



Mottolino S.p.A.

REGIMAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO TERMINALE DEL RIN DAL DOMENIN

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO 3: Relazione idrologica idraulica

Committente: **Mottolino S.p.A.**

Via Bondi 473, 23041 Livigno (SO)

Progettisti : Ing. Andrea Menghi (Ordine ing. Sondrio n. 37B)

Geol. Giovanni Songini (Albo geol. Lombardia n. 732)

Rif. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato/Approvato
21_031_PD_R03_Rev0	Giu. 2021	Prima emissione	S.Della Marianna	A.Menghi/G.Songini

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO	5
2.1. CARATTERISTICHE GENERALI DEL BACINO	5
2.2. STIMA DELLA PORTATA DI PIENA	7
2.2.1. Curve di probabilità pluviometrica	7
2.2.2. Valutazione del tempo di corrivazione.....	9
2.2.3. Determinazione della portata liquida	9
2.2.4. Determinazione della portata liquida più solida	10
3. VERIFICA IDRAULICA DEL TRATTO INTUBATO ESISTENTE	12
4. VERIFICA IDRAULICA DELLE SEZIONI DI PROGETTO	13

1. PREMESSA

Per conto di Mottolino S.p.A. è stato redatto il presente progetto definitivo inerente gli interventi di "Regimazione idraulica del tratto terminale del Rin dal Domenin".

Gli interventi proposti, volti alla mitigazione dei rischi idraulici legati ad eventi di colata detritica, prevedono la creazione di una vasca di accumulo della colata detritica con briglia selettiva, il prolungamento del tratto di alveo in scogliera, la sostituzione dell'ultimo tratto intubato con un canale a sezione quadrata ed il rifacimento dei due attraversamenti carrabili a quota 1840 m e 1818 m.

Di seguito si riportano le sezioni tipologiche delle opere in progetto.

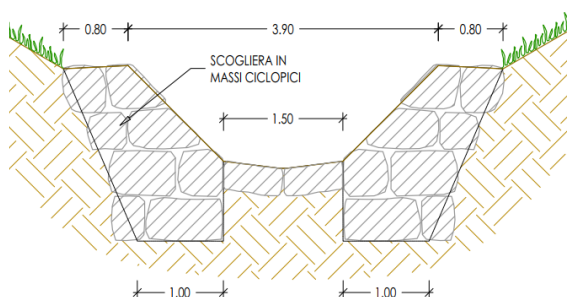


Figura 1.1 - Sezione tipologica canale in scogliera

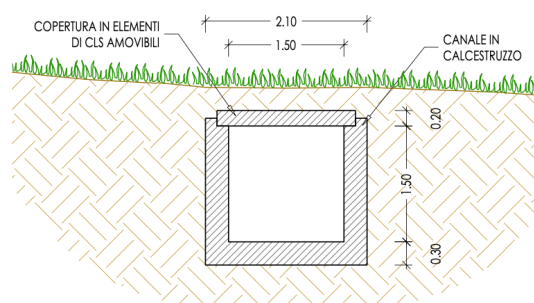


Figura 1.2 - Sezione tipologica canale in CA

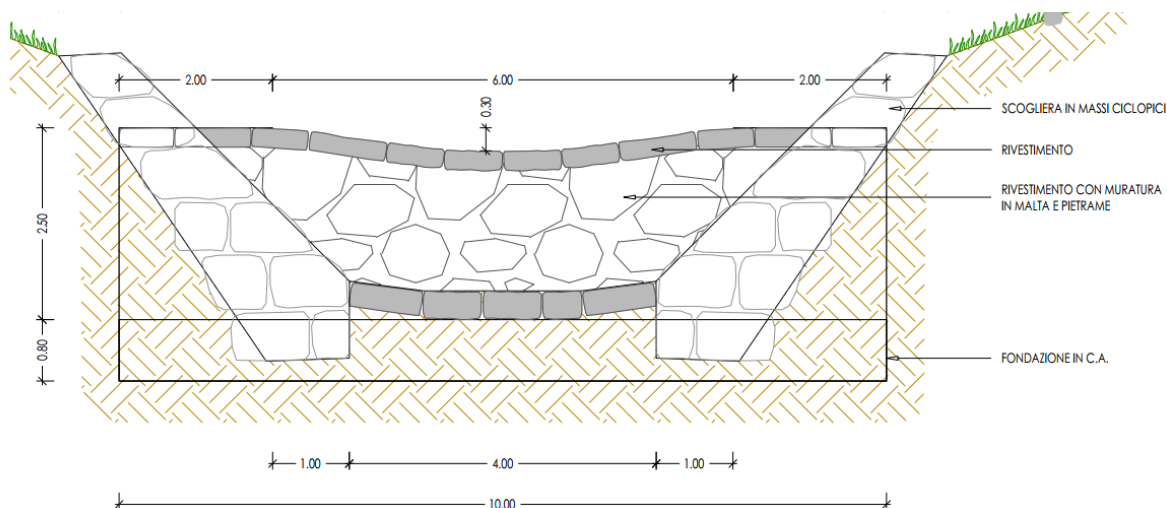


Figura 1.3 - Dettaglio soglia, delimitazione della vasca a monte

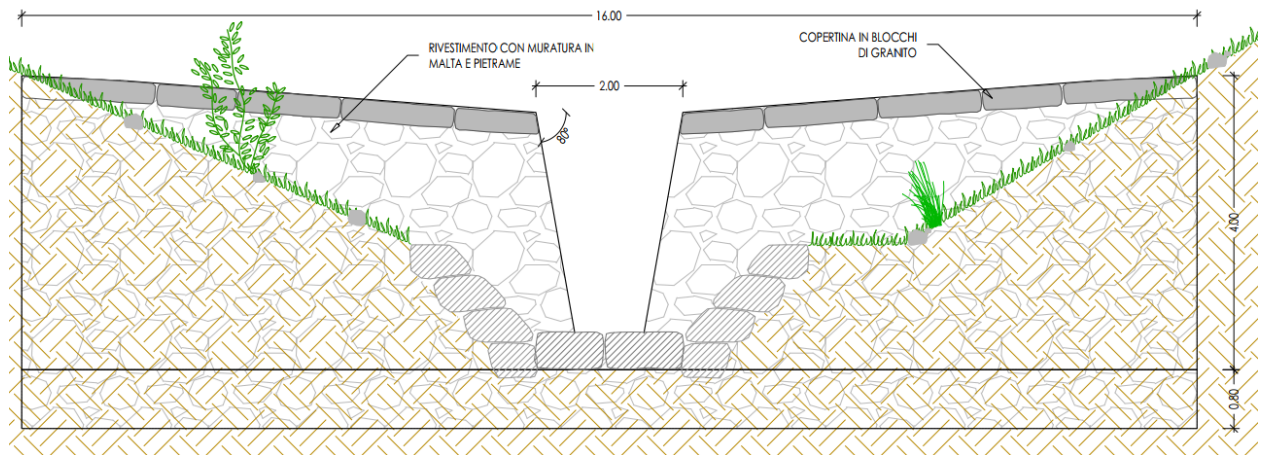


Figura 1.4 – Dettaglio briglia selettiva in calcestruzzo armato rivestita in malta e pietrame

La presente relazione illustra le verifiche idrauliche condotte per il dimensionamento della vasca di ritenuta e della sezione dei due diversi canali: canale a sezione trapezia in scogliera e canale a sezione rettangolare in calcestruzzo armato.

2. DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

2.1. Caratteristiche generali del bacino

Il torrente Rin dal Domenin, riferito alla sezione di chiusura di quota 1840 m slm (attuale punto di inizio del tratto intubato), drena un modesto bacino (circa 0,55 km²) caratterizzato da profondi strati di terreno glaciale - gravitativo mobilizzabile.

I depositi affioranti sono uno strato caotico costituito da ghiaia e sabbia in una matrice più fine di limo e argilla.

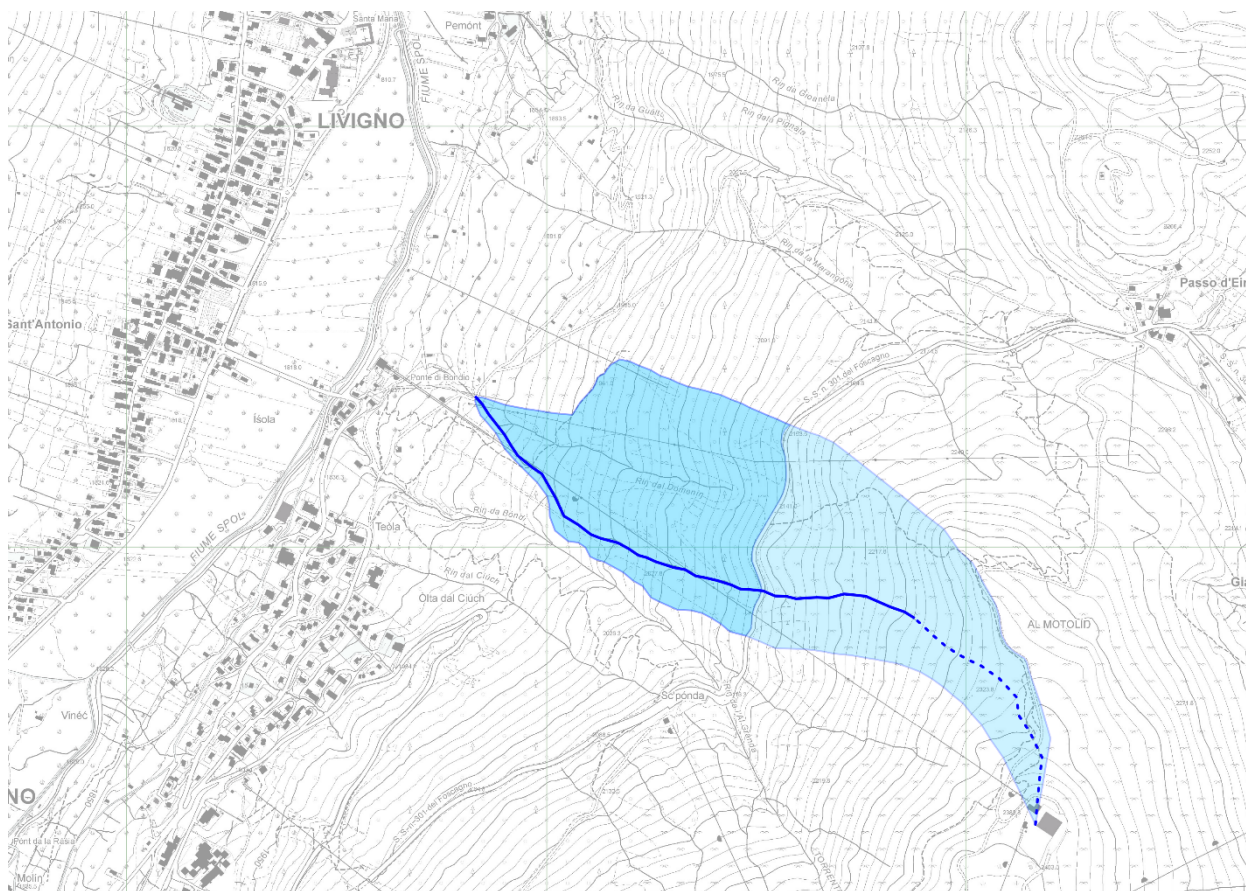


Figura 2.1 - Rappresentazione del bacino idrografico su base CTR

L'asta principale del torrente è caratterizzata da uno sviluppo di circa a 1300 m e, quasi ovunque, da una modesta incisione del versante, rappresentativa delle ridotte portate ordinarie che caratterizzano il corso d'acqua.

A seguito della relazione del professor Paoletti che indicava come punto critico l'imbocco del tratto tombato è stato realizzato un tratto di alveo in scogliera e selciato a secco con una vasca per ovviare il problema.

La pendenza media della zona attiva è in media del 31% con picchi che superano il 40%, mentre la pendenza media del conoide si aggira attorno al 17%.

Non ci sono evidenze di fenomeni di dissesto di grossa magnitudo originati da smottamenti né di fenomeni erosivi generati dalle acque di ruscellamento superficiale in condizioni di piena concomitanti con eventi temporaleschi.

Il bacino, come si vede nella Figura 2.1, è stato diviso in corrispondenza della Strada Statale n. 301 del Foscagno. Il bacino di valle, delimitato a valle dalla sezione di chiusura e a monte dalla strada e di superficie di circa $0,3 \text{ km}^2$, viene considerato per il calcolo della magnitudo intesa come il volume massimo mobilizzabile nel bacino. Il tratto di bacino a monte della strada non è considerato per il calcolo della magnitudo dato che la strada forma una rottura di pendenza sufficiente per il deposito della portata solida.

La magnitudo è stata stimata secondo le formule empiriche esistenti in bibliografia secondo le linee guida SIBCA di Regione Lombardia, come riportato nell'Elaborato 2 – Relazione Geologica.

La stima della magnitudo per il bacino di riferimento varia tra i 2500 e i 5150 m^3 .

2.2. Stima della portata di piena

La stima della portata di piena è stata basata sulla conoscenza delle curve di possibilità pluviometriche dell'area di studio applicando un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

2.2.1. Curve di probabilità pluviometrica

Per la determinazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) si è proceduto alla consultazione dei valori ottenuti dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia.



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Rin dal Domenin (Livigno)*
Coordinate: 10.145487, 46.536917

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 15,33
N - Coefficiente di scala 0,469
GEV - parametro alpha 0,2596
GEV - parametro kappa -0,1878
GEV - parametro epsilon 0,7783

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,87680	1,22806	1,50534	1,81066	2,27240	2,67542	3,13311
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	13,4	18,8	23,1	27,8	34,8	41,0	48,0
2	18,6	26,1	31,9	38,4	48,2	56,8	66,5
3	22,5	31,5	38,6	46,5	58,3	68,7	80,4
4	25,8	36,1	44,2	53,2	66,7	78,6	92,0
5	28,6	40,0	49,1	59,0	74,1	87,2	102,2
6	31,1	43,6	53,5	64,3	80,7	95,0	111,3
7	33,5	46,9	57,5	69,1	86,8	102,2	119,6
8	35,6	49,9	61,2	73,6	92,4	108,8	127,4
9	37,7	52,8	64,7	77,8	97,6	114,9	134,6
10	39,6	55,4	67,9	81,7	102,6	120,8	141,4
11	41,4	58,0	71,1	85,5	107,3	126,3	147,9
12	43,1	60,4	74,0	89,0	111,7	131,5	154,0
13	44,8	62,7	76,8	92,4	116,0	136,6	159,9
14	46,3	64,9	79,6	95,7	120,1	141,4	165,6
15	47,9	67,0	82,2	98,8	124,1	146,1	171,0
16	49,3	69,1	84,7	101,9	127,9	150,5	176,3
17	50,8	71,1	87,1	104,8	131,6	154,9	181,4
18	52,1	73,0	89,5	107,7	135,1	159,1	186,3
19	53,5	74,9	91,8	110,4	138,6	163,2	191,1
20	54,8	76,7	94,0	113,1	142,0	167,2	195,7
21	56,0	78,5	96,2	115,7	145,3	171,0	200,3
22	57,3	80,2	98,3	118,3	148,5	174,8	204,7
23	58,5	81,9	100,4	120,8	151,6	178,5	209,0
24	59,7	83,6	102,4	123,2	154,6	182,1	213,2

Figura 2.2 - Valori tabulati della Curva di possibilità pluviometrica riferita al bacino del t. Rin dal Domenin (ARPA)

Nelle figure Figura 2.2 e Figura 2.3 si riportano i dati forniti dal portale per la costruzione delle linee segnalatrici per eventi di breve durata e forte intensità, di riferimento per bacini dalle caratteristiche analoghe a quelle del bacino del t. Rin dal Domenin (ridotti tempi di corrivazione).

Nella formulazione analitica della linea segnalatrice h_T rappresenta l'altezza di pioggia (in mm), D la durata della stessa (in ore), a_1 , n e w_t sono parametri variabili a seconda della località considerata e del tempo di ritorno dell'evento. Nel contesto delle verifiche idrauliche condotte si è adottato per l'evento di progetto quale tempo di ritorno di riferimento 100 anni.

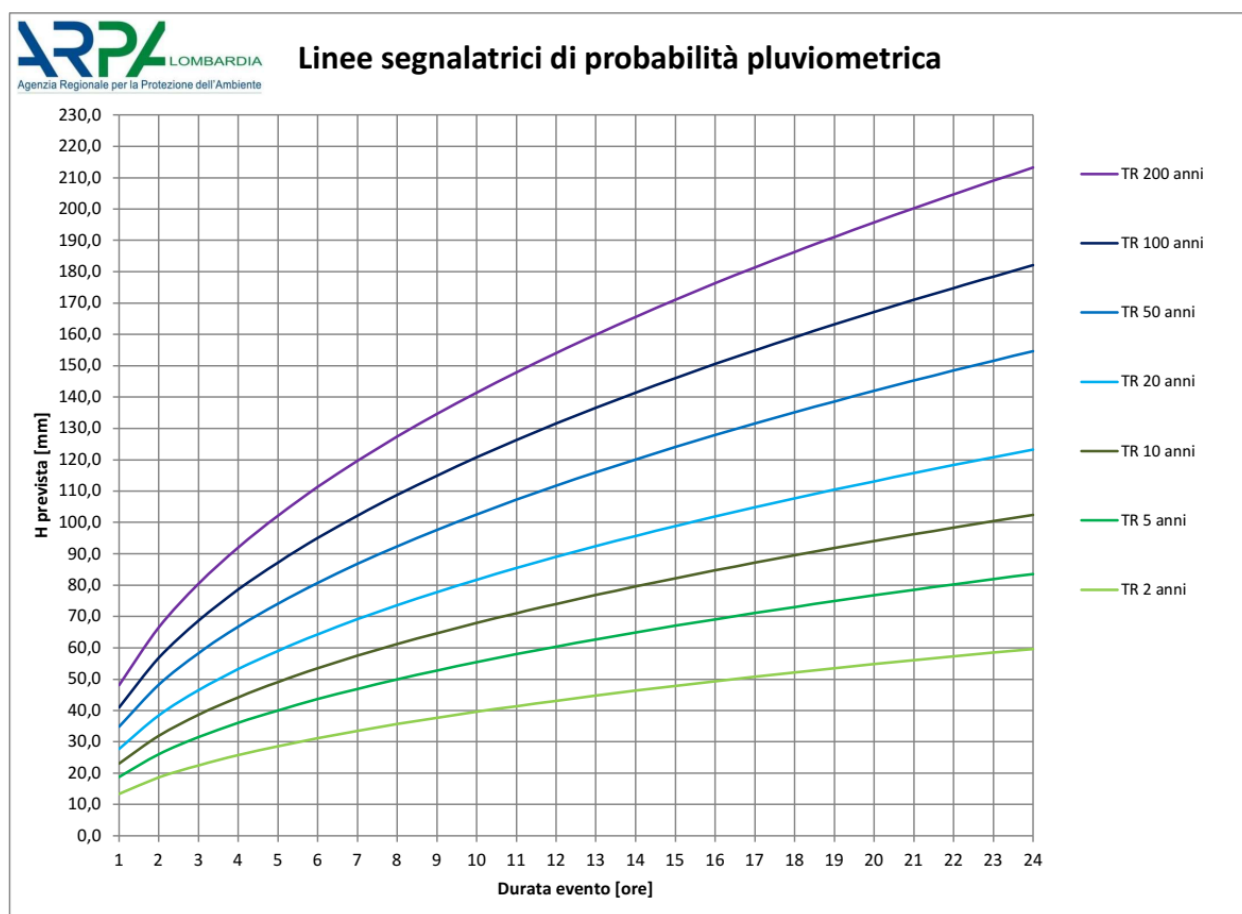


Figura 2.3 Rappresentazione della Curva di possibilità pluviometrica riferita al bacino del t. Rin dal Domenin (ARPA)

I parametri di riferimento sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 2.1 - valori dei parametri della CPP ottenuti da ARPA Lombardia

	a_1 [mm/h ⁿ]	n [-]	w_t [-]
TR 100 anni	15,33	0,469	2,67542

Data la morfologia e l'ampiezza del bacino idrico sotteso, come modello di trasformazione afflussi in deflussi è stato applicato il metodo razionale.

Il modello, utilizzato per bacini a risposta rapida, è di tipo cinematico: il volume di pioggia caduto sul bacino si trasferisce, dopo un tempo t alla sezione finale sotto forma di deflusso diretto, con una riduzione dovuta alle perdite espressa dal coefficiente di deflusso C .

La formula per il calcolo della portata si basa su diverse ipotesi: l'intensità di pioggia è considerata costante nel tempo e nello spazio; le perdite sono costanti nel tempo; il modello di trasformazione afflussi-deflussi è lineare; la pioggia che produce l'idrogramma con portata al colmo più elevata, a parità di tempo di ritorno, è quella di durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

Nella Tabella sottostante si riportano i dati caratteristici del bacino idrografico di studio.

Tabella 2.2 - Caratteristiche geometriche del bacino idrografico del t. Rin dal Domenin

Quota sez. di chiusura HSC	Quota max bacino HMAX	Lunghezza asta principale L	Lunghezza planimetrica asta principale L	Pendenza media bacino S	Superficie bacino A
(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(m)	(%)	(ha)
1872	2260	1307,94	1244,91	31	54,60

2.2.2. Valutazione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione T_C del bacino (tempo impiegato dalla particella d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano) è valutato applicando le relazioni empiriche più diffuse, che consentono la valutazione del tempo di corrivazione sulla base di parametri morfometrici del bacino imbrifero.

Il tempo di corrivazione T_C è stato ricavato con la formula di Kirpich il metodo che più si adatta a piccoli bacini collinari come quello considerato:

$$T_C = 0.000325 \times L^{0.77} S^{-0.385}$$

dove L è la lunghezza planimetrica del corso d'acqua principale (espresso in piedi) e S è la pendenza media del bacino.

Il tempo di corrivazione del bacino calcolato è pari a $T_C = 0,18 \text{ ore} = 10,91 \text{ min}$

2.2.3. Determinazione della portata liquida

La portata al colmo di un idrogramma di piena generato da una pioggia di intensità i (mm/ora) e di durata pari al tempo di corrivazione T_C del bacino, è data semplicemente dalla relazione:

$$Q_l = C \cdot h_c \cdot \left(\frac{A}{T_C} \right) / 3,6$$

Dove C è il coefficiente di deflusso, h_c è l'altezza di corrivazione espressa in mm, A è l'area del bacino espressa in km² e T_C è il tempo di corrivazione espresso in ore.

La stima del coefficiente di deflusso C è estremamente difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata. Il 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. Come solitamente accade si è fatto riferimento a valori di riferimento presi da letteratura.

Cautelativamente si è adottato un coefficiente di deflusso pari a 0,22. I coefficienti di piena corrispondenti e la relativa portata di progetto ($T = 100$ anni) sono riportati nella

Tabella 2.3.

Tabella 2.3 - Determinazione della portata liquida centennale del t. Rin dal Domenin

C	T_c (min)	i (mm/h)	Q_l (m ³ /s)
0,22	10,91	101,43	3,384

La portata liquida, come accennato in precedenza, è molto simile alla portata liquida calcolata nello studio del reticolo minore del 2004 condotto dallo Studio Paoletti Ingegneri Associati:

$$Q_l = 3,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.4. Determinazione della portata liquida più solida

La stima di una portata solida è funzione, oltre che delle caratteristiche idrologiche e morfometriche del bacino, e quindi della portata liquida, della disponibilità di sedimenti presente in alveo e nelle principali aree di frana.

La determinazione della portata solida è calcolata considerando l'intera portata liquida calcolata sull'area delimitata a valle dalla sezione di chiusura del bacino a quota 1872 m slm e a monte dalla Strada Statale n. 301 del Foscagno.

La valutazione della portata di picco da colata è stata calcolata con tre diversi metodi: Takahashi, Ou-Mizuyama e D'Agostino.

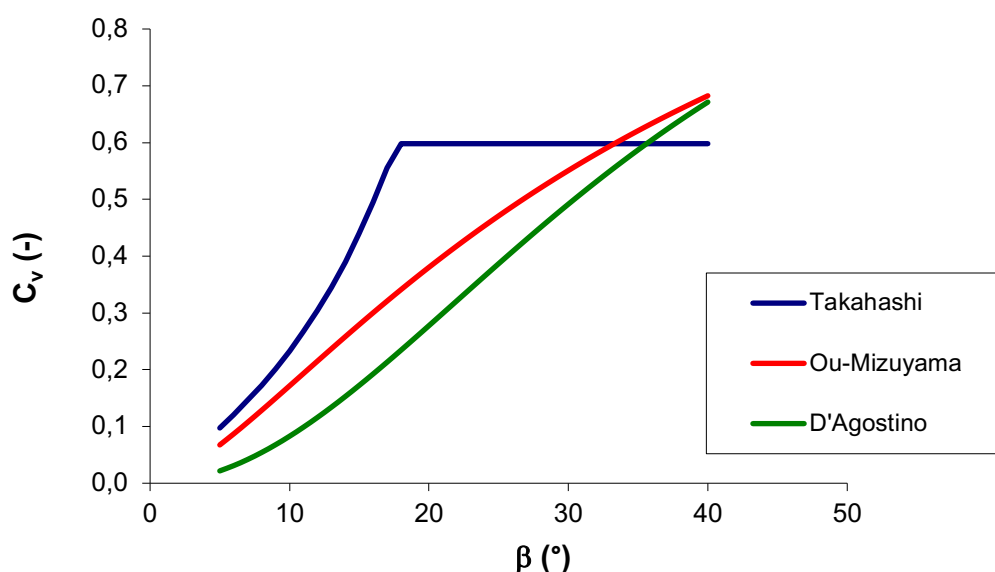


Figura 2.4 - Andamento della concentrazione solida di equilibrio in funzione della pendenza dell'asta torrentizia secondo varie formulazioni di letteratura

Si è scelto di utilizzare il metodo volumetrico proposto da Takahashi, con le modifiche proposte da D'Agostino et al. (2003), il metodo più conservativo dei tre. La procedura tiene conto:

- della concentrazione di massimo impaccamento dei grani;
- della concentrazione solida di equilibrio della colata nel corso dell'evento;
- della pendenza media del corso d'acqua a monte del conoide.

La valutazione della portata di picco del debris-flow tiene in considerazione diversi parametri del terreno:

- l'angolo di attrito interno del materiale;
- la densità dei sedimenti;
- la concentrazione statica.

Utilizzando la pendenza β del tratto d'alveo nella zona potenzialmente più attiva (circa 16°), è stata determinata la concentrazione di equilibrio al picco di portata C_{eq} pari a 0,49.

Di seguito è riportato il debrisgramma:

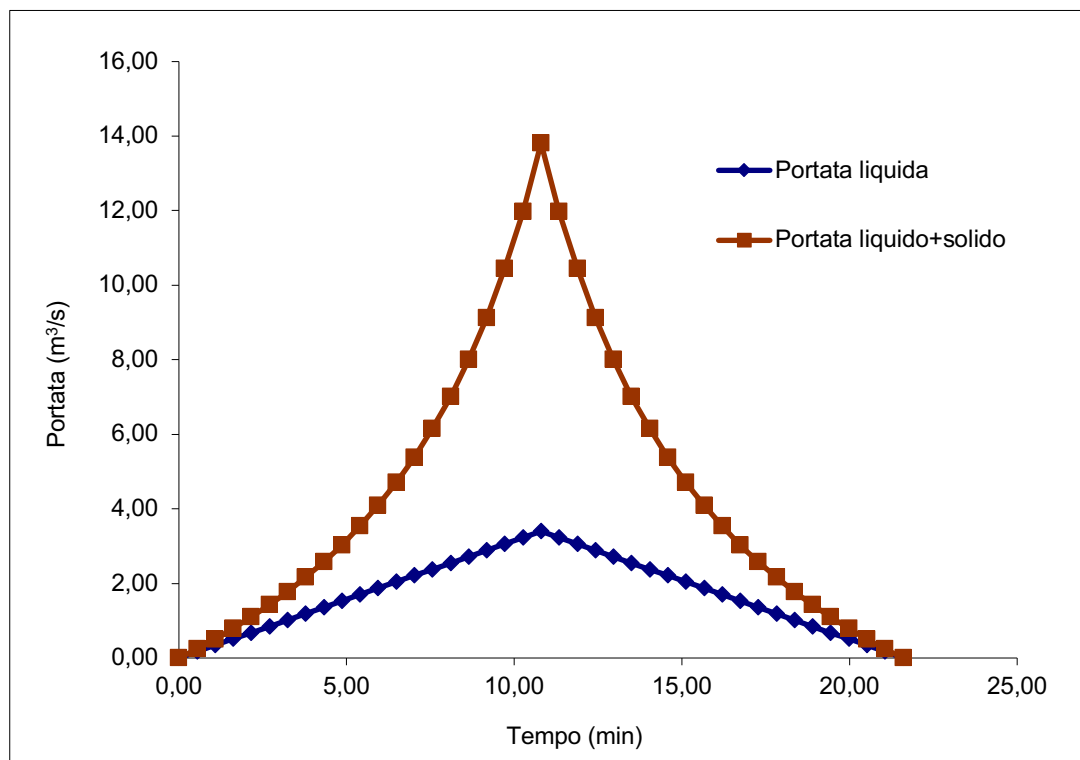


Figura 2.5 - Debrisgramma per un $T_R = 100$ anni

Il volume di sedimenti totale calcolato è pari a 3690 m^3 , ne deriva quindi la necessità di realizzare una vasca della capacità di circa 4000 m^3 , capace quindi di contenere fenomeni di colata con tempo di ritorno di 100 anni.

3. VERIFICA IDRAULICA DEL TRATTO INTUBATO ESISTENTE

La sezione del tratto intubato è stata oggetto di una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza fornito dalla relazione di Manning:

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

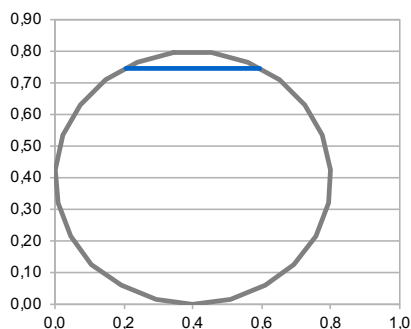
nella quale i simboli assumono il seguente significato:

- Q è la portata liquida di riferimento in m^3/s ;
- n è il coefficiente di conduttanza idraulica di Manning in $s/m^{1/3}$;
- A è l'area della sezione bagnata in m^2 ;
- R è il raggio idraulico in m (rapporto tra A ed il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- i è la pendenza dell'alveo in m/m .

La portata liquida di riferimento è quella avente TR 100 anni e pari a $3,40 m^3/s$ (vedi cap. 2.2.3).

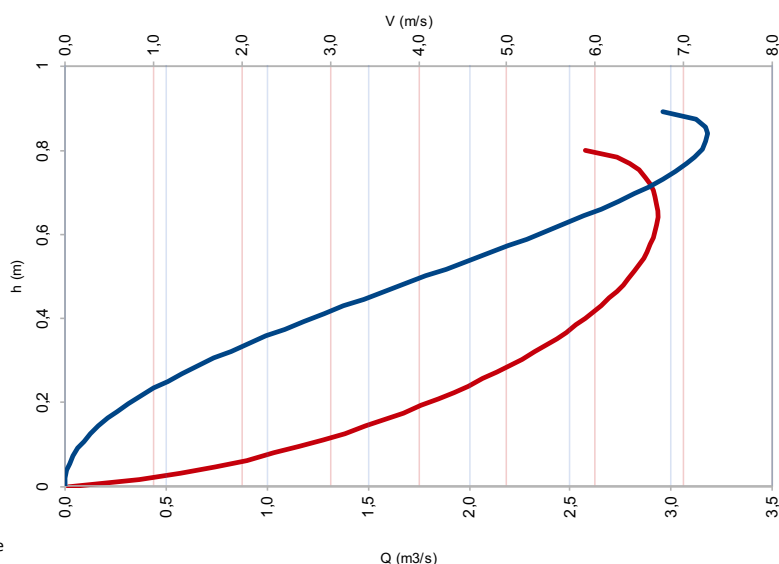
Quale pendenza di verifica è stata assunta quella in corrispondenza degli attraversamenti, stimata pari a circa al 5%; il profilo medio del tratto d'asta nell'area estesa si attesta sempre su valori superiori al 15%, a conferma dell'approccio prudenziale della verifica.

Utilizzando il coefficiente di Manning del tratto intubato in calcestruzzo per acque bianche pari a $0,013 s/m^{1/3}$, il tubo esistente di diametro interno pari a 80 cm non risulta verificato per la portata liquida di riferimento.



Verifiche	
Q	3,180 m^3/s
h	0,746 m
v	6,517 m/s
A	0,488 m^2
R_h	0,233 m
ξ	60,350
Fr	2,410

— Scala delle portate
— Scala delle velocità



4. VERIFICA IDRAULICA DELLE SEZIONI DI PROGETTO

Le due sezioni tipologiche di progetto del canale sono state oggetto di una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza fornito dalla relazione di Manning:

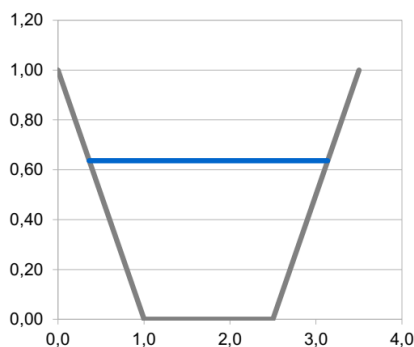
$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

nella quale i simboli assumono il seguente significato:

- Q è la portata liquida di riferimento in m^3/s ;
- n è il coefficiente di conduttanza idraulica di Manning in $s/m^{1/3}$;
- A è l'area della sezione bagnata in m^2 ;
- R è il raggio idraulico in m (rapporto tra A ed il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- i è la pendenza dell'alveo in m/m .

La portata liquida di riferimento è quella avente un tempo di ritorno 100 anni e pari a $3,40 m^3/s$ (vedi capitolo 2.2.3).

Tipo sezione:	Trapezia	→	base	1,500 m
i (%)	2,50%		altezza	1,000 m
n_{manning} generale	0,035		β_1	45,000 °
Verifica di Q =	3,4		β_2	45,000 °



Verifiche	
Q	3,400 m^3/s
h	0,636 m
v	2,501 m/s
A	1,359 m^2
R_i	0,412 m
ξ	24,645
Fr	1,001

— Scala delle portate
— Scala delle velocità

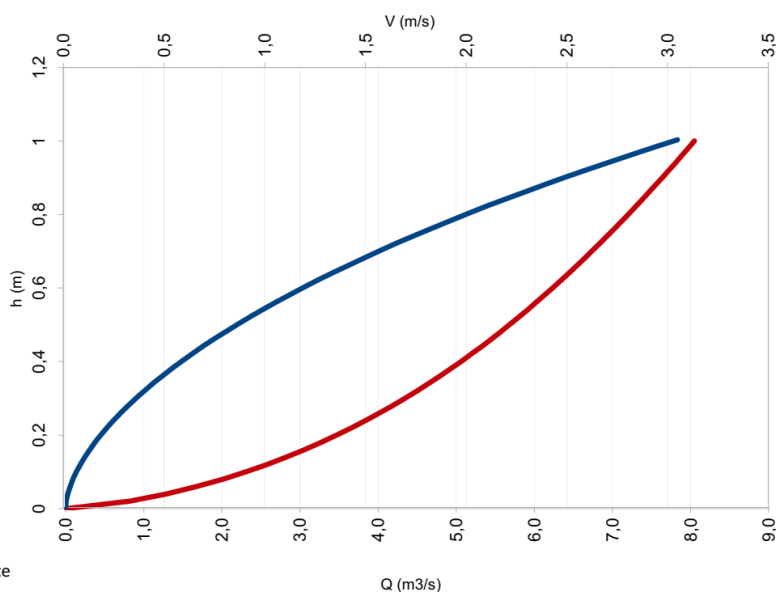
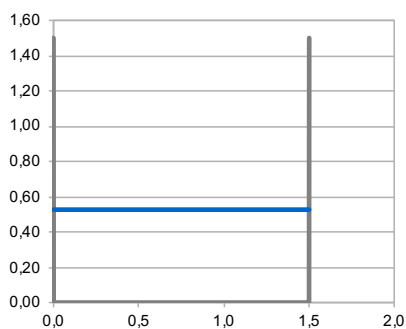


Figura 4.1 - Scheda illustrativa dei risultati della verifica idraulica del canale a sezione trapezia in scogliera a secco

SEZIONE DI VERIFICA

Tipo sezione:	Rettangolare	→	base	1,500 m
i (%)	2,00%		altezza	1,500 m
$n_{\text{manning}} \text{ generale}$	0,015			
Verifica di Q =	3,41			



Verifiche	
Q	3,410 m ³ /s
h	0,527 m
v	4,313 m/s
A	0,790 m ²
R_h	0,309 m
ξ	54,828
Fr	1,898

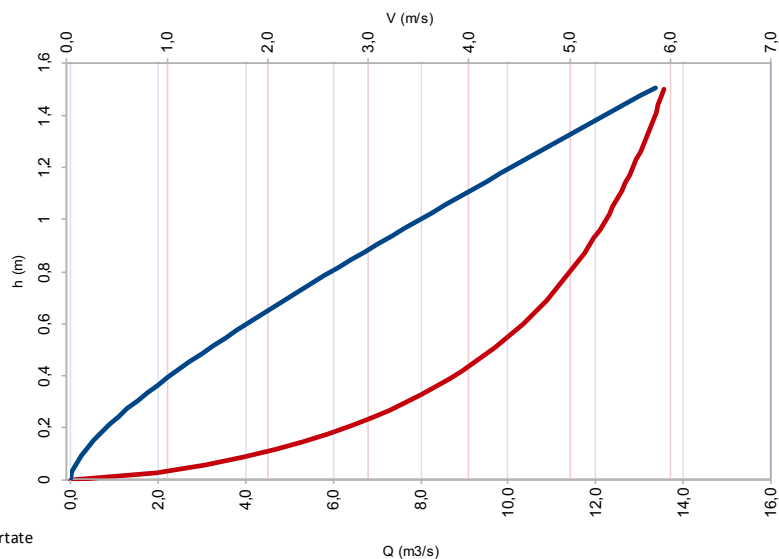


Figura 4.2 - Scheda illustrativa dei risultati della verifica idraulica del canale in calcestruzzo