



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



**Dipartimento  
per lo sport**

## Rigenerazione e ampliamento impianto sportivo e campo cross Monte Coralli CUP J28E22000040006 Progetto Esecutivo

Proprietà/Committente: COMUNE DI FAENZA

GIUGNO 2023

# RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

# G.12b

DI VERIFICA DELLA PORTATA DI RIO CARRERE  
IN CORRISPONDENZA DELLA PASSERELLA

### Responsabile del Procedimento:

Dott.ssa Benedetta Diamanti - Dirigente Settore Cultura, Turismo e Promozione Economica Comune di Faenza

### Supporto al R.U.P.:

Ing. Patrizia Barchi - Dirigente settore Lavori Pubblici Comune di Faenza

### Progettista responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche:

Arch. Alessandro Bucci

### Progettazione architettonica:

Arch. Alessandro Bucci

Via Severoli, 18\_48018 Faenza (RA)

Tel. 0546-29237 - fax. 0546-29261

iscritto ordine architetti di Ravenna n. 253

Mail abucci@alessandrobucciarchitetti.it

### Progettazione paesaggistica:

Arch. Mauro Panigo

Via Sardegna 32\_20146 Milano (MI)

Tel. 392 3157547

Mail mauro.panigo@contemporaryurban.it

### Progettazione aspetti energetici degli edifici:

Ing. Serena Patricelli

Via Adige 63/2\_65015 Montesilvano (PE)

Mail serena.patricelli@gmail.com

### Progettazione ambientale degli edifici:

Ing. Eleonora Sablone

Lungomare Cristoforo Colombo 56\_65126 Pescara (PE)

Mail eleonora.sablone@gmail.com

### Progettazione strutturale:

Ing. Marco Peroni

Via S. Antonino, 1\_48018 Faenza (RA)

Tel. 0546 31433 - fax 0546 636566

Mail peroni@marcoperoni.it

### Progettazione impianti meccanici:

P.I. Claudio Pinardi

Studio tecnico P.D.M. Progetti

Via Cento, 54/1\_48022 Lugo (RA)

Tel. 0545-31873

Mail pinardi@pdmprogetti.it

### Progettazione impianti elettrici:

Ing. Giampaolo Cortesi

Via Glorie, 146\_48012 Bagnacavallo (RA)

Tel. 0545 48193

Mail ingcortesi@libero.it

### Tecnico abilitato ai sensi dell'art.98 del d.lgs. 81/2008

Geom. Gabriele Venturelli

Studio Tecnico associato Venturelli

Via Bettisi, 12\_48018 Faenza (RA)

Tel. 0546 667280

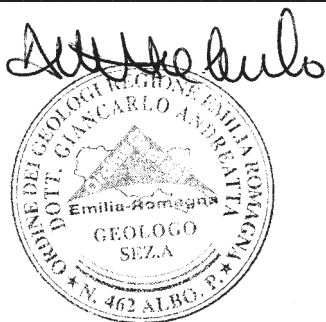
Mail gabriele@studioventurelli.com

Firma dei tecnici ognuno per le proprie competenze

Rev. n.	data
01	LUG 2023

# **RELAZIONE IDRAULICA-IDROLOGICA**

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA ESEGUITA IN  
COMUNE DI FAENZA VIA MONTE CORALLI PER  
L'INDIVIDUAZIONE E VERIFICA DELLA PORTATA DEL  
RIO CARRERE IN CORRISPONDENZA DI UNA  
PASSERELLA PEDONALE**



**ANDREATTA Dr. GIANCARLO**

**Studio di Geologia Tecnica**

Via XXV Aprile, 140

CASTELBOLOGNESE (RA)

Tel. 0546/656362-333/2209149

e-mail: [andreattag@libero.it](mailto:andreattag@libero.it)

*INDICE*

<i>a. PREMESSA</i>	<i>pag. 3</i>
<i>b. BACINO IMBRIFERO RIO CARRERE</i>	<i>pag. 3</i>
<i>c. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE</i>	<i>pag. 4</i>
<i>d. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</i>	<i>pag. 5</i>
<i>d. STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO DEL BACINO</i>	<i>pag. 6</i>

*Allegati:*

• <i>Planimetria Bacino Imbrifero</i>	<i>Scala 1:10.000</i>
• <i>Planimetria Uso del Suolo (Ortofoto)</i>	<i>Scala 1:10.000</i>
• <i>Planimetria Schema Geologico</i>	<i>Scala 1:10.000</i>
• <i>Dati pluviometrici</i>	
• <i>Calcolo massima piena duecentennale</i>	
• <i>Planimetria di progetto</i>	<i>Scala 1:500</i>
• <i>Sezione di progetto</i>	<i>Scala 1:100</i>

## **a. PREMESSA**

La presente relazione idrologica e idraulica è stata redatta al fine di stabilire la portata del Rio Carrere in relazione alla realizzazione di una passerella pedonale per il campo cross di Monte Coralli.

Lo studio prevede di stabilire la massima piena del Rio Carrere caratterizzando il bacino imbrifero che gli compete dal punto di vista geologico, idrogeologico e corografico, ricavando la portata idrica e verificando il deflusso nella sezione corrispondente alla passerella in progetto.

Dal punto di vista idrologico si è proceduto valutando il regime pluviometrico dell'area, esaminando i dati pluviometrici critici con riferimento al tempo di ritorno pari a 200 anni.

## **b. BACINO IMBRIFERO DEL RIO CARRERE**

Il bacino imbrifero è una porzione di territorio che, a causa della sua conformazione orografica, raccoglie le acque meteoriche dovute alle precipitazioni che scorrono confluendo tutte verso un solco d'impluvio dando origine ad un corso d' acqua. In un bacino imbrifero vallivo è possibile identificare un luogo di convergenza delle acque, detto *sezione di chiusura*, attraverso il quale passa tutto il volume dell'acqua raccolta superficialmente. L'altitudine cui si trova la sezione di chiusura è la quota di riferimento nelle misure di altitudine relative al bacino. Il perimetro di confine di ogni bacino, una volta individuata la sezione di chiusura, viene riconosciuto mappando a partire dalla sezione di chiusura la linea oltre la quale le acque scorrono sul terreno seguendo un altro percorso che le porta a raccogliersi in un diverso bacino idrografico, questa linea è chiamata *linea spartiacque*. In questo caso lo spartiacque del Rio Carrere è definito su base topografica C.T.R 10.000 collegando i picchi di massima altitudine con una linea sempre perpendicolare alle curve di livello, avente quindi la direzione del versore di massima pendenza.

In questo caso il punto più basso dello spartiacque è posto in corrispondenza della sezione di riferimento di fondo alveo (vedi planimetria allegata) e il bacino imbrifero presenta forma ellissoidale.

Vengono qui di seguito elencate le caratteristiche principali ricavate dall'analisi:



**BACINO IMBRIFERO RIO CARRERE.**

- Superficie bacino imbrifero	S = 1,25	Kmq
- Lunghezza massima asta fluviale	L = 3,10	Km
- Altezza massima	Hmax = 190,0	m
- Altezza minima	Hmin = 53,0	m
- Altezza media bacino imbrifero	Hmedia = 139,0	m
- Altezza massima solco vallivo	H'max = 85,0	m
- Altezza minima solco vallivo	H'min = 53,0	m

**c.INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE**

L'area interessata all'intervento è ubicata su terreni sedimentari attribuibili, secondo la la Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000, alla Formazione delle sabbie gialle di età milazziana; il rilevamento geologico è stato esteso ai terreni limitrofi sottostanti e soprastanti.

Il settore a Est ed Ovest dell'area indagata è occupato da depositi continentali dei terrazzi del IV° e III° ordine del Torrente Senio di età quaternaria che non sono, comunque, interessati all'attività in progetto. L'area, posta centralmente fino alla scarpata antropica soprastante, è costituita da terreno di riporto sabbioso-argilloso utilizzato per il ripristino della cava aperta a suo tempo al servizio dei cantieri per la realizzazione dell'autostrada A14. L'ubicazione ed estensione delle relative formazioni viene riportata in allegato cartografico.

I termini in posto che costituiscono la serie stratigrafica interessata all'intervento sono esclusivamente sedimentari di origine marina e di età pleistocenica. E' stato possibile ricavare direzione e pendenza degli strati direttamente sulle scarpate di erosione generate dai rii laterali che delimitano l'area. Dagli elementi rilevati deriva che le sabbie presentano andamento prevalentemente monoclinale con direzione Nord-Ovest/Sud-Est ed inclinazione di 7°-9°. L'immersione è verso Nord-Est con stratificazione, di conseguenza, a traverpoggio con tendenza al franapoggio. Per la stesura della carta geologica si è eseguita la classificazione formazionale adottata nella cartografia ufficiale a scala 1:10.000 che attribuisce tutta l'area ad esclusione dei terrazzi fluviali ad una unica formazione, non essendo possibile suddividere la Formazione delle sabbie gialle in maniera più dettagliata con l'indicazione dei diversi litotipi presenti ed evidenziati dal sondaggio. Il banco sabbioso evidenzia una potenza di m. 15-20, interrotto a metà circa da un livello argilloso-limoso, come accertato anche in precedenti campagne di sondaggi e variamente intercalato da lenti di sabbia limosa, di spessore ridotto. Localmente, si incontrano lenti di sabbia

con residui conchigliari in genere piuttosto scarsi. Non si è misurata la serie completa in quanto esula dal fine del presenta lavoro. Sulla base di quanto sopra riportato, si presume di essere in presenza di un ciclo di regressione-trasgressione. Non è possibile eseguire in loco la distinzione litologica all'interno della Formazione delle sabbie gialle nonostante si tratti di sedimenti con caratteristiche petrografiche diverse, a seguito dei lavori antropici che hanno trasportato localmente a valle parte dei terreni soprastanti rendendo impossibile la delineazione di confini litologici precisi. L'allineamento del percorso del Rio Pideura, del Rio Pergola, indica una verosimile serie di dislocazioni antiappenniniche che hanno interessato in tempi recenti (Pleistocene) la Formazione sabbiosa. Il tratto del rio nei pressi di Laghetto di Pergola, è verosimilmente impostato invece su una dislocazione di tipo appenninico.

#### **d. BACINO IMBRIFERO RIO CARRERE: INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Dal punto di vista morfologico l'area costituisce la parte terminale di una dorsale allungata verso Nord-Nord-Est provocata dall'erosione dei due rii che attualmente scorrono alla sua base e confluiscono nel Rio Pergola. Le pareti laterali della dorsale presentano forte acclività ed in esse è stato possibile osservare la giacitura degli strati. In passato il fronte della dorsale è stato interessato da attività estrattiva di sabbia che è servita come materiale infrastrutturale all'epoca della costruzione dell'autostrada A14.

L'estrazione avvenne in maniera sconsiderata e rese molto precaria la stabilità della parte Nord della dorsale il cui fronte successivamente franò abbattendo la casa colonica "Cà Rontini" che si trovava sulla sommità della collina. In un secondo tempo si rimodellò la superficie, trascurando però di eseguire i necessari drenaggi, e fu disegnato il campo cross; attualmente la stabilità del campo risulta buona. La parte terminale della dorsale in prossimità del fronte della stessa fu anch'essa interessata all'estrazione della sabbia che fu scavata in trincea e quest'ultima fu riempita col cappellaccio e blocchi arenacei e calcarenitici che si riscontrarono intercalati alla sabbia, per cui si rimescolano terreni notevolmente permeabili (ghiaie e sabbie) e scarsamente permeabili (argille limose di tetto); come conseguenza ne derivano

occasionalmente affioramenti idrici e lievi rigonfiamenti sul pendio rimaneggiato che vengono regolarizzati per mantenere efficiente il campo cross.

## **e. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO DEL BACINO**

Lo studio idrologico del bacino afferente alla passerella in progetto consente di determinare la portata duecentennale, assunta come elemento di calcolo. Si tratta della portata che si verifica, secondo le statistiche delle precipitazioni, una volta nel corso di duecento anni. E' la portata che le norme impongono di adottare per poter considerare l'area in sicurezza idraulica. Il bacino afferente alla sezione della passerella é di natura prevalentemente collinare, ed ha una superficie di 1,25 Km<sup>2</sup> con un dislivello massimo compreso fra quota 190.0 m s.l.m e 53,0 m. s.l.m. Poiché non si dispone di misure delle portate, lo studio idrologico che segue ha inizio con un'analisi delle precipitazioni per proseguire con l'applicazione di un modello di piena per la trasformazione afflussi-deflussi, fino al valore di colmo della portata di progetto con tempo di ritorno duecentennale.

### **CALCOLI IDROLOGICI PER CALCOLO PICCO DI PIENA (Tr = 100 anni).**

Dati del bacino imbrifero relativo al Rio Carrere:

**A** = Superficie del bacino imbrifero = **1,25 km<sup>2</sup>**

**L** = Lunghezza del solco vallivo = **3,10 km**

**i** = pendenza media dell'asta principale = **0,04**

**im** = pendenza media del bacino: = **0,03**

**h** = Pioggia critica diffusa nel bacino della durata T = h 1.0 = **mm. 56,37**

**H** = altezza media bacino imbrifero con Hmin = m. 54 e Hmax= m. 190: = (Hmax - Hmin) / 2 = m. **68,0**

### **CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE**

Il tempo di corrivazione (o di concentrazione) è definito come il "tempo necessario ad una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino lungo il percorso idraulicamente più lungo". Nel metodo cinematico tale tempo è indipendente dalla forma morfologica del bacino e dalla sua rete drenante:

$$T_c \text{ (Giandotti)} = (4 * A^{1/2} + 1,5 L) / (0,80 H^{1/2}) = \mathbf{1.15 \text{ ore}}$$

## Valori pluviometrici.

La stazione pluviometrica più significativa per il bacino in esame, sia per la sua ubicazione che per la sua quota, è quella di RIOLO TERME.

Relativamente alla suddetta stazione si è analizzata una serie storica di osservazioni (campione di 37 anni) ed in particolare sono stati considerati i dati relativi all'Istituto Idrografico Nazionale degli Annali Idrologici (precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi per durate di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h) riportati nella tabella seguente:

DATI PLUVIOGRAFICI					
(Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive)					
Stazione di : RIOLO TERME					
Quota (m s.l.m.) : 73		Numero di osservazioni : N = 0			
Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1967	28.4	30.0	39.6	59.6	74.8
1968	24.8	25.4	32.2	32.8	44.0
1969	31.6	33.2	33.2	33.2	41.6
1970	28.0	30.4	30.8	37.4	41.2
1971	20.8	37.6	39.6	43.4	50.0
1972	23.2	33.0	54.4	77.0	97.0
1973	42.0	43.4	44.4	59.6	88.0
1974	21.0	22.4	23.8	32.0	43.8
1975	16.0	24.0	40.0	63.6	77.0
1976	45.4	56.4	68.8	88.8	92.8
1977	26.8	51.4	64.0	77.6	77.6
1978	12.0	20.0	25.2	45.6	61.0
1979	22.8	38.6	72.6	102.4	108.8
1980	17.0	20.8	27.4	44.8	89.0
1981	15.0	29.0	55.0	73.0	95.0
1982	16.0	31.0	56.0	72.2	94.8
1983	28.8	32.4	32.4	32.4	38.2
1984	26.0	30.4	39.0	53.6	60.6
1985	21.6	35.2	50.4	50.6	50.6
1986	21.0	40.0	57.6	60.0	70.6
1987	42.0	62.6	65.4	65.4	65.4
1988	20.4	26.0	33.4	35.8	44.0
1989	28.4	35.2	48.0	77.6	95.0
1990	28.6	47.0	59.6	74.4	83.4
1991	34.8	35.0	37.2	51.4	70.6
1992	40.6	41.6	41.6	50.0	65.8
1993	16.8	28.0	33.6	52.4	64.6
1994	41.2	43.6	43.6	51.8	94.6
1995	32.0	47.6	51.6	83.8	116.0
1996	18.6	30.6	31.4	43.0	66.4
1997	13.2	22.4	28.6	45.2	66.0
1998	23.4	49.2	54.4	58.2	59.2
1999	25.6	29.0	41.6	56.2	60.0
2000	35.8	41.6	42.0	46.0	47.6
2001	17.8	22.6	29.2	38.4	52.2
2002	20.0	43.0	59.0	72.6	82.0
2003	32.4	57.8	59.0	60.6	66.0
2004	22.0	37.2	55.8	56.8	56.8

## Pioggia critica (metodo di Gumbel)

A partire dalle registrazioni pluviometriche è possibile selezionare gli eventi più intensi e per ciascuno di essi ricavare la massima altezza di pioggia caduta per tutta la durata dell'evento e per le durate intercalari. Considerando un certo numero di eventi, per ogni durata, i valori delle precipitazioni possono essere ordinati in senso decrescente. L'ordine rappresenta il numero delle volte che nel periodo di osservazione, si è verificata, per la durata considerata, una pioggia di intensità uguale o superiore. I punti di pari ordine possono essere uniti da una spezzata oppure dalla curva che li inviluppa: la curva dei punti dell'ordine  $i$ -esimo inviluppo si chiama "curva di possibilità climatica dell' $i$ -esimo ordine delle piogge intense". Le *curve di possibilità climatica* si possono in genere esprimere con un'espressione monomia del tipo:

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

con:

$h$  = altezza di pioggia in mm

$t$  = durata corrispondente ad  $h$  in ore

$a$  ,  $n$  = parametri caratteristici della curva

Attraverso questa elaborazione si ammette implicitamente che l'ordine di una pioggia rappresenti, oltre che la frequenza con cui essa si è manifestata nel passato, anche la probabilità che si verifichi nel futuro.

E' preferibile elaborare i dati delle piogge intense con metodi statistici che consistono nel ricercare la distribuzione di probabilità che meglio approssima la curva di frequenza cumulata dei campioni costituiti dai massimi annuali delle precipitazioni di differente durata. La funzione di distribuzione normalmente impiegata nello studio dei massimi delle variabili idrologiche è quella di *Gumbel* detta anche "Legge asintotica del massimo valore"; in generale, con tale distribuzione si verifica un buon allineamento dei dati intorno ad una o più rette delle quali potranno darsi espressioni del tipo  $h=atn$ . Per l'elaborazione statistica dei dati pluviometrici a disposizione, sulla scorta delle precedenti considerazioni, si adotta la *distribuzione di Gumbel*. Nel seguito viene affrontato il calcolo mediante l'analisi probabilistica delle precipitazioni con particolare riferimento alle cosiddette *curve di possibilità pluviometrica*, indicate spesso con l'acronimo *cpp*, adottando le formule appresso riportate. Il coefficiente " $a$ " e l'esponente " $n$ " sono stati determinati con il metodo dei minimi quadrati, secondo le seguenti relazioni matematiche

$$n = \frac{\sum (\log t - \overline{\log t}) \times \log H_{\max}(t, T)}{\sum (\log t - \overline{\log t})^2}$$

$$a = 10^{(\overline{\log H_{\max}(t, T)} - n \cdot \overline{\log t})}$$

I dati pluviometrici elaborati statisticamente da immettere nell'equazione di Gumbel per calcolare le altezze delle precipitazioni sono riportati nelle seguenti tabelle:

**Tabella 1 -** Valori per ciascuna durata  $t$ , della media  $\mu(h_t)$ , dello scarto quadratico medio  $\sigma(h_t)$  e dei due parametri  $\alpha_t$  e  $u_t$  della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	0	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		25.84	35.91	44.77	56.82	69.79
$\sigma(h_t)$		8.73	10.73	13.21	17.15	20.42
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0.15	0.12	0.10	0.07	0.06
$u_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		21.91	31.08	38.83	49.10	60.60

**Tabella 2 -** Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{\max} =$	37.22	49.90	62.00	79.19	96.42
30 anni	$h_{\max} =$	44.93	59.38	73.68	94.35	114.47
50 anni	$h_{\max} =$	48.45	63.70	79.02	101.27	122.71
100 anni	$h_{\max} =$	53.20	69.54	86.21	110.60	133.82
200 anni	$h_{\max} =$	57.94	75.36	93.37	119.90	144.90

**Tabella 3 -**

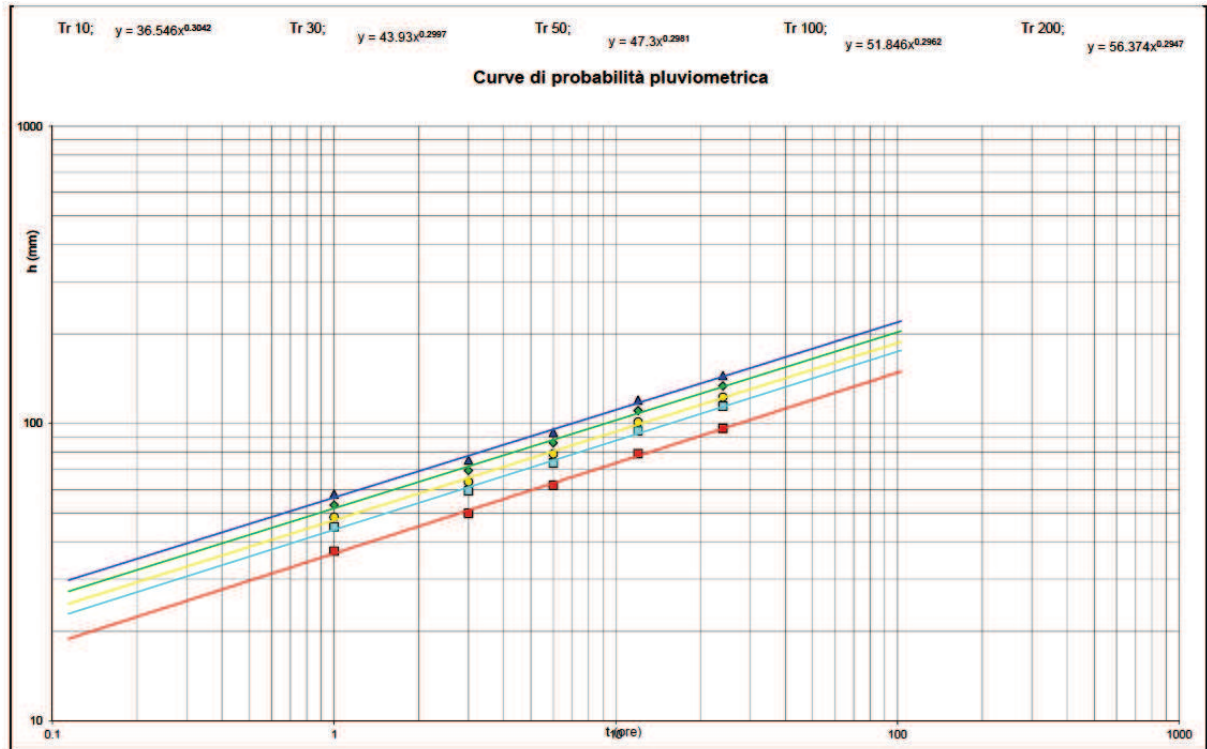
Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$		
10 anni	→	$h=36.546 \times t^{0.3042}$	
30 anni	→	$h=43.93 \times t^{0.2997}$	
50 anni	→	$h=47.3 \times t^{0.2981}$	
100 anni	→	$h=51.846 \times t^{0.2962}$	
200 anni	→	$h=56.374 \times t^{0.2947}$	

Nel nostro caso considerando la tipologia dell'opera in progetto, per il rischio di esondazione del Rio Carrere si prende in considerazione un tempo di ritorno pari a Tr



= 200 anni per cui l'altezza della pioggia critica per il tempo di corrivazione  $T_c = 1,24$  ore risulta:

$$ic_{200} = (56,37 \times t^{0.2947}) \times T_c = 60.02 \text{ mm}$$



### Stima della portata di piena duecentennale.

Dall'analisi statistica dei dati pluviografici si è ricavato il valore della pioggia critica (vedi calcoli precedenti) per cui:  $ic_{100}$  = Pioggia critica duecentennale diffusa nel bacino della durata  $T = 1,0$  h pari a 56.37 mm.

Nel nostro caso, essendo in area collinare con un bacino imbrifero di 1,25 Km<sup>2</sup> di superficie, consona alla nostra situazione, si adotta la portata ricavata con il tempo di corrivazione ottenuto con la formula del GIANDOTTI per cui:

$$\text{Portata monosecolare in alveo} = Q_{200} = 6.74 \text{ mc/sec.}$$

### Verifica della portata nelle sezioni di deflusso.

Al fine di verificare il limite di piena duecentennale è stato eseguito il rilievo topografico dell'area da cui è stata ricavata la sezione di deflusso del Rio Carrere in corrispondenza della passerella pedonale.

Si calcola la velocità dell'acqua in riferimento alla massima piena del corso d'acqua nelle sezioni di riferimento opportunamente scelte, usando la Formula di Kutter:

$$V = (100 * R^{0,5} / K + R^{0,5}) * (R * i)^{0,5}$$

dove :

**V** = Velocità (incognita) in m/sec

**R** = Raggio idraulico m.= Area/Contorno bagnato

**i** = Pendenza alveo = (Quota fondo alveo sez. – Quota fondo alveo sez.)/

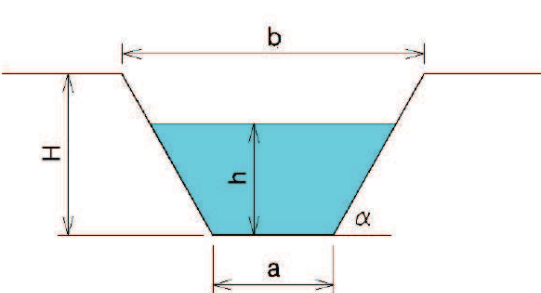
Lunghezza alveo = 0,03 = 3,0%

**k** = Coeff. di scabrezza = 1.75 ricavato dalla seguente tabella:

Coeff. di scabrezza K:	
0.01	(canaletta in acciaio con rivestimenti speciali).
0.021	(canaletta in acciaio).
0.035	(canaletta in acciaio depositi ghiaioso-sabbiosi sul fondo).
0.14	(Canale con pareti di cemento liscio).
0.2	(Canale con pareti di legno senza fessure).
0.35	(Canale con pareti in muratura curata).
0.75	(Canali con pareti di muratura vecchia - fondo fangoso).
1	(Canali in terra con lievi depositi di melma).
1.25	(Canale in terra con qualche vegetazione).
1.75	(Corsi d'acqua naturali con vegetazione e depositi sul fondo).
2.4	(Canali scavati nel terreno abbandonati e con vegetazione).
2.5	(Corsi d'acqua naturali alveo in ghiaia e materiale sul fondo).

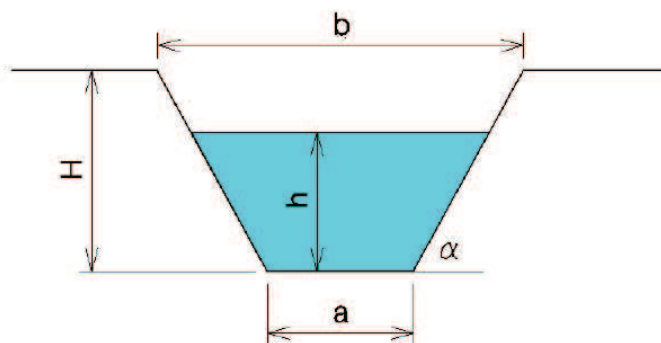
I dati di calcolo per la singola sezione vengono qui di seguito riassunti:

CARATTERISTICHE SEZIONE			
DATI NOTI (da inserire)			
<b>H</b>	⇒	<b>1.20</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>0.90</b>	[m]
<b>b</b>	⇒	<b>9.00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0.71</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>3.0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>1.75</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



DATI RISULTANTI			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	⇒	<b>16.5 [°]</b>
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \tan \alpha$	⇒	<b>5.898 [m]</b>
Area di deflusso	$A = h[a + h \tan(90 - \alpha)]$	⇒	<b>2.3403 [m²]</b>
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0.397 [m]</b>

h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]
0.06	0.029
0.12	0.119
0.18	0.280
0.24	0.524
0.30	0.866
0.36	1.316
0.42	1.889
0.48	2.596
0.54	3.448
0.60	4.458
0.66	5.638
0.72	6.998
0.78	8.549
0.84	10.303
0.90	12.270
0.96	14.461
1.02	16.886
1.08	19.555
1.14	22.478
1.20	25.666



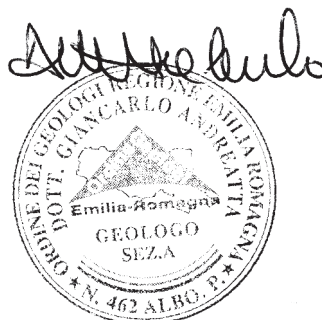
h = altezza d'acqua  
Q = portata all'altezza d'acqua corrispondente

Le aree che permettono con un adeguato margine di sicurezza il passaggio della massima piena duecentennale di 6,76 mc/sec vengono indicate in azzurro nella sezionei allegata unitamente alle quote di sponda e di massima altezza dell'acqua di piena. Come si può notare si mantiene un franco di sicurezza pari a cm. 70 rispetto alla passerella in progetto.

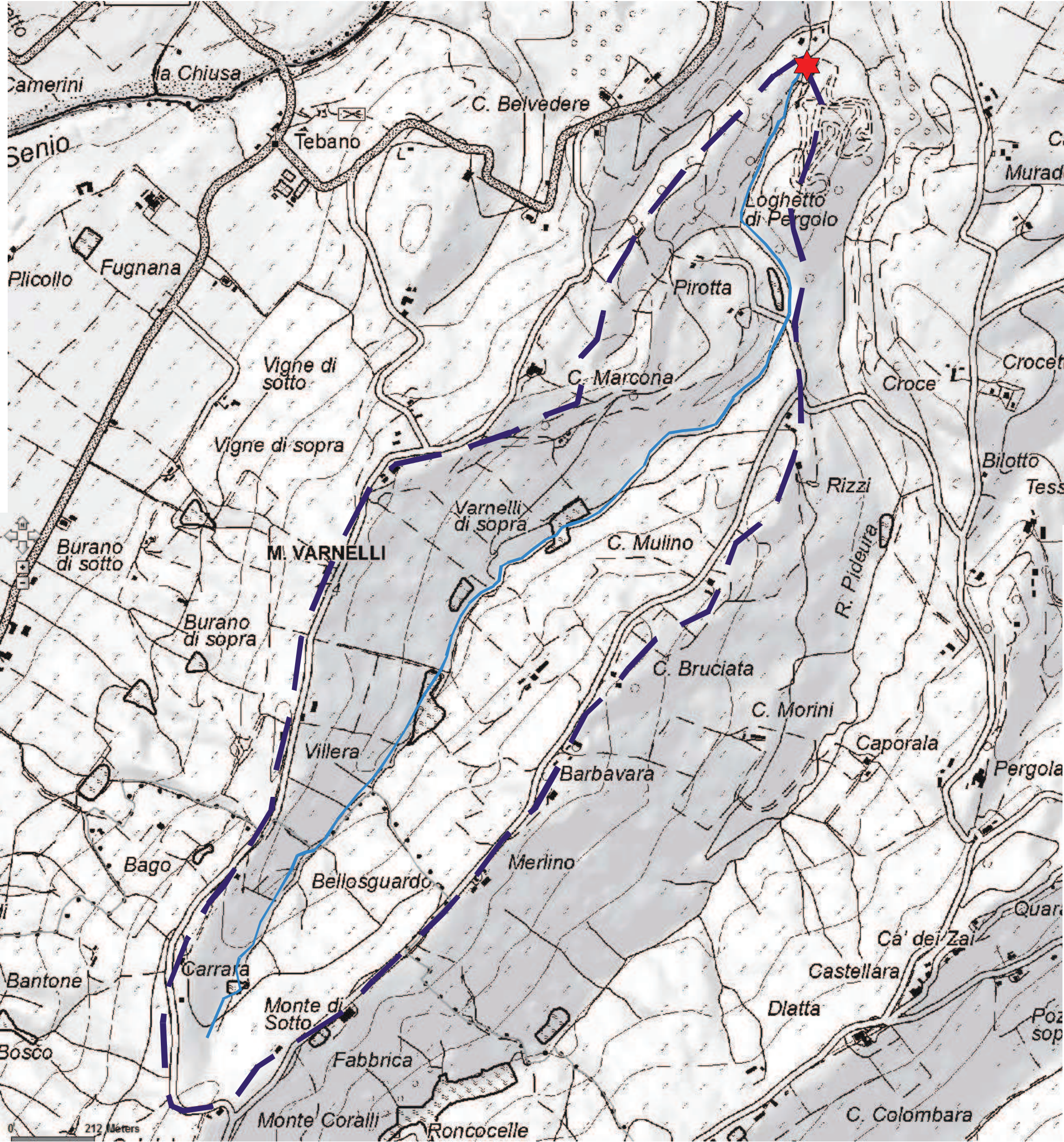
Occorre mantenere l'alveo del Rio Carrere idraulicamente efficiente tramite una manutenzione annuale (taglio vegetazione naturale, profilatura e pulizia scarpate d'alveo) in modo da mantenere l'efficienza idraulica della sezione e permettere il passaggio della massima piena considerata.

CastelBolognese 13.12.2022

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo







LEGENDA:

Bacino imbrifero  
Rio Carrere

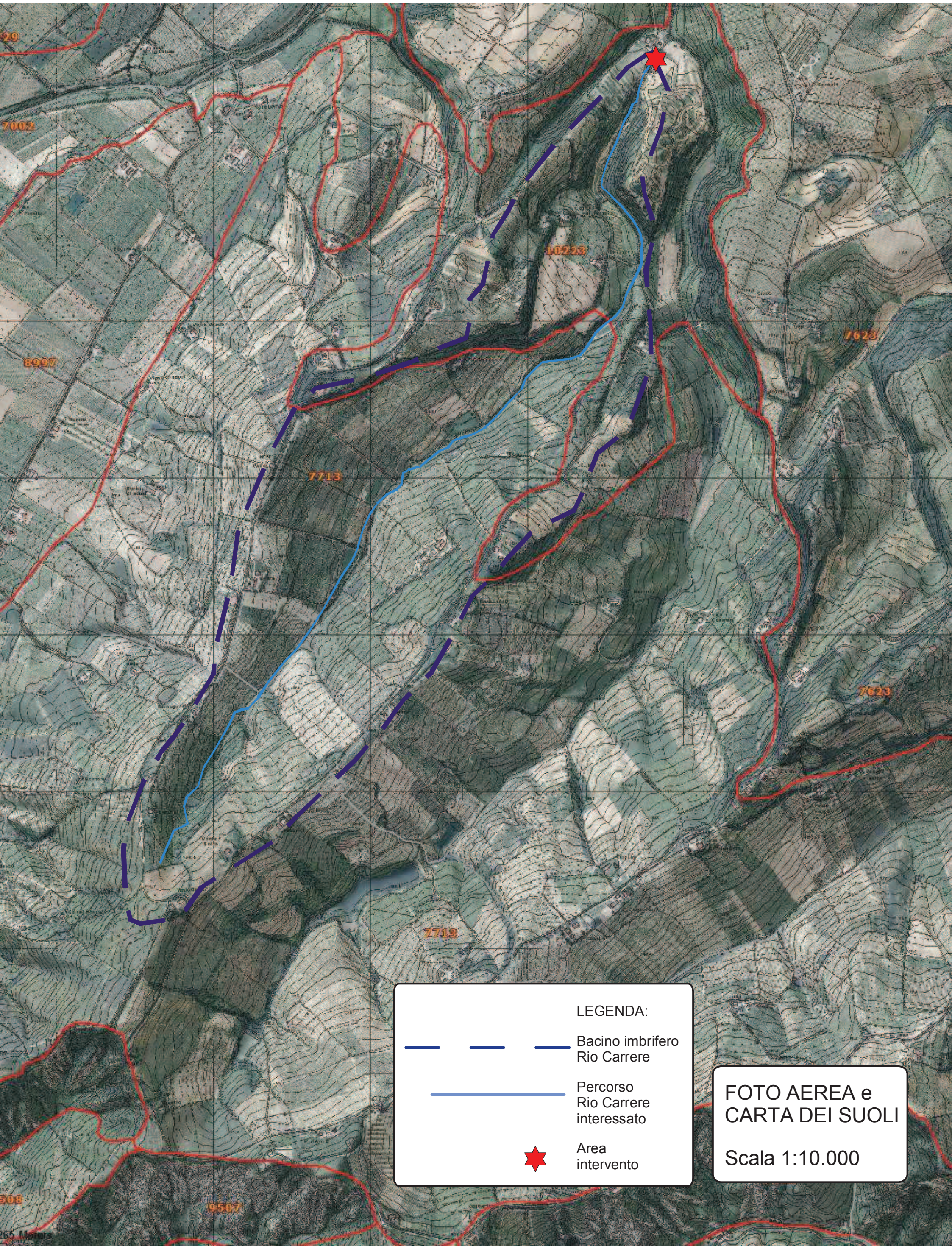
Percorso  
Rio Carrere  
interessato

Area  
intervento

BACINO IMBRIFERO  
RIO CARRERE

Scala 1:10.000





LEGENDA:

Bacino imbrifero  
Rio Carrere

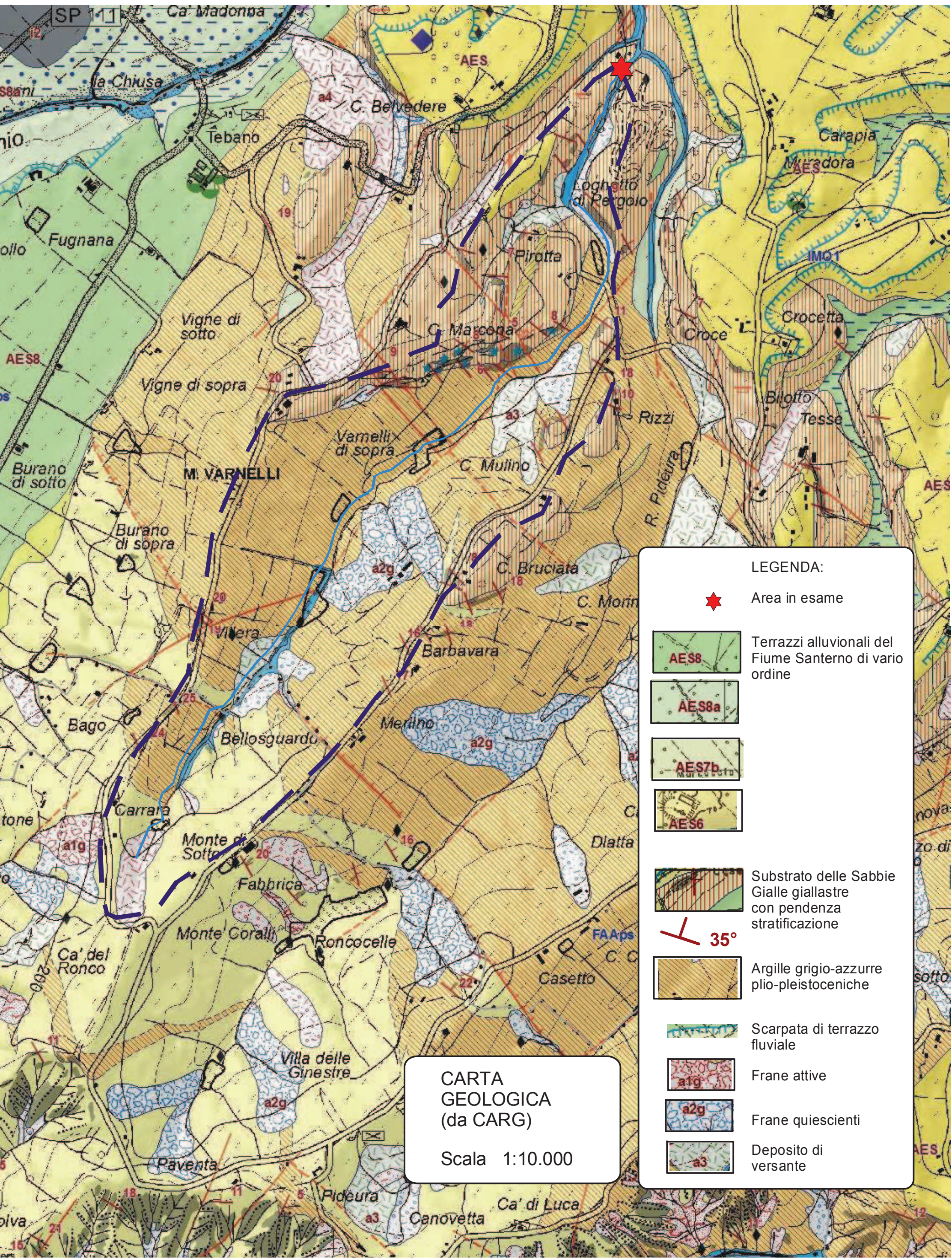
Percorso  
Rio Carrere  
interessato

Area  
intervento

FOTO AEREA e  
CARTA DEI SUOLI

Scala 1:10.000





LEGENDA:



Area in esame



Terrazzi alluvionali del Fiume Santerno di vario ordine



Substrato delle Sabbie Gialle giallastre con pendenza stratificazione



Argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche



Scarpata di terrazzo fluviale



Frane attive



Frane quiescenti



Deposito di versante

CARTA  
GEOLOGICA  
(da CARG)

Scala 1:10.000



Uso suolo		Coeff. di deflusso (C)
Cf	Frutteti e frutti minori	0.2
Ec	Tessuto residenziale compatto e denso	0.9
Ed	Tessuto discontinuo	0.6
Er	Tessuto residenziale rado	0.7
Ia	Insedimenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi	0.9
Ic	Insedimenti commerciali	0.9
Io	Insedimenti ospedalieri	0.9
Is	Insedimenti di servizi pubblici e privati	0.9
Pp	Prati stabili	0.2
Qc	Cantieri, spazi in costruzione e scavi	0.5
Qs	Suoli rimaneggiati e artefatti	0.7
Re	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	0.5
Rf	Reti ferroviarie e spazi accessori	0.5
Rs	Reti stradali e spazi accessori	0.9
Se	Seminativi semplici	0.3
Sv	Vivai	0.3
Vp	Parchi e ville	0.5
Vq	Campi da golf	0.3
Vs	Aree sportive (calcio, atletica, tennis, sci)	0.5
Vx	Aree incolte nell'urbano	0.2

DATI PLUVIOMETRICI  
STAZIONE DI RIOLO TERME  
e  
Coefficienti di deflusso

Stazione	Anno	1 Ora	3 Ore	6 Ore
RIOLO TERME	1936	10.0	24.8	29.6
RIOLO TERME	1937	19.0	21.6	43.0
RIOLO TERME	1938			
RIOLO TERME	1939	35.0	35.2	35.2
RIOLO TERME	1940	27.2	40.0	40.6
RIOLO TERME	1941	22.6	26.2	31.4
RIOLO TERME	1942	28.6	37.0	39.2
RIOLO TERME	1943	23.0	30.4	56.0
RIOLO TERME	1944	34.0	39.2	40.6
RIOLO TERME	1945			
RIOLO TERME	1946			
RIOLO TERME	1947			
RIOLO TERME	1948	18.8	45.0	69.6
RIOLO TERME	1949	23.2	35.6	45.6
RIOLO TERME	1950	14.0	22.4	29.4
RIOLO TERME	1951	33.4	44.6	51.0
RIOLO TERME	1952	26.0	36.0	62.0
RIOLO TERME	1953	24.6	29.6	31.8
RIOLO TERME	1954	17.0	32.6	38.8
RIOLO TERME	1955	32.0	53.4	53.6
RIOLO TERME	1956	13.0	13.0	17.4
RIOLO TERME	1957	26.4	28.2	30.0
RIOLO TERME	1958	18.0	19.2	29.4
RIOLO TERME	1959	38.2	65.6	70.2
RIOLO TERME	1960	31.0	47.0	50.0
RIOLO TERME	1961	16.8	21.0	26.4
RIOLO TERME	1962	15.8	22.2	24.2
RIOLO TERME	1963	18.8	26.2	29.6
RIOLO TERME	1964	22.8	25.2	30.8
RIOLO TERME	1965	27.0	44.2	58.4
RIOLO TERME	1966	24.4	29.4	40.2
RIOLO TERME	1967	28.4	30.0	39.6
RIOLO TERME	1968	24.8	25.4	32.2
RIOLO TERME	1969	31.6	33.2	33.2
RIOLO TERME	1970	28.0	30.4	30.8
RIOLO TERME	1971	20.8	37.6	39.6
RIOLO TERME	1972	23.2	33.0	54.4
RIOLO TERME	1973	42.0	43.4	44.4
RIOLO TERME	1974	21.0	22.4	23.8
RIOLO TERME	1975	16.0	24.0	40.0
RIOLO TERME	1976	45.4	56.4	68.8
RIOLO TERME	1977	26.8	51.4	64.0
RIOLO TERME	1978	12.0	20.0	25.2
RIOLO TERME	1979	22.8	38.6	72.6
RIOLO TERME	1980	17.0	20.8	27.4
RIOLO TERME	1981	15.0	29.0	55.0
RIOLO TERME	1982			
RIOLO TERME	1983	28.8	32.4	32.4
RIOLO TERME	1984	26.0	30.4	39.0
RIOLO TERME	1985	21.6	35.2	50.4
RIOLO TERME	1986	21.0	40.0	57.6
RIOLO TERME	1987	42.0	62.6	65.4
RIOLO TERME	1988	20.4	26.0	33.4
RIOLO TERME	1989	28.4	35.2	48.0
RIOLO TERME	1990	28.6	47.0	59.6
RIOLO TERME	1991	34.8	35.0	37.2
RIOLO TERME	1992	40.6	41.6	41.6
RIOLO TERME	1993	16.8	28.0	33.6
RIOLO TERME	1994	41.2	43.6	43.6
RIOLO TERME	1995	32.0	47.6	51.6

**DATI PLUVIOGRAFICI**

(Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive)

Stazione di : RIOLO TERME

Quota (m s.l.m.) : 73

Numero di osservazioni : N = 0

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1967	28.4	30.0	39.6	59.6	74.8
1968	24.8	25.4	32.2	32.8	44.0
1969	31.6	33.2	33.2	33.2	41.6
1970	28.0	30.4	30.8	37.4	41.2
1971	20.8	37.6	39.6	43.4	50.0
1972	23.2	33.0	54.4	77.0	97.0
1973	42.0	43.4	44.4	59.6	88.0
1974	21.0	22.4	23.8	32.0	43.8
1975	16.0	24.0	40.0	63.6	77.0
1976	45.4	56.4	68.8	88.8	92.8
1977	26.8	51.4	64.0	77.6	77.6
1978	12.0	20.0	25.2	45.6	61.0
1979	22.8	38.6	72.6	102.4	108.8
1980	17.0	20.8	27.4	44.8	89.0
1981	15.0	29.0	55.0	73.0	95.0
1982	16.0	31.0	56.0	72.2	94.8
1983	28.8	32.4	32.4	32.4	38.2
1984	26.0	30.4	39.0	53.6	60.6
1985	21.6	35.2	50.4	50.6	50.6
1986	21.0	40.0	57.6	60.0	70.6
1987	42.0	62.6	65.4	65.4	65.4
1988	20.4	26.0	33.4	35.8	44.0
1989	28.4	35.2	48.0	77.6	95.0
1990	28.6	47.0	59.6	74.4	83.4
1991	34.8	35.0	37.2	51.4	70.6
1992	40.6	41.6	41.6	50.0	65.8
1993	16.8	28.0	33.6	52.4	64.6
1994	41.2	43.6	43.6	51.8	94.6
1995	32.0	47.6	51.6	83.8	116.0
1996	18.6	30.6	31.4	43.0	66.4
1997	13.2	22.4	28.6	45.2	66.0
1998	23.4	49.2	54.4	58.2	59.2
1999	25.6	29.0	41.6	56.2	60.0
2000	35.8	41.6	42.0	46.0	47.6
2001	17.8	22.6	29.2	38.4	52.2
2002	20.0	43.0	59.0	72.6	82.0
2003	32.4	57.8	59.0	60.6	66.0
2004	22.0	37.2	55.8	56.8	56.8

## ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI ( Metodo di Gumbel )

**Tabella 1 -** Valori per ciascuna durata  $t$ , della media  $\mu(h_t)$ , dello scarto quadratico medio  $\sigma(h_t)$  e dei due parametri  $\alpha_t$  e  $u_t$  della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	0	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		25.84	35.91	44.77	56.82	69.79
$\sigma(h_t)$		8.73	10.73	13.21	17.15	20.42
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0.15	0.12	0.10	0.07	0.06
$U_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		21.91	31.08	38.83	49.10	60.60

**Tabella 2 -** Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{\max} =$	37.22	49.90	62.00	79.19	96.42
30 anni	$h_{\max} =$	44.93	59.38	73.68	94.35	114.47
50 anni	$h_{\max} =$	48.45	63.70	79.02	101.27	122.71
100 anni	$h_{\max} =$	53.20	69.54	86.21	110.60	133.82
200 anni	$h_{\max} =$	57.94	75.36	93.37	119.90	144.90

**Tabella 3 -**

Tr	LEGGE DI PIOGGIA $h = a \times t^n$		
10 anni	→	$h=36.546xt^{0.3042}$	
30 anni	→	$h=43.93xt^{0.2997}$	
50 anni	→	$h=47.3xt^{0.2981}$	
100 anni	→	$h=51.846xt^{0.2962}$	
200 anni	→	$h=56.374xt^{0.2947}$	



DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA			TEMPO DI CORRIVAZIONE $t_c$ (ore)
Superficie del Bacino	$S =$	<b>1.25</b> Km <sup>2</sup>	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} = 1.24$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L =$	<b>3.10</b> Km	
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} =$	<b>190.00</b> m (s.l.m.)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Kirpich, Watt-} \\ \text{Chow, Pezzoli} \end{array} \right. \Rightarrow t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8}$
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 =$	<b>53.00</b> m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraulico	$P =$	<b>0.04</b> (m/m)	
Altitudine max bacino	$H_{max} =$	<b>224.00</b> m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	$H_0 =$	<b>54.00</b> m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	$H_m =$	<b>139.00</b> m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 =$	<b>85.00</b> m	

**CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO  
( FORMULA del METODO RAZIONALE )**

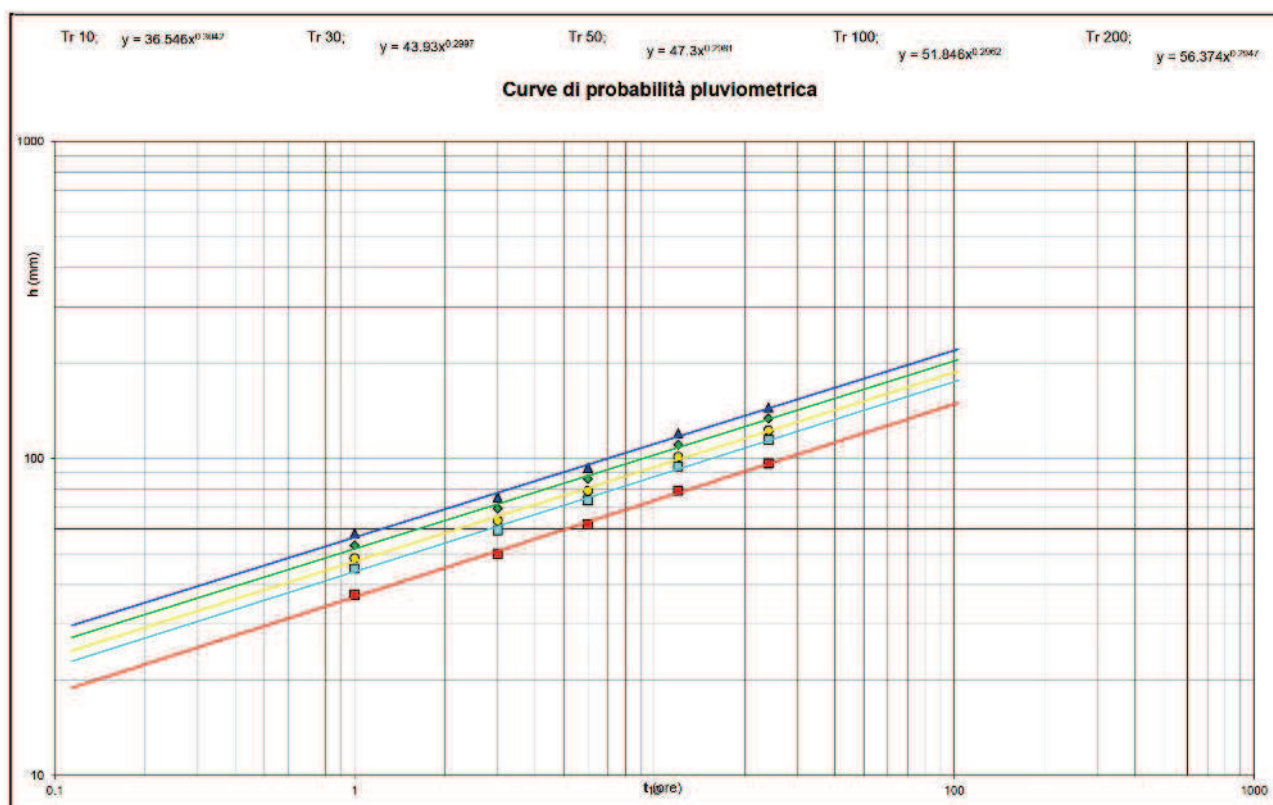
$$Q_{max} = \frac{ch_{(t,T)}S}{3.6t_c} \quad \text{con :}$$

$c$  = coefficiente di deflusso  
 $h_{(t,T)}$  = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)  
 $S$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)  
 $t_c$  = tempo di corrivazione (ore)  
 $3,6$  = fattore di conversione che permette di ottenere la  $Q_{max}$  in m<sup>3</sup>/sec

**RISULTATI**

Deflusso $c =$	<b>0.40</b>	$S$ (km <sup>2</sup> ) =	<b>1.25</b>	$t_c$ (ore) =	<b>1.24</b>
----------------	-------------	--------------------------	-------------	---------------	-------------

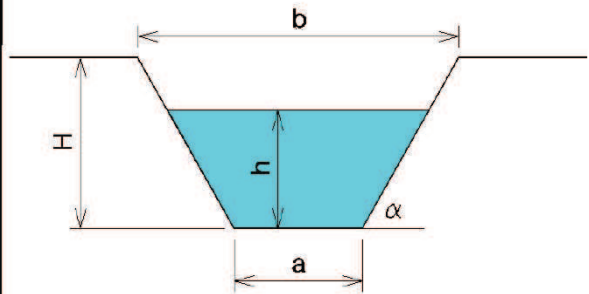
$Tr$ (anni)	$a$	$n$	$t_c$ (ore)	$h_{(t,T)}$ (mm)	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /sec)
10	36.5458	0.3042	1.24	38.99	<b>4.38</b>
30	43.9296	0.2997	1.24	46.82	<b>5.26</b>
50	47.2999	0.2981	1.24	50.39	<b>5.66</b>
100	51.8456	0.2962	1.24	55.21	<b>6.20</b>
200	56.3743	0.2947	1.24	60.02	<b>6.74</b>



## CARATTERISTICHE SEZIONE

### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒	<b>1.20</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>0.90</b>	[m]
<b>b</b>	⇒	<b>9.00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0.71</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>3.0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>1.75</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



### DATI RISULTANTI

Inclinazione scarpata	$\alpha$	⇒	<b>16.5 [°]</b>
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \sin \alpha$	⇒	<b>5.898 [m]</b>
Area di deflusso	$A = h[a + h \cdot \tan(90 - \alpha)]$	⇒	<b>2.3403 [m²]</b>
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0.397 [m]</b>

## CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.71 \text{ m}$

### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri \cdot p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

### RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>26.47</b>
<b>V</b>	⇒	<b>2.89 [m/sec]</b>
<b>Q</b>	⇒	<b>6.758 [m³/sec]</b>



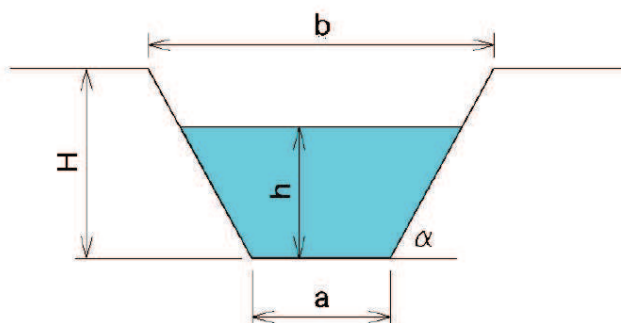
**CAPACITA' DI SMALITIMENTO  
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE**

**CARATTERISTICHE SEZIONE**

<b>H</b>	<b>1.20</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	<b>0.90</b>	[m]
<b>b</b>	<b>9.00</b>	[m]

<b>p</b>	<b>3.0%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>1.75</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0.06	0.029
0.12	0.119
0.18	0.280
0.24	0.524
0.30	0.866
0.36	1.316
0.42	1.889
0.48	2.596
0.54	3.448
0.60	4.458
0.66	5.638
0.72	6.998
0.78	8.549
0.84	10.303
0.90	12.270
0.96	14.461
1.02	16.886
1.08	19.555
1.14	22.478
1.20	25.666



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

**Grafico Portata / Altezza idrometrica**

