluppa in viadotto per la porzione in attraversamento alla SS106 e in rilevato/muri per le tratte terminali di approccio alle linee ferroviarie esistenti Sibari – Cosenza e Reggio Calabria – Metaponto. La captazione e smaltimento delle acque di piattaforma è gestito come segue:

- Sezione in rilevato – la captazione delle portate è realizzata a mezzo di embrici collocati a margine della piattaforma con un interasse minimo di 10 m. Alla base del rilevato sono progettati fossi in terra a sezione trapezoidale 50x50 cm o 100x100cm. Ove la prossimità a elementi di interferenza vincoli la dimensione del presidio da adottarsi (Canale C), si è deciso di ricorrere a sezioni rettangolari in calcestruzzo 100x150cm. Al fine di permettere la laminazione delle portate e garantire le condizioni di invarianza idraulica dell'intervento, i fossi

di guardia sono stati dotati di setti verticali con luce rettangolare sotto-battente nei punti di scarico ai rispettivi ricettori finali.

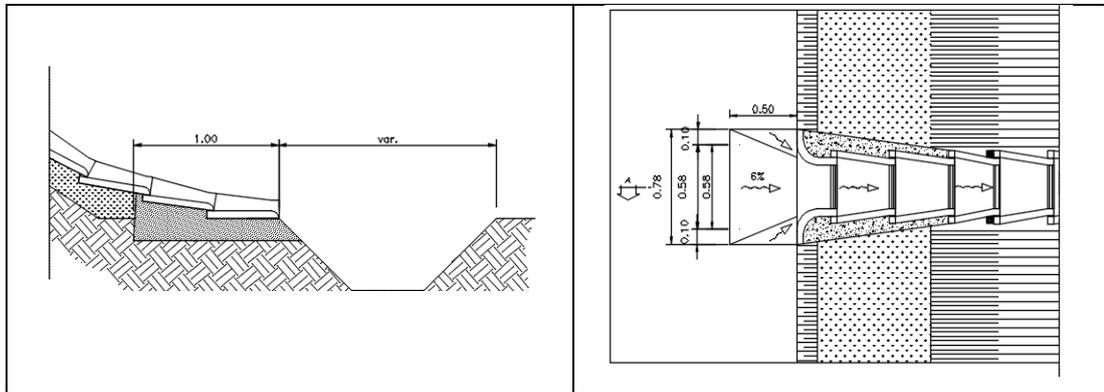


Figura 3 Sistema di drenaggio – sezione in rilevato

- Sezione in viadotto – lo smaltimento delle portate è affidato a caditoie grigliate in ghisa sferoidale (classe C250) collegate a condotte in PEAD a mezzo di pluviali (interasse minimo: 10m).

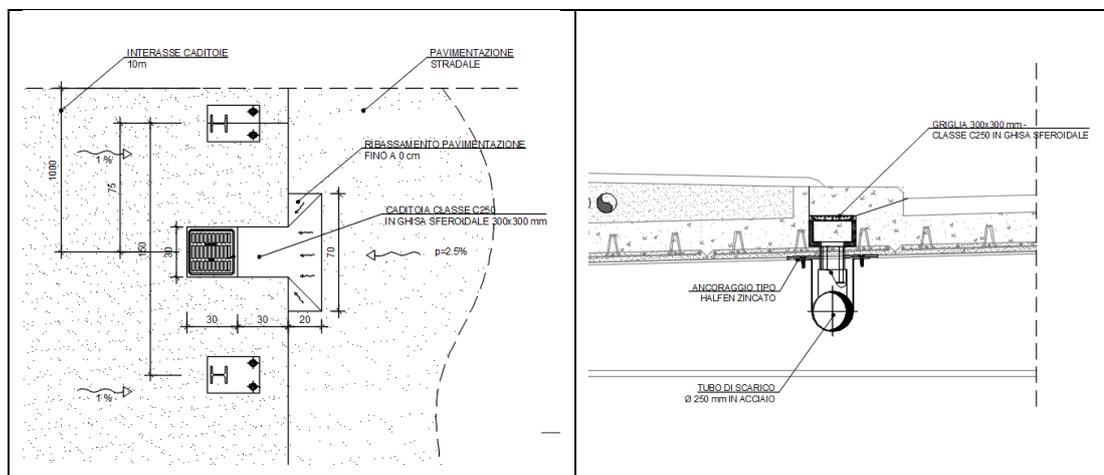


Figura 4 Sistema di drenaggio – sezione in viadotto

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	COLLEGAMENTO DIRETTO CON LE LINEE METAPONTO-REGGIOCALABRIA E COSENZA SIBARI					
Relazione idraulica drenaggio acque di piattaforma	COMMESSA RC2V	LOTTO 00	CODIFICA 14RI	DOCUMENTO ID0002002	REV. A	FOGLIO 9 di 30

## 4.1 SISTEMA DI DRENAGGIO – VERIFICA DEI FOSSI DI GUARDIA

Il presente paragrafo riporta i risultati delle verifiche idrauliche relative al sistema di drenaggio di progetto. Tutte le analisi sono condotte in riferimento a un evento critico di durata statistica media pari a 100 anni (Manuale di Progettazione RFI).

Per quanto riguarda il rispetto dei principi dell'invarianza idraulica, si osserva che la Regione Calabria non dispone di un Regolamento vigente per la disciplina di tali aspetti: si è fatto quindi riferimento a quanto disposto dal Manuale di progettazione delle opere ferroviarie. È stato fatto riferimento a due distinti approcci metodologici. Nella fattispecie, le verifiche dei presidi sono state realizzate per:

- Applicazione del metodo dell'invaso italiano, nell'ipotesi che l'effetto degli organi limitatori di portata (setti verticali con luce sotto-battente) possa ritenersi trascurabile;
- Applicazione di una verifica della capacità di invaso del presidio idraulico di interesse in ragione dell'incremento di portata conseguente alle nuove superfici impermeabili conseguenti alla realizzazione della infrastruttura in progetto e della regolazione del deflusso attribuibile al funzionamento della bocca tarata.

I paragrafi che seguono riportano i risultati della progettazione.

### 4.1.1 METODO DELL'INVASO

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

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

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

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

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

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

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

Applicando le condizioni appena introdotte risulta:

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

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

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

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

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

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

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

Con:

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

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

A rappresenta la superficie del bacino sotteso;

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

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

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

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=0.012s/m<sup>1/3</sup>; Calcestruzzo: n=0.015 s/m<sup>1/3</sup>), 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:

Presidi “chiusi” (Canalette e condotte):

- Altezza utile < 500mm – Massimo riempimento < 50%;
- Altezza utile > 500mm – Massimo riempimento < 67%;
- Velocità di deflusso – [0.20 – 5] m/s.

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:

- Il massimo grado di riempimento dei fossi di guardia risulta pari al 63% della sezione utile;
- Le velocità di deflusso per i fossi di guardia appaiono in generale piuttosto modeste e sono comprese tra 0.30 e 0.80 m/s. Tale aspetto risulta in generale attribuibile alla scabrezza del materiale (terra) e alle ridotte pendenze longitudinali disponibili;
- Per il tratto in viadotto,
  - il massimo gradi di riempimento delle condotte è pari al 34.1%;
  - La velocità di deflusso all'interno delle condotte è compresa tra 1.27m/s e 2.15m/s.

Le verifiche sono dunque soddisfatte.

#### **4.1.1 VERIFICA MEDIANTE METODO VOLUMETRICO**

La verifica della capacità del presidio, in ragione della trasformazione del coefficiente di deflusso relativo all'uso del suolo e delle modalità di funzionamento della bocca tarata, è realizzata secondo le ipotesi che seguono:

1. Validità del metodo cinematico per la determinazione dell'onda di piena, secondo la relazione:

$$Qc = a_{100} d^n S \varphi_{AO/PO}$$

Con  $a_{100}$  ed  $n$  parametri della funzione monomia della CPP,  $d$  durata critica,  $S$  superficie del bacino drenato e  $\varphi_{AO/PO}$  coefficiente di afflusso del bacino alle condizioni Ante Operam o Post Operam.

2. La durata critica dei presidi, ipotizzata pari al valore minimo riscontrato per i tre bacini naturali che insistono sul sito in esame (A, B, C), è fissata a 5.5minuti. Considerato il modesto sviluppo dei fossi di guardia e delle condotte è, difatti, possibile assimilare il valore ai tempi di risposta attesi per i presidi.
3. Il coefficiente di afflusso Ante Operam relativo fossi caratterizzati da modesti contributi dei bacini naturali (Canali A, B, D, E) è cautelativamente fissato pari a 0.40. Il coefficiente di afflusso relativo al bacino del Canale C (Bacino C), caratterizzato da una marcata estensione rispetto alle dimensioni della piattaforma/rilevato, è assimilato dalla trattazione idrologica e fissato pari a 0.74.

La determinazione del volume immagazzinato all'interno del singolo presidio è realizzata per applicazione dell'equazione di continuità:

$$W_i = W_e - W_u$$

Con  $W_i$  volume accumulato,  $W_e$ , volume entrate, ottenuto per integrazione dell'idrogramma di piena triangolare riferito alle condizioni Post Operam, e  $W_u$  volume uscente dal sistema. Quest'ultimo è ottenuto per integrazione temporale della portata uscente dalla bocca tarata di dimensioni  $b_2 \times h_2$ :

$$\text{se } h < 0.90h_2 \quad Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} A \sqrt{s}$$

$$\text{se } h \geq 0.90h_2 \quad Q = \mu b_2 h_2 \sqrt{2g \left( h - \frac{h_2}{2} \right)}$$

Con  $R$  raggio idraulico,  $A$  sezione bagnata,  $s$  pendenza longitudinale,  $n$  coefficiente di Manning e  $h$  tirante idraulico. I risultati delle verifiche sono riportati in forma di grafici e tabelle all'interno dell'allegato di calcolo.

#### 4.1.1.1 FOSSI A-B-D-E

Come è possibile osservare dall'immagine che segue, i fossi di guardia A-B-D-E, intercettati i contributi generati dalla piattaforma/rilevato ferroviario, convogliano il flusso verso la sistemazione idraulica necessaria alla deviazione del canale naturale relativo ai bacini A e B.

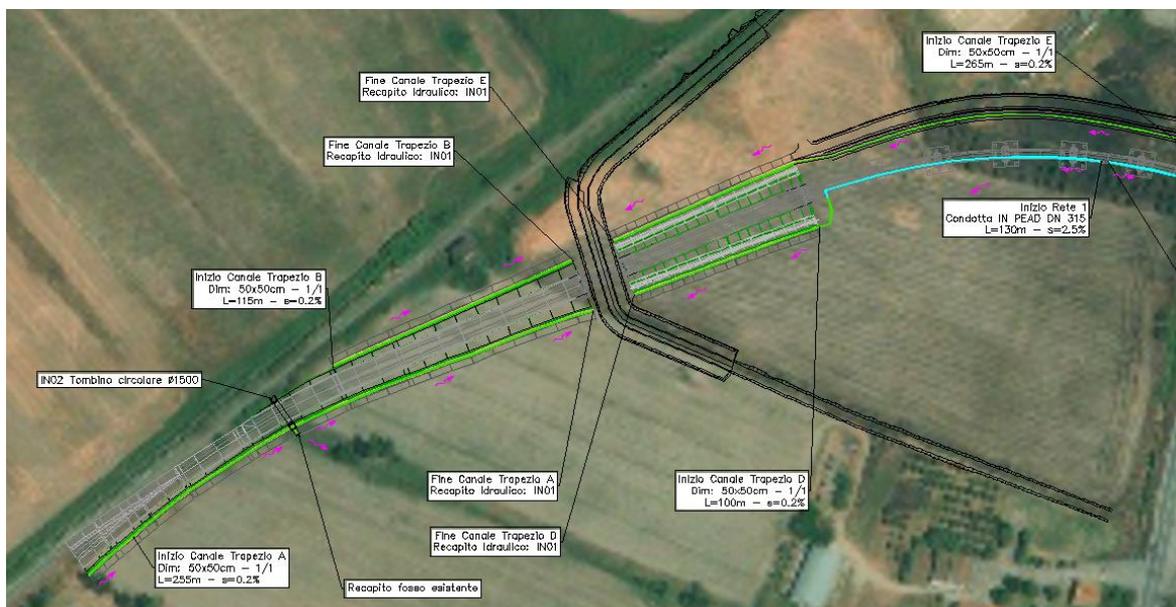


Figura 5 Fossi A-B-D-E e sistemazione idraulica.

Allo stato attuale il bacino relativo all'impronta ferroviaria viene drenato dal canale soggetto a deviazione planimetrica (invarianza del ricettore intermedio). L'incremento delle portate convogliate, dunque, appare esclusivamente ascrivibile alla modifica del coefficiente di afflusso (da 0.40 a 0.9/0.6 per piattaforma/rilevato). Le tabelle che seguono riportano i valori del picco di piena Ante e Post Operam per ciascun fosso.

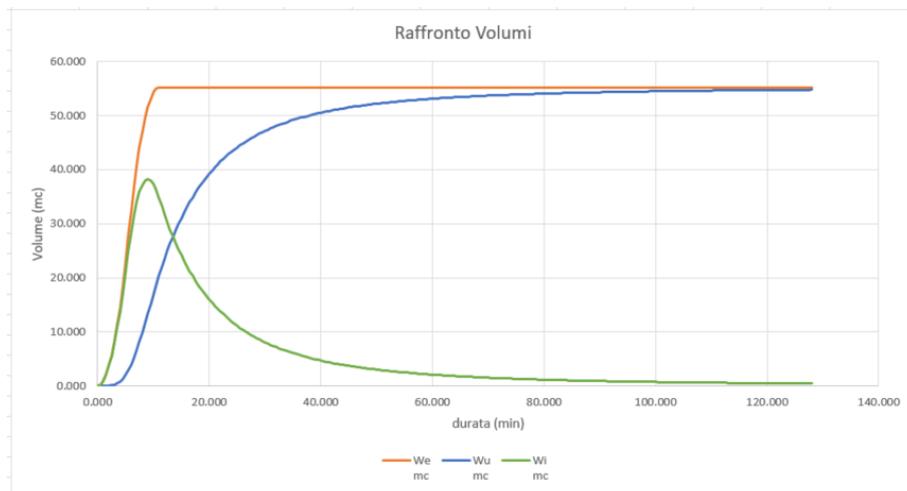
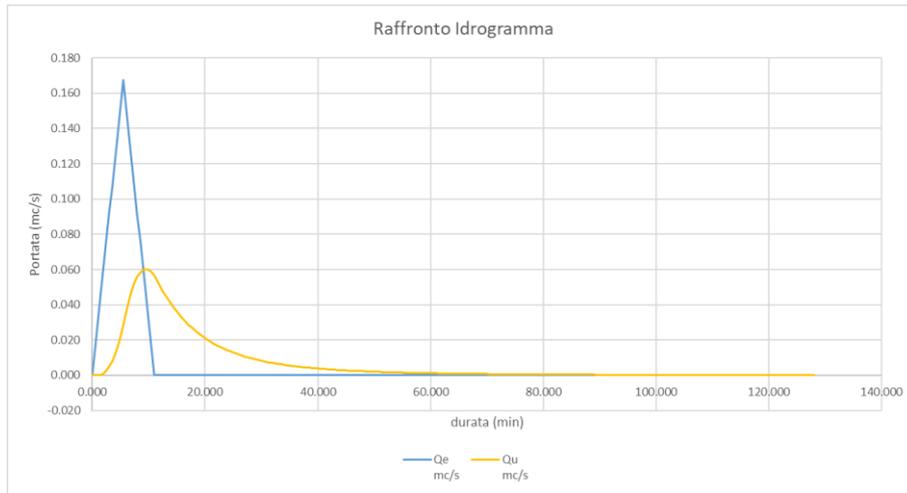
Tabella 2 Picco di piena Ante e Post Operam

FOSSO	AO		PO						TR=100 ANNI		PICCO DI PIENA		
	Ac_ao m <sup>2</sup>	φc_ao	A_p m <sup>2</sup>	φ_p	A_r m <sup>2</sup>	φ_r	Ac_po	φc_po	d h	n	a mm/h <sup>n</sup>	Q_ao m <sup>3</sup> /s	Q_po m <sup>3</sup> /s
A	3910.00	0.4	3260.00	0.9	650.00	0.6	3910.00	0.850	0.093	0.50	55.19	0.08	0.17
B	1305.00	0.4	555.00	0.9	750.00	0.6	1305.00	0.728	0.093	0.50	55.19	0.03	0.05
D	1719.00	0.4	1017.00	0.9	702.00	0.6	1719.00	0.777	0.093	0.50	55.19	0.03	0.07
E	2640.79	0.4	447.00	0.9	2193.79	0.6	2640.79	0.651	0.093	0.50	55.19	0.05	0.09

Come anticipato in sede del capitolo descrittivo dei presidi, il contenimento della massima portata convogliata è ottenuto predisponendo una bocca tarata alla sezione di chiusura del singolo fosso. Per i fossi A-B-E si è operato in funzione di una luce a battente 40x40cm, mentre per il fosso D è risultato necessario adottare una luce ridotta 25x30cm. Di seguito si riportano i risultati dell'analisi.

Tabella 3 Fosso A

FOSSO DI GUARDIA					LUCE A BATTENTE	
L m	b m	h m	i	n s/m <sup>1/3</sup>	b2 m	h2 m
276.00	0.5	0.5	0.002	0.028	0.4	0.4



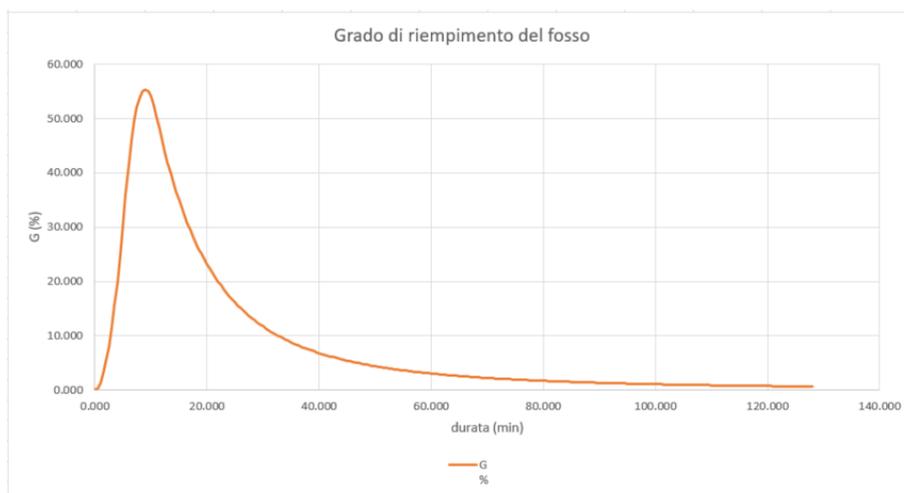
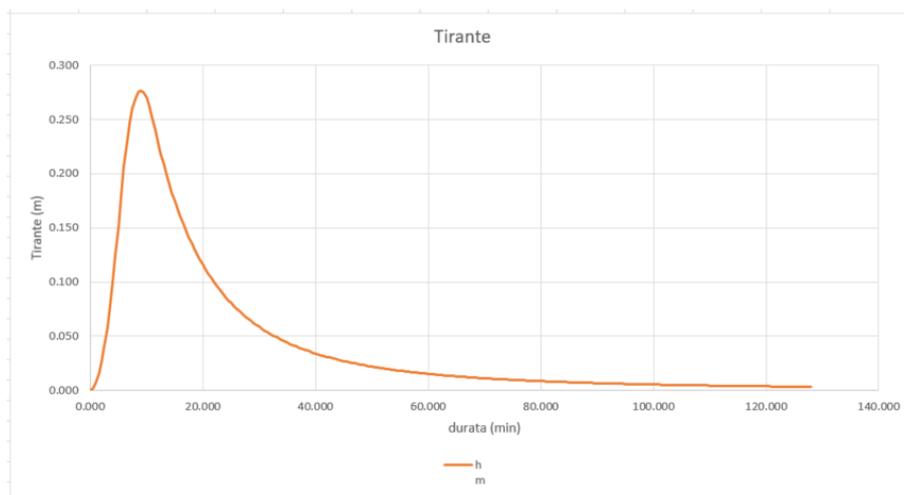
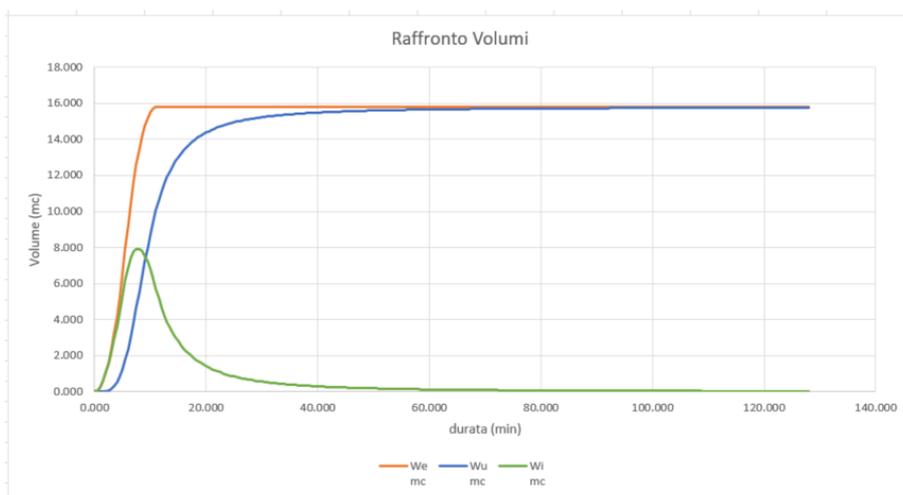
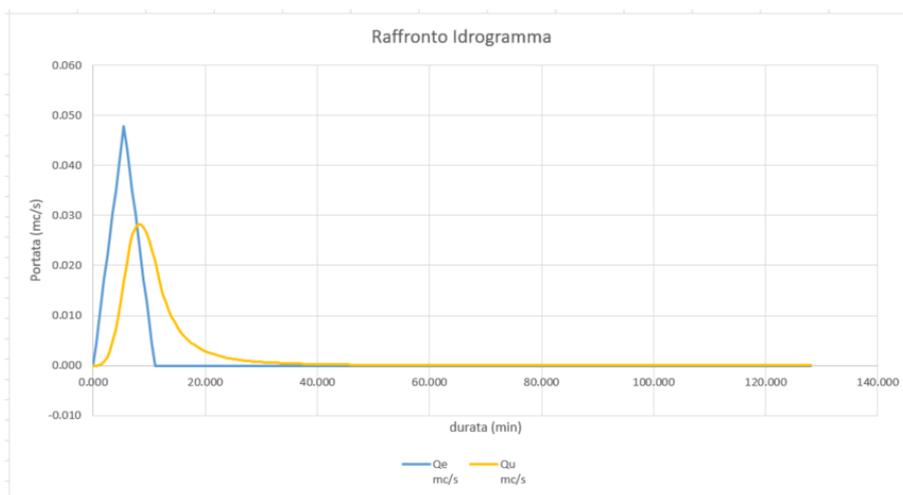


Figura 6 Fosso A – dall'alto verso il basso: 1) raffronto tra portata entrante  $Q_e$  e portata uscente  $Q_u$ ; 2) raffronto tra volume entrante  $W_e$ , volume uscente  $W_u$  e volume accumulato  $W_i$ ; 3) Tirante idraulico interno al fosso; 4) grado di riempimento del fosso.

Tabella 4 Fosso B

FOSSO DI GUARDIA					LUCE A BATTENTE	
L m	b m	h m	i	n s/m <sup>1/3</sup>	b2 m	h2 m
105.00	0.5	0.5	0.002	0.028	0.4	0.4



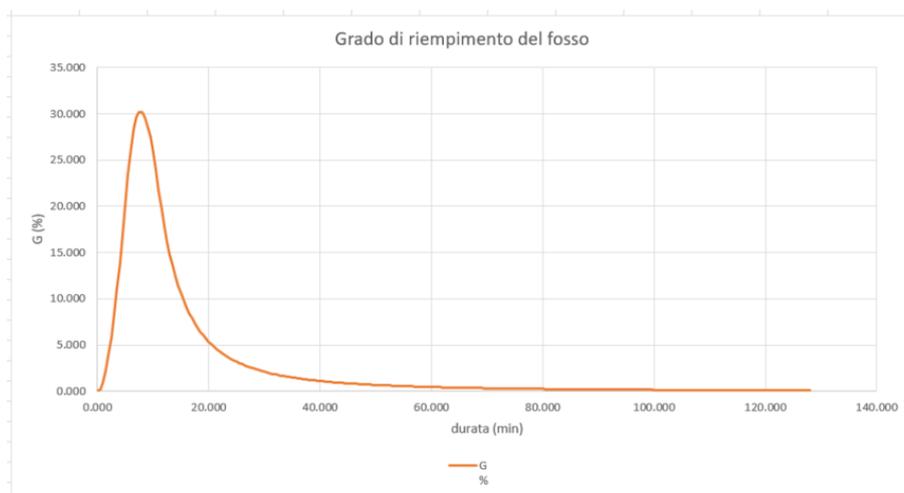
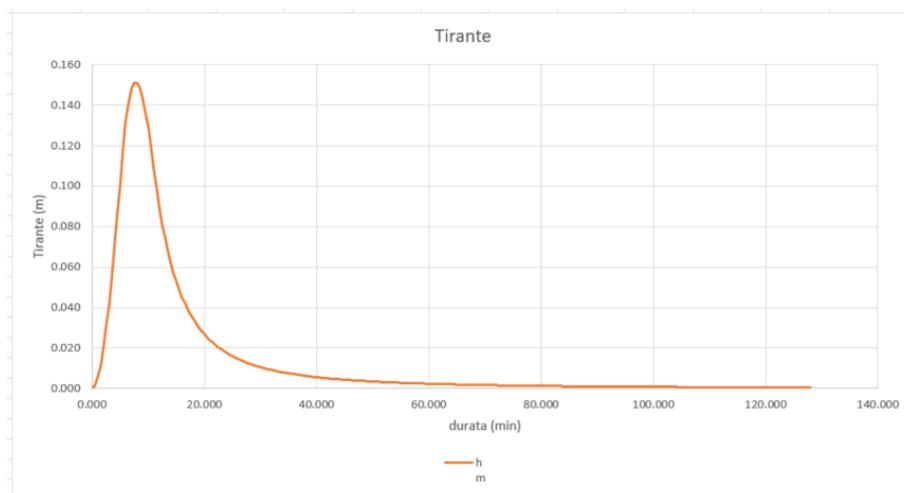
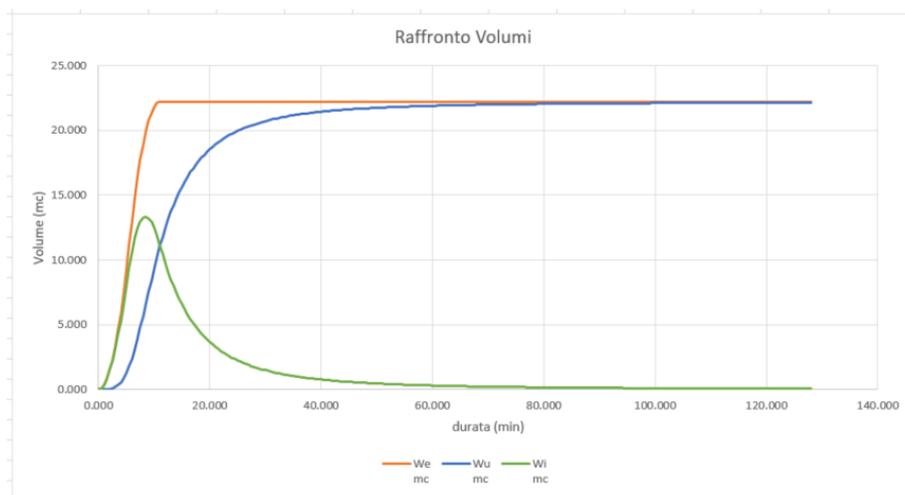
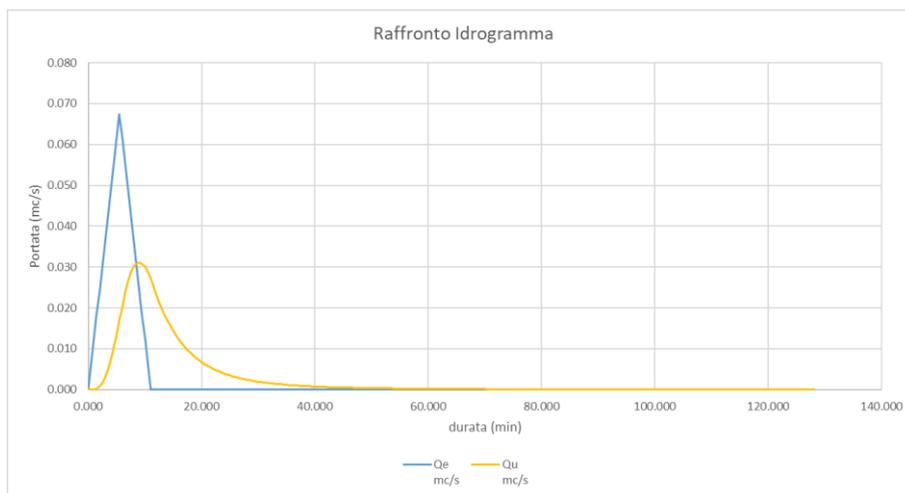


Figura 7 Fosso B – dall'alto verso il basso: 1) raffronto tra portata entrante  $Q_e$  e portata uscente  $Q_u$ ; 2) raffronto tra volume entrante  $W_e$ , volume uscente  $W_u$  e volume accumulato  $W_i$ ; 3) Tirante idraulico interno al fosso; 4) grado di riempimento del fosso.

Tabella 5 Fosso D

FOSSO DI GUARDIA					LUCE A BATTENTE	
L m	b m	h m	i	n s/m <sup>1/3</sup>	b2 m	h2 m
100.00	0.5	0.5	0.002	0.028	0.25	0.3



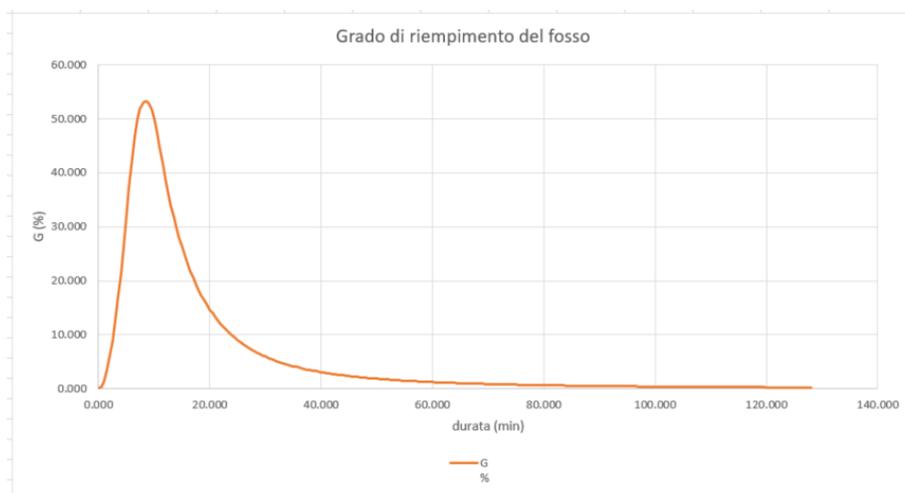
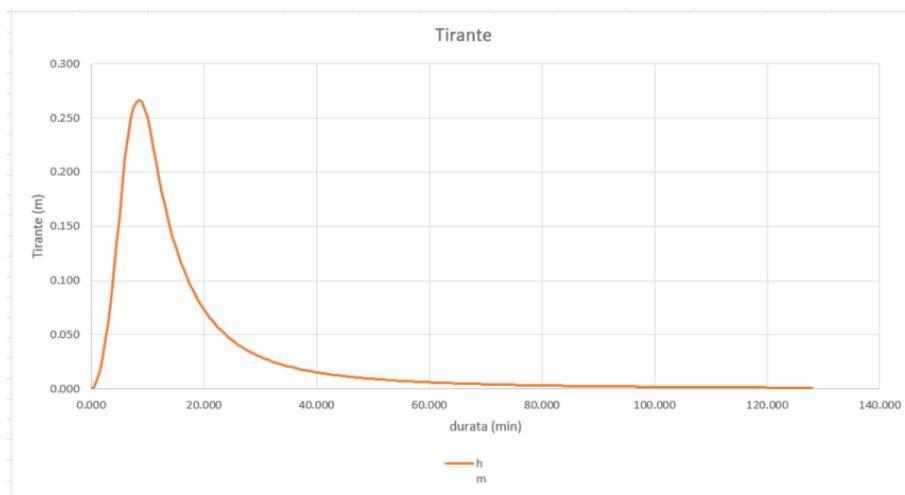
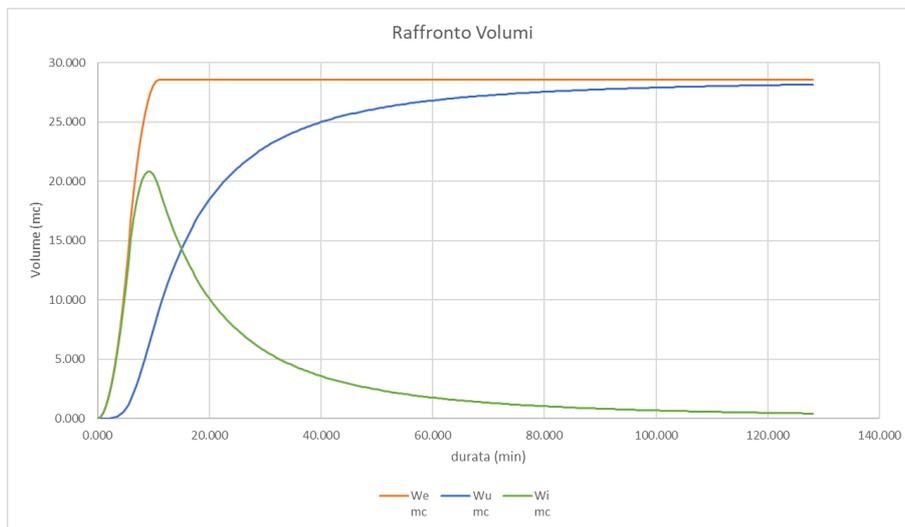
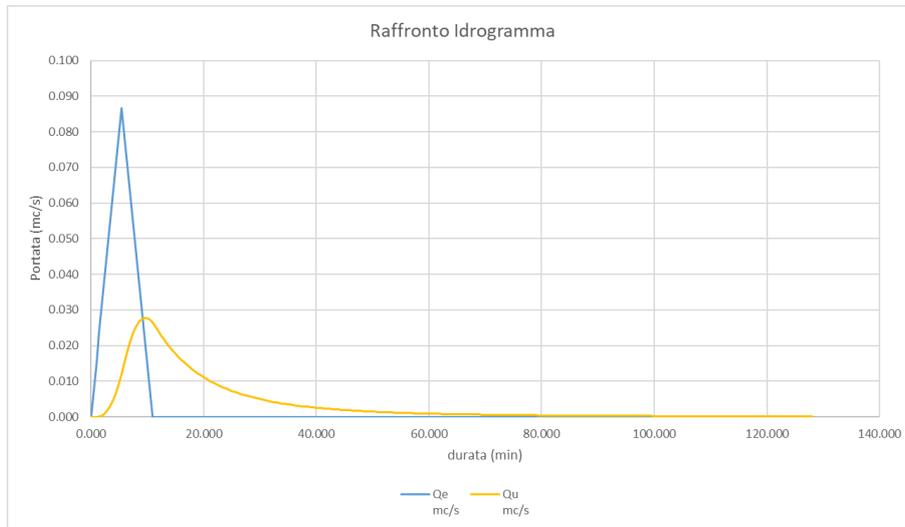


Figura 8 Fosso D – dall'alto verso il basso: 1) raffronto tra portata entrante  $Q_e$  e portata uscente  $Q_u$ ; 2) raffronto tra volume entrante  $W_e$ , volume uscente  $W_u$  e volume accumulato  $W_i$ ; 3) Tirante idraulico interno al fosso; 4) grado di riempimento del fosso.

Tabella 6 Fosso E

FOSSO DI GUARDIA					LUCE A BATTENTE	
L m	b m	h m	i	n s/m <sup>1/3</sup>	b2 m	h2 m
280.00	0.5	0.5	0.002	0.028	0.4	0.4



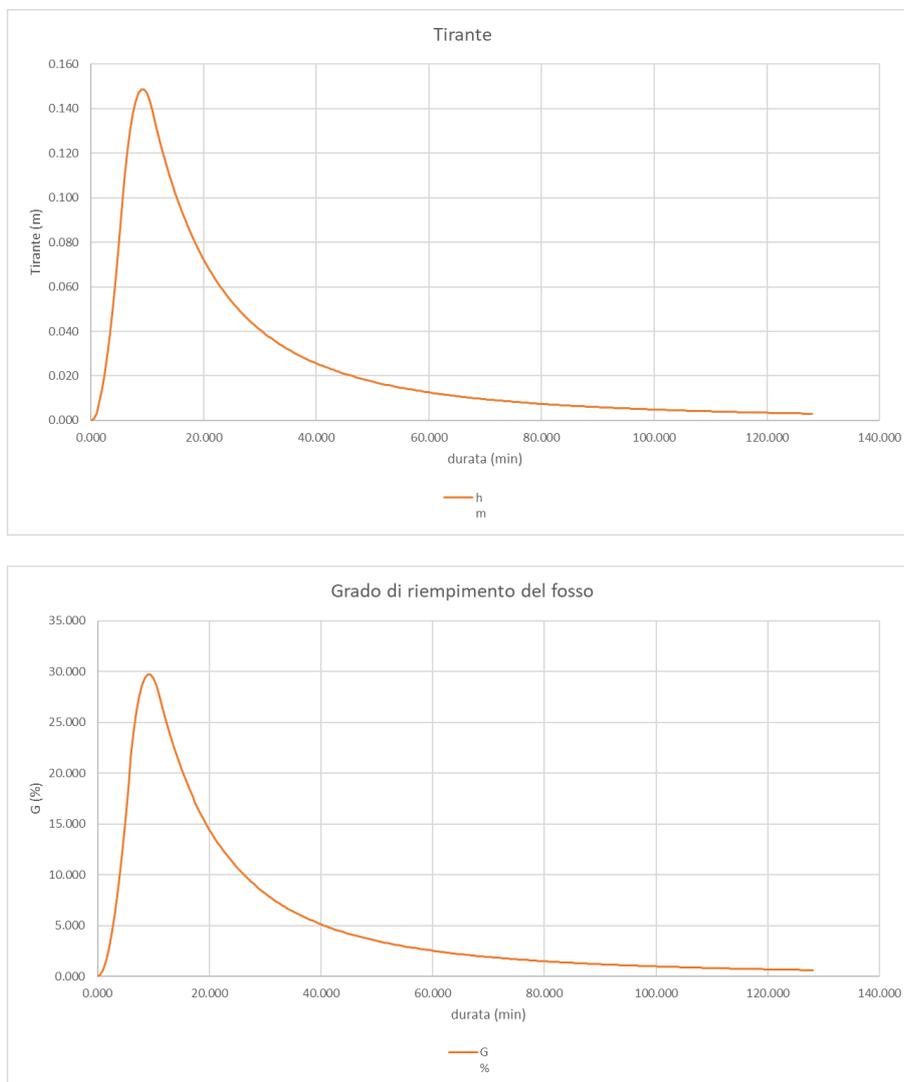


Figura 9 Fosso E – dall'alto verso il basso: 1) raffronto tra portata entrante  $Q_e$  e portata uscente  $Q_u$ ; 2) raffronto tra volume entrante  $W_e$ , volume uscente  $W_u$  e volume accumulato  $W_i$ ; 3) Tirante idraulico interno al fosso; 4) grado di riempimento del fosso.

Come è possibile osservare:

- Il raffronto tra l'idrogramma generato dall'evento alle condizioni Post Operam e l'onda uscente dal fosso di accumulo dimostra una riduzione delle portate convogliate al canale ricettore entro il valore soglia  $Q_{AO}$ . È inoltre possibile osservare un piccolo ritardo relativo alla propagazione del fenomeno;
- Il massimo riempimento raggiunto all'interno dei fossi di guardia non eccede in nessun caso il 55% della sezione utile. I valori sono inoltre raffrontabili ai risultati ottenuti a mezzo del metodo dell'invaso.

Considerato quanto ai precedenti punti, la verifica dei presidi in rispetto delle condizioni di invarianza idraulica è garantita.

#### 4.1.1.2 FOSSO C

Come è possibile osservare dall'immagine che segue, il fosso C intercetta le portate del bacino C e della porzione di ferrovia collocata a Est.

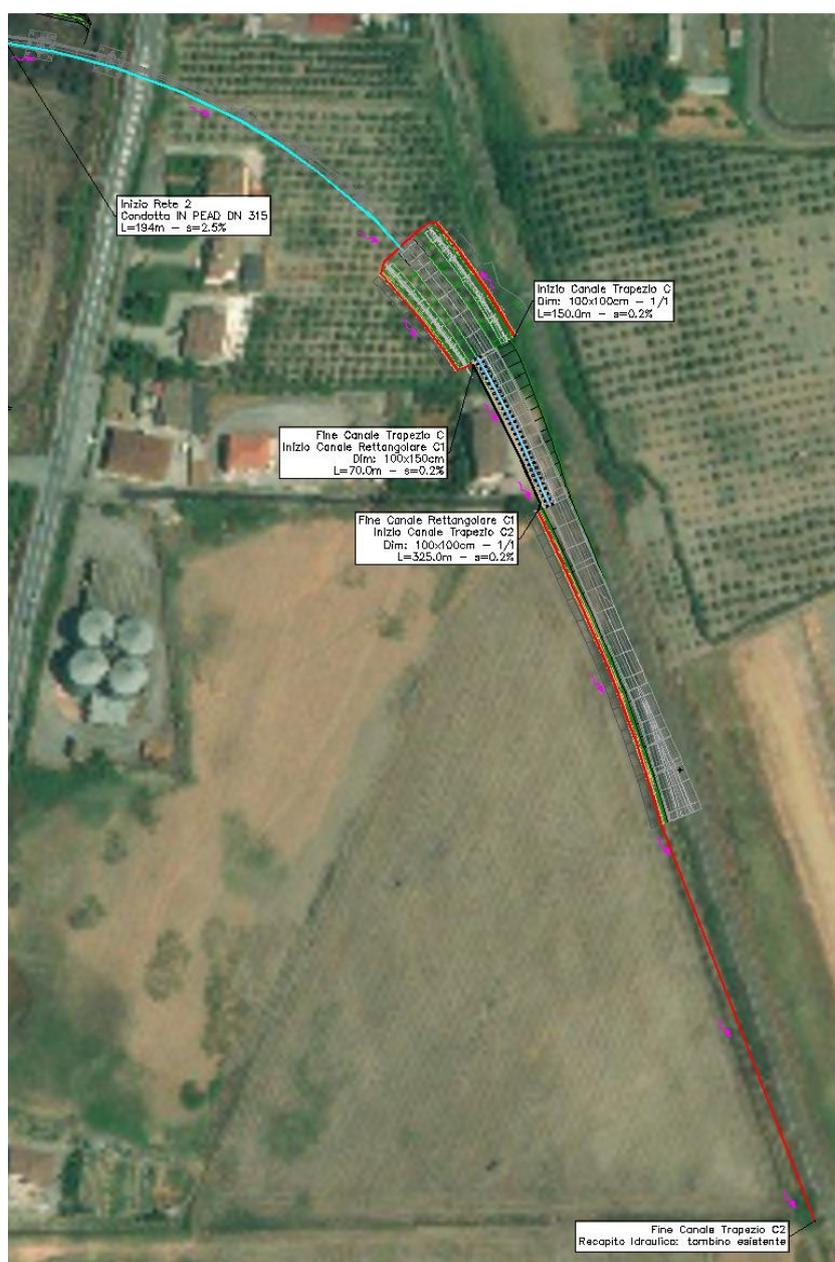


Figura 10 Fosso C.

Come è possibile osservare dalla tabella di sintesi che segue, alle condizioni Post Operam il bacino drenato subisce un incremento di superficie (da 51171m<sup>2</sup> a 55888m<sup>2</sup>) e un incremento del coefficiente di afflusso da 0.74 a 0.746.

Si riporta di seguito la perimetrazione del bacino C.



Figura 11 - Bacino idrografico Fosso C

Tabella 7 Picco di piena Ante e Post Operam

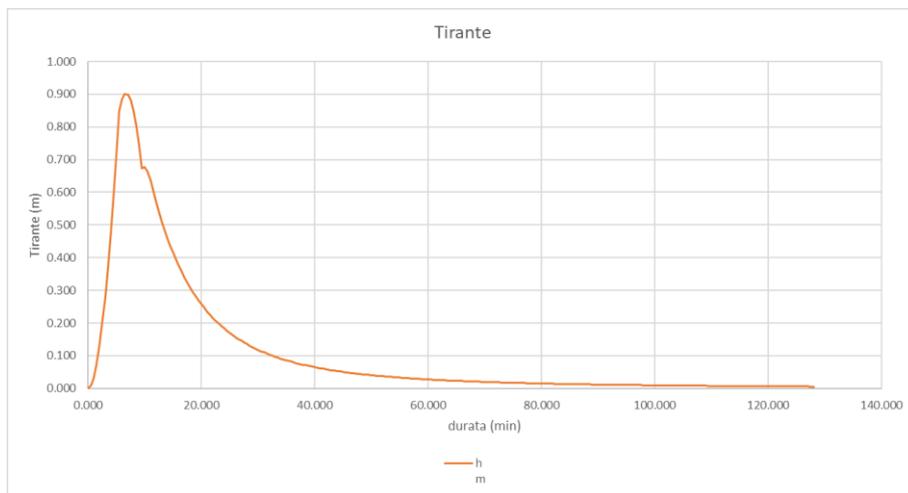
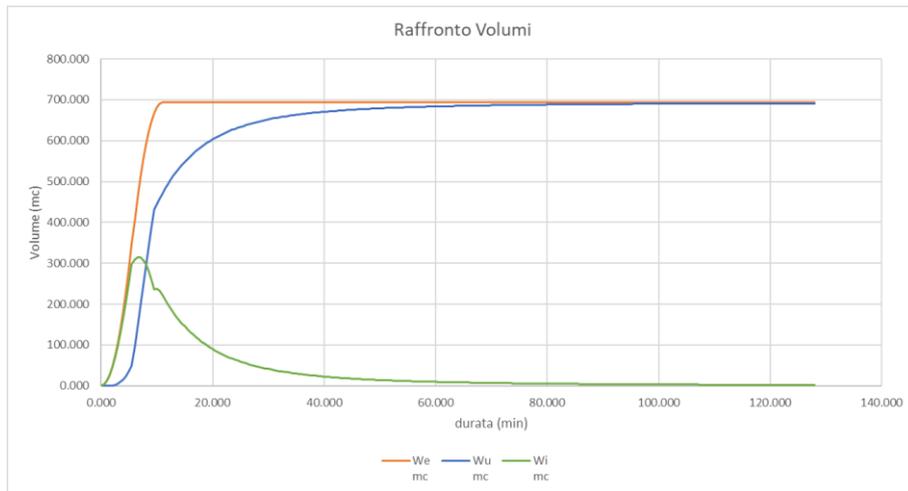
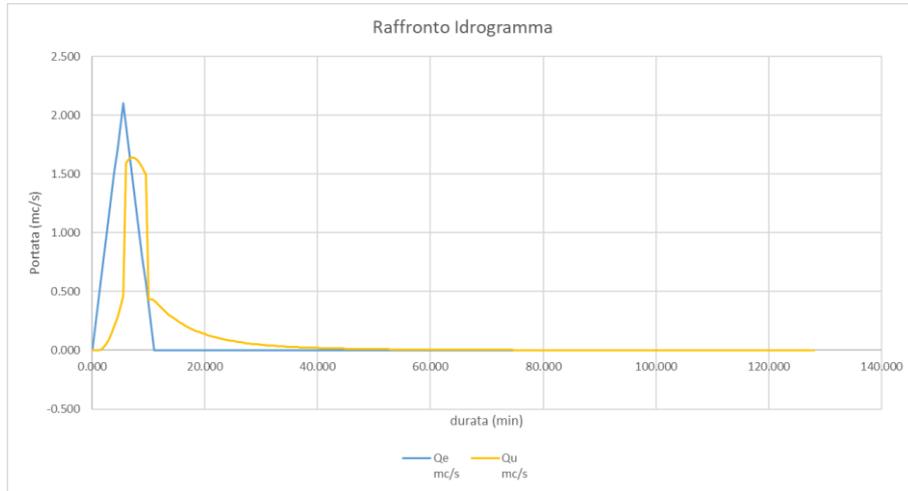
FOSSO	AO		PO						TR=100 ANNI			PICCO DI PIENA	
	Ac_ao m <sup>2</sup>	φc_ao	A_p m <sup>2</sup>	φ_p	A_r m <sup>2</sup>	φ_r	Ac_po	φc	d h	n	a mm/h <sup>n</sup>	Q_ao m <sup>3</sup> /s	Q_po m <sup>3</sup> /s
C	51171.079	0.74	3367	0.9	1350	0.6	55888.079	0.746	0.093	0.50	55.19	1.91	2.10

Per il caso in esame si è ritenuto opportuno adottare una sezione trapezoidale 100x100cm con bocca tarata 80x80cm collocata alla sezione di chiusura dell'intervento.

Tabella 8 Fosso C

FOSSO DI GUARDIA					LUCE A BATTENTE	
L m	b m	h m	i	n s/m <sup>1/3</sup>	b2 m	h2 m
350	1	1	0.002	0.028	0.8	0.8

I grafici che seguono riportano i risultati dell'analisi.



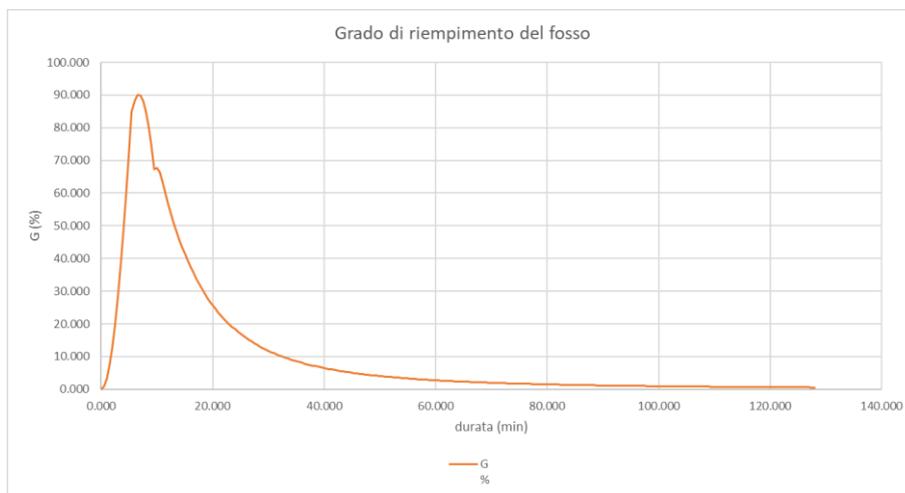


Figura 12 Fosso C – dall'alto verso il basso: 1) raffronto tra portata entrante  $Q_e$  e portata uscente  $Q_u$ ; 2) raffronto tra volume entrante  $W_e$ , volume uscente  $W_u$  e volume accumulato  $W_i$ ; 3) Tirante idraulico interno al fosso; 4) grado di riempimento del fosso.

Come è possibile osservare:

1. Il raffronto tra l'idrogramma generato dall'evento alle condizioni Post Operam e l'onda uscente dal fosso di accumulo dimostra una riduzione delle portate convogliate al canale ricettore entro il valore soglia  $Q_{AO}$ . È inoltre possibile osservare un piccolo ritardo relativo alla propagazione del fenomeno;
2. Il massimo riempimento raggiunto all'interno dei fossi di guardia non eccede in nessun caso il 90% della sezione utile. Il valore appare cautelativo rispetto ai risultati ottenuti per applicazione del metodo dell'invaso.

Considerato quanto ai precedenti punti, la verifica del presidio può considerarsi soddisfatta.

Relazione idraulica drenaggio acque di piattaforma

COMMESSA  
RC2V

LOTTO  
00

CODIFICA  
14RI

DOCUMENTO  
ID0002002

REV.  
A

FOGLIO  
27 di 30

## 5 ALLEGATO DI CALCOLO

## 5.1 METODO DELL'INVASO

	DATO PL-AL		Metodo dell'invaso italiano - dati di bacino									FOSSO		Analisi in moto uniforme - Capacità della condotta							Metodo dell'invaso italiano - verifica							
	L m	s m/m	W <sub>Ci-1</sub> m <sup>3</sup>	Apav m <sup>2</sup>	φ <sub>pav</sub>	Asc <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	φ <sub>sc<sub>p</sub></sub>	Ab m <sup>2</sup>	φ <sub>b</sub>	A m <sup>2</sup>	φ	b m	h <sub>max</sub> 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	W <sub>Ci</sub> m <sup>3</sup>	w m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	a mm/h <sup>n</sup>	n	u l/s/ha	Q mc/s	G %	V m/s
A	50.00	0.002	0.00	543.33	0.90	108.33	0.60	0.00	0.40	651.67	0.85	0.50	0.50	0.30	0.237	1.69	0.14	0.028	0.44	0.10	0.98	0.002	55.19	0.50	1590.84	0.104	59.52	0.44
	50.00	0.002	0.00	1086.67	0.90	216.67	0.60	0.00	0.40	1303.33	0.85	0.50	0.50	0.19	0.132	1.26	0.10	0.028	0.36	0.05	8.55	0.007	55.19	0.50	363.76	0.047	38.18	0.36
	50.00	0.002	6.59	1630.00	0.90	325.00	0.60	0.00	0.40	1955.00	0.85	0.50	0.50	0.18	0.121	1.21	0.10	0.028	0.35	0.04	21.63	0.011	55.19	0.50	215.64	0.042	35.69	0.35
	50.00	0.002	18.70	2173.33	0.90	433.33	0.60	0.00	0.40	2606.67	0.85	0.50	0.50	0.17	0.117	1.20	0.10	0.028	0.34	0.04	40.20	0.015	55.19	0.50	154.75	0.040	34.79	0.34
	50.00	0.002	36.29	2716.67	0.90	541.67	0.60	0.00	0.40	3258.33	0.85	0.50	0.50	0.17	0.115	1.19	0.10	0.028	0.34	0.04	64.26	0.020	55.19	0.50	120.99	0.039	34.37	0.34
	26.00	0.002	59.37	3260.00	0.90	650.00	0.60	0.00	0.40	3910.00	0.85	0.50	0.50	0.17	0.114	1.18	0.10	0.028	0.34	0.04	93.81	0.024	55.19	0.50	99.45	0.039	34.10	0.34
B	50.00	0.002	0.00	185.00	0.90	250.00	0.60	0.00	0.40	435.00	0.73	0.50	0.50	0.20	0.140	1.30	0.11	0.028	0.37	0.05	0.65	0.002	55.19	0.50	1165.27	0.051	39.90	0.37
	50.00	0.002	0.00	370.00	0.90	500.00	0.60	0.00	0.40	870.00	0.73	0.50	0.50	0.13	0.081	1.02	0.08	0.028	0.30	0.02	5.37	0.006	55.19	0.50	282.94	0.025	25.87	0.30
	5.00	0.002	4.07	555.00	0.90	750.00	0.60	0.00	0.40	1305.00	0.73	0.50	0.50	0.12	0.075	0.98	0.08	0.028	0.29	0.02	13.55	0.010	55.19	0.50	168.29	0.022	24.24	0.29
D	50.00	0.002	0.00	795.00	0.90	350.00	0.60	0.00	0.40	1145.00	0.81	0.50	0.50	0.38	0.336	2.03	0.17	0.028	0.49	0.16	1.72	0.002	55.19	0.50	1438.14	0.165	76.33	0.49
	50.00	0.002	0.00	1017.00	0.90	702.00	0.60	0.00	0.40	1719.00	0.78	0.50	0.50	0.21	0.153	1.36	0.11	0.028	0.38	0.06	10.21	0.006	55.19	0.50	335.91	0.058	42.78	0.38
E	60.00	0.002	<b>0.00</b>	265.50	0.60	231.76	0.60	0.00	0.40	497.26	0.60	0.50	0.50	0.17	0.114	1.18	0.10	0.028	0.34	0.04	0.75	0.002	55.19	0.50	792.43	0.039	34.04	0.34
	60.00	0.002	0.00	531.00	0.60	463.53	0.60	0.00	0.40	994.52	0.60	0.50	0.50	0.11	0.071	0.96	0.07	0.028	0.29	0.02	5.73	0.006	55.19	0.50	206.27	0.021	22.98	0.29
	60.00	0.002	4.24	796.49	0.60	695.29	0.60	0.00	0.40	1491.79	0.60	0.50	0.50	0.11	0.068	0.94	0.07	0.028	0.28	0.02	14.62	0.010	55.19	0.50	121.32	0.018	22.20	0.28
	50.00	0.002	12.38	1021.49	0.90	1045.29	0.60	0.00	0.40	2066.79	0.63	0.50	0.50	0.16	0.109	1.16	0.09	0.028	0.34	0.04	15.48	0.007	55.19	0.50	176.47	0.036	32.83	0.34
	50.00	0.002	12.38	1243.49	0.90	1397.29	0.60	0.00	0.40	2640.79	0.65	0.50	0.50	0.18	0.124	1.23	0.10	0.028	0.35	0.04	22.53	0.009	55.19	0.50	163.92	0.043	36.32	0.35
C	50.00	0.002	0.00	481.00	0.90	192.86	0.60	7310.15	0.74	7984.01	0.75	1.00	1.00	0.74	1.287	3.96	0.33	0.028	0.76	0.98	11.98	0.002	55.19	0.50	1225.85	0.979	73.96	0.76
	50.00	0.002	0.00	962.00	0.90	385.72	0.60	14620.30	0.74	15968.02	0.75	1.00	1.00	0.60	0.950	3.38	0.28	0.028	0.69	0.66	71.44	0.004	55.19	0.50	410.97	0.656	59.54	0.69
	50.00	0.002	47.49	1443.00	0.90	578.58	0.60	21930.45	0.74	23952.03	0.75	1.00	1.00	0.57	0.898	3.28	0.27	0.028	0.68	0.61	173.17	0.007	55.19	0.50	254.32	0.609	57.12	0.68

DATO PL-AL		Metodo dell'invaso italiano - dati di bacino										FOSSO		Analisi in moto uniforme - Capacità della condotta							Metodo dell'Invaso italiano - verifica							
L m	s m/m	W <sub>Ci-1</sub> m <sup>3</sup>	Apav m <sup>2</sup>	φ <sub>pav</sub>	Asc <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	φ <sub>sc<sub>p</sub></sub>	Ab m <sup>2</sup>	φ <sub>b</sub>	A m <sup>2</sup>	φ	b m	h <sub>max</sub> 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	W <sub>Ci</sub> m <sup>3</sup>	w m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	a mm/h <sup>n</sup>	n	u l/s/ha	Q mc/s	G %	V m/s	
50.00	0.002	137.25	1924.00	0.90	771.44	0.60	29240.60	0.74	31936.04	0.75	1.00	1.00	0.56	0.878	3.25	0.27	0.028	0.67	0.59	316.84	0.010	55.19	0.50	185.34	0.592	56.21	0.67	
50.00	0.002	268.94	2405.00	0.90	964.30	0.60	36550.75	0.74	39920.05	0.75	1.00	1.00	0.56	0.868	3.23	0.27	0.028	0.67	0.58	502.43	0.013	55.19	0.50	146.10	0.583	55.74	0.67	
50.00	0.002	442.55	2886.00	0.90	1157.16	0.60	43860.90	0.74	47904.06	0.75	1.00	1.00	0.55	0.862	3.22	0.27	0.028	0.67	0.58	729.95	0.015	55.19	0.50	120.67	0.578	55.46	0.67	
50.00	0.002	658.10	3367.00	0.90	1350.02	0.60	51171.05	0.74	55888.07	0.75	1.00	1.00	0.55	0.858	3.21	0.27	0.028	0.67	0.57	999.43	0.018	55.19	0.50	102.82	0.575	55.28	0.67	

	Dati plano- altimetrici dell'asta		Metodo dell'invaso italiano - dati di bacino								Condotta	Analisi in moto uniforme - Capacità della condotta							Metodo dell'Invaso italiano - verifica								
	L m	s m/m	W <sub>Ci-1</sub> m <sup>3</sup>	w <sub>o</sub> m <sup>3</sup> /ha	Apav m <sup>2</sup>	φ <sub>pav</sub>	Asc <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	φ <sub>sc<sub>p</sub></sub>	A m <sup>2</sup>	φ	D_EST m	h m	alpha rd	A m <sup>2</sup>	P m	R m	n s/m <sup>1/3</sup>	V m/s	Q mc/s	W <sub>Ci</sub> m <sup>3</sup>	w m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	a mm/h <sup>n</sup>	n	u l/s/ha	Q mc/s	G %	V m/s
RETE 1	20.00	0.025	0	15.00	81.43	0.90	0.00	0.60	81.43	0.90	315	0.041	1.52	0.0057	0.23	0.03	0.01	1.27	0.01	0.24	0.00291	55.19	0.5	919.25	0.007	13.8	1.27
	20.00	0.025	0.11	15.00	162.86	0.90	0.00	0.60	162.86	0.90	315	0.055	1.77	0.0088	0.26	0.03	0.01	1.52	0.01	0.53	0.00328	55.19	0.5	815.56	0.013	18.4	1.52
	20.00	0.025	0.29	15.00	244.29	0.90	0.00	0.60	244.29	0.90	315	0.064	1.93	0.0110	0.29	0.04	0.01	1.67	0.02	0.88	0.00358	55.19	0.5	746.30	0.018	21.6	1.67
	20.00	0.025	0.51	15.00	325.71	0.90	0.00	0.60	325.71	0.90	315	0.071	2.05	0.0128	0.30	0.04	0.01	1.78	0.02	1.25	0.00385	55.19	0.5	695.13	0.023	24.0	1.78
	20.00	0.025	0.76	15.00	407.14	0.90	0.00	0.60	407.14	0.90	315	0.077	2.15	0.0144	0.32	0.05	0.01	1.86	0.03	1.66	0.00408	55.19	0.5	654.93	0.027	26.1	1.86
	20.00	0.025	1.05	15.00	488.57	0.90	0.00	0.60	488.57	0.90	315	0.083	2.23	0.0158	0.33	0.05	0.01	1.93	0.03	2.10	0.00430	55.19	0.5	622.13	0.030	27.9	1.93
	10.00	0.025	1.37	15.00	570.00	0.90	0.00	0.60	570.00	0.90	315	0.091	2.34	0.0179	0.35	0.05	0.01	2.03	0.04	2.40	0.00421	55.19	0.5	634.91	0.036	30.5	2.03
RETE 2	20.00	0.025	0	15.00	81.43	0.90	0.00	0.60	81.43	0.90	315	0.042	1.54	0.0059	0.23	0.03	0.01	1.29	0.01	0.24	0.00295	55.19	0.5	907.32	0.007	14.0	1.29
	20.00	0.025	0.12	15.00	162.86	0.90	0.00	0.60	162.86	0.90	315	0.055	1.79	0.0089	0.26	0.03	0.01	1.53	0.01	0.54	0.00332	55.19	0.5	806.34	0.013	18.7	1.53
	20.00	0.025	0.30	15.00	244.29	0.90	0.00	0.60	244.29	0.90	315	0.065	1.95	0.0112	0.29	0.04	0.01	1.68	0.02	0.89	0.00362	55.19	0.5	737.89	0.018	21.8	1.68
	20.00	0.025	0.52	15.00	325.72	0.90	0.00	0.60	325.72	0.90	315	0.072	2.06	0.0129	0.30	0.04	0.01	1.78	0.02	1.26	0.00388	55.19	0.5	688.66	0.022	24.2	1.78

Dati plano- altimetrici dell'asta		Metodo dell'invaso italiano - dati di bacino								Condotta	Analisi in moto uniforme - Capacità della condotta								Metodo dell'invaso italiano - verifica							
L m	s m/m	Wc <sub>i-1</sub> m <sup>3</sup>	w <sub>o</sub> m <sup>3</sup> /ha	Apav m <sup>2</sup>	φ <sub>pav</sub>	Asc <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	φ <sub>scp</sub>	A m <sup>2</sup>	φ	D_EST m	h m	alpha rd	A m <sup>2</sup>	P m	R m	n s/m <sup>1/3</sup>	V m/s	Q mc/s	Wc <sub>i</sub> m <sup>3</sup>	w m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	a mm/h <sup>n</sup>	n	u l/s/ha	Q mc/s	G %	V m/s
20.00	0.025	0.78	15.00	407.15	0.90	0.00	0.60	407.15	0.90	315	0.078	2.15	0.0145	0.32	0.05	0.01	1.87	0.03	1.68	0.00412	55.19	0.5	649.58	0.026	26.2	1.87
20.00	0.025	1.07	15.00	488.58	0.90	0.00	0.60	488.58	0.90	315	0.083	2.23	0.0159	0.33	0.05	0.01	1.94	0.03	2.12	0.00433	55.19	0.5	617.56	0.030	28.0	1.94
20.00	0.025	1.38	15.00	570.01	0.90	0.00	0.60	570.01	0.90	315	0.088	2.30	0.0171	0.34	0.05	0.01	2.00	0.03	2.58	0.00453	55.19	0.5	590.67	0.034	29.6	2.00
20.00	0.025	1.73	15.00	651.44	0.90	0.00	0.60	651.44	0.90	315	0.092	2.37	0.0183	0.35	0.05	0.01	2.05	0.04	3.07	0.00471	55.19	0.5	567.65	0.037	31.1	2.05
20.00	0.025	2.09	15.00	732.87	0.90	0.00	0.60	732.87	0.90	315	0.096	2.42	0.0194	0.36	0.05	0.01	2.09	0.04	3.58	0.00488	55.19	0.5	547.63	0.040	32.4	2.09
14.00	0.025	2.48	15.00	814.30	0.90	0.00	0.60	814.30	0.90	315	0.101	2.49	0.0208	0.37	0.06	0.01	2.15	0.04	3.99	0.00490	55.19	0.5	545.47	0.044	34.1	2.15