

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO  
COMUNE DI CEMBRA LISIGNAGO

STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA  
COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO PRELIMINARE “AREA  
ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA  
PESCHIERA”

Agosto 2022

COMMITTENTE: NUOVA ECOLOGIA S.R.L.  
PROGETTISTA: ING. ANDREA ZANETTI – STA ENGINEERING

IL TECNICO  
Dott. Silvio Grisotto

## SOMMARIO

1 – INTRODUZIONE E PREMESSA METODOLOGICA.....	3
2 – INQUADRAMENTO DEL BACINO IN STUDIO: GEOLOGIA, MORFOMETRIA, USO DEL SUOLO, RISPOSTA IDROLOGICA.....	5
3. FENOMENI ATTESI .....	14
4. STIMA DELL’EVENTO IDROLOGICO DI RIFERIMENTO A SCALA DI BACINO .....	16
5. STIMA DEL “DEBRISGRAMMA” DI RIFERIMENTO .....	21
6. LA SIMULAZIONE NUMERICA BIDIMENSIONALE CON IL CODICE TRENT-2D® .....	24
7. PERICOLOSITA’ TORRENTIZIA NELL’AREA DI PROGETTO E POSSIBILI MISURE DI MITIGAZIONE ....	30
11. CONCLUSIONI E COMPATIBILITA’ DEL PROGETTO PRELIMINARE.....	36

## 1 – INTRODUZIONE E PREMESSA METODOLOGICA

Il presente studio si inserisce quale valutazione idrologica, sedimentologica ed idraulica per la compatibilità alla CSP (fenomeni torrentizi) del progetto “AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA”, per i cui dettagli si rimanda agli elaborati progettuali a firma dell’Ing. Andrea Zanetti-STA Engineering. Lo studio si pone l’obiettivo di valutare la possibile risposta idrologica e sedimentologica del piccolo bacino drenante il collettore che scende dal versante sinistro della cava esistente verso l’area di progetto (no acqua pubblica-no particella demaniale ramo acque) in concomitanza di eventi a bassa o bassissima probabilità di accadimento (TR 30-200 anni, quali limiti minimo e massimo richiesti dalla normativa) che, nella fattispecie, riguardano piene con forte trasporto solido, anche iperconcentrate od in forma di colata di detrito,.

La rete idrografica analizzata è costituita sostanzialmente da un piccolo collettore (ex affluente di destra del rio Scorzai, ora disconnesso idraulicamente per la presenza dell’area di cava) che confluisce nel cratere della “Ex-cava Peschiera”, ora dismessa.

Il progetto preliminare in esame prevede la sistemazione dei fronti dismessi della cava Peschiera e che attualmente si presentano instabili e modellati in modo non razionale, con la realizzazione di un piazzale sul fondo della cava mediante riporto di materiale fino alla quota finale di 857.00 m slm.

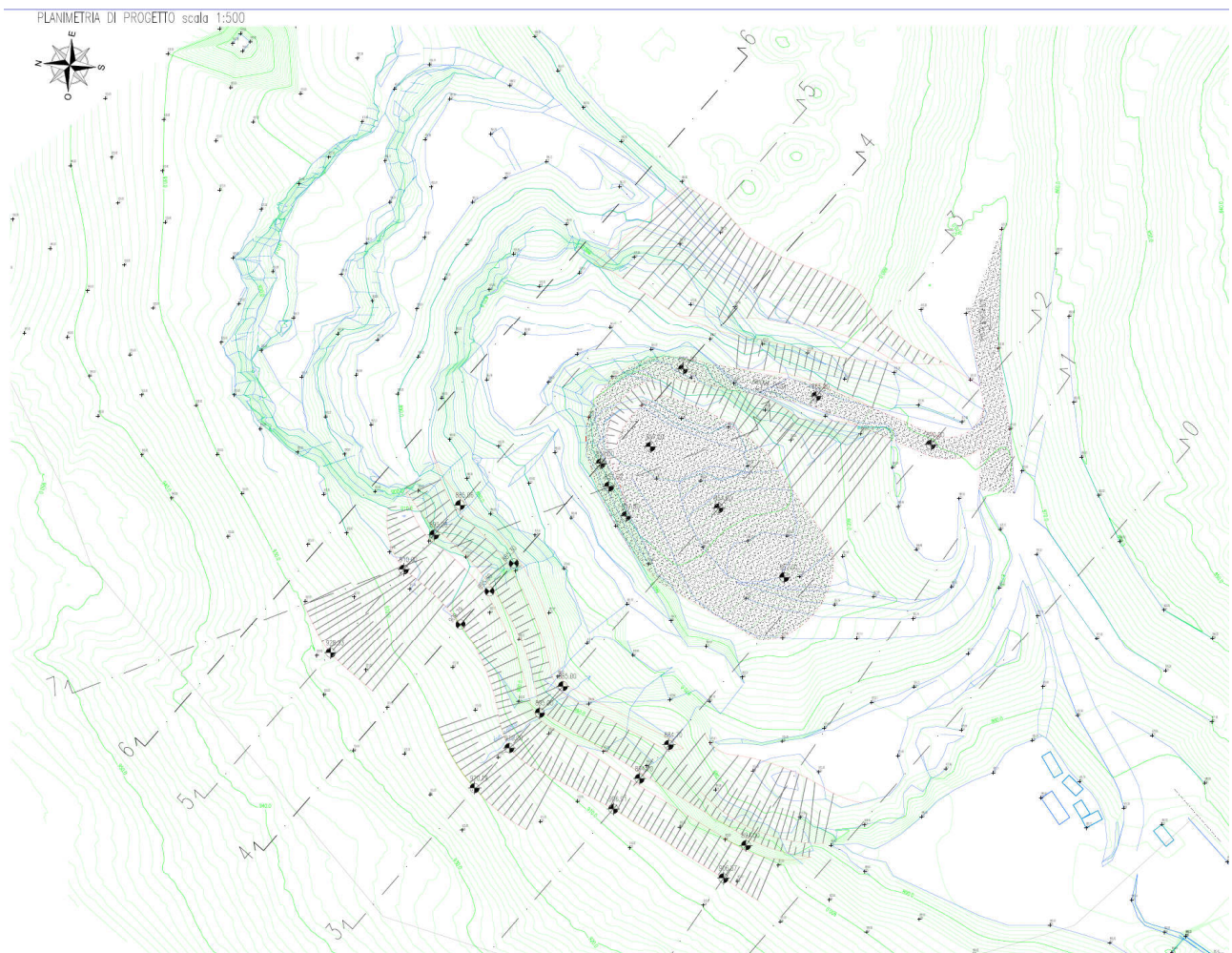


Fig. 1.1 – Estratto planimetria di progetto (scala a vista)

Il presente approfondimento idrologico, sedimentologico ed idraulico è riferito ai soli fenomeni torrentizi. Per altri tipi di penalità/pericolosità è stato redatto apposito studio di compatibilità a firma del dott. geol. Icilio Vigna, cui comunque si fa riferimento anche nel presente elaborato per quel che riguarda la descrizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area.

Obiettivo dello studio è quello di stimare con sufficiente grado di accuratezza quelle che possono essere le portate al colmo solido-liquide potenzialmente da attendersi sul piccolo corso d'acqua, per poi eseguire la propagazione dei fenomeni così stimati lungo lo stesso e sull'area di progetto per verificare la reale pericolosità dell'area e, nel caso risultasse necessario, definire eventuali misure di mitigazione atte a garantire l'incolumità delle persone e delle cose.

Lo studio viene redatto secondo il documento *Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità* (art.10, comma 5, L.p. 1 luglio 2011, n. 9) approvato con deliberazione G.P. n. 1306 del 04 settembre 2020, secondo quanto disposto dall'Art. 18 delle Nda del PUP.

Dal punto di vista normativo, a seguito della deliberazione n°1317 del 4 settembre 2020 con cui la Giunta Provinciale ha adottato in via definitiva le nuove CaP (Carte della pericolosità idrogeologica), l'area in esame risulta attualmente caratterizzata da un livello di pericolosità-penalità POTENZIALE (HP-AAP) da fenomeni torrentizi collegabili proprio al collettore in questione come visibile nella figura che segue (Fig. 1.2). Non trattasi quindi di pericolosità da conoide.

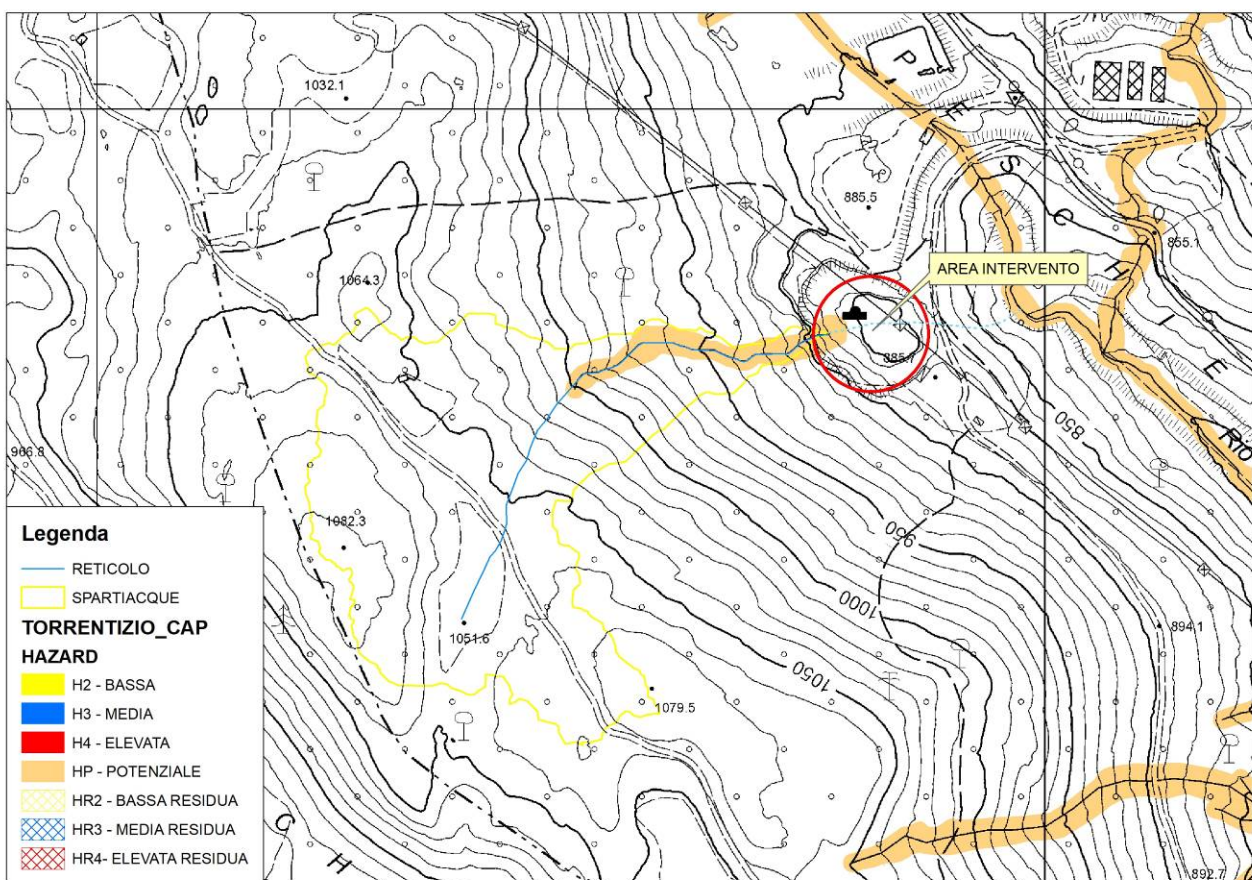


Fig. 1.2 – Estratto Carta di Sintesi della pericolosità (fenomeni torrentizi) per l'area in esame

Per queste aree, la norma (Art. 18) prevede:

**Art. 18: Aree con altri tipi di penalità.** *Nel caso di previsioni urbanistiche vigenti gli interventi di trasformazione edilizia in tali aree sono subordinati a specifici studi di compatibilità, finalizzati ad approfondire le dinamiche degli eventi attesi e a individuare, con riferimento all’area oggetto di intervento, la corrispondente pericolosità secondo le classi previste dalla DGP n. 2759/2006 e ss.mm nonché della penalità secondo la DGP concernente “Disposizioni tecniche per la redazione della Carta di Sintesi della pericolosità” in attuazione del disposto dall’art. 14 della LP 27/05/2008, n. 5 (Approvazione nuovo PUP).*

Trattandosi di una pericolosità potenziale per fenomeni torrentizi collegata al solo reticolo idrografico, lo studio di compatibilità è allegato al progetto e deve attestare mediante asseverazione la compatibilità dell’intervento con l’assetto del corso d’acqua, senza la necessità di parere della struttura provinciale di merito (nel caso in esame il Servizio Bacini montani), come indicato tra le indicazioni e precisazioni applicative delle norme del PUP (Allegato C alla DGP 1317/2020, Punto 4) Art. 18 lettera a)).

## 2 – INQUADRAMENTO DEL BACINO IN STUDIO: GEOLOGIA, MORFOMETRIA, USO DEL SUOLO, RISPOSTA IDROLOGICA

Il rio afferente all’Ex-cava Peschiera è un piccolo affluente di destra idrografica del rio Scorzai (acqua pubblica n. 680), nel quale confluiva prima della realizzazione della cava. Lo scavo di questa, infatti, ha di fatto interrotto idraulicamente la connessione (almeno superficiale) dei due corsi d’acqua. Ad oggi, quindi, i deflussi generati dal piccolo collettore di destra si raccolgono nel cratere roccioso della cava (che talvolta diviene un piccolo lago) venendo smaltiti molto lentamente per via profonda.



Fig. 2.1 – Lago temporaneo formatosi entro la cava nell’ottobre 2018 (foto Vigna I., 2018) in raccolta dei deflussi provenienti dal collettore di destra

Il bacino afferente al rio Ex-cava Peschiera è quindi caratterizzato da una superficie molto ridotta (0.125 km<sup>2</sup> – 2D) e da una forma aperta nella zona di testata, ove l’idrografia è di fatto assente) e abbastanza stretta ed allungata con

**Provincia Autonoma di Trento – Comune di Cembra-Lisignago**

*STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO "AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA"*

maggiore grado di torrenzialità nella parte medio-bassa a valle della quota 1050 m, ove le pendenze favoriscono maggiormente l'erosione.

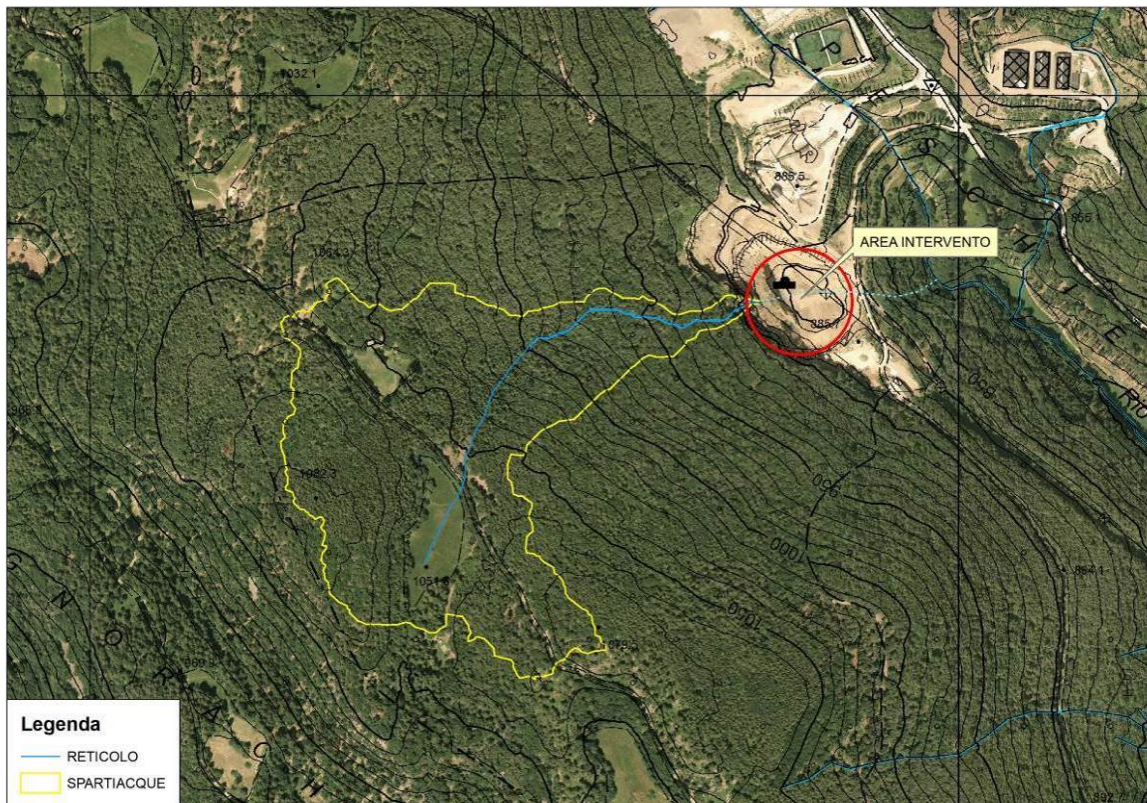
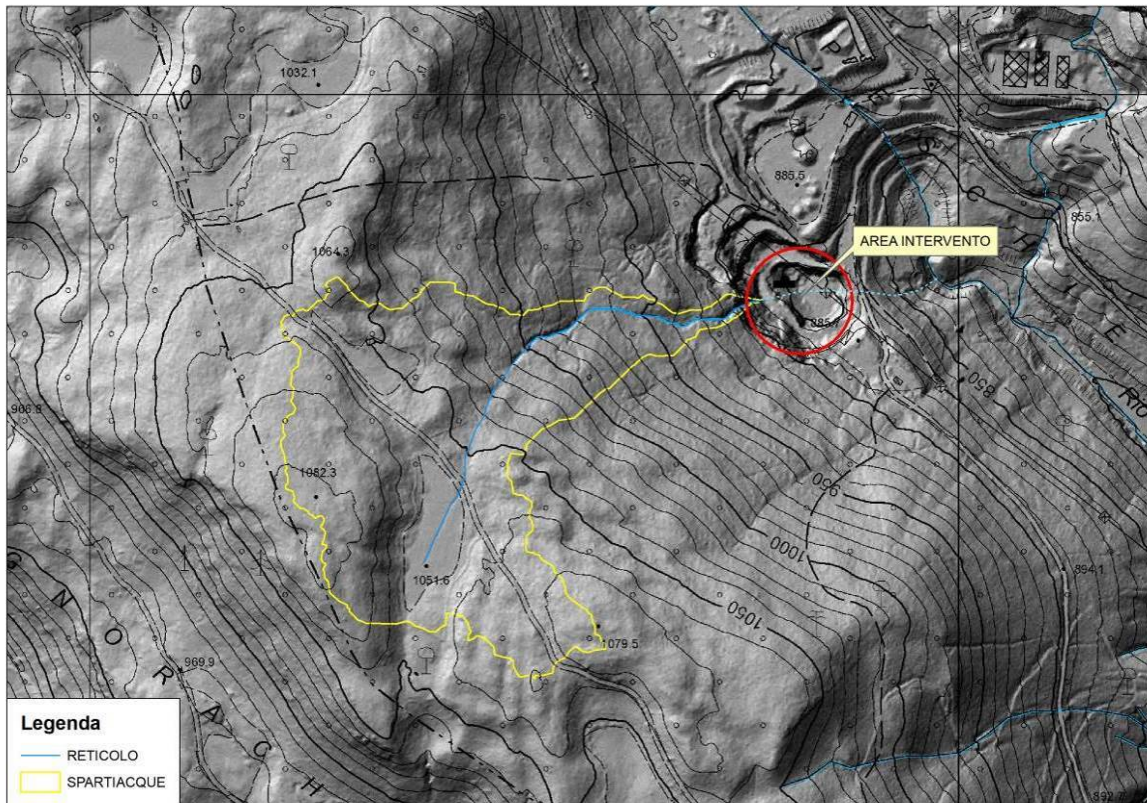


Fig. 2.2-2.3 – Inquadramento su LIDAR, CTP e ortofoto del bacino oggetto di indagine

Dal punto di vista geolitologico, geomorfologico e strutturale, il bacino si presenta con una geologia relativamente semplificata (almeno per quel che riguarda la risposta idrologica) rientrando completamente entro la Piattaforma Porfirica Atesina, originatasi verso la fine del Paleozoico (Permiano, 300–235 milioni di anni fa), periodo in cui presero il via grandissimi fenomeni eruttivi che hanno portato alla sua formazione.

Gli affioramenti principali, visibili nella parte bassa del bacino ed in corrispondenza della cava sono costituiti infatti da Porfidi quarziferi, rocce estremamente dure e compatte ma spesso fittamente fratturate. La ragione di questa struttura è da far risalire alla contrazione termica legata al rapidissimo raffreddamento del materiale espulso in superficie (Mottana et al., 1981; Lammerer, 1992).

Si tratta di affioramenti dotati di erodibilità piuttosto bassa ma da permeabilità primaria da bassa a bassissima che può aumentare localmente per fratturazione dovuta al disturbo tettonico che caratterizza il versante ed in particolare la valle del vicino Rio Scorzai. Sono caratterizzati da erodibilità piuttosto bassa e dalla loro disgregazione meccanica forniscono materiale piuttosto grossolano, con poca matrice fine prevalentemente sabbiosa.

La roccia del substrato è ricoperta, a monte del ciglio della cava, ove si sviluppa il collettore, da abbondante detrito gravitativo più o meno rimodellato oltre che da evidenti depositi di colate detritiche, costituiti da materiali caratterizzati dall'abbondante presenza di frammenti spigolosi rocciosi porfirici lastriformi e di spessore anche centimetrico; meno diffusi sono i ciottoli, sempre porfirici, a morfologia arrotondata.

Nella parte superiore del versante, in corrispondenza del pianoro sommitale si trovano abbondanti evidenze di depositi di origine morenica, costituiti da elementi, sempre porfirici, ben arrotondati ed immersi in matrice limosa e sabbiosa. Si tratta di depositi caratterizzati da permeabilità variabile da elevata (morene grossolane) a media nei punti in cui vi è la presenza localizzata di lenti di materiale più fine (limi). La loro erodibilità è elevatissima.

L'osservazione delle linee di drenaggio principali e della localizzazione delle sorgenti presenti sul versante, fa pensare ad una diversa risposta idrologica tra la parte medio-alta, ove sembrano prevalere i fenomeni sub-superficiali e profondi, e quella più bassa ove invece i fenomeni di deflusso superficiale appaiono decisamente più abbondanti ed in grado di originare anche fenomeni di tipo erosivo e di trasporto solido massivo. Ne sono testimonianza gli evidenti solchi paralleli di incisione con relativi “levees” verosimilmente derivanti da passati fenomeni di colata, seppur di magnitudo non eccezionale.



Fig. 2.4 – Tipici solchi di erosione e “levees” di antichi fenomeni di colata detritica

Queste testimonianze di attività torrentizia massiva si rilevano sia lungo l’attuale percorso del collettore che più a nord lungo quelli che probabilmente rappresentano degli antichi paleoalvei dello stesso, che ha subito quindi uno spostamento graduale proprio a seguito di successivi eventi di colata, con erosione e deposito, come visibile nella figura che segue.

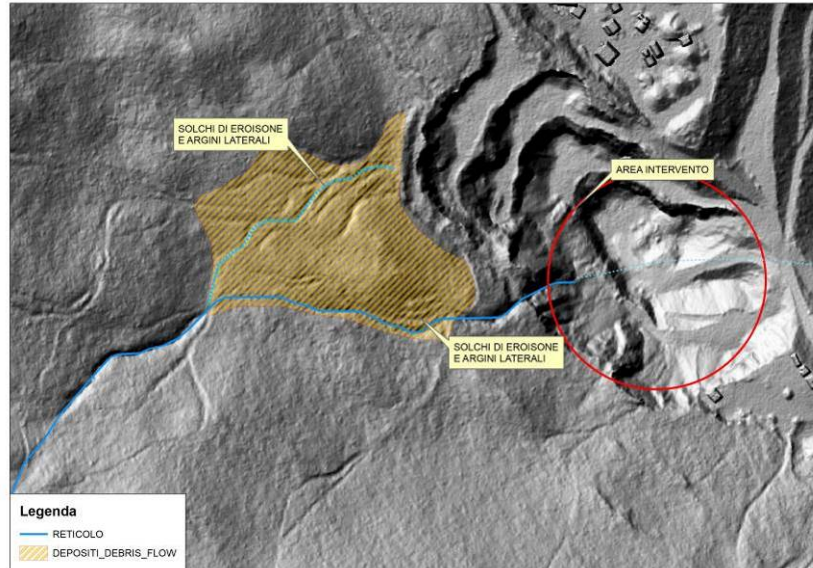


Fig. 2.5 – testimoni di antica attività torrentizia massiva del collettore

A monte della zona caratterizzata dai depositi di cui sopra il rio evidenzia un netto approfondimento ed incisione per uno sviluppo di circa 110 m scorre in una vallecola con tipica forma parabolica, tipica dei collettori percorsi da colate di detrito, con sponde e fondo ricoperti di abbondante detrito porfirico lastriforme altamente erodibile.



Fig. 2.6-2.7 – Tratto canalizzato ed inciso con depositi tipicamente lastriformi sul fondo e sulle sponde

Oltre questo tratto più inciso il rio va pian piano a scomparire nella zona ricoperta da depositi morenici, anche se la vallecola viene alimentata, in occasione delle piogge più intense, dai deflussi raccolti in una zona prativa semi pianeggiante più a monte di recente bonifica. La morena che caratterizza la parte alta del versante presenta comunque una permeabilità, considerata come ammasso, molto bassa per via della matrice fine limosa molto abbondante; solo la parte superiore, soggetta a dilavamento e decompressione può ospitare delle limitate filtrazioni: la morena costituisce quindi un importante limite di permeabilità rispetto ai soprastanti terreni colluviali (Vigna, 2022).

**Provincia Autonoma di Trento – Comune di Cembra-Lisignago**

*STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO “AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA”*

Tutto il versante a monte della cava è caratterizzato comunque da un assetto geomorfologico derivante da movimenti gravitativi avvenuti in fase di deglaciazione wurmiana, che hanno originato una morfologia costituita nella parte alta del versante, interamente boscato prevalentemente a ceduo, da una nicchia sommitale sotto la quale si osservano, variamente distribuiti, dei piccoli terrazzamenti intermedi, da poco inclinati a sub pianeggianti (Vigna, 2022).



Fig. 2.8-2.10 – Collettore che raccoglie le acque nella zona prativa pianeggiante recentemente bonificata e le scarica nella vallecchia

Si riportano di seguito le figure di inquadramento geolitologico, sedimentologico (erodibilità) ed idrologico (permeabilità) del bacino.

**Provincia Autonoma di Trento – Comune di Cembra-Lisignago**

STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO "AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA"

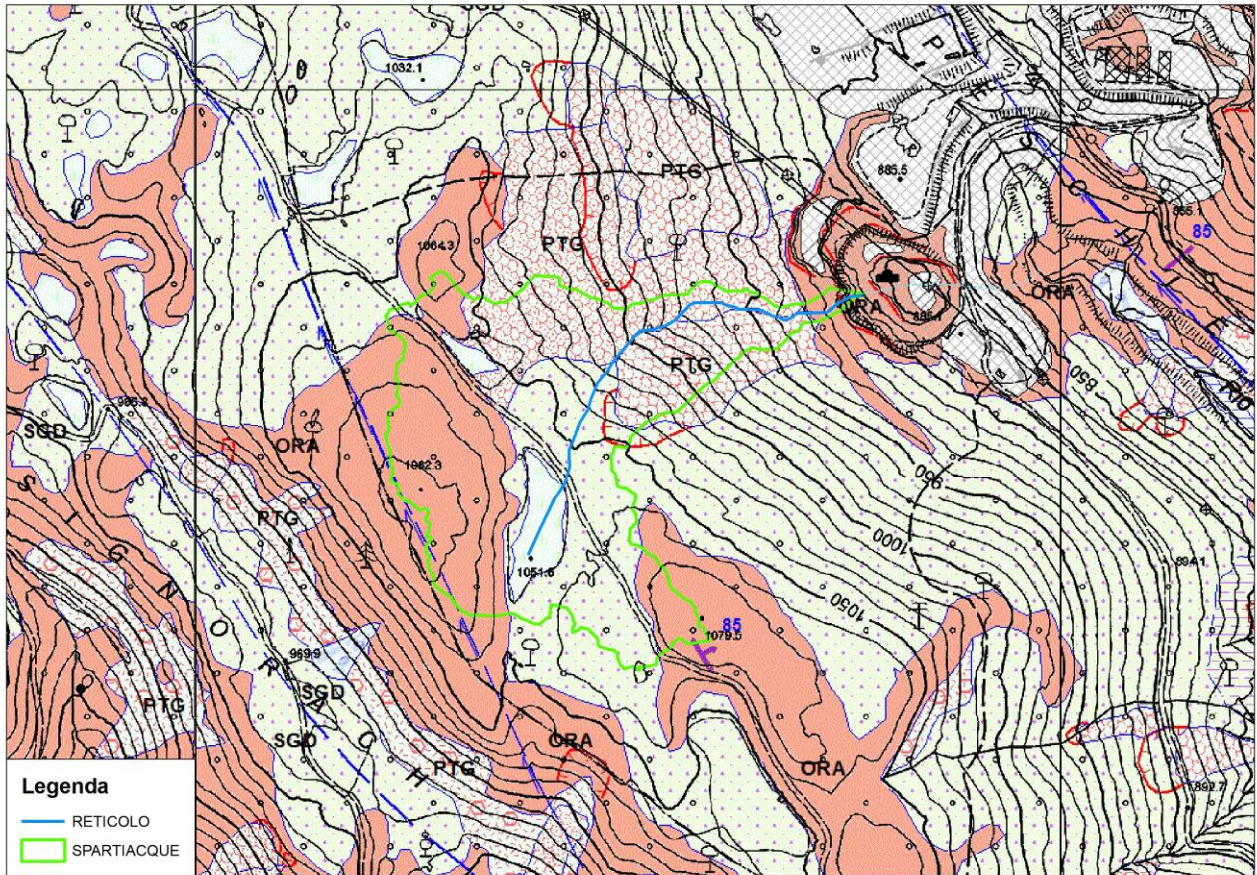


Fig. 2.11 – Carta geologica e dei lineamenti strutturali (Fonte Servizio Geologico PAT – Progetto CARG)

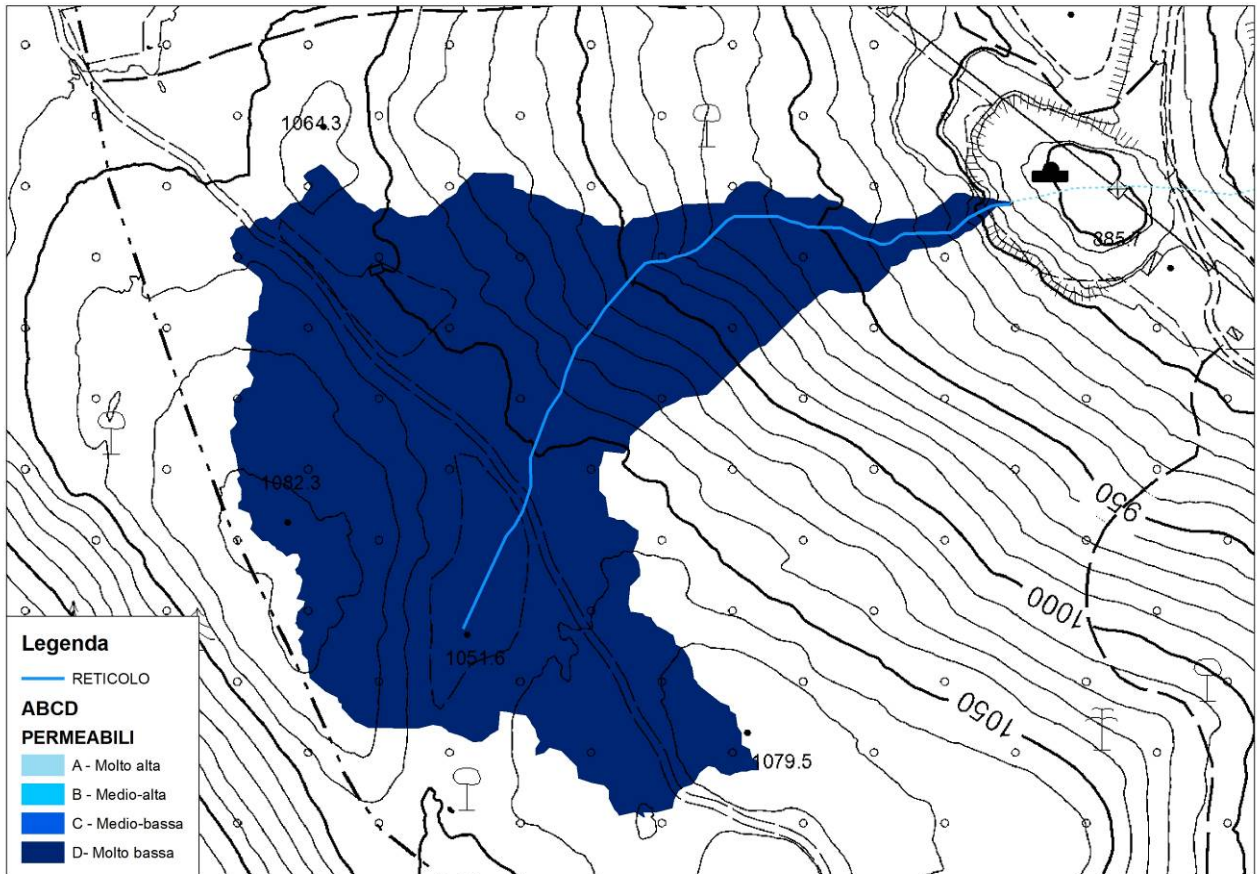


Fig. 2.12 – Carta della permeabilità dei substrati – Gruppi idrologici SCS (Fonte Servizio Bacini montani)

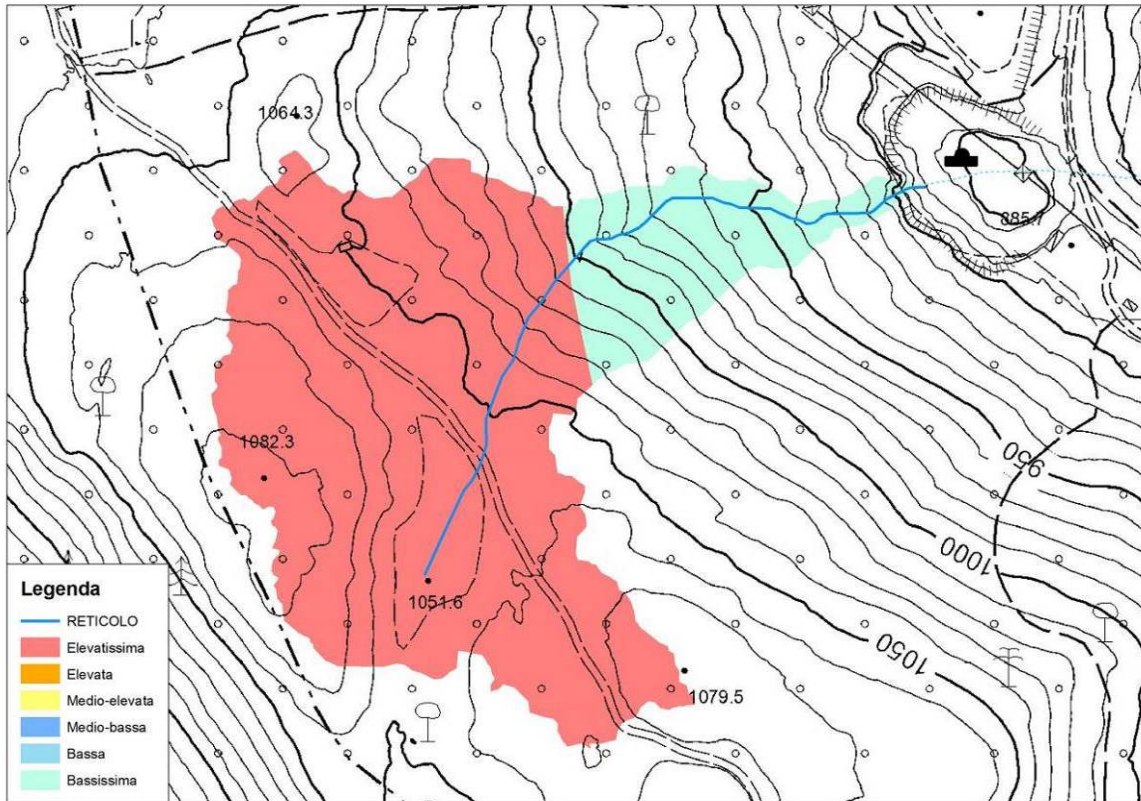


Fig. 2.13 – Carta dell’erodibilità dei substrati (Fonte Servizio Bacini montani)

Partendo da un DTM 2x2 m dell’area, derivante dall’interpolazione del più preciso DTM LIDAR, si è estratto lo spartiacque del bacino e se ne sono estrapolate le principali caratteristiche morfometriche ed idrografiche, di seguito riportate (Tab. 2.1)

		U.m.
Superficie totale del bacino (2D-3D)	0.125-0.133	km <sup>2</sup>
Quota minima	874	m s.l.m.
Quota media	1043	m s.l.m.
Quota massima	1083	m s.l.m.
Pendenza media	28.7	% - °
Pendenza massima	365	% - °
Lunghezza asta principale	0.573	km
Lunghezza complessiva reticolo drenaggio	0.573	Km
Densità di drenaggio complessiva	4.58	km/km <sup>2</sup>
Tempo di propagazione med-max	0.66-2.10	ore
N° di Melton	0.59	
Pendenza media del conoide	n.c.	% - °

Tab. 2.1 – Principali dati morfometrici e idrografici del bacino indagato chiuso all’apice della cava.

Dal punto di vista prettamente morfometrico, come si evince dall’analisi della curva ipsometrica adimensionale di seguito riportata, si tratta di un bacino potenzialmente ancora giovane ed in evoluzione ove sarebbero da attendersi fenomeni di rimodellamento molto intensi. Tale interpretazione, puramente morfometrica, però, potrebbe essere parzialmente disattesa da fatto che il versante risulta fortemente disturbato dalla tettonica locale oltre che dal fatto che

la presenza nella parte bassa degli affioramenti porfirici a bassa erodibilità può di fatto bloccare o comunque limitarne l'evoluzione.

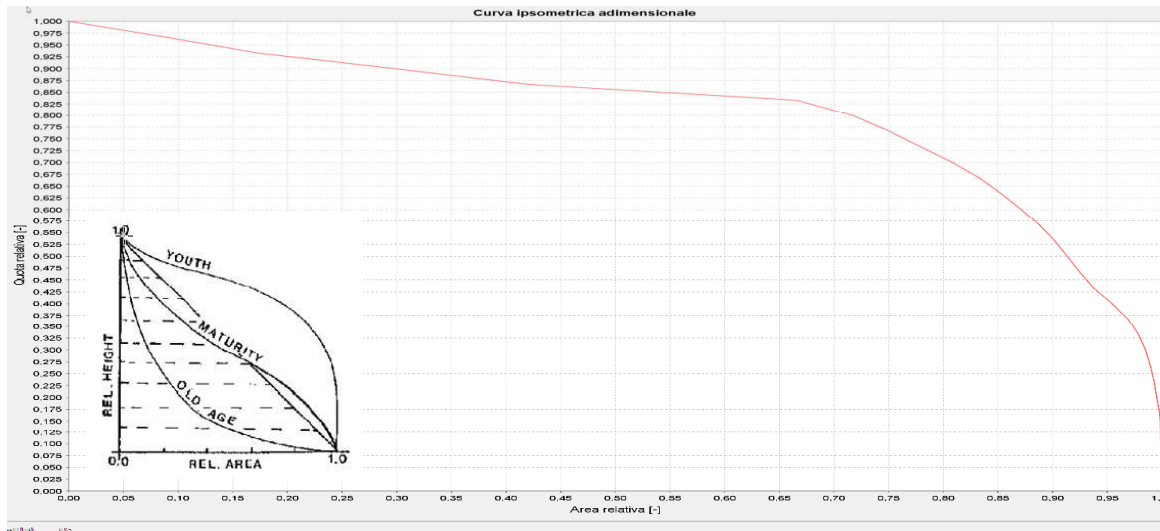


Fig. 2.14 - Curva ipsometrica adimensionali del bacino indagato

Si tratta, nel complesso, di un bacino dalle caratteristiche idrogeologiche e morfometriche che possono favorire la produzione di deflussi superficiali (portate unitarie) potenzialmente anche piuttosto elevati: la permeabilità risulta prevalentemente bassa in tutta l'area, sia ove prevalgono le coperture moreniche ad elevata matrice fine, che ove prevalgono gli affioramenti porfirici permeabili solo per fratturazione.

La formazione di deflussi abbondanti può comunque essere in parte attenuata da un regime climatico ed idrologico dell'area che certamente non favorisce, generalmente, i fenomeni estremi: siamo in una zona dal clima prettamente continentale, che subisce con difficoltà l'influenza delle correnti calde e umide provenienti dalla pianura e che, soprattutto nel periodo estivo, favoriscono in altre zone della Provincia la formazione di temporali molto brevi e violenti. L'analisi dei dati meteo degli ultimi 30 anni, comunque, ha evidenziato come si siano verificati sull'area almeno una decina di eventi caratterizzati da intensità di pioggia sopra la media. Questa tendenza risulta inoltre sempre più in aumento a seguito del *climate change*, che tende a concentrare le quantità di pioggia in periodi sempre più brevi, con fenomeni più violenti e di intensità molto elevata.

Dal punto di vista idrografico, il bacino risulta solcato sostanzialmente dal solo collettore naturale del 1° ordine. L'osservazione del profilo longitudinale dell'asta torrentizia evidenzia come, partendo da monte, questa sia caratterizzata subito a valle della zona prativa bonificata da un primo tratto a maggior pendenza con valori intorno al 38-39% (21-22°) tipici dei tratti di innesco dei fenomeni di colata di detrito. A questo segue un tratto di circa 200 m con pendenza minore (30% -17°) ove le pendenze risultano però all'interno del range 10° - 20° che, secondo la teoria di Takahashi è il range che maggiormente influenza il coefficiente di amplificazione delle colate di detriti rispetto alla portata liquida. E' anche il tratto in cui sono più evidenti i segni di passate colate di detrito, con evidenti “testimoni muti”.

Profilo longitudinale asta principale rio Ex-cava Peschiera

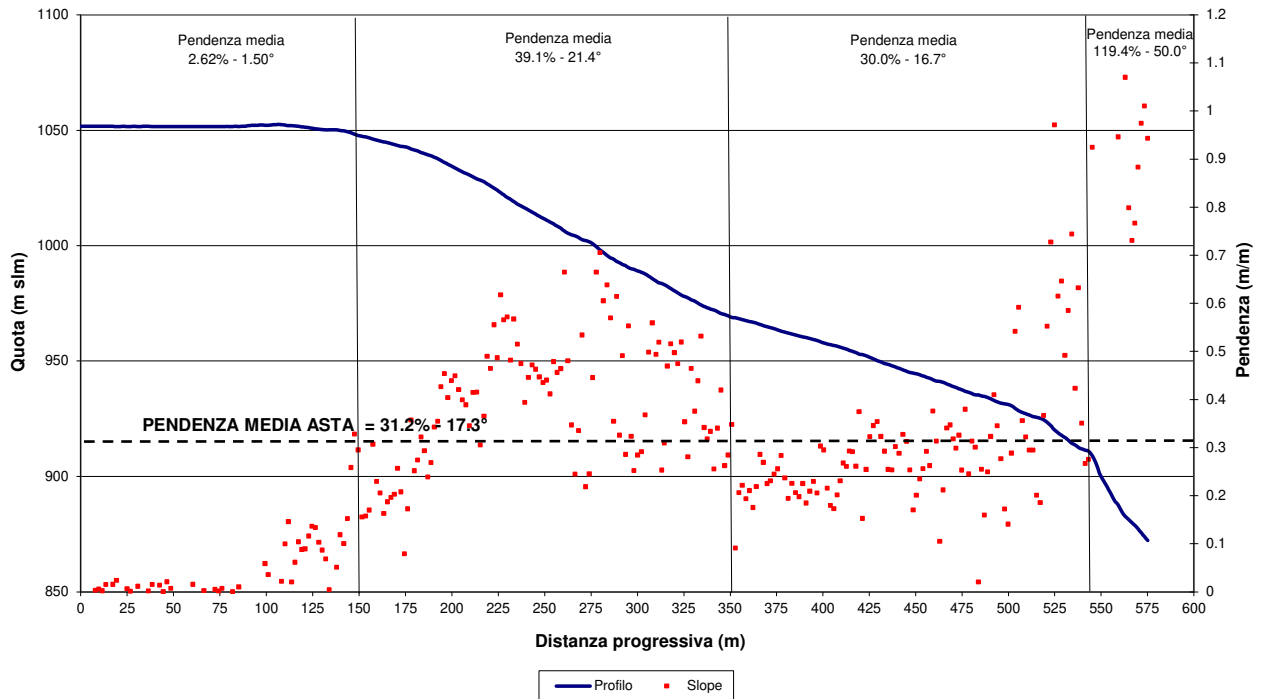


Fig. 2.15 – Profilo longitudinale asta principale del rio Ex-cava Peschiera

L'uso del suolo e la copertura forestale del bacino (fig. 2.16) è caratterizzato nella parte bassa dalla forte presenza di pino silvestre misto a latifoglie termofile (faggio), che evidenzia un carattere relativamente arido dei substrati, con presenza di ampie zone a con roccia affiorante e sub-affiorante e terreni di copertura poco potenti. Nella parte alta, meno pendente, che ha favorito la formazione di suoli più profondi e fertili, la presenza del faggio diventa predominante. All'interno dell'area forestale si rinvengono due ampie zone prative a graminacee.

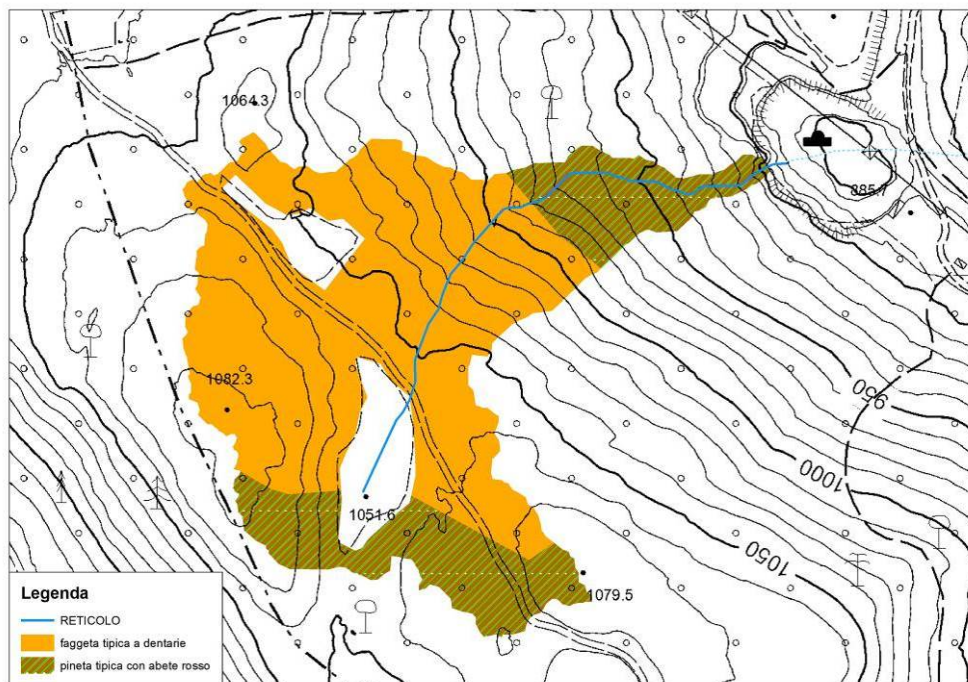


Fig. 2.16 – Copertura forestale presenti nel bacino

### 3. FENOMENI ATTESI

Dalla descrizione geomorfologica, idrologica ed idrografica sopra riportata si traggono importanti elementi di valutazione dei quali può essere la risposta idrologica e sedimentologica del bacino agli eventi di pioggia più gravosi, che, vista la sua ridottissima dimensione sono rappresentati da fenomeni di pioggia di durata piuttosto breve (0.5-3.0 ore) sia isolati (es. scrosci estivi) che inseriti all'interno di periodi di pioggia più prolungati che portino ad un elevato grado di saturazione dei depositi sciolti presenti in alveo e sui versanti ed alla generazione di abbondante deflusso superficiale che abbiamo visto non dovrebbe essere limitante. La configurazione geomorfologica sopra descritta influenza però fortemente la cosiddetta *Sediment Connectivity* all'interno del bacino (Fig. 3.1), ossia il grado di collegamento che controlla il flusso dei sedimenti tra le diverse aree sorgenti e la sezione di chiusura.

Applicando al bacino un recente approccio proposto da *Cavalli et al.* (2013) per il calcolo dell'indice di connettività tra i versanti e la sezione di chiusura del bacino, si nota in maniera piuttosto evidente come solo la parte bassa del bacino, a valle della quota 1040-1050 m slm presenti oggettivamente una connessione elevata con la sezione di chiusura, mentre tutta la parte alta possa di fatto considerarsi “disconnessa” dal punto di vista sedimentologico.

E' quindi ragionevole attendersi che, in caso di evento, la parte più alta del versante non contribuisca al trasporto solido complessivo in arrivo alla sezione di chiusura ma prevalentemente al rifornimento idrico (si è già detto della bassa permeabilità della copertura morenica), mentre tutto il canale principale rappresenti la sorgente prevalente, per una lunghezza di almeno 300 m circa.

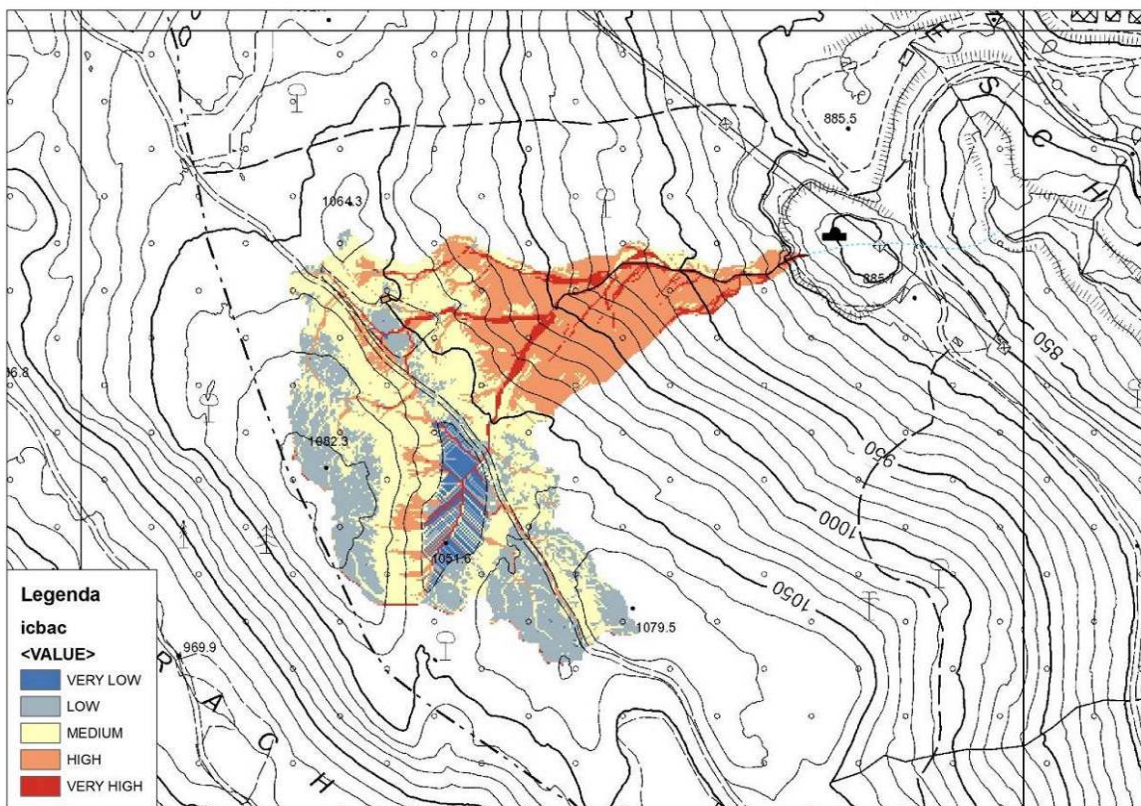


Fig. 3.1 – Sediment connectivity index nel bacino in studio

Una conferma, seppur qualitativa e non esaustiva, di quanto sopra riportato ci viene fornita anche dall’applicazione della metodologia per l’identificazione preliminare dei tratti d’alveo potenzialmente soggetti a colata detritica sviluppata per il Servizio Bacini montani dal CNR-IRPI di Padova (2006).

La metodologia consente di estrarre, dalla rete idrografica sintetica (estrazione con superficie di soglia pari a 2 ha) i possibili punti di innesco di colate detritiche, sulla base di una relazione tra pendenza locale e area drenata derivata empiricamente da Zimmermann et al. (1997) a partire da diversi eventi di colata in territorio svizzero (Wichmann and Becht, 2005):

$$S = 0.32A^{-0.2}$$

dove S è la pendenza locale (m/m) e A l’area contribuyente a monte (km<sup>2</sup>).

Questo approccio trova il suo fondamento sul fatto che, ipotizzando non limitante la disponibilità di materiale movimentabile (ed in questo caso non lo è), l’innesco di una colata detritica canalizzata dipende dal superamento di valori critici di portata e pendenza. Per valori di pendenza > 38° si è invece assunto che la quantità di materiale mobilizzabile sia modesta o trascurabile. Tutti i pixel del reticolo sintetico che non risultano essere potenziali punti d’innesco sono stati classificati nelle categorie propagazione (>8°), rallentamento (3-8°) e deposito (< 3°) sulla base di semplici valori di soglia della pendenza locale reperiti in letteratura (Vandre, 1985; Benda, 1985). Un’ulteriore elaborazione che arricchisce l’informazione puntuale delle celle individuate come possibile innesco di colata può essere fornita da una mappa di densità dei punti d’innesco; tale elaborazione permette di individuare quali sono le zone all’interno del bacino in cui maggiore è la densità dei punti d’innesco (*kernel density*).

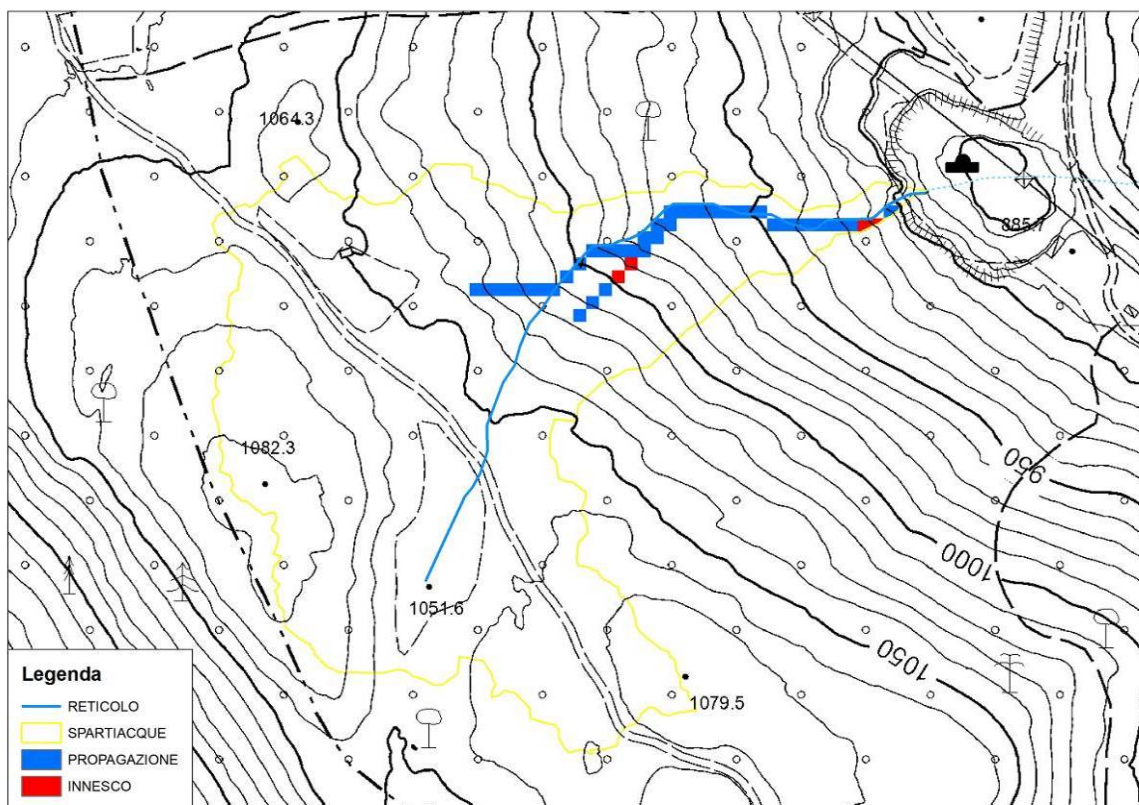


Fig. 3.2 - Fenomeni prevalenti lungo il reticolo idrografico sintetico

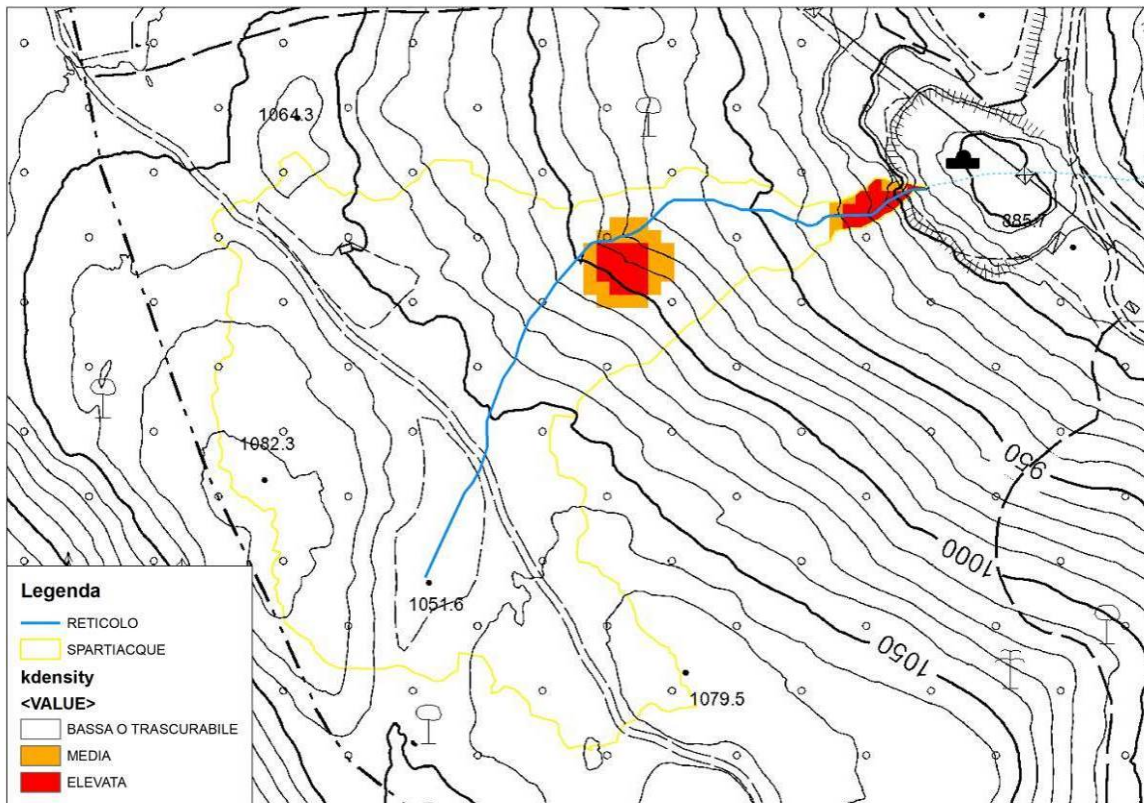


Fig. 3.3 - Densità dei potenziali punti d’innesco di fenomeni di trasporto solido massivo

I raster dei fenomeni prevalenti e della densità d’innesco in Fig. 3.2-3.33 evidenziano in maniera piuttosto chiara come i fenomeni di innesco e propagazione del trasporto solido di massa (colate di detrito), con meccanismi di innesco di tipo “idrologico”, si concentrino solamente entro il collettore principale, ove si sono rilevati anche i testimoni muti più evidenti in fase di sopralluogo. Non sono invece identificati potenziali punti di innesco nella parte medio-alta del bacino che funge prevalentemente da zona di raccolta delle acque. Non si evidenziano zone caratterizzate da prevalenza di fenomeni di rallentamento ed arresto (deposizione di materiale), il che evidenzia la possibilità che i fenomeni, una volta innescati, non siano in grado di subire particolari trasformazioni lungo il percorso verso valle, soprattutto in termini di riduzione della concentrazione volumetrica. Le pendenze in gioco lungo l’asta, come già vista dell’analisi del profilo longitudinale della stessa, appaiono comunque predisponenti sia l’innesco di fenomeni di massa che la loro propagazione, seppur con valori della concentrazione volumetrica probabilmente più tipici delle colate di detrito immature o dei flussi iperconcentrati, piuttosto che quelli delle colate pienamente sviluppate ( $C_v > 50\%$ ).

#### 4. STIMA DELL’EVENTO IDROLOGICO DI RIFERIMENTO A SCALA DI BACINO

La stima dell’idrogramma di riferimento per il bacino in oggetto (o evento idrologico di “riferimento”) cui collegare il debrisgramma sedimentologico da utilizzarsi come input alla successiva simulazione propagatoria viene eseguita seguendo la procedura standardizzata di analisi sviluppata per il Servizio Bacini montani della PAT dal Dipartimento TESAF dell’Università degli Studi di Padova. L’analisi del fenomeno di progetto nei bacini in studio inizia con la generazione dell’idrogramma di acqua chiara di riferimento, che nel nostro caso è l’idrogramma generato da una pioggia con TR 30 e 200 anni, quali limite inferiore e superiore richiesto dalla normativa vigente.

**Provincia Autonoma di Trento – Comune di Cembra-Lisignago**

STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO “AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA”

Per la stima della precipitazione critica per il bacino sono state utilizzate le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica ottenute da regolarizzazione statistica dei massimi di pioggia per 0.25, 0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore della Provincia di Trento (AIDI, 2014) mediate sull'area di studio.

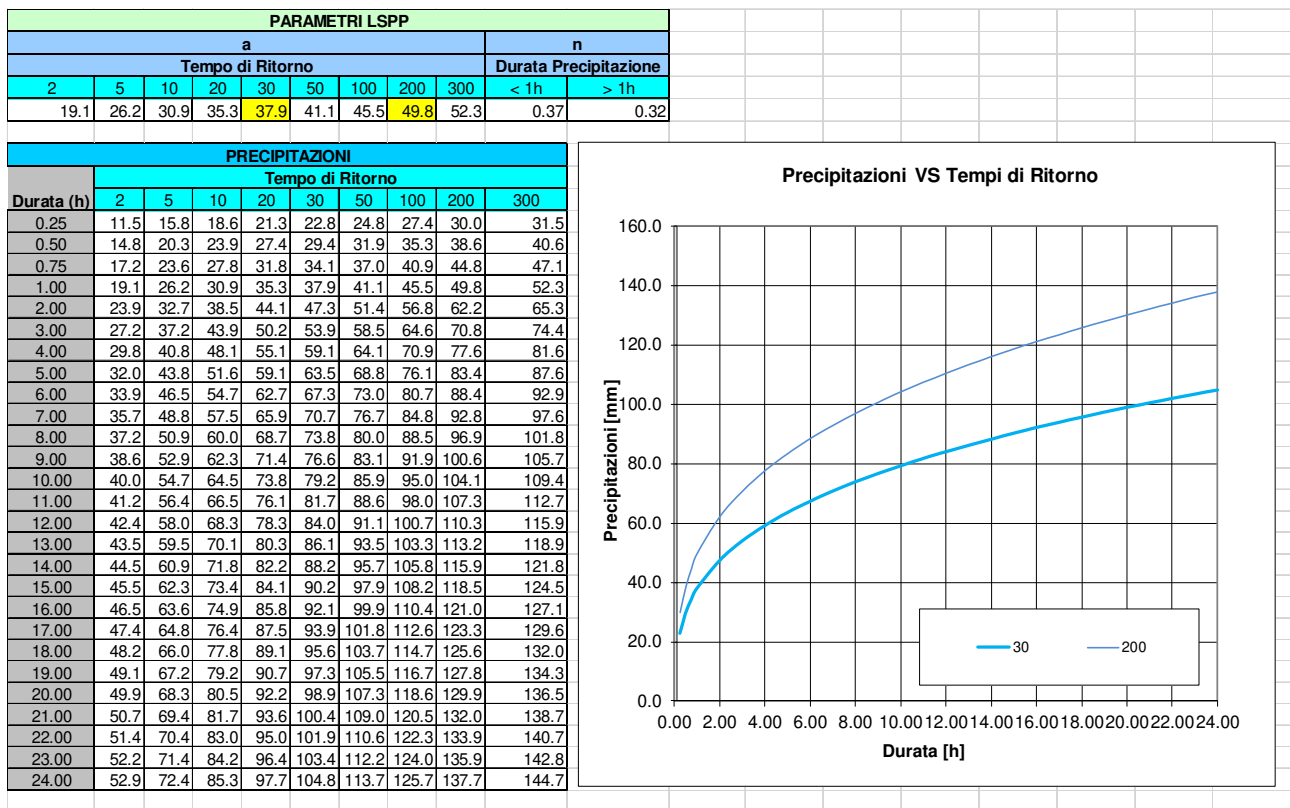


Fig. 4.1 – Parametri e linee segnalatrici di possibilità pluviometrica TR30 e 200 anni per il bacino in esame (fonte Servizio Bacini montani).

La PORTATA LIQUIDA di progetto viene stimata mediante l'applicazione del modello afflussi-deflussi distribuito HYDROGRID (AIDI, 2002)., ora inserito nel pacchetto AdB-Toolbox 1.8.

Viste le caratteristiche morfometriche, idrologiche ed idrogeologiche dei bacini in precedenza descritte, la superficie drenante molto ridotta associata ad una morfologia piuttosto stretta ed allungata, dovrebbero fornire risposte alla precipitazione probabilmente abbastanza rapide e potenzialmente anche abbondanti viste le caratteristiche di relativa bassa permeabilità dei substrati e dei terreni di copertura. Si ritiene che i fenomeni più gravosi siano riconducibili alle piogge di durata breve o brevissima, caratterizzate al loro interno da picchi con intensità elevate anche superiori alla media, sia isolati che inseriti in un contesto idrologico ad elevata umidità antecedente, con condizioni dei versanti e dei terreni di copertura di parziale saturazione.

Il modello idrologico, utilizzando una serie di parametri cinematici ed idrologici, applica le equazioni del metodo SCS per la trasformazione degli afflussi totali in afflussi efficaci e di questi in deflussi superficiali diretti.

Tali parametri sono di seguito riportati:

- Velocità media di deflusso nella rete: 2.5 m/s (valore di letteratura);

- Velocità media di deflusso sul versante sul bacino: 0.053 m/s dipendente dalla pendenza media dei versanti iv (28.7%) ottenuta mediante l'applicazione dell'equazione cinematica:

$$V_v = 0.1 iv^{0.5}$$

- Perdite iniziali:  $la = 0.1S$  (Il parametro  $S$  è posto in funzione di un altro parametro, indicato come  $CN$  (Curve Number), secondo la relazione:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) 254$$

dove:

$S$  (massimo contenuto idrico del suolo) è espresso in mm;

- Parametro deflusso di base:  $3 \text{ s}^{-1}$  (tale valore è ritenuto sufficientemente elevato per simulare la risposta sottosuperficiale del bacino, relativamente ridotta);

-  $AMC$  (*Antecedent Moisture Conditions*): 3.0-3.25 – condizioni di umidità dei terreni al momento della precipitazione;

Si ottiene così un raster dei tempi di propagazione (fig. 4.2) che controlla la risposta temporale alla sezione di chiusura di ogni singolo output di deflusso generato alla cella. Il tempo medio di propagazione stimato per il bacino è pari a 0.66 ore (39 min) mentre quello massimo a 2.10 ore. Si tratta quindi di un bacino dalla risposta abbastanza rapida, soprattutto neella parte medio-bassa e lungo la rete idrografica, come era facile attendersi.

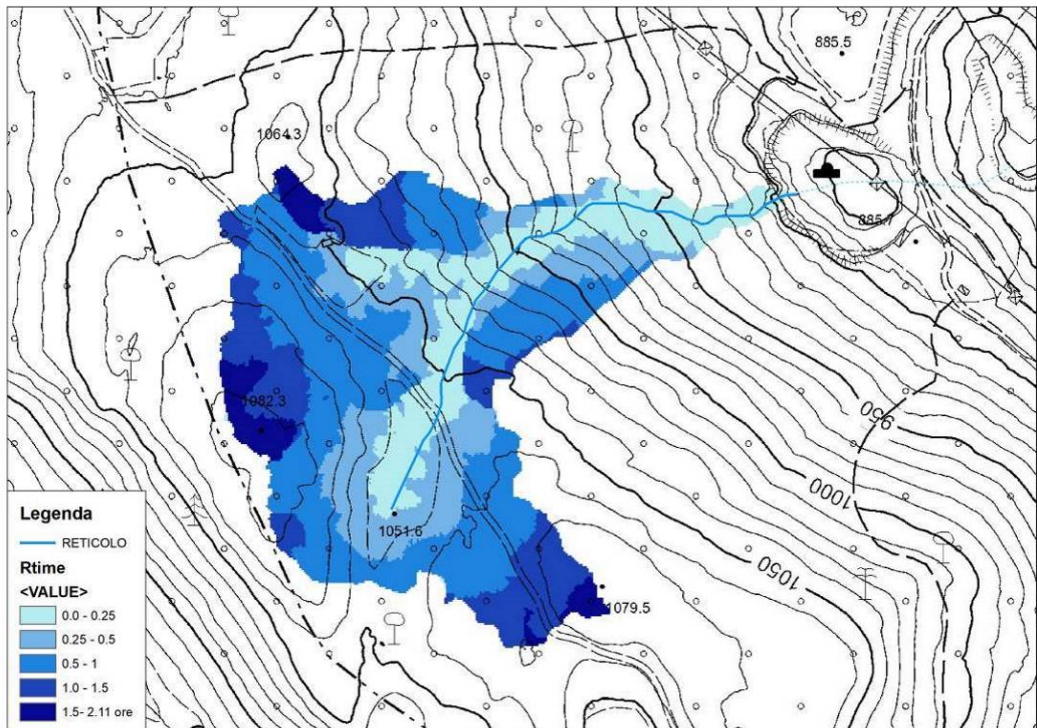


Fig. 4.2 – Raster dei tempi di propagazione dei bacini e istogramma Area-tempi

Ai parametri idrografici, morfometrici e cinematici si aggiungono quindi i parametri idrologici propriamente detti, ossia quelli in grado di fornire una descrizione della capacità delle diverse parti del bacino alla produzione di deflusso superficiale. Tra questi, quello fondamentale del metodo è rappresentato dal Curve Number o  $CN$  (Fig. 4.3), che con un valore variabile da 0 a 100 fornisce la capacità di produzione di deflusso delle diverse combinazioni suolo-soprasuolo presenti nel bacino.

Per poter fare questo è stata ottenuta inizialmente una carta raster dei gruppi idrologici (fig. 2.12) che rappresenta la classe di permeabilità a saturazione, assegnando ad ogni litotipo presente nel bacino ad un gruppo idrologico (A-D) a seconda della permeabilità di questo. Si ricorda inoltre come per la sua elaborazione sia stato fatto riferimento a perdite iniziali pari al 10% del contenuto idrico massimo del suolo ( $IA = 0.1S$ ) anziché 20% come proposto nella formulazione classica del metodo. Tale riduzione delle perdite iniziali è giustificata da diversi studi eseguiti in vari bacini alpini di piccole dimensioni reperibili in letteratura tecnica. Dall'incrocio della carta dell'uso del suolo (fig. 2.16) con quella dei gruppi idrologici si ottiene la carta del CN o Curve Number (fig. 4.3), che indica la propensione delle diverse combinazioni suolo-soprassuolo a generare deflusso superficiale.

Per il bacino indagato si è ottenuto un valore del CN medio in condizioni di umidità normale (AMC 2) pari a 73.3, quindi già piuttosto elevato. Il valore di CN così stimato, in condizioni di umidità normale AMCII, è stato corretto sulla base della pendenza locale: questa infatti rappresenta un importante fattore che condiziona la formazione del deflusso come definito da diversi autori (*El-Hassanin et al.*, 1993; *Barros et al.*, 1999; *Haggard et al.*, 2002; *Chaplot and Bissonnais*, 2003; *Huang et al.*, 2006). Per tener conto di ciò, *Sharpley e Williams* (1990) hanno proposto alcuni aggiustamenti del CNII standard come segue:

$$CN_{2\alpha} = \frac{1}{3}(CN_3 - CN_2)(1 - 2e^{-13.86\alpha}) + CN_2$$

dove  $CN_2$  e  $CN_3$  sono i valori standard calcolati in condizioni rispettivamente di AMC II e AMC III e a la pendenza ( $\alpha$  in gradi). Per il calcolo di  $CN_3$  si è utilizzata la formulazione proposta da *Hawkins et al.* (1985) o *Neitsch et al.* (2002), che sembrano quelle in grado di fornire i risultati di conversione più attendibili come riportato in *Mishra et al.* (2008)

$$CN_3 = \frac{CN_2}{0.427 + 0.00573CN_2} \quad CN_3 = CN_2 \exp\{0.00673(100 - CN_2)\}$$

Tale metodologia è stata utilizzata per la stima del  $CN_2$  per l'intero versante in oggetto, ottenendo un valore medio corretto del CNII pari a 76.9, quindi più alto del 4.9% rispetto a quello calcolato con il metodo standard, valore che in fase di simulazione subisce un innalzamento dovuto all'utilizzo di condizioni di AMC più critiche pari a 3.0-3.25 per i TR 30 e 200 anni. In realtà non si tratta di un aumento particolarmente elevato, a riprova del fatto che le pendenze dei versanti non risultano così elevate. Nel complesso, però il valore del CN così calcolato evidenzia potenziali risposte unitarie alla precipitazione quantitativamente elevate.

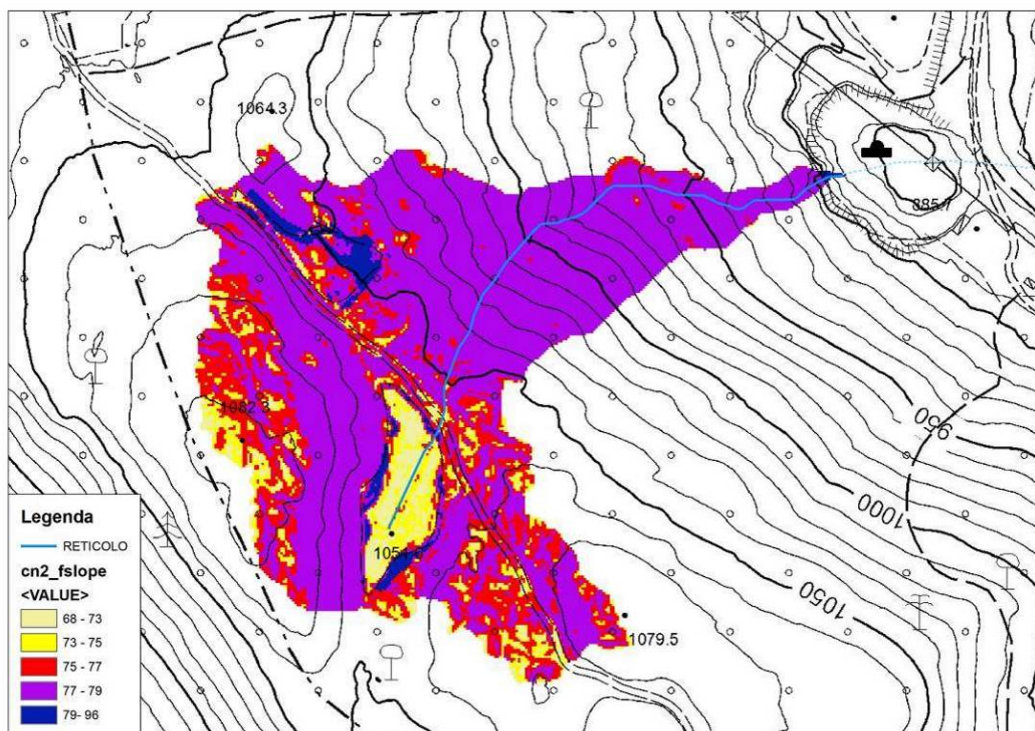


Fig. 4.3 – Mappa del CN corretto con la pendenza ottenuta per l’applicazione del modello HYDROGRID.

Lo scenario temporale di riferimento è caratterizzato da uno scroscio di durata pari al 95% della durata di pioggia critica per il stimata i mediante simulazioni successive con piogge ad intensità costante e timestep 5’

Determinata in questo modo la durata critica della precipitazione si è quindi costruito lo ietogramma di progetto con la medesima durata ma con una distribuzione temporale della precipitazione tipo “Wallingford”, caratterizzato da un picco centrale di forte intensità e distribuzione simmetrica del resto dello ietogramma rispetto a questo. Di seguito si riportano i risultati della simulazione idrologica ad evento ed a scala di bacino.

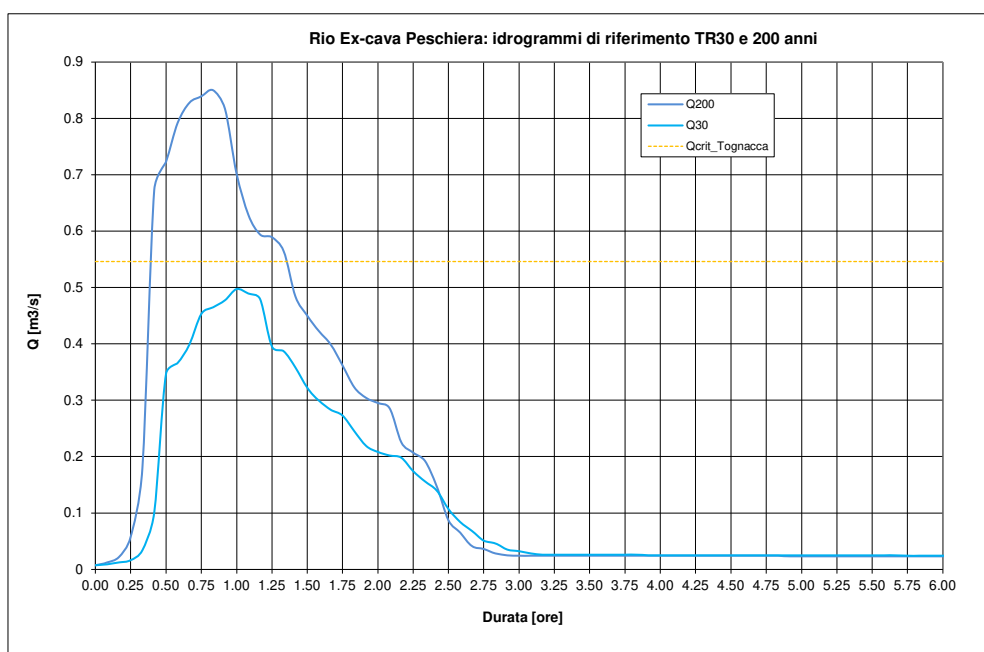


Fig. 4.4 – Ietogrammi di progetto TR 30 e 200 anni simulati per il bacino in oggetto negli scenari di precipitazione Wallingford

I risultati delle simulazioni evidenziano valori di portata liquida al picco variabili tra **0.50 – 0.85 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>** nella configurazione ietogramma con distribuzione temporale Wallingford, con contributi unitari variabili tra 4.00 e 6.8 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup> e quindi piuttosto elevati come era atteso.

## 5. STIMA DEL “DEBRISGRAMMA” DI RIFERIMENTO

Per la stima della **PORTATA SOLIDA di progetto**, come emerso dall’analisi geomorfologica ed idrologica sopra esposta, lo scenario d’evento più probabile da considerarsi è rappresentato da un fenomeno colata di detriti che si innesca più probabilmente nella parte media del bacino, a seguito di fenomeni di erosione lineare e destabilizzazione/erosione spondale ove le pendenze e la presenza di materiale sciolto nella vallecchia e sui versanti più prossimi a questa in condizioni di parziale saturazione possono risultare maggiormente predisponenti i fenomeni di innesco. Partendo da queste considerazioni si è eseguita la stima del cosiddetto debrisgramma di riferimento, associato all’idrogramma.

In ogni bacino, soprattutto se di ridotta estensione come quello in esame, l’attività torrentizia impulsiva è intrinsecamente connessa alla capacità di trasporto solido dell’onda liquida generata dalla precipitazione. Per la stima della portata solida da associare ad una forma di trasporto da colata detritica è largamente utilizzata la procedura che prevede preliminarmente il calcolo della concentrazione volumetrica di equilibrio della colata in movimento ( $C_{eq}$ ) per poi passare alla stima della portata solido-liquida totale ( $Q_d$ ) del debris flow mediante l’approccio volumetrico proposto da Takahashi (1991) e verificato successivamente anche da Tubino e Lanzoni (1992); secondo questo metodo la stima di  $Q_d$  risulta:

$$Q_d = \left( \frac{C^*}{C^* - C_{eq}} \right) \cdot Q_l$$

essendo  $C^*$  la concentrazione di massimo impaccamento dei sedimenti a riposo, prima che essi vengano interessati dall’innesco della colata, variabile tra 0.55 e 0.75 (Armanini, 1999). Nel caso in esame si è utilizzato un valore pari a 0.65 viste le caratteristiche granulometriche dei materiali costituenti letto e versanti.

Tale equazione è ottenuta nell’ipotesi che il letto di sedimenti dal quale si genera la colata abbia un grado di saturazione pari all’unità (letto completamente saturo). La concentrazione di equilibrio viene calcolata sulla base della pendenza del canale, dell’angolo di attrito statico o quasi statico del materiale. L’equazione di Takahashi (1991)

$$C_{eq} = \frac{\rho_m \cdot \tan \beta}{(\rho_s - \rho_m) \cdot (\tan \phi - \tan \beta)}$$

fornisce valori di  $C_{eq}$  più elevati ed è relativa al fronte del debris flow. Inoltre presenta un punto di discontinuità al crescere della pendenza, ossia raggiunge il valore massimo (0.9  $C^*$ ) per pendenze uguali e superiori a 19-20°. Nel caso in esame la pendenza media del tratto di canale simulato su cui si propaga la colata, è pari a circa 31% (17.2°), mentre l’angolo d’attrito del materiale si attesta sui 35°.

L'equazione sopra riportata è quindi applicabile e fornisce un valore di  $C_{veq} = 0.482$  con un fattore di amplificazione della portata liquida pari a circa 3.8.

Un'ipotesi che viene posta nel calcolo riguarda la variazione temporale del coefficiente  $C_{eq}$  durante gli intervalli di tempo che precedono e che seguono l'istante di picco; l'assunzione di un valore pari a  $C_{eq\ max}$  da applicare a tutta la durata dell'onda liquida porterebbe, infatti, alla determinazione di un sedimentogramma da debris flow assai poco realistico. L'ipotesi è quindi quella di far iniziare l'onda da debris flow in corrispondenza al transito di una portata liquida pari alla portata unitaria d'innesco dei debris flow per instabilizzazione del letto del torrente per erosione progressiva ( $q_{cr}$ ) stimata mediante il metodo proposto da *Tognacca et al.* (1999):

$$q_{cr} = \left( \frac{\rho_m}{\rho_s} - 1 \right)^{0.5} \cdot g^{0.5} \cdot \frac{d_m^{1.5}}{(\tan \beta)^{1.17}}$$

Nel caso in esame, assunti un diametro medio ( $d_m$ ) della distribuzione granulometrica pari a 0.08 m stimato da osservazioni in campo sui depositi presenti e da una stima basata su relazioni empiriche funzione della pendenza dell'alveo e sulla “bankfull discharge” (profondità e larghezza della sezione a piene rive), la pendenza media della zona d'innesco pari a 39% circa ed una larghezza media dell'alveo nella zona d'innesco pari a 2.0 m, si giunge ad una portata critica d'innesco  $Q_{cr}$  pari a **0.55 m<sup>3</sup>/s**, valore che viene superato solo dal picco dell'idrogramma con TR200 evidenziando quindi come i fenomeni di colata non siano così frequenti e richiedano per l'innesco condizioni idrologiche veramente critiche. Ciò non significa che eventi di magnitudo inferiore non possono essere innescati da idrogrammi con TR inferiore, ma che questi riescano più probabilmente a generare fenomeni di trasporto solido al fondo o piene di detrito con concentrazioni volumetriche al picco inferiori. La portata critica d'innesco del trasporto solido al fondo viene infatti stimata, secondo l'approccio di Shields modificato, intorno a 0.08 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, generando sulle pendenze che caratterizzano il tratto di propagazione potenziali valori di  $C_{vmax}$  intorno a 0.38 tipici delle piene a forte trasporto solido al fondo o piene iperconcentrate.

I risultati dell'applicazione, per il TR 200 anni sono di seguito riportati (fig. 5.1).

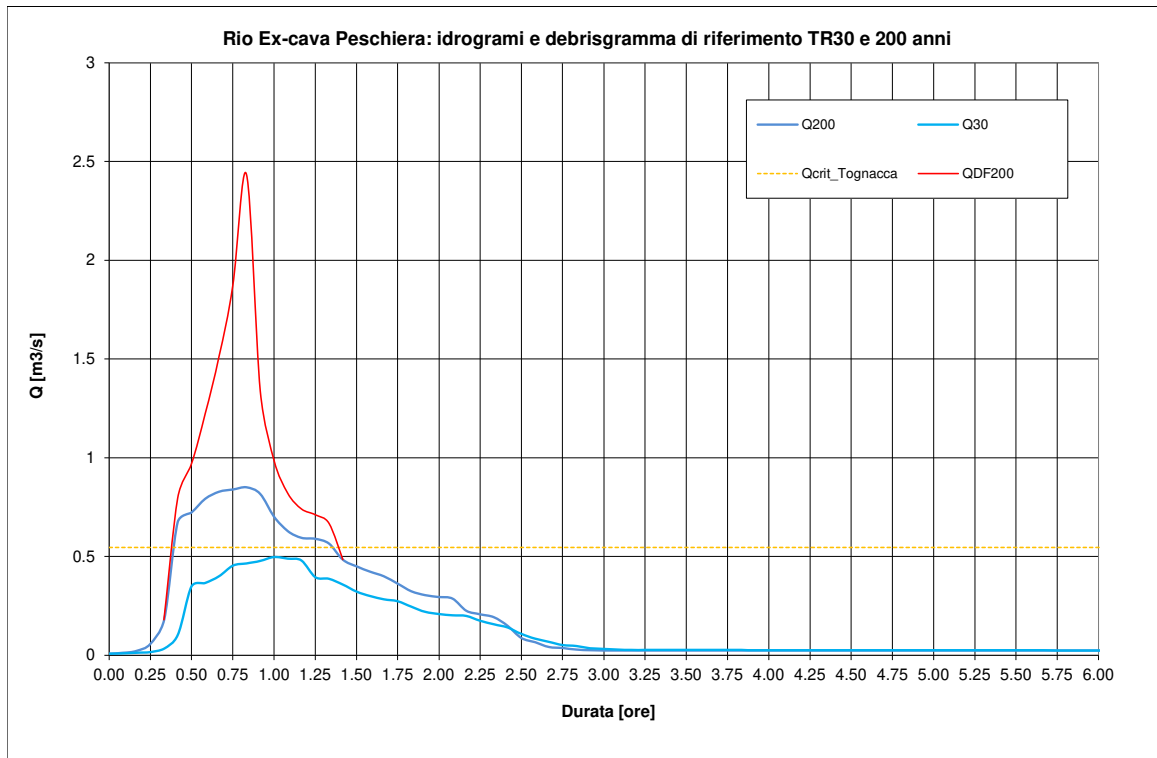


Fig. 5.1 – Debrisgrammi stimati per il bacino del rio Giara– TR 30 - 200 anni

Il debrisgramma TR 200 anni così stimato presenta un picco della mistura di circa 2.5 mc/s ed una cumulata solida teorica trasportabile dell'evento variabile di circa **1100 mc**.

Un possibile controllo, seppur empirico, del volume così stimato per via idrologica, è possibile applicando un semplice metodo semi-empirico per la stima dei volumi delle colate basato su semplici dati idrologici e morfologici del bacino. Il metodo è proposto da *Marchi e D'Agostino* (2004) e stima il potenziale volume della colata sulla base del volume di deflusso liquido responsabile della formazione della colata detritica (m<sup>3</sup>) e la pendenza media dell'asta torrentizia. Nel caso in esame il volume di deflusso responsabile del trasporto solido stimato per il TR 200 è pari a 2600 m<sup>3</sup> circa. La pendenza media dell'asta torrentizia considerata è pari a 31.2%.

Applicando quindi l'equazione:

$$V = V_r \cdot (2.9 \cdot S_c^2)$$

si ottiene un volume potenziale del fenomeno di trasporto di circa **750 m<sup>3</sup>**, quindi inferiori rispetto a quanto stimato per via idrologica e ritenuti eccessivamente ridotti per eventi a medio-bassa probabilità di accadimento.

Utilizzando per la stima dei volumi attesi in caso di evento un ulteriore approccio semi-empirico proposto da *Rickenmann & Koschni* (2010) - Fig. 5.2, che forniscono una relazione empirica del volume unitario in base alla pendenza media dell'alveo basata su dati di volume rilevati in campo di diversi eventi, si ottiene, per una pendenza media del corso d'acqua del 31.2% un valore circa **3186 m<sup>3</sup>/kmq**. Ciò significa un contributo potenziale di circa **450 mc** per il bacino in questione (utilizzando la superficie 3D). Questo può essere considerato, per il caso in esame, come il limite inferiore sotto il quale appare poco cautelativo spingersi, soprattutto in caso di eventi a bassa probabilità di accadimento, viste le disponibilità reali di sedimento del bacino, valutabili dal punto di vista geomorfico nell'ordine di

circa 1000-1500 m<sup>3</sup>, ipotizzando un prelievo massimo di 3-5 m<sup>3</sup>/m lineare d’alveo su un tratto potenzialmente erodibile di circa 300 m.

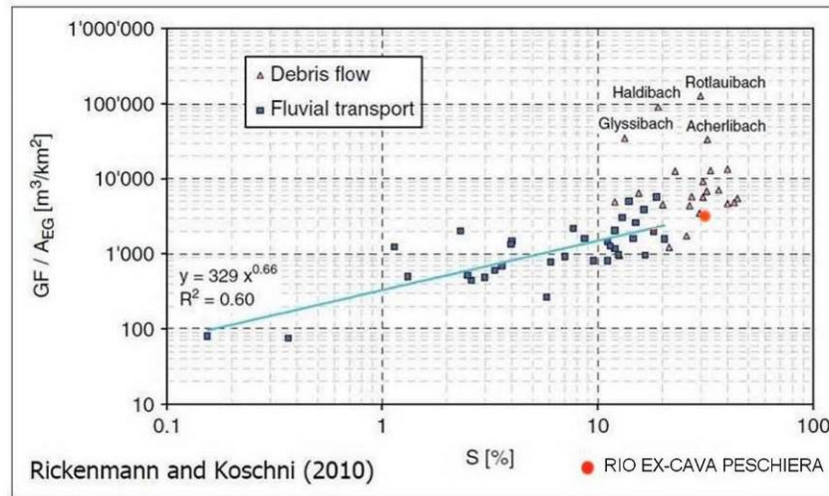


Fig. 5.2 – Relazione fra pendenza media dell’alveo e produzione di sedimento unitaria (Rickenmann & Koschni, 2010)

Dato che i volumi mobilizzabili dal “motore idrologico” stimati come sopra sono compresi entro il limite massimo di volume realmente disponibile, come sopra evidenziato, il debrisgramma stimato può essere ragionevolmente assunto come scenario di riferimento da utilizzarsi nella successiva modellazione propagatoria per la pericolosità ordinaria. Volumi superiori sembrano più consoni per stime di pericolosità residua.

## 6. LA SIMULAZIONE NUMERICA BIDIMENSIONALE CON IL CODICE TRENT-2D®

L’applicazione del codice TRENT<sub>2D</sub> al rio Ex-cava Peschiera ed all’area di progetto è stata eseguita preparando la topografia del campo di moto, partendo dal DTM raster LIDAR 0.5x0.5 m della PAT ed eseguendone l’interpolazione ad un raster ASCII con celle 1x1 m, dimensione che consentisse accuratezza topografica e tempi di calcolo ragionevoli. Si tratta di un codice di calcolo appositamente prodotto per la propagazione di onde solido-liquide su un campo di moto (*floodplain*) rappresentato da una griglia quotata a maglie quadrate di dimensione variabile, derivata da una base topografica di dettaglio e caratterizzata da valori di resistenza al moto variabili a seconda delle caratteristiche granulometriche ed idrauliche del campo di moto. Il codice numerico descrive il moto bidimensionale della colata ipotizzandola come un fluido bifase in cui non vi è sfasamento (modello accoppiato) tra i vettori velocità sia della fase solida che si quella liquida. Le equazioni del modello si ottengono on bilanci di conservazione della massa della mistura, della massa della sola fase solide e della quantità di moto della mistura nell’ipotesi di distribuzione idrostatica delle pressioni. In definitiva questo modello considera in modo accoppiato la dinamica della colata e l’evoluzione morfologica dell’alveo. Per la descrizione teorica delle equazioni alla base del codice si rimanda alla specifica bibliografia (Rosatti & Fraccarollo, 2002, Rosatti & Fraccarollo, 2006). Per ciò che riguarda la stima dei parametri in input alla simulazione, la stima è stata eseguita utilizzando ove possibile i dati derivanti dalla relazione geologico-geotecnica a firma del dott. Vigna (2022) e dalle analisi granulometriche e geotecniche di laboratorio su materiali analizzati in altri bacini dalle caratteristiche geologiche del tutto simili, in particolare per ciò che riguarda i parametri  $\Delta$  e  $\phi_d$ . Per ciò che riguarda la scelta del parametro  $Y$  (sommergenza relativa in condizioni di moto uniforme  $Y = h/dx a^{0.5}$ , con  $a = \text{cost} = 0.35$ ), si è

deciso di utilizzare un valore di questo, pari a 15, stimato sulla base del diametro caratteristico dei sedimenti presenti e dalle caratteristiche idrauliche del tratto (tirante), che fanno propendere a colate di tipo ibrido (ibride tra colate puramente granulo-inerziali e colate turbolente).

Riassumendo, i parametri utilizzati nelle simulazioni sono stati:

$$\Delta = 1.65$$

$$\phi_d = 38^\circ$$

$$Y = 15 \text{ (stima – da letteratura)}$$

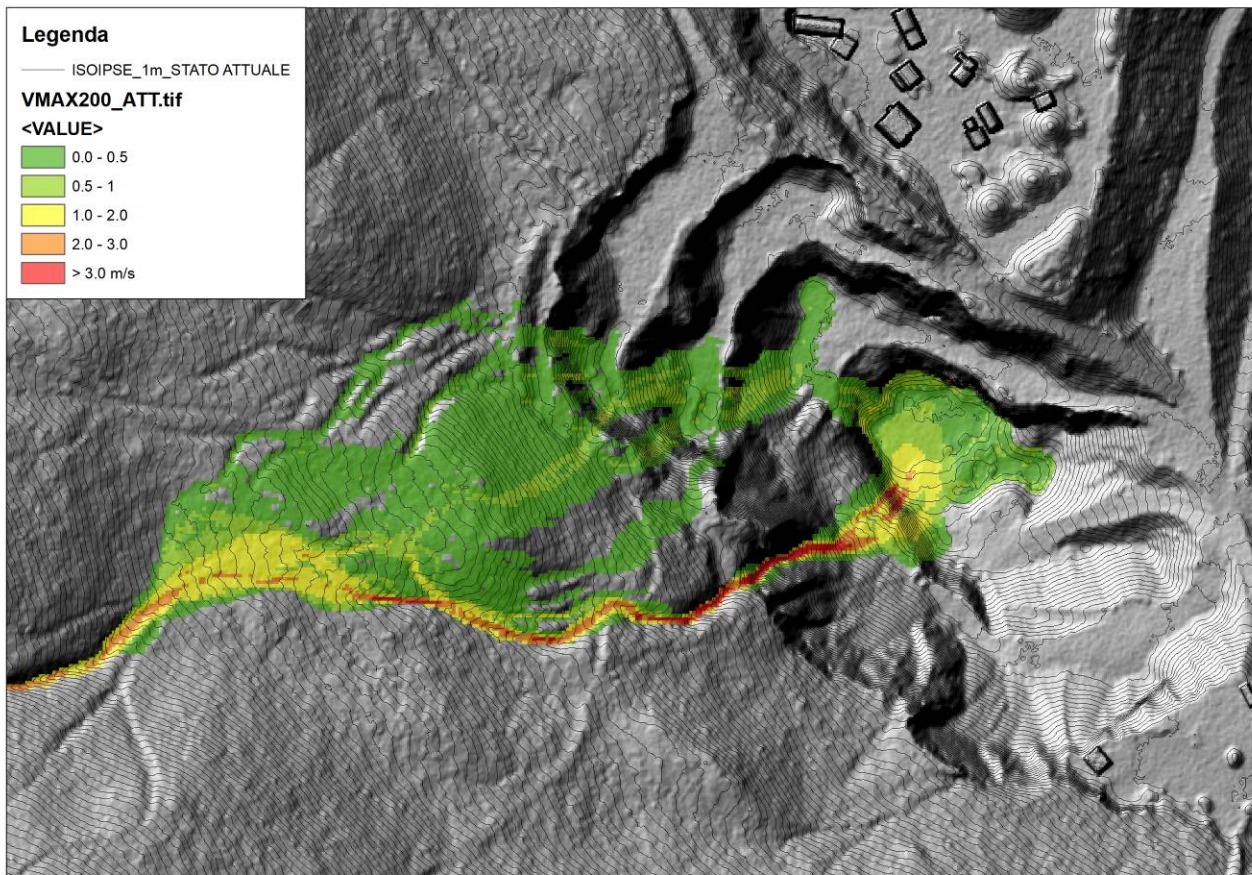
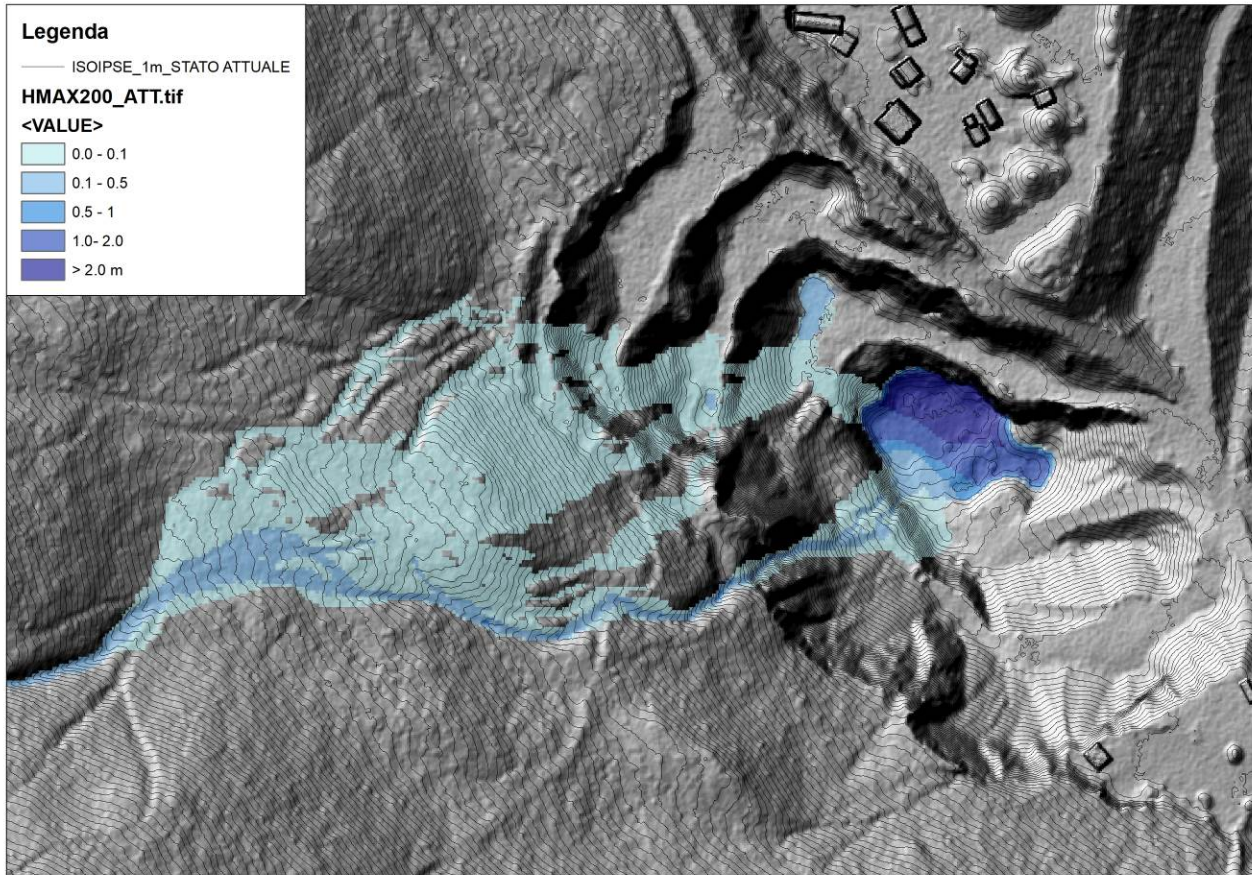
$\beta = 0.44$  stimato in automatico dal software sulla base dell'idraulica di moto uniforme calcolata nella sezione media di entrata del campo di moto e della  $C_{V_{max}}$  del fenomeno.

$if = 0.30$  (pendenza in ingresso al campo di moto, vicina alla pendenza media del tratto simulato a monte della cava)

Il volume complessivo della mistura solido-liquida immessa è risultato di 4120 m<sup>3</sup> circa di cui 1056 m<sup>3</sup> solidi (25.6%). La simulazione evidenzia un possibile prelievo solido del fenomeno in propagazione di altri 500 m<sup>3</sup> circa per localizzati fenomeni di scavo. Si tratta di un fenomeno simulato con caratteristiche del tutto comparabili e coerenti con il debrisgramma stimato al capitolo precedente per il TR200 con il metodo volumetrico di Takahashi, seppur maggiormente cautelativo in termini i volumetrici complessivi. Il debrisgramma è stato utilizzato per le simulazioni nello stato topografico attuale che di progetto, con la realizzazione del piazzale a quota 857.00 m slm. I risultati delle due simulazioni sono di seguito proposti.

Provincia Autonoma di Trento – Comune di Cembra-Lisignago

STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO "AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA"



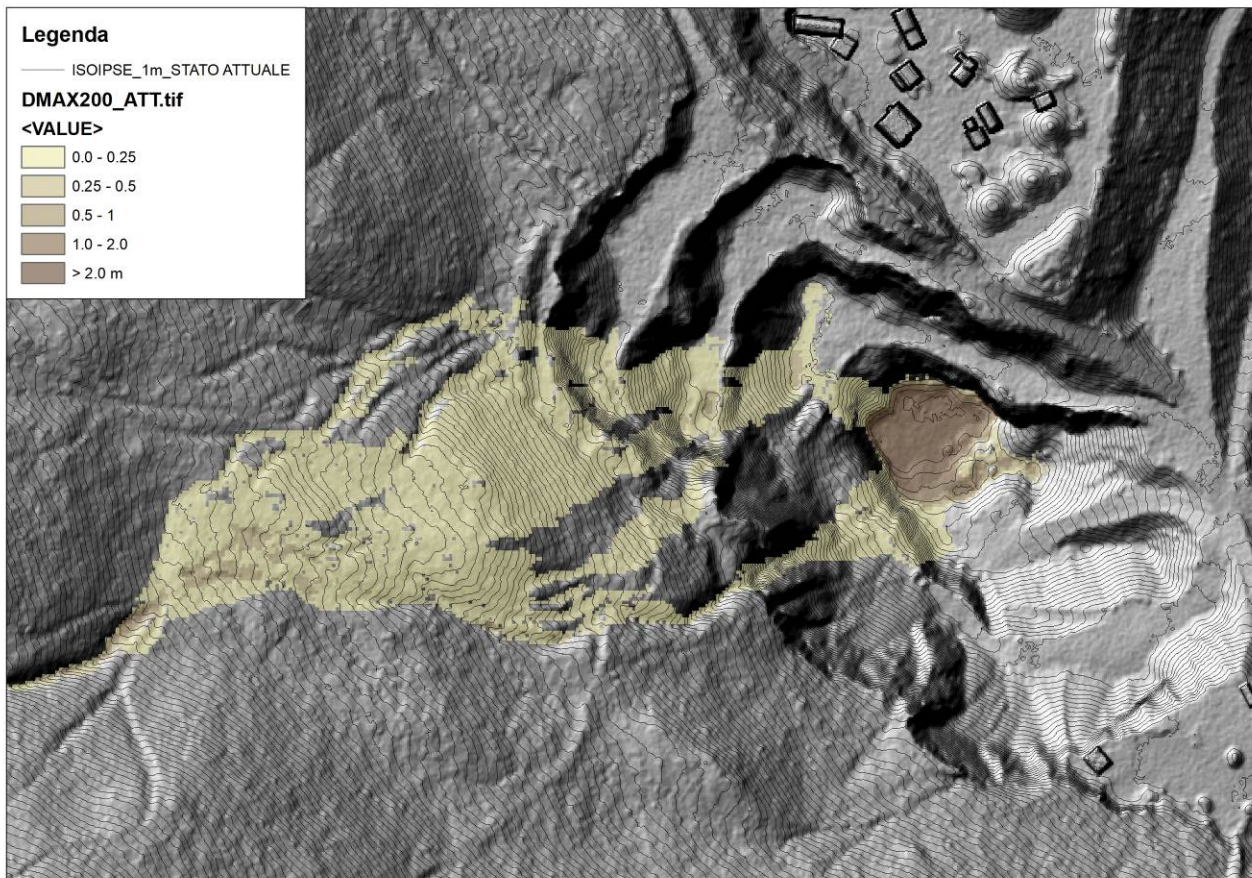
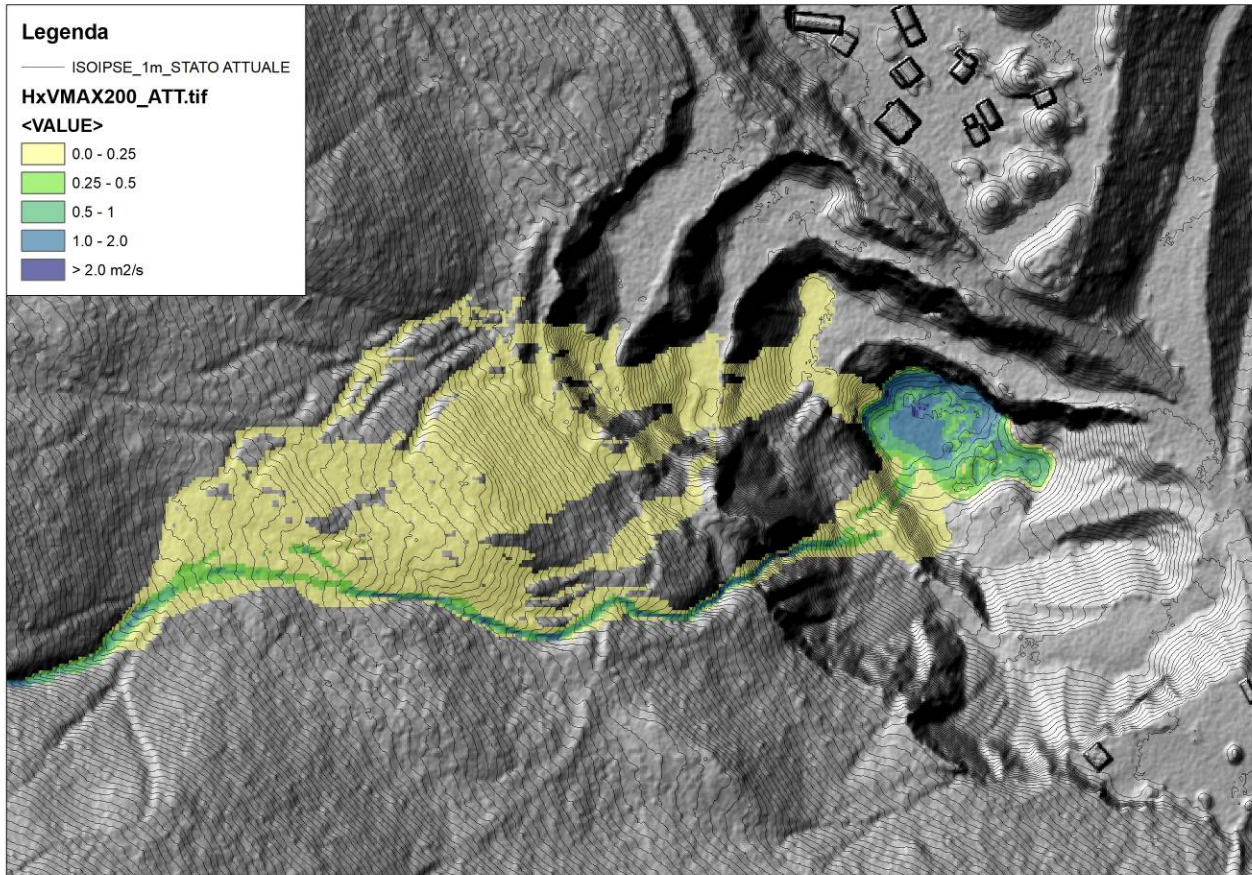
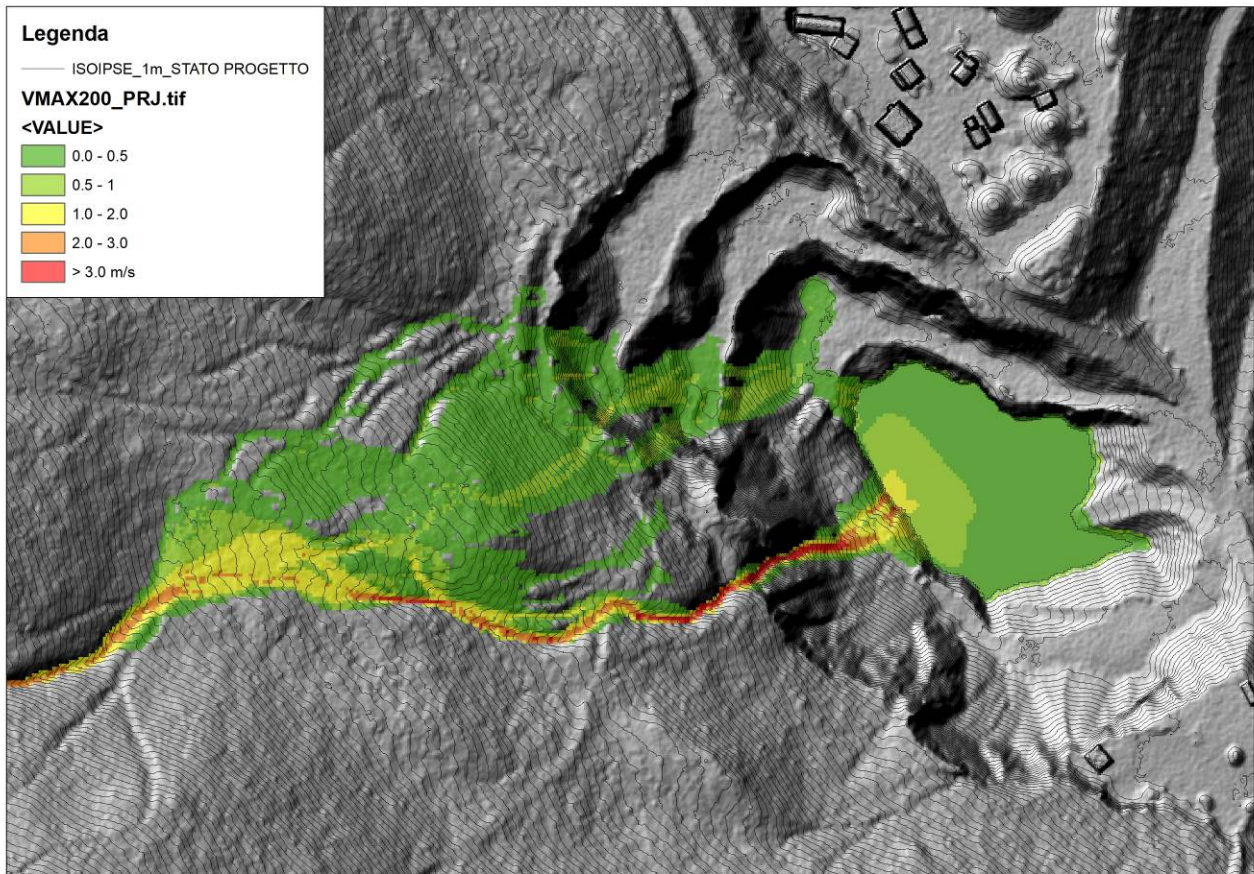
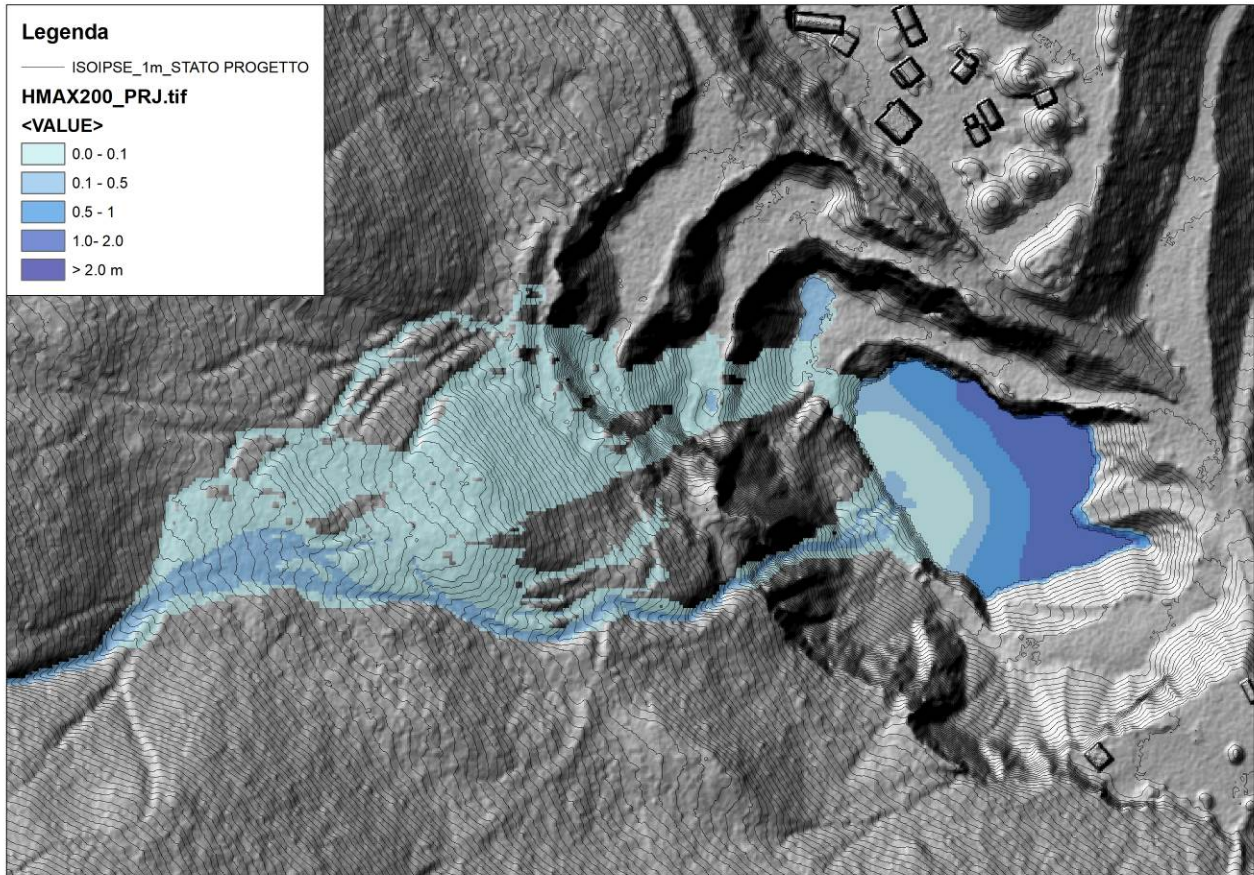


Fig. 6.1-6.4 – Massimo tirante, velocità, prodotto tirante x velocità e deposito simulati nello stato topografico ATTUALE

Provincia Autonoma di Trento – Comune di Cembra-Lisignago

STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO "AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA"



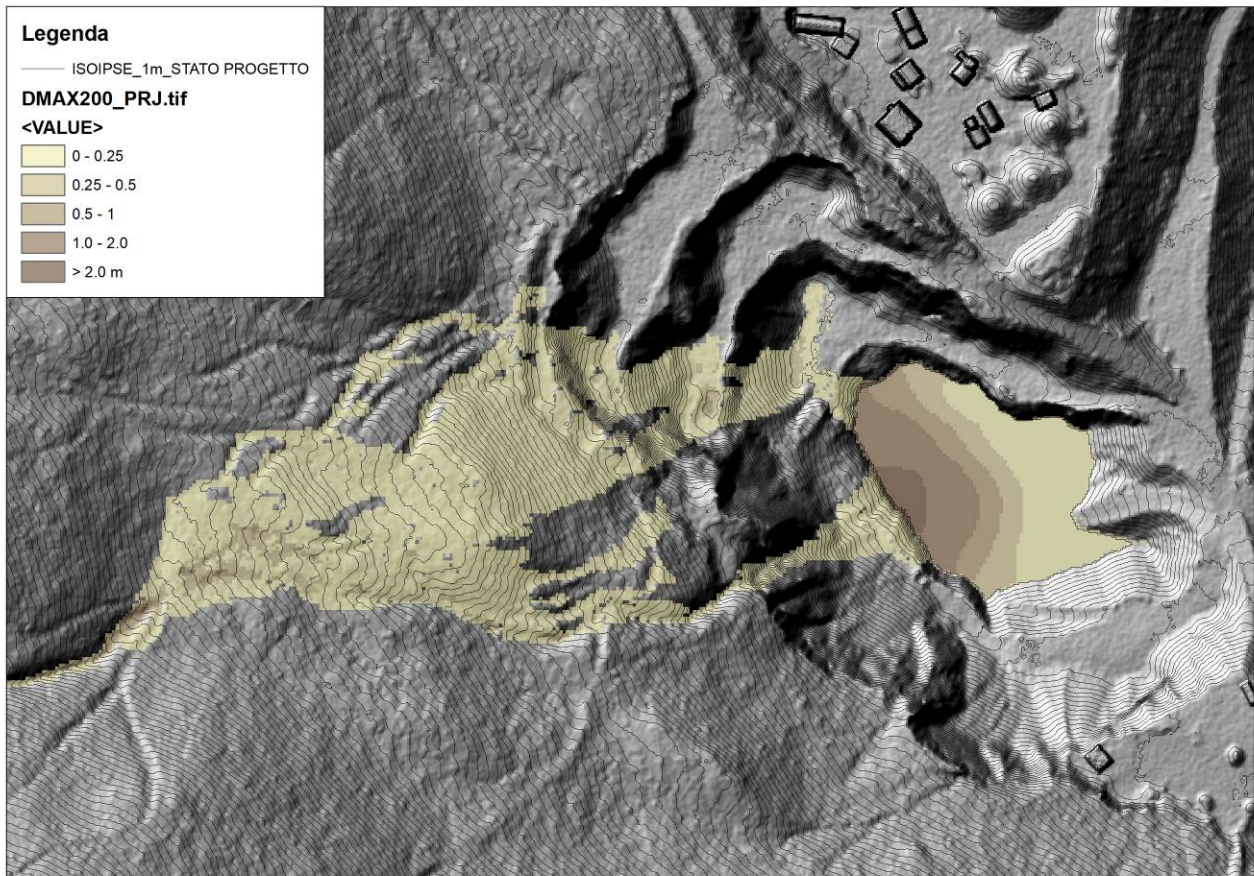
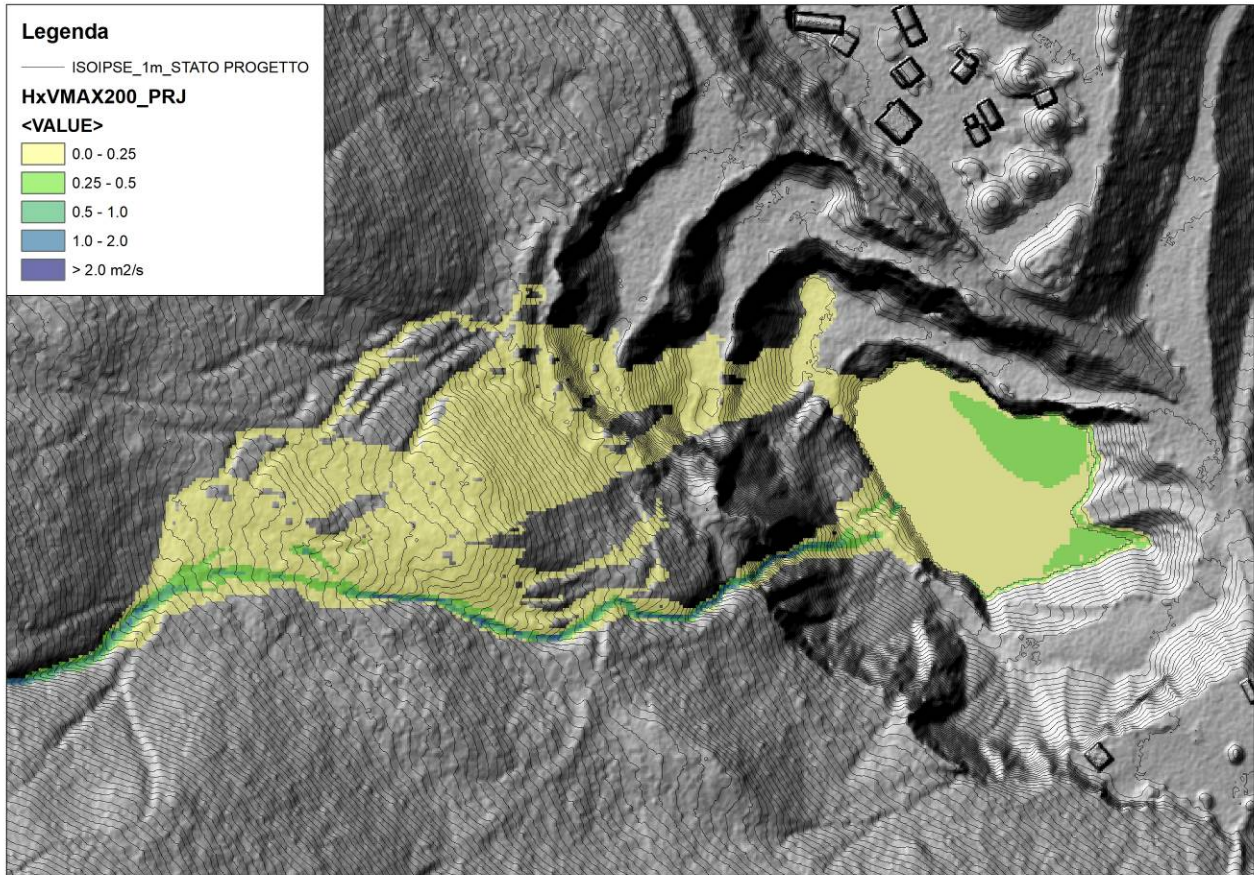


Fig. 6.5-6.8 – Massimo tirante, velocità, prodotto tirante x velocità e deposito simulati nello stato topografico di PROGETTO PRELIMINARE

Le simulazioni evidenziano come, in caso di fenomeno di colata con TR200 anni e caratteristiche idrauliche e volumetriche come quelle stimate in precedenza, siano da attendersi fenomeni di propagazione del fenomeno prevalentemente lungo l’asta principale, accompagnati però all’uscita del tratto più inciso, da fenomeni di divagazione anche in sponda sinistra di questa, nella direzione dei vecchi paleoalvei. Il fronte propagatorio potenziale risulta quindi piuttosto ampio, anche se l’intensità dei fenomeni in sinistra idrografica appare ben più limitata di quella simulata lungo l’impluvio principale. Tutto il fenomeno in arrivo da monte è contenuto all’interno del cratere di scavo della cava, sia nella condizione attuale che in quella di progetto, anche se in questa seconda condizione topografica l’estensione dell’area interessata risulta ovviamente più ampia.

### 7. PERICOLOSITA’ TORRENTIZIA NELL’AREA DI PROGETTO E POSSIBILI MISURE DI MITIGAZIONE

Di seguito la valutazione numerica della pericolosità secondo quanto disposto dall’allegato A alla DGP 1306-04.09.2020 e l’approccio di BUWAL (Fig. 7.1-Tab. 7.1)

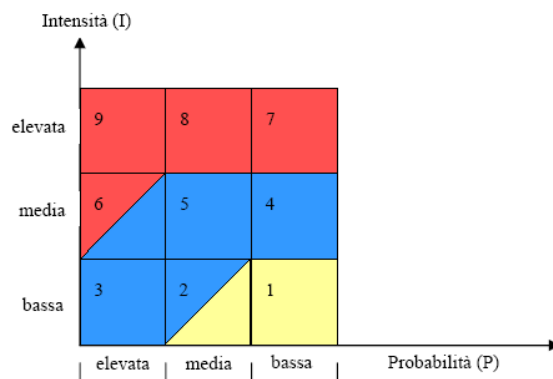


Fig. 7.1 – Matrice di definizione dei livelli di pericolo, modificata secondo BUWAL (1998), per fenomeni torrentizi e fluviali (All. A - DGP. 1306 del 04.09.2020)

Intensità del fenomeno torrentizio	profondità della corrente o del flusso detritico - $h$ (m)		velocità della corrente fuori dall'alveo - $v$ (m / s)		Spessore del deposito fuori dall'alveo - $M$ (m)
Elevata	$h > 1$	oppure	$v > 1$	oppure	$M > 1$
Media	$0.5 < h \leq 1$	oppure	$0.5 < v \leq 1$	oppure	$0.5 < M \leq 1$
Bassa	$h \leq 0.5$	oppure	$v \leq 0.5$	oppure	$M \leq 0.5$

Tab. 7.1 – Tabella dei valori soglia e dell’intensità per pericoli da fenomeni torrentizi (All. A - DGP. 1306 del 04.09.2020)

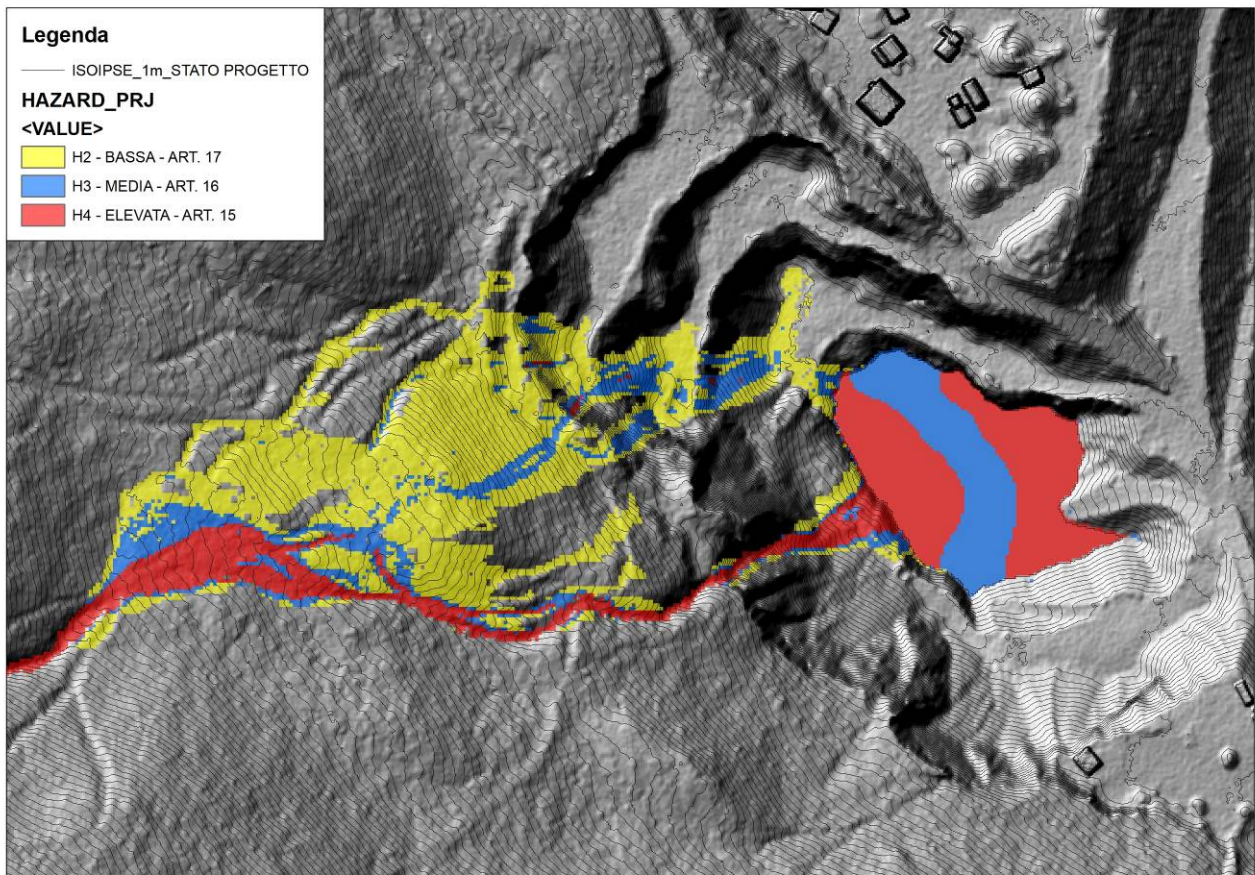
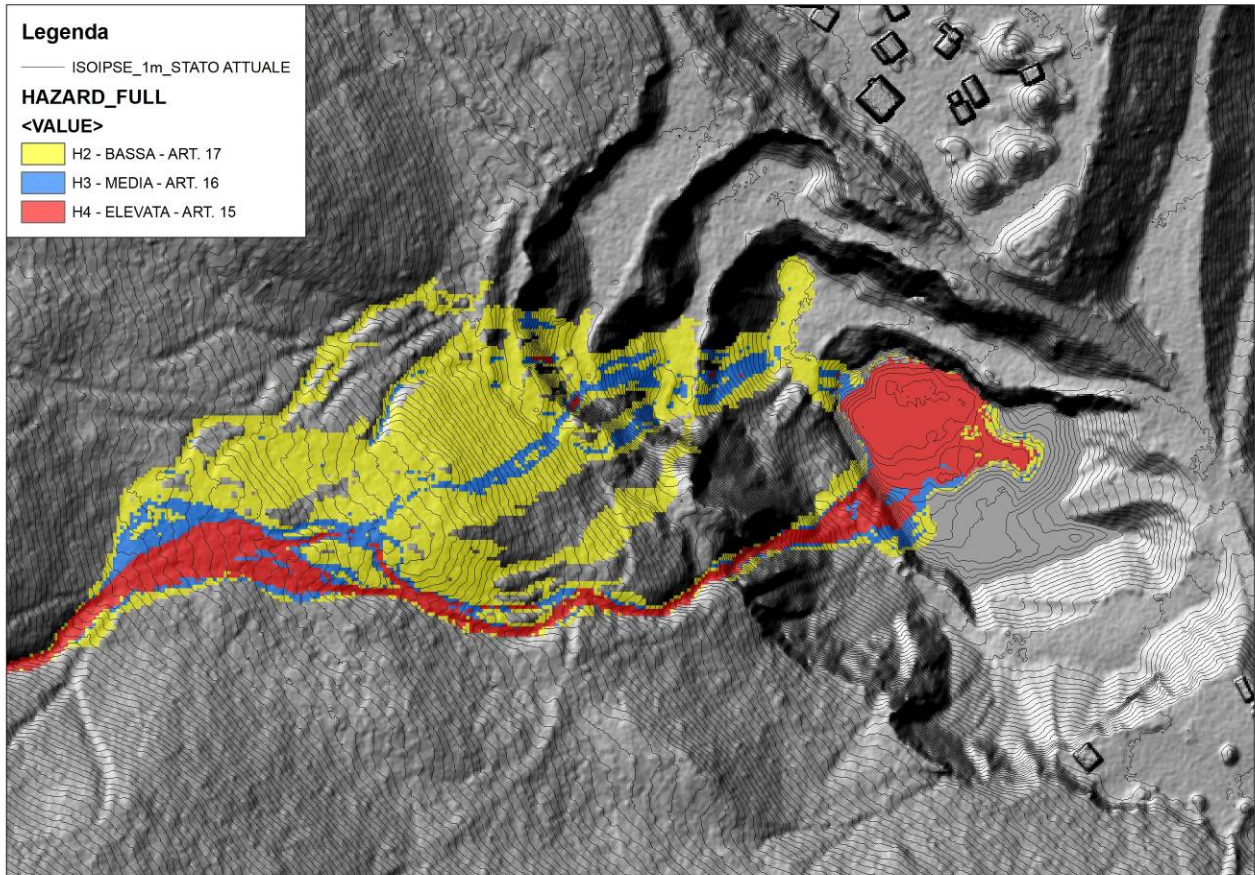


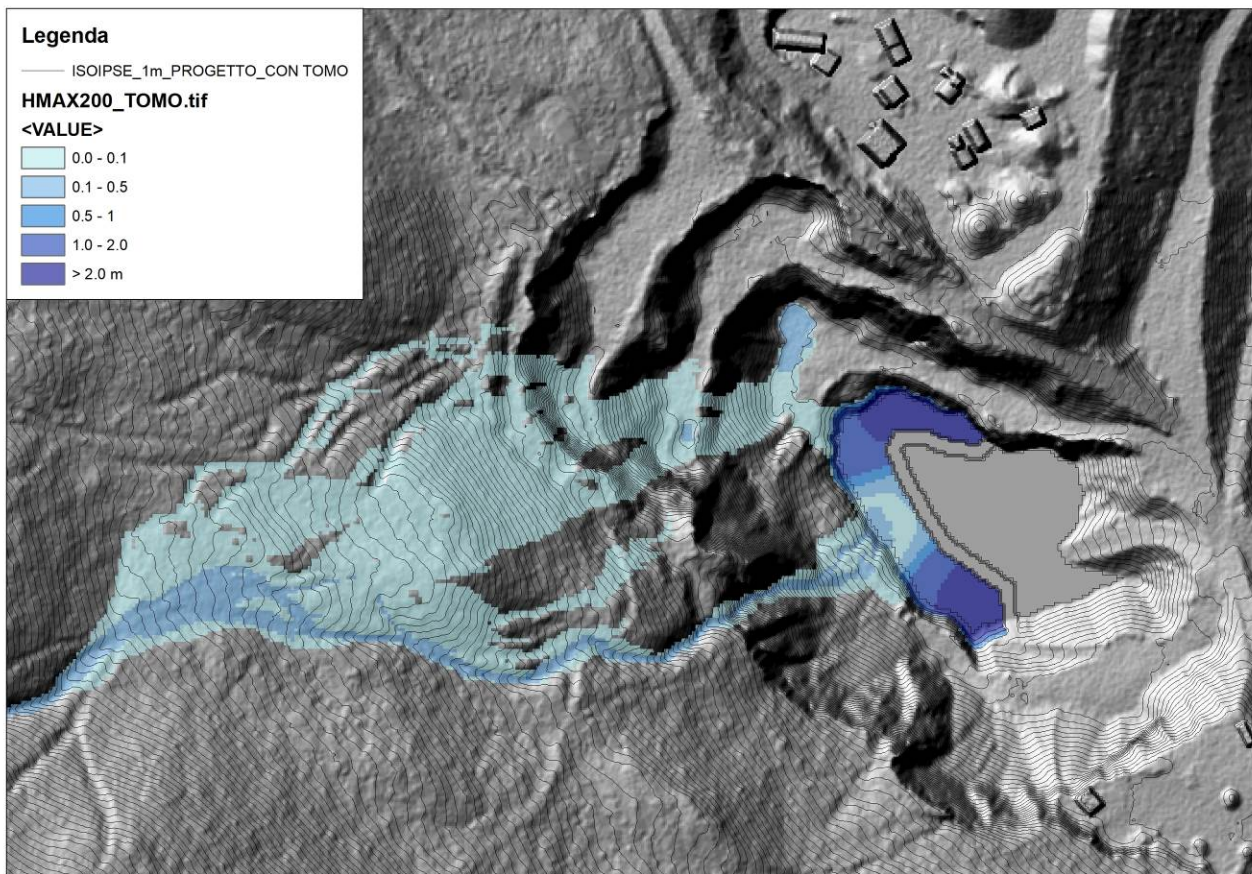
Fig. 7.2-7.3 – Pericolosità analitica TR200 nelle condizioni topografiche attuali e di progetto preliminare

E' oggettivo come, nella condizione topografica di progetto preliminare, l'intero piazzale possa essere interessato dai fenomeni propagatori, con depositi anche di qualche metro nella parte più vicina alla parete rocciosa della cava ed i tiranti maggiori nella parte distale del piazzale. In una tale configurazione la pericolosità sull'intero piazzale di progetto appare decisamente **da MEDIA (H3) a elevata (H4)**, rendendo qualsiasi intervento di su di esso difficilmente compatibile.

Affinché l'area del piazzale in progetto possa risultare utilizzabile appare quindi conditio sine qua non la messa in atto di una serie di misure di mitigazione prevalentemente di tipo PASSIVO, che impediscano quanto più possibile ad un eventuale flusso proveniente dal canale di raggiungere il piazzale e la viabilità di accesso a questo, garantendo la possibilità di deposito su questo di materiali (legname o altro).

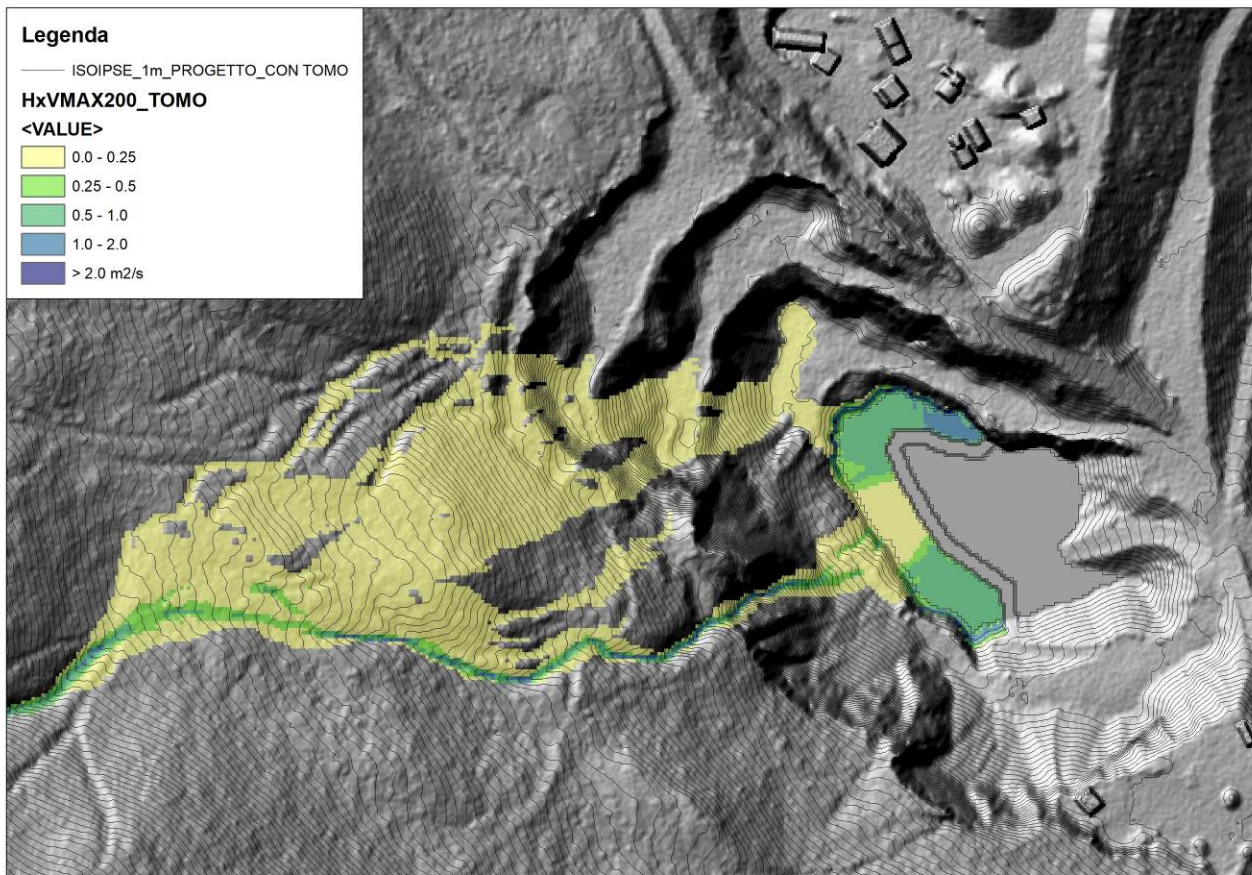
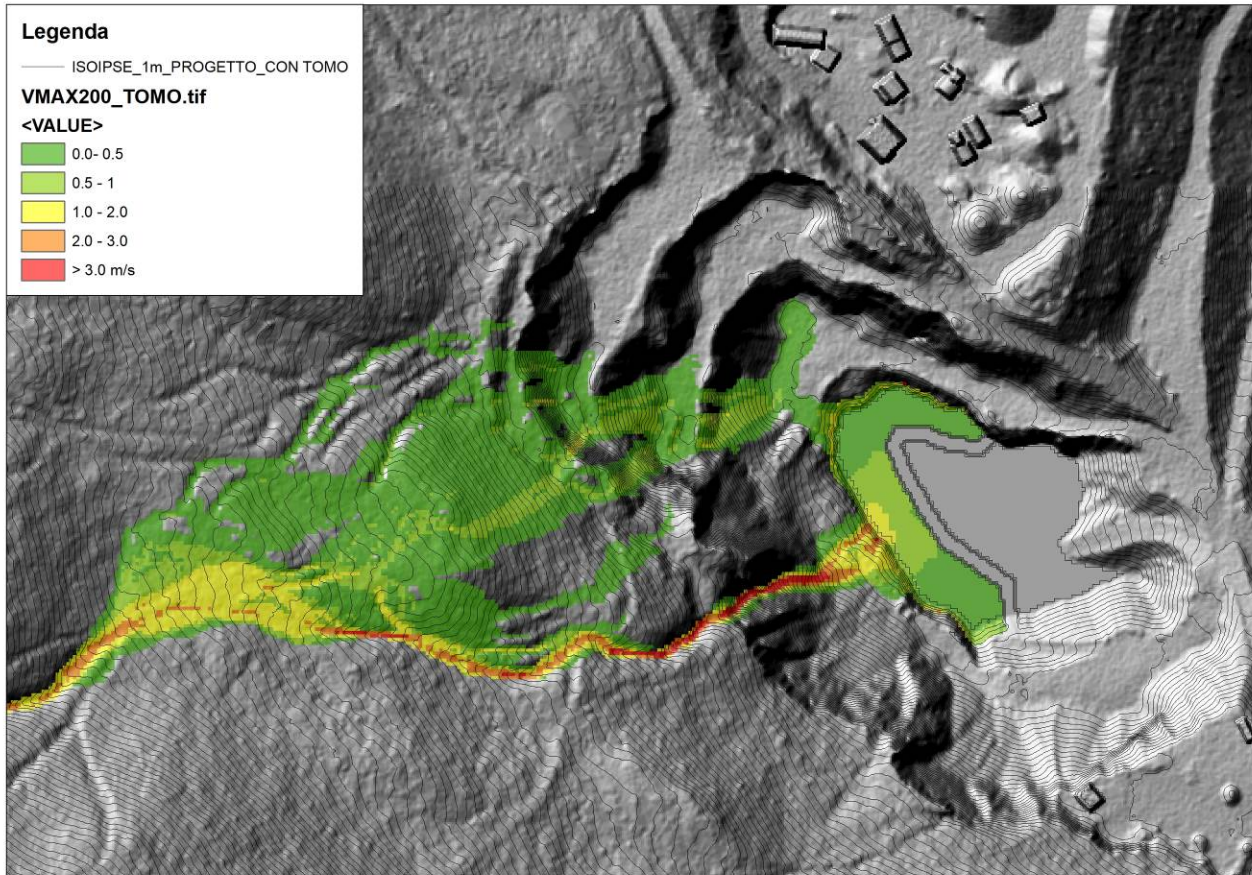
Tale obiettivo appare raggiungibile attraverso la creazione di un adeguato spazio di deposito del materiale e dell'acqua di mistura, dal volume complessivo di non meno di 4000-4500 m<sup>3</sup>. Ciò è ottenibile realizzando un vallo-tomo alla base della parete rocciosa, con un tomo in massi cementati ad una distanza di circa 12 m dalla base della parete, altezza non inferiore a 3.5 m e sviluppo sufficiente a coprire l'intero fronte propagatorio.

Per simulare il comportamento di una tale struttura di mitigazione è stata eseguita la modifica della topografia di progetto con l'inserimento di un tomo eseguendo svariate simulazioni fino a trovare le dimensioni (area e altezza del tomo) che garantissero quanto sopra. Di seguito si riportano i risultati della simulazione di progetto finale ed il confronto 3D delle diverse simulazioni effettuate tra stato attuale, di progetto senza e con il vallo-tomo di protezione.



Provincia Autonoma di Trento – Comune di Cembra-Lisignago

STUDIO IDROLOGICO, SEDIMENTOLOGICO ED IDRAULICO PER LA COMPATIBILITÀ ALLA CSP DEL PROGETTO "AREA ESTRATTIVA DI CEMBRA – SISTEMAZIONE VERSANTE ZONA SUD – EX CAVA PESCHIERA"



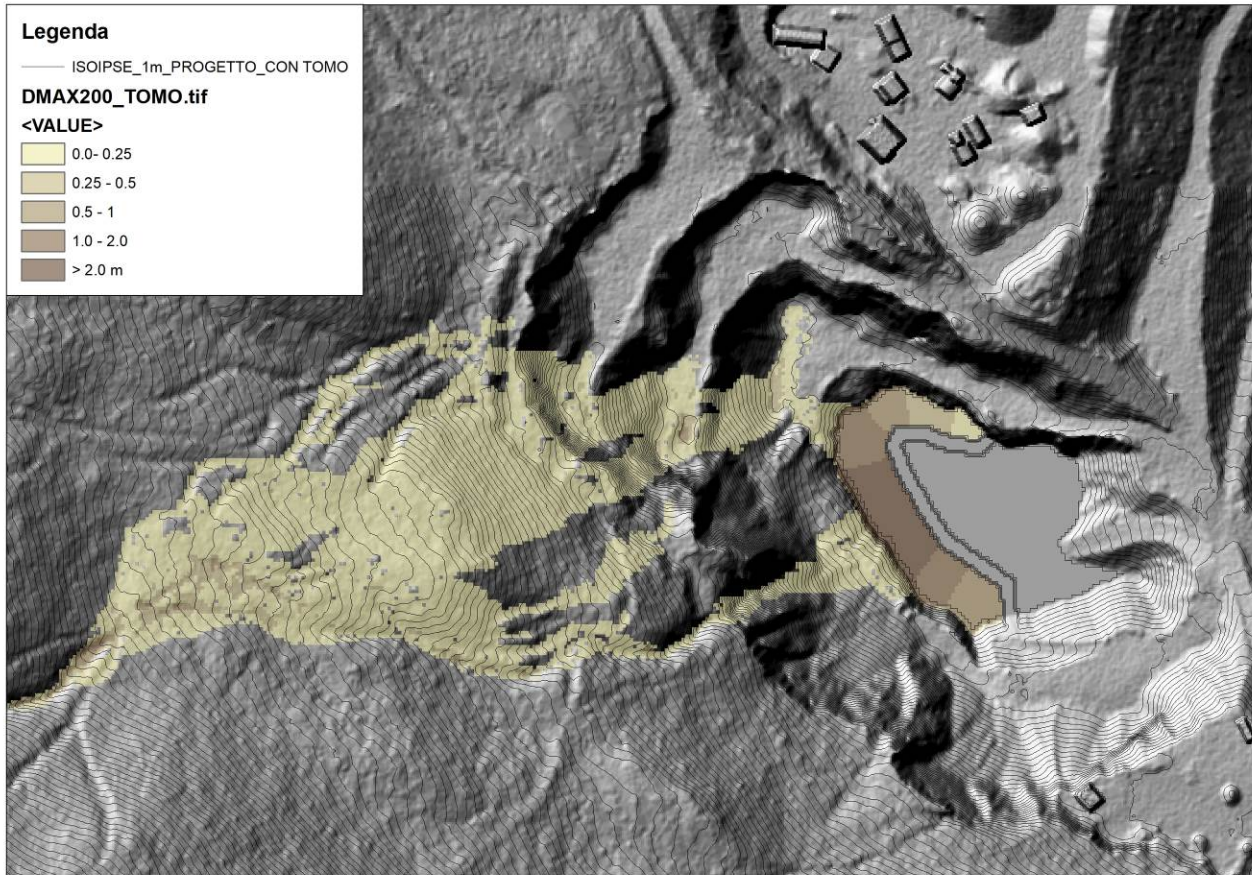


Fig. 7.4-7.7 – Massimo tirante, velocità, prodotto tirante x velocità e deposito simulati nello stato topografico di PROGETTO con vallo-tomo h 3.50 m

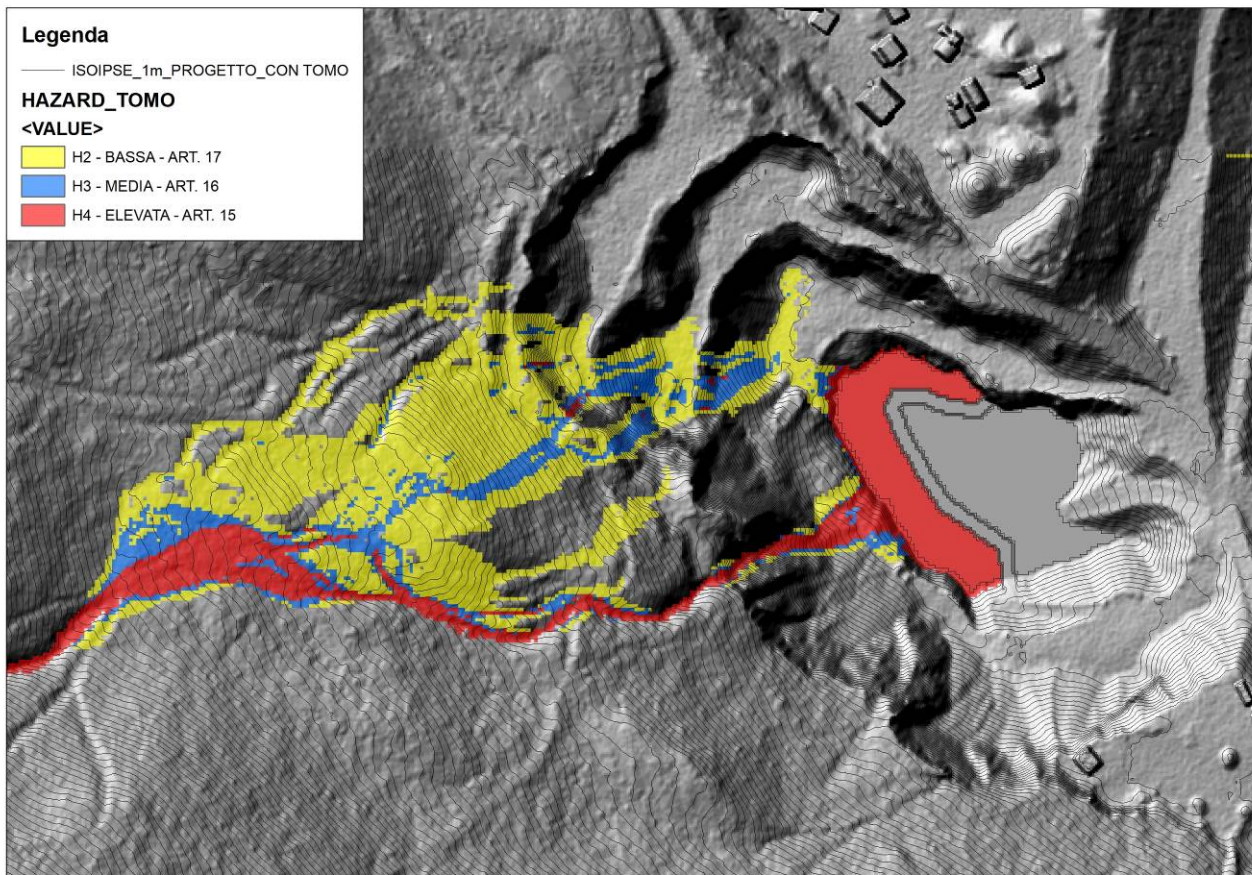


Fig. 7.8 – Pericolosità analitica TR200 nelle condizioni topografiche di progetto con vallo-tomo di protezione h 3.50 m

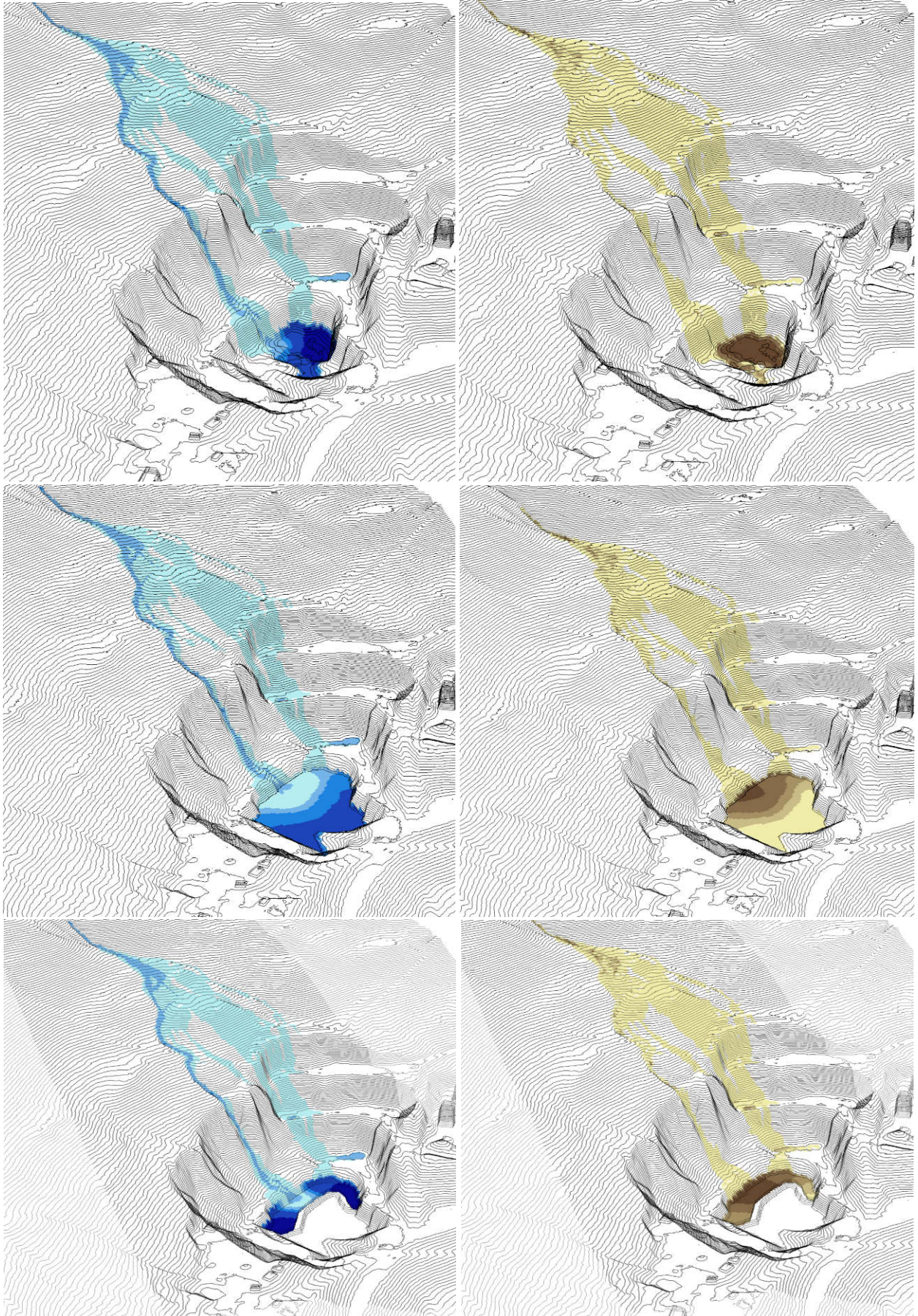


Fig. 7.9-7.14 – Massimo tirante e massimo deposito simulato nella topografia attuale, di progetto senza e con vallo-tomo

Chiaramente lo spazio di deposito dovrà essere dotato di un sistema di drenaggio e una sorta di scarico di fondo, che permetta l'autosvuotamento controllato del vallo dall'acqua invasata, allo scopo di evitare la il mantenimento di elevate pressioni idrostatiche per lungo tempo sul tomo di contenimento. Il materiale solido eventualmente depositato andrà ovviamente rimosso a fine del fenomeno realizzando un'opportuna pista di accesso al vallo.

Tutte le misure di mitigazione sopra enunciate, se correttamente progettate e realizzate, non comportano un aggravio della pericolosità o penalità sull'area e su aree limitrofe di proprietà di terzi.

## **11. CONCLUSIONI E COMPATIBILITA' DEL PROGETTO PRELIMINARE**

Sulla base delle risultanze del presente approfondimento idrologico, sedimentologico ed idraulico per la valutazione della pericolosità nell'area oggetto di intervento, così come richiesta dall'Art. 18 delle Nda del PUP relativamente alle aree con “altri tipi di penalità”, è possibile concludere come l'intervento preliminare in progetto qui valutato, risulti ragionevolmente **COMPATIBILE** con i livelli di pericolosità valutati per l'area, solo a patto vengano realizzate tutte le misure di mitigazione enunciate al capitolo precedente, che dovranno essere obbligatoriamente recepite a livello di progettazione definitiva dell'intervento.

Cembra, agosto, 2022

IL TECNICO  
Dott. Silvio Grisotto