



Comune di  Commune de
Torgnon

**VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL PRG DEL COMUNE DI
TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA L.R. 11/1998**

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Torgnon



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Via Martiri della Libertà 6
11024 Châtillon (AO)

E-mail: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it

IL TECNICO:

Dott. Geol. Alex Théodule

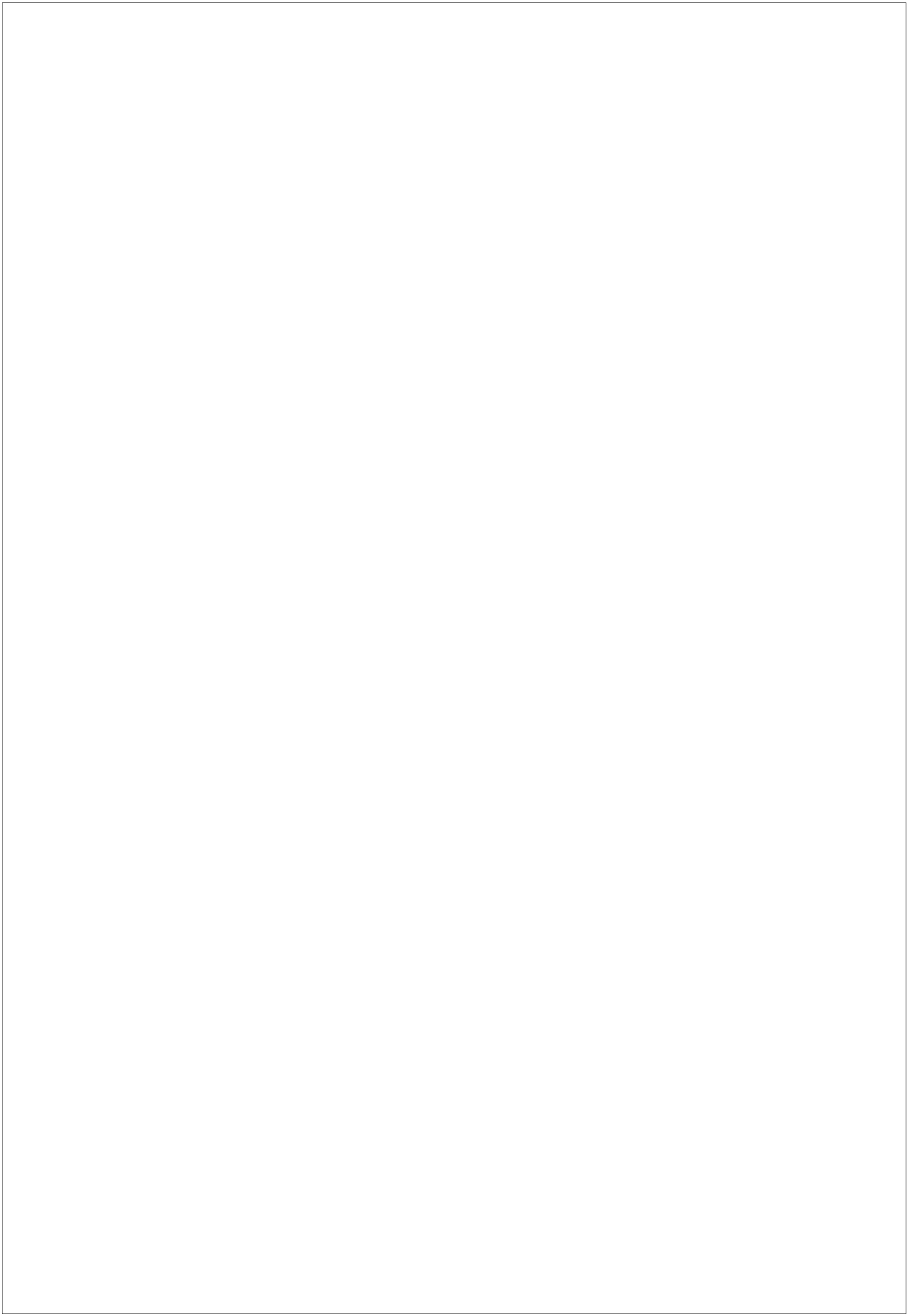


THEODULE ALEX
Ordine dei Geologi
della Valle d'Aosta
Geologo
04.08.2025
13:44:26
GMT+01:00

(Documento firmato digitalmente)

ANALISI DEL RISCHIO DELLA FRAZIONE VERNEY

DATA REVISIONE N°	0	Luglio 2025	Elab.	AR
	1			
	2			
	3			
Nome file				
Redatto: AT	Visto: AT-MV		Approvato: AT-MV	



Sommario

1	Introduzione	4
2	Analisi del rischio ai sensi dell'art. 35/1 della L.R. 11/98 (frane)	5
2.1	Inquadramento geologico e geomorfologico	6
2.2	Analisi dei dati radar satellitari	9
2.3	Conclusioni	12
3	Analisi del rischio ai sensi dell'art. 36 della L.R. 11/98 (inondazioni).....	13
3.1	Il codice Flo-2D	17
3.2	Costruzione del modello Flo-2D per la simulazione idraulica.....	18
3.3	Risultato della modellazione	21
4	Valutazione dell'incremento di rischio in relazione all'incremento di popolazione	25
5	Conclusioni.....	27
	ALLEGATI	28

1 Introduzione

Su incarico e per conto dell'Amministrazione Comunale di Torgnon lo scrivente Dott. Geol. Alex Théodule, titolare della Baltea Studio Geologico Associato, con sede in Châtillon (AO), via Martiri della Libertà n. 6, iscritto all'Ordine dei Geologi della Valle d'Aosta con progressivo n. 58 (c.f. THD LXA 75E20 A326S), ha redatto il presente documento di valutazione del rischio della Fraz. Verney, ed in particolare della sottozona siglata **Bd4***, per la quale è intenzione dell'Amministrazione comunale modificare le norme tecniche di attuazione dell'attuale PRGC permettendo l'introduzione delle destinazioni d'uso turistico-ricettive, di cui all'art. 10, comma 9 della L.R. 11/98, nella suddetta frazione. La frazione è infatti vincolata in fascia F2 ai sensi dell'art. 35 comma 1 della L.R. 11/98 (terreni sedi di frane) e ai sensi dell'art. 36 (terreni a rischio di inondazioni) in fascia A, B e C.

Nel presente studio sono dunque esaminate le attuali condizioni di rischio mediante metodologie basate su standard internazionali a partire dai dati disponibili presso l'Amministrazione Comunale e Regionale e da quelli derivanti dai rilievi di dettaglio dell'area.



Figura 1. Immagine panoramica della sottozona Bd4* - Verney (cerchio rosso)

2 Analisi del rischio ai sensi dell'art. 35/1 della L.R. 11/98 (frane)

Il settore di Verney, ed in particolare la sottozona di PRGC identificata con sigla Bd4* è vincolato ai sensi dell'art. 35 comma1 della L.R. 11/98 (terreni sedi di frane) in fascia a media pericolosità (F2 – giallo).

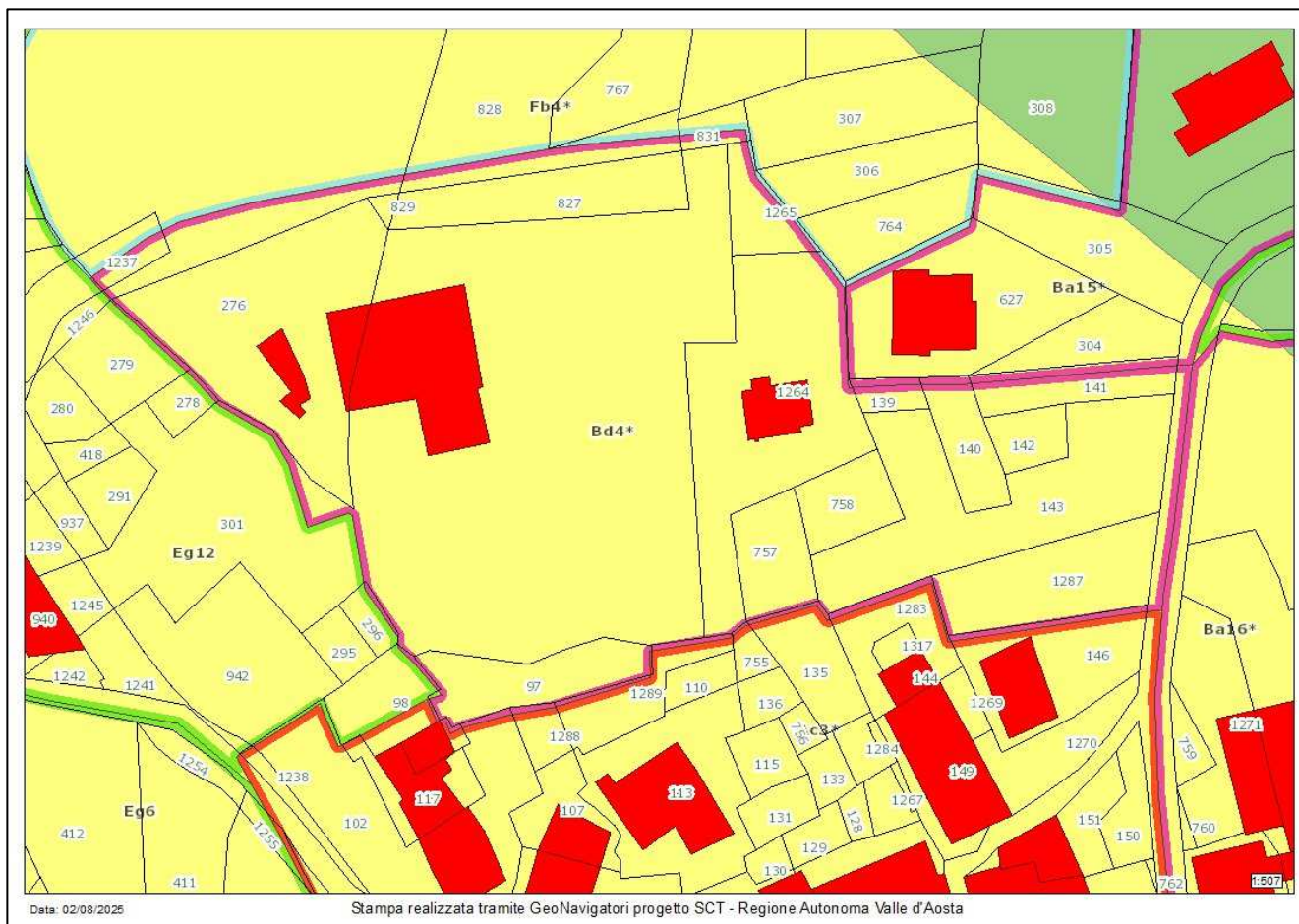


Figura 2. Vincolo di inedificabilità per frana ai sensi dell'art. 35/1 della L.R. 11/98 della sottozona Bd4 - Verney*

Ai fini della valutazione del rischio del settore di studio, oltre ai dettagliati rilievi di terreno, sono stati consultati i seguenti studi disponibili:

- PRGC – Ambiti inedificabili per frana – Relazione generale (Dott. Geol. Riccardo Acuto e Dott. Geol. Michelangelo Di Gioia - Aprile 2002)
- Ambiti inedificabili ai sensi degli artt. 35 e 36 della L.R. 11/98 – Variante e revisione alla relazione tecnica e alla cartografia (Dott. Geol. Roby Vuillermoz – Agosto 2016)
- Banca dati Catasto dissesti della RAVA
- Progetto PS-InSAR – Dati radar satellitari - Geoportale cartografico RAVA

2.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area di intervento è inserita in destra idrografica del Torrente Marmore, ad una quota media di circa 1430 m s.l.m., sui terreni a medio/bassa acclività di genesi glaciale su cui sorge il villaggio di Verney. La morfologia a scala di versante è caratterizzata da una tipica sequenza di terrazzi glaciali a bassa acclività separati da ripide scarpate che scendono verso il fondovalle fino a raggiungere l'ultimo salto di quota, riferibile all'incisione dei depositi glaciali da parte del Torrente Marmore, dove sono ancora ben visibili i materiali fortemente eterogenei e caotici, tipici dei depositi glaciali, costituiti da grossi blocchi immersi in terreni sabbiosi ghiaiosi a matrice da debolmente limosa a limosa. Spesso tali depositi risultano caratterizzati da una cementazione che ne conferisce una struttura massiva in condizioni anidre, determinando apparentemente delle ottime caratteristiche geotecniche ai materiali. Tale cementazione, tuttavia, tende facilmente ad essere dissolta non appena i depositi entrano in contatto con l'acqua con il risultato che la "pseudocoesine" iniziale svanisce con una degenerazione dei parametri meccanici.

Da un punto di vista geologico-strutturale la media Valtournenche, con particolare riferimento alla quota su cui sorge l'abitato di Verney, si inserisce all'interno della Zona Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi, ed in particolare all'interno dell'Unità Inferiori eclogitiche della *Zona di Sermatt-Saas*, costituite da rocce serpentinitiche, anfiboliti, quarziti e marmi. In corrispondenza della frazione non sono presenti affioramenti del substrato roccioso, che si rinvencono invece sporadicamente più a monte, l'ungo l'incisione del T. Verney.

Il reticolo idrografico è rappresentato dal modesto Rivo di Verney, che scorre in incisione naturale a monte del villaggio, per poi esser incanalato nel settore antropizzato.

Da un punto di vista idrogeologico durante il sopralluogo non sono emersi indizi di circolazioni idriche sotterranee anche se la presenza di alcune sorgenti lungo il versante e le caratteristiche di permeabilità dei depositi quaternari permettono di ipotizzare la presenza di locali venute d'acqua alimentate per lo più da infiltrazione d'acqua nei settori di monte, caratterizzate da un regime stagionale con massimi in occasione di precipitazioni piovose e/o durante la stagione primaverile, in concomitanza con la fusione del manto nevoso.

Dall'analisi del Catasto dissesti il settore risulta interessato da un ampio fenomeno di deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) che interessa pressoché l'intero territorio di Torgnon, fino al fondovalle del Torrente Marmore, a partire dalla cresta spartiacque che unisce il Puy di Saint Evance, il Colle di Saint Pantaléon, la Becca d'Aver ed il Mont Meabé, dove sono evidenti i trench di trazione, le contropendenze, gli sdoppiamenti delle creste, ecc, tipici di questa tipologica di fenomeno. La superficie dell'area compresa tra queste dislocazioni ed il fondovalle può essere stimata in circa 7 Km². L'accumulo

ha sicuramente sbarrato la valle, provocando il sovralluvionamento del settore a monte di Antey St. André (fonte: Catasto Dissesti RAVA).

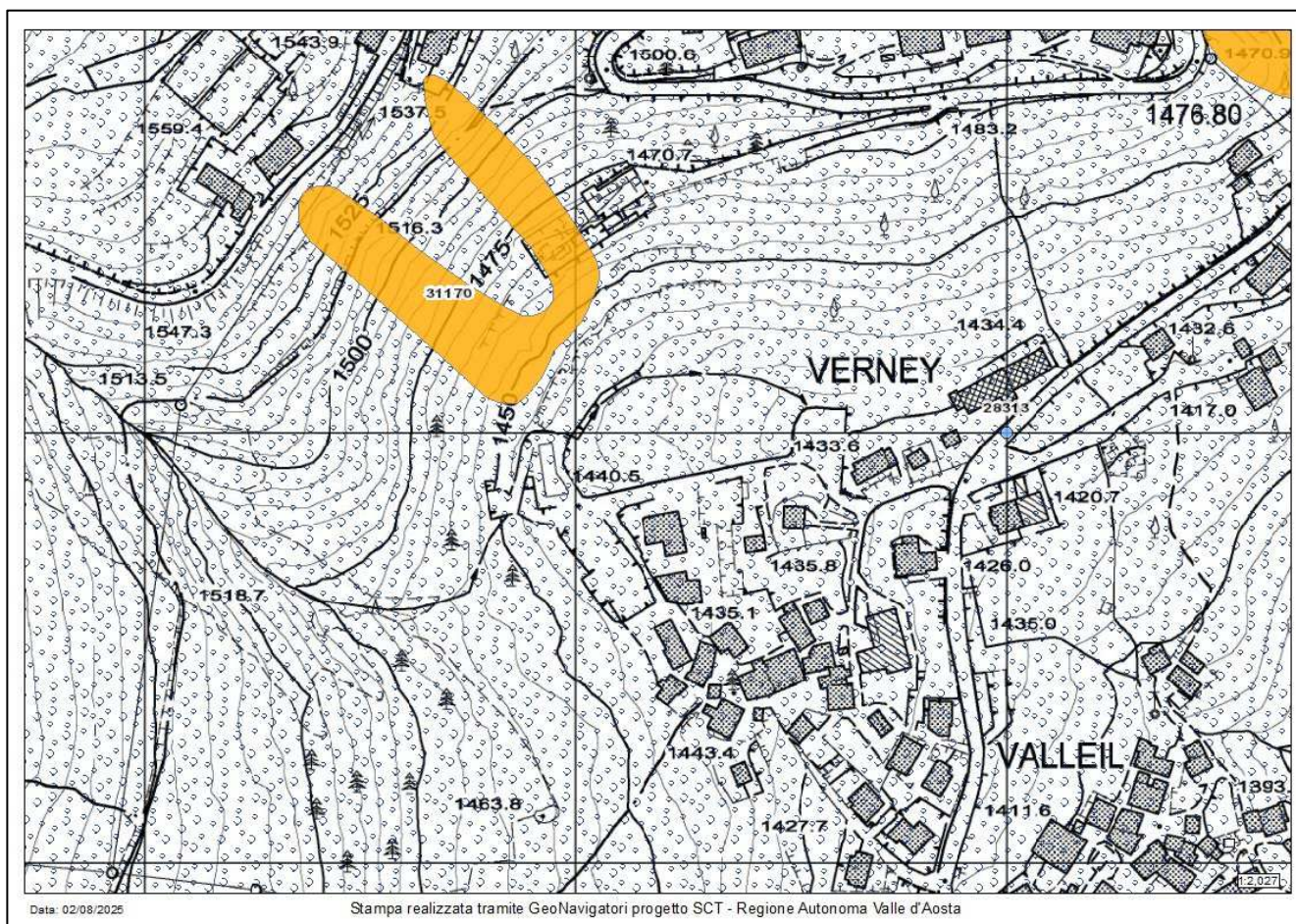


Figura 3. Estratto cartografico del Catasto dissesti della RAVA per il settore di Verney

Région Autonome Vallee d'Aoste Regione Autonoma Valle d'Aosta Département de la protection civile et des sapeurs-pompiers - Chef de la Protection civile Centre fonctionnel régional Dipartimento Protezione Civile e Vigili del fuoco Centro funzionale regionale	
CATASTO DISSESTI REGIONALE SCT	
Codice fenomeno	F-00-00-0000-67-v-Fs-x
Id. fenomeno	31170
Nome fenomeno	Frana di scivolamento in loc. Verney (TORGNON) anno 0000
Sottocategoria	Frana di scivolamento
Data e ora	-
Descrizione	ND
Cause	-
Dim./Morfometria	-
Danni	Danni a: n.d.
Comune	TORGNON
Località	Verney
Bacino princ.,sec.	Dora Baltea, -
Bacino locale	-
Fonte	Ente produttore: Università di Torino Oggetto/Titolo: Metodo: Dato storico/archivio Allegati: -

Oltre al fenomeno gravitativo complesso viene segnalato un locale dissesto (id fenomeno 31170) classificato come frana di scivolamento, per il quale non sono presenti dati specifici di tipo temporale e relativi alle dinamiche. Dal rilievo di terreno non sono stati riscontrati segni di riattivazione del fenomeno.

Figura 4. Scheda del dissesto ID 31170

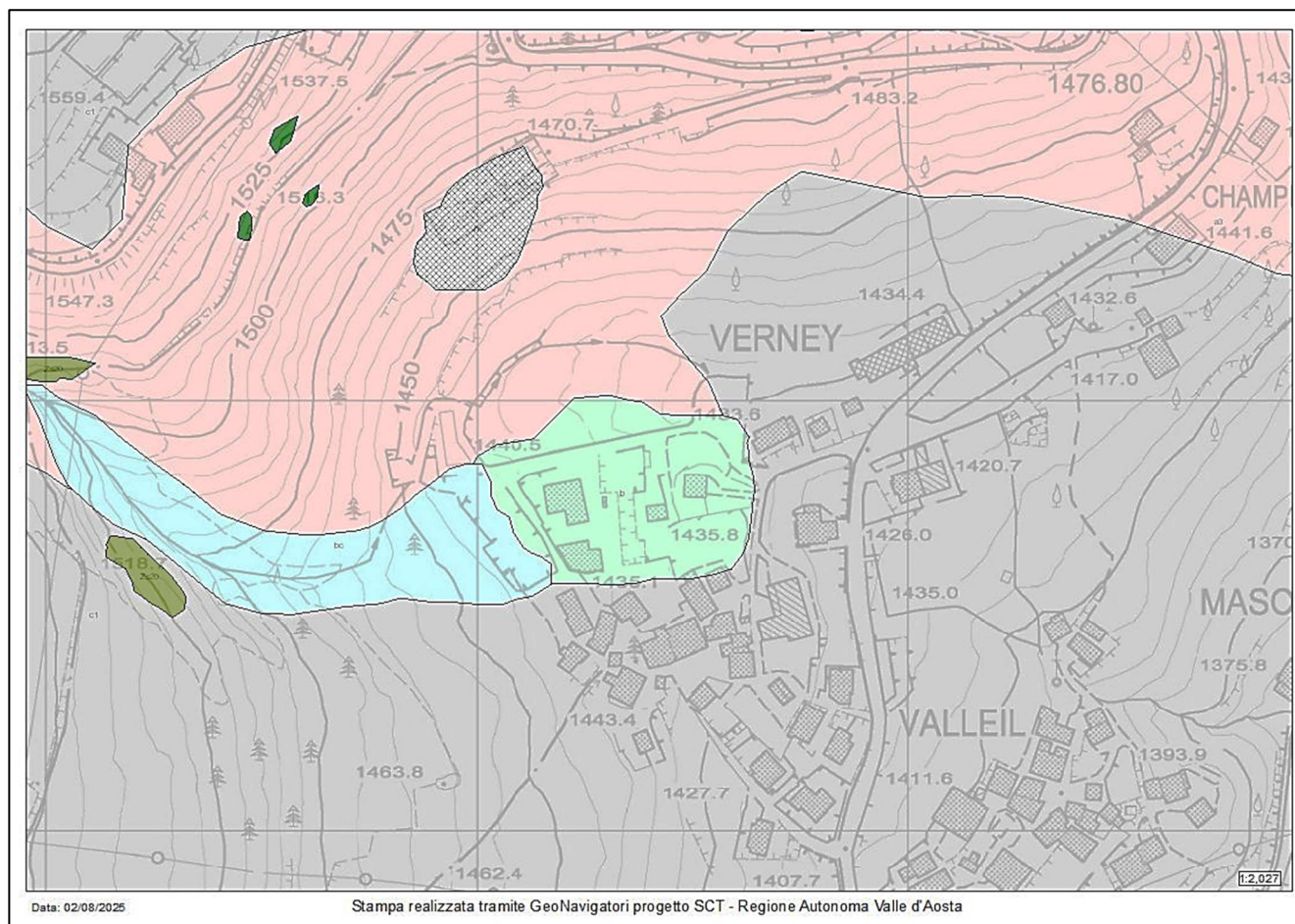


Figura 5. Estratto della carta geologica dell'area di intervento (sopra) e relativa legenda (sotto)

Depositi quaternari	
DEPOSITI QUATERNARI	
	bc - Deposito di conoide alluvionale/ fluvioglaciale Deposito di conoide alluvionale e fluvioglaciale. Ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, a ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana.
	b - Deposito alluvionale e fluvioglaciale Deposito alluvionale e fluvioglaciale. Ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana.
	a3 - Detrito di falda Detrito di falda.
	h - Discarica / riporti antropici Discarica e riporti antropici.
	c1 - Till indifferenziato Till indifferenziato. Ghiaie sabbioso-limose con blocchi, massive, con clasti da subangolosi a subarrotondati.
Substrato pre-quaternario	
ZONA PIEMONTESE	
Unità inferiori eclogitiche: Unità di Zermatt Saas e della Grivola-Urtier	
Zermatt-Saas	
	Zs20 - Serpentiniti antigoritiche Serpentiniti antigoritiche. Serpentiniti antigoritiche a magnetite, spesso con vistosi aggregati di titanclinohumite-olivina-diopside ± tremolite di età alpina e sottili livelli di cloritoscisti, in corpi chilometrici derivati da peridotiti di mantello (B)
	Zs13 - Anfiboliti Anfiboliti albitiche. Anfiboliti in facies scisti verdi, con aggregati di anfiboli calcici-albite, epidoto, clorite e frequenti relitti eclogitici (granato, glaucofane, rutilo, rara omphacite uralizzata), in corpi anche di notevole spessore,

2.2 Analisi dei dati radar satellitari

I dati InSAR interferometrici sono stati utilizzati negli anni in diversi campi di applicazione per la misura e la mappatura degli spostamenti superficiali pregressi, dando la possibilità di identificare settori di territorio instabile o comunque soggetto a movimenti che altrimenti sarebbe impossibile o difficoltoso individuare mediante misurazioni classiche di terreno.

La Regione Autonoma Valle d'Aosta mette a disposizione, attraverso il Geoportale SCT, uno strumento per rendere disponibili e fruibili tali dati radar satellitari. Sfruttando questo potente strumento di seguito viene riportata l'analisi fatta su alcuni settori di intervento, a partire dai dati acquisiti dalla costellazione di satelliti ALOS 2 (Japan Aerospace Exploration Agency) nell'ultimo decennio, per le due geometrie (ascendente e discendente).

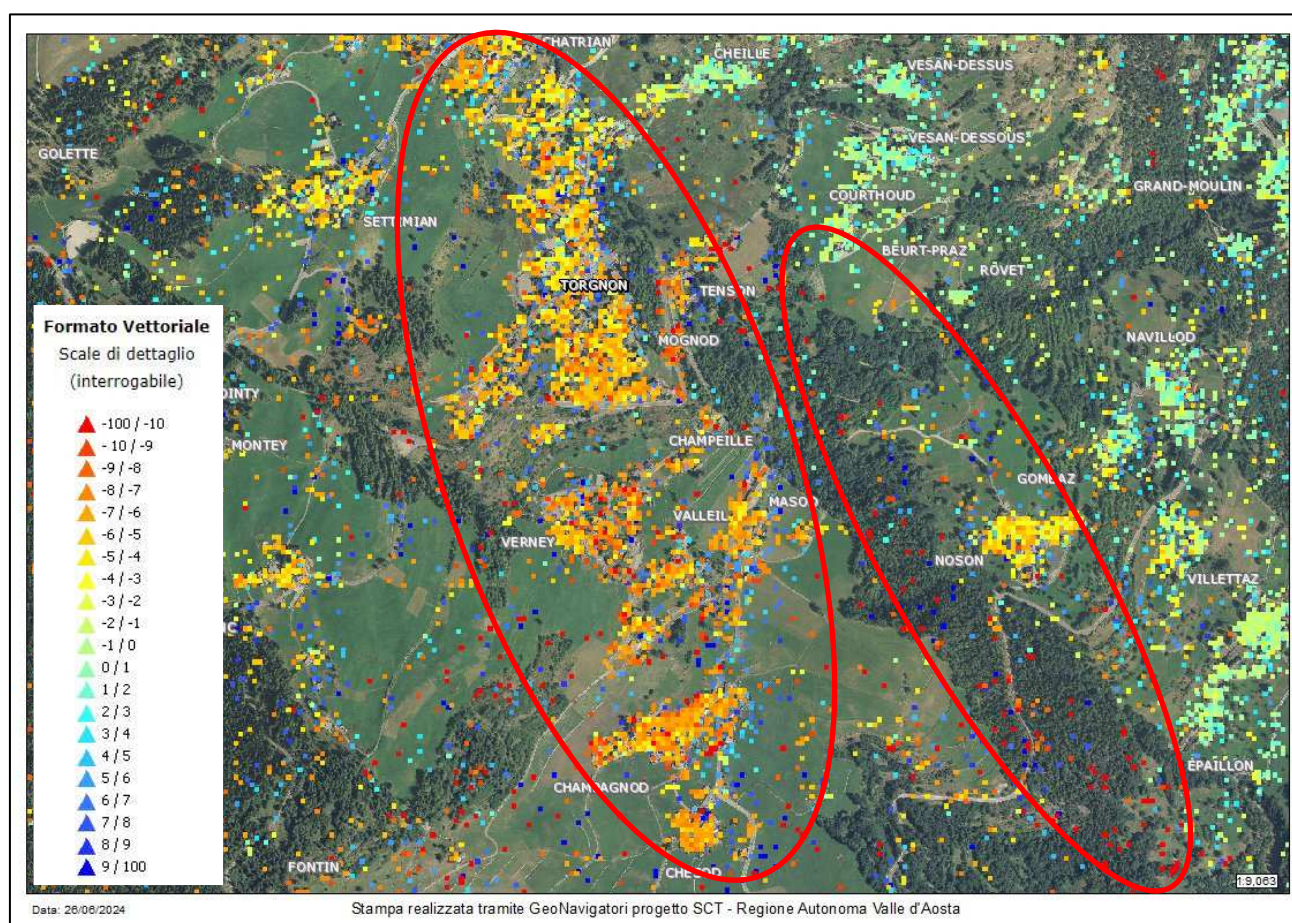


Figura 6. Immagine aerea con riportati i punti PS rilevati da satellite e disponibili per il settore di studio. Cerchiati in rosso vengono mostrati i settori che presentano maggiori velocità di spostamento rispetto ai settori circostanti

I satelliti radar permettono di misurare spostamenti superficiali del terreno con precisione millimetrica seppur con alcune limitazioni dovute al “rumore”, ovvero a interferenze atmosferiche, ecc. e alla visibilità del punto di misura, ovvero alla sua esposizione se si tratta di ambiti montani.

Per poter valutare la tipologia e l'entità dello spostamento in zone montane sarebbe bene disporre dei dati di entrambe le orbite (discendente e ascendente). L'entità dello spostamento nell'unità di tempo è indice di movimenti più o meno rapidi.

I punti di misura sono classificati secondo la velocità media annua di deformazione (espressa in mm/anno) secondo la seguente rappresentazione cromatica:

- il colore verde corrisponde a quei punti la cui velocità di deformazione è molto bassa, compresa tra -2,0 e +2,0 mm/anno, ovvero all'interno dell'intervallo di sensibilità della tecnica interferometrica e definito sulla base della deviazione standard dei dati utilizzati;
- con i colori da giallo a rosso sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione negativa, che corrisponde a movimenti in allontanamento dal satellite lungo la linea di vista sensore-bersaglio;
- con i colori da azzurro al viola sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione positiva, che corrisponde a movimenti in avvicinamento al satellite lungo la linea di vista sensore bersaglio.

Nel caso specifico, osservando l'immagine sopra riportata, lungo il lineamento Mongnod-Verney-Champagnod-Chesod per la geometria ascendente si riscontrano punti con una gradazione di colore che va dall'arancio al rosso, ovvero il settore risulta avere elevate velocità di deformazione. Allo stesso modo per la geometria discendente si riscontrano colori che vanno dal blu al blu scuro.

Questa tipica configurazione con punti aventi segno opposto per le due differenti orbite sono legate generalmente a movimenti di versante, in accordo con le informazioni a disposizione e riportate nella carta geologica e nel Catasto dei dissesti relative alla DGPV descritta precedentemente.

Un'analisi più dettagliata del settore di Verney eseguita su 10 punti di misura per ognuna delle geometrie orbitali dalla costellazione di satelliti Sentinel-1 dell'ESA tra il 2022 e il 2025, tramite la tecnica multi-interferogramma SqueeSAR, mostra velocità di spostamento relativamente basse per il settore specifico.

L'analisi dei n. 10 punti PS con geometria discendente nel periodo tra aprile 2022 e gennaio 2025 mostra velocità medie di spostamento in avvicinamento ai satelliti dell'ordine di 2.5/3.0 mm/anno. Analogamente i 10 punti analizzati per la geometria ascendente nel medesimo periodo mostrano spostamenti in allontanamento ai satelliti con velocità media di circa -4.0 mm/anno (cfr. immagine a pagina seguente).

Tali dati indicano un lentissimo movimento del versante che tuttavia non ha ripercussione alcuna in termini di vulnerabilità per la vita umana. Per quanto riguarda le strutture il fenomeno gravitativo potrebbe nel tempo generare lesioni e/o cedimenti strutturali, se non realizzate con cognizione di causa.

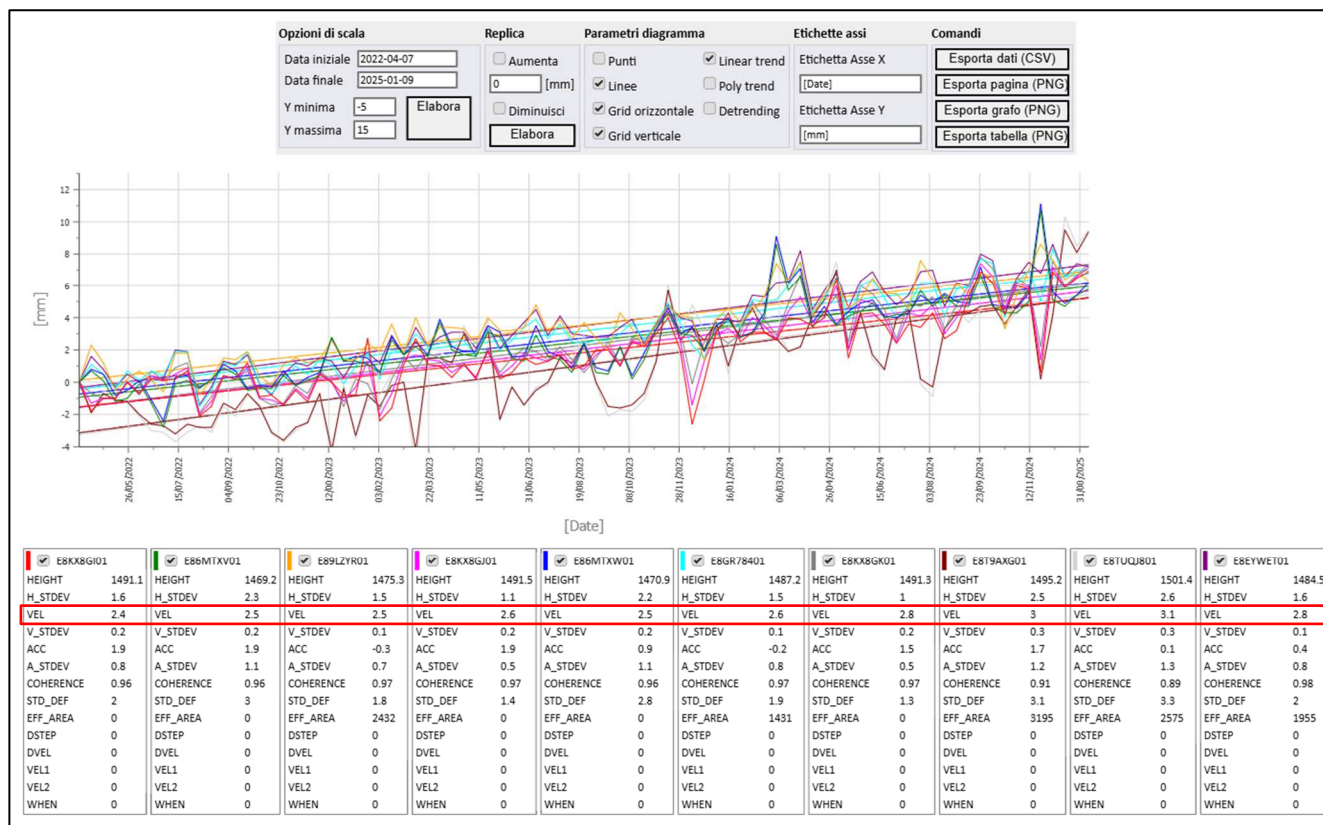


Figura 7. Analisi delle velocità di spostamento dei singoli punti misurati dal satellite con orbita discendente (sopra) e ascendente (sotto)

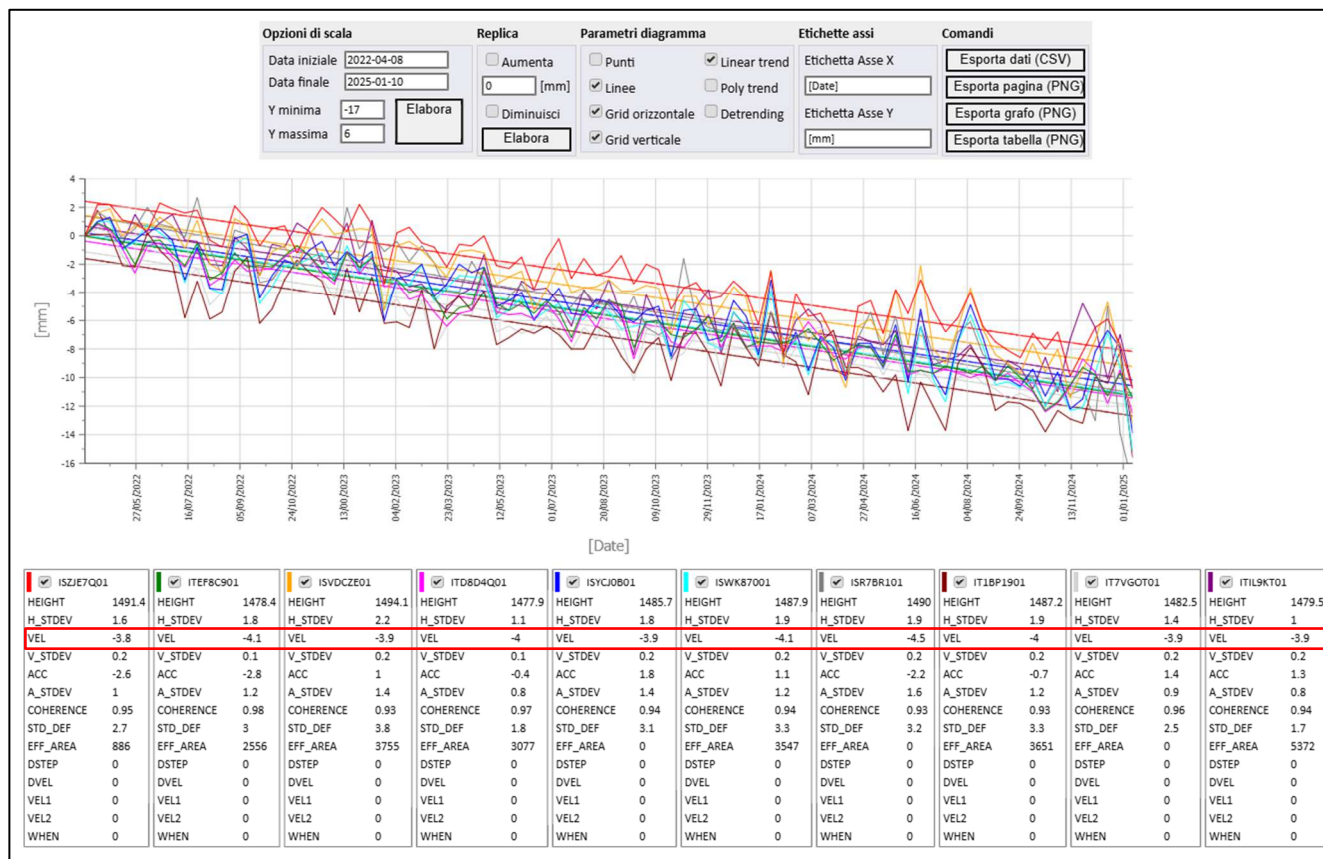




Figura 8. Immagine aerea con riportati i punti PS rilevati dai satelliti Sentinel-1° dal 2019 per il settore di studio

2.3 Conclusioni

Da un punto di vista delle dinamiche franose il settore di Verney risulta interessato da un fenomeno gravitativo complesso denominato DGPV di Torgnon, con estensione a scala di versante.

L'analisi dei dati radar satellitari mostra velocità di spostamento locali di scarsa entità (pochi mm/anno); il fenomeno franoso non ha carattere repentino, pertanto, risulta essere caratterizzato una bassissima vulnerabilità in termini di salvaguardia della vita umana. **Dal punto di vista del rischio questo può essere considerato basso in relazione alle dinamiche e alle velocità di movimento del fenomeno franoso.**

Per quanto riguarda l'edificato il fenomeno gravitativo profondo di versante potrebbe nel tempo generare lesioni ai fabbricati e manufatti dovuti ai movimenti differenziali dei terreni di fondazione, se non sono stati adottati opportuni accorgimenti strutturali (es. fondazioni sufficientemente rigide). Anche in questo caso i danni strutturali si manifesterebbero in tempi dilatati e tali da non compromettere nell'immediato l'agibilità dei fabbricati, ovvero l'incolumità degli occupanti.

3 Analisi del rischio ai sensi dell'art. 36 della L.R. 11/98 (inondazioni)

Il settore di Verney, ed in particolare la sottozona di PRGC identificata con sigla Bd4* è vincolato ai sensi dell'art. 36 della L.R. 11/98 (terreni a rischio di inondazione) Parzialmente in fascia A, B e C.

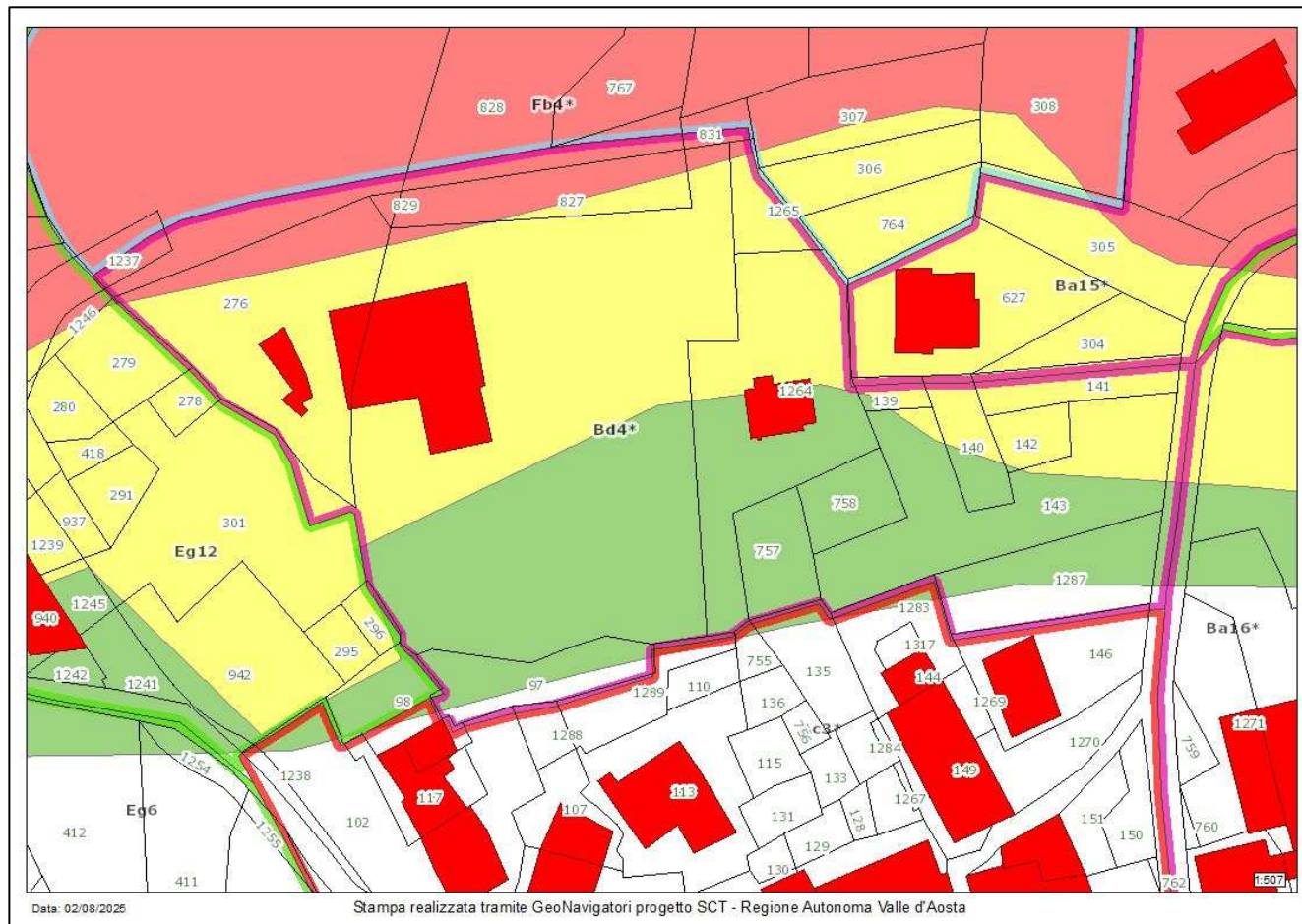


Figura 9. Vincolo di inedificabilità per inondazione ai sensi dell'art. 36 della L.R. 11/98 della sottozona Bd4* - Verney

La porzione della sottozona attualmente edificata ricade all'interno della fascia B (giallo) e C (verde), mentre la fascia ad elevato rischio ricopre la porzione della strada di accesso e aree verdi.

Ai fini della valutazione del rischio del settore di studio, oltre ai dettagliati rilievi di terreno, sono stati consultati i seguenti studi disponibili:

- PRGC – Ambiti inedificabili per frana – Relazione generale (Dott. Geol. Riccardo Acuto e Dott. Geol. Michelangelo Di Gioia - Aprile 2002)
- Ambiti inedificabili ai sensi degli artt. 35 e 36 della L.R. 11/98 – Variante e revisione alla relazione tecnica e alla cartografia (Dott. Geol. Roby Vuillermoz – Agosto 2016)
- Banca dati Catasto dissesti della RAVA

Per ottenere un quadro di dettaglio delle aree potenzialmente coinvolte da eventuali flussi d'acqua e

valutare i relativi tiranti idrici e le velocità di flusso della corrente si è proceduto ad una specifica modellazione numerica mediante codice di calcolo Flo2D (O'Brien et al., 1993) a partire dai dati pluviometrici e le relative portate al como per i tempi di ritorno 20, 100 e 200 anni utilizzati per la redazione delle cartografie di pericolosità ai sensi dell'art. 36 della L.R. 11/98 attualmente vigenti. Il software, oltre a permettere la modellazione delle portate solide e liquide, è implementato con uno specifico applicativo che permette di eseguire l'analisi del rischio mediante alcuni dei principali modelli di calcolo utilizzati e riconosciuti a scala internazionali.

L'attuale perimetrazione degli ambiti inedificabili per inondazione, curata dal collega Roby Vuillermoz, è basata su specifiche verifiche idrauliche eseguite puntualmente su delle sezioni rappresentative lungo l'alveo naturale ed i canali artificiali che costituiscono il Rivo Verney, ottenendo un sufficiente dettaglio per le finalità delle cartografie di pericolosità per inondazione. L'analisi del rischio sito specifica richiesta nel presente studio, tuttavia, necessita di ampliare le conoscenze delle dinamiche idrauliche per ottenere un controllo dettagliato delle linee di deflusso dell'acqua fuoriuscita dal canale, con l'obiettivo di ottenere un maggior dettaglio relativamente alle altezze idriche (tiranti) e delle velocità della corrente libera di deflusso dell'acqua esternamente al canale principale, ed in particolare nell'area edificata della sottozona Bd4*.

Attraverso il software Flo2D l'analisi dell'onda di piena viene eseguita in continuo a partire dalla morfologia ricavata dal DTM, e dove necessario, integrata con specifici rilievi di terreno. Il modello, garantendo la conservazione dei volumi, è in grado di modellare dettagliatamente le dinamiche idrauliche anche al di fuori dell'alveo e dei canali artificiali. Nel caso specifico il modello digitale del terreno utilizzato non era sufficientemente dettagliato per evidenziare il piccolo canale artificiale che si sviluppa attorno al villaggio di Verney, che tuttavia svolge una funzione fondamentale al deflusso dell'ondata di piena. È stato pertanto necessario integrare il modello mediante il rilievo di dettaglio del canale per ottenere un quadro più realistico possibile delle dinamiche idrauliche in questo specifico settore.

Nella relazione tecnica degli ambiti inedificabili (agosto 2016) viene **esclusa la possibilità che il bacino sviluppi fenomeni di colata detritica**, fenomeni che pertanto non sono stati presi in considerazione nel presente studio: *«L'analisi storica dei dissesti ha evidenziato come il bacino non sia soggetto a fenomeni di colata detritica: lo stesso è caratterizzato infatti dalla presenza di numerosi terrazzi che interrompono l'azione erosiva delle acque e dell'assenza di materiale mobilizzabile anche in considerazione delle importanti ed estese opere di regimazione eseguite sui principali canali affluenti. L'importante pianoro di Plan ProzRion divide nettamente la parte alta del bacino dal tratto finale, svolgendo un'azione di laminazione e di deposito del materiale preso in carico».*



Figura 10. Settore di canale regolarizzato a monte della frazione Verney che si raccorda con l'alveo naturale



Figura 11. Zona di espansione prima della confluenza nel canale regolarizzato che bypassa il villaggio



Figura 12. Tratto di canale regolarizzato a monte di Verney



Figura 13. Canale regolarizzato che attraversa l'area verde/parco giochi di Verney

3.1 Il codice Flo-2D

Il programma di modellazione bidimensionale FLO-2D presenta le seguenti caratteristiche principali:

- ✓ è un modello fisicamente basato;
- ✓ conserva i volumi e ne fornisce un report;
- ✓ è in grado di effettuare sia la modellazione idrologica che quella idraulica;
- ✓ consente la propagazione dell'intero idrogramma di piena;
- ✓ variando l'intervallo temporale permette di minimizzare i tempi computazionali.

Il software contiene una componente idrologica e la possibilità di effettuare una modellazione ibrida 1D nel canale e 2D nelle golene sia per le portate liquide che per quelle solide. Il modello è basato sul principio di conservazione del volume e simula i deflussi superficiali non-confinati utilizzando dei dati topografici estrapolati da un modello digitale del terreno, che nel caso specifico, si riferisce al DTM passo 2 m della RAVA. L'output della simulazione fornisce informazioni quali la profondità massima del flusso e le velocità massime raggiunte, le variabili temporanee (tiranti), l'energia specifica, i dati di

pressione dell'onda di piena (sia statica che dinamica). Evidenzia infine le vie di deflusso che possono essere visualizzate graficamente fornendo così un immediato e facile strumento di valutazione anche per gli utenti meno esperti.

Il software è inoltre dotato di un applicativo capace di generare le mappature del rischio basate su alcuni dei principali metodi scientifici utilizzati e riconosciuti a livello internazionale.

Le ipotesi e le limitazioni di base del programma riguardano principalmente la risoluzione spaziale e temporale della griglia di calcolo:

- ✓ ad ogni cella viene associata univocamente un valore di elevazione, un valore di coefficiente di scabrezza di Manning e un valore di tirante idrico;
- ✓ condizioni di moto uniforme per la durata del passo temporale.

L'uso del programma prevede in successione l'uso dei seguenti componenti:

1. Creazione della griglia di calcolo sufficientemente fitta da ottenere risultati ottimali dalla modellazione. Nel caso specifico, dovendo analizzare nel dettaglio un settore piuttosto ristretto di territorio, si è adottata una griglia di piccole dimensioni con maglia 2x2 m.
2. Generazione e modifica dei dati di input/output (tra cui dati di inflow, outflow, strade, levee, edifici, parametri di controllo e di stabilità della simulazione). Tale modulo permette di importare dati precedentemente definiti mediante GIS, come ad esempio gli shapes files contenenti i coefficienti di manning, l'area del bacino di studio, il modello digitale del terreno, ecc.
3. Esecuzione del codice di calcolo idraulico Flo-2D.
4. Lancio del modulo di post-processamento (strumento di mappatura dei risultati per la creazione di grafici, animazioni, etc.), per l'analisi dei risultati in ambiente GIS.

3.2 Costruzione del modello Flo-2D per la simulazione idraulica

La preparazione dei dati di ingresso per le modellazioni bidimensionali è stata condotta nel modo seguente:

1. Preparazione e importazione del DTM.
2. Scelta della dimensione delle celle costituenti la griglia di calcolo (2 m)
3. Perimetrazione dominio di calcolo da shape file precedentemente costruito in GIS.
4. Definizione scabrezze (coefficienti di Manning) delle superfici del modello di calcolo da shape file precedentemente costruito in GIS.
5. Inserimento di elementi di dettaglio non rilevabili dal DTM (canale artificiale che bypassa il villaggio di Verney).

6. Inserimento di elementi di “disturbo” (Fattori di Riduzione dell’Area – ARF) quali ad esempio la presenza di fabbricati e altri manufatti riportati sulle planimetri catastali del Comune di Torgnon.
7. Assegnazione dei nodi di ingresso (inflow node) della potata di piena e inserimento dei relativi idrogrammi.
8. Assegnazione dei nodi di uscita (outflow node).
9. Assegnazione dei parametri di calcolo per la modellazione idraulica.
10. Esecuzione del codice di calcolo.
11. Esportazione ed integrazione dei risultati in GIS per l’analisi finale dei risultati.

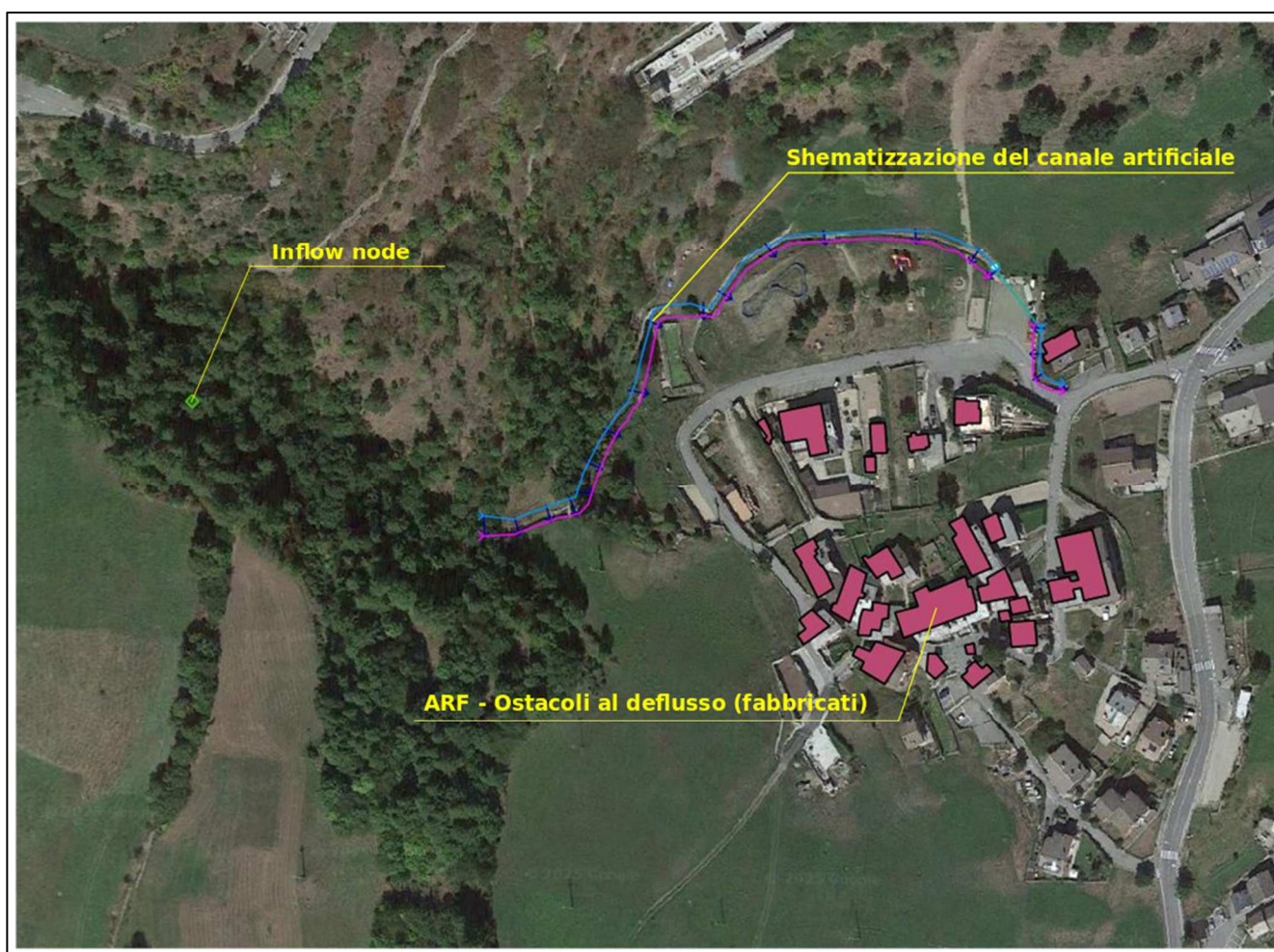


Figura 14. Schematizzazione del modello di preparazione per la simulazione Flo2D

Dopo aver preparato il modello di elevazione del terreno (DTM), il primo problema relativo ad una modellazione bidimensionale consiste nella definizione e discretizzazione del dominio di integrazione, è necessario cioè definire la griglia computazionale su cui sarà implementata l'integrazione delle equazioni differenziali del modello matematico. Definire la griglia significa determinare le dimensioni delle celle che la costituiscono e la loro relativa quota.

Il criterio suggerito dai creatori del software per la corretta scelta della dimensione della cella è $Q_{\text{picco}} / A_c < 0.3 \text{ m}^3/\text{s} * \text{m}^2$, con Q_{picco} = portata massima in arrivo ad una cella e A_c = superficie della singola cella. In sostanza la cella della griglia di calcolo risulta tanto più grande quanto più elevata è la portata di piena.

Nel caso specifico viste le limitate dimensioni del bacino si è scelto di adottare una dimensione di cella di 2 metri di lato, capace di rappresentare al meglio le piccole portate, avendo di conseguenza un'ottima accuratezza anche per le portate maggiori.

La scabrezza delle superfici utilizzata per la modellazione e rappresentata dal coefficiente di Manning (Chow V.T., 1959) è sintetizzata nella tabella seguente:

Tabella 1. Coefficiente di Manning utilizzati per la modellazione (Chow V.T., 1959)

Descrizione	n Manning
Aree boscate	0.045
Terreni prativi	0.035
Aree urbanizzate	0.030
Strade asfaltate	0.010

Al fine di mantenere quanto più possibile una coerenza con lo studio per la perimetrazione degli ambiti inedificabili vigenti del Comune di Torgnon, gli idrogrammi di ingresso (inflow node) per la modellazione idraulica sono stati estrapolati proprio dalla relazione tecnica degli ambiti inedificabili curati dal Dott. Geol. Roby Vuillermoz (agosto 2016), ed in particolare sono state assunte le seguenti portate di progetto implementate della componente di trasporto solido, riferite a tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni:

Tabella 2. Portate al colmo riferite ai diversi tempi di ritorno

Tempo di ritorno	Q max liq.	Q liq+sol
20	2.7 m ³ /s	3.6 m³/s
100	8.6 m ³ /s	11.47 m³/s
200	12.5 m ³ /s	16.67 m³/s

Tali portate derivano da un evento pluviometrico intenso con durata 15 minuti, preceduto cautelativamente da una pioggia meno intensa di durata 12 h al fine di massimizzare la risposta del bacino in termini di volume di deflusso e portata massima. Il picco dell'evento intenso è stato inserito nell'ultimo quarto (75%) della durata complessiva della pioggia. Gli idrogrammi di piena (inflow node) per la simulazione numerica sono stati posizionati alla quota di 1500 m s.l.m. circa, in centro all'alveo naturale del Torrente Verney.

3.3 Risultato della modellazione

I risultati grafici della modellazione idraulica sono contenuti nelle seguenti tavole allegate, che sono parte integrante della presente relazione:

1. Tav_1 - Tiranti_Tr20
2. Tav_2 - Tiranti_Tr100
3. Tav_3 - Tiranti_Tr200
4. Tav_4 - Velocità_Tr20
5. Tav_5 - Velocità_Tr100
6. Tav_6 - Velocità_Tr200
7. Tav_7 - Rischio_Tr20
8. Tav_8 - Rischio_Tr100
9. Tav_9 - Rischio_Tr200

Le tavole 1, 2 e 3 si riferiscono ai battenti idrici relativi alle diverse piene di riferimento con TR 20, 100 e 200 anni. Le tavole 4, 5 e 6 riportano le velocità della corrente dell'acqua per gli analoghi tempi di ritorno.

A partire dai risultati della simulazione idraulica il software Flo2D è in grado di eseguire l'analisi del rischio attraverso i principali modelli messi a punto da diversi stati e riconosciuti internazionalmente:

1. Metodo austriaco (Fiebiger et al. 1997)
2. Metodo svizzero (OFEE et al. 1997)
3. Metodo USBR (Downstream Hazard Classification Guidelines 1988)

Tutti questi metodi si basano sull'analisi della combinazione tra i battenti idrici e la velocità del flusso:

- il metodo austriaco (Fiebiger et al. 1997) utilizza l'energia totale definita dall'equazione:

$$h + V^2/2g$$

dove h è la profondità del flusso, V è la velocità e g è l'accelerazione di gravità.

- Il metodo svizzero (OFEE et al. 1997) definisce l'intensità in termini di una combinazione della profondità del flusso h e del prodotto di h e v .
- Il metodo dell'USBR (United States Bureau Reclamation) segue i criteri descritti nelle Downstream Hazard Classification Guidelines (1988).

Nel presente studio si è utilizzato quest'ultimo metodo che consente di valutare il rischio di inondazione in differenti contesti quali:

1. Edifici residenziali

2. Case mobili

3. Veicoli

4. Adulti

5. Bambini

Nel caso specifico, trattandosi di uno studio per valutare il rischio derivante dalla possibilità di modificare la destinazione d'uso degli edifici esistenti, si è utilizzata l'analisi rischio nel contesto degli edifici. L'analisi definisce il rischio in base ad una matrice che identifica 3 "zone" specifiche attraverso una relazione tra altezza del flusso e velocità dell'acqua:

1. **Zona ad alto rischio:** gli occupanti della maggior parte degli edifici sono seriamente in pericolo.
2. **Zona di valutazione:** il grado di rischio deve essere basato su specifiche valutazioni di tipo ingegneristico.
3. **Zona a basso rischio:** gli occupanti della maggior parte delle case non sono in pericolo.

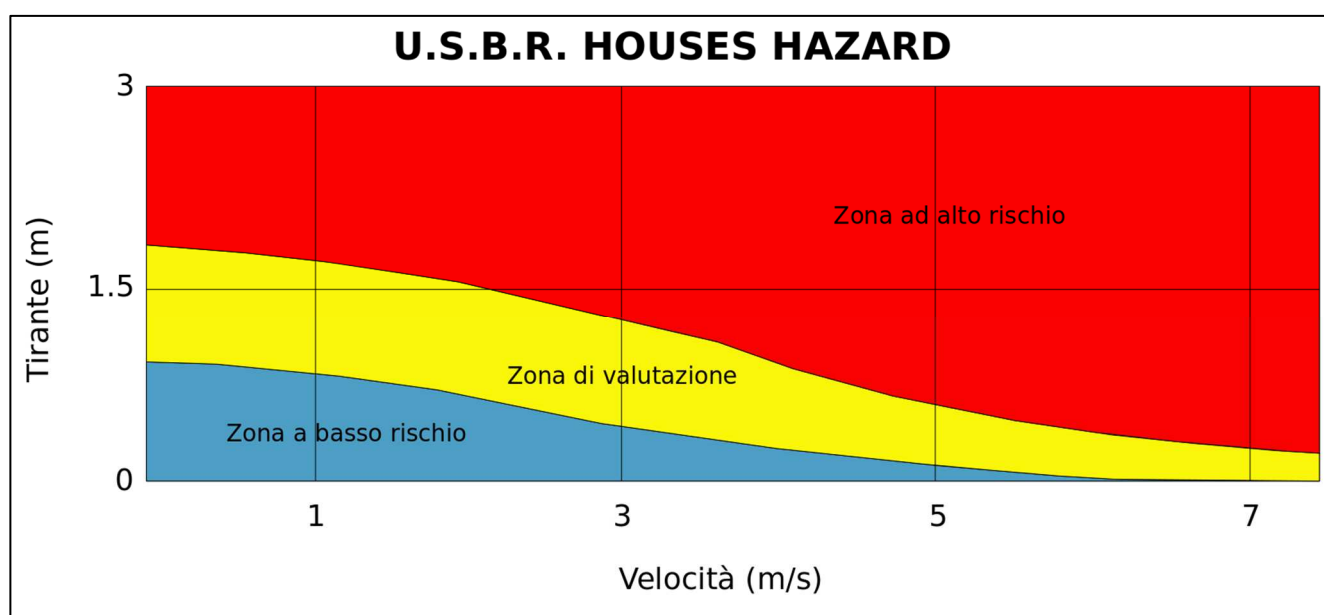


Figura 15. Grafico del rischio per gli edifici in funzione del tirante idrico e della velocità della corrente

Il rischio è calcolato per tutti i residenti delle abitazioni dotate di struttura murarie, fondazioni in terra e collegate ai sottoservizi (sono escluse le case mobili). L'analisi include anche la possibile presenza di occupanti lavoratori su base giornaliera (settimanale), che nel caso specifico potrebbero essere assimilati agli occupanti di case vacanze su base giornaliera/settimanale.

Il rischio per le persone è considerato basso (quindi accettabile) solo se il fabbricato ricade nella zona a basso rischio, negli altri casi il rischio è considerato non accettabile, fatti salvi gli edifici ricadenti nella zona di valutazione, ma solo se supportati da una specifica e puntuale valutazione

ingegneristica che, in base alle caratteristiche costruttive/strutturali del fabbricato, garantisca l'incolumità dei suoi occupanti.

In conclusione, la modellazione restituisce delle mappe di rischio con la seguente classificazione:

- **Rischio da inondazione per piene con tempo di ritorno 20 anni:** tutto l'edificato esistente (attualmente accatastato come fabbricato) rientra nella **zona a basso rischio**.
- **Rischio da inondazione per piene con tempo di ritorno 100 anni:** tutto l'edificato esistente (attualmente accatastato come fabbricato) rientra nella **zona a basso rischio**
- **Rischio da inondazione per piene con tempo di ritorno 200 anni:** alcuni fabbricati lambiscono la **zona di valutazione**, con tuttavia il proprio sedime entro la zona a basso rischio.

In un contesto più generale **l'intera frazione di Verney può essere considerata a basso rischio** rispetto alla classificazione dell'USBR (United States Bureau Reclamation) relativamente alla categoria degli edifici residenziali.

È da evidenziare un unico settore che risulta esposto alla zona ad elevato rischio per la piena duecentennale (ed in zona di valutazione per la piena ventennale e duecentennale) corrispondente al mappale n. 139 del foglio n. 27. Da una verifica in loco tale ambito risulta infatti posto al termine di una rampa carrabile posta a quota inferiore rispetto ai terreni circostanti e delimitata da murature in pietrame e malta che impediscono il deflusso dell'acqua verso valle (cfr. immagine seguente).

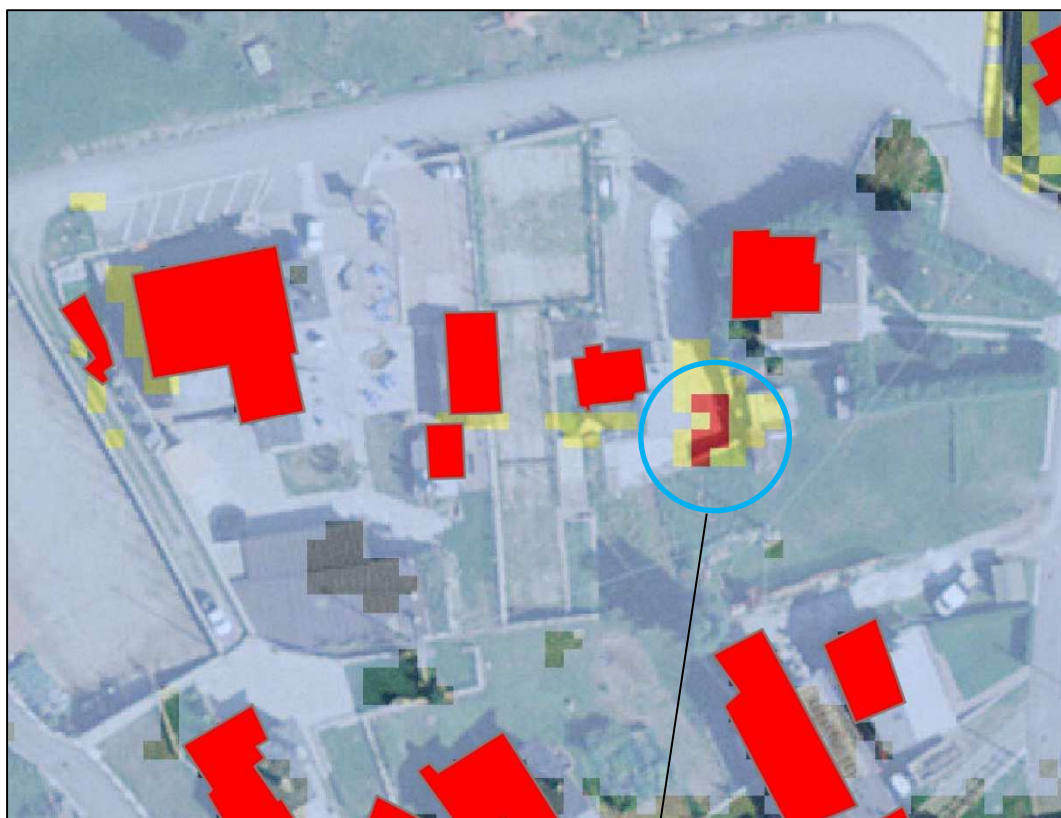


Figura 16. Particolare del settore posto nella zona ad alto rischio (sopra) e riscontro fotografico in sito (sotto)



4 Valutazione dell'incremento di rischio in relazione all'incremento di popolazione

Il servizio tecnico del Comune ha fornito i seguenti dati relativi agli abitanti/posti letto ed al potenziale incremento per la sottozona Bd4* - Verney:

Bd4* Verney			
Autorimesse	1	25	0
Esercizi commerciali	2	340	0
Magazzini e locali di	5	127	0
Residenza principale	3	133	7
Ricettiva extralberghiera (4)	1	199	10
Totale sottozona	12	824	17

Figura 17. Situazione attuale

- n° posti letto attuali: 17
- n° posti letto in previsione: 17

Applicando ai dati sopra riportati un coeff. di 0.428, che deriva dalla proporzione fra previsione e previsione decennale per l'intero comune, si ottiene una previsione decennale di aumento della popolazione di n° 7 unità, per un totale di popolazione prevista di n. 41 unità:

	Attuale	Previsione	Previsione decennale
Zona Bd4*	17	17	7
Totale	17	34	41

La valutazione del rischio contenuta nel presente studio si riferisce alla sicurezza dei fabbricati, ovvero all'incolumità degli occupanti. Il risultato dell'analisi, pur presentando un grado di basso rischio dei fabbricati, non tiene conto della presenza di persone esterne agli edifici.

In previsione di un aumento della popolazione residente e non residente nell'area di Verney si ritiene necessario, in via cautelativa, non trascurare la possibilità che, oltre alle persone alloggiate all'interno dei fabbricati, possano essere presenti contemporaneamente persone anche nelle aree aperte le quali non beneficerebbero del medesimo grado di basso rischio degli occupanti gli edifici.

L'incremento delle capacità insediativa dovrebbe quindi essere accompagnato da un piano di gestione delle emergenze che comprenda almeno i seguenti elementi.

- Piano di informazione alla popolazione sia residente che temporanea sui possibili rischi e sull'eventualità di isolamento temporaneo della zona.

- Formulazione di procedure da attivare in caso di previsione di eventi meteorologici intensi, come ad esempio l'allertamento della popolazione residente con raccomandazione di rimanere all'interno delle abitazioni.
- Formulazione di procedure per una rapida evacuazione delle persone non residenti.
- Disporre di un quadro il più possibile esaustivo della popolazione presente, sia residente che temporanea
 - Popolazione residente e relativi recapiti
 - Popolazione non residente presente e relativi recapiti
 - Esigenze particolari a livello sanitario/assistenziale/veterinario

5 Conclusioni

Il presente studio ha permesso di valutare le condizioni di rischio della sottozona Bd4*- Verney, con particolare riferimento al rischio delle persone all'interno dei fabbricati.

L'analisi ha evidenziato una **generale condizione di basso rischio** per i fabbricati e per i suoi occupanti.

In previsione di un graduale aumento della popolazione residente e non residente nell'area si ritiene tuttavia necessario prevedere anche delle **idonee procedure di protezione civile** al fine di poter garantire la sicurezza anche alle persone residenti e non residenti e che si trovano a frequentare gli spazi aperti del settore, come ad esempio le strade, l'area verde ed il parco giochi.

Chatillon, luglio 2025

Il tecnico

Dott. Geol. Alex Théodule

(documento firmato digitalmente)



THEODULE ALEX
Ordine dei Geologi
della Valle d'Aosta
Geologo
04.08.2025
13:44:26
GMT+01:00

ALLEGATI

Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

**TAV.
01**

CARTA DEI TIRANTI IDRICI EVENTO TR 20 ANNI

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

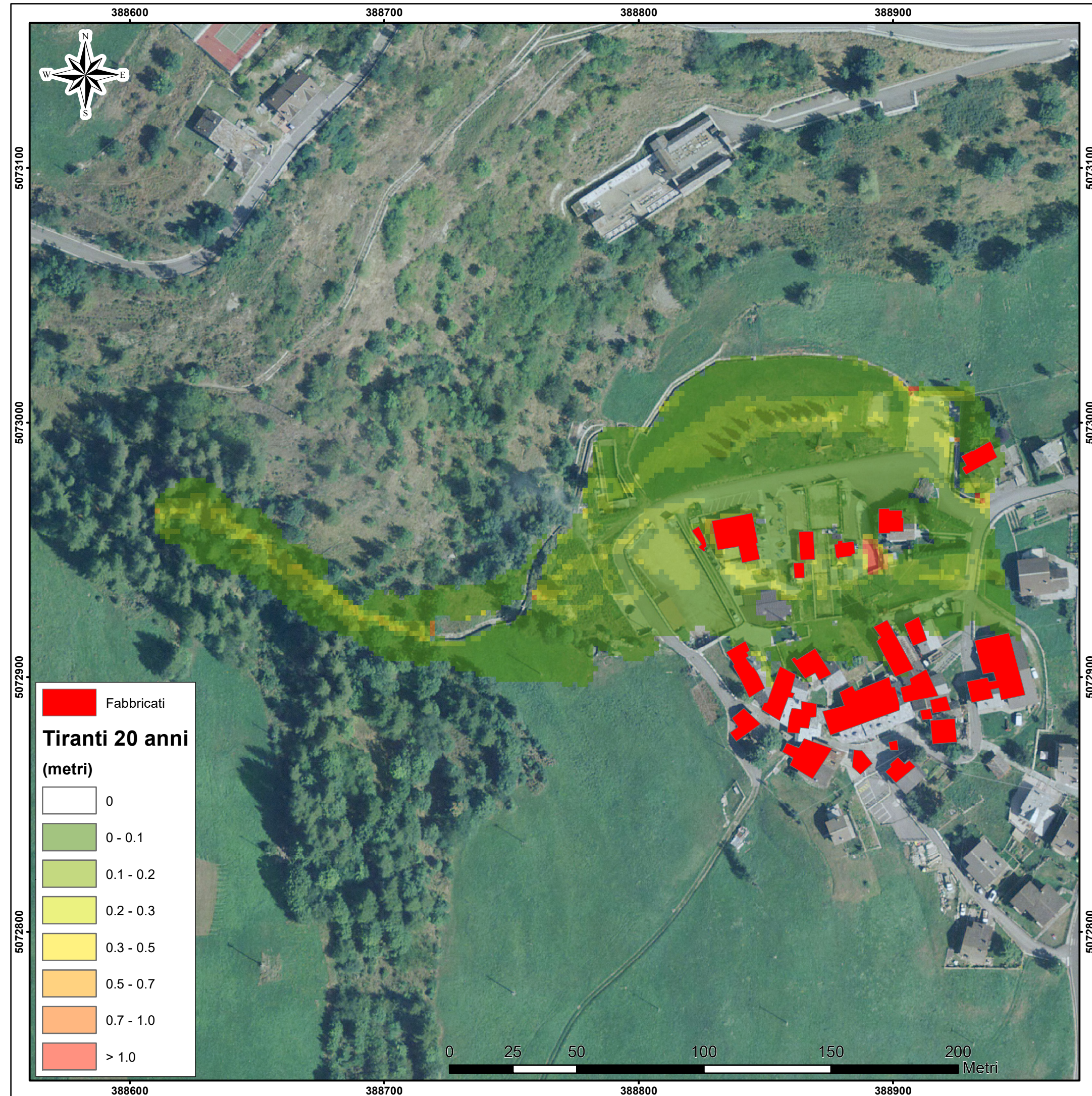
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

**TAV.
02**

CARTA DEI TIRANTI IDRICI EVENTO TR 100 ANNI

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

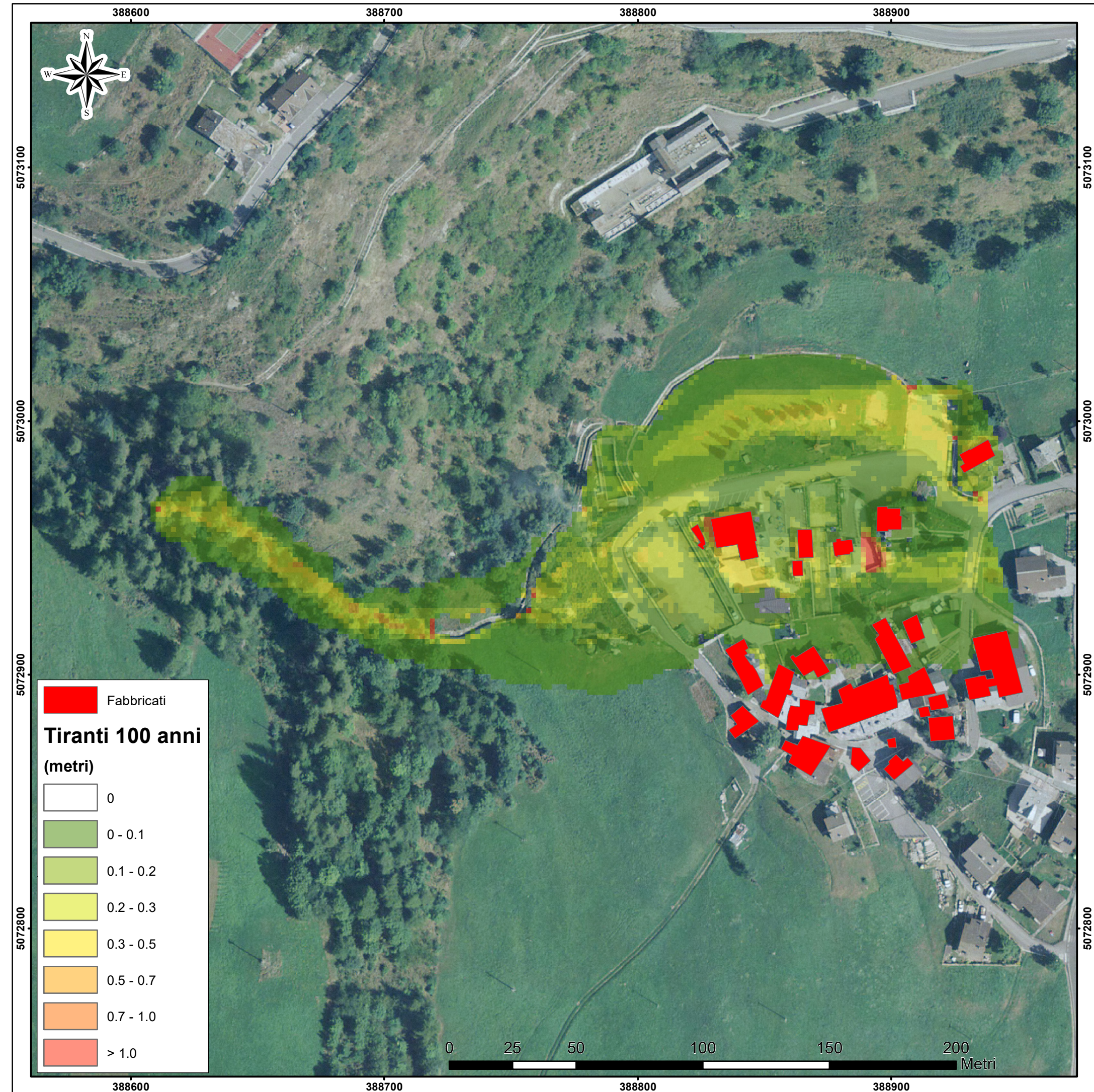
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

TAV.
03

CARTA DEI TIRANTI IDRICI EVENTO TR 200 ANNI

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

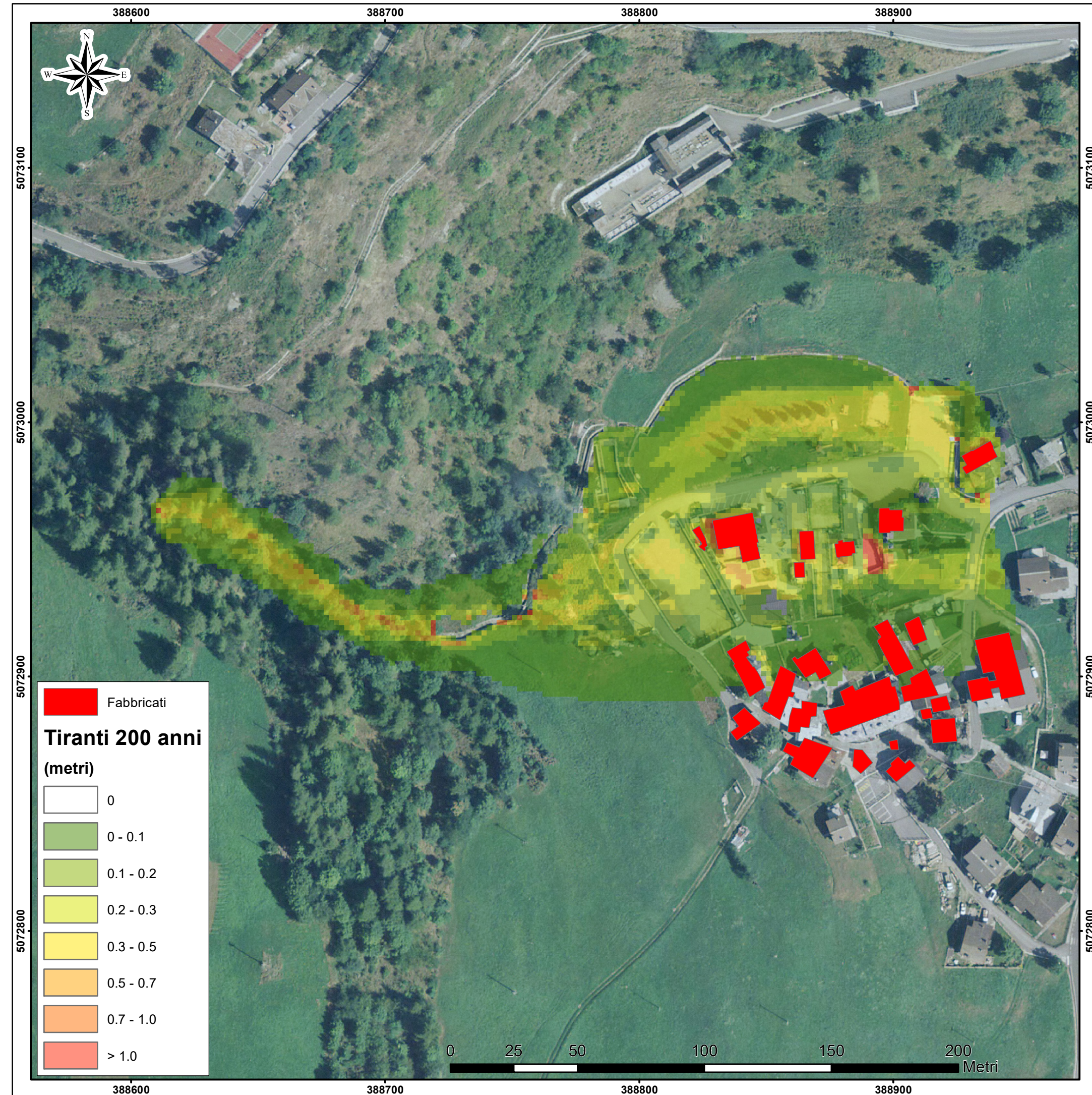
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

TAV.
04

CARTA DELLE VELOCITA' IDRICHE
- EVENTO TR 20 ANNI -

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

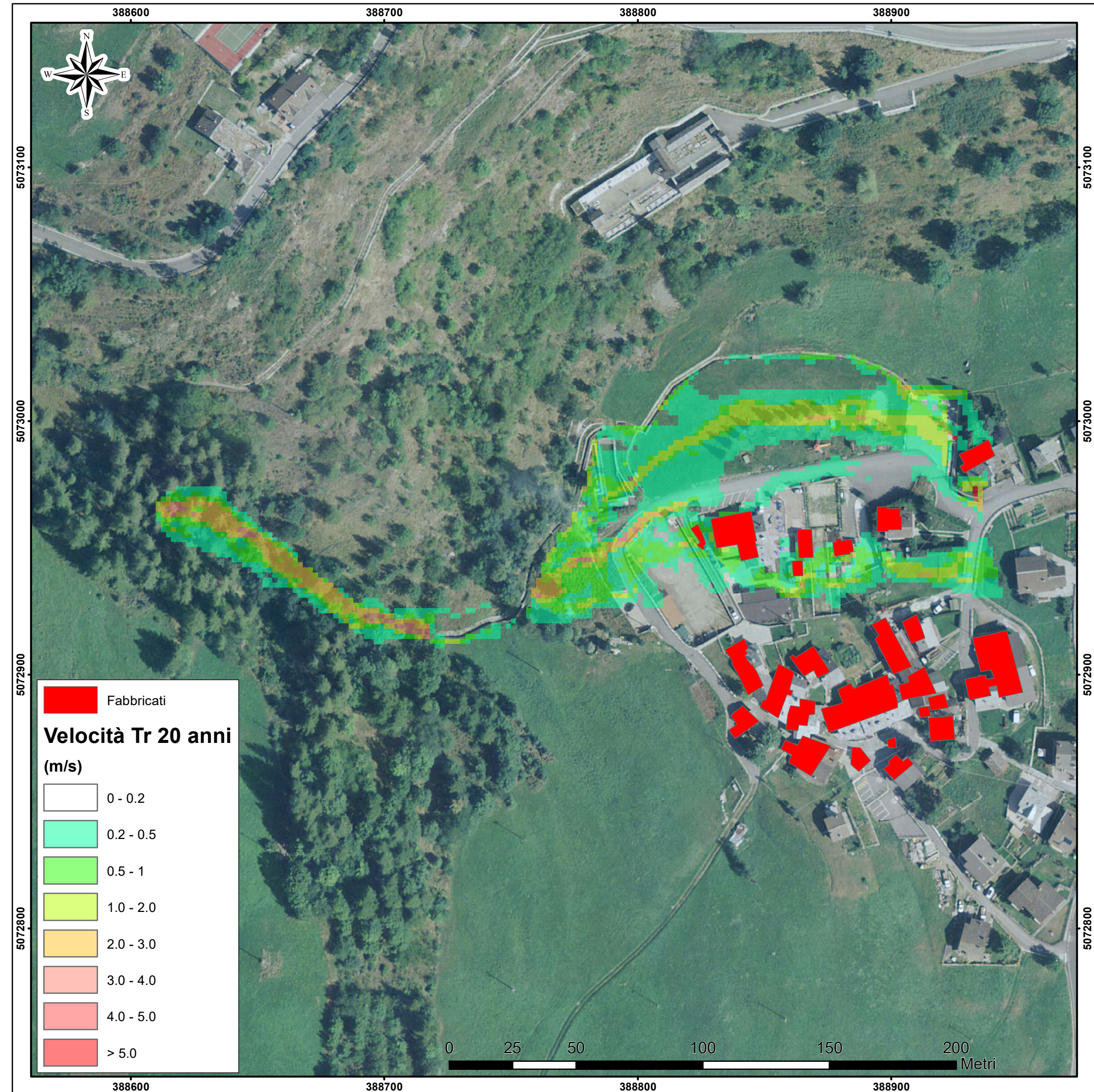
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

**TAV.
05**

CARTA DELLE VELOCITA' IDRICHE
- EVENTO TR 100 ANNI -

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

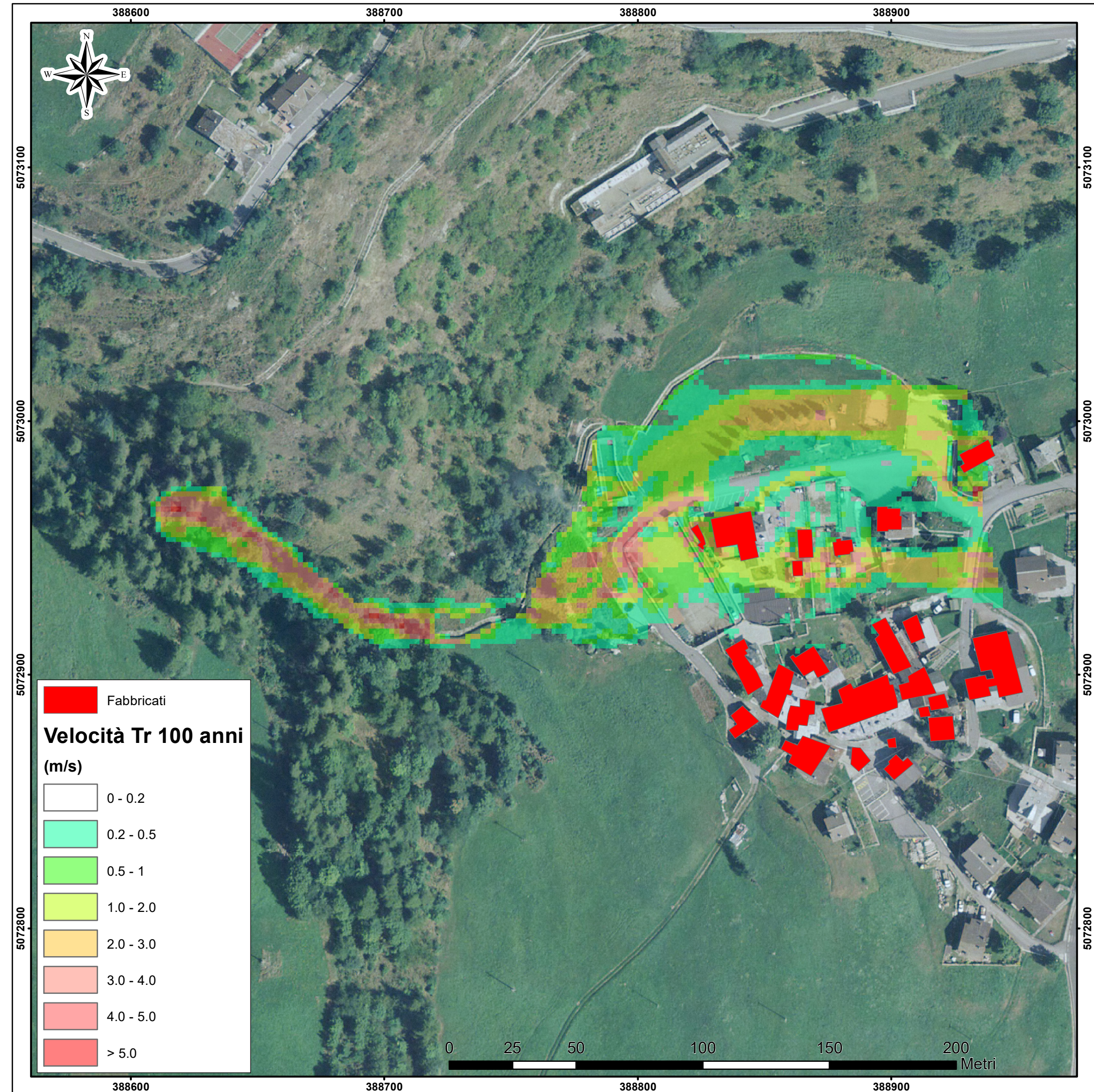
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

TAV.
06

CARTA DELLE VELOCITA' IDRICHE
- EVENTO TR 200 ANNI -

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

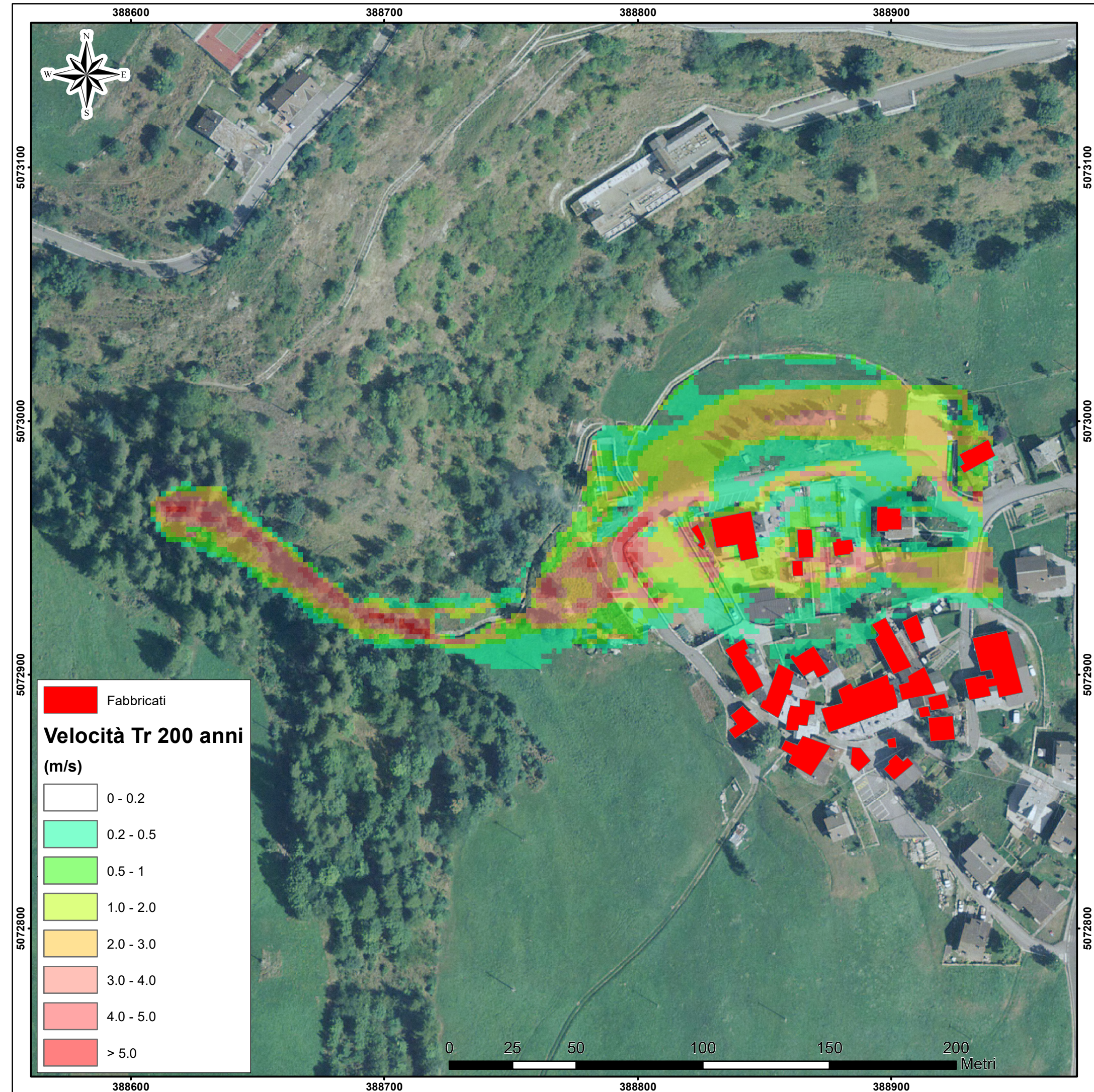
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

TAV.
07

CARTA DEL RISCHIO USBR HOUSES
EVENTO TR 20 ANNI

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

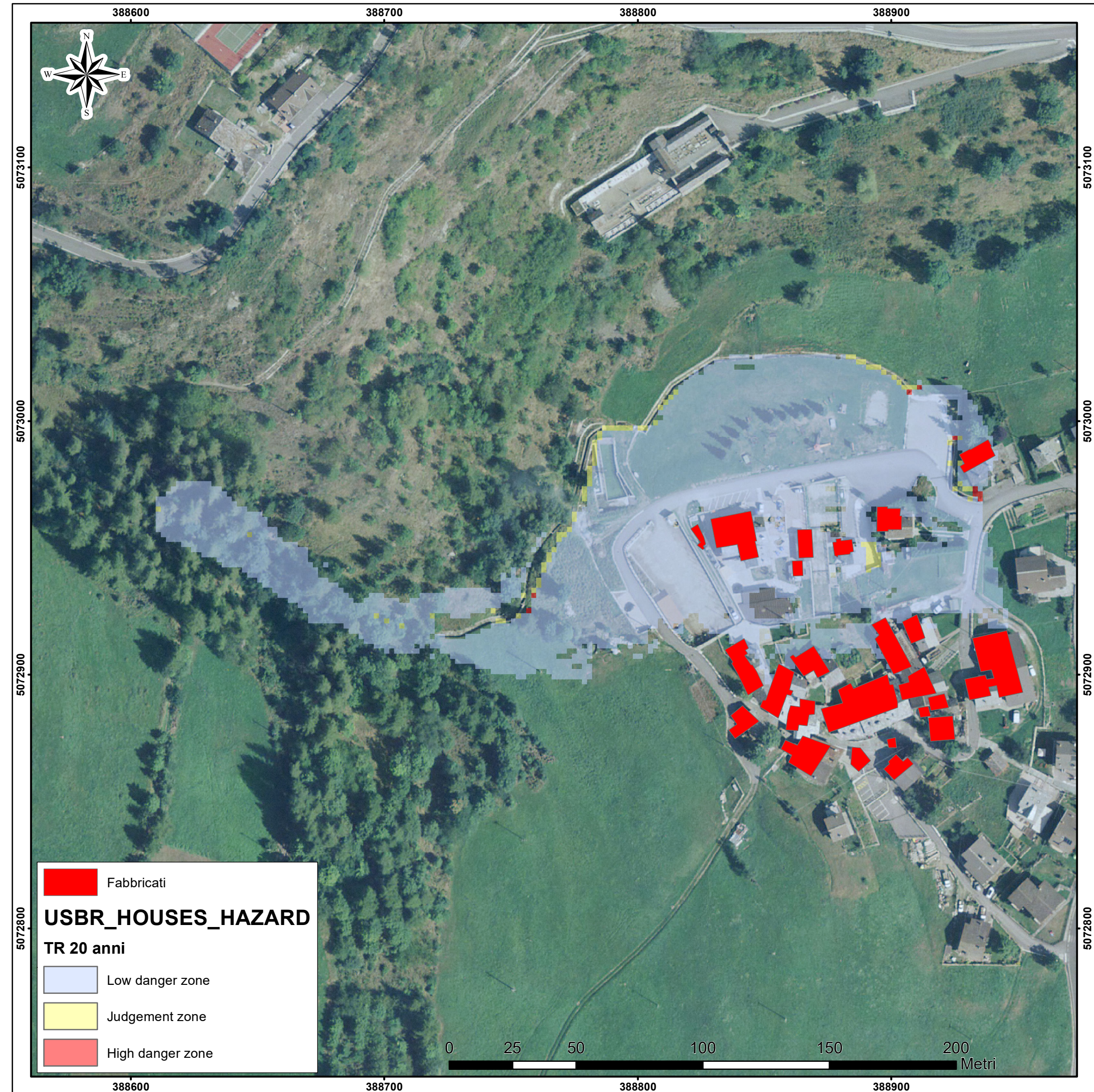
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

TAV.
08

CARTA DEL RISCHIO USBR HOUSES
EVENTO TR 100 ANNI

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

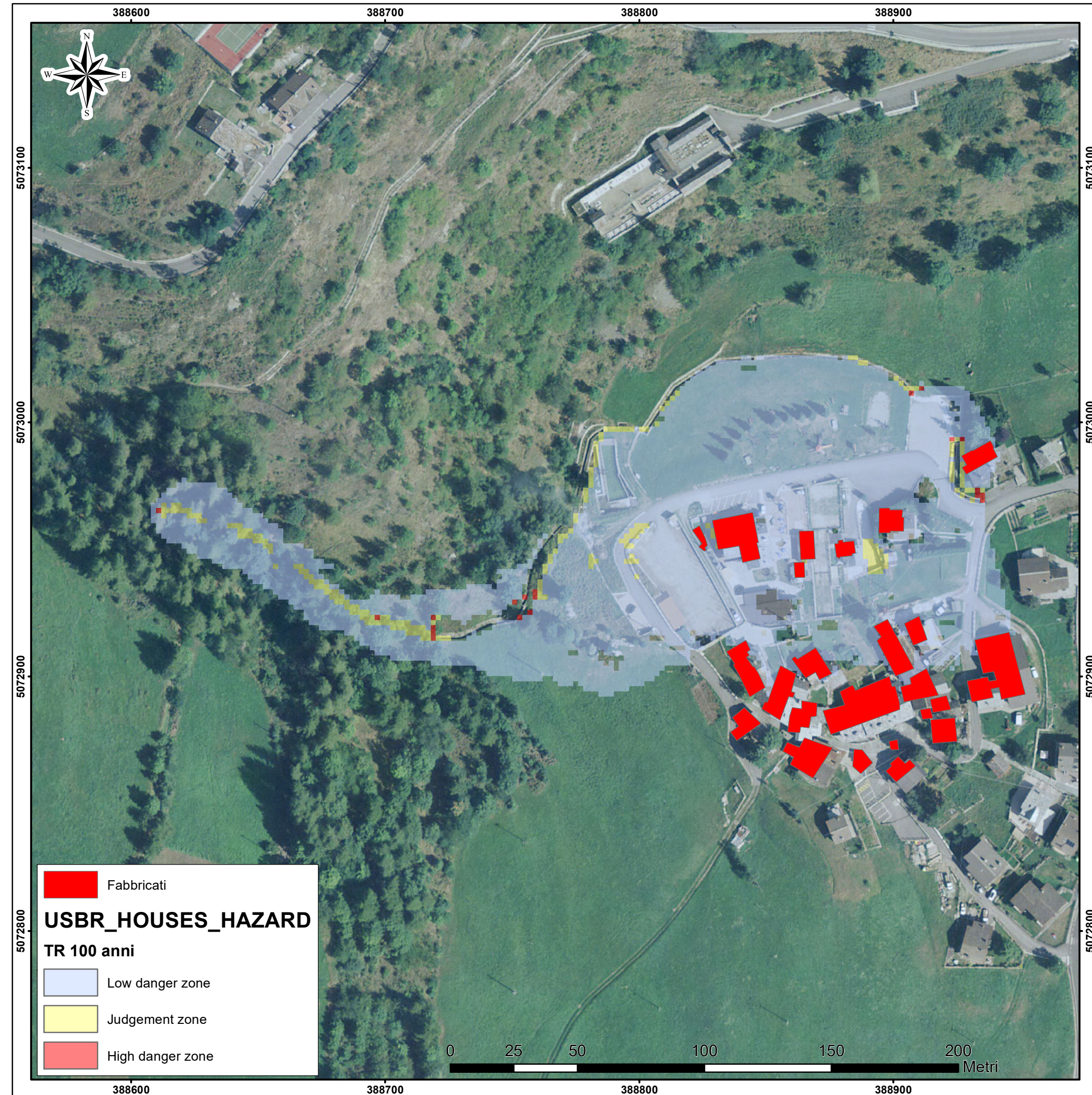
Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it



Comune di



Commune de

Torgnon

VARIANTE NON SOSTANZIALE N. 18 AL P.R.G.C. DEL
COMUNE DI TORGNON, AI SENSI DELL'ART. 12BIS DELLA
L.R. 11/1998

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INONDAZIONE DELLA FRAZIONE VERNEY

TAV.
09

CARTA DEL RISCHIO USBR HOUSES
EVENTO TR 200 ANNI

SCALA 1:1,500

Coordinate UTM - European Datum 1950
Zone 32N

Rev. 1

Luglio
2025



BALTEA STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO

di Alex Théodule e Marco Vagliasindi
Châtillon (AO), Via Martiri della Libertà, 6
Tel / Fax (+39) 0166.62.205

Email: info@studiobaltea.com PEC: studio_baltea@pec.it

