

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

### VIABILITÀ DI ACCESSO AL CANTIERE COP2 CASTAGNOLA

### 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 H	N V 2 2 0 0	0 0 1	B

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	ITEC engineering <i>OTF</i>	23/05/2012	Ing. F. Colla <i>FC</i>	29/05/2012	E. Pagani <i>EP</i>	31/05/2012	Ing. E. Ghislandi 
B00	Revisione a seguito istruttoria IG51101E11ISNV220000 1A del 31/07/2012	ITEC engineering <i>OTF</i>	08/10/2012	Ing. F. Colla <i>FC</i>	10/10/2012	E. Pagani <i>EP</i>	12/10/2012	

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-RH-NV22-00-001-B00

CUP: F81H92000000008



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00</p> <p style="text-align: right;">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.   Analisi statistica .....		5
5.2.   Regionalizzazione dei dati di pioggia .....		7
5.3.   Metodo razionale.....		7
6.   CORSI D'ACQUA INTERFERENTI: SINTESI DEI RISULTATI .....		9

ALLEGATO A 1 – PORTATE DI PROGETTO

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00 <span style="float: right;">Foglio 4 di 9</span>

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è l'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate di assegnato tempo di ritorno per i corsi d'acqua naturali od artificiali interferenti con la strada che collega il Cantiere Operativo Piemonte COP 2 al Cantiere di Servizio Piemonte CSP1 e quindi alla provinciale SP n.163 della Castagnola nel tratto tra Voltaggio e Borgo Fornari.

In particolare vengono definiti i parametri di calcolo delle precipitazioni intense di durata superiore all'ora, per le applicazioni relative alla determinazione della portata di progetto per il dimensionamento idraulico degli attraversamenti presenti nel progetto di adeguamento della strada di collegamento tra il Cantiere Operativo Piemonte COP 2 al Cantiere di Servizio Piemonte CSP1 e quindi alla provinciale SP n.163 della Castagnola nel tratto tra Voltaggio e Borgo Fornari, predisposto alla realizzazione di una tratta del terzo valico ferroviario dei Giovi.

Lo studio è stato svolto secondo la metodologia e le indicazioni contenute nei Piani di bacino, redatti a cura dell'Autorità di bacino del fiume Po. Le descrizioni delle metodologie adottate sono riportate nel capitolo 2.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po* con DPCM del 24/5/01, pubblicato sulla G.U. n 183 del 8/8/01.

## 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 rio Traversa e dei rivi minori 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 caratteristiche morfologiche e fisiografiche (superficie, lunghezza dell'asta principale, acclività, copertura vegetale, uso del suolo, ecc.) 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

Il tratto di strada in esame, compreso tra la S.P. 163 della Castagnola, nel tratto che collega gli abitati di Voltaggio e di Borgo Fornari, e i nuovi cantieri COP2 e CSP1 ha una lunghezza complessiva pari a circa 0.6 km e si sviluppa in direzione E-O.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00 <span style="float: right;">Foglio 5 di 9</span>

Il Rio Traversa all'incrocio con la S.P. 163 sottende un bacino di 3.1 km<sup>2</sup> appartenente amministrativamente al comune di Voltaggio. Nel tratto di interesse il bacino del Rio Traversa comprende il bacino del rio di Vaie, affluente di sinistra, circa 0.6 km<sup>2</sup>.

Il bacino presenta una forma assimilabile ad un rettangolo tranne per il vertice a N che risulta allungato fino ad arrivare al monte Alpe che con i suoi 839 m è anche la cima più elevata all'interno del bacino.

Il bacino confina a N-O e a S-O con il bacino del torrente Lemme, a N-E con il bacino del rio Burlaschino e a S-E con il bacino di un affluente di sinistra dello Scrivia.

Il reticolo idrografico 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 pressoché perpendicolare rispetto all'asta principale.

L'asta principale ha una lunghezza di circa 1.3 km, con una pendenza media pari al 6.5% circa; la pendenza media dei versanti è pari al 30 % circa.

## 5. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Data la mancanza di osservazioni dirette dei deflussi naturali, 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.

### 5.1. Analisi statistica

Nelle aree interessate dal tracciato ferroviario sono state individuate 11 stazioni idrometriche del Servizio Idrografico Nazionale, in tabella 1 se ne riporta l'elenco con le principali caratteristiche.

Codice stazione	Denominazione	Bacino idrografico	Periodo di misura		Numero dati di osservazione	Coordinate UTM	
			Anno inizio	Anno fine		Est	Nord
1564	Alessandria	Tanaro	1950	1985	23	467349	4974054
1602	Lavezze-Lago	Tanaro	1951	1986	34	488321	4931399
1604	Lavagnina C.Le	Tanaro	1950	1986	35	481721	4938819
1605	Gavi C.Le	Tanaro	1932	1968	32	484389	4948069
1617	Val Noci Diga	Scrivia	1956	1986	28	502890	4927686
1621	Scoffera	Scrivia	1953	1989	27	509517	4925841
1629	Isola Del Cantone	Scrivia	1952	1986	31	496274	4944349
1642	Tortona	Scrivia	1943	1986	32	489711	4972128
1649	Montemarzino	Curone	1952	1986	29	498921	4966565
1655	Varzi	Staffora	1953	1986	29	516048	4964733
1661	Voghera	Staffora	1951	1986	35	500238	4981377

Tabella 1 - Caratteristiche delle stazioni pluviometriche considerate per la parte di territorio compresa nel bacino padano.

Per la quasi totalità delle stazioni si hanno dati di misura a partire dagli anni 50 fino ad oltre la metà degli anni 80, con un campione significativo dal punto di vista statistico, in termini di estensione.

Le serie storiche dei dati di pioggia per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore sono state sottoposte a regolarizzazione determinando i valori di precipitazione corrispondenti a tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00 <span style="float: right;">Foglio 6 di 9</span>

Il programma utilizzato per le elaborazioni statistiche, HCH\PMAX, determina per ogni singola stazione pluviometrica la curva di massima possibilità climatica nella forma  $h=a*tn$ , per assegnati tempi di ritorno, utilizzando diversi metodi probabilistici di regolarizzazione.

Alle serie storiche delle osservazioni vengono adattati diversi tipi di distribuzione probabilistica:

distribuzione log-normale (Galton)

$$f(y)dy = \frac{.3989}{s} \exp \left\{ - \left( \ln y - m \right)^2 / 2s^2 \right\} dy$$

con parametri: s,m

distribuzione di Pearson Type III (funz. gamma)

$$f(y)dy = \frac{1}{s \text{ gamma}(p)} \left( \frac{y-a}{s} \right)^{p-1} \exp \left\{ - \left( \frac{y-a}{s} \right) \right\} dy$$

con parametri: s,p,a

distribuzione di Fisher-Tippet Type I (Gumbel)

$$f(y)dy = \frac{1}{a} \exp \left\{ - \left( \frac{y-z}{a} \right) - \exp \left[ - \left( \frac{y-z}{a} \right) \right] \right\} dy$$

con parametri: a,z

La stima dei parametri avviene utilizzando il metodo della massima verosimiglianza (maximum likelihood).

Noti i parametri per i diversi tipi di distribuzione, i valori richiesti di Y (altezza massima di pioggia di data durata per un assegnato tempo di ritorno TR) soddisfano la condizione per cui l'integrale, esteso tra Y e infinito di  $f(y)dy$  è uguale a  $1/TR$ , valore che rappresenta la probabilità che in un anno l'altezza massima di pioggia, di data durata, superi Y.

Per indirizzare la scelta del tipo di distribuzione, che meglio si adatta alla serie storica delle osservazioni, vengono calcolati i valori SQM e PROB.

Il primo rappresenta lo scarto quadratico medio degli scostamenti tra le distribuzioni teoriche e quelle osservate delle frequenze di non superamento (FCi - FC0).

Il secondo rappresenta la probabilità, secondo il test di Kolmogorov-Smirnov, che la distribuzione teorica rappresenti adeguatamente quella osservata.

In particolare i valori  $Y_{mp}$  rappresentano le massime altezze di pioggia di diversa durata soddisfacenti la condizione di massima verosimiglianza.

I valori di a e n caratterizzanti la curva di possibilità climatica su ogni singola stazione di misura, funzione della durata per assegnato tempo di ritorno, sono riportati in tabella 2.

Codice stazione	Denominazione	a_10	n_10	a_20	n_20	a_50	n_50	a_100	n_100	a_200	n_200	a_500	n_500
1564	ALESSANDRIA	28.59	0.293	32.80	0.290	38.12	0.285	42.18	0.282	46.23	0.279	51.57	0.276
1602	LAVEZZE-LAGO	57.42	0.453	65.55	0.453	76.08	0.454	83.96	0.454	91.81	0.454	102.18	0.454
1604	LAVAGNINA C.le	49.03	0.483	55.45	0.486	63.76	0.493	70.04	0.498	76.20	0.502	84.41	0.506
1605	GAVI C.LE	53.68	0.402	63.48	0.401	76.16	0.399	85.67	0.397	95.13	0.396	107.64	0.394
1617	VAL NOCI DIGA	56.00	0.406	62.83	0.408	71.68	0.413	78.31	0.415	84.89	0.417	93.63	0.420
1621	SCOFFERA	66.98	0.345	76.64	0.341	89.13	0.331	98.50	0.326	107.84	0.321	120.15	0.316
1629	ISOLA DEL CANTONE	45.08	0.393	52.05	0.391	61.08	0.387	67.84	0.384	74.56	0.382	83.46	0.380

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00	
Foglio 7 di 9	

1642	TORTONA	43.89	0.272	50.52	0.272	59.11	0.272	65.55	0.272	71.96	0.272	80.42	0.272
1649	MONTEMARZINO	32.38	0.331	37.53	0.331	44.19	0.331	49.20	0.331	54.18	0.331	60.74	0.331
1655	VARZI	37.30	0.285	42.57	0.284	49.39	0.282	54.50	0.281	59.58	0.280	66.31	0.278
1661	VOGHERA	38.84	0.233	44.91	0.231	52.89	0.222	58.87	0.217	64.83	0.213	72.45	0.211

Tabella 2 - Curve di possibilità climatica per piogge intense di durate superiori all'ora per tempi di ritorno 10,20,50,100,200,500 anni.

## 5.2. Regionalizzazione dei dati di pioggia

Le curve di possibilità climatica, definite sulla singola stazione di misura, danno una rappresentazione puntuale della legge caratteristica di pioggia; per ottenere la distribuzione della precipitazione sulla porzione di territorio ricompresa tra le stazioni strumentate considerate, si è operata una regionalizzazione dell'informazione intensa pluviometrica, mediante ragguaglio alla superficie dei parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di possibilità climatica, secondo una maglia costituita da un'area di dimensioni pari a  $4 \text{ km}^2$ ; l'operazione è stata eseguita utilizzando il metodo "KRIGING".

Tale procedura permette di definire in una qualsiasi area omogenea una altezza di pioggia per assegnati tempi di ritorno e durate.

## 5.3. Metodo razionale

La caratterizzazione idrologica di piena per un bacino idrografico viene eseguita ragguagliando il valore di pioggia intensa per prefissato tempo di ritorno assegnato allo stesso bacino e successivamente attraverso un metodo di correlazione afflussi - deflussi si calcola il valore della portata. In tali casi vengono attribuiti alle piene gli stessi tempi di ritorno delle precipitazioni che le hanno generate.

Tale metodo di correlazione afflussi-deflussi è basato sull'ipotesi che la portata massima in un bacino, dovuta a precipitazioni di intensità costante nel tempo, si ha per eventi di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino stesso e si verifica dopo il tempo  $t_c$  dall'inizio del fenomeno.

Il calcolo della portata avviene mediante l'applicazione della formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

- S = superficie del bacino ( $\text{km}^2$ );
- c = coefficiente di deflusso valutato in base a considerazioni di tipo generale;
- h = altezza massima di precipitazione per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);
- $t_c$  = tempo di corrivazione del bacino (ore).

### Determinazione del tempo di corrivazione

Si è precedentemente osservata la necessità di valutare il tempo di corrivazione dei bacini in esame allo scopo di definire la durata critica dell'evento di pioggia da considerare nell'applicazione del metodo razionale, considerando come tempo minimo di corrivazione 10 minuti.

Le formule normalmente adottate per la stima di tale valore sono le seguenti:

- formula di Giandotti;
- formula di Pezzoli;
- formula di Ventura;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 9</p>

- formula di Horton-Viparelli;
- formula di Kirpich;
- formula di Pasini.

Esse necessitano, come dati di input, di alcuni valori relativi alle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche dei bacini definiti alle rispettive sezioni di chiusura, e più precisamente:

- |                                   |      |                     |
|-----------------------------------|------|---------------------|
| • superficie                      | S    | (km <sup>2</sup> ); |
| • altitudine massima              | Hmax | (m s.m.);           |
| • altitudine media                | Hmed | (m s.m.);           |
| • quota della sezione di chiusura | Hsez | (m s.m.);           |
| • lunghezza dell'asta principale  | L    | (km);               |
| • pendenza dell'asta principale   | i    | (m/m);              |
| • velocità di scorrimento         | v    | (m/s).              |

La pendenza dell'asta principale è stata determinata utilizzando la relazione del Fornari che permette la determinazione di tale parametro dal valore della pendenza dei singoli tratti, utilizzando la media pesata:

$$1i = (\sum_{k=1}^n lk / \sqrt{ik})^{-1} \cdot L$$

dove lk ed ik sono rispettivamente la lunghezza e la pendenza dei singoli tratti omogenei in cui l'asta principale si considera divisa.

Vengono di seguito espone le formule di calcolo del tempo di corrivazione (espresso in ore), per ognuno dei metodi adottati. I simboli indicati rappresentano le grandezze precedentemente elencate.

Formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot S^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_m - H_{sez})^{0.5}} ;$$

Formula di Pezzoli:

$$t_c = 0.055 \cdot \frac{L}{i^{0.5}} ;$$

Formula di Kirpich:

$$t_c = 0.066 \cdot L^{0.77} \cdot (1000 \cdot L / (H_{max} - H_{sez}))^{0.385} ;$$

Formula di Ventura:

$$t_c = 0.1272 \cdot (S / i)^{0.5} ;$$

Formula di Horton - Viparelli:

$$t_c = L / (v \cdot 3.6);$$

Formula di Pasini:

$$t_c = 0.108 \cdot (S \cdot L)^{1/3} / i^{0.5};$$

Determinazione del coefficiente di deflusso

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente delicata e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Esso ha un significato "sintetico", essendo mediato su tutto il comprensorio in

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00
	Foglio 9 di 9

esame: esprime globalmente il rapporto fra i deflussi, che attraversano la sezione di chiusura in un intervallo definito nel tempo, e gli afflussi meteorici.

Tale parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, adattandoli alle effettive caratteristiche del bacino in studio, anche in base all'esperienza.

Per la stima di tale parametro si devono tenere in conto i diversi fattori che influiscono sulla formazione dei deflussi, fra cui la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino e l'effetto di laminazione dell'intera rete idrica superficiale, la dimensione del bacino, la presenza di zone urbanizzate, ecc...

Il ruolo del tipo di suolo e della copertura vegetale nella formazione del deflusso superficiale per gli stati idrologici di piena, che si identificano con eventi di piovosità intensa, è duplice: riguarda, infatti, sia la funzione di trattenuta o intercettazione (coefficiente di deflusso), sia il controllo del tempo di concentrazione delle portate superficiali.

Gli studi disponibili, per altro in numero piuttosto limitato, indicano tutti che il valore di c in un dato bacino varia in misura elevata da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti. E' possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili. In qualche caso si assume che il valore di c cresca in funzione del tempo di ritorno dell'evento, supponendo in tal modo una risposta non lineare del bacino.

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

Per i bacini oggetto di studio, appartenenti al bacino idrografico del torrente Scrivia, sono stati utilizzati i valori di pioggia provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, come indicate nelle Norme di attuazione dei PAI, in particolare la curva di probabilità pluviometrica, per un periodo di ritorno pari a 200 anni, è espressa nella forma  $h = 82.72 \cdot t^{0.432}$ .

In generale per i bacini con superficie inferiore a 10 km<sup>2</sup> si è assunto il valore risultante dall'applicazione del solo metodo del Viparelli, con un valore minimo di 15 minuti.

Nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8 per tutti i bacini considerati.

La portata dei singoli rivi è stata calcolata con la formula razionale secondo la metodologia di cui al par.5.3.

I risultati del calcolo delle portate di progetto sono riportati sinteticamente in tabella dell'allegato A1.

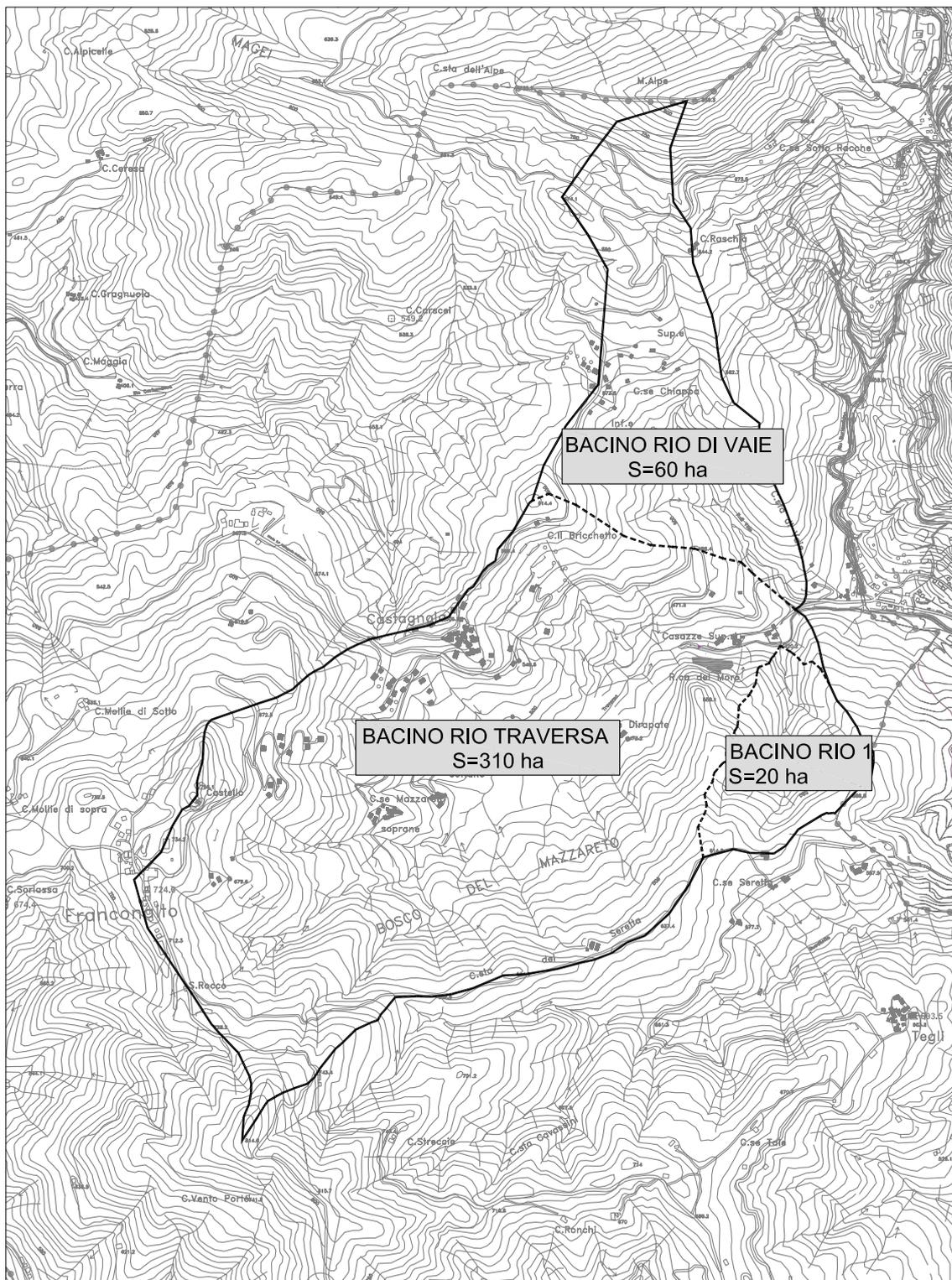
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	ig51-01-e-cv-rh-nv22-00-001-b00

### ELENCO ELABORATI

- Corografia con indicazione dei bacini sottesi
- Portate di progetto



VIABILITA' DI ACCESSO AL  
CANTIERE COP2 CASTAGNOLA  
COROGRAFIA CON INDICAZIONE  
BACINI SOTTESI  
Scala 1:20000

## Portate di progetto

CPP da regionalizzazione PAI

$$h = 82.72 \cdot t^{0.432}$$

Bacino	Superficie drenata [km <sup>2</sup> ]	Lunghezza asta [km]	Tempo corrivazione [ore]	Portata progetto [m <sup>3</sup> /s]
Rio 1	0.2	0.6	0.25	7.8
Rio Vaie	0.6	1.3	0.36	19.3
Rio Traversa	3.1	1.3	0.36	97