

Dott. Geologo MICHELE CAMIN

Ordine dei Geologi del Trentino Alto-Adige n°182
Geologia applicata – Geomeccanica – Rilievi con drone
Via del Cesuron, 4 – 38123 TRENTO
Tel. : 338 5819431 e-mail: michelecamin72@gmail.com

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO




COMUNE DI ALA



**COMUNE DI ALA
PIANO REGOLATORE GENERALE
VARIANTE N. 1/2023**

**STUDIO DI COMPATIBILITA' PER CROLLI ROCCIOSI
Variante Amministrazione AM 12
Parcheggio - Sdruzzinà**

COMMITTENTE	IL GEOLOGO
COMUNE DI ALA	

PROT.	REV.	DESCRIZIONE	DATA
SC	0	STUDIO DI COMPATIBILITA'	11/2023

STUDIO DI COMPATIBILITA'
Variante Amministrazione AM 12

Sommario

PREMESSA.....	1
1 INTRODUZIONE	1
STUDIO DI COMPATIBILITA'	3
2 CARTE DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ	3
2.1 Carte della pericolosità	3
2.2 Contenuti dello studio di compatibilità e della relazione tecnica di compatibilità	6
3 FENOMENI ATTESI	7
4 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	8
4.1 Caratteri geologici e geomorfologico	8
4.2 Rilievo geostrutturale.....	9
4.3 Qualità dell'ammasso roccioso (GSI)	10
4.4 Posizioni critiche	13
4.5 Probabilità di accadimento del fenomeno	13
4.6 Zona sorgente	13
4.7 Definizione del volume di progetto.....	13
5 MASSIMI EFFETTI PREVEDIBILI CAUSATI DAL FENOMENO	14
5.1 Simulazione di caduta massi 3D - Rockyfor3D	14
6 OPERE DI DIFESA E/O MISURE DI SICUREZZA	16
7 CONCLUSIONI.....	17
ALLEGATO - SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI 3D.....	18

PREMESSA

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito della Variante n.1/2023 del Piano Regolatore Generale del Comune di Ala viene predisposto il presente studio di compatibilità relativo alla **Variante Amministrazione AM 12** come richiesto dalle Norme della Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) entrata in vigore il 02/10/2020 con delibera G.P. n. 1317 del 04/09/2020 (Figura 1 e Figura 2)

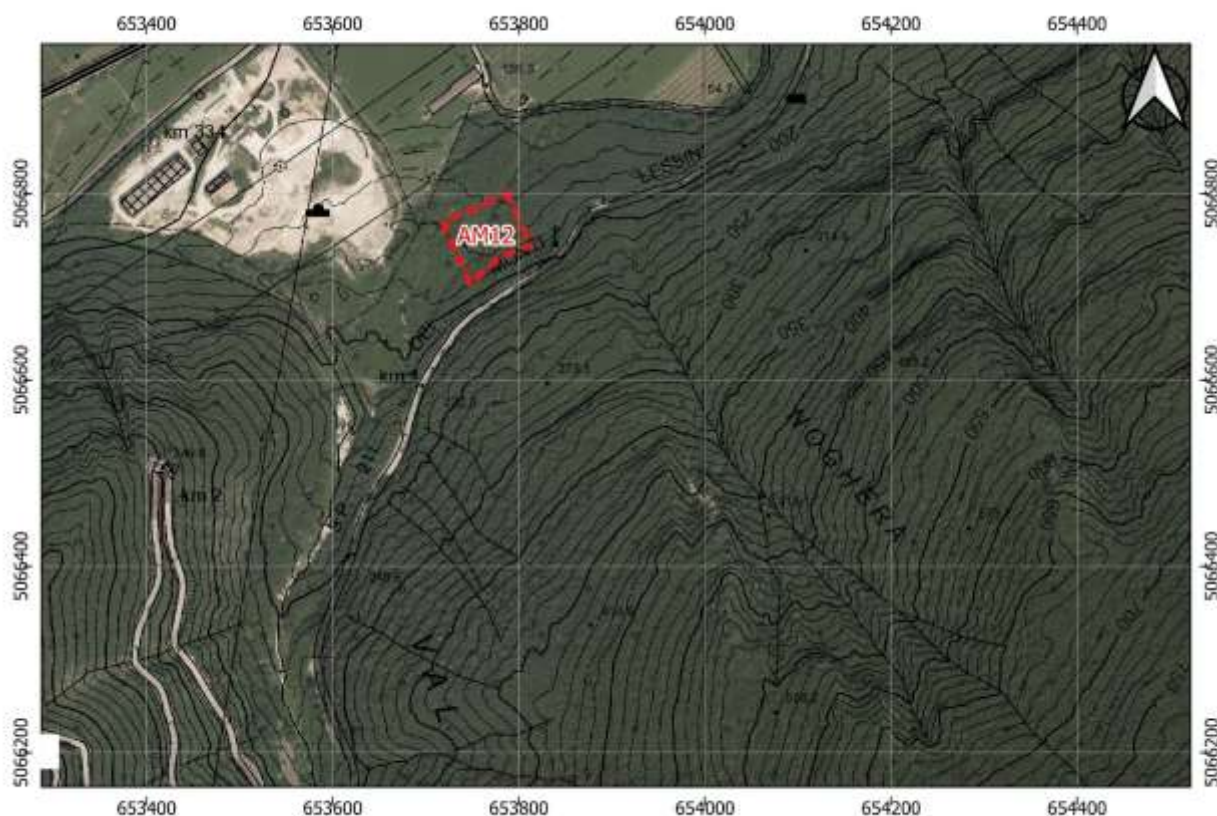


Figura 1 Ortofoto dell'area (Anno 2015 – webgis PAT)

La relazione della Valutazione sulla Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) riporta:

Varianti AM 12 (a, b) e SI 9

Strada d'accesso esistente ed individuazione parcheggio pubblico di progetto (parti a e b) mentre è previsto un parziale stralcio (SI 9) dell'area estrattiva (cava).

La Tabella 1 riporta l'oggetto della variante.

La Carta di sintesi della pericolosità classifica la zona oggetto di variazione come P3 ed in parte come P4 (Figura 3). La pericolosità P4 è legata ad una pericolosità per incendio boschivo e per pericolo di crolli a cui si aggiunge una pericolosità per crolli P3 e pertanto è necessario, come previsto dalla norma, analizzare le condizioni di pericolo del sito e definire gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione atti a tutelare l'incolumità delle persone e ridurre la vulnerabilità dei beni.

Tabella 1 Oggetto Variante

COD. VAR	TIPOLOGIA	N. VAR	Classi di Penalità - Carta di Sintesi della Pericolosità					DEST. VAR	DESTINAZIONE VIGENTE	DESTINAZIONE DI PROGETTO
			P1	P2	P3	APP	P4			
V100	Amministrazione	AM 12 a			P3		P4	F306/Z602	AGRICOLA LOCALE (E109) / AREE ESTRATTIVE (L108)	PARCHEGGIO DI PROGETTO (F306)/SPECIFICO RIF. NORM. (Art. 4.9)(Z602)
V100	Amministrazione	AM 12 b					P4	F601	BOSCO (E106)	STRADA LOCALE ESISTENTE (F601)



Figura 2 Area oggetto di variante

STUDIO DI COMPATIBILITA'

2 CARTE DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

La Carta di sintesi della pericolosità (DGP n. 1317 del 04/09/2020) classifica la zona oggetto di variante come P4 ed in parte come P3 (Figura 3).

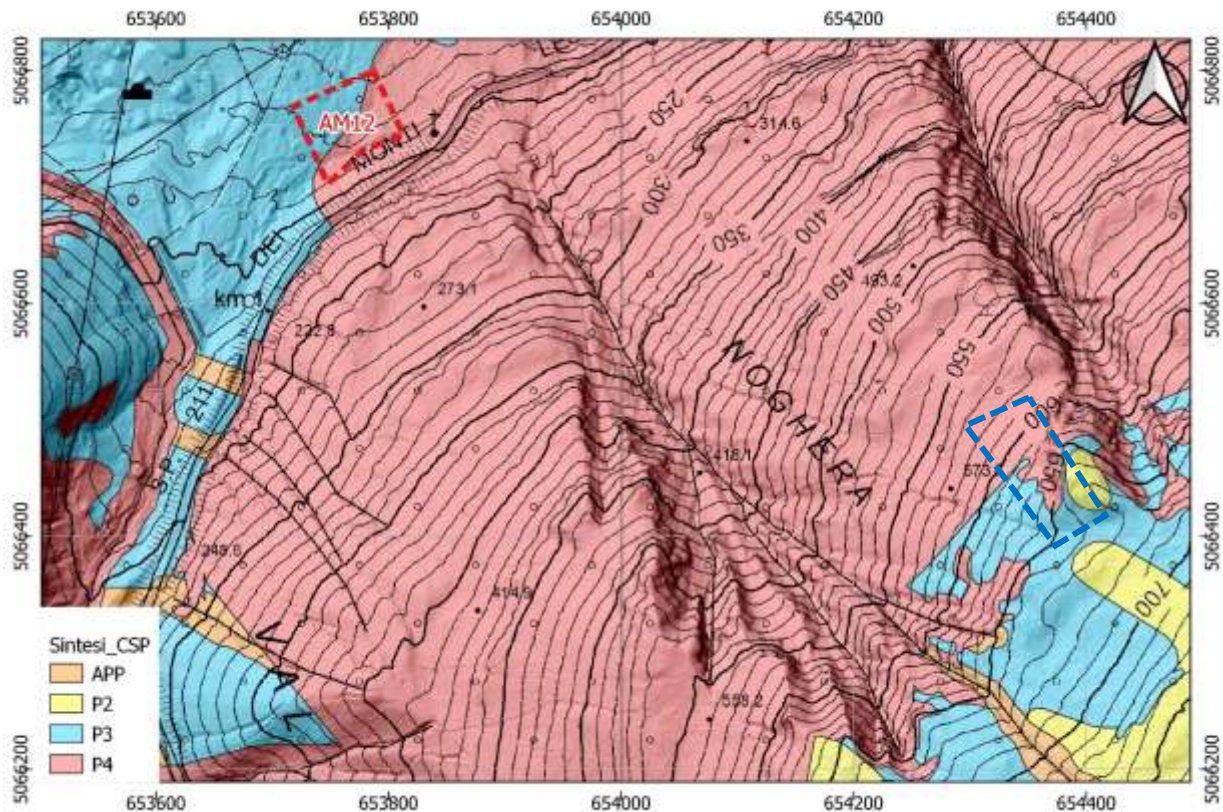


Figura 3 Carta di sintesi della Pericolosità

2.1 Carte della pericolosità

La carta di sintesi delle pericolosità di Figura 3 deriva dal grado di pericolosità individuato attraverso la Tabella 2 seguendo quanto prevedono le *“Disposizioni tecniche per la predisposizione della Carta di Sintesi della Pericolosità - Nuovo testo coordinato con le modifiche approvato con delib. G.P. n. 1078 del 19 luglio 2019”*.

La penalià P4 è legata ad una pericolosità sia per incendio boschivo che per crolli. La penalià di crollo è condizionata da una pericolosità per crolli H4 ed H3 (Figura 4).

Tabella 2 Definizione della pericolosità

	pericolosità	simbolo	combinata
classi ordinarie	elevata	H4	rosso
	media	H3	blu
	bassa	H2	giallo
	trascurabile	H1	verde chiaro
classi straordinarie	residua	HR4	tratteggio rosso a 45°
		HR3	tratteggio blu a 45°
		HR2	tratteggio giallo a 45°
	potenziale	HP	arancione

	Intensità (I)			
elevata	9	8	7	
media	6	5	4	
bassa	3	2	1	
	elevata	media	bassa	Probabilità (P)

2.1.1 Crolli rocciosi

Il crollo è un fenomeno franoso, da rapido a estremamente rapido, caratteristico di pendii molto ripidi, fino ad aggettanti. Esso comporta il distacco improvviso di materiali di qualsiasi dimensione con spostamento in caduta libera, su una parte della traiettoria, e il successivo movimento a salti, rimbalzi e rotolamento lungo il versante.

Le grandezze utilizzate per attribuire il grado di pericolosità degli eventi sono:

- h = altezza di volo delle traiettorie (m);
- v = velocità di caduta (m/sec);
- f = frequenza di passaggio dei blocchi (n. traiettorie che interessano ciascuna cella del DTM considerato).

L'analisi da caduta massi è condotta su tutto il territorio provinciale utilizzando modelli numerici tridimensionali applicati ad un DTM (Digital Terrain Model – Modello Digitale del Terreno) con risoluzione di cella pari a 5 m e alle informazioni contenute nella banca dati geologica provinciale. A partire dal DTM viene costituita una banca dati delle aree sorgente di crollo definendo un punto sorgente per ciascuna delle celle che raggiunge o supera la soglia di pendenza di 44°. I punti sorgente vengono depurati degli elementi generati in corrispondenza di strutture antropiche. A ciascun punto sorgente, in assenza di dati specifici, è assegnato un volume dei massi pari a 3,3 mc e di forma sferica. Ai punti sorgente con caratteristiche morfologiche e potenziali volumi di distacco determinati in base a sopralluoghi e indagini sul terreno (da parte di tecnici specializzati esterni o interni alla P.A.T.), sono attribuiti i valori medi dimensionali, di forma e densità derivati dalle indagini e vengono classificati a volumetria specifica.

La determinazione del grado di pericolosità da caduta massi segue un procedimento che prevede di applicare i modelli numerici tridimensionali di simulazione di crollo.

Applicando le matrici riportate di seguito ai dati ricavati con le simulazioni, si determina il grado di pericolosità da assegnare ad ogni cella del raster di sintesi. Il risultato delle elaborazioni effettuate è riportato in Figura 4.

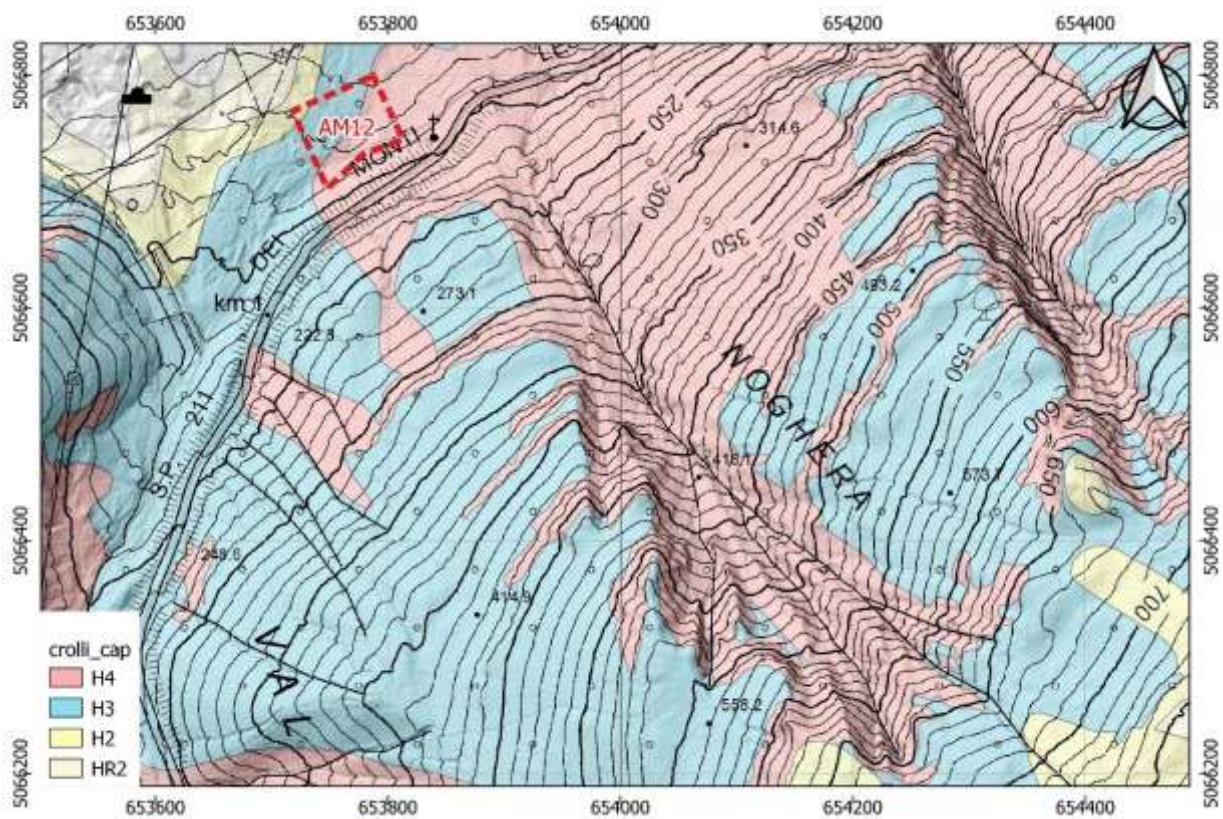
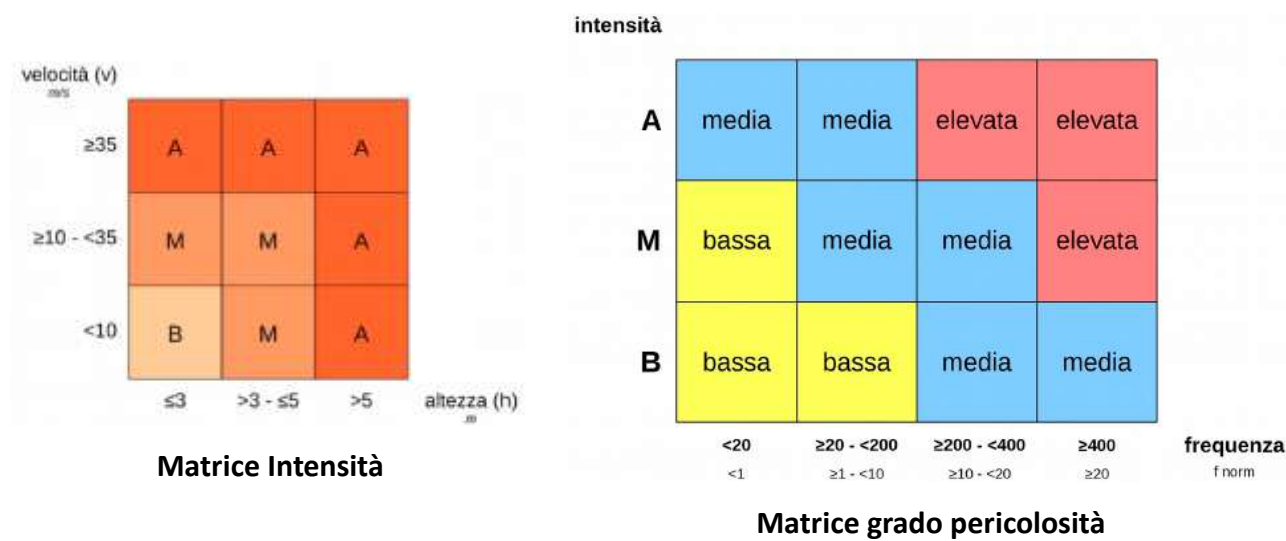


Figura 4 Carta di sintesi della Pericolosità - Carta della pericolosità da crolli

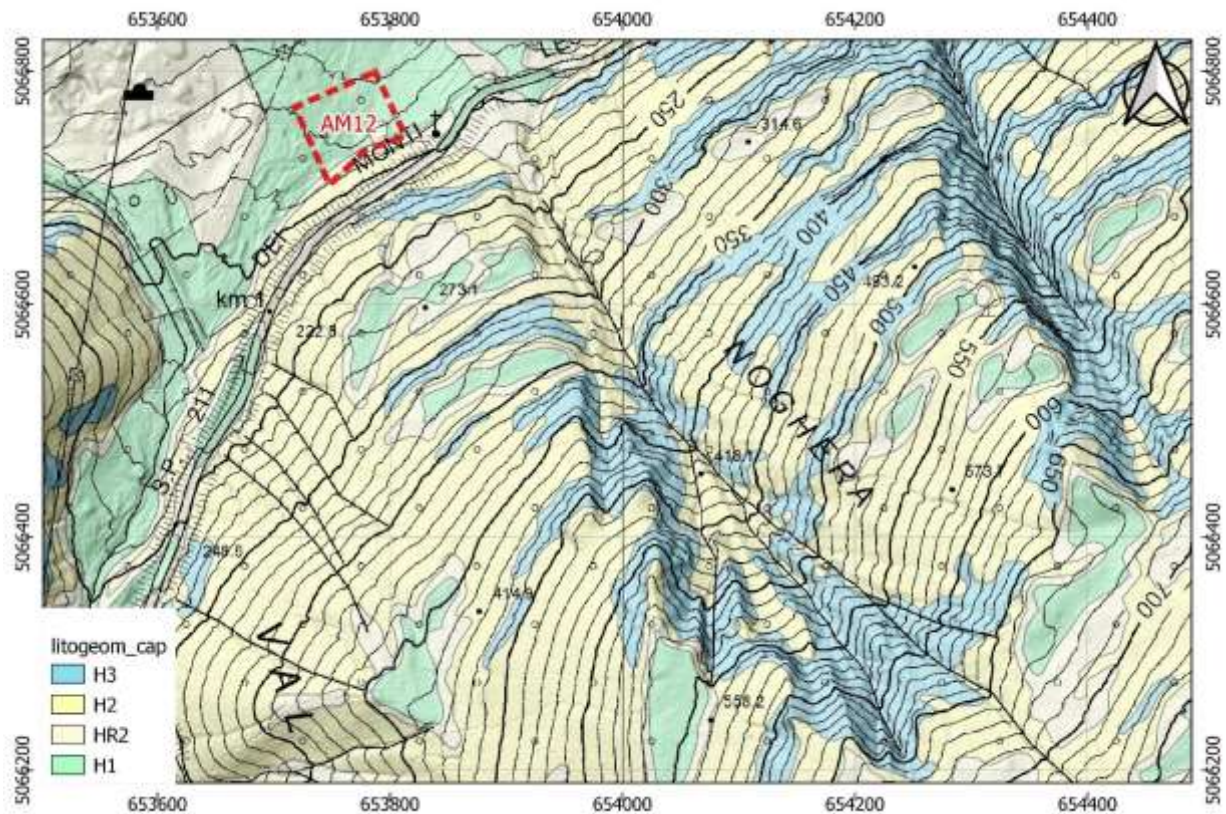


Figura 5 Carta di sintesi della Pericolosità - Carta della pericolosità litogeomorfologica

2.2 Contenuti dello studio di compatibilità e della relazione tecnica di compatibilità

Lo studio di compatibilità e la relazione tecnica di compatibilità, sono parte integrante e sostanziale del progetto e contemplano, in maniera pertinente e commisurata all'importanza e alle caratteristiche dell'intervento da effettuare, i seguenti elementi:

- individuazione dei fenomeni attesi distinti secondo le categorie e tipologie riportate nelle carte della pericolosità (processi fluviali, torrentizi, movimenti di versante, valanghe, ecc.);
- nel caso vi sia concomitanza di più fenomeni, dovrà essere approfondito l'ordine di importanza e relazione tra gli stessi e in particolare quale sia il fenomeno prevalente;
- analisi della pericolosità mediante la definizione dell'intensità e della probabilità di ogni tipologia di fenomeno;
- descrizione dei massimi effetti prevedibili causati dal fenomeno/i;
- definizione della vulnerabilità e dell'eventuale incremento del carico insediativo esposto a pericolo, rispetto a quanto si intende realizzare in relazione agli effetti prevedibili causati dal fenomeno/i;
- descrizione delle opere difensive di messa in sicurezza di tipo strutturale (opere paramassi, difese di sponda, paravalanghe, ecc.) e/o misure di sicurezza di tipo non strutturale (piani di evacuazione, limitazione utilizzi e accorgimenti d'uso, monitoraggi, ecc.), ivi compresa la verifica degli effetti indiretti, determinati dalle opere e misure sul contesto di riferimento;
- definizione di un cronoprogramma di esecuzione degli interventi di messa in sicurezza preordinati alla realizzazione delle opere;
- Conclusioni dello studio in ordine alla compatibilità dell'intervento e dettagliata descrizione di tutti gli elementi ai quali è subordinata tale compatibilità, finalizzata anche alla attestazione di eventuale declassamento.

3 FENOMENI ATTESI

La fascia di versante sovrastante la zona in oggetto è costituita dalla dorsale che divide la Val Fredda dalla Noghera (Figura 6). Il pendio si presenta ben vegetato ed alterna fasce rocciose subverticali con altezze che raramente superano i 10 m a ripidi pendii dove il substrato roccioso è ricoperto da una coltre detritica con spessori variabili ma generalmente contenuti.

In parete la presenza di nicchie di distacco recenti è rara ma l'evidenza di qualche recente distacco è visibile così come qualche volume roccioso disarticolato alla base delle fasce rocciose.



Figura 6 Fasce rocciose a monte dell'area in esame



Figura 7 Fasce rocciose a monte della SP 211

Non è presente una vera e propria falda detritica se non fasce localizzate al piede delle fasce rocciose che si alternano con discontinuità lungo il versante. Nel complesso il pendio è ben vegetato. Spesso l'apparato radicale della vegetazione presente tende a disarticolare volumi rocciosi superficiali. Nel complesso si conferma che il fenomeno principale che caratterizza l'area è un **fenomeno di crolli rocciosi**.

Il pendio mostra una alternanza tra balze rocciose e fasce poco inclinate. In prossimità della SP 211 per i Lessini le pendenze si accentuano (Figura 8) andando a raccordarsi con le Conoidi del Torrente Vies e

del Rio che temporaneamente scorre in Val Noghera.

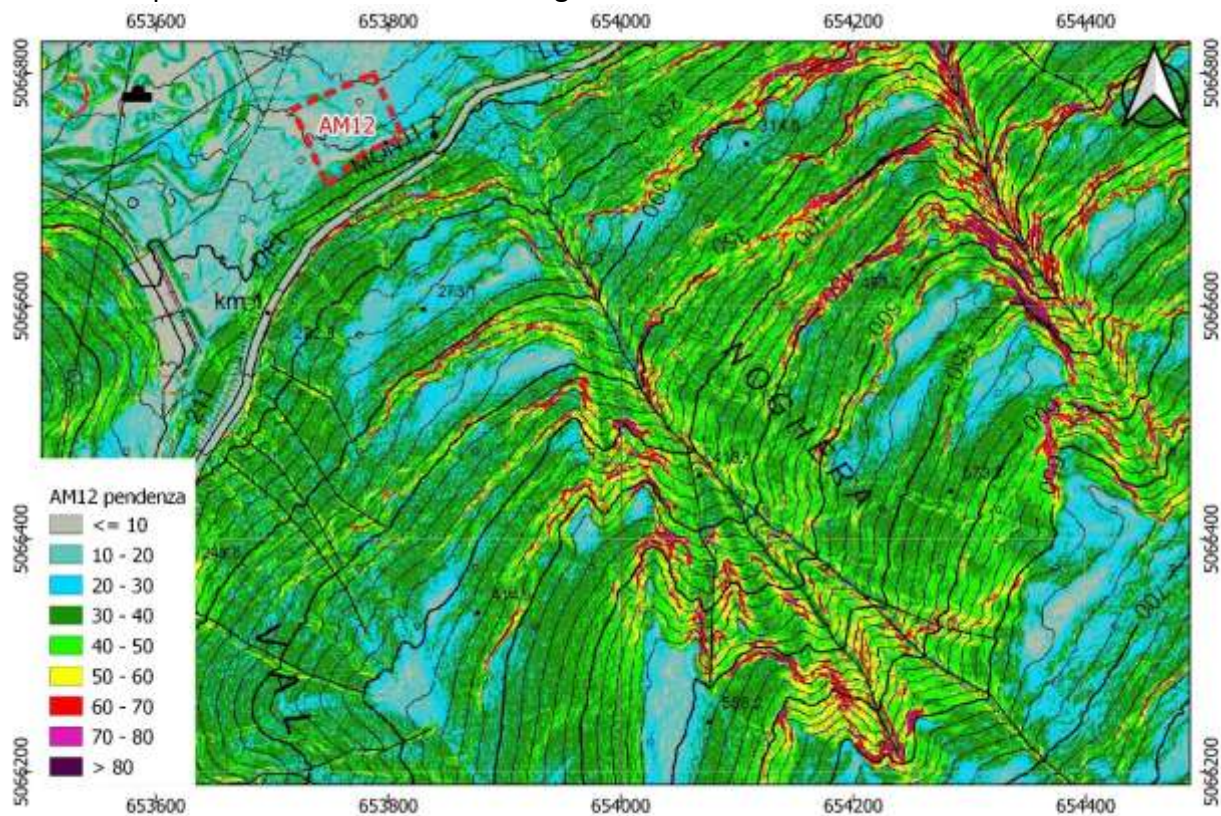


Figura 8 Andamento delle pendenze

4 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

4.1 Caratteri geologici e geomorfologico

L'ossatura della dorsale è costituita da Dolomie appartenenti alla DOLOMIA PRINCIPALE (DPR) del Norico. Si tratta della classica successione di dolomie grigio chiare, vacuolari in strati spessi 30-50 cm e banchi superiori al metro, talora massicce o mal stratificate, con le tipiche sequenze carbonatiche tidaliche e peritidaliche (BOSELLINI, 1967). La parte inferiore si presenta ben stratificata ed appare costituita da una monotona successione di cicli peritidali metrici. Nei cicli peritidali si distingue una porzione basale subtidale, con dolomie prive di strutture, microcristalline a Megalodonti e Gasteropodi, cui si sovrappone un intervallo laminato, con tappeti algali e fenestree (loferiti) e strati di tempesta a bioclasti e peloidi. Nella parte terminale di ogni ciclo i livelli laminati sono interessati da processi di disseccamento (mud crack e sheet crack) che smembrano il sedimento sottostante formando intraclasti, spesso rimaneggiati da correnti di tempesta. Il ciclo successivo ricomincia poi con una nuova bancata subtidale (Figura 9).

I depositi che ricoprono il substrato sono costituiti da depositi di versante, costituiti da ghiaie e sabbie con blocchi, appartenenti al SINTEMA POSTGLACIALE ALPINO (PTG). I terreni della zona di fondovalle sono costituiti da depositi di debris flow/torrentizio originate dalle rispettive aste drenanti appartenenti al SINTEMA POSTGLACIALE ALPINO (PTG).

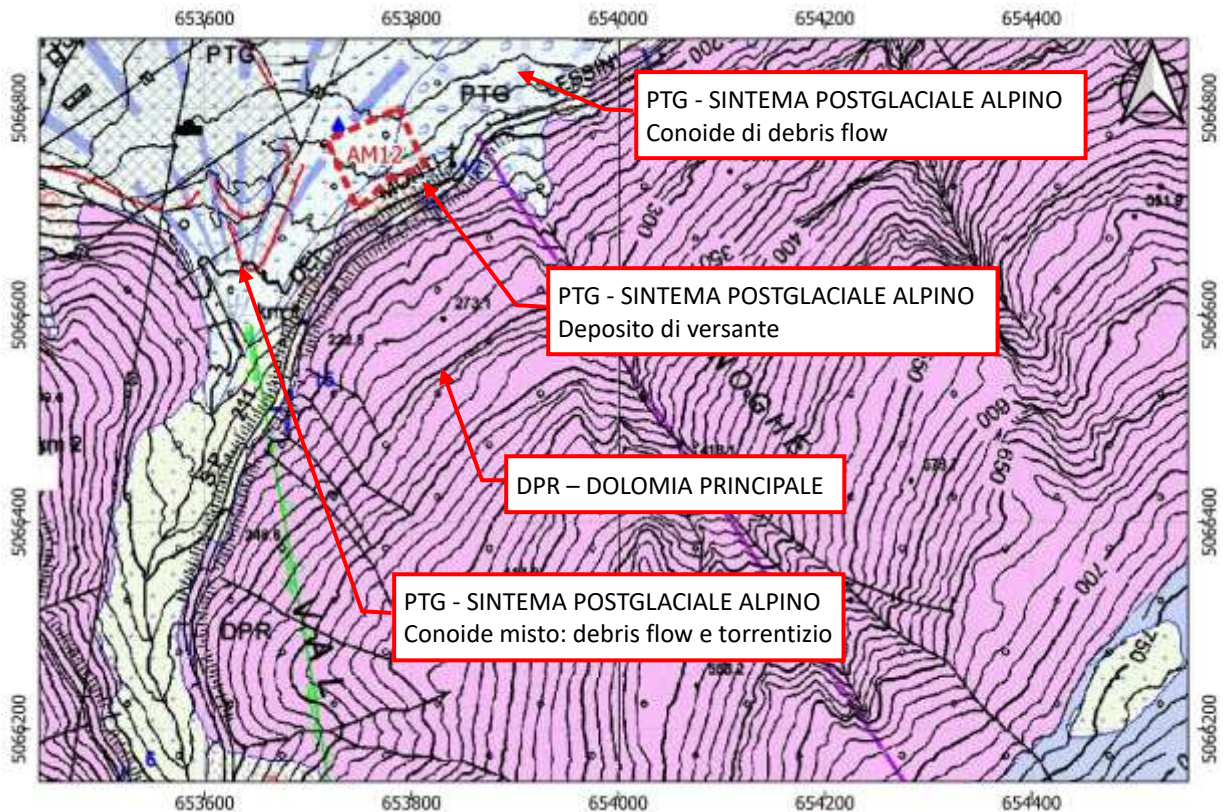


Figura 9 Estratto Carta Geologia – WegGis P.A.T.

4.2 Rilievo geostrutturale

Il contesto geologico strutturale in cui si inserisce l'area di studio ha fortemente condizionato la morfologia dell'area e guidato le modalità di arretramento dei fronti rocciosi presenti, dove con arretramento si intendono tutta una serie di movimenti di origine gravitativa che nel caso specifico sono principalmente rappresentati dai fenomeni di crollo.

Le spinte di origine tettonica creano all'interno dell'ammasso roccioso una serie di fratture, raggruppate in famiglie omogeneità di orientamento, che possono portare all'isolamento di volumi rocciosi unitari la cui dimensione è proporzionale alla spaziatura delle fratture stesse.

Le caratteristiche del litotipo unite alle modalità di orientazione di tali piani in relazione al fronte della parete determinano le condizioni di innesto per il distacco di una porzione rocciosa.

Il rilievo geostrutturale ha portato alla definizione del dominio strutturale rappresentativo del sito in esame sintetizzato nella proiezione stereografica di Figura 10.

L'ammasso roccioso presenta una stratificazione ad alta persistenza con spaziatura decimetrica, localmente metrica. Locali orizzonti risultano fittamente stratificati. L'orientazione dei fronti è condizionata da J2 mentre i sistemi J1 e J3 condizionano forma e volume di diedri e pilastri.

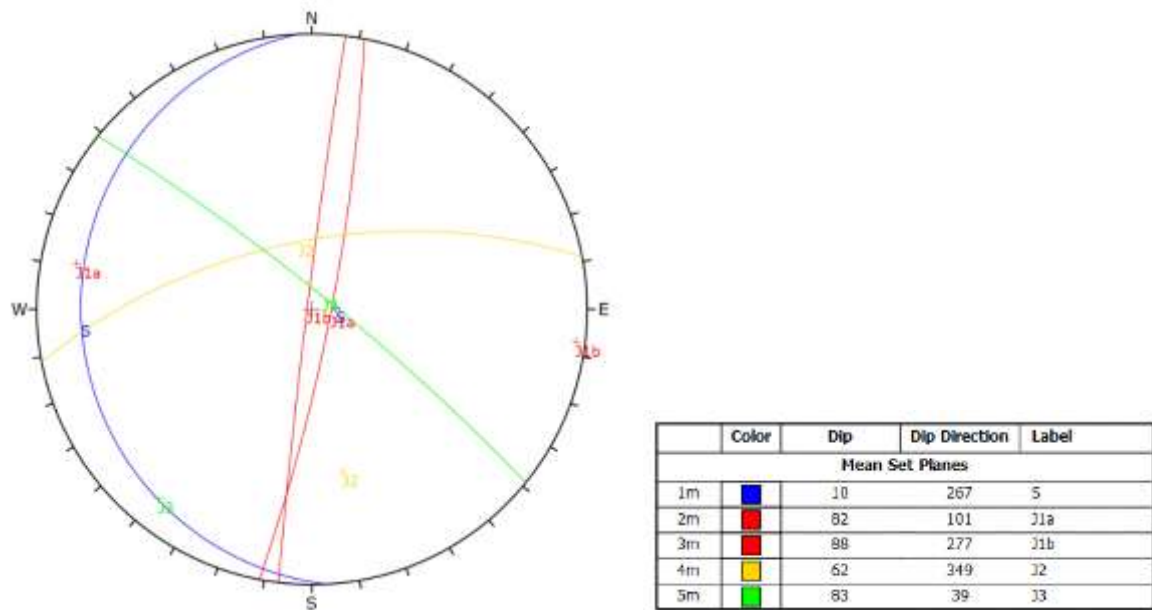


Figura 10 Proiezione stereografica

4.3 Qualità dell'ammasso roccioso (GSI)

Dall'analisi dei valori di spaziatura delle discontinuità vengono individuati i valori del grado di suddivisione dell'ammasso (Jv) ed il volume del blocco (Vb) e valutato la qualità dell'ammasso roccioso attraverso il Geological Strength Index (G.S.I.) di Hoek nella formulazione di Cai et alii.

Il grado di suddivisione dell'ammasso roccioso (Jv) che si lega alle dimensioni del blocco unitario (Vb) è definibile in base alla forma e alla tipologia dei blocchi che caratterizzano l'ammasso roccioso (Figura 11).

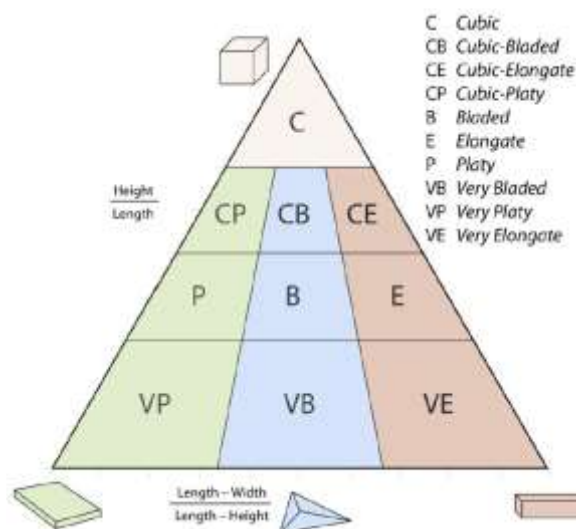


Figura 11 Diagramma della forma dei blocchi (Sneed e Folk, 1958; Graham e Midgley, 2000)

Il volume unitario del blocco roccioso, Vb, è determinato dalla spaziatura e dall'orientazione dei giunti, dal numero di set di giunti e dalla persistenza degli stessi. Le dimensioni del volume unitario sono espressione della densità dei giunti e nel caso di almeno 3 giunti persistenti può essere calcolato con l'espressione

$$V_b = \frac{s_1 \cdot s_2 \cdot s_3}{\sin \gamma_1 \cdot \sin \gamma_2 \cdot \sin \gamma_3}$$

dove: s_i e γ_i sono rispettivamente la spaziatura tra i giunti e l'angolo tra i giunti stessi.

Considerando anche il fattore di persistenza (P1, P2 e P3) di ciascun sistema l'espressione, come indicata da Cai et al. (2004), diviene:

$$V_b = \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3}{\sin \gamma_1 \cdot \sin \gamma_2 \cdot \sin \gamma_3 \cdot \sqrt[3]{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3}}$$

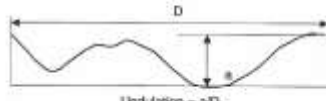
La qualità intrinseca dell'ammasso roccioso è valutata attraverso la determinazione del Geological Strength Index (G.S.I.) di Hoek. Vista la tipologia dello studio, al fine di consentire un'adeguata quantificazione dei parametri di ingresso del diagramma per la determinazione del G.S.I. si è seguito l'approccio di Cai (2004). Nello specifico i parametri quantitativi d'ingresso per la determinazione del G.S.I. sono il Volume Unitario dei Blocchi rocciosi (Vb) ed il Joint Condition Factor (Jc); anche parametri base per la determinazione dell'indice RMI di Palmström. Il Joint Condition Factor (Jc) è definito dalla rugosità e dall'alterazione della superficie dei giunti e dal tipo di riempimento:

$$J_c = \frac{J_w \cdot J_s}{J_A}$$

dove: J_w è l'ondulazione ad ampia scala (in metri da 1 a 10 metri); J_s è la rugosità a piccola scala (in centimetri da 1 a 20 cm) e J_A è il fattore di alterazione del giunto.

Tabella 3 Termini per descrivere l'ondulazione ad ampia scala (J_w)

Waviness terms	Undulation	Rating for waviness J_w
Interlocking (large-scale)		3
Stepped		2.5
Large undulation	> 3%	2
Small to moderate undulation	0.3–3%	1.5
Planar	< 0.3%	1



Undulation = a/D
D = length between maximum amplitudes

Tabella 4 Termini per descrivere la rugosità a piccola scala (J_s)

Smoothness terms	Description	Rating for smoothness J_s
Very rough	Near vertical steps and ridges occur with interlocking effect on the joint surface	3
Rough	Some ridge and side-angle are evident, asperities are clearly visible; discontinuity surface feels very abrasive (rougher than sandpaper grade 30)	2
Slightly rough	Asperities on the discontinuity surfaces are distinguishable and can be felt (like sandpaper grade 30–300)	1.5
Smooth	Surface appear smooth and feels so to touch (smoother than sandpaper grade 300)	1
Polished	Visual evidence of polishing exists. This is often seen in coating of chlorite and specially sile	0.75
Slickensided	Polished and striated surface that results from sliding along a fault surface or other movement surface	0.6–1.5

Tabella 5 Joint alteration factor (J_A)

	Term	Description	J_A
Rock wall contact	Clear joints		
	Healed or "welded" joints (unweathered)	Softening, impermeable filling (quartz, epidote, etc.)	0.75
	Fresh rock walls (unweathered)	No coating or filling on joint surface, except for staining	1
	Alteration of joint wall: slightly to moderately weathered	The joint surface exhibits one class higher alteration than the rock	2
	Alteration of joint wall: highly weathered	The joint surface exhibits two classes higher alteration than the rock	4
	Coating or thin filling		
	Sand, silt, calcite, etc.	Coating of frictional material without clay	3
Filled joints with partial or no contact between the rock wall surfaces	Clay, chlorite, talc, etc.	Coating of softening and cohesive minerals	4
	Sand, silt, calcite, etc.	Filling of frictional material without clay	4
	Compacted clay materials	"Hard" filling of softening and cohesive materials	6
	Soft clay materials	Medium to low over-consolidation of filling	8
	Swelling clay materials	Filling material exhibits swelling properties	8–12

L'ammasso roccioso si presenta ben stratificato con dimensione dei volumi rocciosi condizionata dalla spaziatura degli strati e dalla spaziatura e persistenza principalmente dei giunti J1, J2 e J3. La forma dei blocchi varia da CE a CB mentre più rara è la forma C. La spaziatura dei principali è decimetrica, localmente metrica, e la condiziona dei giunti varia da buona a molto buona con J_c mediamente

superiori a 2. I valori di GSI variano da 50 a 70 ma possono raggiungere, soprattutto nelle fasce dove la stratificazione è più fitta, il valore di 40-45. Un esempio rappresentativo dello stato di fratturazione della zona è riportato nella Figura 12.



Figura 12 Stato dell'ammasso roccioso a monte della strada

La Figura 13 riporta la distribuzione del GSI per le diverse zone della parete.

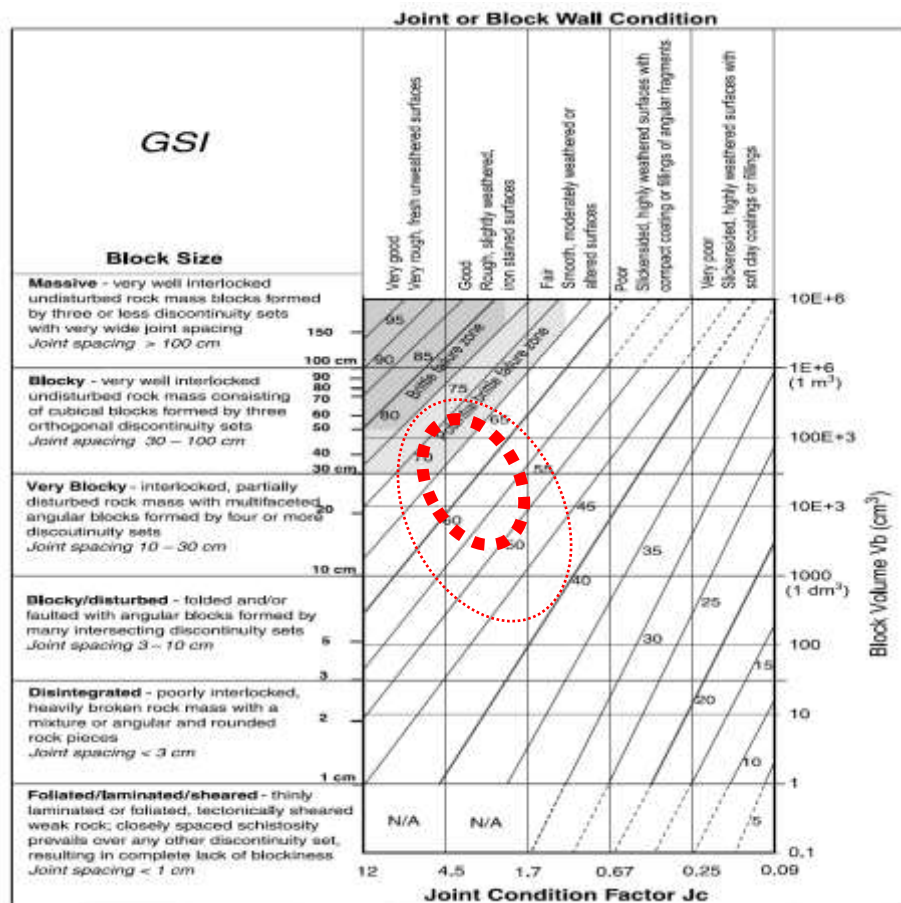


Figura 13 Classificazione ammasso roccioso: Geological Strength Index (GSI) - Cai M. & alii. (2004)

I valori di GSI mostrano una dominanza dei volumi unitari che rientrano in un comportamento a rottura di tipo fragile dove il cinematismo di scivolamento è spesso condizionato dall'orientazioni e dalle caratteristiche dei sistemi presenti.

4.4 Posizioni critiche

Lungo le pareti sovrastanti la zona di intervento si riconoscono 3 diverse tipologie di instabilità, caratterizzate da differenti cinematismi possibili e da differenti geometrie dei volumi rocciosi:

- **Elementi lastriformi mobilizzabili per *column collapse* o *column/block toppling***,; solidi lastriformi di varie dimensioni definiti dai sistemi paralleli alla parete e suddivisi in varia misura dai piani di strato. La rottura può avvenire per ribaltamento qualora la stratificazione particolarmente ravvicinata favorisca la rottura per compressione dei livelli di base ed il progressivo arretramento del profilo e/o per scivolamento lungo il piano di appoggio. E' una tipologia diffusa in quanto condizionata dalla persistenza e del spaziatura dei giunti subverticali.
- **Volumi aggettanti mobilizzabili per rottura della porzione strapiombante (*overhang failure*)**; in questi casi orizzonti più competenti continui ed aggettanti sono isolati per successivo franamento delle porzioni fratturate e/o meno competenti sottostanti. E' una tipologia particolarmente caratteristica delle bancate di strato in varie posizioni.
- **Conci mobilizzabili per scivolamento a cuneo (*wedge slide*)**, sono determinati dallo scivolamento di blocchi lungo la linea di intersezione tra due piani. La mobilizzazione del concio è condizionata dalla linea di intersezione rispetto all'orientazione del versante.

4.5 Probabilità di accadimento del fenomeno

La **probabilità di accadimento dei crolli in roccia** può essere definita come la "probabilità che un certo punto dello spazio sia interessato (colpito, attraversato) da un evento di caduta massi caratterizzato da una certa intensità in un certo intervallo di tempo". La pericolosità è funzione della probabilità di innesco (legata alla suscettibilità alla rottura dei versanti in roccia) e della probabilità di propagazione (funzione delle caratteristiche del moto dei blocchi), a loro volta dipendenti dall'intensità del fenomeno.

Una stima della frequenza degli eventi di crolli in roccia, e conseguentemente dei tempi di ritorno degli stessi, si basa sull'acquisizione degli eventi pregressi e sul rilievo di quegli elementi geologico - geomorfologici di origine gravitativa correlabili ad eventi di crollo.

Stabilire intensità e frequenza degli eventi risulta fondamentale nella valutazione della pericolosità / rischio di caduta massi, sebbene entrambi questi aspetti siano tanto importanti quanto difficili da valutare.

4.6 Zone sorgente

La propensione al distacco dei blocchi viene valutata individuando seguenti elementi di instabilità, dove con un solo elemento di instabilità si ha una propensione al distacco bassa e con 5 elementi la propensione al distacco è alta:

1. fratture aperte con evidenze di attività associate a cinematismi possibili;
2. blocchi ruotati;
3. zone intensamente fratturate;
4. superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi.
5. emergenze di acqua alla base dei blocchi

Nel complesso al settore in esame può essere assegnato un valore medio di 3 che localmente raggiunge il valore di 4.

4.7 Definizione del volume di progetto

Lungo le fasce rocciose si rilevano potenziali conci rocciosi con volumi superiori al 1.5-2.0 m³.

Considerato lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso è molto probabile che tali volumi si frammentino nelle fasi di rotolamento.

In base alle considerazioni sopra esposte si ritiene rappresentativo un volume di progetto di 1.2 m³.

5 MASSIMI EFFETTI PREVEDIBILI CAUSATI DAL FENOMENO

Al fine di limitare, per quanto possibile, le problematiche legate all'incertezza del fenomeno si sono effettuate delle simulazioni probabilistiche ed analisi statistiche in grado di meglio adattarsi all'incertezza del fenomeno stesso.

L'approccio tridimensionale consente di valutare, per una data zona sorgente, il grado di dispersione delle traiettorie lungo il versante in oggetto, evidenziando in modo più chiaro la massima distanza di espandimento e le fasce entro cui tendono a convogliarsi i percorsi di caduta.

Il codice di calcolo utilizzato è:

- **Rockyfor3D** (Dorren L.K.A., 2012. Rockyfor3D (v.5.2) revealed – Transparent de-scription of the complete 3D rockfall model): modello tridimensionale che determina le traiettorie di caduta di singoli blocchi di roccia.

5.1 Simulazione di caduta massi 3D - Rockyfor3D

Rockyfor3D simula le traiettorie di caduta massi come dati vettoriali 3D attraverso il calcolo classico di moti parabolici attraverso l'aria ed il rimbalzo lungo la superficie topografica e se richiesto contro gli alberi. Il rotolamento è rappresentato da sequenze di rimbalzi molto vicini, mentre lo scivolamento di blocchi non è modellato.

5.1.1 Dati di ingresso

La simulazione richiede la predisposizione delle 10 mappe raster in formato ASCII (se non si effettua la simulazione con la vegetazione), di analoga estensione e risoluzione, di seguito elencate:

- **dem.asc**: raster del modello digitale che descrive la morfologia del terreno;
- **rockdensity.asc**: raster che riporta la densità dell'ammasso roccioso in corrispondenza della cella/celle sorgente che nello specifico è pari a 2500 kg/m³;
- **d1.asc d2.asc d3.asc**: raster che riporta, sempre in corrispondenza della cella sorgente, le dimensioni del blocco ellissoidico.
 - **d1: 1.2 m – d2: 1.0 m – d3: 0.8 m**
 - **Vol. min 0.6 m³ - Vol. medio 1.2 m³ - Vol. Max. 1.4 m³**
- **blshape.as**: raster che definisce la forma del blocco e nello specifico si assume come parallelepipedo.
- **rg70.asc rg20.asc rg10.asc**: raster che definiscono la rugosità della superficie topografica. Il pendio viene suddiviso in poligoni omogenei, dove ciascun poligono rappresenta la rugosità della superficie, espressa in termini di dimensioni del materiale che ricopre la superficie stessa dedotte guardando il versante dall'alto verso il basso, e rappresentata da 3 classi di probabilità di dimensioni del materiale indicate rg70, rg20 e rg10. Ciascuna classe è rappresentata da un raster che corrisponde all'altezza di un ostacolo rappresentativo (MOH) in metri che un masso può incontrare, rispettivamente nel 70%, 20% e 10% dei casi, nella fase di rim-balzo all'interno del poligono identificato.
- **Soiltype.asc**: raster che rappresenta l'elasticità del sottosuolo. È possibile scegliere tra le seguenti 8 tipologie di suolo che sono direttamente collegate a specifici valori di Rn (Tabella 6 Tipi di suolo da Rockyfor3D e relativi valori di Rn). La mappa è riportata nella Figura 14.

Tabella 6 Tipi di suolo da Rockyfor3D e relativi valori di Rn

Tipo di suolo	Descrizione generale del suolo	R _n valori medi	R _n intervallo di valori
0	Fiume, o palude, o materiale in cui un masso potrebbe penetrare completamente	0	0
1	Materiale fine (spessore > ~100 cm)	0,23	0,21 - 0,25
2	Materiale fine fluviale (spessore < ~100 cm) o sabbia/ghiaia mista	0,28	0,25 - 0,31
3	Detrito di falda (Ø < ~10 cm); o suolo compatto medio con piccoli massi; o strade forestali	0,33	0,30 - 0,36
4	Detrito di versante (Ø > ~10 cm); o suolo compatto con grandi massi	0,38	0,34 - 0,42
5	Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	0,43	0,39 - 0,47
6	Substrato roccioso	0,53	0,48 - 0,58
7	Strade asfaltate	0,35	0,32 - 0,39

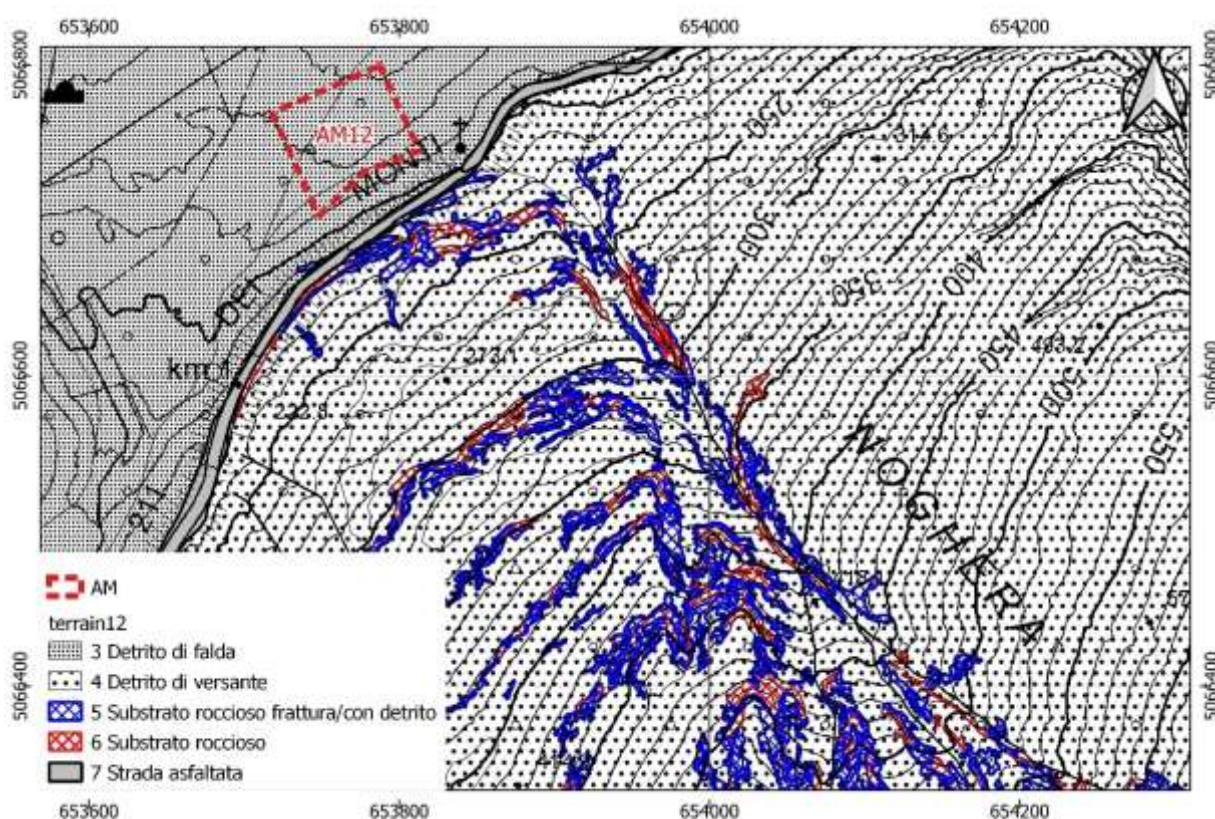


Figura 14 Uso del suolo

L'interfaccia grafica che elabora le mappe raster sopracitate richiede l'inserimento dei seguenti valori:

- **numero di simulazioni:** rappresenta il numero di massi lanciati da ciascuna cella sorgente: 20;
- **variazione percentuale del volume del masso:** ±50%.
- **addizionale altezza di caduta iniziale:** nello specifico si è scelto un valore di 0,0 metri.

La risoluzione scelta è pari a 1 metri.

5.1.2 Elaborazioni ottenute

Di seguito sono riportate le elaborazioni ottenute:

- Numero Passaggi
- Numero di blocchi fermati in ogni cella
- Altezze di rimbalzo – matrice per valutare l'intensità del fenomeno Andamento altezza di rimbalzo matrice pericolosità

- Velocità – matrice per valutare l'intensità del fenomeno
- Grado di pericolosità con intensità bassa

5.1.3 Risultati

Le elaborazioni mostrano un ridotto numero di passaggi in corrispondenza dell'area oggetto di variante. In termini di intensità del fenomeno sia le altezze di rimbalzo che le velocità hanno intensità bassa. Ne deriva che l'area oggetto di variante rientra in una pericolosità per crolli bassa.

6 OPERE DI DIFESA E/O MISURE DI SICUREZZA

Lo **studio idraulico** relativo alla stessa variante urbanistica ritiene opportuno che nel progetto del futuro parcheggio sia inserita la progettazione di un'opera di protezione costituita da un rialzo in materiale sciolto previsto lungo il margine ovest dell'area di variante, di lunghezza pari a circa 73 metri e con un dislivello pari ad almeno 1 metro rispetto al piano campagna circostante.

Il rialzo previsto a fini idraulici sarà utile anche nei confronti del fenomeno di caduta massi. Il rilevato su cui sarà previsto il parcheggio dovrà essere separato dalla parete retrostante con un vallo di forma trapezoidale. Le dimensioni saranno valutate in fase di progettazione ma si consiglia una profondità del vallo di almeno 1 metro (Figura 15).

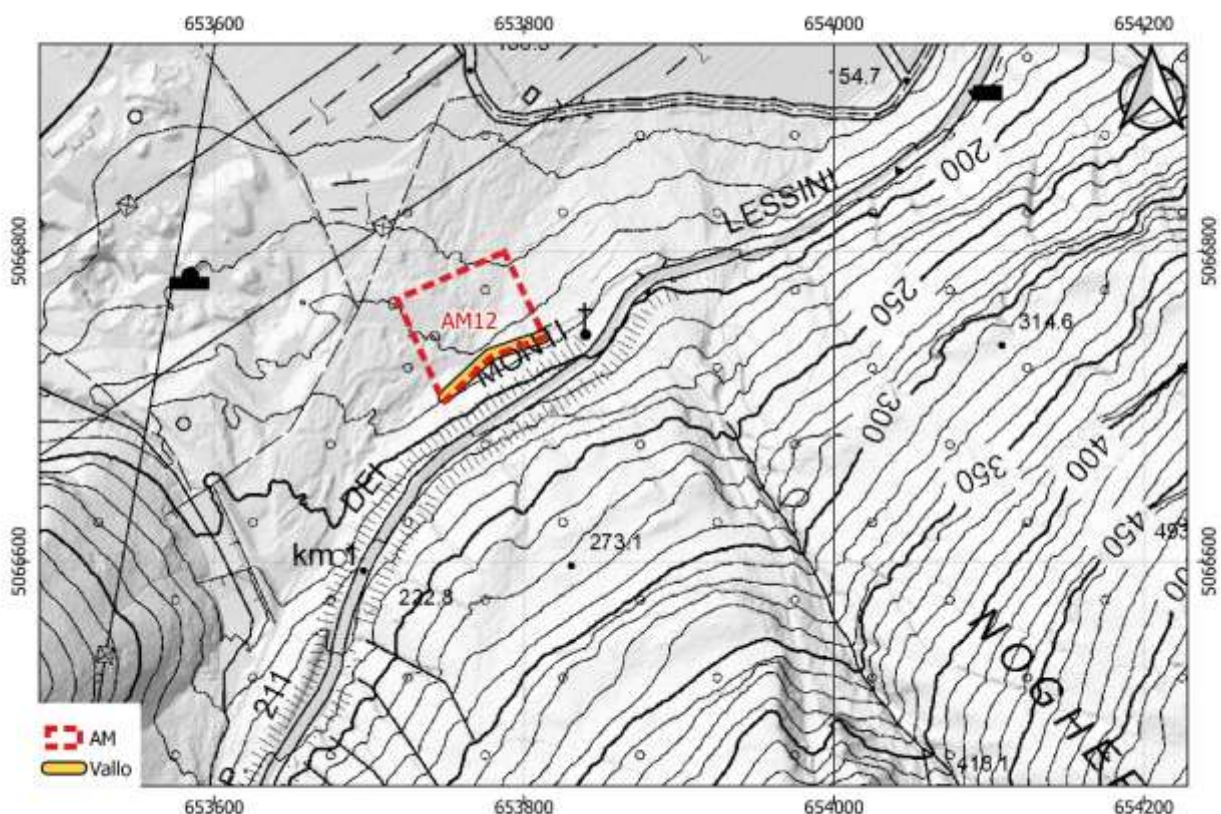


Figura 15 Posizione indicativa vallo paramassi

7 CONCLUSIONI

Nell'ambito della Variante n.1/2023 del Piano Regolatore Generale del Comune di Ala viene predisposto il presente studio di compatibilità relativo alla **Variante Amministrazione AM 12** come richiesto dalle Norme della Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) entrata in vigore il 02/10/2020 con delibera G.P. n. 1317 del 04/09/2020 (Figura 1 e Figura 2).

Lo studio idraulico relativo alla stessa variante urbanistica ritiene opportuno che nel progetto del futuro parcheggio sia inserita la progettazione di un'opera di protezione costituita da un rialzo in materiale sciolto previsto lungo il margine ovest dell'area di variante, di lunghezza pari a circa 73 metri e con un dislivello pari ad almeno 1 metro rispetto al piano campagna circostante.

Il rialzo previsto a fini idraulici sarà utile anche nei confronti del fenomeno di caduta massi. Il rilevato su cui sarà previsto il parcheggio dovrà essere separato dalla parete retrostante con un vallo di forma trapezoidale. Le dimensioni saranno valutate in fase di progettazione ma si consiglia una profondità del vallo superiore ad 1 metro.

Sulla base delle considerazioni sopra espresse si ritiene che la trasformazione urbanistica prevista dalla Variante Amministrazione AM 12 sia compatibile con il livello di pericolosità da crolli rocciosi previa progettazione e realizzazione di una opera di protezione costituita da un vallo di forma trapezoidale a ridosso della parete retrostante.

TRENTO, novembre 2023



*Dott. Geol. Michele Camin
Iscritto all'Ordine dei Geologi del Trentino-Alto Adige con il
n°182*

ALLEGATO - SIMULAZIONI DI CADUTA MASSI 3D

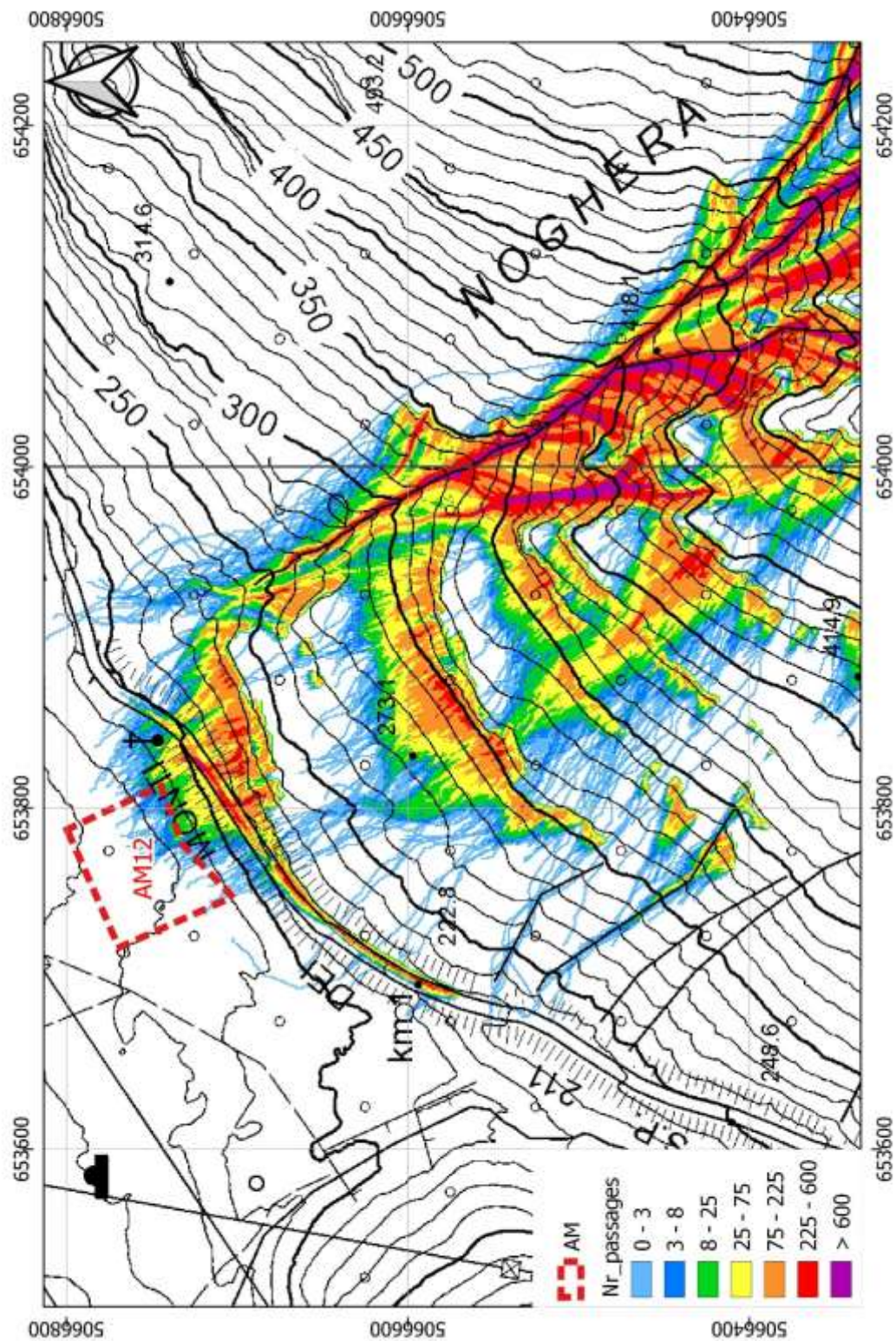


Figura 16 Numero di passaggi

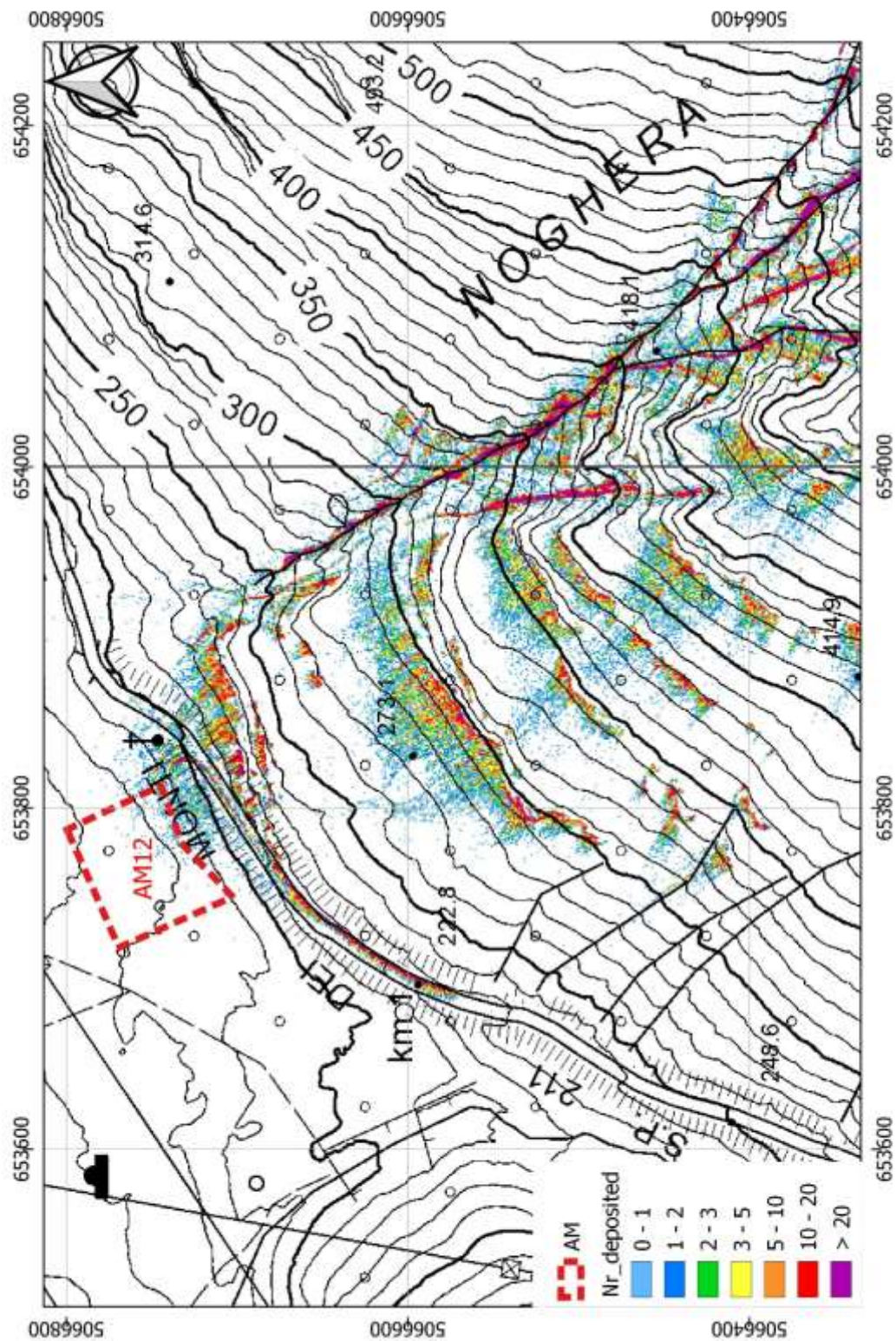


Figura 17 Numero di blocchi fermati in ogni cella

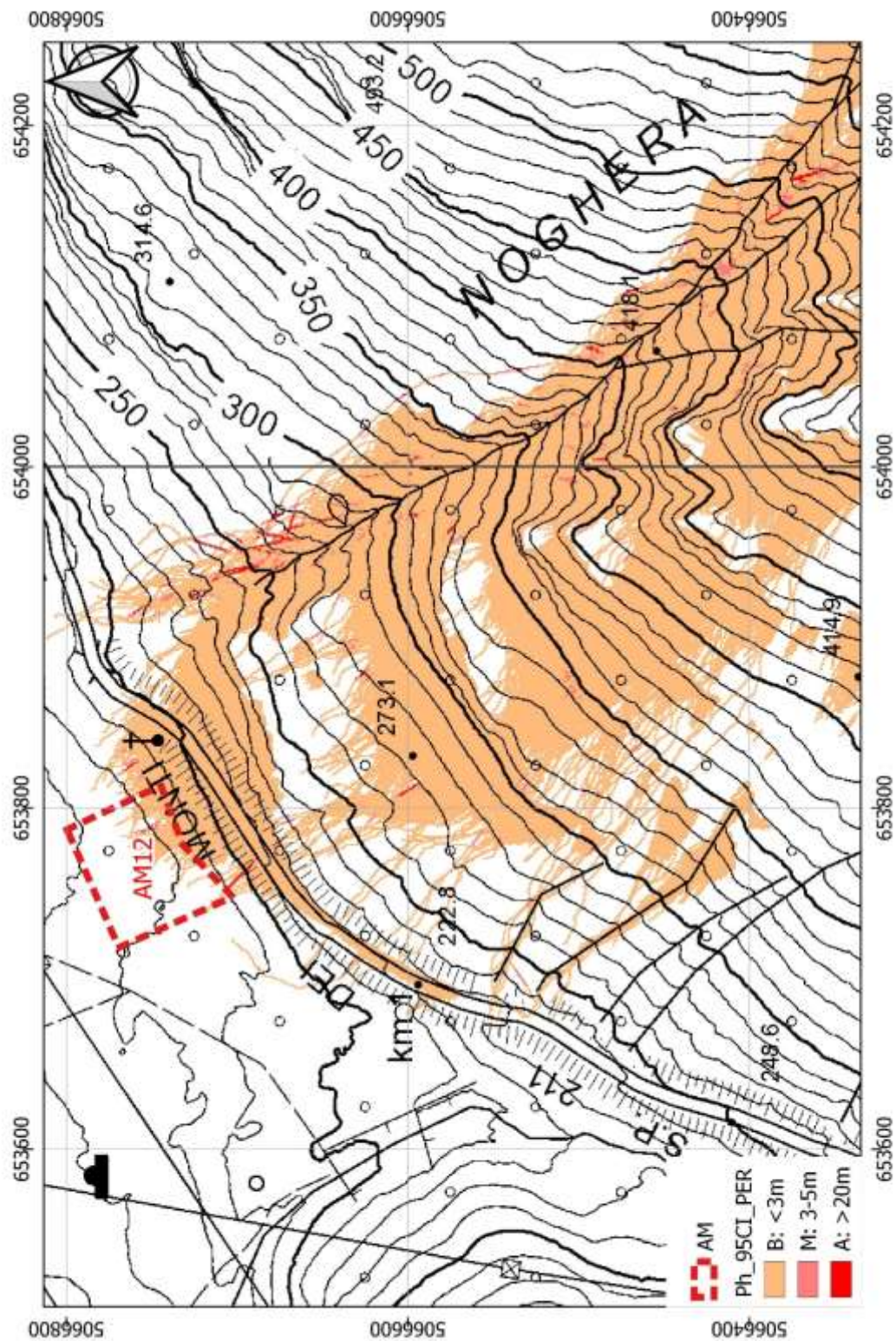


Figura 18 Altezze di rimbalzo – matrice per valutare l'intensità del fenomeno

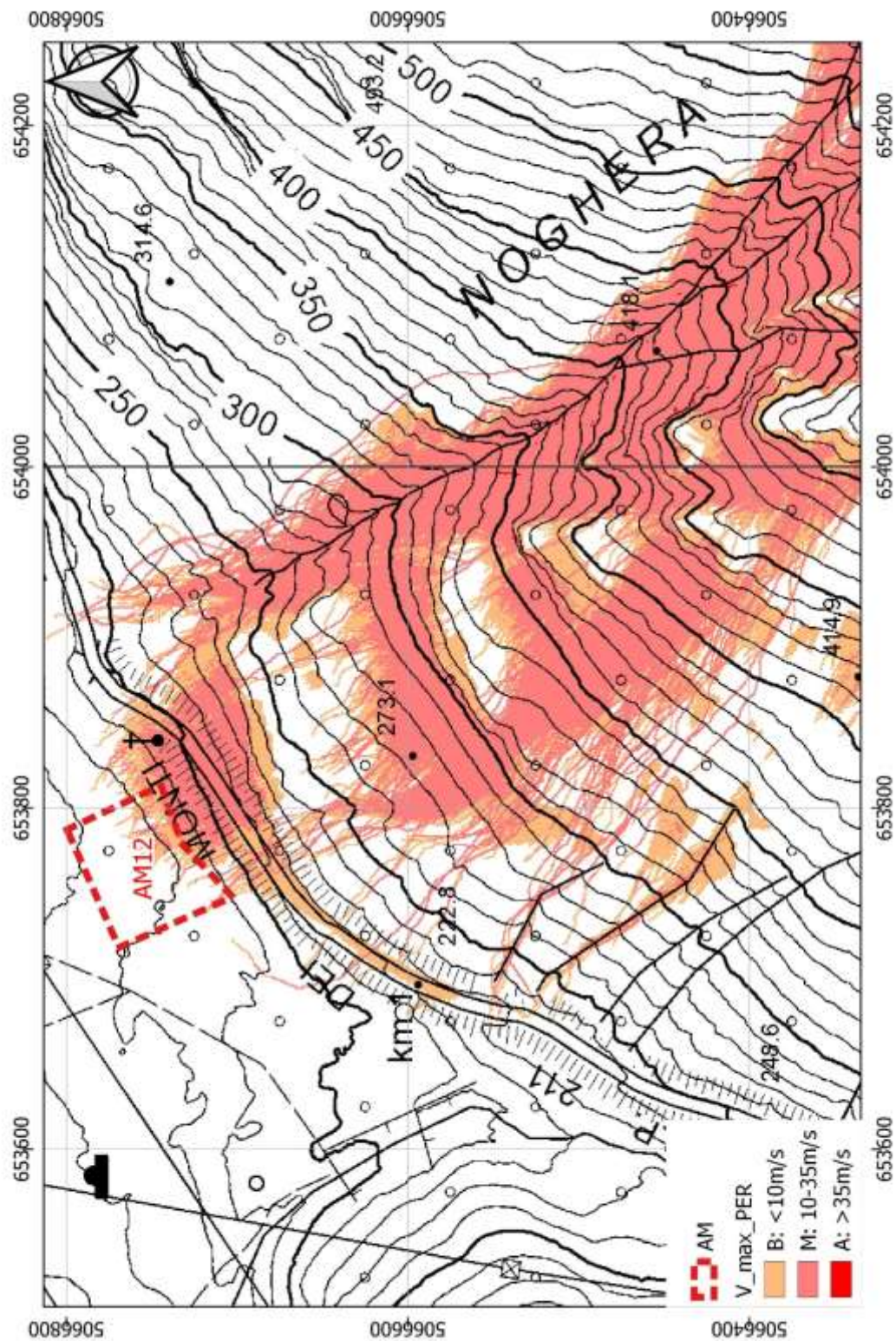


Figura 19 Velocità – matrice per valutare l'intensità del fenomeno

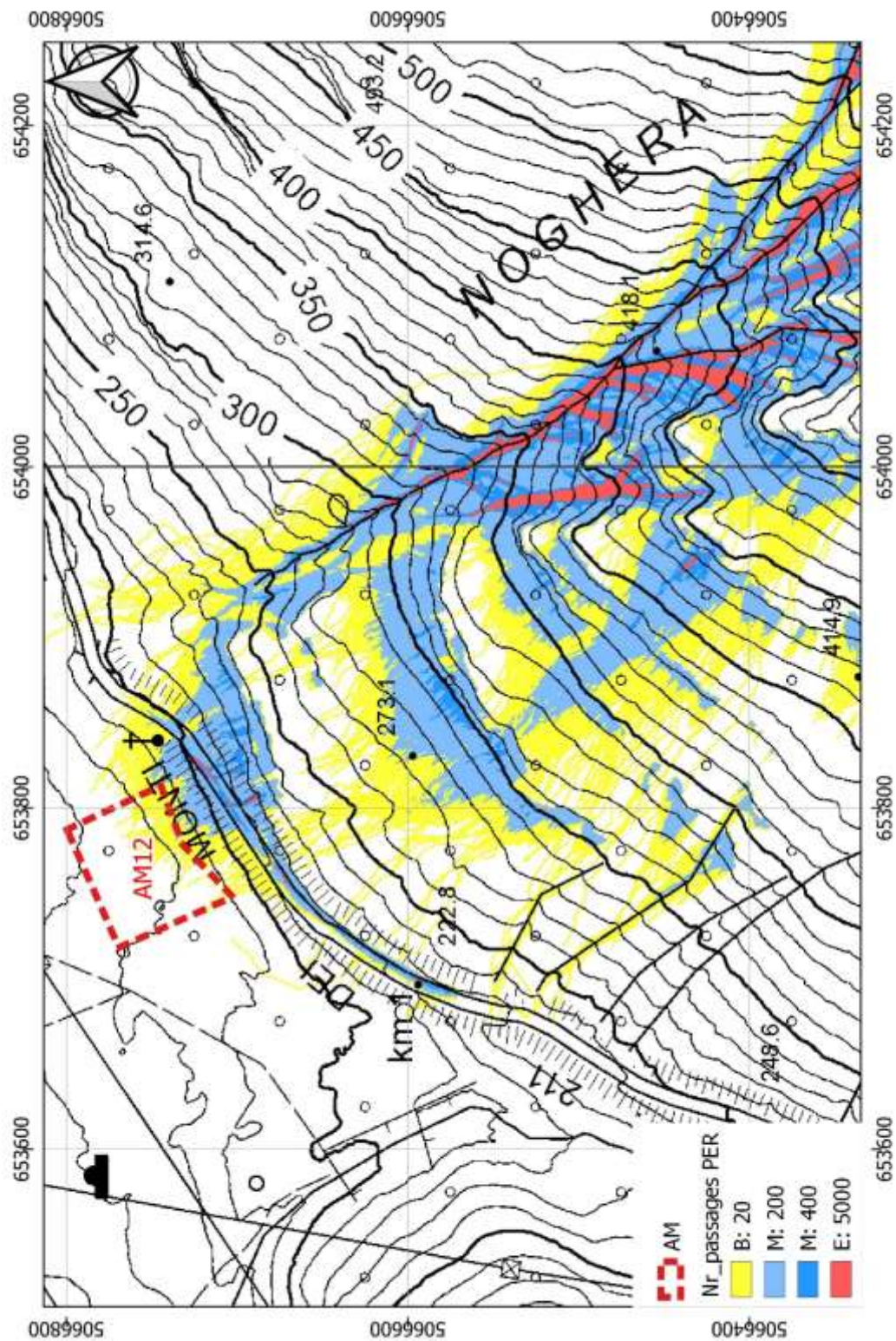


Figura 20 Grado di pericolosità con intensità media