



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO  
AGENZIA PROVINCIALE OPERE PUBBLICHE  
SERVIZIO OPERE CIVILI

UFFICIO PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI



COMUNE DI TESERO  
LAVORI PUBBLICI E AMBIENTE



Lavori di adeguamento dello  
stadio del fondo a Lago di Tesero  
UF3

FASE PROGETTO :

PROGETTO DEFINITIVO

CATEGORIA :

AMBIENTE

TITOLO TAVOLA :

STUDIO DI COMPATIBILITA' ATTRAVERSAMENTO RIO DEL MATON

|          |         |         |                 |              |             |                 |           |             |
|----------|---------|---------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|-------------|
| C. SIP:  | C. SOC: | SCALA : | FASE PROGETTO : | TIPO ELAB. : | CATEGORIA : | PARTE D'OPERA : | N° PROGR. | REVISIONE : |
| E-90/000 | 5360    | -       | D               | R            | 220         | UF3             | 002       | -           |

PROGETTO ARCHITETTONICO:

PROGETTO STRUTTURE :

PROGETTO IMPIANTI TERMOMECCANICI:

STUDIO DI COMPATIBILITA' OPERA DI PRESA AVISIO:

ing. Giordano FARINA

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI:

ing. Renato COSER

Visto ! IL DIRIGENTE:

ing. Marco GELMINI

RELAZIONE GEOLOGICA:

geol. Mirko DEMOZZI

PIANO DELLE SERVITU':

geom. Sebastian GILMOZZI

Visto ! IL DIRETTORE DELL'UFFICIO :

arch. Silvano TOMASELLI

CSP:

ing. Fabio GANZ

STUDI DI COMPATIBILITA' AREA PISTE:

ing. Matteo GIULIANI

IL COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTO:

ing. Gabriele DEVIGILI



## Indice

|     |                                                                                           |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | Oggetto .....                                                                             | 4  |
| 2   | Carta di Sintesi della Pericolosità.....                                                  | 6  |
| 3   | Analisi storica degli eventi alluvionali .....                                            | 8  |
| 4   | Geologia, uso del suolo e CN .....                                                        | 9  |
| 5   | Caratteristiche generali dell’analisi idrologica .....                                    | 11 |
| 5.1 | Modello geomorfologico AdB-ToolBox.....                                                   | 11 |
| 5.2 | Dati in input .....                                                                       | 12 |
| 6   | Analisi idrologica del Rio del Maton.....                                                 | 15 |
| 6.1 | Bacino imbrifero e portata al picco.....                                                  | 15 |
| 6.2 | Idrogramma di colata .....                                                                | 21 |
| 7   | Interventi previsti per l’attraversamento del Rio del Maton .....                         | 23 |
| 8   | Verifica idraulica degli interventi previsti per l’attraversamento del Rio del Maton..... | 25 |
| 9   | Bibliografia.....                                                                         | 26 |

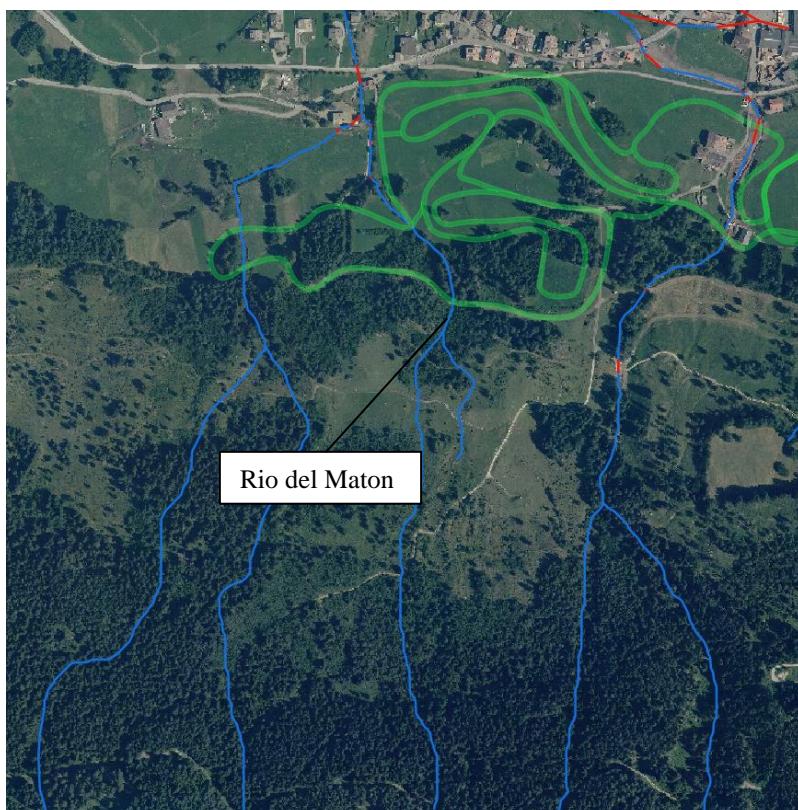
## 1 Oggetto

Il presente documento rappresenta la relazione di compatibilità del breve tratto dell'attraversamento intubato del Rio del Maton lungo la pista da sci previsto nel progetto “*Lavori di adeguamento dello Stadio del Fondo a Lago di Tesero*” – UF3 realizzato nell'ambito degli interventi previsti per le Olimpiadi invernali Milano – Cortina 2026.

Al fine di valutare la compatibilità delle opere previste per l'adeguamento dello Stadio del Fondo rispetto alla classificazione introdotta dalla Carta di Sintesi della Pericolosità è stato realizzato uno studio idrologico-idraulico dei compluvi che interessano l'intera area.

Si sottolinea che il rivo identificato nell'area in esame e analizzato nel citato studio risulta dalla combinazione delle informazioni disponibili dal portale geocartografico PAT e delle informazioni raccolte in campo nel corso dei sopralluoghi svolti.

Il rivo analizzato è denominato dal database provinciale “idrfiu\_tt” (Portale Geocartografico Trentino) come A1Z4A400500020020001 ed è classificato come “non coperto”; nella zona è comunemente conosciuto come Rio del Maton e corrisponde al rivo 2 dello studio di compatibilità idraulica delle opere previste nel progetto “*Lavori di adeguamento dello Stadio del Fondo a Lago di Tesero*”.



**Figura 1.1: Localizzazione del rivo oggetto di analisi nell'area dello Stadio del Fondo di Tesero. In verde sono rappresentate le piste da sci.**

Nel seguito dello studio viene presentata l'analisi idrologica del rivo in oggetto finalizzata a determinare la portata di un evento con tempo di ritorno di 200 anni che possa interessare l'area in esame; inoltre è stato determinato anche l'idrogramma di una colata di detrito ( $T_r = 200$  anni) al fine di verificare l'idoneità delle opere previste.

## 2 Carta di Sintesi della Pericolosità

In data 04/09/2020 sono state approvate dalla Giunta Provinciale le Carte della Pericolosità e la Carta di Sintesi della Pericolosità su tutto il territorio provinciale.

Sulla base della classificazione della pericolosità dei fenomeni geologici, idrologici e nivologici o forestali, derivante dalla combinazione dei fattori di pericolo e condotta nelle carte della pericolosità previste dalla legge in materia di protezione civile, la Carta di sintesi della pericolosità individua le aree con diversi gradi di penalità (elevata, media, bassa e altri tipi di penalità), dettandone la relativa disciplina urbanistica attraverso gli articoli 15-16-17-18 delle norme del PUP.

Con l'entrata in vigore, in data 02/10/2020, delle Carte della Pericolosità e della Carta di Sintesi della Pericolosità su tutto il territorio provinciale cessano di applicarsi le disposizioni in materia di uso del suolo del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque pubbliche (assetto idrogeologico del PGUAP).

Con riferimento alla Carta della pericolosità alluvionale torrentizia, che descrive e classifica le porzioni del territorio interessate dai fenomeni alluvionali legati al reticolo idrografico torrentizio, si segnala in particolare l'interferenza "HP – pericolosità potenziale" in corrispondenza del compluvio in analisi.

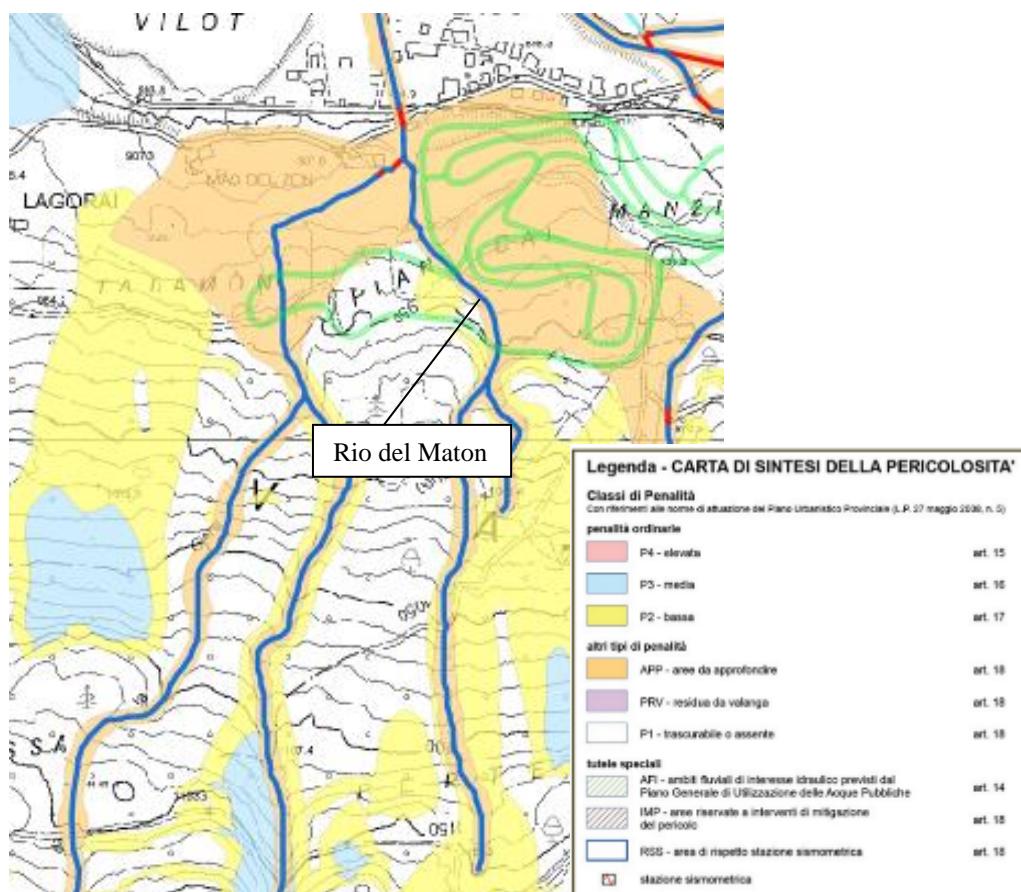


Figura 2.1: Estratto della CSP per il compluvio oggetto di studio.

## Studio compatibilità idraulica – Rio del Maton

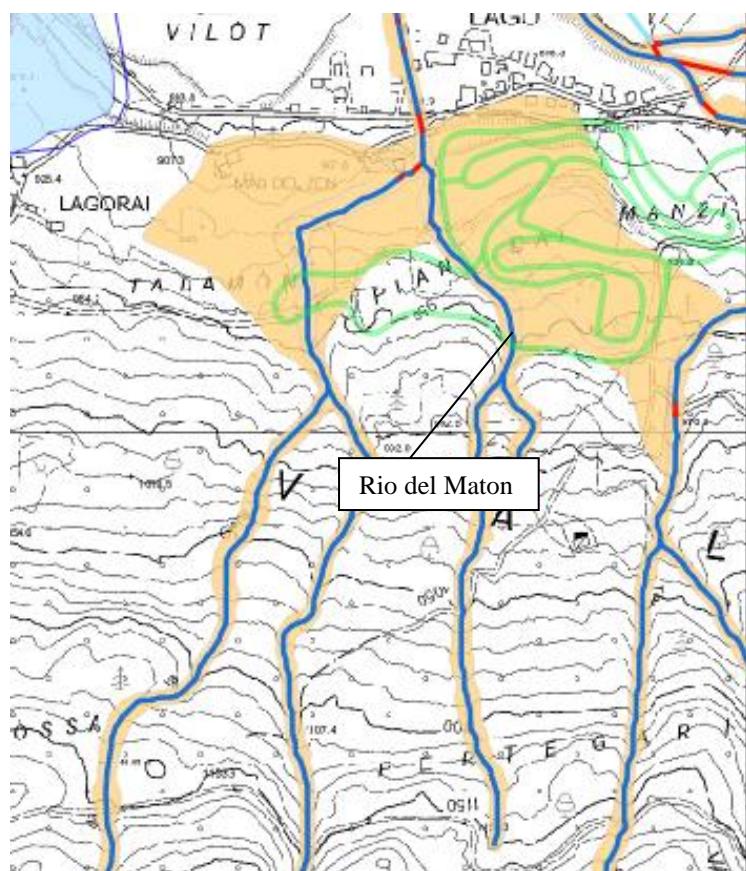


Figura 2.2: Estratto della Carta della Pericolosità Torrentizia per il compluvio oggetto di studio.

### 3 Analisi storica degli eventi alluvionali

L'analisi storica dei principali eventi alluvionali riportati nei testi che raccontano la storia e le origini dei paesi della Val di Fiemme riporta informazioni generiche e riferite al fondovalle, in particolar modo ai danni arrecati dal torrente Avisio.

Facendo riferimento al database del Progetto ARCA (Archivio Eventi Calamitosi) della Protezione Civile del Trentino non è possibile reperire alcune informazioni in merito agli eventi calamitosi più recenti verificatisi nell'area oggetto di studio.

È stata consultata la documentazione relativa agli interventi di sistemazione post Vaia, dalla quale si è visto che il rio del Maton è stato interessato da un modesto trasporto solido che ha intasato l'attraversamento oggetto di studio.

In seguito a tale intasamento è stata posata una tubazione in PVC DN300 che al momento smaltisce l'acqua da monte ma che non è adeguata a sopportare un futuro trasporto solido.

A valle dell'attraversamento d'interesse sono state realizzate delle scogliere di protezione spondale e degli attraversamenti con spalle in c.a e impalcato ligneo (Figura 3.1).



Figura 3.1: Scogliere in massi sul rio del Maton.

Sempre lungo il corso del rio del Maton, a valle della confluenza con il rio del Ricovero, è stata realizzata un'arginatura in massi sulle p.f. 5062/1, 5062/3 e 5062/4.

## 4 Geologia, uso del suolo e CN

Dal punto di vista morfologico il rio oggetto di studio è impostato sul versante sud della Val di Fiemme, di fronte al paese di Tesero. Il versante ha pendenze medie attorno ai 15-25° ed è caratterizzato da incisioni più o meno marcate dove scorrono diverse acque, tra cui quelle del rio in esame.

Il versante è caratterizzato litologicamente da diffusi affioramenti di ignimbriti riolitiche, riconducibili in letteratura alla Formazione di Ora; si tratta di depositi vulcanici effusivi appartenenti alla Piattaforma Porfirica Atesina del Permiano inferiore e superiore. Gli affioramenti sparsi sul versante o all'interno delle incisioni torrentizie sono caratterizzati da un'intensa fratturazione che dà luogo spesso ad un detrito grossolano non coesivo; da un'analisi macroscopica si tratta di ciottoli e blocchi con scarsa matrice ghiaiosa. Le ignimbriti in realtà sono piuttosto diffuse su tutto questo versante, ma spesso sono subaffioranti, ovvero ricoperte da sottili livelli di depositi eluviali e colluviali sui quali però riesce a svilupparsi una copertura vegetale e boschiva.

Le carte della litologia e dell'uso del suolo in dotazione alla PAT permettono di definire la capacità drenante del sistema suolo-soprassuolo e di procedere contestualmente alla determinazione dello ietogramma efficace ai fini del deflusso superficiale. La suddivisione delle piogge viene effettuata attraverso il metodo SCS valutando il valore del parametro Curve Number (CN), indicatore dell'attitudine del complesso suolo-soprassuolo a produrre deflusso superficiale.

La carta dell'uso del suolo permette di caratterizzare la capacità di deflusso del soprassuolo, mentre la carta della permeabilità è rappresentativa del substrato geolitologico, che è dotato di una permeabilità primaria, collegata alle caratteristiche intrinseche della roccia, e di una permeabilità secondaria, rappresentativa dello stato di fratturazione. Le caratteristiche di permeabilità vengono sintetizzate in un unico indice che deriva dalla riclassificazione della carta geolitologica in quattro gruppi idrologici:

- A. *Permeabilità alta*, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi, conducibilità idraulica alta (rocce calcaree fossilifere organogene molto fratturate, depositi alluvionali, falde e coni di detrito, tufi incoerenti, ceneri);
- B. *Permeabilità medio-alta*, suoli con moderata infiltrabilità se saturi, tessitura medio grossolana, conducibilità idraulica media (morene, coltri eluviali e colluviali, sabbie conglomerati e sabbioni cementati, rocce in genere molto fratturate);
- C. *Permeabilità medio-bassa*, suoli con bassa infiltrabilità se saturi, tessitura medio fine, conducibilità idraulica bassa (rocce sedimentarie compatte, rocce dolomitiche compatte, rocce calcaree compatte, rocce fratturate);
- D. *Permeabilità bassa*, alta capacità di deflusso, suoli con ridottissima infiltrabilità se saturi, suoli ricchi di argilla rigonfiante, conducibilità idraulica estremamente bassa (rocce eruttive intrusive e magmatiche, rocce argillose, rocce metamorfiche).

| USO DEL SUOLO                          | CN |    |    |    |
|----------------------------------------|----|----|----|----|
|                                        | A  | B  | C  | D  |
| Fustaia densa di conifere              | 18 | 27 | 40 | 50 |
| Fustaia rada di conifere               | 23 | 32 | 50 | 55 |
| Ceduo scadente                         | 35 | 45 | 58 | 68 |
| Lariceti, cembrete e larici-cembrete   | 40 | 48 | 63 | 75 |
| Pascoli nudi o arborati                | 37 | 50 | 68 | 75 |
| Prati e colture agrarie                | 41 | 47 | 65 | 76 |
| Improduttivo nudo                      | 45 | 55 | 70 | 80 |
| Aree urbanizzate                       | 80 | 85 | 90 | 95 |
| Rupi boscate                           | 40 | 50 | 65 | 75 |
| Arbusteti e mugheste                   | 38 | 45 | 60 | 70 |
| Bosco di latifoglie                    | 25 | 36 | 50 | 55 |
| Pinete di Pino silvestre e/o Pino nero | 38 | 49 | 64 | 73 |
| Piste da sci                           | 50 | 65 | 75 | 80 |
| Zone incendiate                        | 70 | 75 | 80 | 88 |
| Laghi e corsi d'acqua                  | 99 | 99 | 99 | 99 |
| Paludi e zone umide                    | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Ghiacciai                              | 95 | 95 | 95 | 95 |

Tabella 4.1: Parametro CN in funzione dell'uso del suolo e della permeabilità.

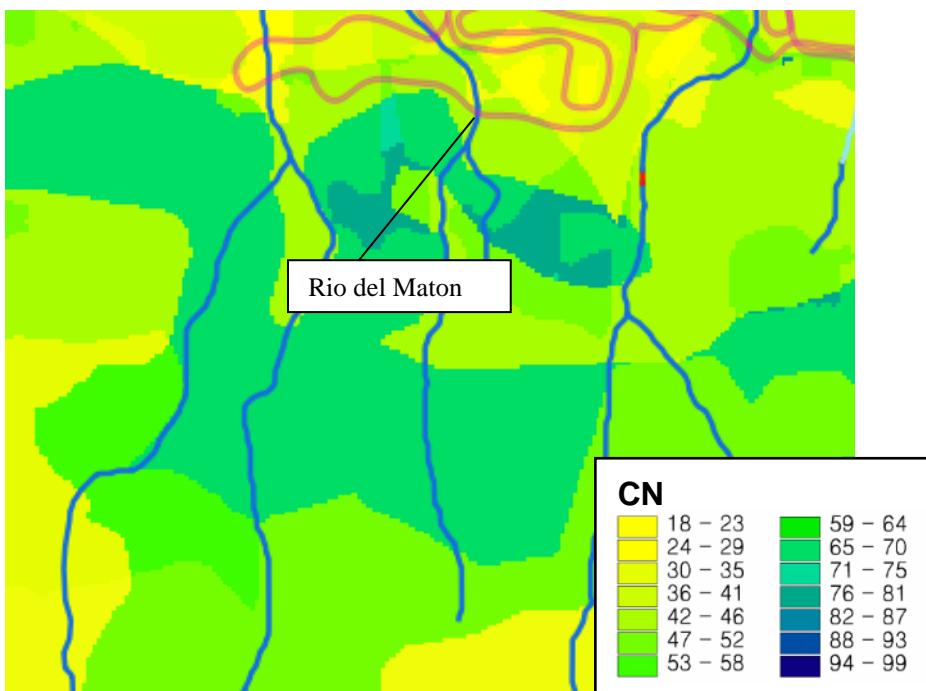


Figura 4.1: Carta del CN per l'area in esame.

|                                                                                   |                                                                                                          |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | Olimpiadi "Milano Cortina 2026" – Lavori di adeguamento<br>dello Stadio del Fondo a Lago di Tesero – UF3 | Data: 06/2023 |
|                                                                                   | Studio compatibilità idraulica – Rio del Maton                                                           |               |

## 5 Caratteristiche generali dell'analisi idrologica

La modellazione idrologica ha per obiettivo la determinazione dell'onda di piena di progetto per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

L'onda di piena rappresenta una delle condizioni al contorno dei modelli idrodinamici a moto vario che solitamente vengono utilizzati per la delimitazione delle aree di esondazione; nel caso specifico è demandata a determinare, per alcuni dei rivi considerati, un'eventuale colata, fenomeno che potrebbe manifestarsi in occasione di eventi pluviometrici estremi.

Per il rivo nella zona in esame, che presenta un bacino imbrifero di dimensioni superiori a 0.1 kmq (limite minimo per il corretto funzionamento del modello afflussi-deflussi utilizzato), l'onda di piena per  $T_r = 200$  anni è stata stimata tramite il modello geomorfologico AdB-ToolBox descritto nel seguito.

### 5.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Si riportano di seguito alcune indicazioni presenti nel manuale d'uso [2].

Il modello adottato propone un'applicazione distribuita dell'approccio geomorfologico combinando le equazioni del Soil Conservation Service per il calcolo della pioggia efficace, il metodo cinematico per la propagazione del deflusso superficiale alla sezione di chiusura e un serbatoio lineare per la simulazione del deflusso di base. Si tratta di un approccio consolidato nella letteratura tecnica e nella pratica operativa le cui potenzialità nei settori della pianificazione territoriale e della progettazione di interventi di difesa idraulica sono note. È tuttavia opportuno evidenziarne alcuni limiti applicativi allo scopo di non incorrere in errate interpretazioni dei risultati forniti dallo strumento stesso. Lo schema modellistico adottato è di tipo semplificato ed è indirizzato a cogliere in modo concettuale i processi ritenuti più importanti nel determinare la risposta idrologica di piena di un bacino idrografico montano. Si ritiene che una superficie di 200-250 km<sup>2</sup> costituisca il limite superiore per l'applicazione del modello. Nei limiti di estensione territoriale indicati, risultati soddisfacenti possono essere ottenuti avendo a disposizione solo i seguenti livelli informativi:

- il modello digitale del terreno per definire la direzione di deflusso, l'area contribuente, il reticolo idrografico;
- la carta del CN;
- i parametri cinematici della propagazione dell'onda di piena ossia la velocità media sul versante e nel canale, di norma rispettivamente prossimi a 0.02 m/s e 2 m/s;

|                                                                                   |                                                                                                          |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | Olimpiadi "Milano Cortina 2026" – Lavori di adeguamento<br>dello Stadio del Fondo a Lago di Tesero – UF3 | Data: 06/2023 |
|                                                                                   | Studio compatibilità idraulica – Rio del Maton                                                           |               |

- i parametri  $a$  e  $n$  della curva di possibilità pluviometrica.

È evidente, peraltro, che la qualità di tali livelli informativi costituisce un presupposto in grado di influenzare direttamente i risultati della simulazione idrologica. Un elevato standard qualitativo dei dati di input è conseguibile con idonee procedure di validazione, ma esso tuttavia non garantisce da solo la validità dei risultati della simulazione stessa. A tale obiettivo si può pervenire solo attraverso una fase di taratura e validazione dei parametri del modello da condurre sulla base di riscontri di natura oggettiva principalmente costituiti da registrazioni idrometriche di eventi di piena realmente accaduti. Tale fase non può che essere messa in atto dagli utenti con specifico riferimento all'area di indagine e utilizzando preferibilmente i quantili derivati da procedure di regionalizzazione statistica dell'informazione idrometrica. Di qualche aiuto può risultare anche la simulazione di alcuni singoli eventi di piena registrati utilizzando una delle opzioni previste dal modello.

## 5.2 Dati in input

Per le simulazioni effettuate nel presente studio, i dati in input utilizzati sono i seguenti.

Il **modello digitale del terreno** (DTM) è un raster ottenuto dal rilievo LIDAR effettuato dalla Provincia Autonoma di Trento nel 2014 ad una risoluzione di 0.5 m ricampionato alla risoluzione di 5 m. L'operazione preliminare è stata quella di "depittare" il DTM con un algoritmo presente in AdB-ToolBox eliminando così le aree concave; fatto ciò, è stato possibile creare gli altri raster per il modello afflussi-deflussi denominati UPSLOPE e FLOWDIR che sono rispettivamente la carta delle aree cumulate e la carta delle direzioni di drenaggio.

In merito al modello del terreno si evidenzia che preliminarmente alle simulazioni si è fatto un confronto tra tre diverse risoluzioni (1 metro, 2 metri e 5 metri) arrivando a definire come ottimale la base cartografica data dal ricampionamento a 5 metri in quanto nei modelli a risoluzione minore viene attribuito troppo peso alle incisioni minori e alle discontinuità offerte ad esempio dai sentieri o dalle strade forestali presenti nell'area in esame. Con la base DTM scelta per le analisi si ottengono dei bacini imbriferi massimizzati dal punto di vista dell'estensione, non frazionati in ulteriori piccole superfici contribuenti, e quindi dimensionati a favore di sicurezza per la successiva analisi idraulica.

La **carta del Curve Number** è ottenuta rasterizzando, con la medesima risoluzione di 5 m, la cartografia provinciale in formato shapefile della geologia e dell'uso del suolo; il file da utilizzare in AdB-ToolBox è denominato CN.

La scelta dei **parametri cinematici** (nel software indicati come "parametri avanzati") è stata guidata dalla calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi effettuata dalla Provincia Autonoma di Trento nel 2003 [1]. Il modello richiede anche altri due parametri che rivestono un peso importante nella definizione dell'idrogramma di progetto per bacini di notevole estensione: "**ARF**" e "parametro geomorfologico **C**".

La variabilità spazio-temporale della precipitazione a scala di bacino è messa in conto tramite il

coefficiente di riduzione dell'area (Area Reduction Factor,  $ARF$ ). In mancanza di informazioni specifiche derivate da approfondimenti a scala locale, si fa riferimento alla funzione di riduzione dei nubifragi ricavata da Moisello e Papiri (1986). In tale relazione empirica il fattore di riduzione (inteso come rapporto tra l'altezza di pioggia media, relativa ad una data area  $A$ , e l'altezza di pioggia puntuale rappresentativa del bacino) risulta dipendente sia dall'area  $A$  che dalla durata della precipitazione  $d$ , secondo la relazione:

$$ARF = 1 - \exp\left(-2.472 \cdot A^{-0.242} \cdot d^{0.6 - \exp(-0.643 \cdot A^{0.235})}\right)$$

Dove l'area è espressa in  $\text{km}^2$ , la durata in ore, e con  $5 \leq A \leq 800 \text{ km}^2$  e  $15' \leq d \leq 12 \text{ h}$ .

Il Fattore geomorfologico  $C$  è un fattore di riduzione delle precipitazioni per grandi bacini, tale riduzione può inglobare fenomeni come l'effetto di laminazione dell'onda di piena e aspetti morfologici come la presenza di aree al di sopra di una certa quota (zero termico) che a causa della temperatura non contribuiscono come le altre al deflusso superficiale. Le precipitazioni sono quindi moltiplicate per un fattore ( $x_{att}$ ), dipendente dalla sola area del bacino  $A$  e applicato solo se l'area supera la soglia  $A_{th}$ :

$$x_{att} = 1 - C \cdot (A - A_{th})$$

Dove  $C$  è un parametro che assume valori normalmente compresi tra 0.0008 e 0.0013.

Per gli altri parametri per i quali non esistono in letteratura indicazioni specifiche, si sono mantenuti i valori di default suggeriti dal software.

I parametri scelti per il bacino imbrifero in esame, riportati nella Tabella 5.1, sono in linea con quanto suggerito in [1]. La classe AMC scelta è la 3, mentre lo ietogramma in input è stato scelto di forma triangolare in quanto tende a massimizzare il valore al picco della piena.

|                                                 |                           |
|-------------------------------------------------|---------------------------|
| Velocità caratteristica di versante             | 0,025 $\text{ms}^{-1}$    |
| Velocità caratteristica di reticolo             | 2,0 $\text{ms}^{-1}$      |
| Valore di soglia per l'area drenata (min – max) | 0,00 - 0,01 $\text{km}^2$ |
| Forma dello ietogramma                          | Triangolare               |
| Classe AMC                                      | 3.0                       |
| Step output dell'idrogramma                     | 5 min                     |

Tabella 5.1: Parametri cinematici utilizzati per l'analisi idrologica del bacino imbrifero in esame.

I valori delle curve di possibilità pluviometrica sono stati forniti dalla Provincia Autonoma di Trento - Dipartimento Protezione Civile e Infrastrutture - Servizio Prevenzione Rischi - Ufficio Previsioni e Pianificazione sotto forma di file raster. Si tratta di tre file raster ( $a_1$ ,  $n$ ,  $CV$ ) che coprono la superficie del bacino imbrifero esaminato, ciascuno dei quali descrive la distribuzione spaziale di un singolo

parametro. Il modello scala-invariante utilizzato è quello di Gumbel e la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica è descritta dalla seguente equazione:

$$h_T(d) = a_1 \cdot \left(1 - \frac{CV \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot (\varepsilon + y_T)\right) \cdot d^n \quad \text{con} \quad y_T = \ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$$

con  $h_T(d)$  valore di precipitazione caratterizzato da un tempo di ritorno T per una durata di pioggia  $d$ ,  $n$ ,  $CV$  e  $a_1$  parametri stimati come di seguito riportato,  $\varepsilon$  numero di Eulero pari a 0.5772157.

I valori dei parametri  $n$ ,  $CV$  e  $a_1$  sono stati stimati sulla base dei dati delle altezze di pioggia massime annuali di durata compresa nell'intervallo 1-24 ore. I valori dei parametri  $n$  ed  $a_1$  sono determinati tramite regressione lineare dei logaritmi delle medie campionarie delle altezze di pioggia massime annuali relative alle diverse durate rispetto ai logaritmi delle corrispondenti durate. Il valore del coefficiente di variazione globale  $CV$  è calcolato come media dei quadrati dei coefficienti di variazione calcolati per i massimi annuali relativi alle durate comprese fra 1 e 24 ore. Per quanto riguarda gli scrosci, l'esponente di scala  $n$  si può ritenere costante sull'intero territorio trentino, con valore pari a 0.366.

Le procedure di analisi sono state applicate sulla base dei valori massimi annuali di precipitazione di breve durata registrati tra il 1923 ed il 2009 in 62 stazioni pluviografiche ubicate nel territorio provinciale. Dette 62 stazioni sono quelle caratterizzate da numerosità campionaria almeno pari a 15 anni per tutte le durate comprese nell'intervallo 1h-24h. Per quanto riguarda il problema di estrapolazione spaziale delle linee segnalatrici, al fine di rendere più affidabile tale valutazione nelle zone ‘di bordo’ prossime ai confini amministrativi provinciali sono stati utilizzati dati di precipitazione massima annuale relativi a diverse stazioni ubicate in province limitrofe (Brescia, Bolzano, Belluno e Vicenza).

Nei capitoli seguenti sono riportate:

- la perimetrazione e le caratteristiche principali del bacino imbrifero contribuente;
- le curve di possibilità pluviometrica utilizzate;
- i risultati dell'analisi idrologica in termini di portata corrispondente ad un evento con  $T_r=200$  anni.

## 6 Analisi idrologica del Rio del Maton

### 6.1 Bacino imbrifero e portata al picco

Il bacino imbrifero sotteso dal rivo oggetto di questo studio (A1Z4A400500020020001) interessa prevalentemente un'area boschata; la delimitazione dello spartiacque è stata eseguita sulla base del rilievo Lidar 2014 della P.A.T. e in tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche morfometriche.

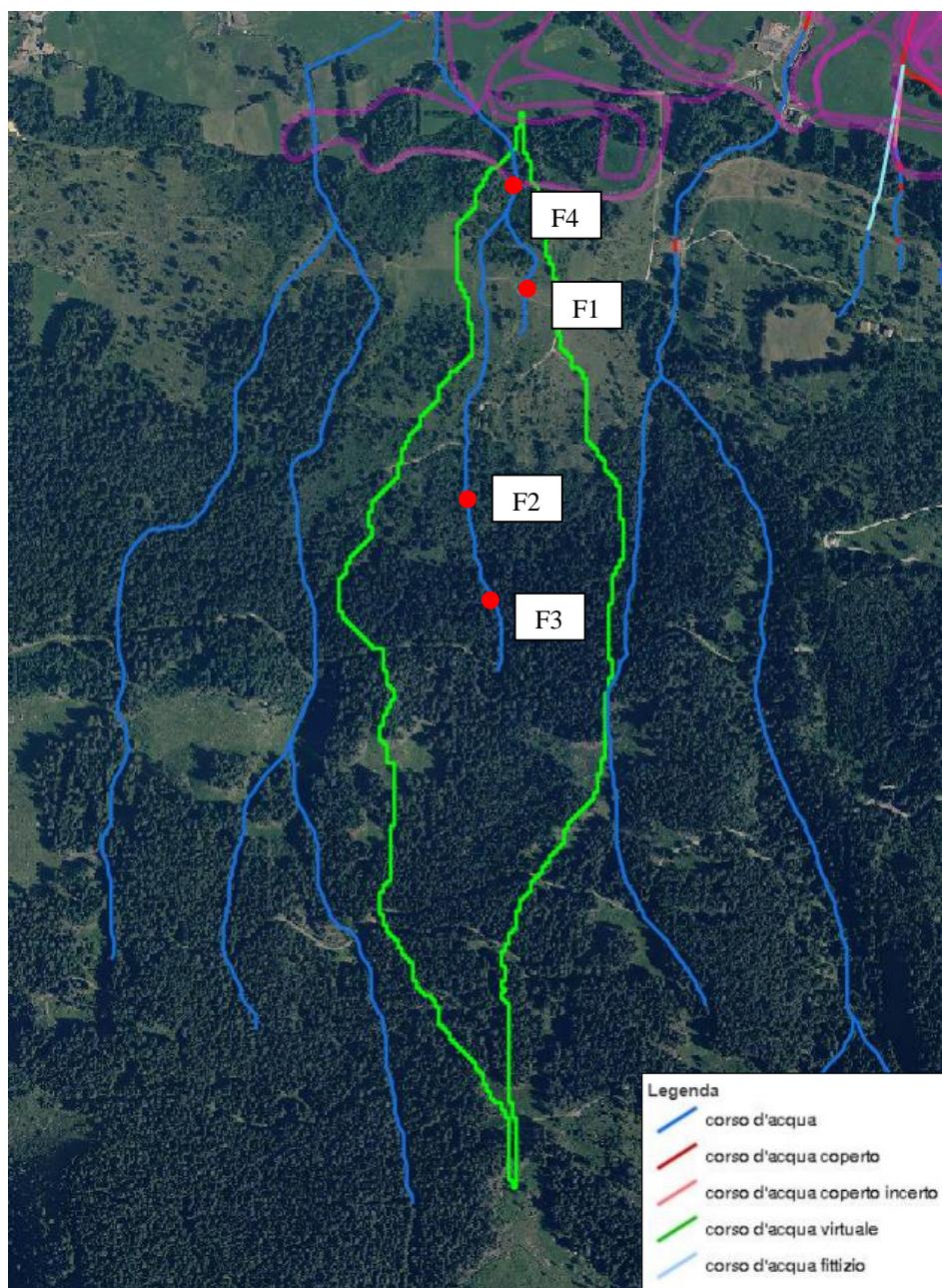


Figura 6.1: Individuazione su Ortofoto PAT 2020 del bacino imbrifero del Rio del Maton. I cerchi ROSSI indicano i punti di scatto fotografici (08/11/2022) e il relativo numero delle foto riportate nel seguito.

| Bacino imbrifero Rio del Maton |         |
|--------------------------------|---------|
| Area Bacino [km <sup>2</sup> ] | 0.27    |
| Altitudine media [m s.l.m.]    | 1152.12 |
| Altitudine minima [m s.l.m.]   | 934.00  |
| Altitudine massima [m s.l.m.]  | 1488.89 |
| Pendenza media del bacino [%]  | 43.11   |

Tabella 6.1: Caratteristiche del bacino imbrifero del Rio del Maton.

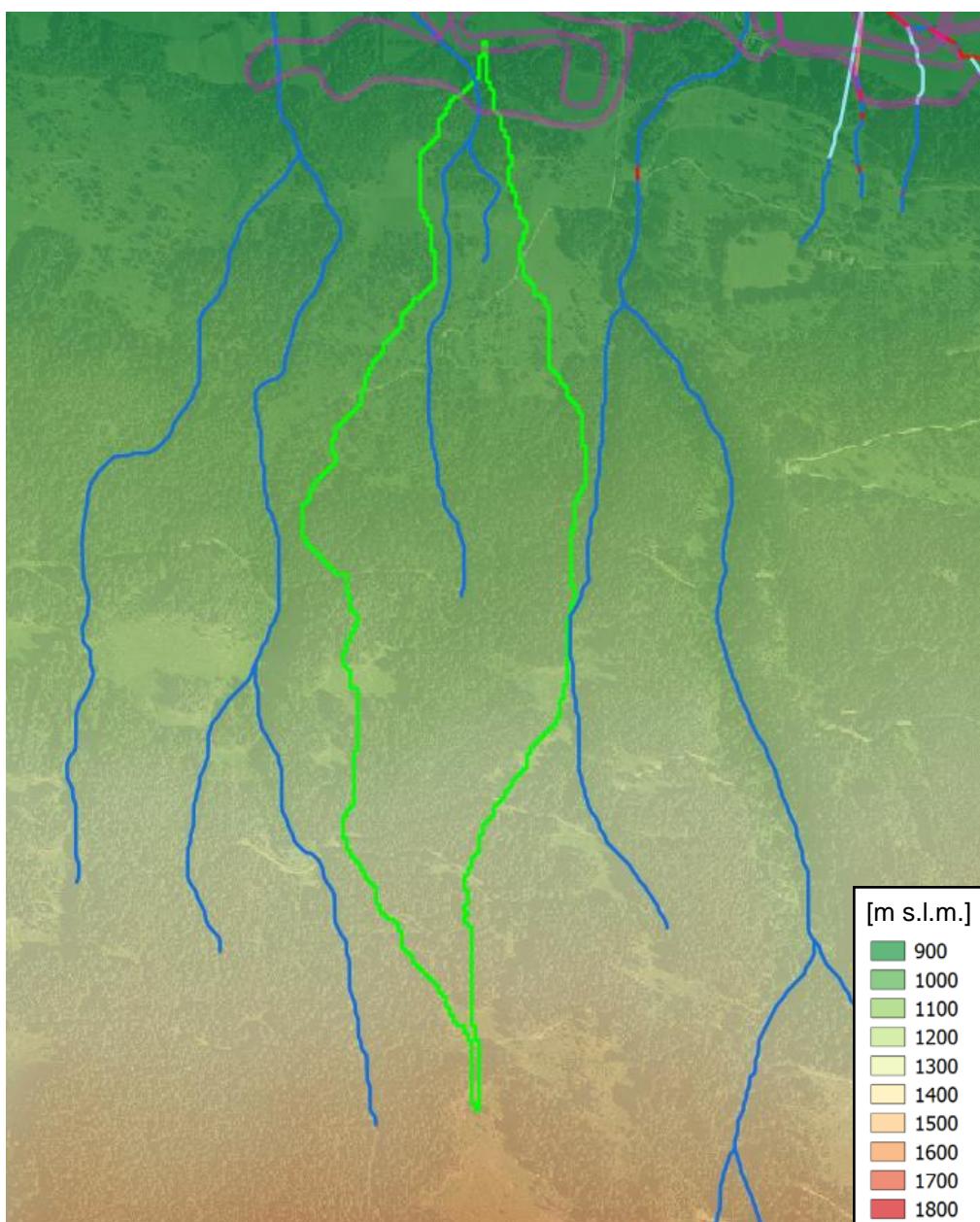


Figura 6.2: Altimetria del bacino imbrifero del rivo in esame.



Foto 1



Foto 2



**Foto 3**



**Foto 4**

I valori di pioggia di progetto utilizzati per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica sono indicati in tabella seguente.

| Tempo [h] | Tr [anni] |      |      |       |       |       |       |       |
|-----------|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 2         | 5    | 10   | 20    | 30    | 50    | 100   | 200   |
| 0.25      | 10.8      | 14.2 | 16.4 | 18.6  | 19.8  | 21.3  | 23.4  | 25.5  |
| 0.50      | 13.9      | 18.3 | 21.2 | 23.9  | 25.5  | 27.5  | 30.2  | 32.9  |
| 0.75      | 16.2      | 21.2 | 24.5 | 27.8  | 29.6  | 31.9  | 35.0  | 38.1  |
| 1.00      | 18.0      | 23.6 | 27.3 | 30.8  | 32.9  | 35.4  | 38.9  | 42.3  |
| 2.00      | 23.4      | 30.7 | 35.5 | 40.1  | 42.8  | 46.1  | 50.6  | 55.1  |
| 3.00      | 27.3      | 35.8 | 41.4 | 46.8  | 49.9  | 53.8  | 59.1  | 64.3  |
| 4.00      | 30.4      | 39.9 | 46.2 | 52.2  | 55.7  | 60.0  | 65.9  | 71.7  |
| 5.00      | 33.1      | 43.4 | 50.3 | 56.8  | 60.6  | 65.3  | 71.7  | 78.1  |
| 6.00      | 35.5      | 46.6 | 53.9 | 60.9  | 65.0  | 70.0  | 76.9  | 83.7  |
| 7.00      | 37.6      | 49.4 | 57.1 | 64.6  | 68.9  | 74.3  | 81.5  | 88.7  |
| 8.00      | 39.6      | 51.9 | 60.1 | 68.0  | 72.5  | 78.1  | 85.7  | 93.3  |
| 9.00      | 41.4      | 54.3 | 62.9 | 71.1  | 75.8  | 81.7  | 89.7  | 97.6  |
| 10.00     | 43.1      | 56.5 | 65.4 | 74.0  | 78.9  | 85.0  | 93.3  | 101.6 |
| 11.00     | 44.7      | 58.6 | 67.8 | 76.7  | 81.8  | 88.2  | 96.8  | 105.3 |
| 12.00     | 46.2      | 60.6 | 70.1 | 79.3  | 84.6  | 91.1  | 100.0 | 108.9 |
| 13.00     | 47.6      | 62.5 | 72.3 | 81.7  | 87.2  | 94.0  | 103.1 | 112.2 |
| 14.00     | 48.9      | 64.2 | 74.4 | 84.1  | 89.7  | 96.6  | 106.1 | 115.4 |
| 15.00     | 50.2      | 65.9 | 76.3 | 86.3  | 92.0  | 99.2  | 108.9 | 118.5 |
| 16.00     | 51.5      | 67.6 | 78.2 | 88.4  | 94.3  | 101.7 | 111.6 | 121.5 |
| 17.00     | 52.7      | 69.2 | 80.1 | 90.5  | 96.5  | 104.0 | 114.2 | 124.3 |
| 18.00     | 53.9      | 70.7 | 81.8 | 92.5  | 98.6  | 106.3 | 116.7 | 127.0 |
| 19.00     | 55.0      | 72.1 | 83.5 | 94.4  | 100.7 | 108.5 | 119.1 | 129.6 |
| 20.00     | 56.1      | 73.6 | 85.2 | 96.3  | 102.7 | 110.7 | 121.5 | 132.2 |
| 21.00     | 57.1      | 74.9 | 86.7 | 98.1  | 104.6 | 112.7 | 123.7 | 134.7 |
| 22.00     | 58.1      | 76.3 | 88.3 | 99.8  | 106.5 | 114.8 | 125.9 | 137.1 |
| 23.00     | 59.1      | 77.6 | 89.8 | 101.5 | 108.3 | 116.7 | 128.1 | 139.4 |
| 24.00     | 60.1      | 78.8 | 91.3 | 103.2 | 110.0 | 118.6 | 130.2 | 141.7 |

Tabella 6.2: Altezza di pioggia [mm] per diversi tempi di ritorno per il bacino del rivo in analisi.

Con questi valori di altezza di pioggia si ricavano le curve di possibilità pluviometrica illustrate in figura seguente.

| Tempo di ritorno [anni] | a      | n     |
|-------------------------|--------|-------|
| 200                     | 42.342 | 0,380 |

Tabella 6.3: Valori di  $a$  e  $n$  della curva di possibilità pluviometrica per il bacino del rivo oggetto dello studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

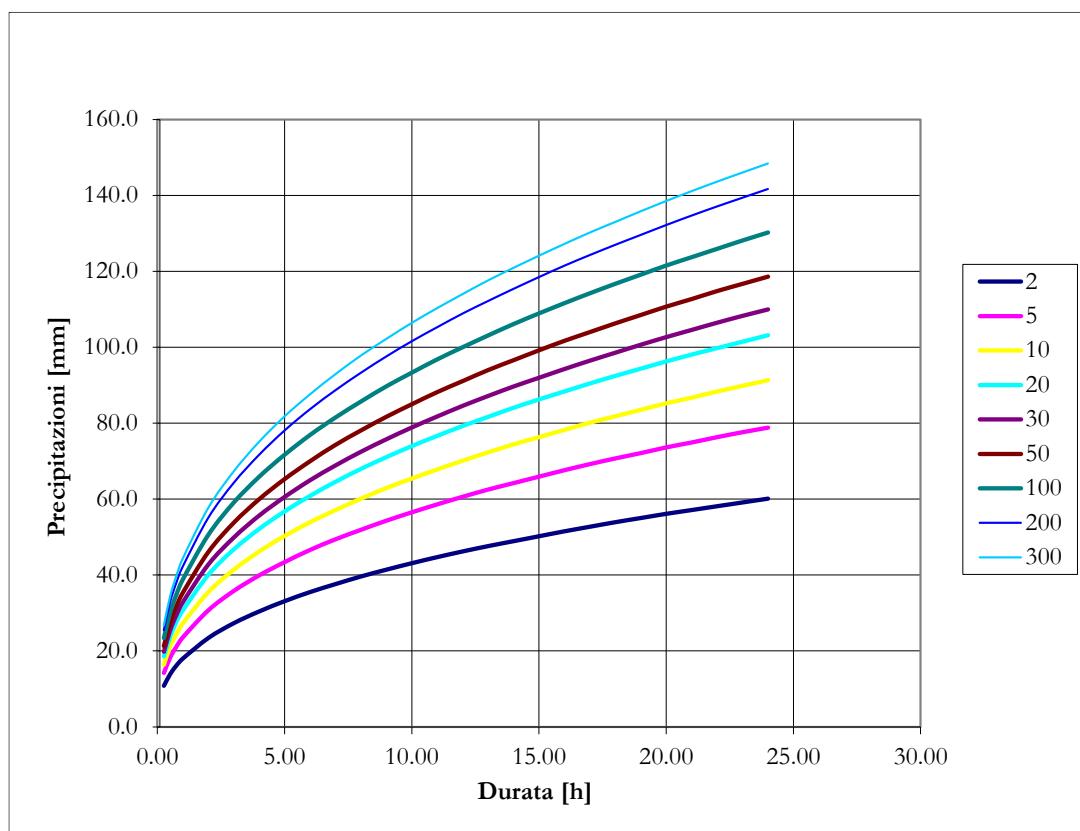


Figura 6.3: Linee di possibilità pluviometrica per il bacino idrografico in esame.

Con il codice AdB-ToolBox si è valutato l'idrogramma di piena con Tr 200 per il bacino esaminato; la portata al picco stimata è pari a 1.05 mc/s. Lo ietogramma e l'idrogramma di piena di progetto sono riportati nelle figure che seguono.

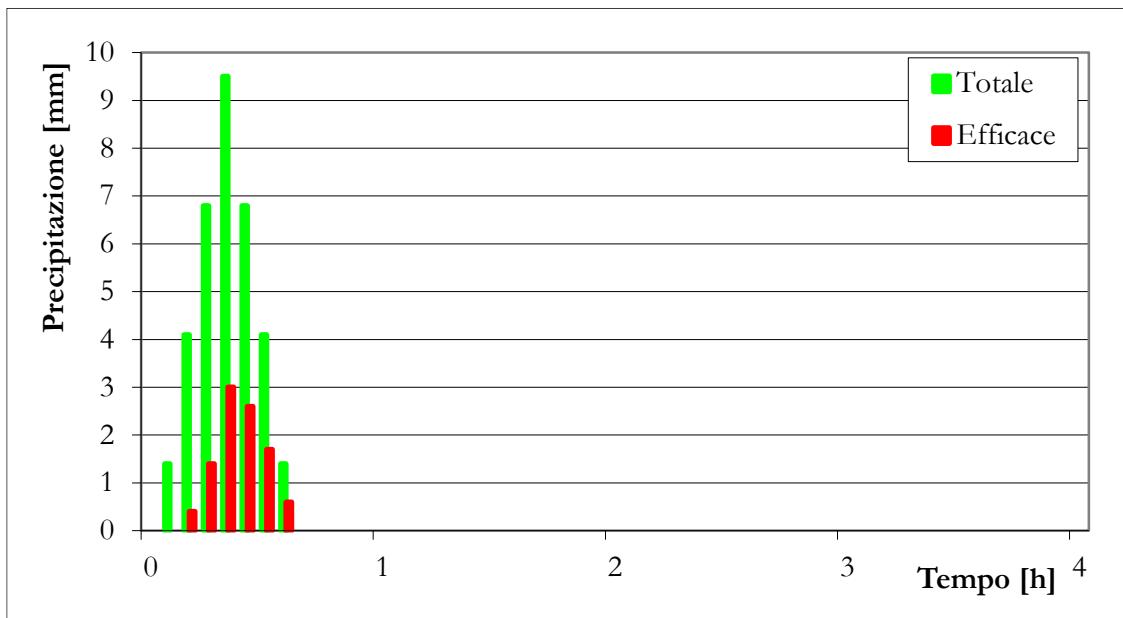


Figura 6.4: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena.  $P_{tot}$  indica la pioggia totale (costante),  $P_{eff}$  la pioggia efficace.

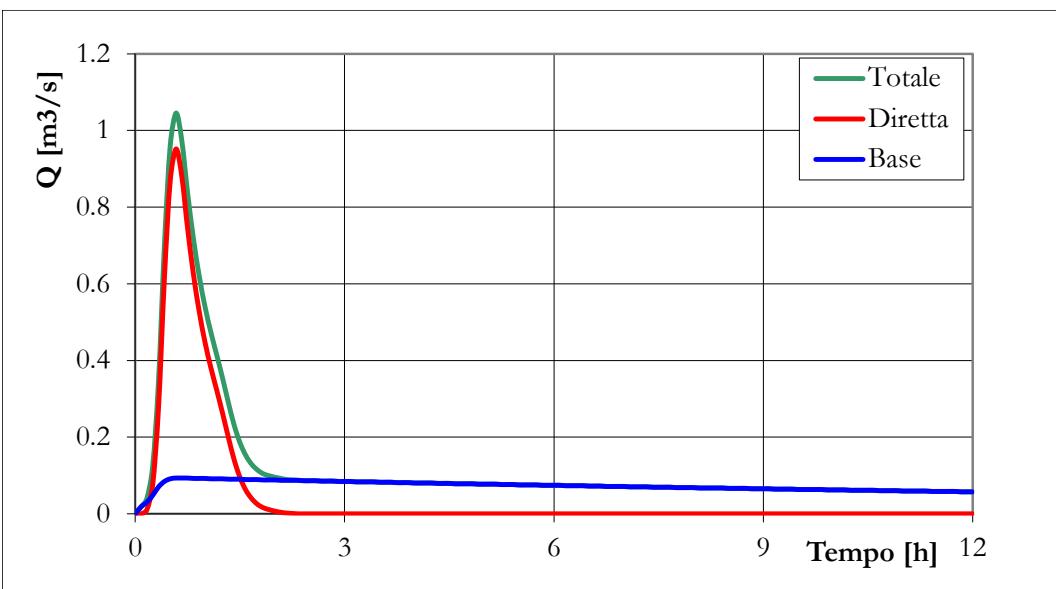


Figura 6.5: Tr 200 - Idrogramma di piena.  $Q_{bas}$  indica il deflusso profondo,  $Q_{dir}$  quello superficiale,  $Q_{tot}$  quello totale somma dei precedenti.

Preme precisare che l'idrogramma sopra riportato è l'idrogramma liquido, cioè non comprendente un'eventuale presenza di trasporto solido che sarà invece analizzata nel seguito.

## 6.2 Idrogramma di colata

La conoscenza dell'idrogramma liquido di progetto, rappresentato nel paragrafo precedente, permette di definire, attraverso il metodo volumetrico, l'idrogramma della colata; ne segue la necessità di definire il sedimentogramma della colata, ossia l'andamento della concentrazione volumetrica del sedimento nel corso dell'evento. A tal fine si sono effettuati sopralluoghi e specifiche indagini per valutare correttamente l'apporto di materiale solido del versante in caso di evento di piena.

Questo corso d'acqua è caratterizzato da un bacino idrografico che si sviluppa sul substrato roccioso vulcanico della Formazione di Ora; in alveo persiste un detrito grossolano (ciottoli, blocchi e massi rocciosi) con una frazione fine ancora una volta scarsa o assente. L'impluvio non presenta rampe con un tasso di erosione significativo, con conseguente produzione di materiale detritico modesta. Il till glaciale appare rilevante nella parte alta dell'asta torrentizia, sopra quota 1050 m.

La carenza di sedimenti medio fini consente di ipotizzare una stima della concentrazione volumetrica teorica del sedimento mobilizzabile nella portata liquida all'interno di una forbice compresa tra il 10%-15%. Risulta evidente, quindi, che i fenomeni di trasporto solido che si possono instaurare nell'area di studio sono principalmente delle piccole colate caratterizzate da una concentrazione volumetrica del sedimento pari a circa il 10%. Nella letteratura scientifica esistono diverse modalità di classificazioni del fenomeno, che si possono ricondurre alle proprietà della matrice fluida – concentrazione volumetrica del sedimento e concentrazione di materiale fine coesivo. Basse concentrazioni danno luogo a *mud flood* caratterizzato da elevate velocità di propagazione del fronte, mentre concentrazioni elevate ( $C>0,45$ )

danno luogo a colate di fango o granulari in presenza rispettivamente di matrice fluida coesiva o non coesiva.

Il sedimentogramma di progetto presenta un picco praticamente coincidente con il picco dell'idrogramma liquido, con una concentrazione massima dell'idrogramma del 10%.

Secondo il metodo volumetrico, si fa uso della seguente espressione:

$$\frac{Q_{tot}}{Q_l} = \frac{C^*}{C^* - C_m}$$

dove:

- $C^*$  rappresenta la massima concentrazione di massimo impaccamento del materiale costituente l'ammasso (0.65);
- $C_m$  rappresenta la concentrazione volumetrica di equilibrio del fronte stazionario della colata in movimento.

La simulazione della colata è stata effettuata ipotizzando un evento estremo nell'ipotesi di alimentazione solida continua da monte.

Nella figura che segue si mostrano i vari idrogrammi ottenuti con il metodo volumetrico. Dall'integrale delle curve ottenute si stima che il volume complessivo della colata (liquido + solido, curva blu) sia pari a circa 3450 m<sup>3</sup>, mentre il volume che ci si attende venga depositato presso la zona di analisi sia pari a circa 290 m<sup>3</sup> (solido, curva blu meno curva azzurra). Ne risulta quindi che la colata di detrito ipotizzata ha un bacino imbrifero di 0,27 km<sup>2</sup>, e un volume di materiale movimentabile stimato in poco meno di 300 m<sup>3</sup>.

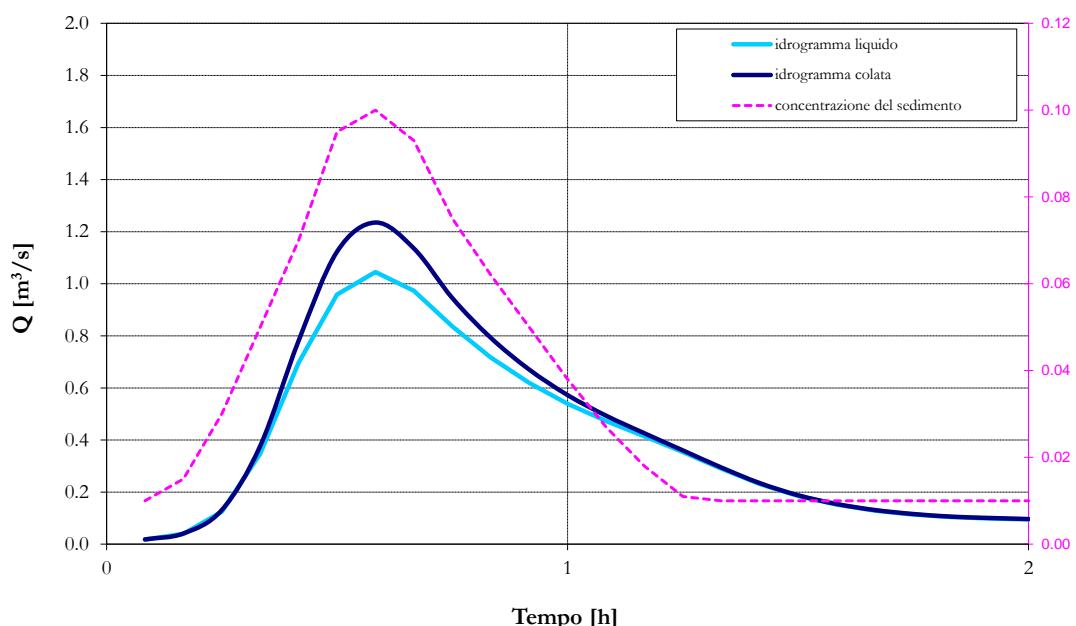


Figura 6.6: Idrogramma liquido, idrogramma della colata e sedimentogramma di progetto per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

## 7 Interventi previsti per l'attraversamento del Rio del Maton

Per la sistemazione dell'attraversamento d'interesse è stata prevista la posa di una nuova condotta DN630 in ECOPAL lungo lo stesso tracciato della tubazione intasata nel corso della tempesta Vaia.

Per garantire una maggior sicurezza si è previsto la realizzazione di un selciatone caratterizzato da lunghezza pari a 8 m, larghezza pari a 6 m, una freccia di 0.3 m e un riempimento in pietrame intasato con calcestruzzo. Sarà prevista, inoltre, una protezione in massi lungo i lati di ingresso e uscita del tratto di condotta intubata, un tombotto in massi precedente l'ingresso della tubazione e una protezione del fondo appena a valle dell'uscita della stessa.

Di seguito si riportano le due sezioni principali e la planimetria di progetto dell'intervento in esame.

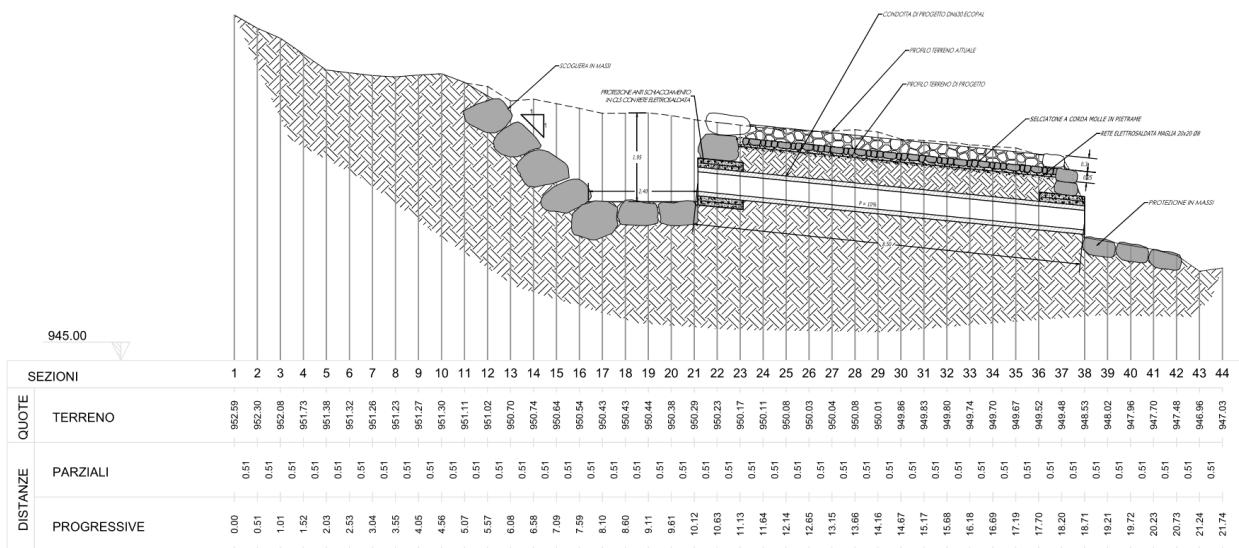


Figura 7.1: Sezione longitudinale dell'attraversamento.

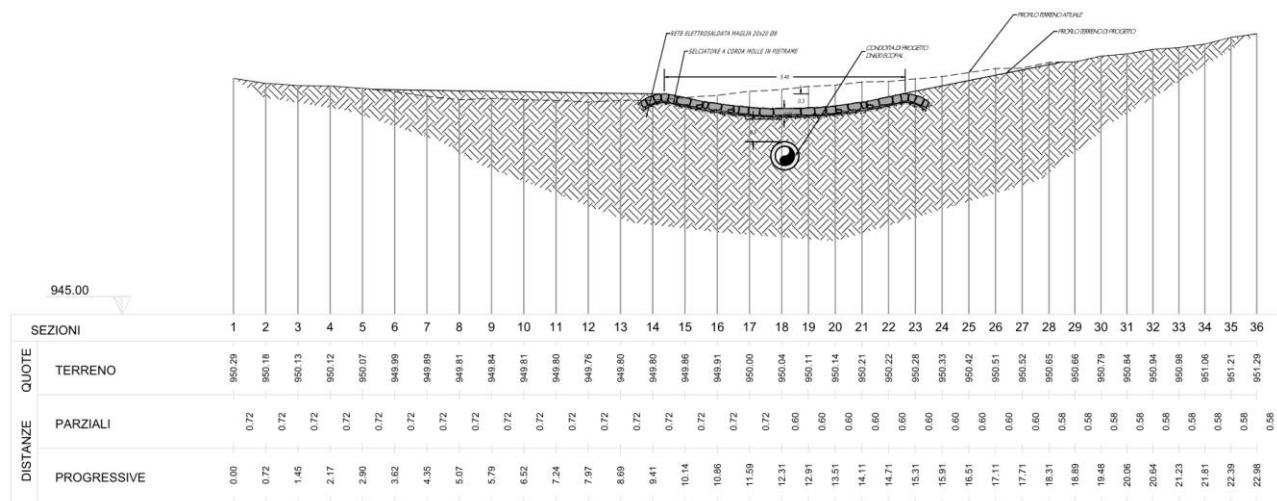


Figura 7.2: Sezione trasversale dell'attraversamento.

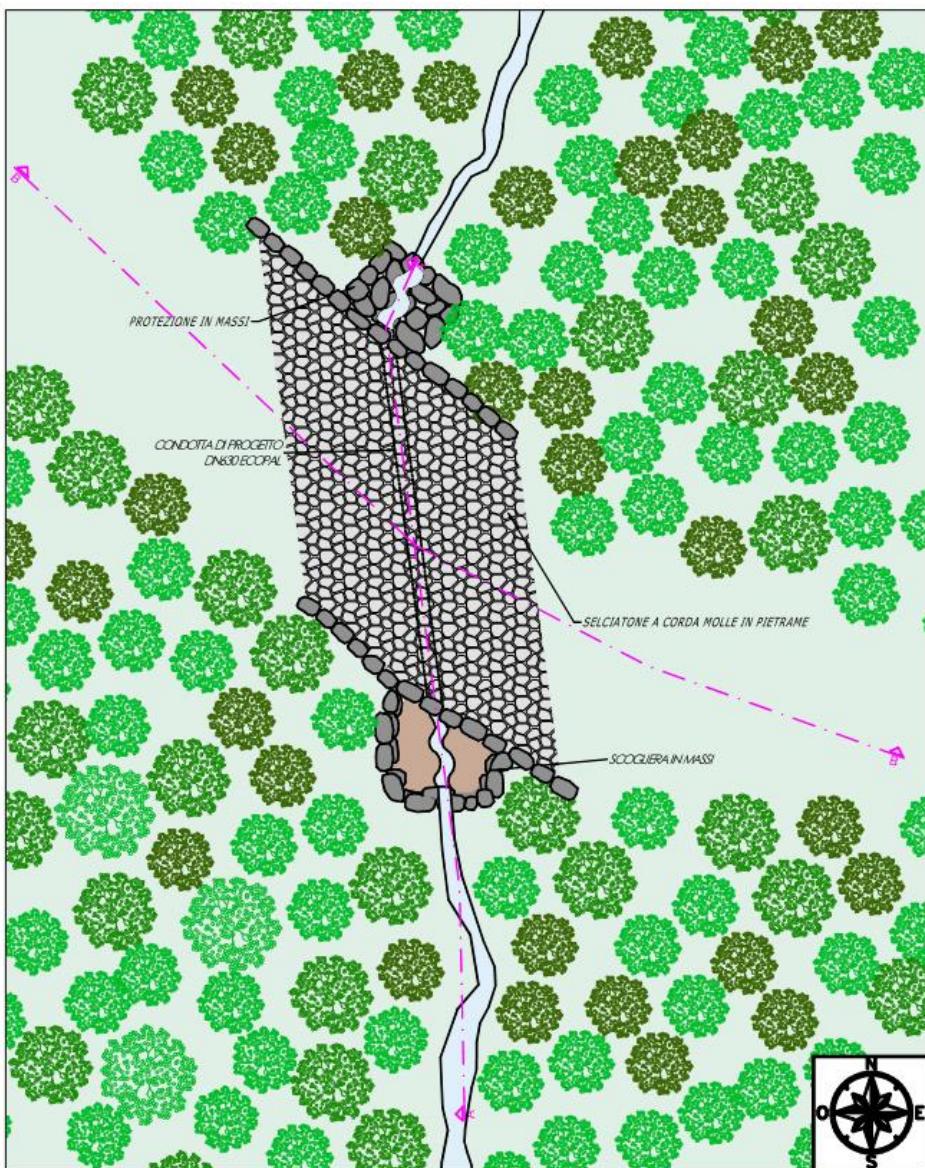


Figura 7.3: Planimetria di progetto dell'attraversamento.

## 8 Verifica idraulica degli interventi previsti per l'attraversamento del Rio del Maton

Per la verifica idraulica del tratto intubato sul Rio del Maton è stata utilizzata la formulazione di moto uniforme nei tubi, al fine di progettare la condotta in modo tale che sia in grado di smaltire la portata liquida e solida della colata di detrito con tempo di ritorno pari a 200 anni.

$$Q = Ak_s \sqrt{i_f} R_h^{\frac{2}{3}}$$

dove Q rappresenta la portata in  $\text{m}^3/\text{s}$  che la condotta deve essere in grado di smaltire (pari a  $1.22 \text{ m}^3/\text{s}$ ), A l'area della condotta, Ks il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler,  $i_f$  la pendenza media del tratto considerato (pari al 10%) e  $R_h$  il raggio idraulico caratteristico della tubazione.

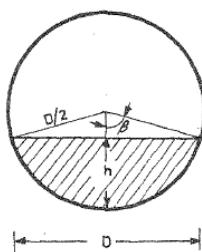


Figura 8.1: Rappresentazione dei parametri usati per la verifica idraulica della tubazione.

Considerando un grado di riempimento pari al 70% e una tubazione De630 in polietilene strutturato, caratterizzato da un coefficiente di scabrezza pari a  $80\text{m}^{1/3}/\text{s}$ , si ottiene che l'attraversamento è in grado di smaltire la portata di progetto.

All'imbocco della tubazione, però, non si instaura subito il moto uniforme, ma la corrente passa attraverso lo stato critico, che permette un deflusso parziale della portata di progetto. Pertanto, è stato verificato anche tale caso di studio, in cui, cautelativamente, è stata imposta un'altezza critica del tirante pari al 90% del diametro interno del tubo ( $h_c=0.47 \text{ m}$ ), ottenendo lo smaltimento di una portata pari a  $0.54 \text{ m}^3/\text{s}$ ; ne deriva un surplus di fuoriuscita di portata a monte pari a  $0.68 \text{ m}^3/\text{s}$ , che può transitare sul selciatore a corda molla con un tirante pari a 14 cm (Ks del selciatore pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ).

Infine, è stato valutato anche il caso peggiore di intasamento completo della tubazione, in cui si realizza una fuoriuscita a monte dell'imbocco di tutta la portata ( $1.22 \text{ m}^3/\text{s}$ ), con un tirante sul selciatore a corda molla pari a 19 cm. Dato che la freccia di progetto della corda molla risulta pari a 30 cm, la soluzione analizzata risulta verificata sia nel caso di pervietà della tubazione che nel caso di tubazione totalmente intasata.

In considerazione di quanto sopra si ritiene **l'intervento compatibile con il contesto territoriale e con quanto espresso dalla Carta di Sintesi della Pericolosità.**

|                                                                                   |                                                                                                          |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | Olimpiadi "Milano Cortina 2026" – Lavori di adeguamento<br>dello Stadio del Fondo a Lago di Tesero – UF3 | Data: 06/2023 |
| Studio compatibilità idraulica – Rio del Maton                                    |                                                                                                          |               |

## 9 Bibliografia

- [1] Associazione Italiana di Idronomia, Calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi, Relazione tecnico scientifica, 2003.
- [2] Manuale d'uso del software applicativo AdB-ToolBox (versione 1.5 e superiori) Estensione ANALISI IDROLOGICHE (AI).