

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**

**Rifacimento strada di accesso ai cantieri COP5-CBP4 in Arquata Scrivia**

**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 2 0 0 0	0 0 3	A

Progettazione :

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

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC
-----------	---



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC</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 A1 – COROGRAFIA CON INDICAZIONE DEL BACINO SOTTESO

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC <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 della strada di accesso al cantiere Libarna nell'ambito del progetto esecutivo Tratta A.V./A.C. Milano-Genova Terzo valico dei Giovi, Rifacimento strada di accesso ai cantieri COP5 – CBP4 in Arquata Scrivia.

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 5.

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 minore appartenente al reticolo idrografico del torrente Scrivia 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 fosso interferente con la viabilità è un affluente del fosso Pradella, che a sua volta è un affluente di sinistra del torrente Scrivia.

Tale fosso non risulta inserito nell'elenco delle acque pubbliche e dall'indagine catastale risulta "privato".

L'area complessiva sottesa alla sezione di interferenza con la viabilità è di circa 0.08 km<sup>2</sup>; il suo territorio appartiene amministrativamente al Comune di Arquata Scrivia.

Il bacino presenta una forma arrotondata, con quote comprese tra 250 m s.l.m. e 400 m s.l.m.; il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di una sola asta principale con lunghezza di circa 500 m, e pendenza media pari al 20% circa, la pendenza media dei versanti è del 40% circa.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 5 di 9</span>

Il bacino non risulta urbanizzato.

L'intervento riguarda un tratto dell'asta principale della lunghezza complessiva di circa 130 m; l'alveo naturale è caratterizzato in tale tratto da sezioni di forma trapezia con larghezza al fondo mediamente pari a 1 m e altezza delle sponde di 1 m circa; la pendenza media del tratto è pari al 2.6%.

## 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	Scivia	1956	1986	28	502890	4927686
1621	Scoffera	Scivia	1953	1989	27	509517	4925841
1629	Isola Del Cantone	Scivia	1952	1986	31	496274	4944349
1642	Tortona	Scivia	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.

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC		Foglio 6 di 9

distribuzione log-normale (Galton)

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

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<sub>mp</sub> 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
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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 7 di 9</span>

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 km<sup>2</sup>; 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 (km<sup>2</sup>);

$c$  = 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;
- 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:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 8 di 9</span>

- |                                   |      |                     |
|-----------------------------------|------|---------------------|
| • 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:

$$i_i = (\sum_{k=1}^n i_k / \sqrt{i_k})^{-1} \cdot L$$

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

Vengono di seguito esposte 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 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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC
	Foglio 9 di 9

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

La curva di probabilità pluviometrica utilizzata per il bacino del rio minore oggetto del presente progetto è stata ricavata dalle celle regionalizzate su griglia 4 km<sup>2</sup>, riportate nel PAI, considerato un periodo di ritorno pari a 200 anni è espressa nella forma  $h = 84.20 \cdot t^{0.381}$

La superficie del bacino sotteso alla sezione di interesse è pari a 0.08 km<sup>2</sup>.

Trattandosi di un bacino con superficie inferiore a 10 km<sup>2</sup> e lunghezza dell'asta principale di circa 500 m, si è assunto un tempo di corrivazione pari a 15 minuti.

In tali condizioni risulta un valore della portata di piena 200-ennale pari a 3.6 m<sup>3</sup>/s.

La portata del sottopasso è stata calcolata con il metodo dell'invaso, più adatto a valutare le portate afferenti ad un collettore fognario, utilizzando la curva di probabilità pluviometrica ricavata dalle celle riportate nel PAI per un periodo di ritorno pari a 20 anni, espressa nella forma  $h = 67.86 \cdot t^{0.384}$ .

Assumendo un coefficiente di deflusso pari a 0.9, una lama d'acqua superficiale pari a 5 mm e un grado di riempimento delle canalette di raccolta pari a 0.7 ed essendo la superficie drenata pari a 2000 m<sup>2</sup>, risulta un coefficiente udometrico pari a 323 l/s ha e pertanto un valore della portata di piena 20-ennale pari a 65 l/s.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

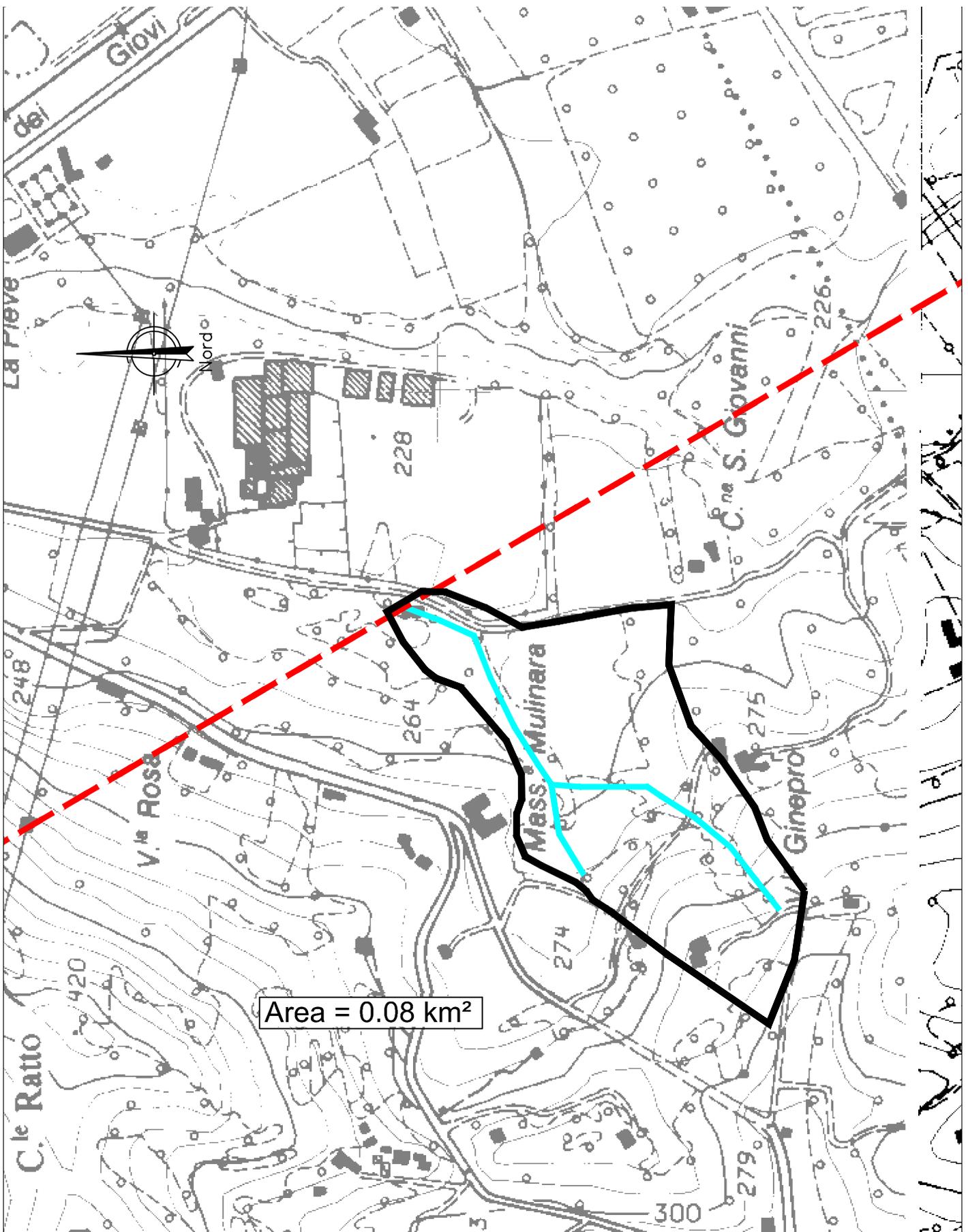


IG51-01-E-CV-RG-NV20-00-003-A00.DOC

Foglio

## ALLEGATO A1

### COROGRAFIA CON INDICAZIONE DEL BACINO SOTTESO



RIFACIMENTO STRADA DI ACCESSO  
AL CANTIERE OPERATIVO COP5  
IN COMUNE DI ARQUATA SCRIVIA  
COROGRAFIA CON INDICAZIONE  
BACINO SOTTESO  
Scala 1:5000