

# Proposta per la mitigazione del rischio geo-idrologico in Val Canè (Val Camonica, BS)

Sabrina Bonetto, Anna Maria Ferrero, Luciano Masciocco, Battista Taboni, Federico Vagnon

Dipartimento di Scienze della Terra  
Università degli Studi di Torino

E-mail di riferimento:  
[battista.taboni@edu.unito.it](mailto:battista.taboni@edu.unito.it)

## Proposal for the mitigation of geo-hydrological risk in Val Canè (Val Camonica, BS)

Parole chiave: pericolosità geo-idrologica, rischio di alluvione, colata di detrito, Val Camonica - Alpi Italiane

Keywords: geo-hydrological hazard, flood risk, debris flow, Val Camonica - Italian Alps

### INTRODUZIONE

La Val Canè (BS) è una piccola valle tributaria destra dell'alta Val Camonica: il T. Fiumecolo, che la incide, si immette nel Fiume Oglio quasi alla testata del suo bacino idrografico (Fig. 1).

È una tipica valle glaciale, con fondovalle ampio e versanti acclivi e sospesa rispetto al fondovalle principale (Fig. 2), meta del turismo invernale, per la vicinanza delle piste del comprensorio del Tonale, e di quello estivo, per la possibilità di escursioni attraverso il pianoro glaciale di incomparabile bellezza (Fig. 3).

La pericolosità geomorfologica fa però da contraltare al meraviglioso paesaggio: come in quasi tutte le vallate alpine, l'uomo si è andato a insediare sul conoide alluvionale allo sbocco della valle tributaria, giudicando ottimale sia la posizione rialzata rispetto alla valle principale sia l'esposizione a sud, ma dimenticando che quella forma geologica è stata costruita dalla deposizione di materiale di grossa pezzatura in occa-

sione di eventi meteorici estremi. Nella presente memoria, si dimostra come l'abitato di Temù sorga in una zona ad elevata pericolosità di alluvione (Fig. 4). Al fine di mitigarne il rischio, si pro-

pone la costruzione di sbarramenti nel pianoro glaciale a monte, tenendo conto della pericolosità delle colate detritiche, molto frequenti in questo settore della valle (Fig. 5).

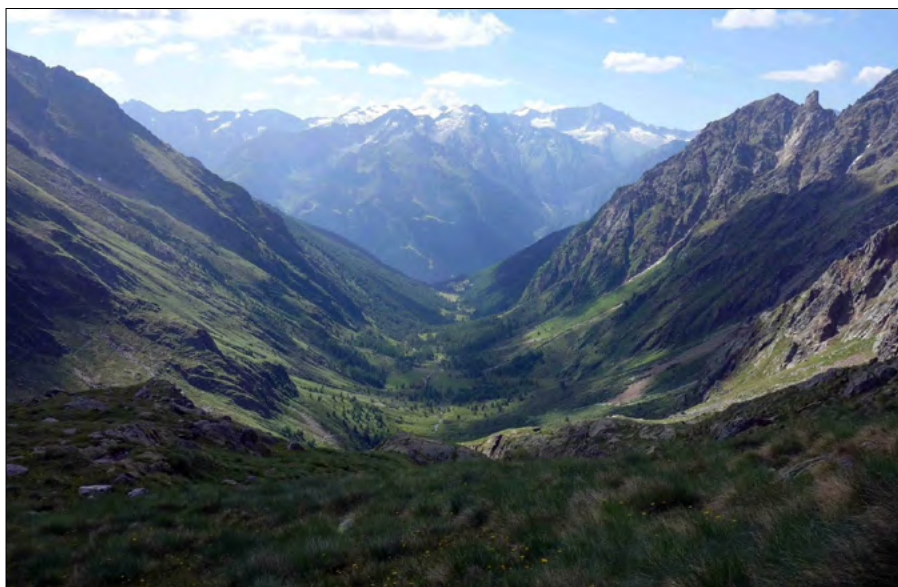


Figura 2. La Val Canè ripresa da monte verso valle: è una tipica valle glaciale, con fondovalle ampio e versanti acclivi e sospesa rispetto al fondovalle principale (Rif. WEB n. 1)

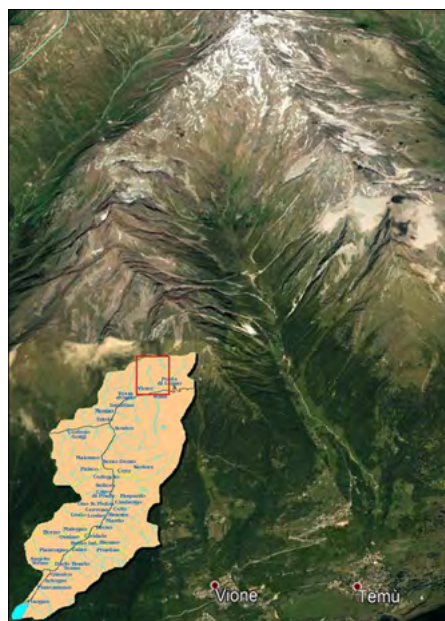


Figura 1. La Val Canè, laterale destra della Val Camonica (BS) da Google Earth Pro

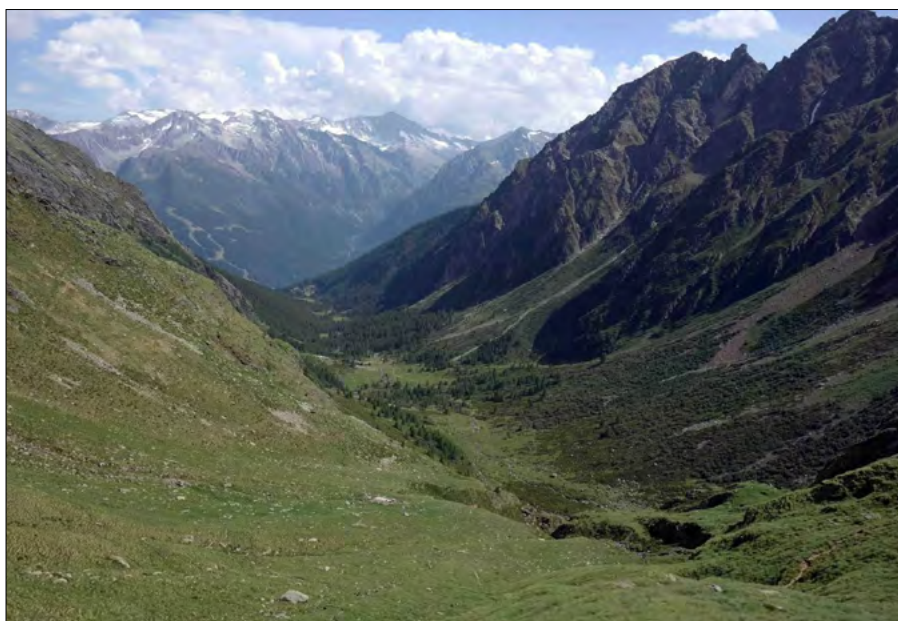


Figura 3. Durante la bella stagione, i sentieri tracciati in tutta la Val Canè permettono escursioni attraverso il pianoro glaciale di incomparabile bellezza (Rif. WEB n. 1)



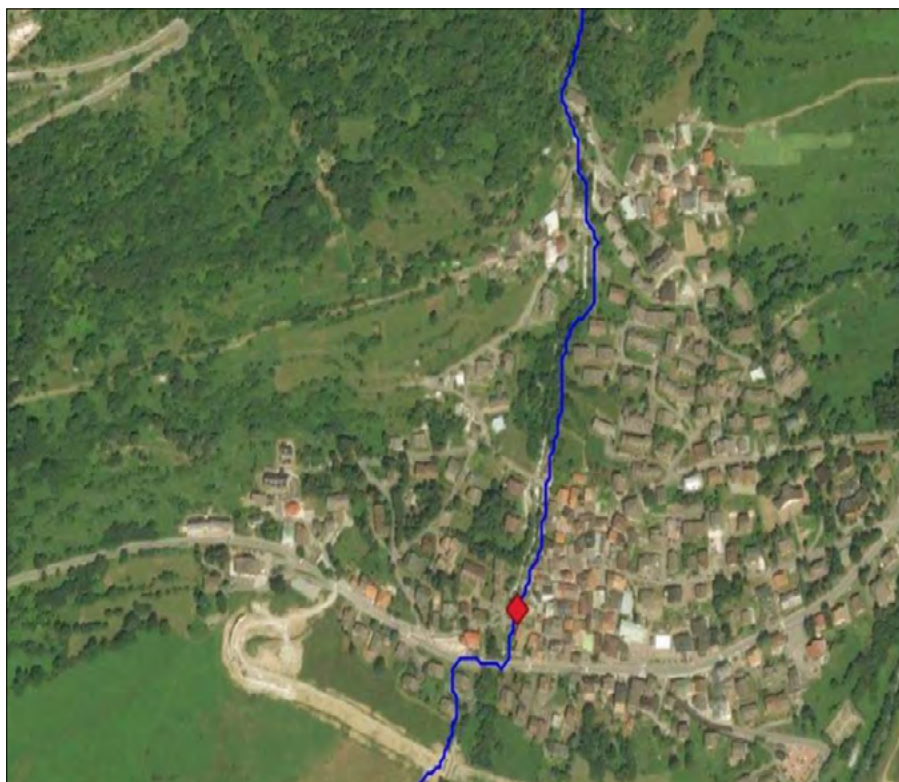


Figura 4. L'abitato di Temù sorge sul conoide alluvionale del T. Fiumecolo, la zona a più elevata pericolosità di alluvione. Il rombo rosso indica l'ubicazione della sezione sottoposta a verifica idraulica



Figura 5. Il pianoro glaciale è minacciato da colate detritiche molto frequenti in questo settore della Val Canè per il continuo rifornimento di materiale dovuto ai diffusi fenomeni di crioclastismo (Rif. WEB n. 1)

## VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDROLOGICA

La pericolosità idrologica del corso d'acqua che attraversa la Val Canè è stata valutata in corrispondenza del centro abitato di Temù, nel punto in cui il torrente è costretto a scorrere tra i condomini dei villeggianti entro un ristretto alveo artificiale (Fig. 6).

### ANALISI PLUVIOMETRICA

Per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica (Fig. 7), sono stati utilizzati i dati relativi alle piogge intense, registrate nella stazione del

Lago Pantano d'Avio (la più vicina alla Val Canè), elaborandoli col metodo di Gumbel (1941).

### CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

La portata di massima piena  $Q_{max}$  viene calcolata con il Metodo Razionale attraverso la seguente relazione:

$$Q_{max} = k \cdot C \cdot i \cdot A$$

dove:

- $Q_{max}$  è la portata di massima piena del corso d'acqua espressa in  $m^3/s$ ;

- $k$  è un fattore adimensionale che tiene conto della non uniformità delle unità di misura. Se  $A$  è espressa in  $km^2$  ed  $i$  in  $mm/h$ , per ottenere la portata in  $m^3/s$  bisogna attribuire a  $k$  il valore  $1/3,6 = 0,278$ ;
- $C$  è il coefficiente di deflusso;
- $i$  è l'intensità della precipitazione critica che provoca la piena ( $mm/ora$ );
- $A$  è l'area del bacino a monte della sezione presa in esame ( $km^2$ )

Le precipitazioni considerate sono quelle descritte dalle curve di probabilità pluviometrica riportate in Fig. 6.

Essendo il bacino poco esteso ( $14,77 km^2$ ), per le simulazioni effettuate, l'intensità critica  $i$ , è stata ricavata attraverso la valutazione dei tempi di corruzione del bacino utilizzando per valutare  $t_c$  si è applicata la relazione proposta da Chow (1962):

$$t_c = 0,00116 \left( \frac{L}{(S^{0,5})} \right)^{0,64}$$

dove  $L$  è la lunghezza dell'asta principale estesa sino allo spartiacque in  $km$  e  $S$  la sua pendenza media calcolata con la relazione di Taylor-Schwartz:

$$\frac{L}{\sqrt{i_m}} = \sum_{j=1}^{n^{\circ} \text{tronchi}} \frac{L_j}{\sqrt{i_j}}$$

dove  $L$  è la lunghezza del tratto considerato e  $i$  la sua pendenza. Da questa relazione si ottiene un tempo di corruzione  $t_c$  pari a 0,71 ore.

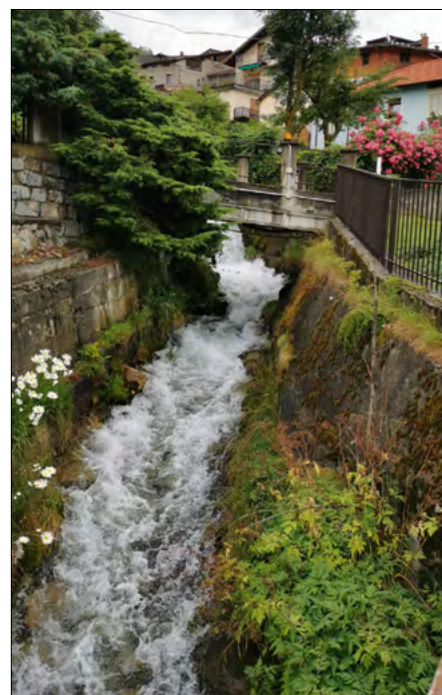


Figura 6. La sezione del T. Fiumecolo oggetto di verifica idraulica. Qui il corso d'acqua è costretto a scorrere tra i condomini dei villeggianti entro un ristretto alveo artificiale (Foto Battista Taboni)

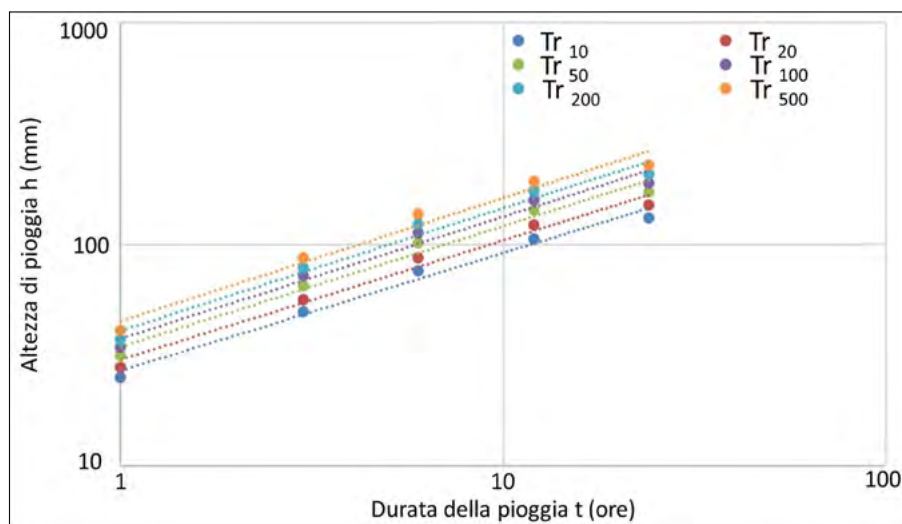


Figura 7. Curve di probabilità pluviometrica medie con tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni adottate per il bacino in esame

In Tab. 1 vengono riportati i parametri fisiografici, ricavati tramite software Quantum Gis, utilizzati per il calcolo del tempo di corrivazione del bacino sotteso dalla sezione presa in considerazione.

**Tabella 1. Dati fisiografici e tempo di corrivazione del bacino in esame**

A [km <sup>2</sup> ]	L [km]	i [m/m]	t <sub>c</sub> [ore]
14,77	9,25	0,17	0,71

A questo punto, l'intensità critica  $i_c$  risulterà dal rapporto tra l'altezza della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione  $h_c$  (per calcolare la quale basta sostituire  $t_c$  nella durata  $t$  delle equazioni delle curve di probabilità pluviometrica) e il tempo di corrivazione  $t_c$  stesso, riferita quindi a un determinato tempo di ritorno:

$$i_c = \frac{h_c}{t_c}$$

I dati di pioggia critica  $h_c$  e intensità critica  $i_c$  ottenuti per tutte le simulazioni effettuate sono riportati in Tab. 2.

L'altro parametro necessario nel calcolo della portata di massima piena è rappresentato dal coefficiente di deflusso C che tiene conto della natura dei terreni, del tipo di copertura vegetale e, seppure non venga mai preso in considerazione, dal grado di saturazione del terreno al momento dell'infiltrazione. Per determinarlo si fa riferimento a valori di letteratura come ad esempio quelli di Tab. 3, proposti da Benini (1990).

Utilizzando le cartografie CARG (Chiesa *et al.*, 2011) e DUSAF (Regione Lombardia, 2017) riguardanti rispettivamente litologia e uso del suolo

(Fig. 8), sono state ricavate categorie omogenee, a ciascuna delle quali è stato assegnato un coefficiente C.

La Tab. 4 riassume la valutazione del coefficiente d'infiltrazione (C), come media pesata della distribuzione delle classi di uso del suolo e delle rocce del substrato.

A questo punto, conoscendo già l'area A del bacino sotteso dalla sezione in esame, è stata calcolata la portata di massima piena attesa in funzione dei diversi tempi di ritorno (Tab. 5).

## VERIFICA IDRAULICA

Una volta calcolate le portate di massima piena attese per i diversi tempi di ritorno, si è verificato se tutte queste

**Tabella 2. Piogge e intensità critiche ottenute per le diverse simulazioni effettuate**

Tr [anni]	t <sub>c</sub> [ore]	h <sub>c</sub> [mm]	i <sub>c</sub> [mm/ora]
10	0,71	27,84	39,29
20	0,71	31,14	43,96
50	0,71	35,42	50,00
100	0,71	38,62	54,52
200	0,71	41,81	59,03
500	0,71	46,01	64,95

**Tabella 3. Valori per il coefficiente C in funzione del tipo di terreno, dell'uso del suolo e della pendenza (Benini, 1990)**

Vegetazione e pendenza		Tipi di terreno <sup>1</sup>		
		leggero	medio	compatto
Boschi	<10%	0,13	0,18	0,25
	>10%	0,16	0,21	0,36
Pascoli	<10%	0,16	0,36	0,56
	>10%	0,22	0,42	0,62
Coltivi	<10%	0,40	0,60	0,70
	>10%	0,52	0,72	0,82

<sup>1</sup> Cioè terreni con permeabilità alta (t. leggero), media (t. medio) o bassa (t. compatto)

**Tabella 4. Valutazione del coefficiente d'infiltrazione (C)**

Tipo	Vegetato	Coltivo	Prato	Roccia	Acqua	Urbanizzato	TOT
A [km <sup>2</sup> ]	4,08	0,00	1,73	8,90	0,00	0,06	14,77
%	27,62	0,00	11,74	60,23	0,02	0,39	100,00
C	0,36	0,70	0,62	0,82	0,00	0,90	<b>0,67</b>

**Tabella 5. Calcolo della portata di massima piena attesa (Q<sub>max</sub>) per i sei tempi di ritorno (Tr) considerati**

Tr [anni]	k	i <sub>c</sub> [mm/ora]	C	A [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]
10	0,278	39,29	0,67	14,77	107,80
20	0,278	43,96	0,67	14,77	120,61
50	0,278	50,00	0,67	14,77	137,17
100	0,278	54,52	0,67	14,77	149,57
200	0,278	59,03	0,67	14,77	161,94
500	0,278	64,95	0,67	14,77	178,20



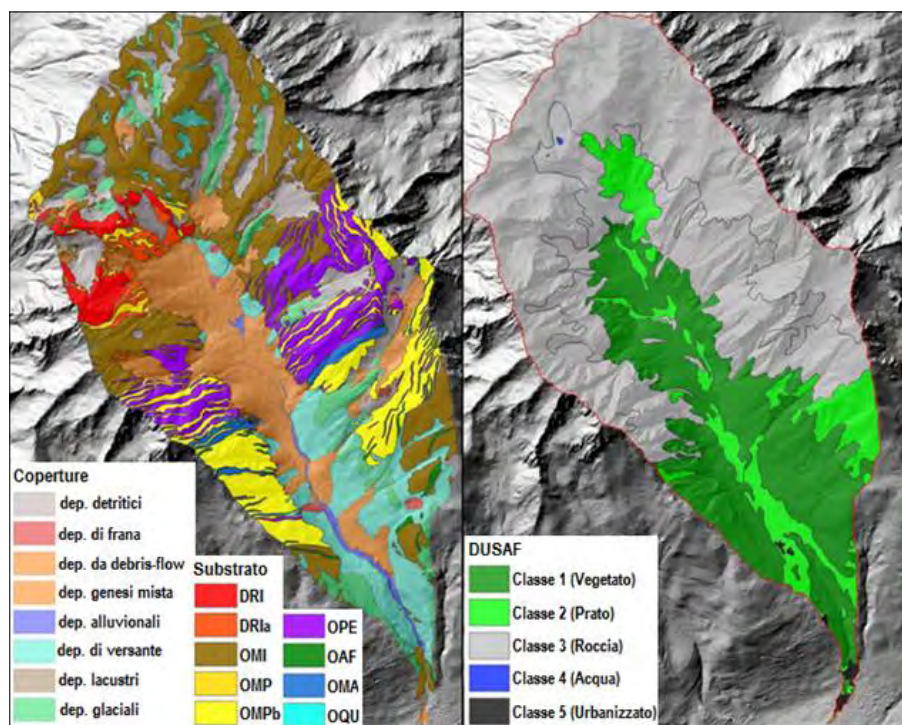


Figura 8. Cartografie CARG (Chiesa et al., 2011) e DUSAF (Regione Lombardia, 2017) riguardanti rispettivamente litologia e uso del suolo. Litologia del substrato: DRI = dioriti e gabbrodioriti; DRIa = metagranitoidi; OMI = micascisti; OMP = paragneiss; OMPb = paragneiss ricchi in sillimanite; OPE = pegmatiti; OAF = anfiboliti; OMA = marmi; OQU = quarziti

**Tabella 7 – Valori parziali da utilizzare per calcolare il coefficiente n di Manning (Chow, 1959)**

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra		0,020
	Roccia		0,025
	Alluvione grossolana	$n_0$	0,028
	Alluvione fine		0,024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile		0,000
	Bassa		0,005
	Moderata	$n_1$	0,010
	Elevata		0,020
Variazione di forma e dimensione della sezione trasversale	Graduale		0,000
	Occasionale	$n_2$	0,005
	Frequente		0,010-0,015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile		0,000
	Modesto		0,010-0,015
	Apprezzabile	$n_3$	0,020-0,030
	Elevato		0,040-0,060
Effetto della vegetazione	Basso		0,005-0,010
	Medio		0,010-0,025
	Alto	$n_4$	0,025-0,050
	Molto alto		0,050-0,100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto		1,000
	Apprezzabile	$m_5$	1,150
	Elevato		1,300

portate sarebbero defluite normalmente nell'alveo o se in qualche occasione il torrente avrebbe esondato, inondando l'abitato di Temù. A tal fine, è stato ne-

cessario fare un confronto tra le *portate di progetto* calcolate precedentemente e la *portata massima ammissibile*  $Q_{amm}$  in corrispondenza della sezione, pari al

prodotto dell'area  $A$  della sezione e la velocità media del flusso idrico  $V$ :

$$Q_{amm} = A \cdot V$$

Per ricavare l'area  $A$  della sezione di interesse, è stato effettuato sopralluogo con battute topografiche per ricavare le quote e misure tramite telemetro per ricavare le lunghezze. Come quota massima della sezione è stato preso il livello base delle abitazioni limitrofe.

Per determinare la *velocità del flusso idrico*  $V$ , si utilizza la formula di Chézy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- $V$  è la velocità media in m/s;
- $\chi$  è il coefficiente di Chézy che dipende dalla scabrezza dell'alveo e dal raggio idraulico;
- $R$  è il raggio idraulico in  $m^{1/2}/s$ ;
- $i$  è la pendenza del fondo espressa in %.

Per raggio idraulico  $R$ , si intende il rapporto tra l'area della sezione e il perimetro bagnato. Per perimetro bagnato si intende la somma tra la lunghezza del fondo dell'alveo e delle sponde.

$$R = \frac{A}{p_b}$$

Con i dati ricavati dalle misure, sono stati ottenuti l'area ( $10 \text{ m}^2$ ), il perimetro bagnato ( $9 \text{ m}$ ) e il raggio idraulico ( $1,11 \text{ m}$ ) della sezione in esame.

La pendenza del fondo  $i$  (era già stata calcolata per valutare il tempo di corrivazione del bacino).

Al fine di determinare il *coefficiente di Chézy*, è stata utilizzata l'equazione di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove:

- $n$  è il coefficiente di Manning
  - $R$  è il raggio idraulico
- per cui la formula di Chézy diventa:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Il *coefficiente n di Manning* è stato calcolato dalla formula di Cowan (1956):

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5$$

Per i valori parziali (Tab. 7), ci si è riferiti a quanto proposto da Chow (1959).



**Tabella 8. Calcolo della portata ammissibile per la sezione considerata**

i	A [m <sup>2</sup> ]	P [m]	n	R [m]	V [m/s]	Q <sub>amm</sub> [m <sup>3</sup> /s]
0,17	10,00	9,00	0,07	1,11	3,38	33,82

Coi dati ottenuti, tramite la formula di Chézy è stata calcolata la *velocità di deflusso V*, quindi, moltiplicando le aree delle sezioni per le rispettive velocità di deflusso, è stata ricavata la *portata massima ammissibile* per la sezione analizzata (Tab. 8).

La Tab. 9 riporta infine la verifica idraulica. Come si nota, anche per minimi tempi di ritorno le portate di massima piena del T. Fiumecolo superano la portata ammissibile dall'alveo, testimoniando di una pericolosità molto alta, coerentemente con quanto riportato nella cartografia tecnica comunale, e di

un altrettanto elevato rischio di inondazione dell'abitato di Temù.

#### INTERVENTI PROPOSTI

#### E CONCLUSIONI

Per mitigare il rischio idrologico cui è sottoposto l'abitato di Temù, si è ipotizzato un intervento a monte, nel piano glaciale, ove si potrebbero costruire sbarramenti che possano laminare le piene, ma che potrebbero essere però minacciati da colate di detrito.

Per ubicare gli sbarramenti e i retrostanti bacini al colmo si è dovuto tener conto dei risultati di simulazioni

**Tabella 9. Verifica idraulica per la sezione considerata**

Tr	Q <sub>amm</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]
10	33,82	107,80
20	33,82	120,61
50	33,82	137,17
100	33,82	149,57
200	33,82	161,94
500	33,82	178,20

di debris flow (Fig. 9), condotte tramite applicazione del metodo RES (Bonetto *et al.*, in prep.).

Tenendosi pertanto a monte e a valle rispetto a questo ulteriore pericolo, si sono ipotizzati gli sbarramenti visualizzati in Fig. 10, capaci di trattenere volumi d'acqua fino a circa 530.000 m<sup>3</sup> (cioè piene con Tr 100 anni), mitigando notevolmente il rischio di alluvione per l'abitato di Temù. Si spera che le amministrazioni locali tengano conto di questa proposta, anche se, oltre alle disponibilità finanziarie, bisogna considerare le difficoltà legate alla burocrazia e alle diverse competenze. Infatti: 1) l'abitato di Temù ricade nel comune di Temù, 2) tutto il resto della Val Canè ricade nel comune di Vione, 3) l'ubicazione degli interventi previsti ricade nell'area del Parco Nazionale dello Stelvio. Chi decide?

#### BIBLIOGRAFIA

- BENINI G. (1990), *Sistemazioni idraulico forestali*, Collana Scienze forestali e ambientali, UTET Torino, pp. 308.
- BONETTO S., FERRERO A.M., TABONI B., VAGNON F. (in prep.), *Study for the susceptibility analysis of debris flow phenomena in mountain areas supported by numerical modeling: the case study of Val Canè (Italian Alps)*.
- CHIESA S., MICHELI P., CARIBONI M., TOGNINI P., MOTTA D., LONGHIN M., ZAMBOTTI G., MARCATO E., FERRARIO A., FERLIGA C. (2011), *Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 - Foglio 041 Ponte di Legno*, Servizio Geologico d'Italia, Organo Cartografico dello Stato.
- CHOW V.T. (1959), *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Classic Textbook Reissue, McGraw-Hill Book Company.
- CHOW W.L. (1956), *Estimating hydraulic roughness coefficients*, Agricultural Engineering, vol. 37, no. 7, pp.: 473-475, July.
- GUMBEL E.J. (1941), *The Return Period of Flood Flows*, Ann. Math. Statist., vol. 12, n. 2, pp.: 163-190.
- REGIONE LOMBARDIA (2017), *Uso e copertura del suolo, Archivio di Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali (DUSAF) 5.0*. Geoportale della Regione Lombardia.

#### RIFERIMENTI WEB

<https://escursionibresciane.blogspot.com/2017/07/valle-di-cane-e-cima-monticello.html>

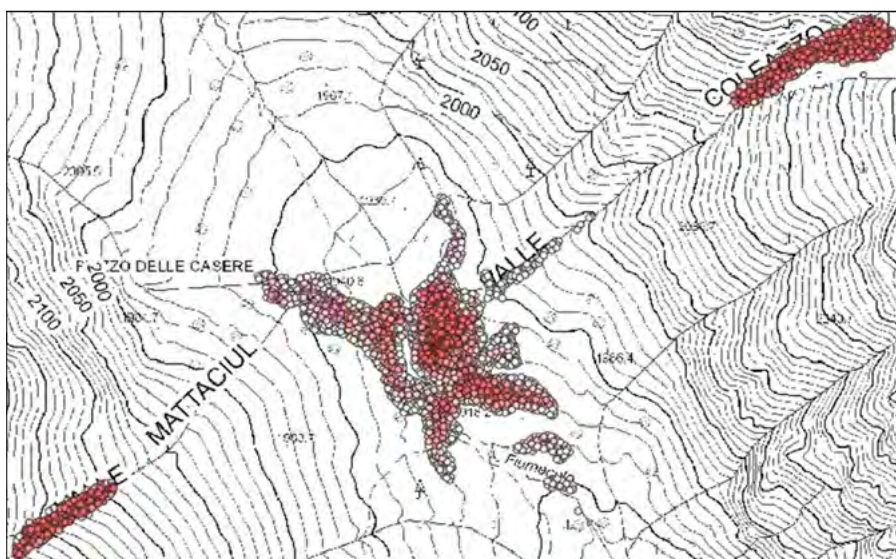


Figura 9. Simulazione di debris flow, condotte tramite applicazione del metodo RES: Le tonalità di rosso corrispondono a diversi spessori (Bonetto *et al.*, in prep.)

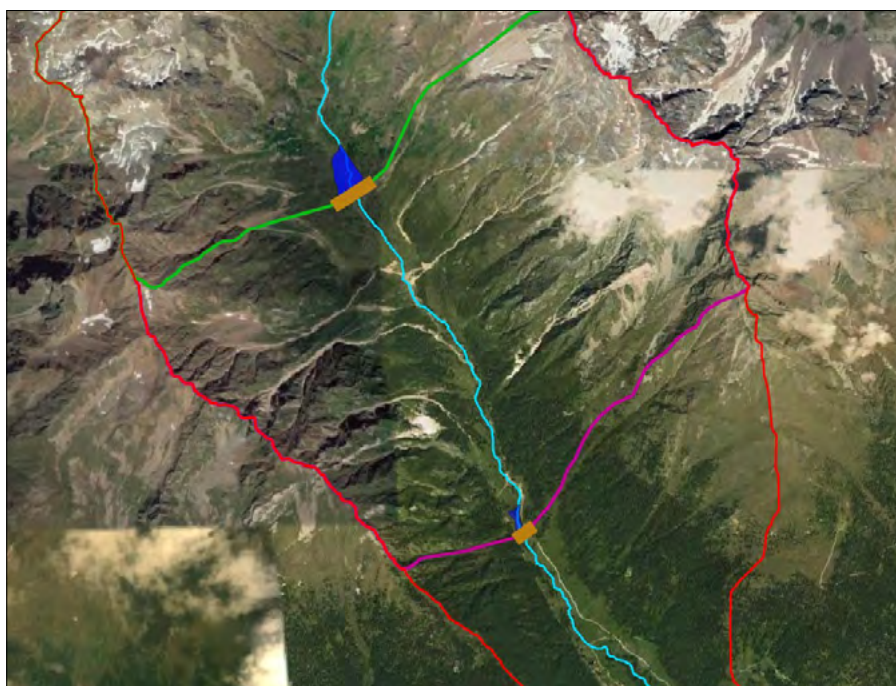


Figura 10. Sbarramenti e retrostanti bacini al colmo ipotizzati per la mitigazione del rischio idrologico dell'abitato di Temù