

**COMUNE DI  
VALGREGHENTINO**



**PROVINCIA  
DI LECCO**

## OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA TORRENTE VAL DI VAI

### RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA



**Committente:**

**Emmedomus s.r.l. – Via Cristoforo Colombo, 18 – Valgrehentino (LC)**

Valgrehentino, aprile 2018

Ing. Federico Gianoli

Ing. Matteo Schena



**INDICE:**

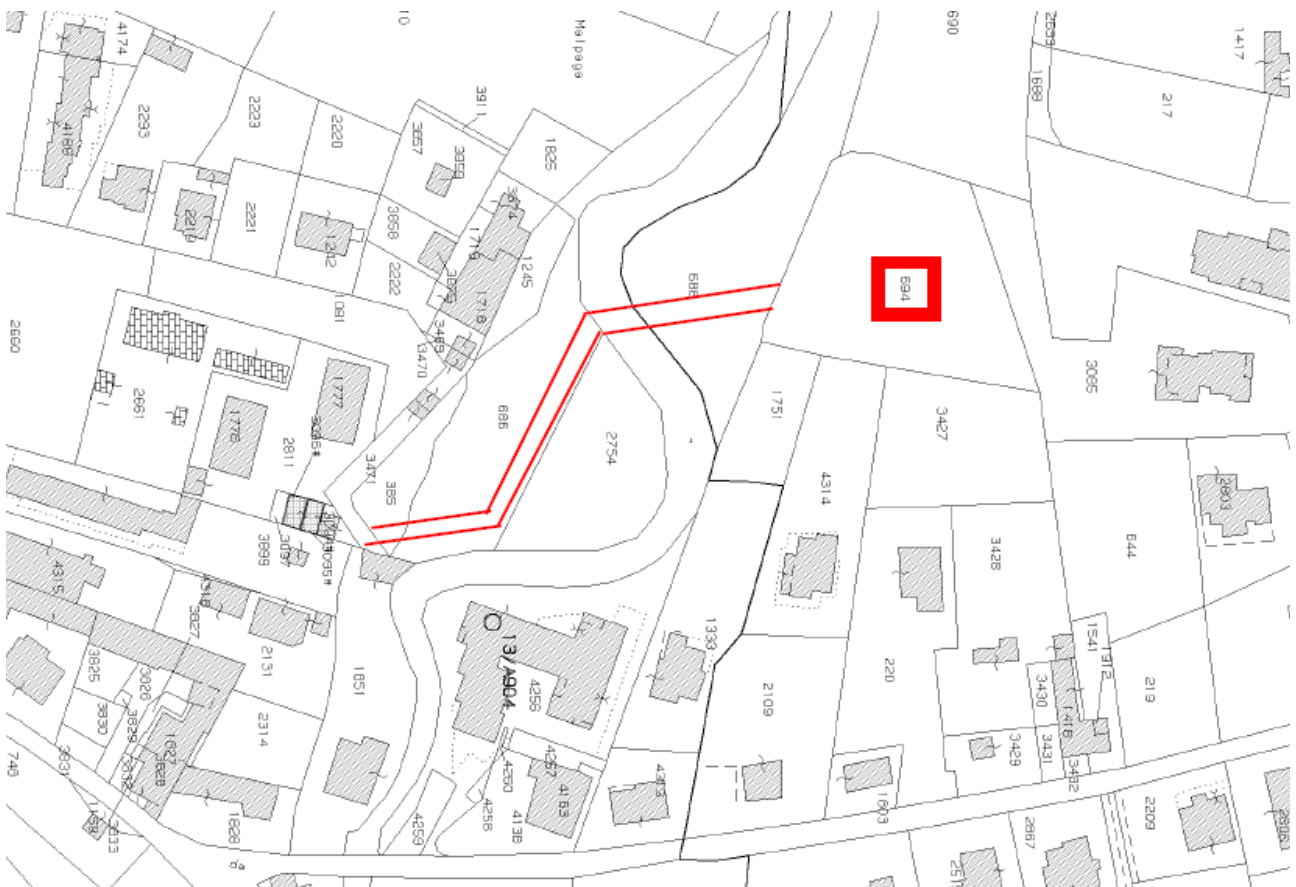
- 1- INTRODUZIONE**
- 2- NORMATIVA DI RIFERIMENTO**
- 3- METODOLOGIA DI CALCOLO**
  - 3.1 Descrizione del Bacino Idrografico**
  - 3.2 Valutazione delle portate di piena**
  - 3.3 Cenni di trasporto solido**
- 4- INTERVENTO DI PROGETTO**
- 5- VERIFICHE IDRAULICHE**
- 6- CONCLUSIONI**

## 1- INTRODUZIONE

La relazione si prefigge di determinare le portate di piena del Torrente Val di Vai e conseguentemente dimensionare le sezioni tipo necessarie alla regimazione idraulica del torrente nei pressi dell'area PA4.

La scheda d'ambito del documento di piano rimanda alla pianificazione attuativa l'individuazione di un tracciato stradale che permetta il collegamento dell'area di trasformazione con la viabilità esistente.

La soluzione viabilistica proposta consiste nel creare un collegamento con la via Arturo Toscanini, realizzando una strada lungo un tracciato di strada agricola esistente, così come individuato nella cartografia seguente.



Le opere previste consistono nella messa in sicurezza e regimazione idraulica di tale tratto, sfruttando, per quanto possibile, i massi ed altri materiali già presenti in loco.

Lo studio si propone di valutare i fenomeni di piena del corso d'acqua nel tratto interessato, considerando le possibili interferenze dei manufatti esistenti col regolare deflusso del torrente, analizzandone eventuali incompatibilità e calcolando i franchi di sicurezza.

Di seguito vengono riportati i riferimenti normativi e la metodologia di calcolo adottata.

## 2- **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- **L.R. n.12 del 11 marzo 2005 LEGGE PER IL GOVERNO DEL TERRITORIO**
- **Legge 18 maggio 1989, n.183 - NORME PER IL RIASSETTO ORGANIZZATIVO E FUNZIONALE DELLA DIFESA DEL SUOLO**
- **DGR N. 8/1566 DEL 28 MAGGIO 2008 - CRITERI ED INDIRIZZI PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N. 12 - S.M.E.I.**
- **DGR 7868\_2002 – DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE. TRASFERIMENTO DELLE FUNZIONI RELATIVE ALLA POLIZIA IDRAULICA CONCERNENTI IL RETICOLO IDRICO MINORE COME INDICATO DALL'ART. 3 COMMA 114 DELLA L.R. 1/2000 – DETERMINAZIONE DEI CANONI REGIONALI DI POLIZIA IDRAULICA**
- **DGR 8743\_2002 – RETTIFICA DEL DISPOSITIVO DI CUI AL PUNTO 1 DELL'ALLEGATO C DELL'ADGR 7868/2002**
- **DDG N. 8943 DEL 03 AGOSTO 2007 - LINEE GUIDA DI POLIZIA IDRAULICA**
- **DGR N. 8127 DEL 01 OTTOBRE 2008 - MODIFICA DEL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE DETERMINATO CON DGR 7868/2002**
- **L. 102/90 DISPOSIZIONI PER LA RICOSTRUZIONE E LA RINASCITA DELLA VALTELLINA E DELLE ADIACENTI ZONE DELLE PROVINCE DI BERGAMO, BRESCIA E COMO, NONCHE' DELLA PROVINCIA DI NOVARA, COLPITE DALLE ECCEZIONALI AVVERSITA' ATMOSFERICHE DEI MESI DI LUGLIO ED AGOSTO 1987**
- **L.R. 23/92 NORME PER L'ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI STRAORDINARI PER LA RICOSTRUZIONE E LA RINASCITA DELLA VALTELLINA E DELLE ADIACENTI ZONE DELLE PROVINCE DI BERGAMO, BRESCIA E COMO COLPITE DAGLI EVENTI CALAMITOSI DELL'ESTATE 1987**
- **PIANO STRALCIO 45 PER LA REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI NECESSARI AL RIPRISTINO DELL'ASSETTO IDRAULICO, ALLA ELIMINAZIONE DELLE SITUAZIONI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO E ALLA PREVENZIONE DEI RISCHI IDROGEOLOGICI NONCHÉ PER IL RIPRISTINO DELLE AREE DI ESONDAZIONE – maggio 1995**
- **L.R. 41/97 PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICOMEDIANTE STRUMENTI URBANISTICI GENERALI E LORO VARIANTI**
- **PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI**
- **PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)**
- **NTA del PAI DELL'AUTORITA' DI BACINO DEL PO (DPCM 24/05/2001)**
- **DGR 7/7365 dell' 11/12/2001 ATTUAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (PAI) IN CAMPO URBANISTICO**
- **DIRETTIVA SULLA PIENA DI PROGETTO DA ASSUMERE PER LE PROGETTAZIONI E LE VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

- *DIRETTIVA CONTENENTE I CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE FLUVIALI "A" E "B"*
- *DIRETTIVA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI E LA FORMULAZIONE DI PROGRAMMI DI MANUTENZIONE*
- **DDG 8/8943 del 03/08/2007 – LINEE GUIDA DI POLIZIA IDRAULICA**
- **R.D. n. 523 del 25/07/1904 TESTO UNICO SULLE OPERE IDRAULICHE**

### 3- METODOLOGIA D CALCOLO

#### 3.1- Descrizione del Bacino idrografico

Il bacino del Torrente Val di Vai ha un'estensione di circa 1,52 km<sup>2</sup> e si sviluppa lungo un territorio con quote che vanno dagli 800 m slm fino alla quota di progetto pari a 290 m slm. Interessa gli abitati di Consonno, Serigola e Valgrehentino.

La sezione interessata dalle opere di regimazione idraulica si trova in Comune di Valgrehentino alla quota di circa 270 slm. L'asta principale del torrente, alla sezione considerata, misura circa 1,8 km.

La tav. 1 allegata mostra l'estensione del bacino del torrente Val de Vai, sotteso alla sezione considerata.

#### 3.2- Valutazione delle portate di piena

Non essendo disponibili informazioni di carattere idrometrico lungo il corso d'acqua in esame, si è fatto riferimento, per la stima delle portate di piena, ai dati pluviometrici, adottando successivamente un modello di trasformazione afflussi - deflussi.

Per il calcolo della massima portata di afflusso si è fatto riferimento alla "*Direttiva n.2 dell'Autorità di bacino del Fiume Po - PAI, Piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*".

I calcoli sono fatti attraverso l'analisi probabilistica delle precipitazioni con riferimento alle curve di possibilità climatica.

Le previsioni quantitative delle piogge intense all'interno dell'area è stata effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè dalla relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno. Tale curva è espressa mediante l'equazione:

$$h = a * t^m$$

dove:

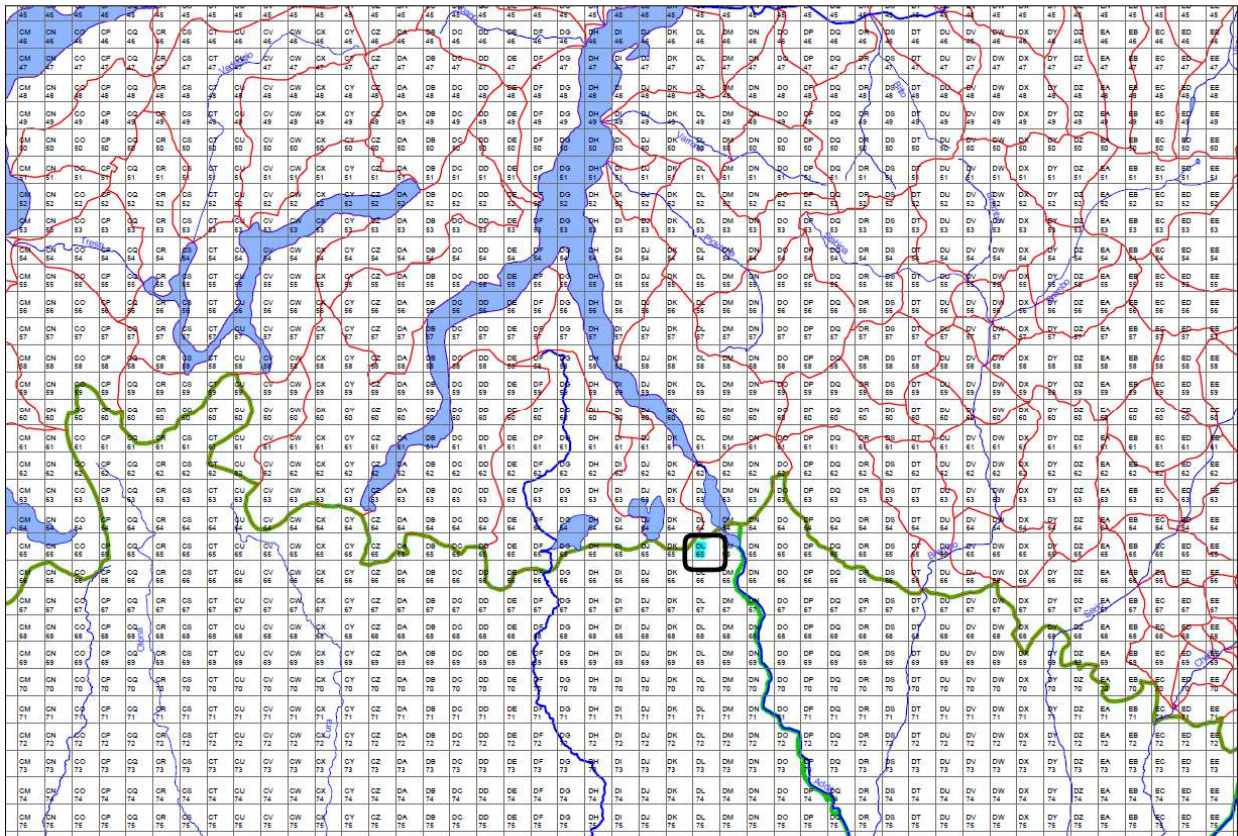
$h$  altezza di precipitazione al tempo di ritorno T [mm]

$t$  durata della precipitazione [h]

**$a, n$  parametri della curva di possibilità pluviometrica**

Per la determinazione dei parametri “a” e “n” si è fatto riferimento all’Allegato n. 3 - Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense della direttiva n. 2 - PAI. La Tavola 3 di tale allegato ha permesso di individuare la cella di riferimento: DL65.

Tavola 03



Si riportano di seguito i valori ricavati. Come indicato dalle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Po, la portata di riferimento, da assumere per la verifica di compatibilità dell’opera è quella centenaria.

cella	T = 20 anni		T = 100 anni		T = 200 anni		T = 500 anni	
	a	n	a	n	a	n	a	n
DL65	61,9	0,302	80,11	0,299	88	0,298	98,08	0,297

Si è proceduto pertanto, sulla base dei dati di pioggia disponibili alla stima della portata di piena centenaria utilizzando il metodo razionale per la trasformazione degli afflussi in deflussi.

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della



portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione  $t_c$

Di seguito vengono riportati i calcoli eseguiti, da cui si è ottenuta la portata di progetto di 15,6 m<sup>3</sup>/s.

<b>CALCOLO DELLA MASSIMA PORTATA DI PIENA METODO RAZIONALE come da N.d.A. PAI</b>			
<b>Calcolo del tempo di Corrivazione</b>			
<b>Giandotti</b>			
S [km <sup>2</sup> ]	1,5	superficie bacino	
L [m]	1,8	lunghezza asta principale	
H <sub>med</sub> -H <sub>0</sub> [m.s.l.m.]	235	altezza media del bacino sulla sez. di chiusura	
$T_c = (4S^{1/2} + 1,5L) / (0,8H^{1/2})$		tempo di corrivazione [h]	
<b>T<sub>c</sub> = 0,62 h</b>			
<b>Parametri curva di possibilità climatica</b>			
Tr	100	[anni]	tempo di ritorno
a	80,11	[mm/h]	pioggia oraria
n	0,299		
	dato ricavato da		PAI allegato 3
<b>Calcolo della portata di piena con metodo razionale</b>			
$Q = k C i A$		portata di piena [m <sup>3</sup> /s]	
k	0,278	fattore di conversione	
i	112,05	intensità di pioggia=(aT <sub>c</sub> <sup>n</sup> )/T <sub>c</sub>	
A=S	1,5	superficie bacino	
C	0,33	coeff. di deflusso	<b>vedi tabella</b>
<b>Q<sub>100</sub> = 15,64 m<sup>3</sup>/s</b>			

Parametri per la determinazione del coefficiente di deflusso C								
Parametro A		Parametro B		Parametro C		Parametro D		
Litologia predominante del bacino		Copertura vegetale presente nel bacino		Pendenza media del bacino		Sviluppo reticolo idrico superficiale		
Descrizione	Valore	Descrizione	Valore	Descrizione	Valore	Descrizione	Valore	
Roccia 80% Materiali di copertura 20%	1	Nulla	1	$i > 100\%$	1	Sviluppato	0,9	
Roccia 50% Materiali di copertura 50%	0,9	Bassa	0,85	$70\% < i < 100\%$	0,85	Medio	0,8	
Roccia 20% Materiali di copertura 80%	0,85	Media	0,8	$50\% < i < 70\%$	0,8	Poco sviluppato	0,7	
Materiali di copertura 100%	0,8	Elevata	0,75	$i < 50\%$	0,75	Assente	0,6	
	A		B		C		D	
C=	0,85		0,75		0,75		0,7	0,33

### 3.3 Cenni di trasporto solido

L'applicazione delle formule disponibili in letteratura per il calcolo del trasporto solido presenta sempre rilevanti incertezze derivanti dalle ipotesi di derivazione e dalla limitata validazione sperimentale su alvei naturali ad elevata pendenza e granulometrie estremamente differenziate. In particolare nel caso specifico i valori di trasporto solido stimabili mediante il metodo di Meyer-Peter, di Gavrilovic-Zemljic o mediante altre formule note in letteratura forniscono valori tra loro molto variabili.

Per tali ragioni, nel presente studio le analisi idrauliche si limitano alla valutazione degli effetti legati alla portata liquida, mentre per quanto concerne il trasporto solido ci si limita a considerazioni di carattere qualitativo che portano ad operare scelte cautelative e margini di sicurezza maggiori sui franchi di sicurezza.

#### **4- INTERVENTO DI PROGETTO**

Il progetto prevede la regimazione idraulica del tratto di corso d'acqua nei pressi dell'area oggetto di intervento.

In particolare si prevede una risagomatura dell'alveo per una lunghezza di circa 160 m mediante la realizzazione di una sezione trapezia di larghezza pari a 3,5 m (minore rispetto all'attuale), altezza pari a 2 m e con scarpa 1:2.

Gli argini saranno costituiti da una scogliera a secco mediante l'uso di materiale da cava e blocchi reperiti sul posto.

Nella zona dell'attraversamento stradale sarà realizzato un selciato di fondo intasato con spalle anch'esse in pietrame e malta.

## 5- VERIFICHE IDRAULICHE

Il primo elemento di valutazione delle condizioni idrauliche di progetto consiste nella verifica idraulica in condizioni di moto e uniforme (portata costante e alveo infinitamente esteso sulla sezione di verifica) della configurazione d'alveo del canale di regimazione in progetto. Per tali verifiche si è utilizzata la classica relazione di moto uniforme:

$$Q = KAR^{2/3}i^{1/2}$$

Con K: coefficiente di scabrezza di Strickler ( $K=1/n$  dove n coefficiente di Manning). A, R e i sono rispettivamente, la sezione bagnata, il raggio idraulico e la pendenza longitudinale dell'alveo.

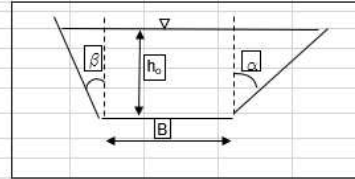
La verifica, effettuata sulla sezione tipo in progetto, comporta la risoluzione dell'equazione precedente rispetto alla variabile tirante idrico per i valori di portata di piena liquida di progetto (portata centenaria).

La sezione idraulica in progetto consente il transito della portata di piena con franco di sicurezza superiore al metro come da verifica sottostante.

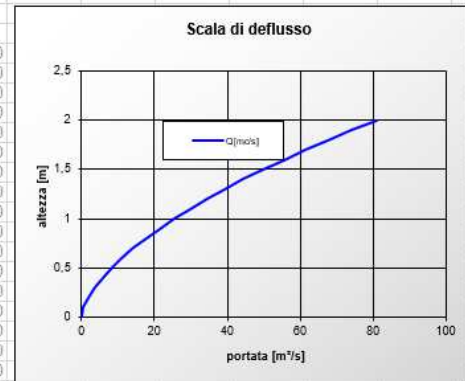
### Verifica in modo uniforme per sezione trapezia

#### Parametri di costruzione

pendenza i	0,07			
scabrezza K	30			
h max	2 m			
$\alpha$	30°	=	0,524 rad	
$\beta$	30°	=	0,524 rad	
larghezza B	3,5 m		delta h	0,1 m



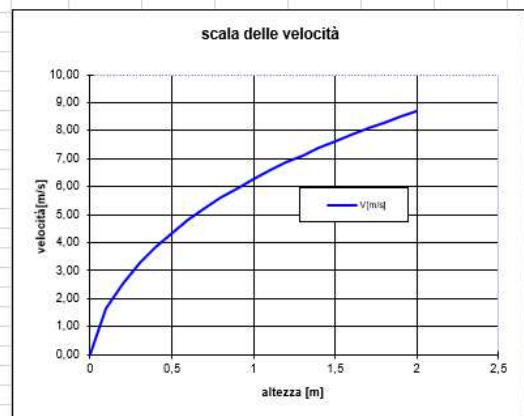
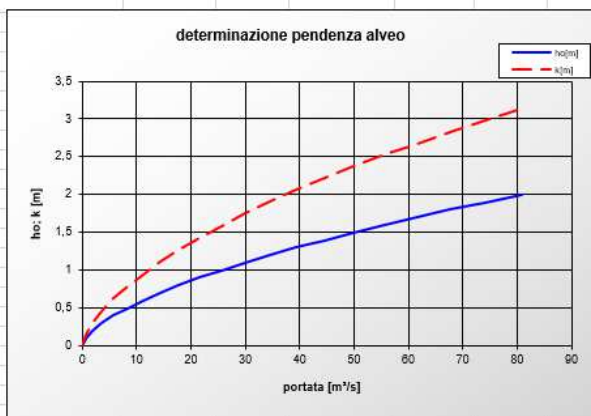
h <sub>c</sub> [m]	A[m <sup>2</sup> ]	R[m]	Q[mc/s]	Q[l/s]	V[m/s]	k[m]		
0	0,000	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,000	--	0,000
0,1	0,356	0,10	0,5894	589,41	1,66	0,141	--	-0,041
0,2	0,723	0,18	1,8467	1846,69	2,55	0,299	--	-0,099
0,3	1,102	0,26	3,5888	3588,75	3,26	0,460	--	-0,160
0,4	1,492	0,34	5,7404	5740,37	3,85	0,623	--	-0,223
0,5	1,894	0,41	8,2573	8257,30	4,36	0,786	--	-0,286
0,6	2,308	0,47	11,1105	11110,51	4,81	0,948	--	-0,348
0,7	2,733	0,53	14,2799	14279,85	5,23	1,109	--	-0,409
0,8	3,170	0,59	17,7509	17750,92	5,60	1,270	0,739	-0,470
0,9	3,618	0,65	21,5132	21513,23	5,95	1,430	--	-0,530
1	4,077	0,70	25,5591	25559,13	6,27	1,589	--	-0,589
1,1	4,549	0,75	29,8830	29883,02	6,57	1,747	--	-0,647
1,2	5,031	0,80	34,4809	34480,90	6,85	1,904	--	-0,704
1,3	5,526	0,85	39,3499	39349,95	7,12	2,060	--	-0,760
1,4	6,032	0,90	44,4883	44488,31	7,38	2,216	--	-0,816
1,5	6,549	0,94	49,8949	49894,89	7,62	2,371	--	-0,871
1,6	7,078	0,98	55,5692	55569,19	7,85	2,525	--	-0,925
1,7	7,619	1,03	61,5112	61511,19	8,07	2,679	--	-0,979
1,8	8,171	1,07	67,7213	67721,31	8,29	2,832	--	-1,032
1,9	8,734	1,11	74,2003	74200,27	8,50	2,985	--	-1,085
2	9,309	1,15	80,9491	80949,07	8,70	3,137	--	-1,137



#### Caratteristiche relative alla portata di progetto

h <sub>c</sub> [m]	A[m <sup>2</sup> ]	R[m]	Q[mc/s]	Q[l/s]	V[m/s]	k[m]
0,739	2,90	0,56	15,640	15640,00	5,39	1,174

alveo sempre a forte pendenza



Pendenza canale	i=	0,07
Lunghezza canale	L=	300 m
Larghezza canale	B=	350,00 cm
Altezza di moto uniforme	H=	73,92 cm
Velocità corrente	V=	5,39 m/s
Permeabilità	k=	1,00E-03 cm/s
Contorno bagnato	C=	497,84 cm
Vol. iniziale/m	Vol <sub>0</sub> =	2.587.148,54 cm <sup>3</sup>
Vol. perso/m/s	Vol <sub>p</sub> =	49,78 cm <sup>3</sup> /s

La sezione prescelta consente di avere un margine di sicurezza piuttosto elevato anche in termini di trasporto solido.

## **6- CONCLUSIONI**

L'intervento in progetto consente di ridurre il rischio idraulico nelle zone adiacenti il corso d'acqua, compreso il lotto di nuova edificazione e riduce fenomeni di escavazione delle sponde ed il divagamento del corso d'acqua attualmente presente.

La sezione di progetto dell'alveo prevede geometrie tali da garantire un franco di sicurezza rispetto alla quota del massimo tirante idraulico sufficiente per il contenimento di un'elevata frazione di trasporto solido.

In corrispondenza del ponte lungo la via di accesso alla nuova area da edificare, la scogliera verrà protetta con intasamento in calcestruzzo e collegata nella parte basale a formare un unico selciato. In questo modo verranno ulteriormente salvaguardate le sponde e le spalle del ponte stesso il cui intradosso verrà posto ad una quota di 1,4 m dalla quota del tirante corrispondente alla piena centenaria.