

COMMITTENTE:

Comune di Sarezzo
Piazza Cesare Battisti, 4
25068 - Sarezzo (BS)



REGIONE LOMBARDIA
Provincia di BRESCIA
Comune di SAREZZO

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Intervento di mitigazione del rischio idraulico del torrente Zuccone che interessa l'ambito e l'area industriale / artigianale di Sarezzo, a seguito dell'evento di colata detritica del 9 e 10 giugno 2024

CUP: C98H24000330002 – CIG: B4FA202281

PROGETTISTA:

Ing. Davide Grablovitz

**CONSULENZA GEOLOGICA:**

Geol. Luca M. Albertelli

Geol. Iuri D. Tagliaferri

03A – RELAZIONE IDRAULICA

Marzo 2025



UFFICI SEDE OPER.: Via Montegrappa, 41 – 24060
Rogno (BG)

SEDE LEGALE: Via Manifattura 29/G
25047 DARFO B.T.(BS)

Tel. 0354340011 fax. 0354340011

P.IVA 03480990989

ufficio@cogeo.info - www.cogeo.info

INDICE

INQUADRAMENTO 3

 INQUADRAMENTO TERRITORIALE..... 3

FASE DI ELABORAZIONE 4

 ANALISI MORFOMETRICA DEL BACINO 4

 Pendenza ed esposizione bacino 6

 CALCOLO DELLE PORTATE LIQUIDE 6

 Metodo razionale..... 7

 Metodo razionale modificato 7

FASE DI SINTESI 9

 CONSIDERAZIONI SUL TRANSITO DELLA PORTATA LIQUIDA 9

- Allegato:
- CALCOLO PORTATA METODO RAZIONALE
 - CALCOLO PORTATA METODO RAZIONALE MODIFICATO

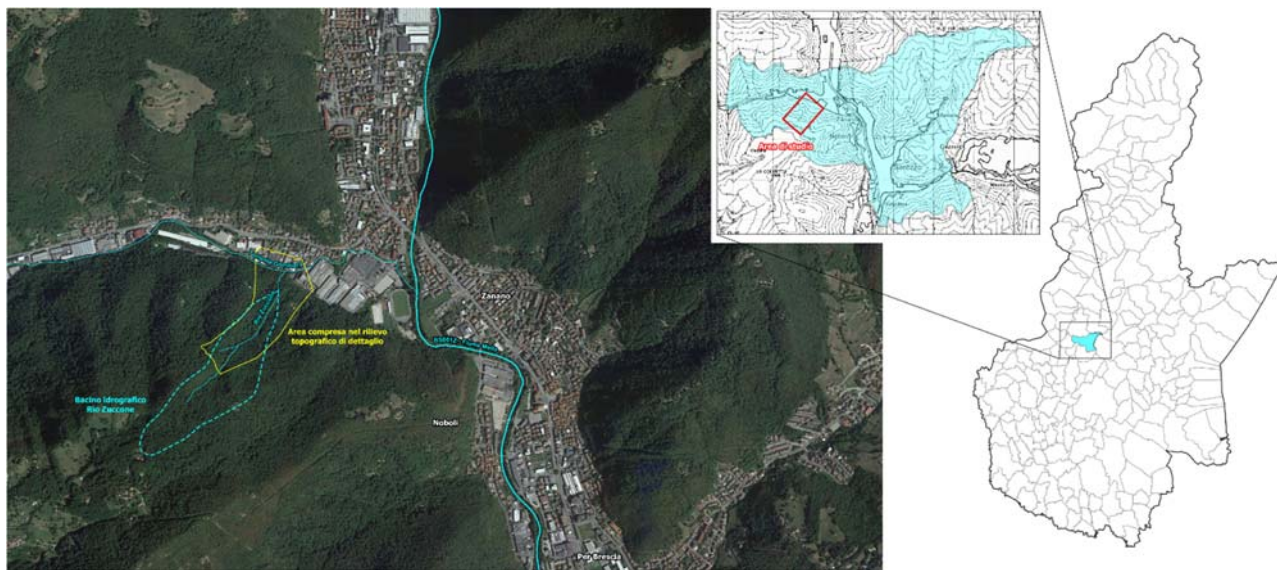
INQUADRAMENTO

Inquadramento territoriale

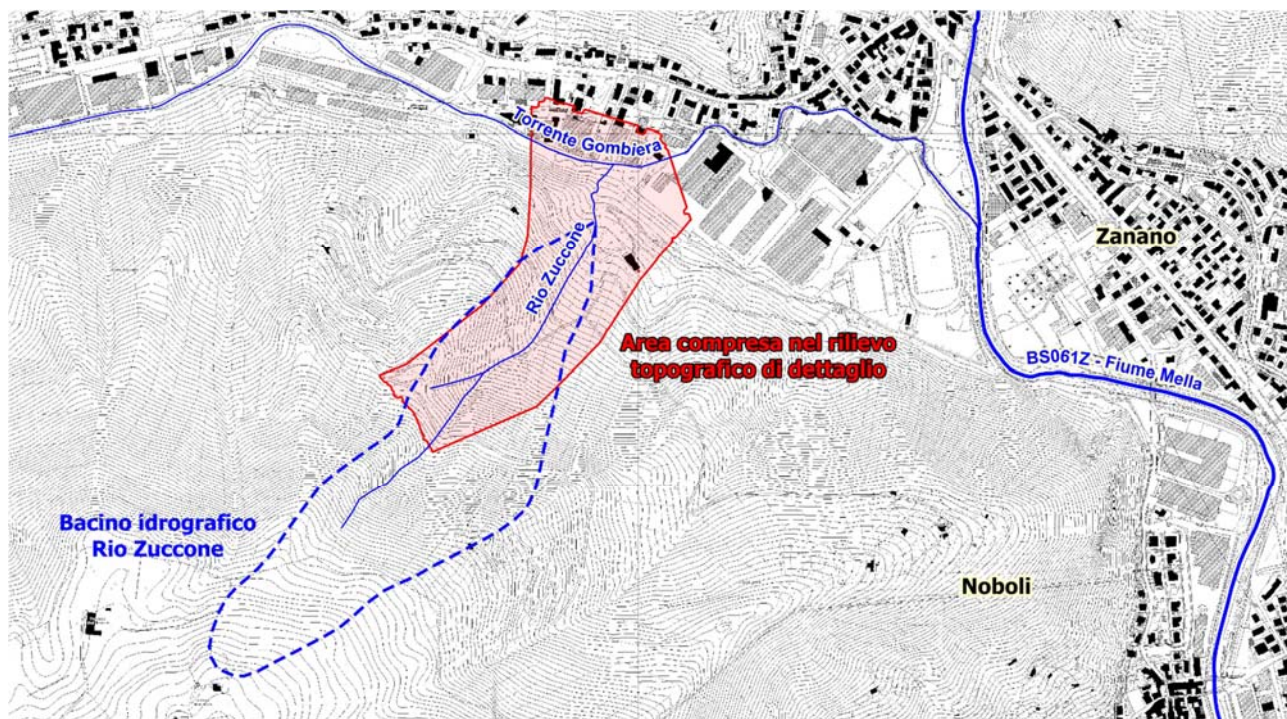
Il corso d'acqua oggetto di studio e progetto è il Rio Zuccone, codice RIM 03017174_0047, che si sviluppa nel territorio comunale di Sarezzo con confluenza nel Torrente Gombiera (dal lato destro idrografico) nella zona di raccordo tra la Val Trompia e la Valle Rodolfo (di Polaveno), in corrispondenza della zona industriale di Ponte Zanano. Il corso d'acqua scorre in modo pressoché rettilineo in direzione nord-est a partire dal Dosso del Sole, da quota 750 mslm circa, fino alla confluenza a quota 300 m slm circa. Il tracciato del Rio Zuccone può essere individuato tra quelli del Rio Riva Rotta, a nord-ovest, e del Rio Grima Rotta, a sud-est.

Il bacino idrografico del Rio Zuccone ha una forma molto allungata, in accordo con l'assenza di significativa diramazione del torrente nelle zone di testata del bacino: di fatto il torrente in esame è costituito da una singola asta con pochissimi affluenti, tutti di modesta entità. Lo stesso Zuccone è un torrente con regime intermittente, che si presenta frequentemente secco e si riattiva in coincidenza delle precipitazioni.

Planimetricamente il bacino ha un'estensione di circa 0.2 kmq e un dislivello di circa 550 m, a partire dall'apice di quota 850 m slm circa fino alla confluenza a quota 300m slm circa. La lunghezza planimetrica dell'asta dello Zuccone è di circa 850 m.



Inquadramento del bacino idrografico del Rio Zuccone su immagine satellitare.



Inquadramento del bacino idrografico del Rio Zuccone su database topografico regionale.

FASE DI ELABORAZIONE

Analisi morfometrica del bacino

L'analisi morfometrica e delle caratteristiche intrinseche del bacino sono state effettuate sulla base del DTM con passo 5 m della Regione Lombardia.

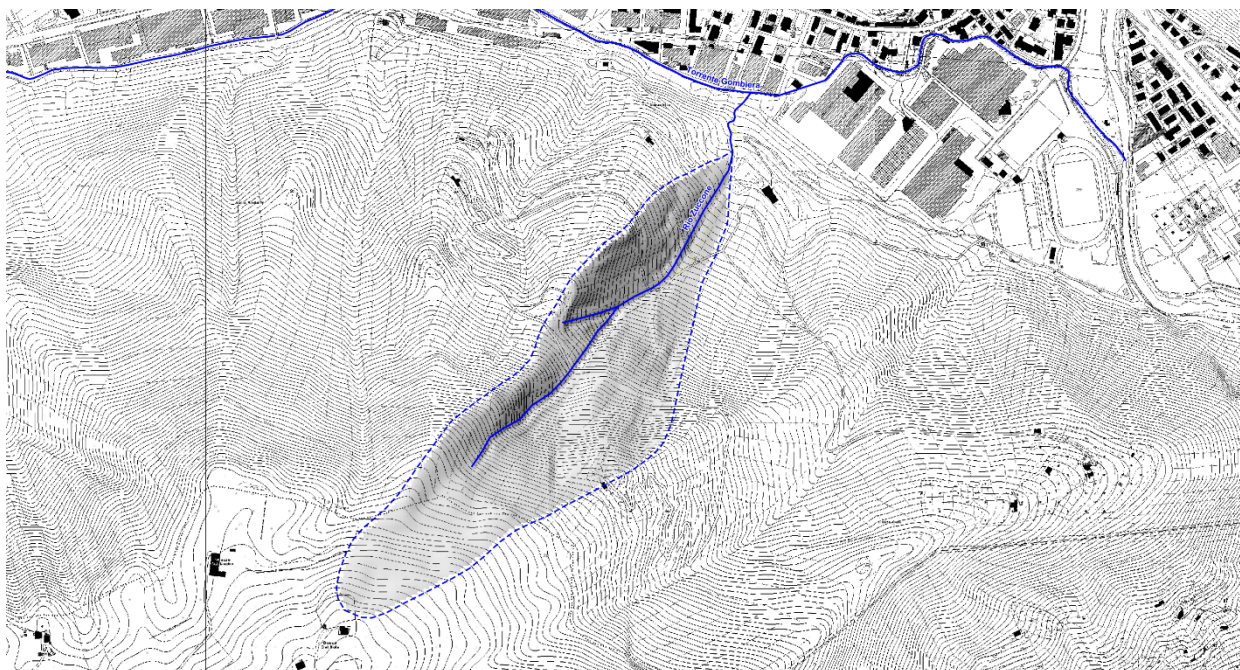
Per bacino idrografico si intende l'entità geografica costituita dalla proiezione su un piano orizzontale della superficie scolante sottesa alla sezione di chiusura.

A seguire riportiamo parametri morfometrici determinati per il bacino idrografico del Rio Zuccone.

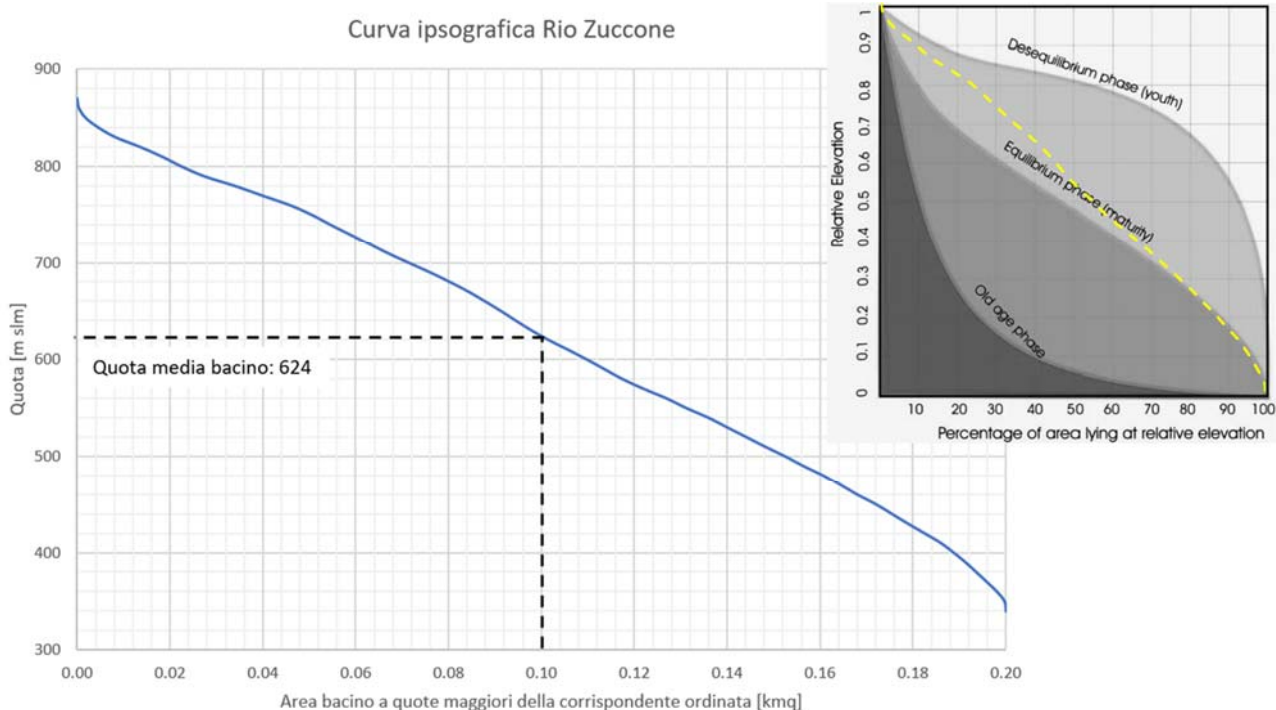
Attraverso il DTM di Regione Lombardia sono stati ricavati i dati per il tracciamento della curva ipsografica del bacino, che si sviluppa tra le quote 863 e 347 m slm circa (il bacino è stato chiuso in coincidenza dell'inizio dell'area di deposito), con una quota media di 624 m slm; l'area totale planimetrica è di 0.2 kmq, con una lunghezza dell'asta principale pari a 850 m.

La curva ipsografica segue un andamento che descrive un bacino che può essere considerato in evoluzione verso uno stadio maturo: si osserva in particolare una certa sovrabbondanza di area a quota più elevata dell'andamento ideale per un bacino maturo (linea gialla nell'immagine nella pagina successiva). Questa caratteristica è verosimilmente dovuta principalmente all'affiorare diffuso di substrato nelle zone centrali e alte del bacino, che ostacolano l'erosione e quindi l'abbassamento della quota media; va però tenuto conto che si tratta di un bacino molto piccolo, in cui la testata di fatto non è percorsa da corsi d'acqua stabili e, quindi, non è soggetta agli stessi processi di erosione caratteristici del tratto di sviluppo dello Zuccone: questo è vero per tutti i bacini, ma per quelli di maggiore estensione il peso di queste aree è molto ridotto rispetto allo sviluppo complessivo, mentre per bacini piccoli esse possono essere una percentuale

significativa, come accade proprio per lo Zuccone. È quindi necessario tenere conto di questi aspetti nel formulare qualsiasi considerazione sullo sviluppo del torrente basate sull'andamento della ipsografica.



Stralcio del bacino del Rio Zuccone

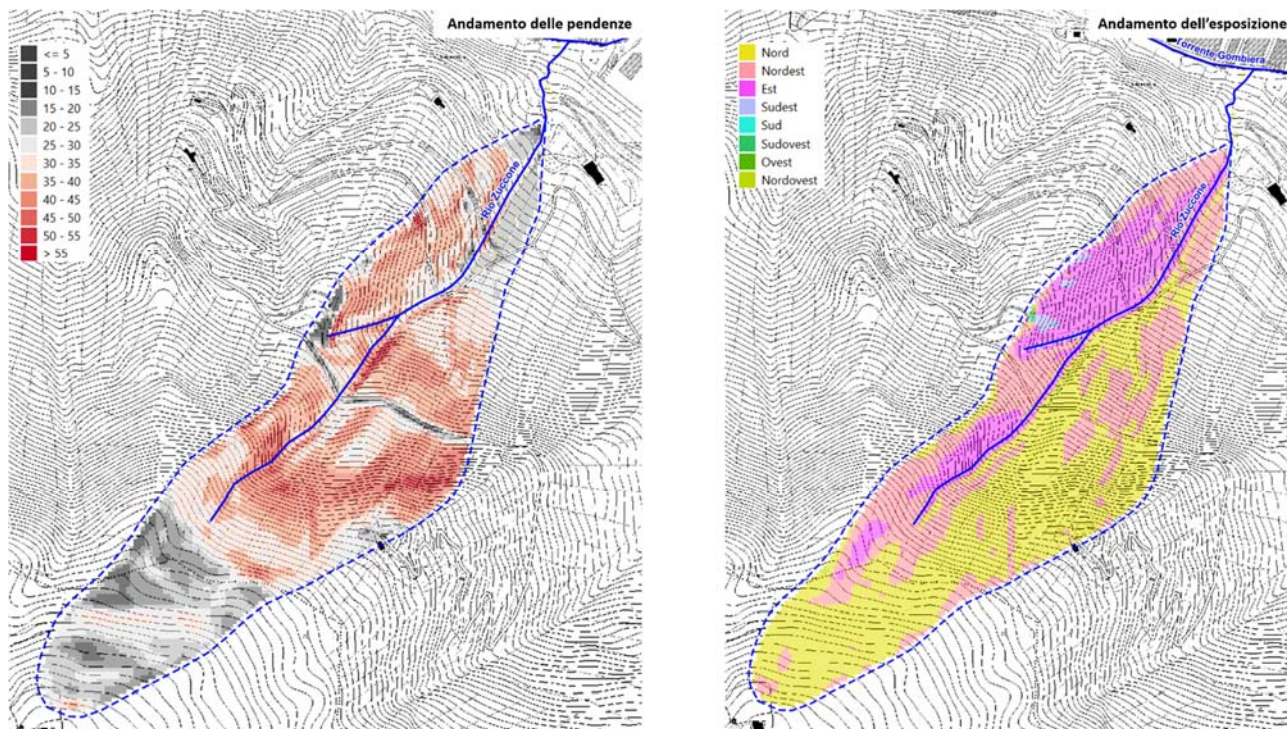


FASE DI ELABORAZIONE

Curva ipsografica del Rio Zuccone in valori assoluti (grafico con linea azzurra) e curva ipsografica in valori relativi (linea gialla) sovrapposta alle curve tipo per bacini a diverso grado di evoluzione.

Pendenza ed esposizione bacino

Sempre sfruttando il DTM a 5 m di Regione Lombardia è stato possibile ricavare in ambiente GIS le carte della pendenza e dell'esposizione del bacino. Si nota in particolare la presenza di ampie zone ad elevata pendenza nella fascia centrale del bacino, caratterizzata da più diffuso affiorare del substrato e dalla posizione a mezza costa.



Stralci della carta della pendenza e dell'esposizione del bacino del Rio Zuccone – non in scala.

Calcolo delle portate liquide

Nello studio idraulico di un corso d'acqua la variabile fondamentale è la portata di massima piena. Tale variabile deve essere associata ad un tempo di ritorno T_r che indica il numero di anni in cui la portata è raggiunta o superata in media una sola volta. Il T_r va scelto in base alle normative vigenti, al rischio ed al tipo di sistemazione del bacino. In questo studio si tengono in considerazione tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni. I metodi adottati per la stima della portata al colmo sono i seguenti:

- Metodo razionale;
- Metodo razionale modificato.

Si tratta di metodologie standard che tuttavia non danno un pieno riscontro con la situazione di forte cambiamento climatico e soprattutto di modifica del regime delle precipitazioni. Purtroppo, le serie storiche disponibili, anche se non adeguate alla situazione, sono le uniche che in questo momento è possibile considerare. I valori così ricavati vanno pertanto presi con cautela e considerati come riferimento per una stima di massima. Di fatto valgono per un dimensionamento di massima della sezione di deflusso sapendo che in caso di trasporto solido ed eventi estremi localizzati tali valori possono essere anche superati. Da qui si ribadisce la necessità di mantenere le opere idrauliche realizzate con un'attività costante e programmata.

Metodo razionale

Il metodo indiretto di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi, come indicato dalle direttive PAI dell'Autorità di Bacino del Po (Legge 18 maggio 1989 n. 183) è condotto utilizzando la seguente formula di calcolo della portata critica Q_c (assumendo nota la precipitazione temibile di assegnato tempo di ritorno):

$$Q_c = \phi \cdot S \cdot i(d_c, T_r, r) \cdot \varepsilon$$

Φ indica il coefficiente di deflusso, S l'area del bacino in kmq, i è l'intensità di precipitazione in funzione della durata critica d_c , del tempo di ritorno T_r e del coefficiente di ragguaglio r , infine ε è il coefficiente di laminazione.

Il tempo di corrivazione T_c viene determinato con la formula proposta da Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_m - h_0}}$$

S indica la superficie del bacino in kmq, L la lunghezza dell'asta principale, h_m l'altezza media del bacino in m slm e h_0 la quota della sezione di chiusura in m slm.

Le altezze di pioggia vengono calcolate in funzione della linea segnalatrice di possibilità climatica ($h_d = a d_n$) relativa alla cella della griglia di discretizzazione delle piogge intense (cfr. All. 3 della Direttiva n. 2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po).

cella	Tr = 20 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni	
	a	n	a	n	a	n
EQ71	43.94	0.327	55.79	0.325	60.88	0.324

La portata di massima piena viene quindi definita secondo:

$$Q_c = 0,278 \frac{\phi \cdot h_d \cdot S}{T_c}$$

Di seguito sono riassunti i risultati ottenuti:

METODO RAZIONALE	
TEMPO DI RITORNO [anni]	PORTATA DI MASSIMA PIENA [m ³ /s]
20	2.9
100	3.8
200	4.1

Metodo razionale modificato

L'analisi viene condotta con riferimento alle indicazioni dello studio di Ranzi, Mariani, Rossini, Armanelli e Bacchi sull'Analisi e sintesi delle piogge intense nel territorio bresciano (1999). L'altezza di pioggia viene qui ipotizzata appartenente ad una popolazione la cui funzione di probabilità è la distribuzione asintotica del massimo valore, nota come distribuzione di Gumbel. Di seguito si riportano le formule che hanno portato alla stima della portata.

Per il calcolo dell'altezza di pioggia si utilizza la seguente relazione:

$$h = a_T T_c^{n_1}$$

Posto:

$$a_T = m_1 \left\{ 1 - \frac{CV\sqrt{6}}{\pi} \left[\varepsilon + \operatorname{Ln} \left(\operatorname{Ln} \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right] \right\}$$

(T è il tempo di ritorno e ε il numero di Eulero)

$$T_c = \frac{3,3\sqrt{S+3,2L}}{0,8\sqrt{h_m - h_0}}$$

(S è l'area del bacino L è la lunghezza dell'asta principale)

Per il calcolo della portata al colmo si utilizza quindi la seguente formula:

$$Q_c = \frac{1}{3,6} \phi \cdot r \cdot S \cdot a_T \cdot T_c^{n_1-1}$$

Dove ϕ indica il coefficiente di afflusso locale, e r è un coefficiente che dipende dall'area del bacino e dal tempo di corrivazione.

Le elaborazioni svolte sono riportate in allegato. Di seguito sono riassunti i risultati ottenuti:

METODO RAZIONALE MODIFICATO	
TEMPO DI RITORNO [anni]	PORTATA DI MASSIMA PIENA [m ³ /s]
20	2.2
100	4.3
200	5.2

FASE DI SINTESI

Considerazioni sul transito della portata liquida

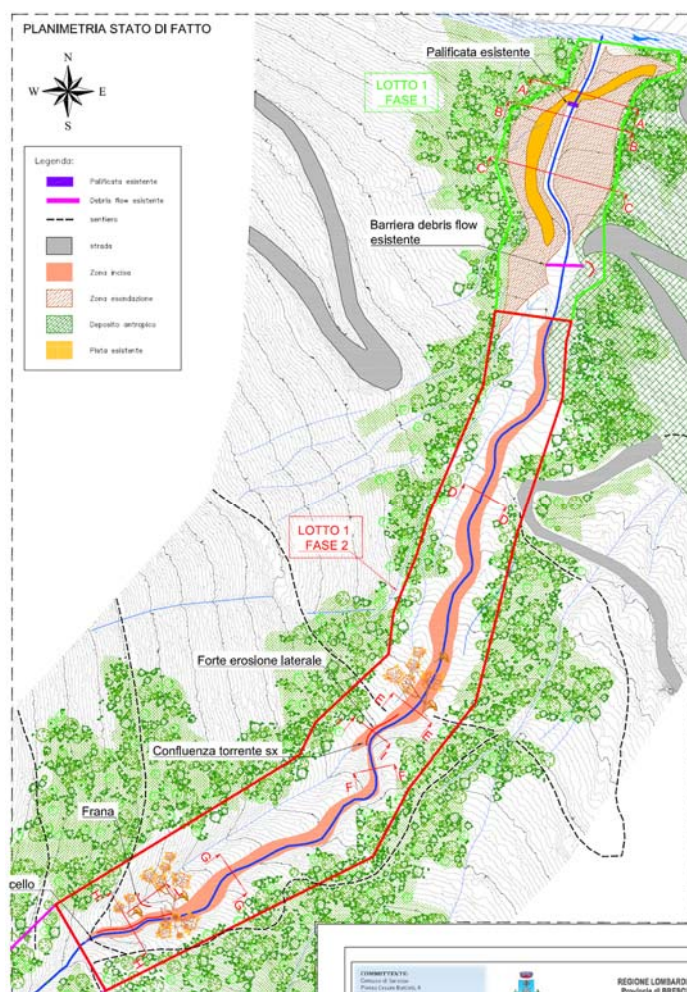
Analizzando alcune delle sezioni utilizzate nel progetto possono essere condotte alcune osservazioni di carattere idraulico.

Le sezioni G-G ed H-H sono state utilizzate per schematizzare la sezione tipo della parte alta del bacino dove sono previsti gli interventi e dove la pendenza risulta pari a circa 24° .

Le sezioni D-D ed E-E sono state utilizzate per schematizzare la sezione tipo della parte intermedia del bacino dove sono previsti gli interventi e dove la pendenza risulta pari a circa 20° .

Le sezioni A-a e C-C sono state utilizzate per schematizzare la sezione tipo della parte bassa del bacino dove sono previsti gli interventi e dove la pendenza risulta pari a circa 16° .

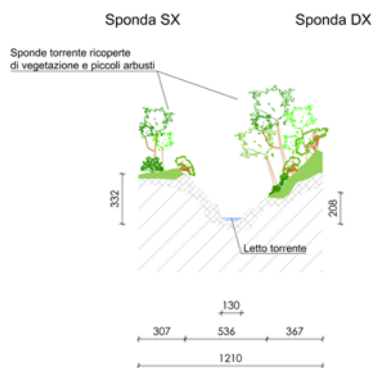
A seguire uno stralcio della planimetria per visualizzare la posizione delle sezioni.



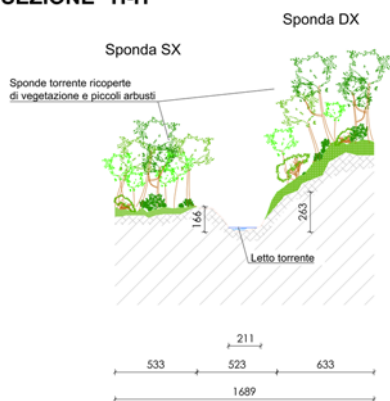
Stralcio planimetria di stato di fatto tav.11

SEZIONI STATO DI FATTO

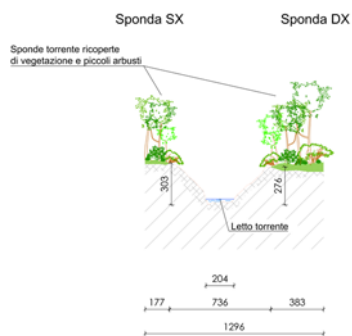
SEZIONE "G-G"



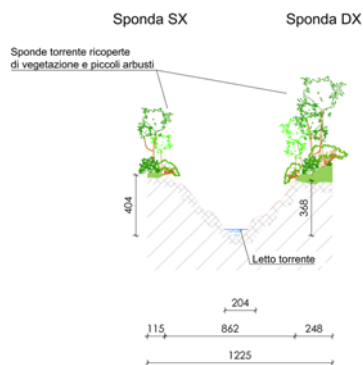
SEZIONE "H-H"



SEZIONE "D-D"

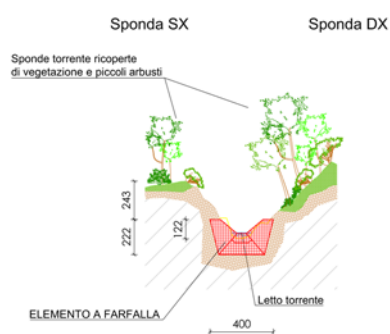


SEZIONE "E-E"

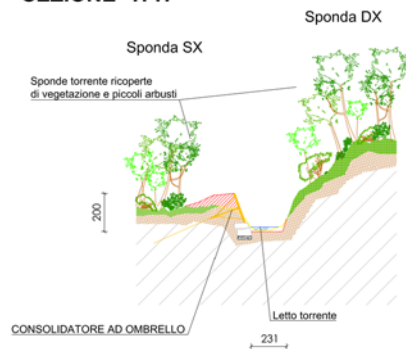


SEZIONI DI PROGETTO

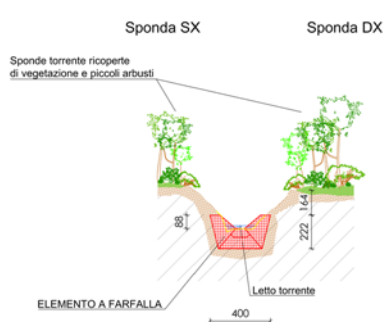
SEZIONE "G-G"



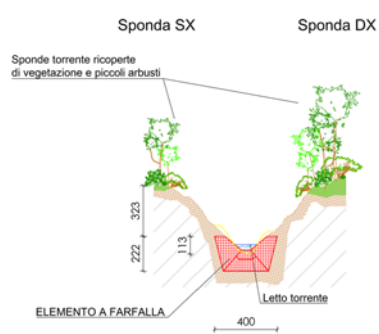
SEZIONE "H-H"



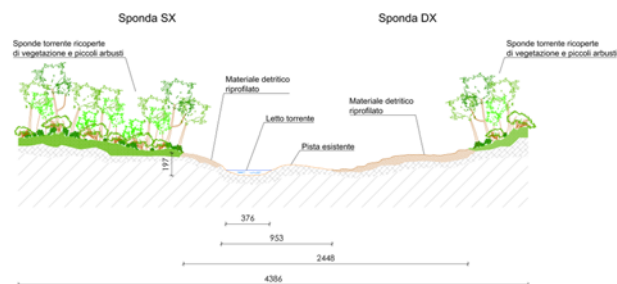
SEZIONE "D-D"



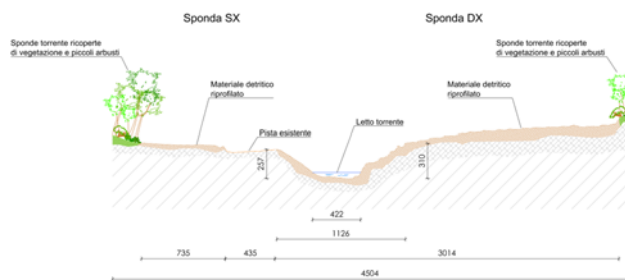
SEZIONE "E-E"



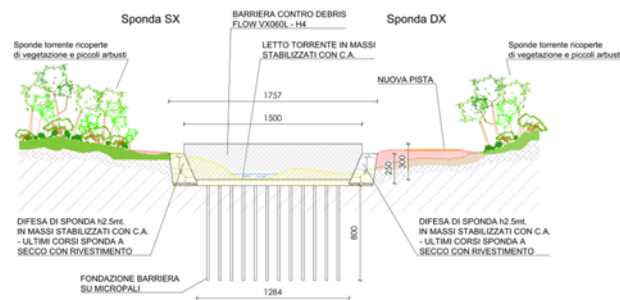
SEZIONE "A-A"



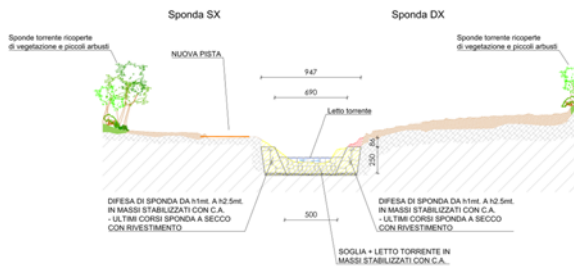
SEZIONE "C-C"



SEZIONE "A-A" - debris flow



SEZIONE "C-C" - soglia tipo



Le sezioni di progetto risultano idraulicamente migliorative rispetto a quelle di stato di fatto in quando la sezione utile di deflusso non viene ridotta e si ha una stabilizzazione del fondo mediante le opere previste nonché una trattenuta del possibile materiale solido.

Le sezioni più critiche risultano essere quelle più a monte dove l'area di deflusso è inferiore e può essere schematizzata con le seguenti misure:

- larghezza fondo alveo circa 1,5 m
- larghezza sponda/sponda circa 5 m
- altezza dal fondo alla sponda circa 2 m

Tale geometria porta ad avere una sezione di deflusso utile di circa 6 m² nella quale la portata centennale di 4 m³/s può tranquillamente defluire con velocità accettabile.

Allegato:

CALCOLO PORTATE METODO RAZIONALE

STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA									
Direttiva n. 2 Autorità di Bacino del Fiume PO - P.A.I. "Piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"									
TEMPO DI CORRIVAZIONE (Giandotti)									
DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO					DATI RISULTANTI				
$S \Rightarrow 0,20$ [kmq] Superficie Bacino					$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(h_m - h_o)}} \Rightarrow 0,23$ [ore]				
$L \Rightarrow 0,85$ [km] Lunghezza asta principale									
$h_m \Rightarrow 624$ [m] Altezza media del Bacino s.l.m.									
$h_o \Rightarrow 347$ [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.									
PREVISIONE QUANTITATIVA DELLE PIOGGE INTENSE									
FORMULA		$h_d = ad^n$ h_d = massima precipitazione in mm al tempo t d = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione a = fattore della curva relativo ad un determinato Tr n = esponente della curva relativo ad un determinato Tr Tr = tempo di ritorno (100-200 anni)							
Curva di probabilità pluviometrica									
DATI CELLA DELLA GRIGLIA DI DISCRETIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE (Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO)									
Cella	Est UTM	Nord UTM	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	
EQ71			43,94	0,327	55,79	0,325	60,88	0,324	
MASSIMA PRECIPITAZIONE PROBABILE									
Tr	h_d	h_d = massima precipitazione in mm al tempo t d = tempo di progetto[ore]=tempo di corrivazione [ore] 0,23 Tr = tempo di ritorno							
20	27,18								
100	34,61								
200	37,82								
PORTATE DI MASSIMA PIENA									
FORMULA del METODO RAZIONALE									
$Q_c = 0,278 \frac{\phi \cdot h_d \cdot S}{T_c}$ dove $Q_c \Rightarrow 0,45$ portata al colmo $\phi \Rightarrow 0,2$ coefficiente di deflusso h_d massima precipitazione in mm al tempo d $S \Rightarrow 0,2$ [Km ²] Superficie Bacino $T_c \Rightarrow 0,23$ [ore] Tempo di corrivazione									
RISULTATI									
Tr		Q_c [mc/sec]	Tr = tempo di ritorno [anni]						
20	$\Rightarrow$	2,955							
100	$\Rightarrow$	3,763							
200	$\Rightarrow$	4,112							

CALCOLO PORTATE METODO RAZIONALE MODIFICATO

Analisi delle portate con la formula razionale

Torrente ZUCCONE

STAZIONE	
Nome:	Brescia
m1:	29,27
n1:	0,29
Cv:	0,369

PARAMETRI BACINO			
Area S Km ^q :	0,20	Quota media Qmed.: 625 Q. media relativa: 258	
Lungh. Asta L Km:	0,85		
Q. massima Qmax:	863		
Q. minima Qmin:	347		

Retta segnalatrice di possibilità pluviometrica

$$a_T = m_1 \left\{ 1 - \frac{CV \sqrt{6}}{\pi} \left[\varepsilon + Ln \left(Ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right] \right\}$$

TR								
10	20	50	100	200				
mm/l	29,27	mm/t	57,28	mm/h	63,17	mm/h	69,03	mm/h

Tempo di corrivazione

$$T_c = \frac{3,3 \sqrt{S + 3,2L}}{0,8 \sqrt{h_m - h_0}}$$

0,25 ore

Altezza di pioggia critica (h=at^n)

TR							
10	20	50	100	200			
mm	19,62	mm	38,39	mm	42,34	mm	46,26

Calcolo portata

$$Q_c = \frac{1}{3,6} \phi \cdot r \cdot S \cdot a_T \cdot T_c^{n_1-1}$$

dove si assume:

f= 0,52 coefficiente di afflusso locale
Tc= 0,25 ore
A= 0,2 Km^q
aT= variabile con TR
n1= 0,29
r(S,d)= 0,97947

Q
(mc/sec,)

TR				
10	20	50	100	200
	2,21	4,32	4,76	5,20