

COMUNE DI LIVIGNO

PROVINCIA DI SONDRIO

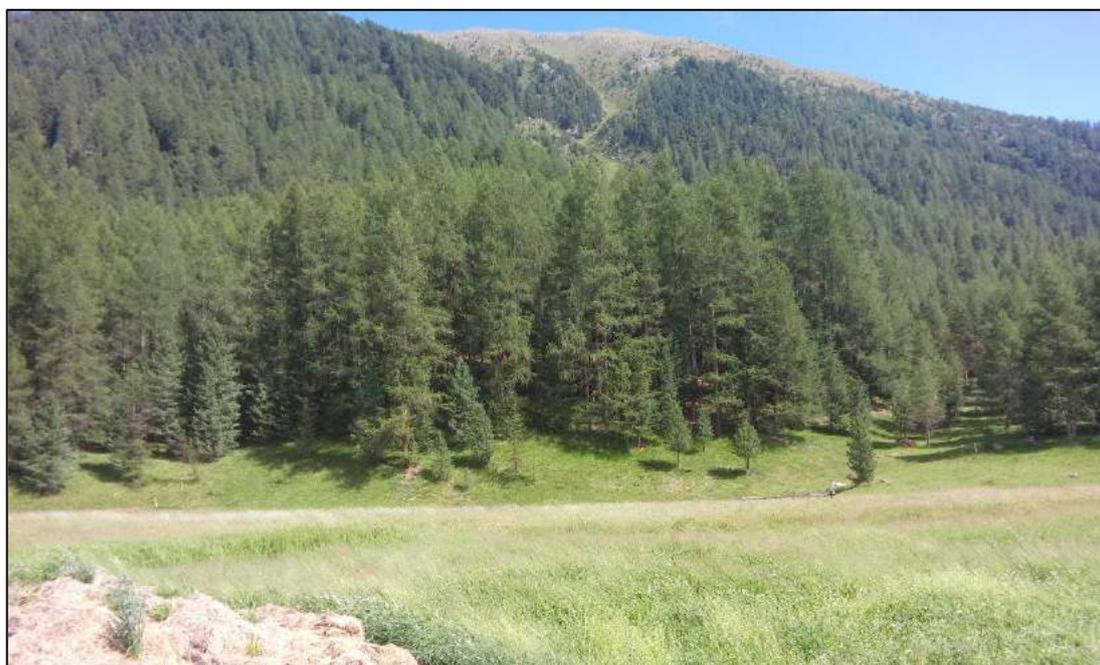


COMMITTENTE : **MONTE NEVE s.r.l.**

Via Carlo Giuseppe Merlo, n°1 – 20122 Milano (Mi)

C.F. / P.Iva 0503 4400 969

OGGETTO : ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL RIO SPAZZÈ DI CLUS E PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTOGRAFIA DEL P.A.I. E DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA



RELAZIONE TECNICA – IDROGEOLOGICA ED ELABORATI CARTOGRAFICI REDATTI SECONDO I CRITERI DELLA D.G.R. IX/2616 e ss.mm.ii. - ALLEGATO 2

Gennaio 2018

Dr. Fabrizio Bigiolti Geologo

(documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005)



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA E GESTIONE DEL TERRITORIO

Dr. Fabrizio BIGIOLLI Geologo - via Valeriana, 97 – loc Piussoigno – 23016 CERCINO (SO)

Tel. 0342 680 651 Mobile 339 60 96 386

e-Mail info@bigiolti.it C.F. BGLFRZ76T09F712E P.Iva 00812460145



INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	5
4. ANALISI IDROLOGICA	10
4.1. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO	10
4.2. CARATTERISTICHE DEI FENOMENI DI TRASPORTO SUL CONOIDE.....	13
4.3. VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO.....	14
4.4. VALUTAZIONE SEZIONE DI DEFLUSSO E AREA INONDATA	18
4.5. VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA.....	20
4.6. VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PICCO DI UNA COLATA.....	23
4.7. VERIFICA IDRAULICA	24
5. CARTA DELLA PERICOLOSITA` DEL CONOIDE	24
6. PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTA DEL DISSESTO P.A.I. E DELLA CARTA DELLA FATTIBILITA` GEOLOGICA.....	26

ALLEGATI AL TESTO :

- CARTA GEO LITOLOGICA
- CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA E VERIFICA IDRAULICA
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DEL CONOIDE
- PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTOGRAFIA P.A.I.
- PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA

ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL RIO SPAZZÈ DI CLUS E
PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTOGRAFIA P.A.I. E DELLA CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA IN
COMUNE DI LIVIGNO (SO)



1. PREMESSA

Il presente studio di dettaglio è stato redatto per conto e su incarico della **Società MONTE NEVE s.r.l.** ed è presentato quale istanza di modifica della cartografia P.A.I. e di fattibilità geologica del vigente PGT del Comune di Livigno.

La Società MONTE NEVE s.r.l. è proprietaria di alcuni terreni localizzati in prossimità della conoide del Rio Spazzè di Clus ed ha ritenuto opportuno commissionare uno studio di maggior dettaglio, redatto secondo i criteri della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e ss.mm.ii. , al fine di approfondire le perimetrazioni relative alla pericolosità idrogeologica sul conoide del Torrente Spazzè di Clus e di proporre una più puntuale ed approfondita zonizzazione delle aree di dissesto P.A.I. e delle classi di fattibilità geologica.

A tal fine è stato redatto dallo scrivente il presente studio con la seguente metodologia :

- Analisi storica – bibliografica, pubblicazioni e studi relativi all'area in esame ;
- Sopralluogo di rilievo e di pedonamento all'interno del bacino del Rio Spazzè di Clus (**ottobre 2017**) ;
- Individuazione dei punti critici lungo il bacino idrografico e sul conoide ;
- Stima dei volumi massimi rimobilizzabili nel bacino (magnitudo) ;
- Stima della portata massima di piena e della portata di picco di una colata ;
- Verifica idraulica della sezione di deflusso stimata in considerazione della morfologia dei luoghi ;
- Redazione degli elaborati grafici e cartografici necessari al fine della redazione di una proposta di ripermetrazione delle aree soggette a vincolo PAI e della fattibilità geologica .

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



Fig. 1 – Visione conoide del Rio Spazzè di Clus (profilo settentrionale)

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino di nostro interesse e il conoide di deiezione del Rio Spazzè di Clus si sviluppano interamente nel Comune di Livigno (So).

Il bacino idrografico del Rio Spazzè di Clus è delimitato dalle dorsali che scendono dal Monte delle Mine raggiungendo una quota massima di 2.883 m s.l.m. , per un'area di circa 0,40 km² (esclusa la porzione in conoide). Nel tratto terminale il Rio Spazzè di Clus si sviluppa all'interno del proprio conoide (il punto apicale del conoide è posto alla quota di circa 1.995 m s.l.m.) per poi immettersi nel canale di fondovalle identificato dal codice SO/LV/845/SPL9 tributario destro del Fiume Spöl.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA

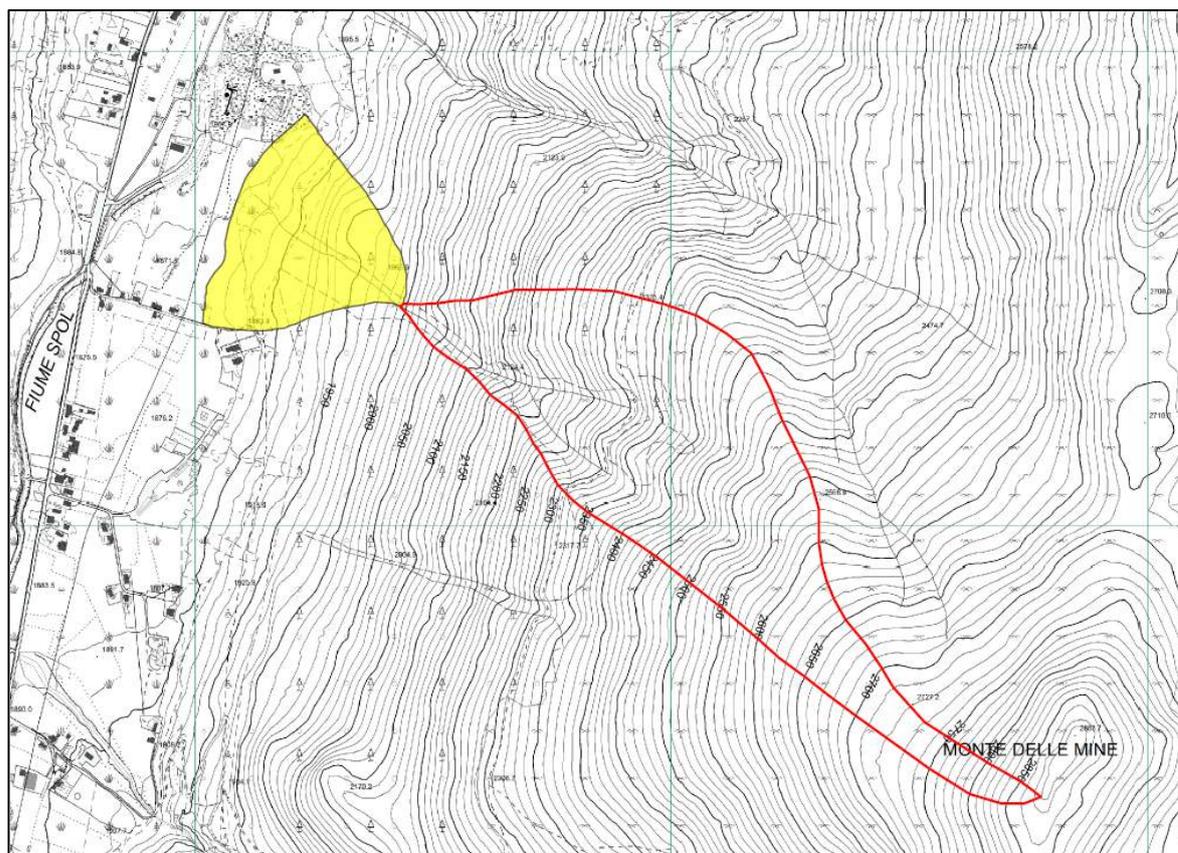


Fig. 2 – Corografia bacino idrografico Rio Spazzè di Clus (C.T.R. Sez. D1a4 – D1a5)

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico generale, l'area viene a trovarsi nell'ampia fascia corrispondente alle Alpi Centrali, caratterizzata da una struttura molto complessa, le cui falde appartengono a due domini strutturali: l'Elvetico, il Pennidico e l'Austroalpino a nord mentre a sud troviamo il Sudalpino (o Alpi Meridionali).

Elemento fondamentale della tettonica della Provincia di Sondrio è la presenza di una grandiosa faglia, nota in letteratura geologica con la denominazione di "linea del Tonale" o "linea Insubrica"¹, che rappresenta la superficie di sovrascorrimento delle unità elvetiche, pennidiche e austroalpine sul dominio sudalpino, movimento che ha provocato il sollevamento della porzione "alpina" di

¹ da: "La geologia del territorio della Provincia di Sondrio" – Bonsignore, Bravi, Nangeroni, Ragni.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



circa 15 km rispetto al Sudalpino (l'area di intervento risulta ampiamente a nord rispetto a tale lineamento).

Tale linea tettonica rappresenta in realtà solo una porzione della linea Periadriatica, che taglia longitudinalmente l'intero arco alpino e che, appunto, localmente prende denominazioni differenti; decorrendo da ovest verso est troviamo nel Canavese passando per Bellinzona e per il Passo di S. Jorio la "linea del Canavese", lungo il solco valtellinese, nel quale si mantiene in destra orografica, la "linea Insubrica", passando sotto l'Aprica fino al Passo del Tonale la "linea delle Giudicarie" e in Val Pusteria e Val di Drava la "linea della Pusteria".

Le falde pennidiche, che formano la parte più profonda della catena alpina, risultano formate da grosse scaglie di crosta continentale prealpina e da una serie di sequenze metasedimentarie permio - mesozoiche e terziarie accatastate assieme a lembi di ofioliti testimoni dell'Oceano Ligure - Piemontese. I complessi ofiolitici e plutonici marcano il passaggio dal dominio pennidico all'austroalpino, il quale comprende i sovrascorrimenti più estesi e le unità strutturali più elevate del sistema alpino, costituiti da falde accatastate in modo irregolare sia di crosta continentale prealpina (basamento prepermiano già metamorfosato prima dell'orogenesi alpina, verosimilmente nella precedente orogenesi ercinica) sia di sedimenti (coperture) permio - mesozoici.

Nelle falde australpine affiorano la finestra dell'Engadina e dei Tauri nelle quali si possono osservare le falde pennidiche sottostanti. A sud della "linea Insubrica" si estende il complesso sudalpino (Alpi Meridionali); esso comprende il basamento cristallino (Cristallino Sudalpino), metamorfosato in ambiente duttile durante l'orogenesi ercinica, e la copertura carbonifera - mesozoica (Sedimentario Sudalpino), che non ha subito metamorfismo alpino ma è stata deformata in prossimità della superficie insieme ad alcune scaglie del basamento.

In particolare il territorio del Comune di Livigno è geologicamente appartenente al Dominio Austroalpino, le cui Unità si succedono dal basso verso l'alto, a partire dalla fase deformativa cretacea, secondo il seguente ordine: "Falda Bernina", "Sistema Languard-Campo-Ortles" e "Falda di Quattervals". L'identificazione dei sistemi di falde si fonda sull'individuazione di grandi piani di sovrascorrimento, materializzati da fasce di rocce cataclastico - milonitiche. Tra il Cretaceo e l'Eocene le falde hanno subito successive fasi deformative, evidenziate dalla

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



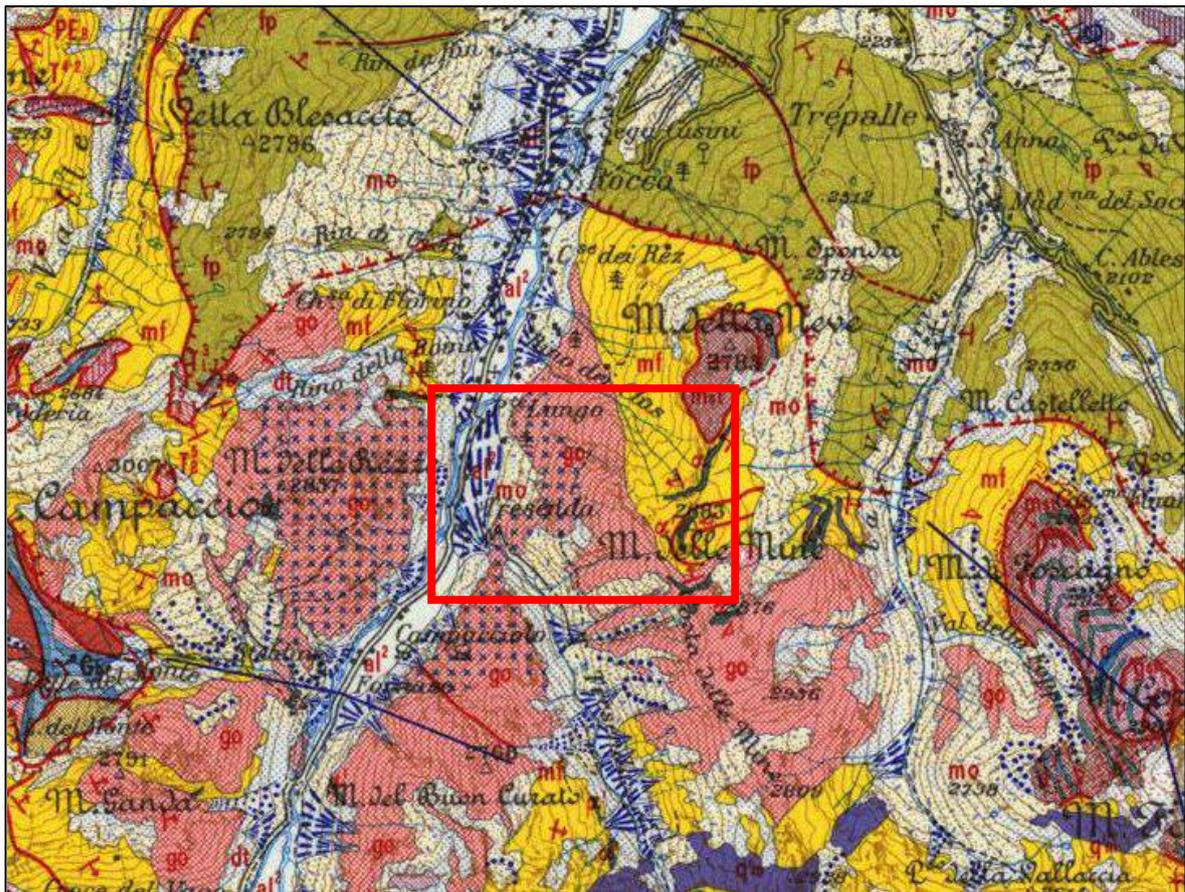
formazione di pieghe polifasiche e faglie di vario tipo e da episodi di metamorfismo. Nel periodo Terziario si sono manifestati anche fenomeni di magmatismo, caratterizzati dalla presenza di dicchi che tagliano le strutture preesistenti (Andesiti e Porfiriti).

L'area in esame si trova in corrispondenza della "Falda di Languard" a sud del lineamento tettonico che la pone in contatto con la "Falda di Campo". La "Falda di Languard" (*Trumphy, 1913*) appartiene all' "Austroalpino Superiore", poggia a S sopra la "Falda del Bernina" ed a NE, sull' "Unità del Mezzaun". Verso W essa è limitata dalla "Linea dell'Engadina", mentre a E ed a NE è sovrascorsa dalla "Falda di Campo" e dalla "Falda dell'Ortles". Il corpo principale della "Falda di Languard" è composto quasi esclusivamente da rocce di basamento ercinico, tuttavia, in prossimità del contatto con la "Falda dell'Ortles" e con la "Falda di Campo", sono presenti numerose scaglie di copertura, che diminuiscono progressivamente di spessore verso ovest; queste scaglie affiorano tra la Valle Federia e la Valle Chaschauna (in territorio elvetico).

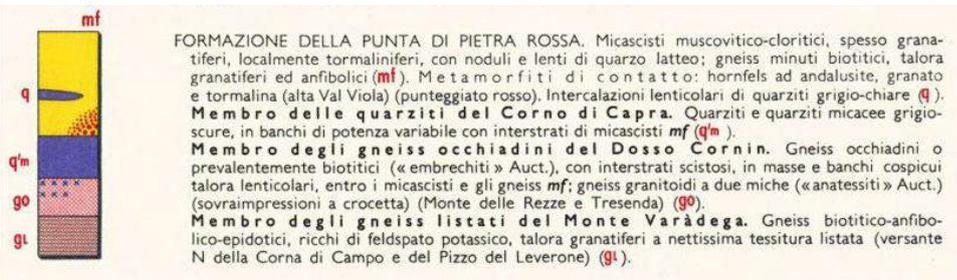
All'interno del bacino idrografico del Rio Spazzè di Clus affiora un solo litotipo riconducibile alla **Formazione della Punta di Pietra Rossa** costituita da micascisti muscovitico-cloritici, spesso granatiferi, localmente tormaliniferi, con noduli e lenti di quarzo latteo e *gneiss* minuti biotitici, talora grantiferi ed anfibolitici. In particolare nel settore basale affiora il Membro degli *gneiss* occhiadini del Dosso Cornin contraddistinti da *gneiss* occhiadini o prevalentemente biotitici con interstrati scistosi, in masse e banchi cospicui talora lenticolari.

Dove il substrato roccioso non affiora si è in presenza di una copertura superficiale poco sviluppata caratterizzata prevalentemente da **depositi morenici**. Si tratta infatti dei depositi trasportati dai ghiacciai quaternari e lasciati a varie quote sui versanti nel momento del loro ritiro. Litologicamente si tratta di accumuli di materiali depositati dai ghiacciai quaternari a granulometria eterogenea; infatti si hanno trovanti (talora anche di grosse dimensioni), massi e ciottoli immersi in una matrice limoso - sabbiosa o solo limosa. Le porzioni più superficiali si presentano relativamente dilavate mentre a profondità maggiori il materiale si presenta più addensato e compatto.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



SUBSTRATO ROCCIOSO



COPERTURA SUPERFICIALE

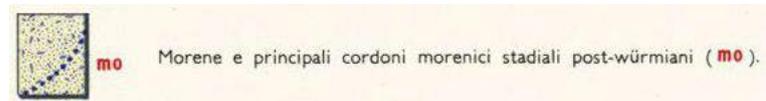


Fig. 3 - Carta geologica d'Italia foglio Bormio e relativa legenda

In alternativa si è in presenza di **depositi di versante** (depositi detritici e depositi eluviali) costituiti da materiali prodotti dall'alterazione del substrato roccioso e dalla rimobilizzazione di preesistenti depositi (glaciali, di frane, ecc.), controllati principalmente dalla gravità. Sono assenti

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA

ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL RIO SPAZZÈ DI CLUS E PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTOGRAFIA P.A.I. E DELLA CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA IN COMUNE DI LIVIGNO (SO)



strutture sedimentarie ben definite e possono formarsi delle pseudo stratificazioni. Le granulometrie sono variabili, in funzione della composizione originaria del deposito.

Di seguito si riportano le carte I.F.F.I. e P.A.I. relative ai corpi franosi presenti all'interno del bacino idrografico del Rio Spazzè di Clus.

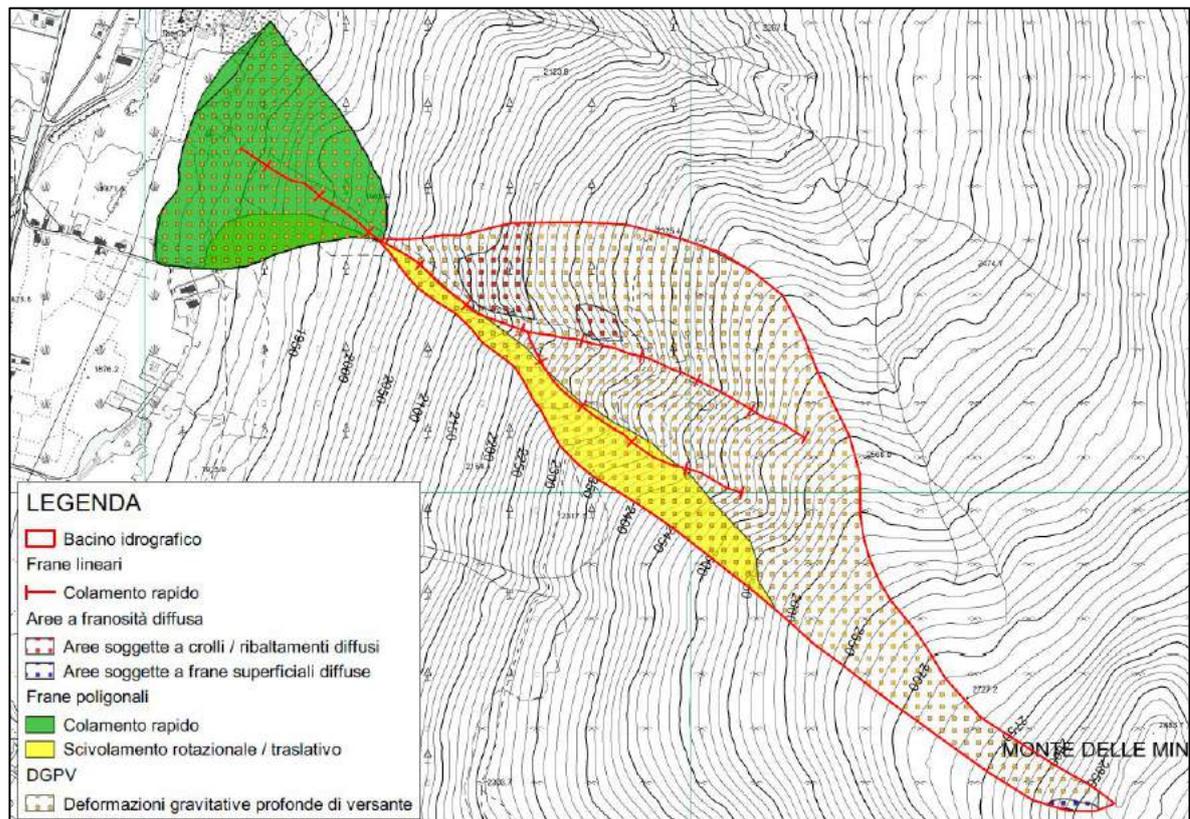


Fig. 4 – Bacino idrografico del Rio Spazzè di Clus con identificazione corpi franosi (fonte I.F.F.I.)

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA

ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL RIO SPAZZÈ DI CLUS E
PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTOGRAFIA P.A.I. E DELLA CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA IN
COMUNE DI LIVIGNO (SO)

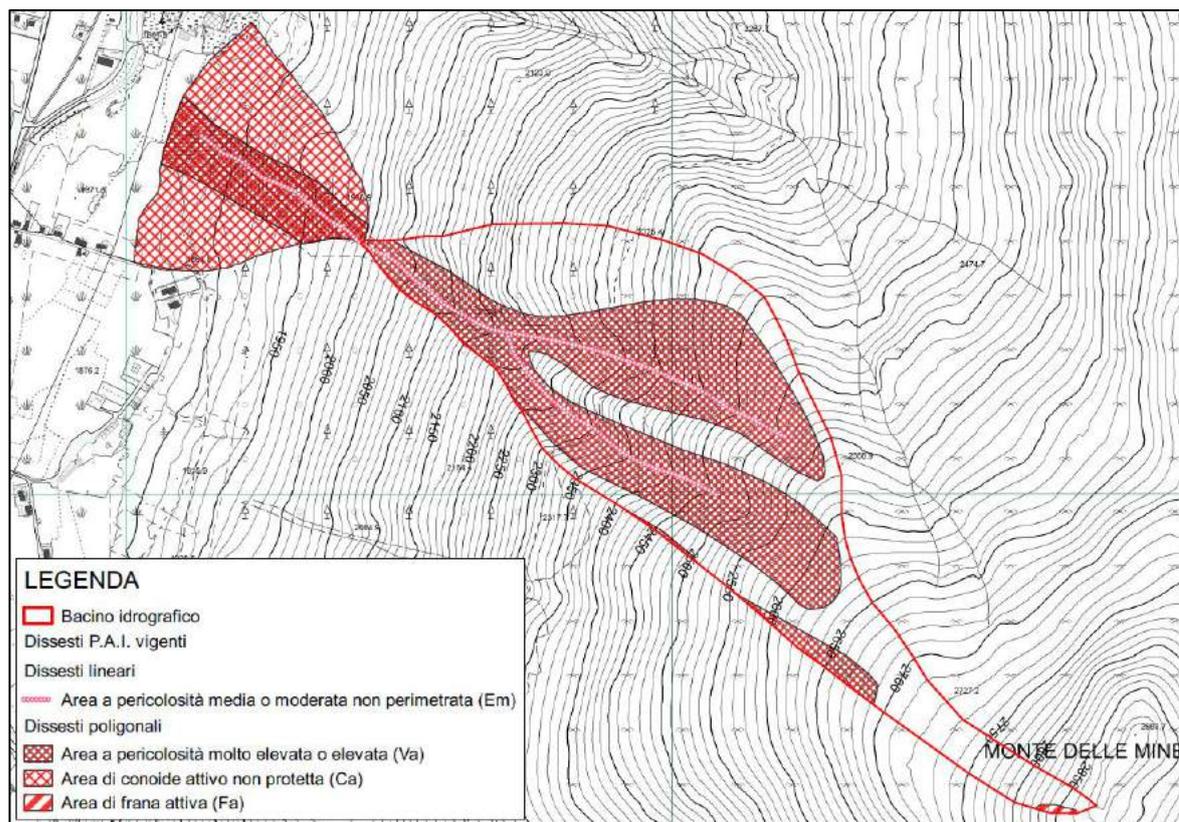


Fig. 5 – Bacino idrografico del Rio Spazzè di Clus con identificazione corpi franosi (fonte P.A.I.)

All'interno del bacino in esame non si evidenziano fenomeni franosi attivi, se si esclude una piccola area di frana in prossimità del Monte delle Mine.

La cartografia I.F.F.I. identifica il corpo di conoide come soggetto a possibili fenomeni di colamento rapido; mentre l'intero versante è indicato come soggetto a DGPV (Deformazione Gravitativa Profonde di Versante).

4. ANALISI IDROLOGICA

4.1. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO

In prima analisi si è fatto riferimento ai dati forniti dalla Regione Lombardia e qui di seguito proposti, derivanti dal sito SIBCA.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA

**DATI ESTRATTI DAL SIBCA – BACINO RIO SPAZZÈ DI CLUS**

NOME BACINO :	SP30
CODICE CT10 :	1968
PORTATA TEMPO DI RITORNO 50 ANNI :	3,52402 m ³ /s
PORTATA TEMPO DI RITORNO 100 ANNI :	3,89078 m ³ /s
MAGNITUDO BOTTINO :	17.094,36005 m ³
MAGNITUDO D'AGOSTINO :	17.866,23358 m ³
MAGNITUDO BIANCO :	20.957,28987 m ³
COEFFICIENTE DEFLUSSO :	0,38887
INDICE DI FRANOSITA` :	1,2574
DENSITA` DRENAGGIO :	3,80816 /km
LUNGHEZZA TOTALE IDROGRAFIA :	1,7548 km
DISTANZA MAX RETICOLO COPRENTE :	2,18852
AREA PLANIMETRICA :	0,46079 km ²
AREA EFFETTIVA :	2,19648 km ²
RAPPORTO AREE :	0,20979
INDICE MELTON :	1,46137
PENDENZA MEDIA BACINO :	0,61507 m/m
QUOTA MASSIMA BACINO :	2.862,38 m s.l.m.
QUOTA MINIMA :	1.870,37 m s.l.m.
QUOTA MEDIA :	2.356,85 m s.l.m.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA

ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL RIO SPAZZÈ DI CLUS E
PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTOGRAFIA P.A.I. E DELLA CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA IN
COMUNE DI LIVIGNO (SO)

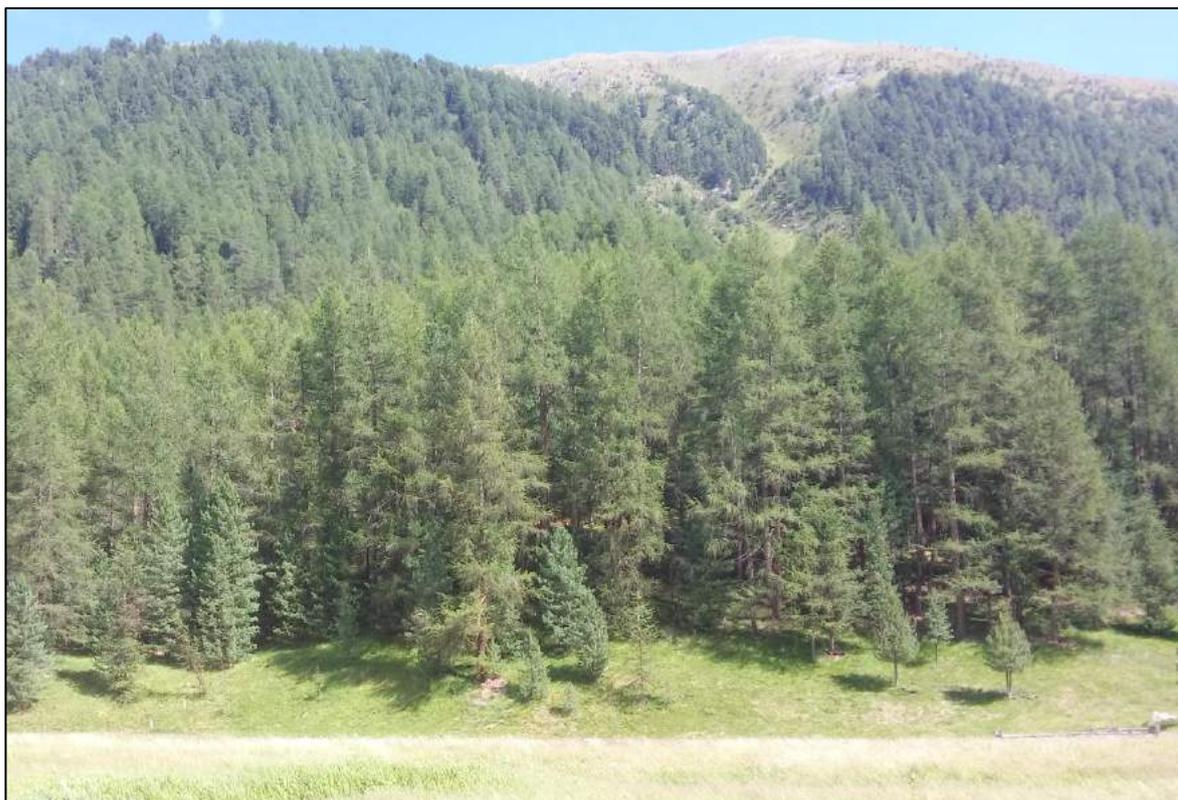


Fig. 6 – Bacino idrografico del Rio Spazzè di Clus

Si evidenzia dalla ripermetrazione effettuata dallo scrivente, che il bacino idrografico del Torrente Spazzè di Clus interessa un'area leggermente inferiore, considerando come chiusura del bacino l'apice del conoide.

Di seguito si riportano i dati morfologici relativa al bacino principali che poi verranno utilizzati per il calcolo della magnitudo e della portata massima di piena e della portata di picco di una colata.

Area di bacino (calcolata all'apice del conoide) :	0,40 km ²
Quota massima bacino :	2.875 m s.l.m.
Sezione di chiusura (all'apice del conoide) :	1.995 m s.l.m.
Altezza media bacino (valore approssimato dati SIBCA):	2.360 m s.l.m.
Lunghezza asta principale (dal punto sorgente quota circa 2.490 m s.l.m. fino al fondovalle quota alla quota di 1.868 m s.l.m.) :	1,250 km
Lunghezza asta principale all'interno del conoide :	0,425 km

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA

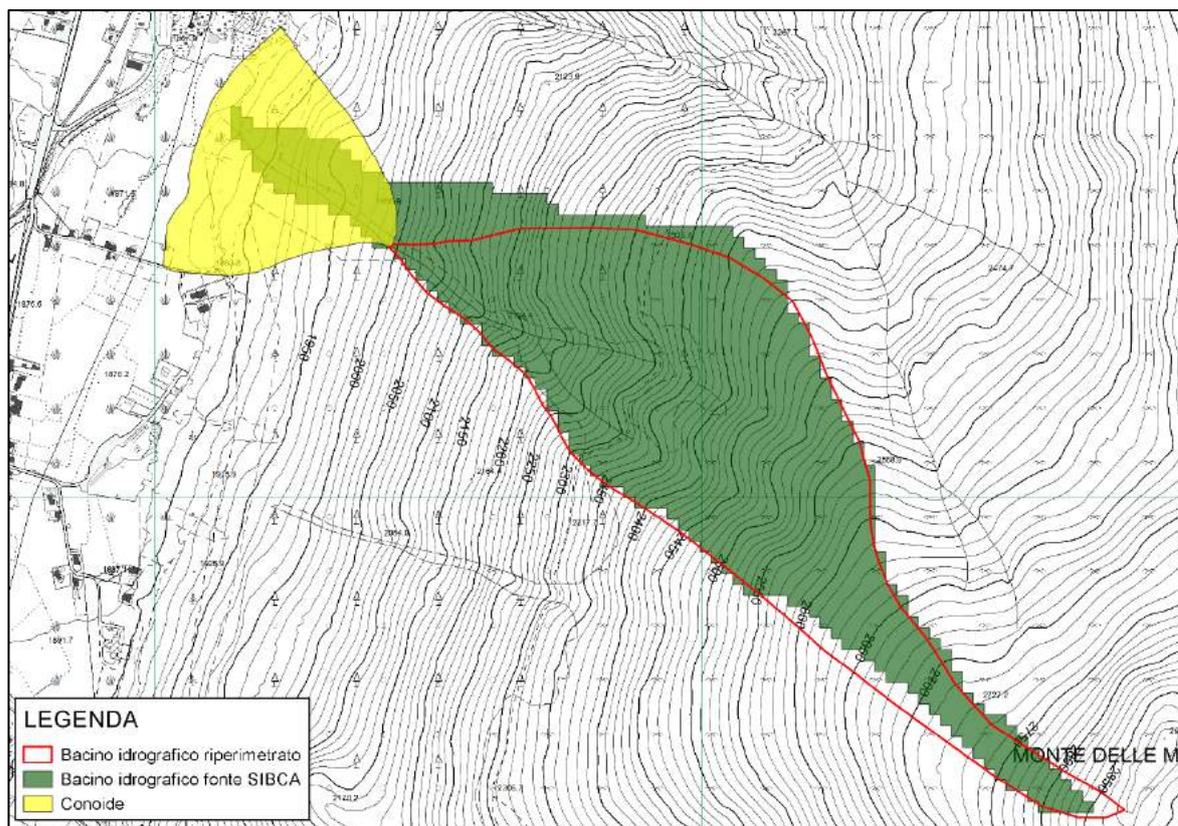


Fig. 7 – Confronto tra il bacino idrografico del Rio Spazzè di Clus ripermetrato e quello da fonte SIBCA

4.2. CARATTERISTICHE DEI FENOMENI DI TRASPORTO SUL CONOIDE

Per la definizione della tipologia prevalente del trasporto solido di piena sul conoide di deiezione del Rio Spazzè di Clus si è utilizzato il criterio geomorfologico proposto da Pasuto et al. (1992), che si basa sulla correlazione dei parametri morfometrici del bacino e del conoide. Le caratteristiche morfometriche del bacino alimentante il conoide sono state sintetizzate mediante l'indice di Melton (Mel), definito come:

$$Mel = (Hmax - Hmin) / Ab^{0.5}$$

dove Hmax (km) è la quota massima del bacino, Hmin (km) la quota minima della sezione di chiusura coincidente con l'apice del conoide, Ab (Km²) è l'area del bacino. Per il bacino di nostro interesse l'indice di Melton risulta pari a **1,39** (Hmax = 2,875 km; Hmin = 1,995 km; Ab = 0,40

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



km²). La forma del conoide viene caratterizzata dalla sua pendenza che per il conoide in esame è di **22 %**.

Nella tabella è riportata la classificazione dei conoidi alluvionali proposta da Marchi et al. (1993), che correla l'indice di Melton, la pendenza del conoide e la tipologia prevalente di trasporto solido. Sulla base di tale diagramma sperimentale si evidenzia che il conoide di deiezione in oggetto è predisposto a fenomeni di trasporto solido riconducibili a flussi detritici.

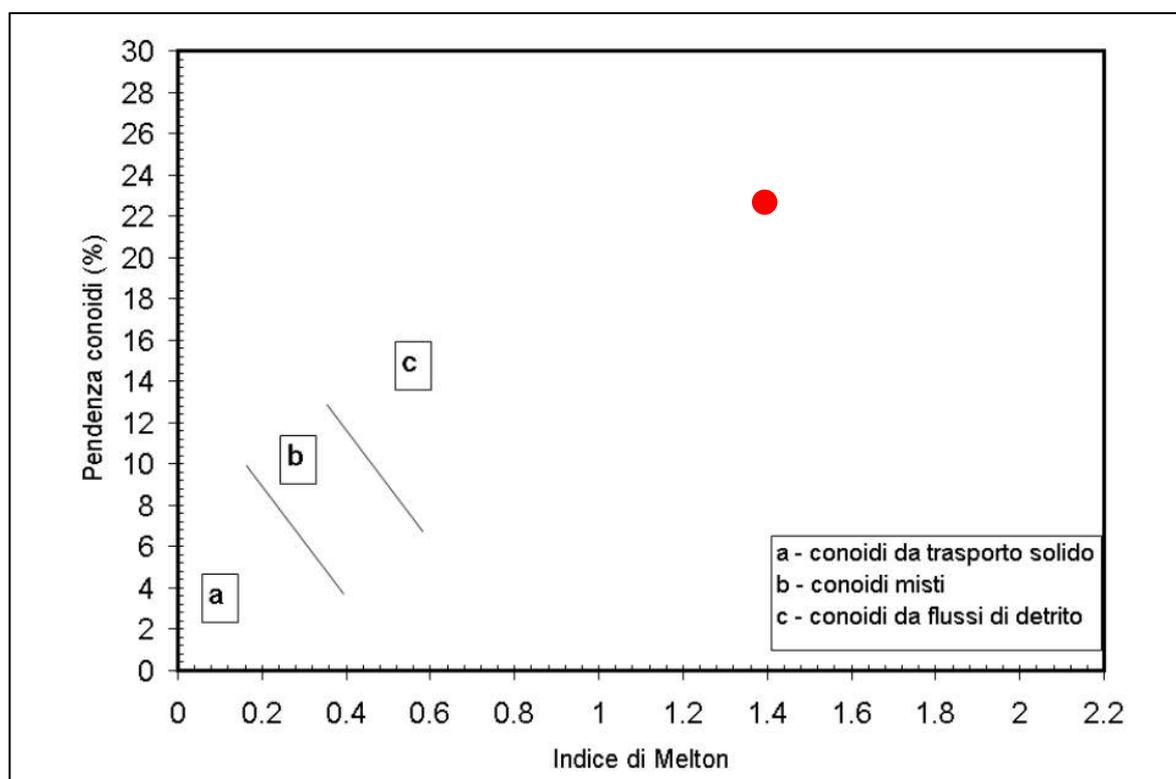


Fig. 8 – Classificazione delle conoidi alluvionali con indicazione del caso in esame (punto rosso)

4.3. VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO

Una grandezza di importante valutazione è il volume massimo di materiale detritico (magnitudo) rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide. La magnitudo è stata valutata indirettamente mediante metodi empirici che tengono conto delle caratteristiche del bacino e del conoide e di alcuni indici specifici. Vengono di seguito riportate le formule utilizzate:

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



Bottino, Crivellari & Mandrone (1996) propongono la seguente formula dall'interpretazione di sei valori di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea nel 1993. Il valore della magnitudo è dato da:

$$M = 21.241 \times Ab^{0,28}$$

dove Ab è l'area del bacino.

Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000) è la formula più recente è più idonea alla situazione di nostro interesse:

$$M = 1000 \times K \times Ab \times Mb^{0,8} \times Scl_c \times (I_F)^{-2}$$

in cui:

K = 3 per fenomeni di *bed load* e *debris flood*, K = 5,4 per fenomeni di *debris flow*, nel caso in esame si è optato per un valore di K pari a 5,4 ;

Ab = area del bacino;

Mb = indice di Melton dato da $(H_{max} - H_{min}) / Ab^{0,5}$;

Hmax = quota massima del bacino;

Hmin = quota minima del bacino;

Scl_c = pendenza del collettore sul conoide;

I_F = indice di frana pari a 1 per grandi frane e/o frane lungo la rete idrografica, pari a 2 per frane sui versanti e pari a 3 per frane piccole o assenti; per quello che concerne il bacino del Torrente Spazzè di Clus si è deciso per un indice di frana pari a 3,0 .

Hampel (1977) propone una formula per bacino con aree < 10 km² :

$$M = 150 \times Ab \times (Sc - 3)^{2,3}$$

dove:

Ab = area del bacino;

Sc = Pendenza del conoide.

Marchi & Tecca (1996) hanno fornito la seguente relazione sempre per bacino con aree <10 km²:

$$M = 19.000 \times Ab$$

con Ab = area del bacino.

Rickenmann & Zimmerman (1997) hanno introdotto nel calcolo della magnitudo, oltre alla pendenza del conoide, anche la lunghezza del collettore basandosi sulla seguente formula:

$$M = (110 - 2,5 \times Sc) \times Lcl$$

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



in cui:

Sc = pendenza del conoide;

Lcl = lunghezza del collettore.

Takei (1984) propone la relazione riportata sotto:

$$M = 13.600 \times Ab^{0,61}$$

con Ab area del bacino.

D'Agostino et al. (1996), elaborando i dati relativi a bacini e corsi d'acqua del Trentino caratterizzati da una superficie inferiore a 45 km² e una pendenza media dell'alveo compresa tra 11,5% e 71%, definiscono la magnitudo attraverso due relazioni che presuppongono la determinazione di un cosiddetto indice geologico, variabile tra 0,5 e 5, che esprime l'erodibilità e le caratteristiche litologiche della rete idrografica. Il valore di tale parametro dipende dai litotipi costituenti il bacino e viene calcolato come media pesata degli indici geologici delle diverse litologie sulle aree da esse occupate. Nel caso in esame il bacino del Torrente Spazzè di Clus è caratterizzato da un indice geologico pari a 4,5, essendo presenti all'interno del bacino rocce metamorfiche e depositi di copertura. Il coefficiente di sistemazione, incognito, è stato posto pari a 1, a favore di sicurezza. Di seguito vengono riportate le due formule proposte da D'Agostino et al. (1996):

$$M1 = 39 \times Ab \times Sc^{1,5} \times (I.G.) \times (I.T.)^{-0,3}$$

$$M2 = 36 \times Ab \times Sc^{1,5} \times (I.G.) \times (1 + CS)^{-1}$$

con:

Ab = area del bacino;

Sc = pendenza asta principale

I.G. = coefficiente dipendente dai litotipi costituenti il bacino (le formazioni rocciose sono raggruppate in 5 classi: le rocce metamorfiche ricadono nella classe 4, mentre le coperture in classe 5);

I.T. = indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky (1 per fenomeni di *debris flow*);

C.S. = coefficiente di sistemazione (pari a 0 per bacini in area alpina privi di opere di sistemazione).

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



PARAMETRI	COEFFICIENTE	VALORE	FORMULA	MAGNITUDO
Area bacino (kmq)	Ab	0,4	1 Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	16434
Tipi di fenomeni	K	5,4	2 Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	6877
Quota massima (km)	Hmax (km)	2,875	3 Hampel (1977)*	52394
Quota minima (km)	Hmin (km)	1,995	4 Marchi & Tecca (1996)*	4000
Indice di Melton	Mb	1,39	5 Rickenmann & Zimmerman (1997)	22550
Pendenza collettore su conoide (%)	Sd_c (%)	22	6 Takei (1984)	7777
Indice di frana	I_F	3	7 D'Agostino et al. (1996) M1	24819
Indice di gruppo	I_G	4,5	8 D'Agostino et al. (1996) M2	22910
Pendenza asta principale (%)	Sci (%)	50	*per aree < 10 Kmq	
Indice di trasporto (Aulitzky)	I.T.	1		
Coefficiente di sistemazione	C.S.	0		
Lunghezza alveo sul conoide (m)	Lcl (m)	410		
Pendenza del conoide (%)	Sc (%)	22		

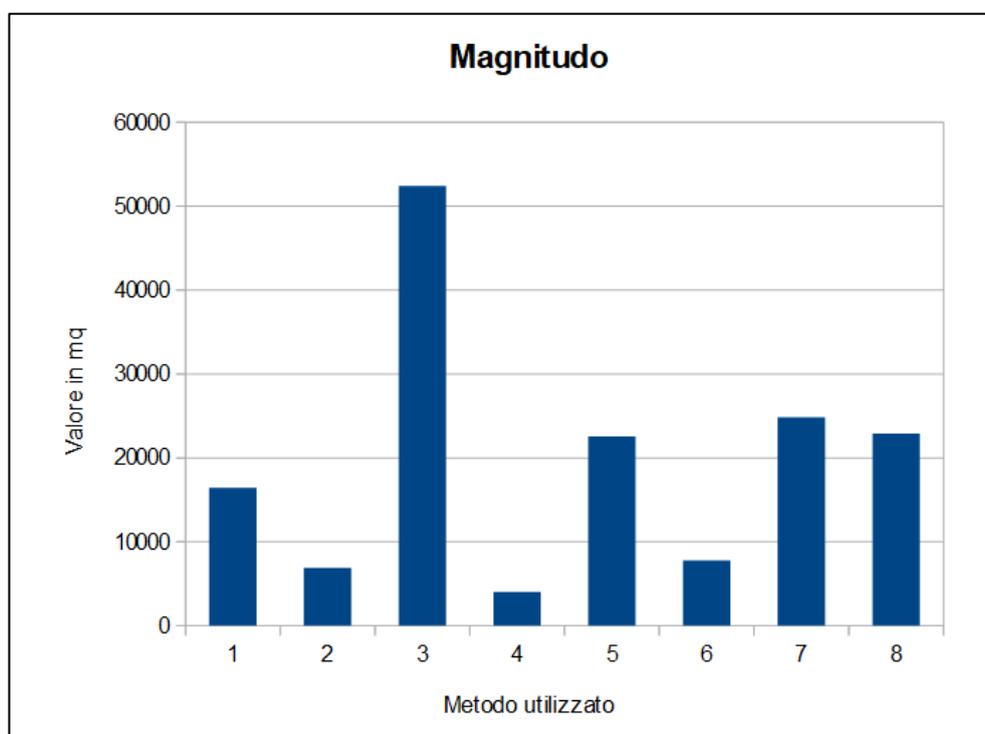


Fig. 9 – Grafico di confronto dei valori di magnitudo ottenuti con i diversi metodi utilizzati

Nella tabella sopra sono schematizzati i valori di magnitudo ottenuti utilizzando le più comuni formule proposte dagli autori.

È possibile osservare che si ottengono dei valori molto differenti tra loro; la discrepanza di valori di magnitudo può essere attribuita a modelli derivati da differenti situazioni geografico-geologiche e quindi sono tarati con valori che risultano essere talora eccessivi nel caso delle conoidi alpine.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



Da questo punto di vista il modello maggiormente affidabile è quello di **Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)**, che è stato sviluppato appositamente per le valli alpine.

Fatte queste considerazioni si ipotizza che il valore del materiale rimobilizzabile all'interno del bacino possa essere considerato pari a circa **6.880 m³**.

Tale valore non rappresenta certamente il volume che potenzialmente può essere repentinamente trasportato nel fondovalle, ma quello che può essere generato all'interno del bacino e giungere nel fondovalle anche in episodi successivi.

4.4. VALUTAZIONE SEZIONE DI DEFLUSSO E AREA INONDATA

In accordo con la metodologia regionale, una volta determinata la magnitudo, è possibile ricavare la sezione di deflusso A (m²) e l'area inondata B (m²) secondo la formula empirica di *Schilling & Iverson* (1997):

$$A = 0,05 \times V^{2/3}$$

$$B = 200 \times V^{2/3}$$

in cui V rappresenta la magnitudo che è stata stimata ad un valore di circa **6.880 m³**.

Risolviendo le due equazioni si ottiene un valore della sezione di deflusso pari a **18 m²** e un valore dell'area inondata pari a circa **72.350 m²**.

Bisogna però ricordare che i valori sopra esposti (A e B) non sono validi per volumi di magnitudo inferiori ai 50.000 m³; inoltre essendo le formule calibrate attraverso una "case history" vulcanica (descrivono l'evoluzione di 27 *lahar* distribuiti su nove vulcani(?)), non riflettono pienamente il vero comportamento dei *debris flow* alpini. Gli autori ammettono che in linea di massima i piccoli *debris flow* non vulcanici sono meno mobili dei *lahar* ed inondano una sezione di canale più grande ma un'area planimetrica che risulta essere più piccola. In particolare, i *lahar* occupano normalmente aree 20 volte più grandi di quello che fanno le "rock avalanches" delle stesse dimensioni.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



Di conseguenza i valori rilevati attraverso questa analisi sono in generale molto più grandi (soprattutto per quanto riguarda B, aree inondata) di quelli reali. Tali considerazioni sulla maggior mobilità dei *lahar* sono intuibili se si considera i diversi materiali mobilitati: i *lahar* sono colate di fango costituito quasi totalmente da materiale piroclastico, lapilli e ceneri, granulometricamente poco importanti mentre i *debris flows* alpini presentano generalmente una parte arenaceo-ciottolosa rilevante, con massi che possono raggiungere vari metri cubi di volume.

In base a queste considerazioni si è proceduto a delle simulazioni che tengono conto della tipologia di fenomeno in esame (*debris flow*), del tipo di materiale rimobilizzato, dei rapporti sezione di deflusso ed area inondabile ed inoltre della morfologia dei luoghi.

È stata quindi considerata come area inondabile la porzione di conoide centrale del conoide dove si concentrerebbe lo scorrimento e l'accumulo del materiale detritico ed inoltre il deflusso del Rio Spazzè di Clus; tale area è in parte coincidente con l'area a pericolosità molto elevata o elevata (Va) perimetrata nella vigente cartografia del dissesto P.A.I. ed ha una superficie pari a circa 3.500 m².

Considerando che l'alveo non è regimentato e che non sono presenti ostacoli e/o infrastrutture all'interno dell'area in esame si può presupporre una distribuzione del materiale fino ad uno **spessore massimo di 2,00 m.**

Ipotizzando tale spessore medio di deposito dei detriti derivanti da un eventuale *debris flow* con magnitudo pari a quella stimata, risulta che **l'area di conoide in esame è idonea al contenimento del materiale detritico mobilizzato.**

NOTA : l'eventuale distribuzione del materiale detritico, in considerazione di vari fattori quali la morfologia dei luoghi, la granulometria del materiale, la differente concentrazione e fluidità, ecc. (già verificato in eventi accaduti in medesimi contesti), non sarà omogenea nello spessore bensì si rileverà maggiore spessore in corrispondenza della porzione centrale ed uno spessore decrescente lateralmente (porzioni mediane e distali della conoide).

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



4.5. VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

Non avendo a disposizione registrazioni idrometriche dirette del Rio Spazzè di Clus per la determinazione della portata di piena si è utilizzato il **metodo razionale**.

$$Q = 0,28 \times c \times i \times A$$

dove:

c = coefficiente di afflusso caratteristico del bacino idrografico;

i = intensità della pioggia corrispondente alla durata critica (mm/hr);

A = superficie del bacino (km²).

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

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

Per quello che concerne il tempo di corrivazione è stato espresso in ore dalla formula di Giandotti:

$$T_c = [(4 \times (A)^{1/2}) + (1,5 \times L)] / [0,8 \times (H)^{1/2}]$$

dove:

A = superficie bacino in km²;

L = sviluppo dell'asta fluviale in km;

H = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura in m;

Inserendo i parametri del bacino di riferimento (A = 0,40 km², L = 0,825 km, H = 365 m), ne risulta un tempo di corrivazione pari a **0,25 ore**.

Si evidenzia che la lunghezza dell'asta è stata calcolata dall'apice del conoide fino al punto sorgente dell'asta principale.

Per definire l'intensità della pioggia è necessario valutare la curva di possibilità climatica, che rappresenta il legame tra l'altezza di pioggia che può cadere in un assegnato tempo di ritorno T e per un'assegnata durata d e la durata d medesima ed è risolta dall'equazione:

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



$$h(d,T) = a \times d^n$$

assumendo che la durata sia quella che comporta il massimo valore della portata al colmo (durata critica).

Per la mancanza di dati pluviometrici e di serie storiche relativa al bacino del Rio Spazzè di Clus il valore dei parametri a e n è stato desunto direttamente dai valori stimati dall'Autorità di Bacino. In dettaglio dalla “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica – Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense”.

All'interno della cartografia di riferimento sono state individuate le celle corrispondenti al bacino oggetto di studio e i relativi parametri a e n .

EL 23	EM 23	EN 23	EO 23	EP 23	EQ 23
EL 24	EM 24	EN 24	EO 24	EP 24	EQ 24
EL 25	EM 25	EN 25	EO 25	EP 25	EQ 25
EL 26	EM 26	EN 26	EO 26	EP 26	EQ 26
EL 27	EM 27	EN 27	EO 27	EP 27	EQ 27

Fig. 10 – Stralcio cartografia celle del reticolo chilometrico di riferimento in corrispondenza del bacino idrografico

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



I valori dei parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica sono stati ottenuti mediando i valori riportati nella tabella seguente.

Cella	Tr = 20 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a	n	a	n	a	n	a	n
EN25	19,86	0,506	24,82	0,509	26,93	0,511	29,75	0,512
EO25	19,80	0,509	24,70	0,513	26,79	0,514	29,57	0,516

I valori che verranno utilizzati nelle elaborazioni successive sono riportati nella tabella riportata sotto:

Tempo di ritorno	a	n
20 anni	19,83	0,507
100 anni	24,76	0,511
200 anni	26,86	0,512
500 anni	29,66	0,514

Ricavati i valori dei parametri a e n si possono ottenere i valori di intensità delle precipitazioni relative a diverse durate secondo la seguente relazione:

$$i(d,T) = a \times d^{n-1}$$

La durata dell'evento da considerare è quella cosiddetta critica, cioè quella che è causa di una portata pari a quella del colmo di piena e poiché il tempo di corrivazione del bacino T_c , oltre che il tempo che impiega la precipitazione dalla parte più distante del bacino a raggiungere la sua sezione di chiusura, rappresenta il tempo dall'inizio della precipitazione oltre il quale tutta la precipitazione caduta sul bacino contribuisce alla formazione del deflusso, la formazione del

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



deflusso dipende dal tempo di corrivazione di ciascun bacino. Di conseguenza la durata critica dell'evento meteorico è assunta pari al tempo di corrivazione T_c del bacino.

Per quello che riguarda il coefficiente di deflusso che rappresenta il rapporto tra gli afflussi meteorici ed i corrispondenti deflussi superficiali si è fatto riferimento al valore indicato nel database del "Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua" (SIBCA). Per il bacino del Rio Spazzè di Clus corrisponde a **0,39**.

Definiti tutti i parametri, la portata di piena stimata per i diversi tempi di ritorno risulta essere:

Tempo di ritorno	Portata Q_c [m^3/s]
20 anni	1,715
100 anni	<u>2,130</u>
200 anni	2,307

4.6. VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PICCO DI UNA COLATA

Un altro parametro da valutare è la portata di picco di una colata, che può essere determinata tramite metodi diretti e indiretti.

Nel presente studio si è utilizzato un metodo indiretto ove:

$$Q = 200 / (S+28) + 0,6 \text{ (Anselmo 1985)}$$

con S = area del bacino in km^2

e pertanto si ottiene:

$$Q \text{ (portata specifica del picco della colata)} = 200 / (0,40 + 28) + 0,6 = 7,6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$$

quindi la portata di picco della colata è pari a :

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



$$Q_{totP} = 7,6 * 0,40 = 3,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.7. VERIFICA IDRAULICA

La seguente verifica idraulica è stata eseguita per valutare la capacità di smaltimento relativamente al solo deflusso idraulico. Per il calcolo si è fatto riferimento alla portata di colmo con tempo di ritorno di 100 anni (Q_{100}) pari a **2,130 m³/s**.

La verifica è stata condotta ipotizzando delle condizioni di moto uniforme, in cui le caratteristiche del moto siano mediamente costanti nel tempo. Tale approssimazione non pregiudica i risultati finali, tenendo conto che le incertezze legate alla pendenza e alla geometria sono più significative rispetto a quella legata alle condizioni di moto.

Si sottolinea che nel caso in esame non si è in presenza di un alveo vero e proprio, quindi si è ipotizzato che, considerata la morfologia dei luoghi, la piena scenderà lungo l'asse centrale del conoide.

Ne consegue che per tale verifica si è assunto come sezione di riferimento una sezione trapezoidale con base minore (a) pari a 1,00 m e base maggiore (b) pari a 3,00 m, pendenza pari a 22% e un coefficiente di scabrosità di Kutter di 2,00.

Con questi dati di entrata la sezione risulterà verificata per un'altezza del pelo libero dell'acqua pari a **0,35 m**.

5. CARTA DELLA PERICOLOSITA` DEL CONOIDE

Le informazioni raccolte ed i dati ottenuti dalle simulazioni condotte sono stati utilizzati per la redazione della carta di pericolosità.

I criteri regionali prevedono le seguenti classi di pericolosità :

1. Pericolosità molto bassa (H1): area che per caratteristiche morfologiche a basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



2. Pericolosità bassa (H2): area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
3. Pericolosità media (H3): area interessata nel passato da eventi alluvionali e probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazioni) e ad erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20 - 30 cm) e trasporto di materiali sabbiosi – ghiaiosi.
4. Pericolosità alta (H4): area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e di manufatti.
5. Pericolosità molto alta (H5): comprende l'alveo attuale e con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.

Nel presente studio di zonizzazione della pericolosità non sono state individuate aree in classi di pericolosità H1 e H2 mentre sono state inserite :

- classe H5 e classe H4 (pericolosità molto alta e alta) che nel caso in esame sono state considerate coincidenti,
- classe H3 (pericolosità media): aree con moderata probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali (esondazioni).

In considerazione dell'analisi condotta, che ha tenuto in considerazione di tutte le condizioni presenti sul bacino idrografico (condizioni geologiche, presenza di opere di laminazione, geometrie sezioni di deflusso, ecc.), a supporto del presente studio è stata redatta direttamente la carta della pericolosità finale che è allegata a fine testo mentre non si è ritenuto necessario la redazione di una carta di pericolosità preliminare.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



Fig. 11 – Area di fondovalle. Sponda idrografica destra del Fiume Spöl.

6. PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTA DEL DISSESTO P.A.I. E DELLA CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA

In riferimento alle risultanze delle verifiche condotte nel presente studio si propone la modifica delle attuali perimetrazioni del quadro del dissesto del Piano per l'Assetto Idrogeologico sul conoide del Rio Spazzè di Clus e della zonizzazione delle classi di fattibilità geologica del P.G.T. vigenti.

La proposta di modifica della perimetrazione P.A.I. , nello specifico la perimetrazione delle aree Ca (conoide attiva non protetta), prevede un nuovo allineamento del limite esterno con tenga conto dei valori delle magnitudo ottenuti ed inoltre delle evidenze morfologiche dello stato dei luoghi.

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



Le restanti aree del conoide, precedentemente classificate come Ca, saranno riclassificate come aree Cn (aree di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta). Inoltre si è provveduto a una ripermetrazione del limite del conoide stesso tenendo presente delle condizioni morfologiche dell'area rilevate durante i sopralluoghi e rilievi e dalle cartografie e foto aeree disponibili.

Per quanto concerne la classificazione di fattibilità geologica, la modifica della cartografia P.A.I. consente una riclassificazione portando le nuove aree perimetrare Cn (aree di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta) in classe di fattibilità geologica 3. Le norme di fattibilità geologica applicate sono le medesime del PGT vigente, riconducibili a (estratto Norme geologiche di Piano) :

“1.2 Classe 3 (arancione): fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Il professionista deve in alternativa:

- disporre fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;*
- se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento (puntuale o relativo ad ambiti più estesi coinvolti dal medesimo fenomeno quali ad es. corsi d'acqua o falda ecc.) e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto o potenzialmente vulnerabili e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.*

1.2.1 Indagini geognostiche per le aree in Classe 3

Le attività di indagine dovranno prevedere:

- Indagini geognostiche, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni dell'opera da realizzare, per la determinazione delle*

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione in termini di: granulometria, plasticità, resistenza e deformabilità.

Indagini geofisiche per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m al di sotto del piano di posa delle fondazioni consistenti in indagini in foro (down-hole o cross-hole) o di superficie (SASW – Spectral Analysis of Surface Waves, MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves - o REMI – Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity).

Possono, in alternativa, essere utilizzate, per interventi di modesta entità, correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica.

La scelta della metodologia di indagine dovrà essere commisurata all'importanza dell'opera e dovrà in ogni caso essere adeguatamente motivata. Specifici approfondimenti di indagine dovranno essere previsti per le aree di bonifica e di tutela della falda.

2.2.2 Norme per le aree di conoide

2.2.2.a AREE DI CONOIDE NON PROTETTE (CA)

In queste aree sono esclusivamente consentiti:

gli interventi di demolizione senza ricostruzione;

gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457 (ora art.3 del DPR 6.6.2001, n.380);

gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino un aumento del carico insediativo;

gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;

gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati ed alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;

la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato del

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

□ l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

2.2.2.c AREE DI CONOIDE NON RECENTEMENTE ATTIVATESI O COMPLETAMENTE PROTETTE

(CN)

In queste aree le attività consentite sono regolamentate dalle Norme di utilizzo del suolo previste nel Piano delle Regole.

Le aree sono state classificate in classe di fattibilità 3 - fattibilità con consistenti limitazioni.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla redazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico tecnica dei terreni.

Le indagini suppletive dovranno consentire di valutare la compatibilità degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e quindi di formulare le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.

Le **aree Cn**, classificate nella carta di fattibilità geologica per le azioni di Piano in classe 3, possono essere edificabili con riserva; nelle zone Cn possono essere previsti utilizzi insediativi a basso indice di edificabilità.

In ogni caso in tali aree i nuovi edifici andranno realizzati con criteri tali da garantirne la sicurezza nei confronti degli effetti di eventi a carattere eccezionale, tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche. I nuovi insediamenti andranno inclusi nelle procedure di allertamento/evacuazione predisposte a livello di Piano di Protezione Civile Comunale.

Gli insediamenti residenziali in **aree Cn** dovranno essere realizzati con densità edilizia ridotta e andrà tendenzialmente evitata la previsione di realizzazione o potenziamento di insediamenti implicanti utilizzi collettivi quali scuole, alberghi, residence, rifugi, ristoranti, campeggi, impianti sportivi, ecc.

2.2.2.d PRESCRIZIONI

Eventuali proposte di uso delle aree interessate da fenomeni di trasporto in massa, dovranno tenere conto del quadro del dissesto descritto ed essere compatibili con il rischio idraulico sussistente. A tale proposito si ritiene inoltre utile che, per gli interventi di trasformazione territoriale, vengano adottate le **Norme di Buona Tecnica, necessarie a ridurre il grado di rischio**, di seguito elencate:

RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



1. Realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente.
2. Progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità.
3. Agevolare il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.
4. Adottare misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni rispetto a fenomeni di erosione e scalzamento.
5. Prevedere drenaggi atti a ridurre l'insorgere di sovrappressioni interstiziali.
6. Prevedere opere di difesa per evitare fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali.
7. Predisporre misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione.
8. Ubicare le uscite a valle sopra il livello della piena centennale, aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori.

In ottemperanza all'Art. 9 comma 10 delle N.d.A. del P.A.I., tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti punti, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui alle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), volta a dimostrare la compatibilità dell'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia alla sicurezza dell'intervento stesso.

Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Per l'utilizzo delle aree deve essere comunque predisposto un Piano di Emergenza ad hoc, che dovrà essere ricompreso nel Piano di Protezione Civile del Comune e dovrà tenere conto anche del patrimonio edilizio esistente ...”

Le modifiche proposte in riferimento all'analisi di maggior dettaglio condotta, sono riportate graficamente nelle tavole allegate a fine testo.

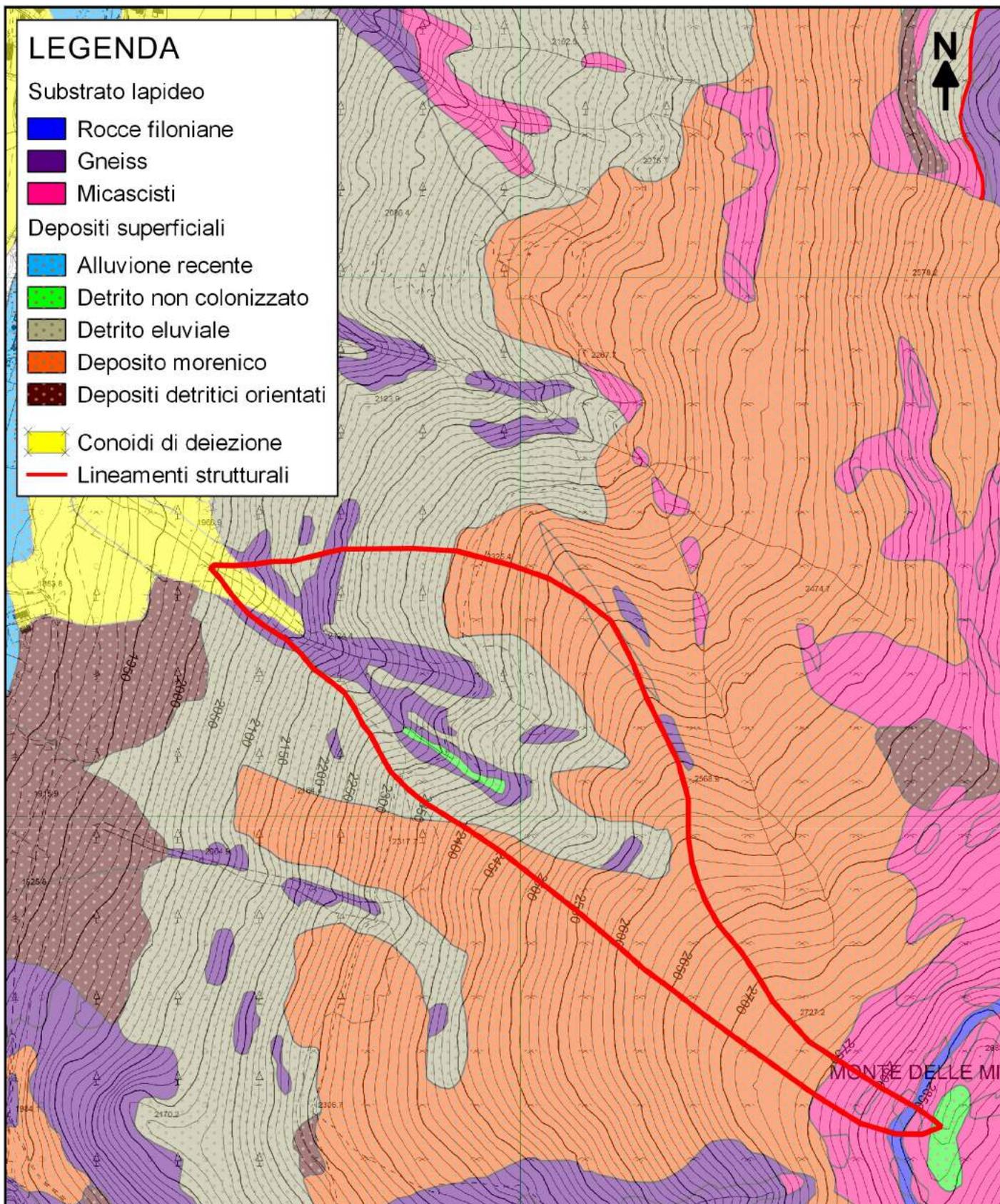
Cercino, lì gennaio 2018

Dr. Fabrizio Bigioli Geologo

(documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005)



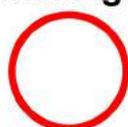
RELAZIONE TECNICA ED IDROGEOLOGICA



CARTA GEO LITOLOGICA

scala 1:10.000

Estratto cartografico geo ambientale Regione Lombardia



bacino idrografico

STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

Direttiva n. 2 Autorità di Bacino del Fiume PO - P.A.I. "Piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"

Descrizione : BACINO RIO SPAZZE' CLUS

Punto di sezione : apice della conoide di deiezione

TEMPO DI CORRIVAZIONE (Giandotti)	
DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO	DATI RISULTANTI
S ⇒ 0,4 [Km ²] Superficie Bacino	Tempo di Corrivazione $T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(Hm - Ho)}} \Rightarrow \mathbf{0,25}$ [ore]
L ⇒ 0,825 [Km] Lunghezza asta principale	
Hm ⇒ 2360 [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.	
Ho ⇒ 1995 [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.	

PREVISIONE QUANTITATIVA DELLE PIOGGE INTENSE								
FORMULA	$h_{(t)} = at^n$							
Curva di probabilità pluviometrica	h _(t) = massima precipitazione in mm al tempo t t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione a = fattore della curva relativo ad un determinato Tr n = esponente della curva relativo ad un determinato Tr Tr = tempo di ritorno (20-100-200 anni)							
DATI CELLA DELLA GRIGLIA DI DISCRETIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE (Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO)								
Cella	Coord. Est UTM	Coord. Nord UTM	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200
			19,83	0,507	24,76	0,511	26,86	0,512
MASSIMA PRECIPITAZIONE PROBABILE								
Tr	h(t)	h _(t) = massima precipitazione in mm al tempo t t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione [ore] 0,25 Tr = tempo di ritorno						
20	9,75							
100	12,10							
200	13,11							

PORTATE DI MASSIMA PIENA			
FORMULA del METODO RAZIONALE			
$Q_c = 0.278 \frac{ch_{(t)}S}{T_c}$	dove Q_c ⇒ portata al colmo c ⇒ 0,39 coefficiente di deflusso $h_{(t)}$ ⇒ massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.) S ⇒ 0,4 [Km ²] Superficie Bacino T_c ⇒ 0,25 [ore] Tempo di corrivazione		
RISULTATI			
Tr		Q_c [mc/sec]	
20	⇒	1,715	Tr = tempo di ritorno [anni]
100	⇒	2,130	
200	⇒	2,307	

CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE

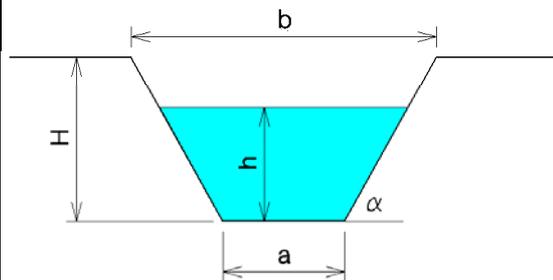
Descrizione: BACINO RIO SPAZZE' CLUS

Punto di sezione: asta della conoide

CARATTERISTICHE SEZIONE

DATI NOTI (da inserire)

H	⇒	1,00	ALTEZZA [m]
a	⇒	1,00	[m]
b	⇒	3,00	[m]
h	⇒	0,40	[m]
p	⇒	22%	Pendenza
m	⇒	2	Coeff. di scabrosità di Kutter



DATI RISULTANTI

Inclinazione scarpate	α	⇒	45,0
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \text{sen } \alpha$	⇒	2,131 [m]
Area di deflusso	$A = h[a + h \text{ tg}(90 - \alpha)]$	⇒	0,5600 [m²]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	0,263 [m]

CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0,40 \text{ m}$

FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri \cdot p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

RISULTATI

c	⇒	20,40
V	⇒	4,90 [m/sec]
Q	⇒	2,747 [m³/sec]

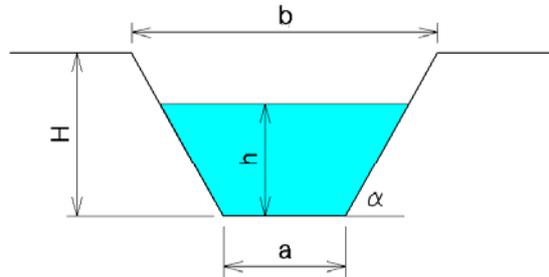
**CAPACITA' DI SMALIMENTO
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE
per varie altezze d'acqua**

CARATTERISTICHE SEZIONE

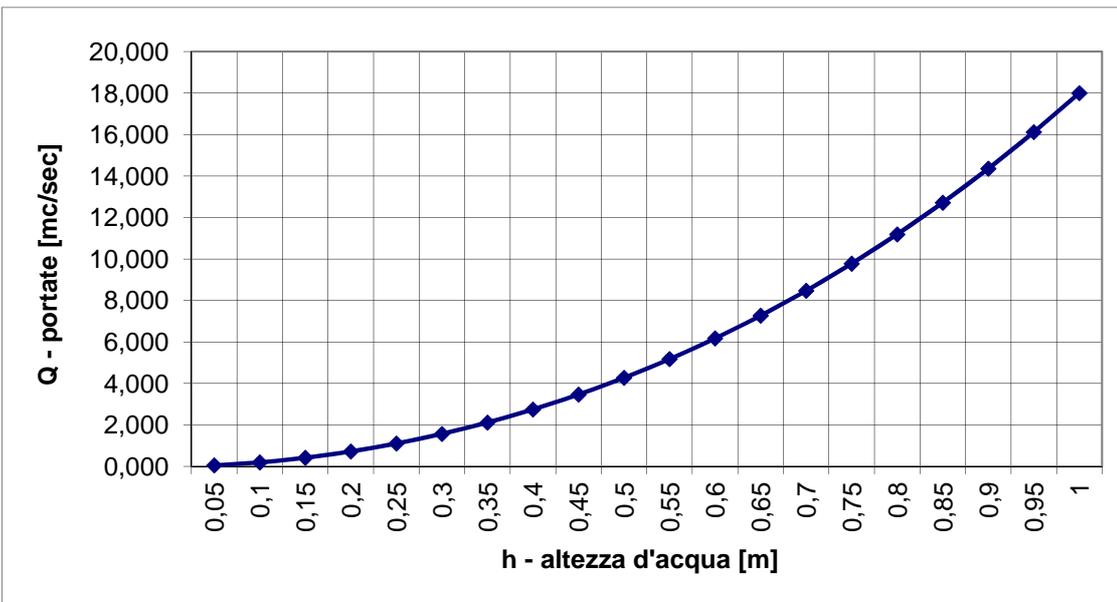
H	1,00	ALTEZZA [m]
a	1,00	[m]
b	3,00	[m]

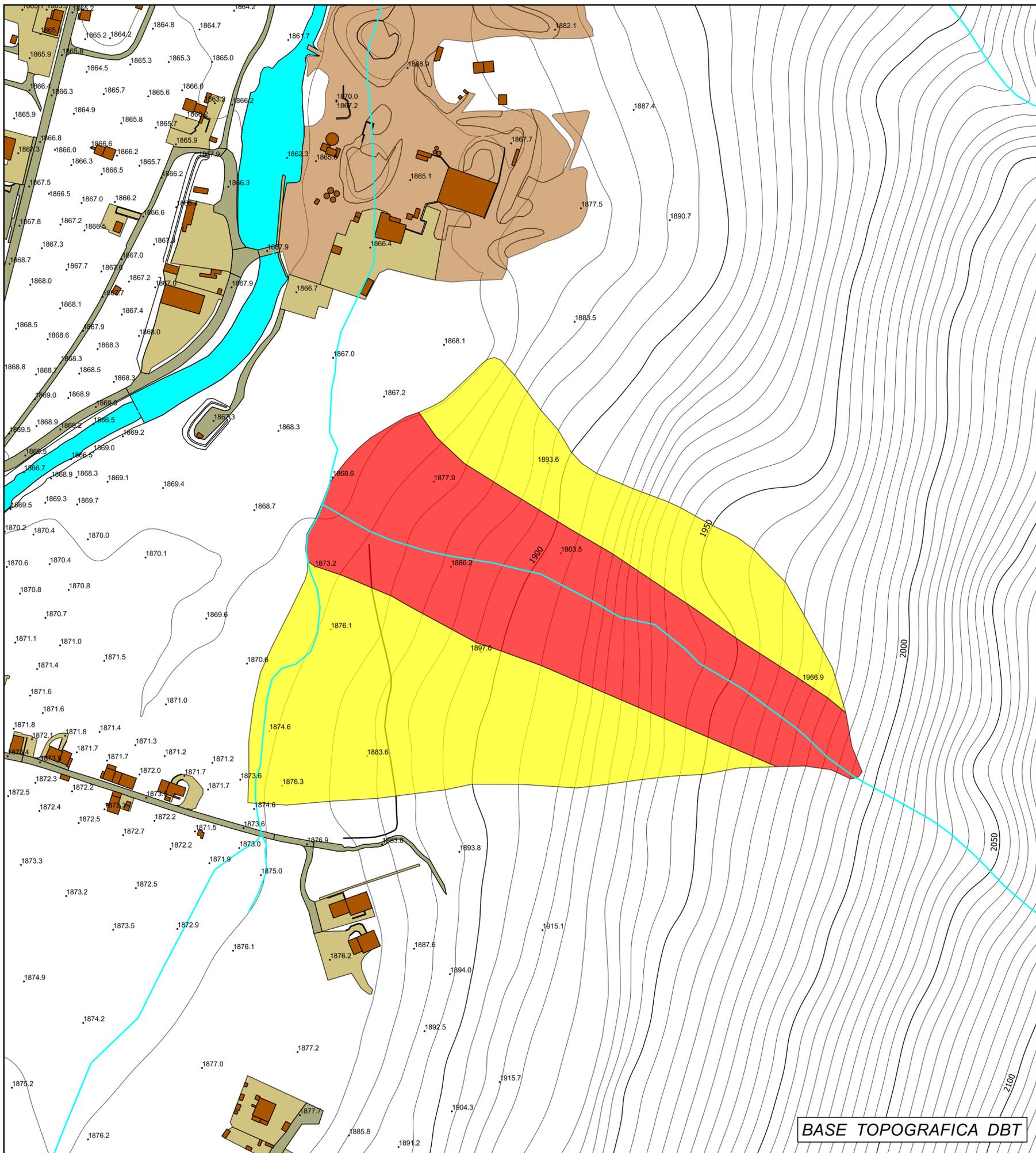
p	22%	Pendenza
m	2	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m³/sec]
0,05	0,051
0,10	0,193
0,15	0,417
0,20	0,722
0,25	1,105
0,30	1,569
0,35	2,116
0,40	2,747
0,45	3,465
0,50	4,273
0,55	5,175
0,60	6,172
0,65	7,269
0,70	8,469
0,75	9,774
0,80	11,188
0,85	12,715
0,90	14,356
0,95	16,117
1,00	17,999



h = altezza d'acqua
Q – portata all'altezza d'acqua corrispondente





LEGENDA

Classi di pericolosità

Classe di pericolosità H3 (media)

Classe di pericolosità H4 / H5 (alta / molto alta)



COMUNE DI LIVIGNO
PROVINCIA DI SONDRIO

**ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA'
 IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL TORRENTE
 SPAZZE' DI CLUS E PROPOSTA DI MODIFICA
 DELLA CARTOGRAFIA P.A.I. E DI FATTIBILITA'
 GEOLOGICA**

Professionista incaricato :

Geol. Fabrizio Bigioli

Elaborato :

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' DEL CONOIDE DEL TORRENTE
 SPAZZE' DI CLUS**

Data : GENNAIO 2018

Tavola :

Scala :

1 : 2.000

Agg. :



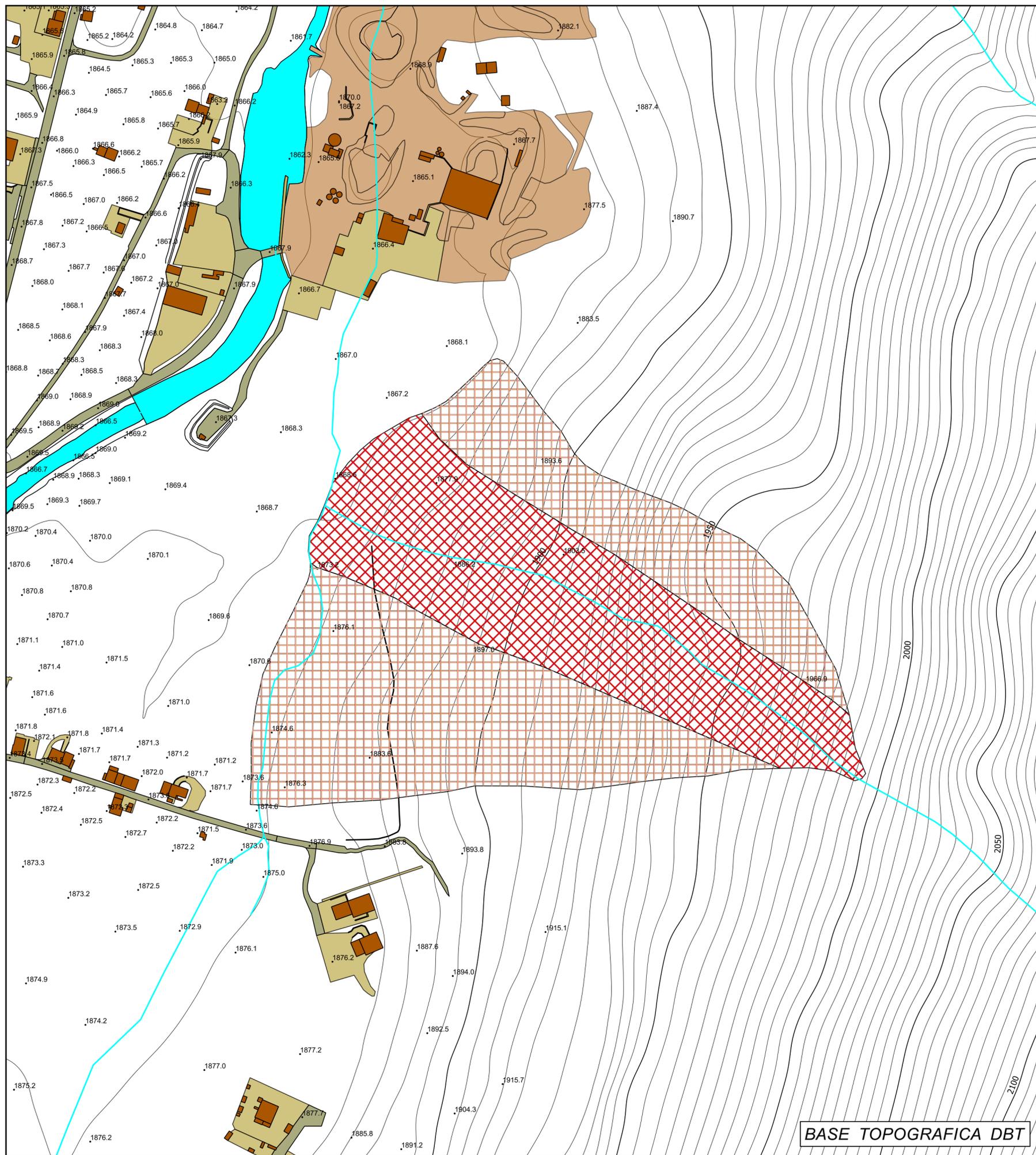
Dott. Fabrizio Bigioli GEOLOGO

Via Valeriana 97 - loc Piuossogno - 23016 CERCINO (SO)

Tel / fax 0342 680 651 Mobile 339 6096386

email info@bigioli.it PEC fabrizio.bigioli@epap.sicurezza postale.it

BASE TOPOGRAFICA DBT



BASE TOPOGRAFICA DBT

LEGENDA

Dissesto P.A.I.

 Area di conoide attivo non protetta (Ca)

 Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)



COMUNE DI LIVIGNO
PROVINCIA DI SONDRIO

**ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA'
IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL TORRENTE
SPAZZE' DI CLUS E PROPOSTA DI MODIFICA
DELLA CARTOGRAFIA P.A.I. E DI FATTIBILITA'
GEOLOGICA**

Professionista incaricato :

Geol. Fabrizio Bigioli

Elaborato :

PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTOGRAFIA P.A.I.

Data : GENNAIO 2018

Tavola :

Scala :

1 : 2.000

Agg. : ---

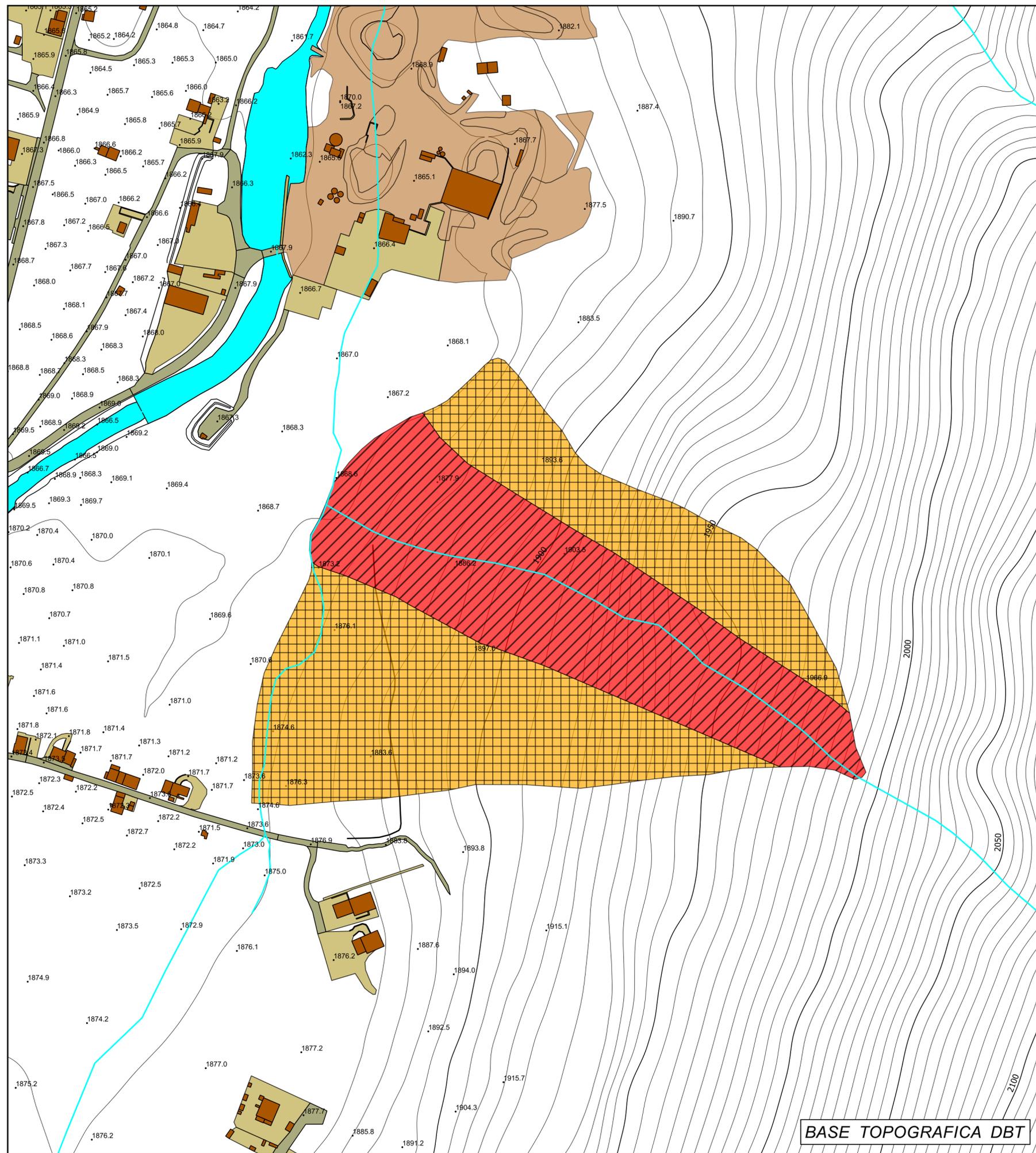


Dott. Fabrizio Bigioli GEOLOGO

Via Valeriana 97 - loc Piussogno - 23016 CERCINO (SO)

Tel / fax 0342 680 651 Mobile 339 6096386

email info@bigioli.it PEC fabrizio.bigioli@epap.sicurezza postale.it



LEGENDA

Classi di fattibilità

 Classe di fattibilità 3 - Aree di conoide Cn

 Classe di fattibilità 4 - Aree di esondazione dei corsi d'acqua



COMUNE DI LIVIGNO
PROVINCIA DI SONDRIO

**ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA'
 IDROGEOLOGICA SUL CONOIDE DEL TORRENTE
 SPAZZE' DI CLUS E PROPOSTA DI MODIFICA
 DELLA CARTOGRAFIA P.A.I. E DI FATTIBILITA'
 GEOLOGICA**

Professionista incaricato :

Geol. Fabrizio Bigioli

Elaborato :

**PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CARTA DI FATTIBILITA'
 GEOLOGICA**

Data : GENNAIO 2018

Tavola :

Scala :

1 : 2.000

Agg. : ---



Dott. Fabrizio Bigioli GEOLOGO

Via Valeriana 97 - loc Piussogno - 23016 CERCINO (SO)

Tel / fax 0342 680 651 Mobile 339 6096386

email info@bigioli.it PEC fabrizio.bigioli@epap.sicurezza postale.it

BASE TOPOGRAFICA DBT