

**Mottolino S.p.A.**

REGIMAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO TERMINALE DEL RIN DAL DOMENIN

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO 2: Relazione geologica

Committente: Mottolino S.p.A.

Via Bondi 473, 23041 Livigno (SO)

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

Ing. Alberto Fioroni (Ordine ing. Sondrio n. 504)

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

Rif. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato/Approvato
21_031_PD_R02_Rev1	Feb. 2021	Integrazioni	M.Sceresini/ G.Songini	A.Menghi/G.Songini
21_031_PD_R02_Rev0	Giu. 2021	Prima emissione	M.Sceresini	A.Menghi/G.Songini

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	4
3. INQUADRAMENTO SISMICO.....	7
4. MODELLO GEOLOGICO	9
4.1. BACINO DI ALIMENTAZIONE DEL RIN DAL DOMENIN.....	9
4.2. CALCOLO DELLA MAGNITUDO.....	10
4.3. AREA DI INTERVENTO	11
5. MODELLO GEOTECNICO	12
6. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO	13
7. PROPOSTA DI REVISIONE DELLO STUDIO DEL RETICOLO IDRICO MINORE E DELLA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DEL PGT	14

1. PREMESSA

La presente relazione geologica fa parte integrante del progetto definitivo inerente gli interventi di "Regimazione idraulica del tratto terminale del Rin dal Domenin", redatto per conto di Mottolino S.p.A., volti alla mitigazione dei rischi idraulici legati ad eventi di colata detritica sulle aste del Rin dal Domenin.

Il progetto riprende in parte gli interventi previsti nello "*Studio di fattibilità degli interventi di mitigazione dell'elemento del RIM codici 03014037_0206 Rin da Domenin e 03014037_0040*" redatto nel settembre 2019 dallo Studio di Consulenza Geologica GEO 3; tale elaborato sviluppava una proposta progettuale atta a mitigare i rischi evidenziati dello "*Studio di dettaglio dell'elemento del RIM codici 03014037_0206 Rin da Domenin e 03014037_0040*" realizzato nell'agosto 2019 dallo Studio di Consulenza Geologica GEO 3. Le stesse problematiche erano state precedentemente evidenziate anche dallo "*Studio Idrologico Idraulico dei corsi d'acqua significativi affluenti dello Spöl costituenti il Reticolo Minore Bacino Rin del Mottolino*" del marzo 2004 a firma dello Studio Paoletti Ingegneri Associati.

Gli interventi qui proposti, volti alla mitigazione dei rischi idraulici legati ad eventi di colata detritica, prevedono la creazione di una vasca di accumulo della colata detritica con soglia di delimitazione a monte e briglia selettiva a valle, il prolungamento del tratto di alveo in scogliera esistente, la sostituzione del tratto intubato con un canale a sezione rettangolare in calcestruzzo armato coperto da strutture in CLS amovibili prima dell'immissione nel t. Spöl ed il rifacimento dei due attraversamenti carrabili a quota 184 0m e 1818 m.

In considerazione della situazione geologica e geomorfologica rilevata, nonché delle caratteristiche dell'intervento in progetto, nella presente perizia non si è ritenuto necessario prevedere l'esecuzione di indagini geognostiche; per la caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni interessati dalle opere previste ci si è basati su informazioni ricavate dalla bibliografia e dall'osservazione di scarpate naturali e fronti di scavo aperti su terreni limitrofi, assimilabili a quelli in esame. Una validazione delle valutazioni espresse dovrà essere sviluppata sulla base delle evidenze che emergeranno a scavi aperti.

Stante le difficoltà di accesso all'area a causa della presenza del manto nevoso al momento della stesura della presente relazione, in questa sede è stato sviluppato solo un inquadramento preliminare dal punto di vista sismico, rinviando allo scioglimento della neve la conferma della definizione della categoria sismica dei terreni in esame mediante una specifica indagine sismica.

La presente relazione è stata eseguita in conformità a quanto disposto nella D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e nelle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» (NTC) di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

L'ubicazione dell'intervento è riportata nella corografia di Tavola 1, basata sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 sez. D1a4 e D1b4.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

L'area di intervento è ubicata sul versante destro della valle del t. Spöl, a quota 1870 m circa, poco a monte dell'apice del piccolo conoide alluvionale creatosi allo sbocco del Rin da Domenin nel fondovalle di Livigno.

Lo studio geologico allegato al PGT comunale la inserisce in classe di fattibilità 3 (fattibilità con consistenti limitazioni), con la porzione di versante ricadente nelle fasce di rispetto idraulico con ampiezza 10 m del Rin da Domenin (individuato nello Studio del Reticolo Idrico Minore comunale con codice 03014037_0206) che rientra nella vincolistica prevista nelle Norme di Polizia idraulica contenute nel documento in parola.



Figura 2.1 – Stralcio della Carta di Fattibilità geologica (PGT Livigno)

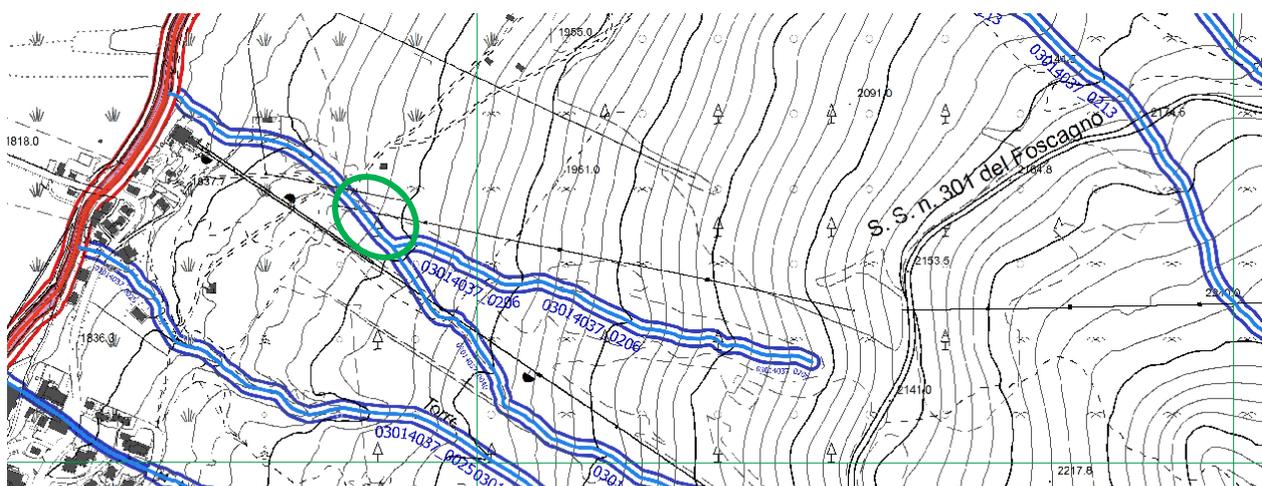


Figura 2.2: Stralcio dello Studio del Reticolo Idrico Minore – fasce di rispetto idraulico

La Carta del Dissesto PAI non evidenzia alcuna interferenze tra il lotto di intervento e le tematiche di criticità perimetrare in tale elaborato; lo stesso documento individua all'interno del bacino del Rin dal Domenin unicamente alcune aree valanghive a pericolosità media Vm e – marginalmente – un'area di frana stabilizzata Fs.

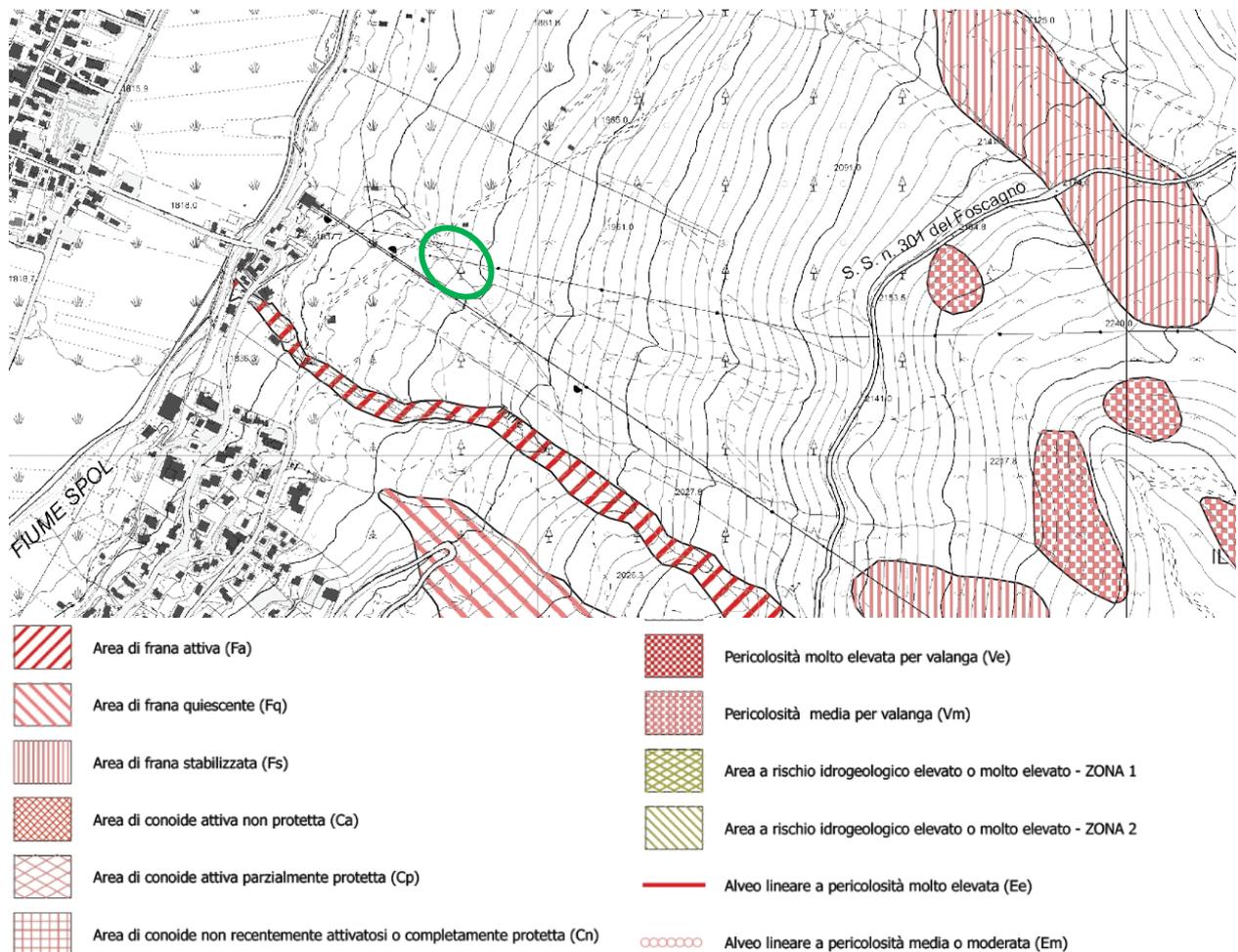


Figura 2.3: Stralcio della Carta del Dissesto PAI (PGT Livigno)

L'esame della documentazione allegata al Piano di Gestione Rischio Alluvioni nel bacino del Fiume Po (PGRA) non mostra interferenze tra il lotto di intervento e le aree perimetrare nel Piano, come riassunto anche nelle tavole dedicate contenute nel PGT di Livigno

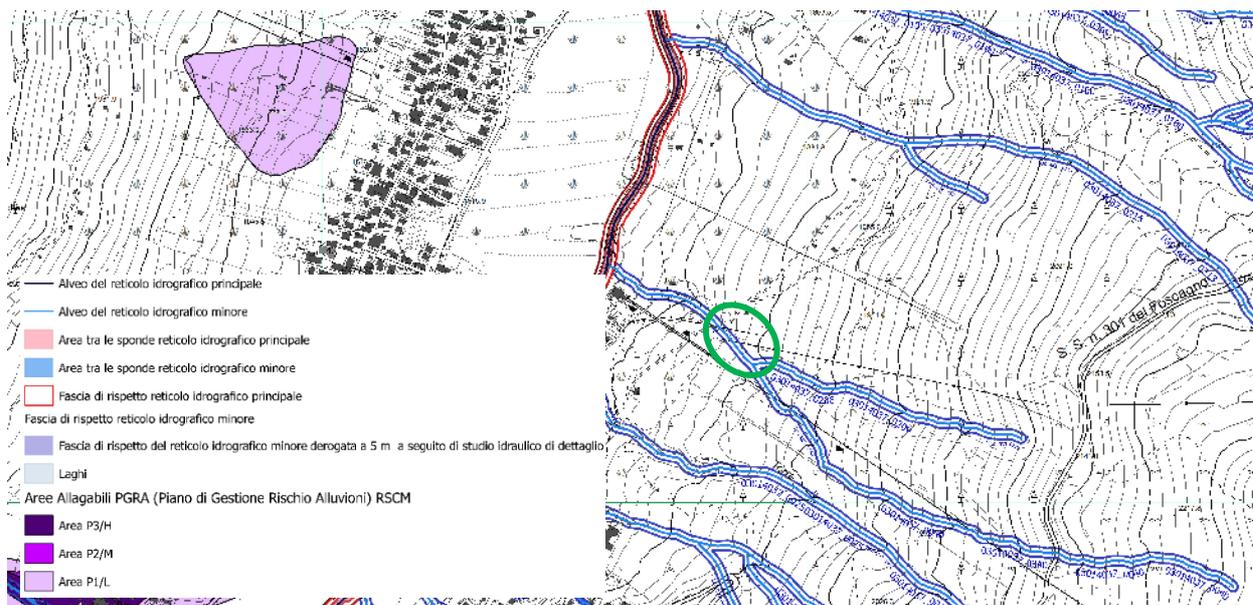


Figura 2.4: Stralcio del raffronto Studio del Reticolo Idrico Minore – PGRA (PGT Livigno)

Parimenti, non si riscontrano interferenze tra l'area di intervento ed i siti valanghivi individuati nella Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe CLPV redatta a cura di Regione Lombardia.

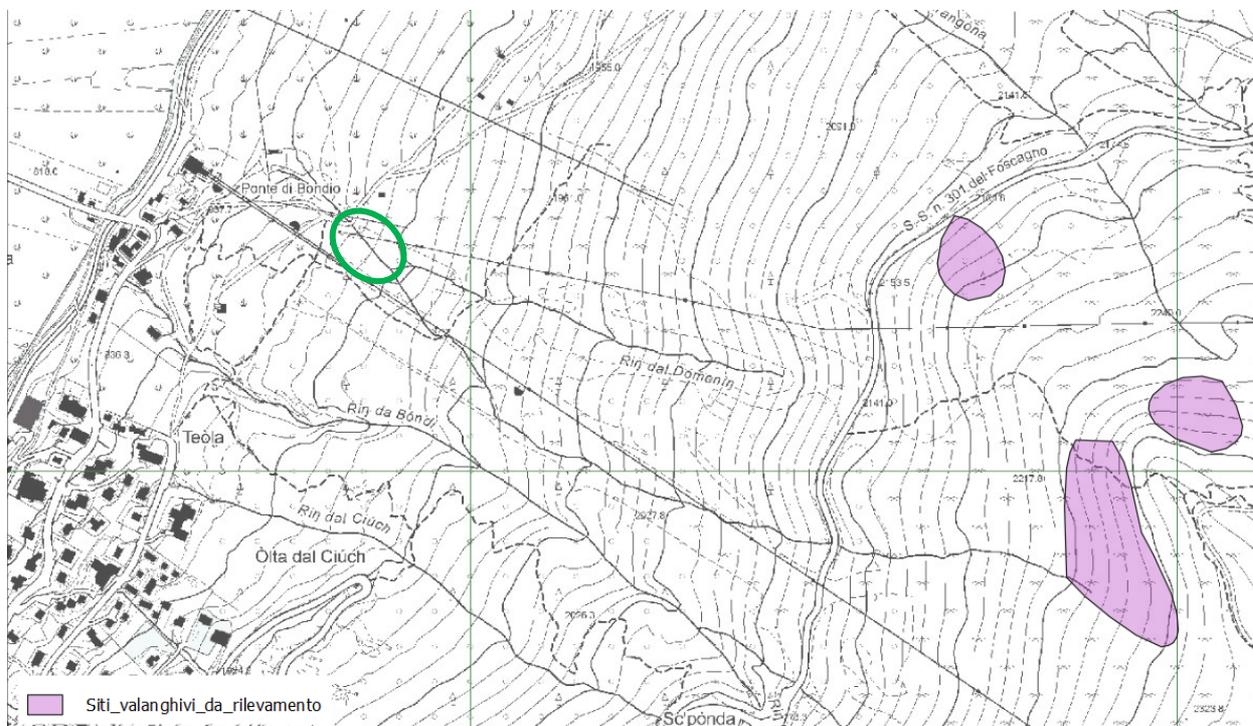


Figura 2.5: Stralcio della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe CLPV

3. INQUADRAMENTO SISMICO

La D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d)", inserisce il territorio comunale di Livigno in Zona Sismica 3. Lo studio geologico a supporto del PGT comunale non prevede potenziale fenomeni di amplificazione sismica locale in corrispondenza dell'area di intervento.

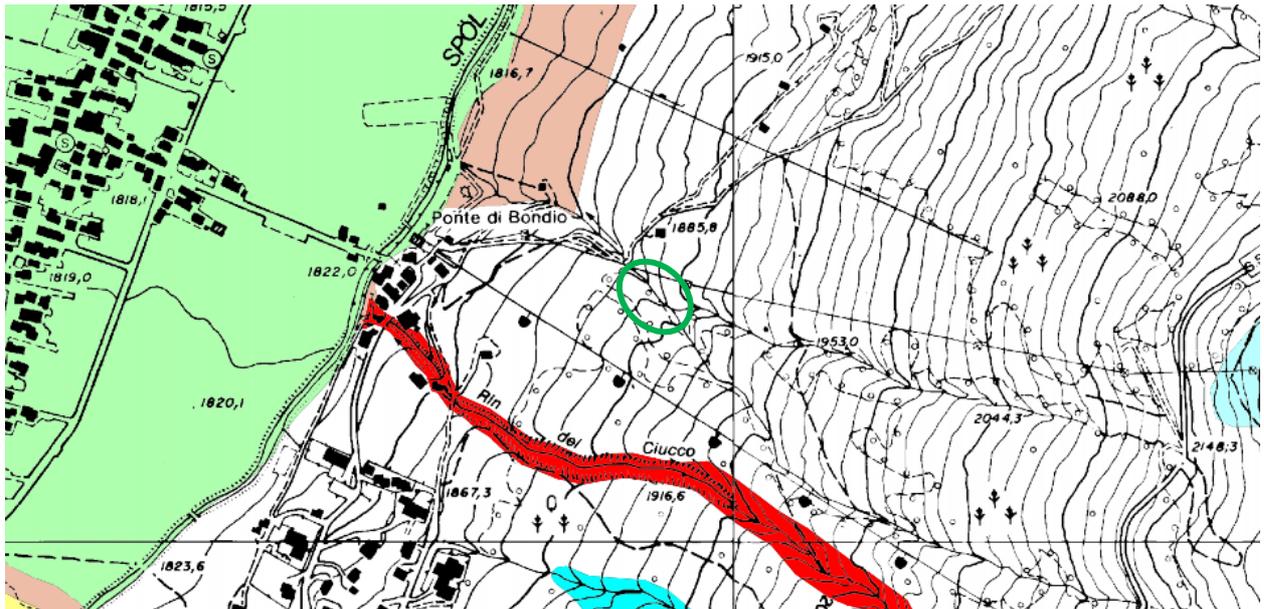
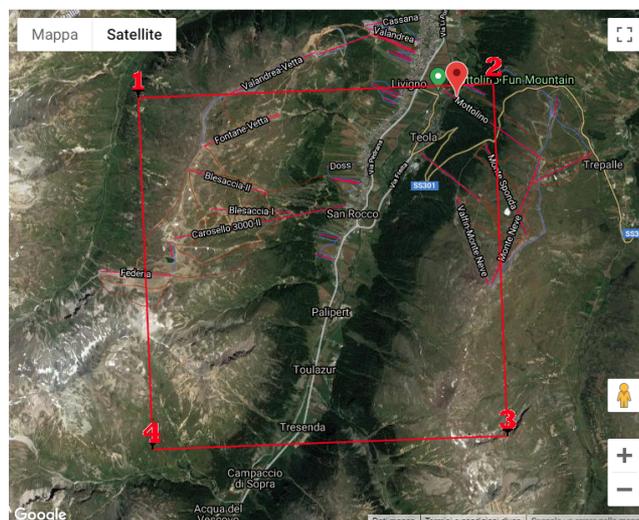


Figura 3.1: Stralcio della Pericolosità sismica locale (PGT Livigno)

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale, riportato sulle tabelle elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e calcolato in funzione dell'ubicazione del lotto di intervento e per un periodo di riferimento pari a 475 anni (ottenuto a partire da una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni), risulta essere pari a 0.124 g.



Sulla base dell'assetto geologico locale, caratterizzato dalla presenza di depositi glaciali che ammantano su spessori plurimetrici il substrato roccioso metamorfico, è possibile ipotizzare preliminarmente la categoria simica dei terreni di sottofondazione; a favore di sicurezza, questi possono essere inseriti in categoria E.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Come accennato in premessa, in ragione delle difficoltà di accesso all'area a causa del manto nevoso e delle condizioni di suolo gelato si rimanda ogni ulteriore approfondimento di natura sismica – basato su specifica indagine - allo scioglimento della neve.

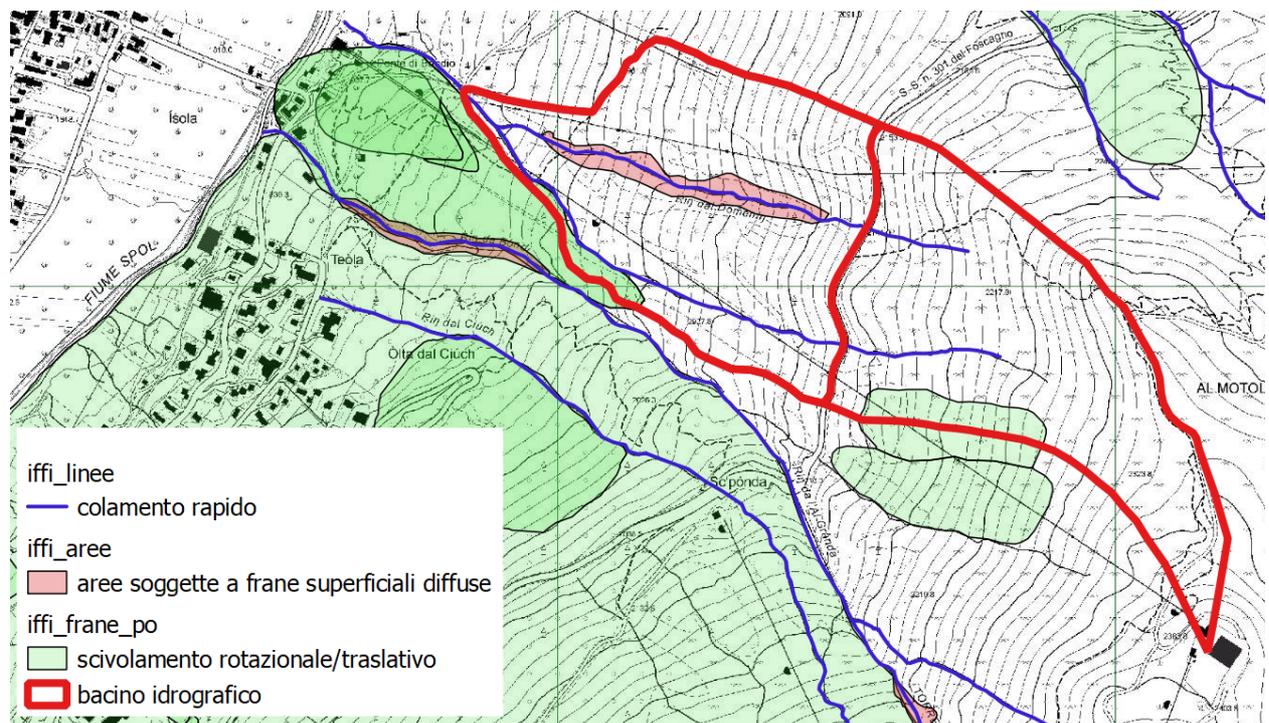
4. MODELLO GEOLOGICO

4.1. Bacino di alimentazione del Rin Dal Domenin

Il torrente Rin dal Domenin drena un modesto bacino (circa 0,55 km²) caratterizzato dalla presenza di depositi glaciali ad ammantare su spessori da metrici a plurimetrici il sottostante substrato roccioso in posto, qui rappresentato dalle Filladi di Bormio; localmente, in corrispondenza dei pendii più acclivi e sulle sponde in erosione degli impluvi principali, è possibile rilevare la presenza di limitati spessori di depositi detritici a grana generalmente ghiaiosa-ciottolosa in matrice sabbiosa. La ridotta granulometria dei materiali sciolti di copertura si giustifica anche con le pessime caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso filladico; i prodotti di alterazione della roccia in posto formano localmente orizzonti limoso-argillosi, localmente sensibili a fenomeni di saturazione da parte delle acque di infiltrazione.

I rilievi eseguiti nell'autunno 2020 non hanno evidenziato la presenza di significativi fenomeni di dissesto all'interno del bacino in esame ed in particolare lungo l'asta torrentizia; tale valutazione trova supporto anche nella Carta del Dissesto allegata al PGT di Livigno, che – come già accennato nel capitolo 2 - individua all'interno del bacino del Rin dal Domenin unicamente alcune aree valanghive a pericolosità media Vm e – marginalmente – un'area di frana stabilizzata Fs.

Rispetto alla Carta PAI, la Carta Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia IFFI redatta su base segnala in più la presenza di un'area soggetta a frane superficiale diffuse in asse all'impluvio del Rin da Domenin, non riconosciuta su tale estensione durante i sopralluoghi sul posto.



L'asta principale del torrente è caratterizzata da uno sviluppo di circa a 1300 m e, quasi ovunque, da una modesta incisione del versante, rappresentativa delle ridotte portate ordinarie che caratterizzano il corso d'acqua; non ci sono testimonianze relative a fenomeni di dissesto di grossa magnitudo originati da smottamenti localizzati né di fenomeni erosivi generati dalle acque di ruscellamento superficiale in condizioni di piena concomitanti con eventi temporaleschi anche intensi e prolungati

4.2. Calcolo della magnitudo

Nelle valutazioni della magnitudo attesa il bacino di alimentazione del Rin da Domenin è stato diviso in due in corrispondenza della Strada Statale n. 301 del Foscagno – oltrepassata mediante due attraversamenti tombinati di modesta sezione, non in grado di consentire il transito di portate solide significative -, delimitando naturalmente a monte un sottobacino che è stato considerato per il calcolo della sola portata liquida, dato che si è ritenuto che la presenza della sede viaria rappresenti una rottura di pendenza sufficiente per il deposito della portata solida mobilizzabile a monte di quella sezione. Il bacino di valle, di superficie di circa 0,3 km², viene considerato sia per la portata liquida sia per la portata solida (si veda a tal proposito la relazione idraulica allegata al progetto).

La magnitudo della porzione inferiore del bacino così suddiviso è stata stimata secondo le formule empiriche più utilizzate esistenti in bibliografia. La scelta delle formule per il calcolo della magnitudo è basata sugli studi e le esperienze realizzate nelle zone alpine. Tra le molte formule proposte in letteratura, sono state scelte quelle che possono essere considerate più attendibili in relazione alle caratteristiche geologiche dell'area in esame, in particolare quelle D'Agostino et al. (1996) e Crosta, Ceriani, Frattini e Quattrini (2000). I diversi valori ricavati dalle formule proposte devono essere utilizzati in funzione delle caratteristiche del bacino che si sta analizzando.

Tabella 4.1 - Stima della magnitudo con i differenti metodi empirici

Riferimento bibliografico	Formula	
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	$M = 1000 K \cdot Ab \cdot Mb^{0.8} \cdot Scl_c \cdot I_F^{-2}$ K = 3 per fenomeni di bed load e debris flood, K = 5.4 per fenomeni di debris flow Ab = area del bacino (km ²) Mb = indice di Melton: $(Hmax-Hmin)/Ab^{0.5}$ Hmax = quota massima del bacino (km) Hmin = quota minima del bacino (km) Scl_c = pendenza del collettore sul conoide (%) I_F = indice di frana (1: grandi frane e/o frane lungo la rete idrografica; 2: frane sui versanti; 3: frane piccole o assenti)	3.905 m³ 5,4 - 0,2721 km ² 0,54 - 2,15 km 1,87 km 17 % 2 -
D'Agostino et al. (1996)	$M1 = 39 \cdot Ab \cdot Scl^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3}$ $M2 = 36 \cdot Ab \cdot Scl^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1+C.S.)^{-1}$ Ab = area del bacino (km ²) Scl = pendenza asta principale (%) I.G.= dipende dai litotipi costituenti il bacino I.T.= indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky C.S.= coefficiente di sistemazione	5.132 m³ 2.493 m³ 0,2721 km ² 30 % 3 - 1 - 0,9 -

La stima della magnitudo per il bacino di riferimento varia pertanto tra i 2500 e i 5150 m³ circa.

Tali valori differiscono anche significativamente da quelli risultanti dallo *Studio di dettaglio dell'elemento del RIM Rin dal Domenin codici 03014037_0206 e 03014037_0040* redatto dallo Studio GEO 3, dove applicando la procedura proposta da Crosta, Ceriani, Frattini e Quattrini si prevedeva una magnitudo pari a 8411 m³. La ragione di tale differenza è da imputare essenzialmente alla differente ampiezza del bacino di alimentazione di potenziali fenomeni di colata detritica, che – in ragione delle motivazioni sopra espresse, relative alla presenza della SS 301 – è stata quasi dimezzata nel presente studio.

Tabella 4.2 - Stima della magnitudo (Studio GEO3)

Valori di input			
Parametri			Rin da Domenin
Area bacino	Ab	Kmq	0.495
Parametro	K		5.4
Lunghezza alveo sulla conoide	Lcono	m	182
Altezza massima bacino	Hmax	m s.l.m.	2374
Altezza minima bacino all'apice del conoide	Hmin	m s.l.m.	1850
Indice di Melton	Mb		0,74
Pendenza media dell'alveo lungo la conoide	Sc	%	16
Indice di frana	I.F.		2
MAGNITUDO	M	mc	8411

4.3. Area di intervento

L'assetto geomorfologico locale e l'osservazione di scarpate naturali e fronti di scavo recentemente aperti nell'ambito delle piste sciabili e di MTB su terreni limitrofi, assimilabili a quelli in esame, permettono di ipotizzare con ragionevole accuratezza la litologia dei sedimenti che caratterizzano il tratto di versante in esame, che si ritiene risultino costituiti – al di sotto di uno strato submetrico superficiale di terreno organico - da spessori da metrici a plurimetrici di depositi glaciali caratterizzati da un fuso granulometrico eterometrico, con sabbie e ghiaie in matrice sabbioso-limosa con presenza di ciottoli, privi di falda idrica stabile negli spessori di interesse. In asse all'impluvio del Rin dal Domenin è ragionevole prevedere la presenza di pur limitati spessori di depositi alluvionali grossolani, con ghiaie e sabbie prevalenti e minor quota parte di ciottoli, privi di frazione fine. Il substrato roccioso in posto, qui rappresentato dalle Filladi di Bormio, non affiora in corrispondenza del lotto di intervento.

5. MODELLO GEOTECNICO

I depositi glaciali interessati dall'intervento in progetto possono essere preliminarmente inquadrati, secondo la classificazione U.S.C.S., nella categoria "GM", corrispondenti a ghiaie e sabbie in matrice limosa; i parametri geotecnici tipici di tali classi litologiche, ricavati da letteratura scientifica, sono i seguenti:

- peso dell'unità di volume del terreno in condizioni naturali (γ_n) = 21 kN/m³
- angolo d'attrito interno (efficace) (ϕ') = 36° ± 4
- coesione (c') = 0 kN/m²

Date le modalità seguite nell'attribuzione dei parametri geotecnici, l'angolo d'attrito utilizzato è pari a 33°.

6. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

Sulla base della conformazione morfologica del versante e delle sponde del Rin dal Domenin - caratterizzata da una moderata acclività nel tratto in esame – e dell'entità degli sbancamenti in progetto, si reputa che non sarà necessario il ricorso a opere di sostegno delle scarpate, che potranno essere mantenute entro angoli compatibili con quelli di equilibrio a breve termine dei terreni attraversati (stimabile preliminarmente in $45^{\circ}\div 50^{\circ}$); sulla base di tale inclinazione, ai fini della sicurezza si ritiene sufficiente prescrivere l'esecuzione dell'opera in tempi brevi, proteggendo il fronte in caso di precipitazioni intense. A lavori ultimati, le nuove scarpate modellate direttamente nel terreno non dovranno di norma superare valori di inclinazione superiori a 45° (scarpate di scavo), prevedendone un pronto rinverdimento con semina manuale o idrosemina; si raccomanda tuttavia anche il recupero delle zolle di cotico erboso – laddove presente - e la loro posa sulle nuove scarpate, più esposte ad erosione.

In ragione dell'eterogeneità che caratterizza i depositi glaciali in esame, potenzialmente connotati dalla presenza di localizzate lenti a granulometria più prettamente sabbiosa e prive di coesione a breve termine, le considerazioni sopra esposte dovranno essere validate sulla base delle evidenze che emergeranno a scavi aperti.

7. PROPOSTA DI REVISIONE DELLO STUDIO DEL RETICOLO IDRICO MINORE E DELLA CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DEL PGT

Il presente progetto di regimazione idraulica permetterà di assicurare, per il tratto d'asta di intervento, che le caratteristiche dell'alveo verificate per una portata liquido/solida di progetto per un tempo di ritorno di 100 anni; vengono pertanto soddisfatti i requisiti richiesti per la riduzione della fascia di rispetto del RIM dagli attuali 10 m a 5 m. Al fine di ottimizzarne l'assetto planimetrico, è stato inoltre proposta una modesta traslazione del sedime dell'alveo nel tratto di intervento, più aderente alla morfologia naturale del versante.



Figura 7.1: Studio del Reticolo Idrico Minore – fasce di rispetto idraulico stato attuale

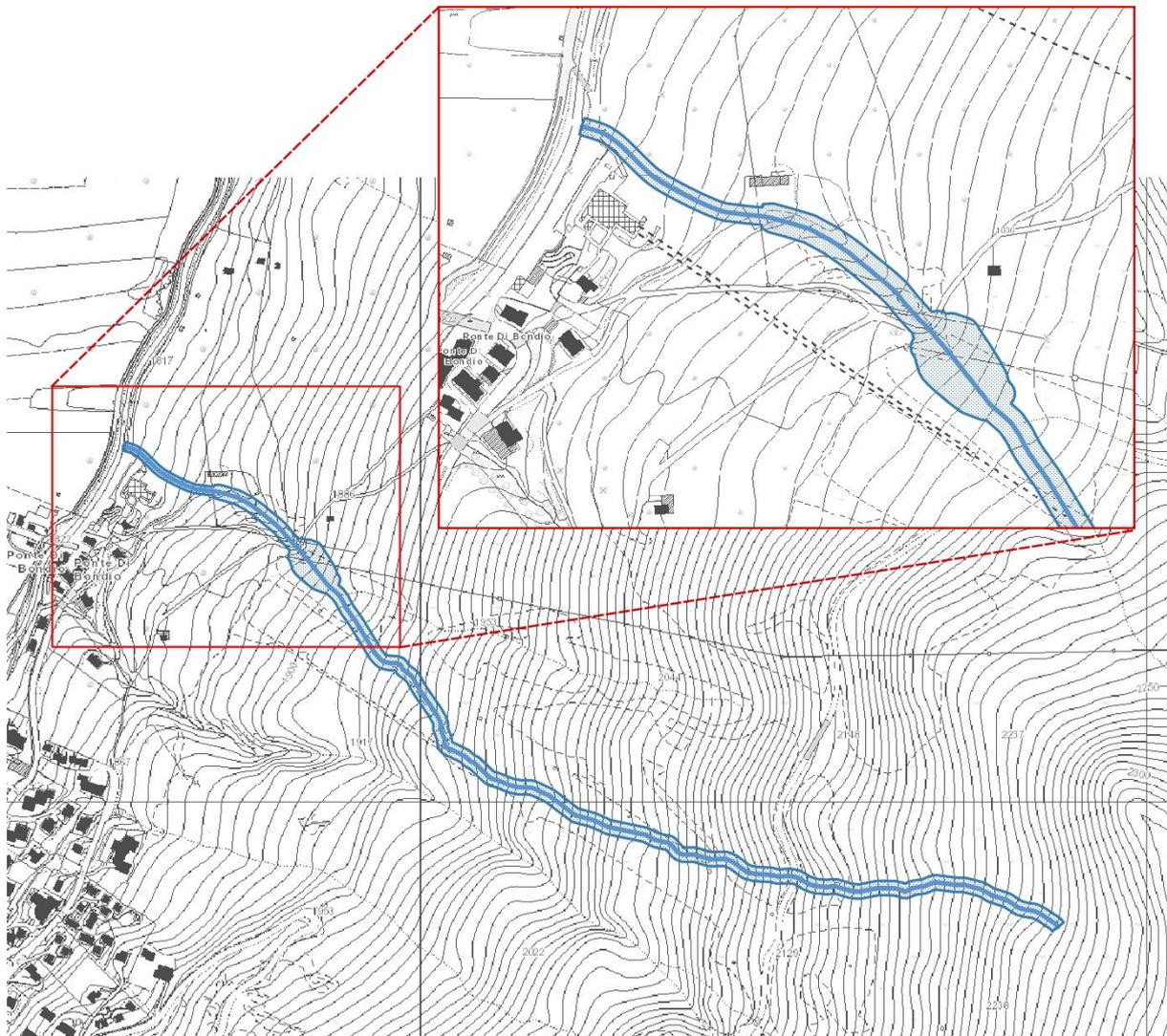


Figura 7.2: Studio del Reticolo Idrico Minore – fasce di rispetto idraulico - PROPOSTA DI REVISIONE allo stato di progetto

L'attuale carta di fattibilità geologica per le azioni di piano, parte della componente geologica del PGT, riporta in fregio al tratto terminale del Rin da Domenin un'area in classe 4: tale perimetrazione recepisce i risultati dello studio idrologico del Professor Paoletti del 2004, eseguito nell'ambito dello studio del RIM. Lo studio Paoletti individuava delle criticità idrauliche, risolte dal progetto in parola; si propone pertanto di rettificare la perimetrazione dell'area 4, circoscrivendola all'alveo ed alla sua fascia di rispetto (pari a 5 m).

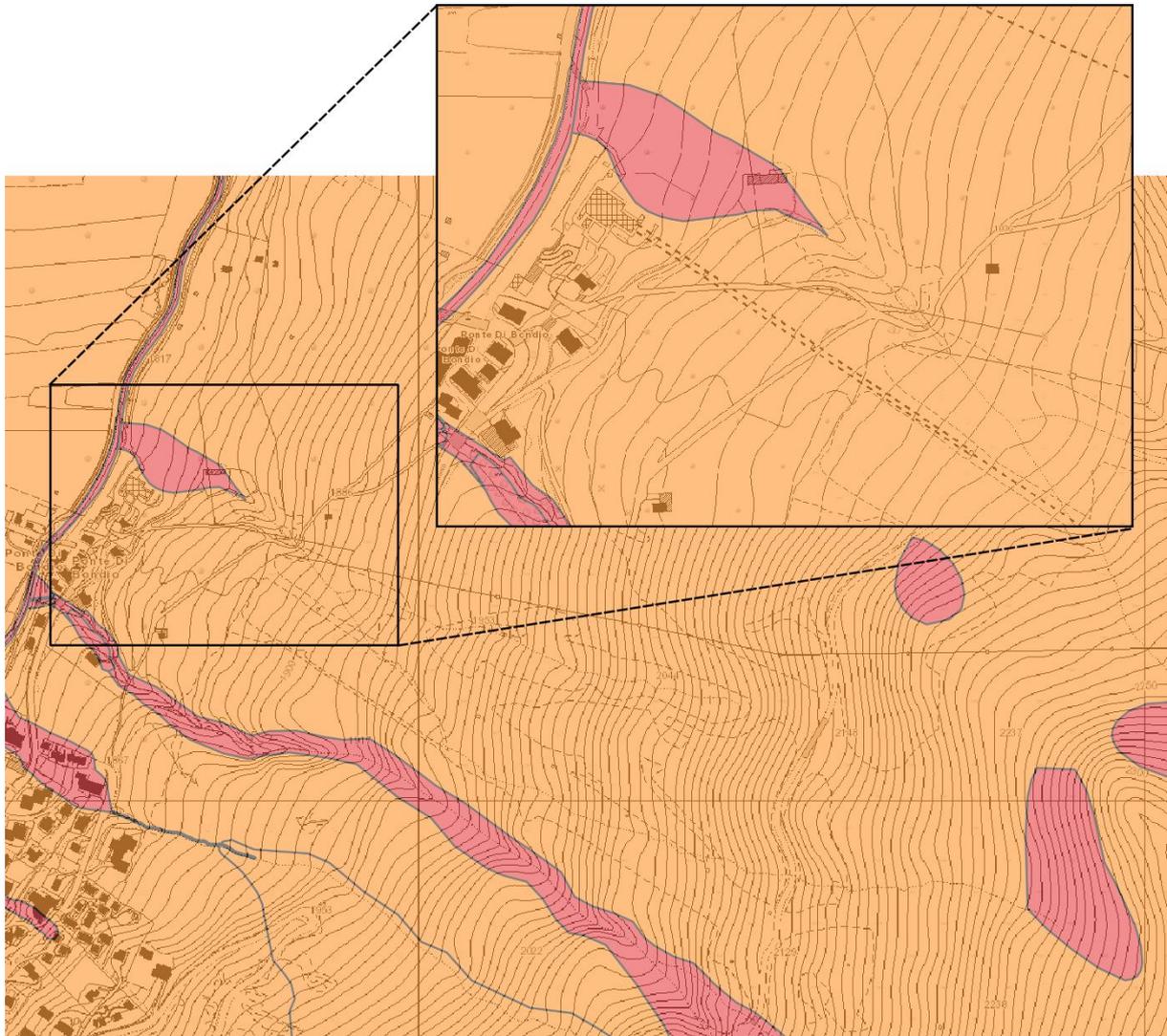


Figura 7.3: Stralcio della Carta di Fattibilità geologica (PGT Livigno) allo stato attuale

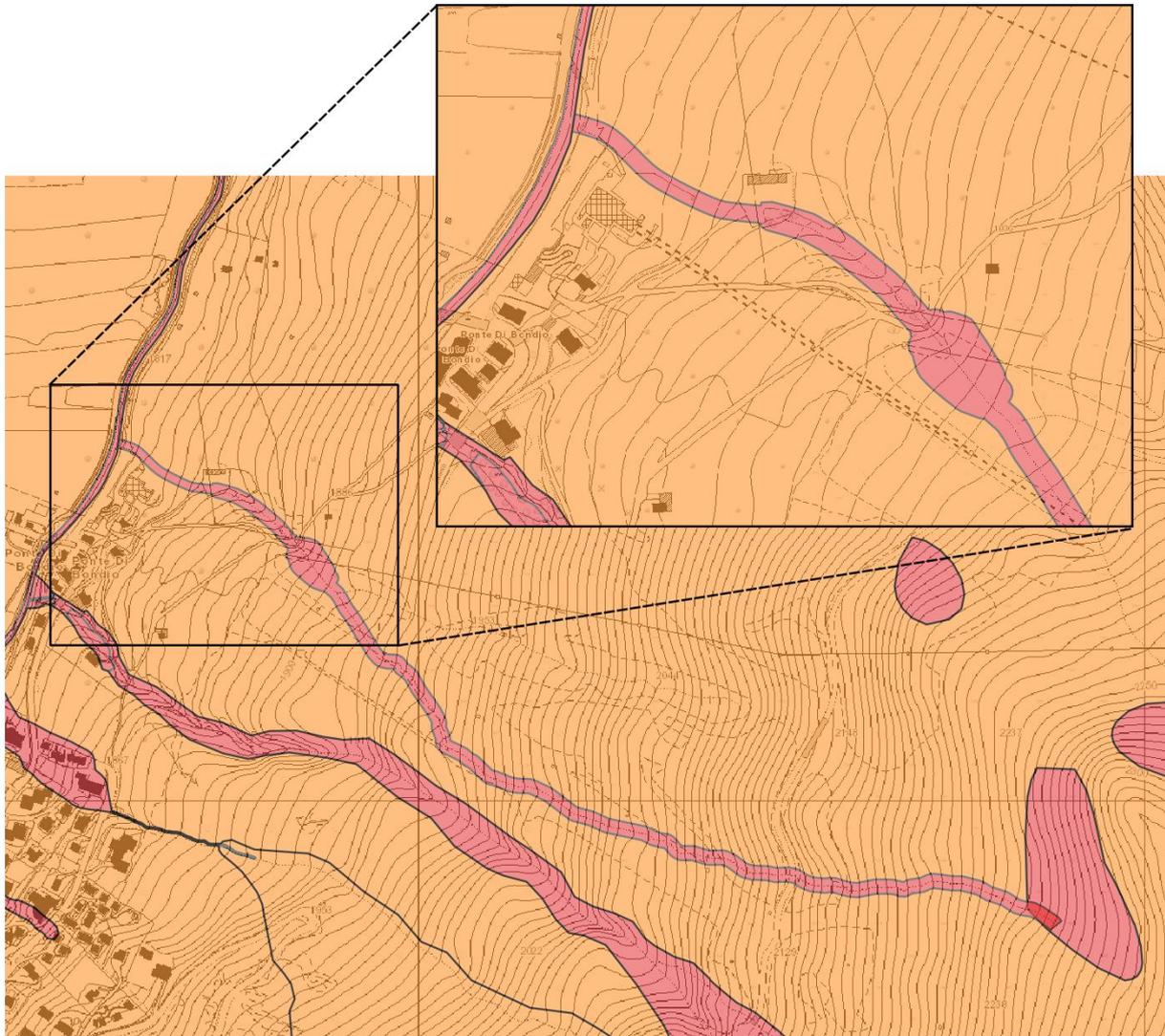


Figura 7.4: Carta di Fattibilità geologica (PGT Livigno) - PROPOSTA DI REVISIONE allo stato di progetto