

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



## INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

### TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

#### Adeguamento S.P. 4

#### Relazione Idrologica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R G	N V 0 8 0 0	0 0 2	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	ITEC engineering 	17/09/2012	Ing. F. Colla 	19/09/2012	E. Pagani 	21/09/2012	Ing. E. Ghislandi 

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-RG-NV08-00-002-A00.DOC

CUP: F81H92000000008



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>ig51-01-e-cv-rg-nv08-00-002-a00.doc</p> <p>Foglio 3 di 9</p>

## INDICE

INDICE.....	3
1.   PREMESSA .....	4
2.   OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE .....	4
3.   ANALISI IDROLOGICA.....	4
4.   CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI .....	4
5.   DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA.....	5
5.1. Scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica del centro di scroscio.....	5
5.2. Stima della precipitazione efficace .....	6
5.3. Stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario .....	6
5.4. Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici comprese tra i 2 e i 10 km <sup>2</sup> .....	7
5.5. Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici inferiori ai 2 km <sup>2</sup> .....	8
6.   CORSI D'ACQUA INTERFERENTI: SINTESI DEI RISULTATI.....	8

ALLEGATO A1 – PORTATE DI PROGETTO

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rg-nv08-00-002-a00.doc
	Foglio 4 di 9

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è l'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate di assegnato tempo di ritorno per il torrente Verde, e suoi eventuali affluenti, compreso fra il viadotto ferroviario della linea Genova – Ovada, in comune di Genova, e il ponte carrabile in località Ponte Ferriera, al confine fra i comuni di Ceranesi e Campomorone, interferente con le attività di adeguamento della viabilità SP4 posta in sponda destra, nell'ambito del progetto esecutivo Tratta A.V./A.C. Milano-Genova Terzo valico dei Giovi.

La presente relazione intende descrivere i contenuti e le modalità di conduzione delle attività svolte per la caratterizzazione idrologica dell'intera area intercettata dal tracciato della viabilità.

Lo studio è stato svolto secondo la metodologia e le indicazioni contenute nel Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 2/04/03 e con DCP n. 38 del 30/09/2004.

Le descrizioni delle metodologie adottate sono riportate nel capitolo 5.

## 2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE

In fase di approvazione del Progetto Definitivo del Terzo valico dei Giovi – linea AV/AC Milano-Genova – con delibera CIPE 80/2006 non sono state indicate prescrizioni specifiche relative allo studio idrologico del torrente Verde oggetto del presente documento.

## 3. ANALISI IDROLOGICA

Scopo dello studio è la definizione, per ciascuno dei corsi d'acqua interessati, della portata di piena con assegnato tempo di ritorno, in corrispondenza delle sezioni di intersezione con le opere previste in progetto.

Tali valori saranno assunti come dati di partenza per le successive verifiche idrauliche e per il dimensionamento delle necessarie sistemazioni in progetto.

Lo studio è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- individuazione delle interferenze delle opere previste a progetto con corsi d'acqua naturali ed artificiali;
- schematizzazione e ricerca delle principali caratteristiche morfologiche e fisiografiche dei bacini idrografici dei corsi d'acqua intercettati dalle opere previste a progetto;
- determinazione delle portate di piena, per tutti i corsi d'acqua intercettati, attraverso l'applicazione di diverse metodologie di calcolo relative ai corsi d'acqua di interesse.

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali (idrometria), nella valutazione delle portate massime probabili dei corsi d'acqua intercettati, e in particolare per quelli minori, si è fatto necessariamente riferimento a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, a partire dalle curve di possibilità climatica caratteristiche dei rispettivi bacini.

## 4. CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA INTERFERENTI

Dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, a Genova Pontedecimo, ha origine l'asta terminale del torrente Polcevera.

Il torrente Verde alla confluenza con il torrente Riccò sottende un bacino di 33.5 km<sup>2</sup>; il suo territorio appartiene amministrativamente ai Comuni di Ceranesi, Campomorone e Genova, rappresentando per alcuni tratti il confine fra gli stessi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rg-nv08-00-002-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 5 di 9</span>

Il bacino presenta una forma allargata assimilabile ad un triangolo la cui base è orientata in direzione NE-SO; esso è delimitato a N dal bacino del torrente Lemme, appartenente al versante padano, a E dal bacino del torrente Riccò, a S da bacini minori affluenti di destra del torrente Polcevera e ad O dal bacino del torrente Gorzente, appartenente al versante padano.

La cima più alta è rappresentata dal Monte Taccone, a quota 1113 m s.l.m., all'estremità settentrionale del bacino.

Il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale e da una serie di affluenti minori su entrambe le sponde che incidono il versante in direzione prevalentemente obliqua rispetto all'asta principale: fra tutti, per importanza, si distinguono in sponda destra il rio S. Martino (superficie 11.2 km<sup>2</sup>), in sponda sinistra il rio D'Iso (superficie 7.2 km<sup>2</sup>).

L'asta principale ha una lunghezza di circa 10.5 km, con una pendenza media pari al 6% circa; la pendenza media dei versanti è pari al 50 % circa.

Il fondovalle risulta densamente urbanizzato sino a quote prossime a 200 m s.l.m.

Il tronco d'alveo oggetto di studio è costituito da un tratto del torrente Verde, compreso tra il viadotto ferroviario della linea Genova-Ovada, in comune di Genova e il ponte carrabile in località Ponte Ferriera, al confine tra i comuni di Campomorone e Ceranesi, per una lunghezza complessiva di circa 1700 m; in tale tratto è presente il rio Senasci, affluente di destra, il cui sbocco è a valle della confluenza tra il torrente Verde e il rio San Martino ed altri quattro rivi significativi.

Nel tratto di interesse il torrente Verde presenta un andamento prevalentemente rettilineo con direzione principale NO-SE; le sezioni sono per la maggior parte di forma variabile tendenzialmente trapezia con larghezze al fondo variabili tra 10 m e 35 m circa.

La pendenza media del fondo alveo è pari a 1.5 % circa.

## 5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Per la definizione delle portate di piena si è fatto riferimento a quanto indicato nel Piano di Bacino del torrente Polcevera che fornisce i valori di portata per assegnato periodo di ritorno nelle sezioni più significative del reticolo idrografico.

Nel caso di affluenti minori il valore della portata di piena è stato valutato utilizzando i contributi unitari espressi dal Piano stesso variabili in funzione della superficie del bacino.

Nel caso in cui non fosse possibile utilizzare i precedenti approcci, il calcolo della portata di progetto viene condotto secondo le prescrizioni indicate dalla Autorità di bacino della Regione Liguria, sulla base del documento "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri - Rapporto finale" redatto a cura del CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale dell'Università degli Studi di Genova), richiamato dal Piano di Bacino in esame.

La metodologia di calcolo va distinta per corsi d'acqua con superficie compresa tra i 2 e i 10 km<sup>2</sup> e per corsi d'acqua di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>. Di seguito si riassumono le procedure propedeutiche alla caratterizzazione della portata di progetto attraverso il metodo CIMA.

### 5.1. Scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica del centro di scroscio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rg-nv08-00-002-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 6 di 9</span>

La costruzione della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica si basa sui risultati ottenuti dalla regionalizzazione delle precipitazioni, descritta all'interno della Relazione Pluviometrica del presente progetto definitivo, che consente di esprimere la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica locale nella forma:

$$H(d, T) = K_T E[H_1] d^n = a_T d^n$$

## 5.2. Stima della precipitazione efficace

Per la stima della precipitazione efficace è utilizzato il metodo proposto da Fantoli, che separa i due fattori altezza di pioggia e caratteristiche del terreno, attraverso una formulazione di tipo monomio strettamente legata con l'espressione monomia delle curve di possibilità climatica. Tale metodo si basa sul calcolo del coefficiente di deflusso,  $\Phi$ , rapporto fra la pioggia netta (afflusso efficace) e la pioggia lorda (afflusso totale). Se si approssima tale metodo all'andamento della forma monomia, si può ipotizzare:

$$\Phi = 0.2811 \Phi^* H(d, T)^{1/3} = C_F H(d, T)^{1/3}$$

nella quale  $\Phi^*$  è il valore assegnato al coefficiente di deflusso standard, valutato per una precipitazione di durata standard pari ad 1 ora e intensità standard pari a 45 mm/ora.

Il coefficiente  $C_F$  può essere stimato anche facendo riferimento al metodo sviluppato dal Soil Conservation Service (USDA) detto CN (Curve Number). In tal caso si propone un'ipotesi di legame concettuale del tipo:

$$C_F = \frac{3}{4} \left( 4 \cdot 25.4 \frac{1000 - 10CN}{CN} \right)^{-1/3}$$

## 5.3. Stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario

Un possibile legame fra il tempo di corrvazione di un bacino,  $t_c$  e le grandezze fisiche per la sua quantificazione non può prescindere dal valore di area drenata che, per ambiti morfologicamente omogenei, può anche essere assunta come sufficiente alla sua determinazione. L'espressione che lega il  $t_c$  all'area contribuyente è espresso con la seguente:

$$t_c = 0.25 + 0.27A^{1/2}$$

nella quale  $t_c$  è ottenuto in ore con  $A$  in  $\text{km}^2$ .

Questo valore è quindi assunto come tempo di base,  $t_b$ , di un idrogramma unitario istantaneo,  $h(t)$ , avente forma triangolare, risposta di picco  $h_p = 2/t_b$  e tempo al picco pari a  $t_p$ . La funzione  $h(t)$  può essere espressa :

$$h(t) = \begin{cases} h_p t / t_p & \text{se } 0 \leq t \leq t_p \\ h_p t_b / (t_b - t_p) - h_p t / (t_b - t_p) & \text{se } t_p \leq t \leq t_b \\ 0 & \text{se } t_b < t \end{cases}$$

La portata di picco della risposta del bacino ad un afflusso efficace di intensità  $i$  e durata finita,  $\Theta$ , è esprimibile con la seguente:

$$Q_{\max} = \max_{0 < t < \infty} \int_0^t h(t - \tau) i(\tau) d\tau$$

Per un IUH (idrogramma unitario) triangolare il valore  $Q_{\max}$  si ottiene per  $t_p = 0$  e vale:

$$Q_{\max} = Q_{\max}(\Theta, i) = 2i \frac{\Theta}{t_b} \left( 1 - \frac{\Theta}{2t_b} \right)$$

se  $Q < t_b$ , altrimenti  $Q_{\max} = i$ .

#### 5.4. Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici comprese tra i 2 e i 10 km<sup>2</sup>

Per bacini di superficie compresa tra i 2 e i 10 km<sup>2</sup> la determinazione della portata di piena è calcolabile in funzione della portata a tempo di ritorno 2.9 anni ( $Q_{2.9}$ ) nel seguente modo.

Nota la posizione geografica, in termini di longitudine, del bacino idrografico, la sua area contribuyente A e del coefficiente di deflusso  $\Phi^*$  ovvero del CN medio drenato nella sezione di interesse, assumendo  $n=0,39$ , si può procedere quindi nel modo seguente:

1. il valore di  $E[H1]$ , è tabellato in funzione della longitudine;
2. si calcola  $a_{2.9} = 1.06 \cdot E[H1]$  [mm/ora<sup>-0,39</sup>];
3. si calcola  $t_b = 0.25 + 0.27A^{1/2}$  [ore];
4. si calcola  $C_F = 0.2811\Phi^*$  [-]

oppure 
$$C_F = \frac{3}{4} \left( 4 \cdot 25.4 \frac{1000 - 10CN}{CN} \right)^{-1/3}$$
 [-].

dove:

- $E[H1]$  valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento,
- $t_b$ , tempo di base di un idrogramma unitario istantaneo
- $C_F$ , coefficiente di deflusso del bacino
- A superficie del bacino

La portata con tempo di ritorno 2.9 anni è fornita, in funzione dell'area espressa in km<sup>2</sup>, dalla

$$Q_{2.9} = 0.3 \cdot A \cdot C_F \cdot a_{2.9}^{4/3} \cdot t_b^{-0.48}$$
 [m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>];

le portate per i diversi tempi di ritorno si ottengono dalla:

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2.9}$$
 [m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>];

dove  $K_T$  (fattore di frequenza delle portate al variare del tempo di ritorno) **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
$K_T$	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 1 - Valori del fattore di frequenza al variare del tempo di ritorno.

In riferimento al metodo sopra descritto, al fine di evitare che in taluni casi il parametro relativo alla stima del coefficiente di deflussi implichi delle valutazioni soggettive, per la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la precipitazione ci si deve riferire a classi omogenee di variazioni limitate, valide per l'insieme dei bacini i bacini regionali; tale caratterizzazione è riportata nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tipo	Descrizione	CN
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rg-nv08-00-002-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 8 di 9</span>

B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Tabella 2 - Classificazione dei bacini regionali per la stima del CN

La portata a tempo di ritorno 2.9 anni può quindi essere espressa

$$Q_{2,9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3 s^{-1}];$$

da cui quelle a tempo di ritorno assegnato

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2,9} \quad [m^3 s^{-1}];$$

con  $K_T$  fattore di frequenza delle portate.

Il coefficiente  $C_Q$  è tabellato in funzione della ubicazione del bacino (longitudine) e della sua classificazione secondo quanto riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

## 5.5. Metodologia della stima della portata per un assegnato tempo di ritorno per bacini con superfici inferiori ai 2 km<sup>2</sup>

Per bacini di superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>, la portata a tempo di ritorno assegnato è calcolabile in funzione del contributo specifico secondo la seguente espressione:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}];$$

in cui la superficie  $A$  è espressa in km<sup>2</sup>,  $U_{A=2}$  (contributo chilometrico specifico per bacino di superficie pari a 2 km<sup>2</sup>) in m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>,  $K_T$  il valore di frequenza delle portate espressa nella tabella in precedenza riportata. Il coefficiente  $U_{A=2}$ , è tabellato in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica.

## 6. CORSI D'ACQUA INTERFERENTI: SINTESI DEI RISULTATI

Per quanto riguarda i rivi oggetto di studio ricadenti all'interno del bacino del torrente Polcevera sono stati assunti i valori di portata 200-ennale nelle sezioni più significative del reticolo idrografico contenuti nel Piano di Bacino del torrente Polcevera.

Per le sezioni per le quali non è specificatamente riportato tale valore, è stato conservativamente assunto il valore della portata di piena con tempo di ritorno 200-ennale individuato come valido nella sezione immediatamente a valle di quella considerata o, in alternativa, la portata ottenuta mediante l'utilizzo di un contributo unitario ricavato come interpolazione lineare tra quello di monte e quello di valle già definiti dal Piano.

Per le sezioni prive di specifiche indicazioni di portata a monte (situazione generalmente riferita agli affluenti minori) sono stati adottati i valori di portata ottenuti utilizzando i contributi unitari di piena in funzione della superficie del bacino sotteso riportati nel Piano stesso: essi variano da un massimo di 40 m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> per bacini con superficie fino a 1 km<sup>2</sup>, ad un minimo di 30 m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> per bacini con superficie compresa fra 7 e 8 km<sup>2</sup>.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>ig51-01-e-cv-rg-nv08-00-002-a00.doc</p>	<p>Foglio 9 di 9</p>

Nello specifico le opere in esame sono ubicate lungo il tratto del torrente Verde compreso fra il viadotto ferroviario della linea Genova – Ovada, in comune di Genova, e il ponte carrabile in località Ponte Ferriera, al confine fra i comuni di Ceranesi e Campomorone.

Per ciascun corso d'acqua principale il Piano di Bacino indica un valore della portata di piena 200-ennale alla sezione di chiusura pari a:

- T. Verde a monte della confluenza con il t. Polcevera Q= 580 m<sup>3</sup>/s
- Rio Senasci alla confluenza con il T. Verde Q= 24.4 m<sup>3</sup>/s

Per i corsi d'acqua minori interfrenti, la portata di progetto è stata determinata applicando i contributi unitari previsti dal Piano: i risultati sono riportati in Allegato A1.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



all-rg-002.doc

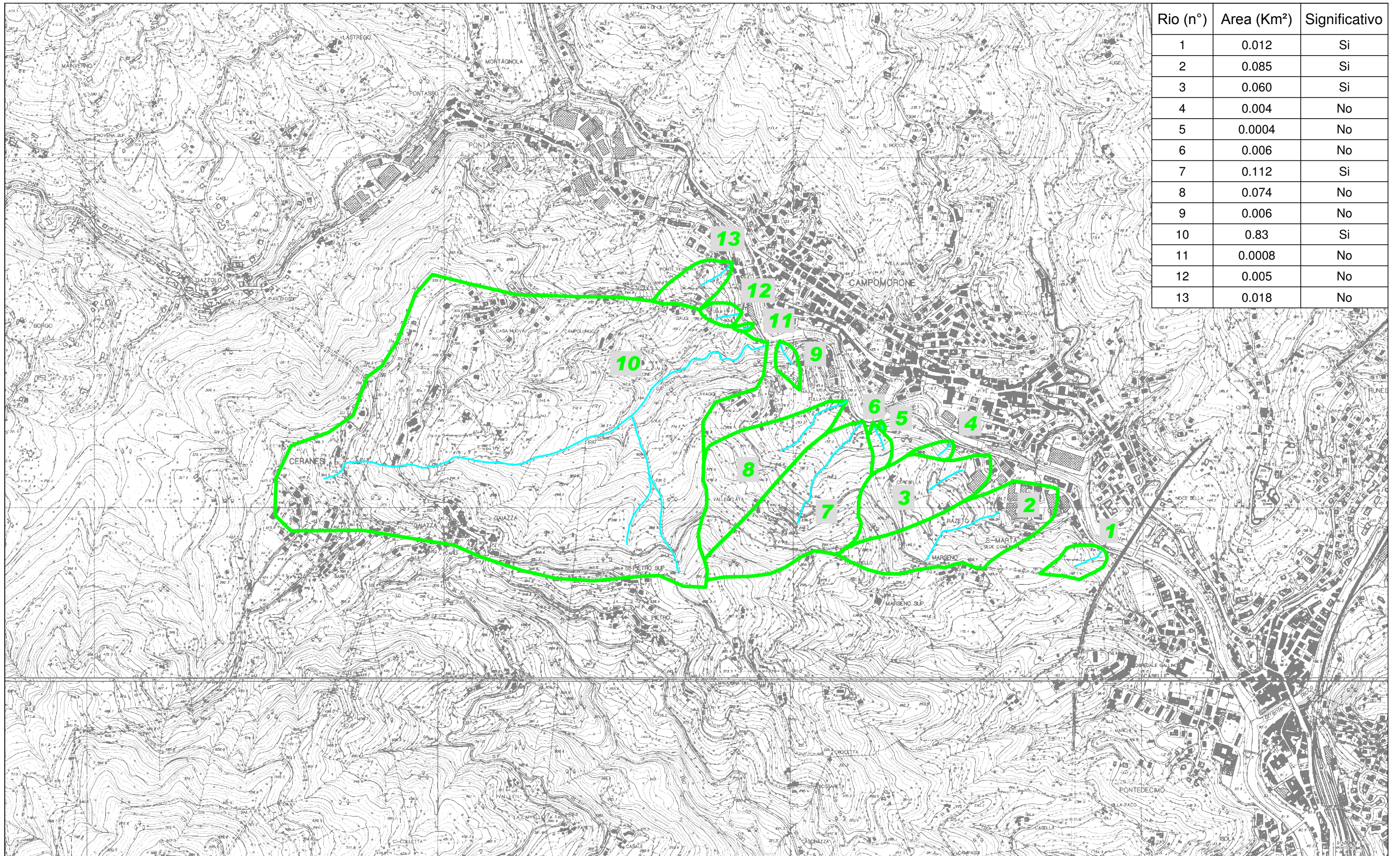
**ALLEGATO A1**  
**PORTATE DI PROGETTO**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	all-rg-002.doc

### ELENCO ELABORATI

- **Corografia con indicazione dei bacini sottesi**
- **Portate di progetto**







## Calcolo portata 200-ennale

CPP  $h = a \cdot t^n$  Pluviometro di Isolaverde

$a = 21.595$

$n = 0.424$

$v \text{ [m/s]} = 1$

$c = 0.8$

rio	numero attr.	Area [ha]	L asta [km]	$t_{\text{perc}}$ [ore]	$t_c$ [ore]	$h_{\text{pioggia}}$ [mm]	Q [m <sup>3</sup> /s]
1	T01	1.2	0.10	0.03	0.25	68.08	0.73
2		8.5	0.45	0.13	0.25	68.08	5.18
3		6	0.20	0.06	0.25	68.08	3.66
4	T02	0.4	0.05	0.01	0.25	68.08	0.24
5		0.04	0.02	0.00	0.25	68.08	0.02
6		0.6	0.06	0.02	0.25	68.08	0.37
7	T04	11.2	0.35	0.10	0.25	68.08	6.83
8	T08	7.4	0.35	0.10	0.25	68.08	4.51
9	T05	0.6	0.08	0.02	0.25	68.08	0.37
10	T06	80	1.40				24.4*
11	T07	0.09	0.10	0.03	0.25	68.08	0.05
12		0.5	0.08	0.02	0.25	68.08	0.30
13		1.8	0.03	0.01	0.25	68.08	1.10

Nota:

\* - per il rio Senasci è stato considerato il valore di portata riportato nel Piano di Bacino del t. Polcevera